

ЗБОРНИК РАДОВА

Академије техничко-васпитачких струковних студија

Издавач:

Академија техничко-васпитачких струковних студија

Ниш, Београдска 18

Тел: (018) 588 210

Мејл: info@akademijanis.edu.rs

<https://www.akademijanis.edu.rs>

Уредници:

Никола Секуловић

Никола Вукотић

Техничка обрада:

Дуња Стојановић

Ана Јанаћковић

Корице:

VTŠ Apps Team Production

Штампа:

Електронско издање

ISBN:

978-86-81912-25-6

Посебно смо захвални нашим рецензентима:

Јелисавета Бејатовић

СШ „Кнез Александар Карађорђевић“, Крагујевац

Јелена Бијељић

Академија техничко-васпитачких струковних студија

Дејан Благојевић

Академија техничко-васпитачких струковних студија

Гордана Богдановић

Академија техничко-васпитачких струковних студија

Наташа Богдановић

Академија техничко-васпитачких струковних студија

Марија Боранијашевић

Академија техничко-васпитачких струковних студија

Александра Боричић

Академија техничко-васпитачких струковних студија

Милош Божић

Ruxero.ai

Бобан Цветановић

Академија техничко-васпитачких струковних студија

Александра Цветковић

Машински факултет, Универзитет у Нишу

Стевица Цветковић

Електронски факултет, Универзитет у Нишу

Александра Маринковић

Академија техничко-васпитачких струковних студија

Мирјана Марковић

Академија техничко-васпитачких струковних студија

Љубиша Михајловић

Академија техничко-васпитачких струковних студија

Аница Милошевић

Академија техничко-васпитачких струковних студија

Даница Милошевић

Академија техничко-васпитачких струковних студија

Биљана Милутиновић

Академија техничко-васпитачких струковних студија

Милица Младеновић

Академија техничко-васпитачких струковних студија

Бојана Николић

Академија техничко-васпитачких струковних студија

Александра Панајотовић

Електронски факултет, Универзитет у Нишу

Милан Павловић

Академија техничко-васпитачких струковних студија

Марјан Петровић

Академија техничко-васпитачких струковних студија

Немања Петровић

Академија техничко-васпитачких струковних студија

Милан Протић

Академија техничко-васпитачких струковних студија

Наташа Савић

Академија техничко-васпитачких струковних студија

Никола Секуловић

Академија техничко-васпитачких струковних студија

Милан Станковић

Академија техничко-васпитачких струковних студија

Милош Стојановић

Академија техничко-васпитачких струковних студија

Ненад Стојковић

Грађевинско-архитектонски факултет, Универзитет у Нишу

Славимир Стошовић

Академија техничко-васпитачких струковних студија



ПРЕДГОВОР

“

Са великим задовољством представљамо Зборник радова Академије техничко-васпитачких струковних студија Ниш за 2024. годину – издање које по много чему представља прекретницу за нашу академску заједницу. Ове године, поносни смо што бележимо рекордан број пријављених и објављених радова, што сведочи о растућем истраживачком капацитету наших наставника, сарадника и колега из других институција.

Посебно нас радује што је процес пријаве, рецензије и селекције радова по први пут у потпуности реализован путем портала Зборник радова 2024. Овај дигитализовани приступ не само да је олакшао и убрзао комуникацију између аутора, рецензента и уредништва, већ је и допринео још већој транспарентности и објективности у оцењивању радова. Такође, изузетно нам је значајно што смо ове године имали прилику да сарађујемо са рецензентима из других високошколских и образовних институција, чиме смо додатно унапредили квалитет и релевантност објављених радова.

У овогодишњем Зборнику представљени су резултати истраживања из различитих научно-стручних области. Поред мултидисциплинарног приступа, приметна је и снажна оријентација ка практичној примени знања, што је у складу са мисијом наше Академије и потребама савременог друштва.

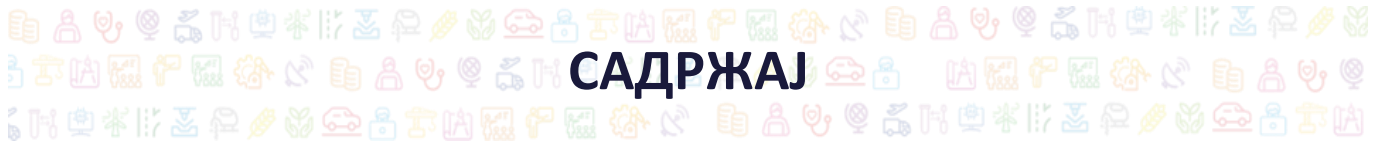
Захваљујемо свим ауторима који су својим радовима допринели богатству овог Зборника, као и рецензентима чији су стручност и посвећеност осигурали висок ниво квалитета. Верујемо да ће овај Зборник, као и претходни, послужити не само као подстицај за даља истраживања, већ и као мост између теорије и праксе, а да ће у наредном периоду постати Категорисан научно-стручни часопис.

Хвала вам што заједно градимо академску заједницу у којој знање, иновација и сарадња заузимају централно место.

У Нишу, децембар 2024.

Др Душан Радосављевић

Председник Академије техничко-васпитачких струковних студија Ниш



САДРЖАЈ

Архитекура

АРХИТЕКТОНСКО БИОКЛИМАТСКО ПРОЈЕКТОВАЊЕ ЗА ИСПРАВНОСТИ ОБЈЕКТА.....	1
<i>Marija Mihajlović, Ljiljana Stošić Mihajlović</i>	
ИДЕЈНО РЕШЕЊЕ РЕГЕНЕРАЦИЈЕ БЛОКА ЗА СОЦИЈАЛНО СТАНОВАЊЕ	5
<i>Marija Milić, Aleksandra Marinković</i>	
КОНТЕКСТУАЛНЕ ФОРМЕ ОБЈЕКТА У САВРЕМЕНОЈ АРХИТЕКТУРИ ПОРОДИЧНИХ КУЋА	9
<i>Marjan Petrović</i>	
ПРИМЕНА ВЕШТАЧКЕ ИНТЕЛИГЕНЦИЈЕ У ОПТИМИЗАЦИЈИ ЕНЕРГЕТСКЕ ЕФИКАСНОСТИ ЗГРАДА.....	13
<i>Nemanja Petrović, Natalija Petrović</i>	
УТИЦАЈ КОНСТРУКТИВИЗМА НА РАЗВОЈ АРХИТЕКТОНСКЕ ФОРМЕ У БАУХАУСУ.....	17
<i>Bojana Nikolić, Mirko Stanimirović, Dragana Dragutinović</i>	

Економске науке

КА ЗЕЛЕНОЈ ТРАНЗИЦИЈИ: ДОПРИНОС ЗЕЛЕНОГ ПРЕДУЗЕТНИШТВА ОДРЖИВОМ РАЗВОЈУ.....	21
<i>Gordana Mrdak, Milica Stanković</i>	
ОД ЕДУКАЦИЈЕ ДО АКЦИЈЕ: ЦИРКУЛАРНА ЕКОНОМИЈА ЗА ОДРЖИВУ БУДУЋНОСТ.....	25
<i>Milica Stanković, Gordana Mrdak</i>	
ОРГАНИЗАЦИОНА КРЕАТИВНОСТ И ИНОВАЦИЈЕ.....	29
<i>Сузана Стојковић, Бранислав Станисављевић, Светлана Трајковић</i>	
УТИЦАЈ ОБАВЕЗЕ ФИНАНСИЈСКОГ ИЗВЕШТАВАЊА НА ТРАНСПАРЕНТНОСТ И ПОСЛОВНЕ ОДЛУКЕ МАЛИХ И СРЕДЊИХ ПРЕДУЗЕЋА У СРБИЈИ	32
<i>Tiana Anđelković, Vladimir Kostić</i>	
УТИЦАЈ ПОСЛОВНОГ ОКРУЖЕЊА НА КОНКУРЕНТНОСТ И РАЗВОЈ МАЛИХ И СРЕДЊИХ ПРЕДУЗЕЋА У СРБИЈИ.....	36
<i>Svetlana Trajković, Tiana Anđelković, Suzana Stojković</i>	

Електротехничко и рачунарско инжењерство

АНАЛИЗА УТИЦАЈА МЕРНЕ АНТЕНЕ НА КАРАКТЕРИСТИКЕ ОКЛОПЈАВАЊА МЕТАЛНОГ КУЋИШТА У МИКРОТАЛАСНОМ ОПСЕГУ ФРЕКВЕНЦИЈА.....	40
<i>Nataša Bogdanović</i>	
ТЕХНИКА ДИГИТАЛНЕ ПРЕ-ДИСТОРЗИЈЕ И NJЕНА ПРИМЕНА У ТЕЛЕКОМУНИКАЦИОНИМ СИСТЕМИМА	44
<i>Nikola Milutinović, Dejan Dodić</i>	
АНАЛИЗА ПЕРФОРМАНСИ УЗЛАЗНЕ ДЕОНИЦЕ NОМА СИСТЕМА СА ХИБРИДНИМ УПАРИВАЊЕМ КОРИСНИКА	48
<i>Nikola Sekulović, Aleksandra Panajotović, Daniela Milović, Dejan Milić, Jelena Anastasov</i>	
ПЕРФОРМАНСЕ ТСТИ ЈЕДНАЧИНЕ ЗА ПРЕДИКЦИЈУ СТИ ПРИМЕНОМ RT.....	52
<i>Violeta Stojanović, Zoran Milivojević</i>	
ПОВЕЋАЊЕ ИНДУСТРИЈСКЕ ЕФИКАСНОСТИ ПОМОЋУ СОФТВЕРА ЗА СТАТИСТИЧКУ КОНТРОЛУ ПРОЦЕСА У РЕАЛНОМ ВРМЕНУ, INFINITYQS.....	56
<i>Zoran Milić</i>	

PREGLED PRIMENE VELIKIH JEZIČKIH MODELA U AUTOMATIZACIJI ANALIZE GREŠAKA I GENERISANJU UZROČNIH DIJAGRAMA	60
<i>Miloš Stojanović, Milena Nikolić, Gergan Nikolov, Srđan Jovković</i>	
PRIMENA MAŠINSKOG UČENJA ZA PREDIKCIJU POPULARNOSTI PARFEMA: ANALIZA MIRISNIH NOTA I POTROŠAČKOG PONAŠANJA	64
<i>Milena Nikolić, Marina Marjanović, Žarko Rađenović</i>	
PROJEKTOVANJE I RAZVOJ PROGRESIVNIH WEB APLIKACIJA ZA SKENIRANJE I PREPOZNAVANJE TEKSTA IZ KNJIGA	68
<i>Slavimir Stošović, Nikola Vukotić, Martin Stefanović</i>	
RAZVOJ MULTIMEDIJALNE APLIKACIJE ZA DIGITALNU PREZENTACIJU ENTERIJERA	72
<i>Ana Janačković, Nevena Minić</i>	
RAZVOJ VEB APLIKACIJE ZA AUTOMATIZOVANO GENERISANJE DOKUMENATA ZA SLUŽBENA PUTOVANJA	76
<i>Milan Ristić, Ana Janačković</i>	
REALIZACIJA .NET API-JA KORIŠĆENJEM ENTITY I IDENTITY FRAMEWORK CORE NUGET PAKETA ZA UPRAVLJANJE KORISNICIMA	80
<i>Nevena Minić, Milan Ristić</i>	
TRANSFORMATIVNA MOĆ LINEARNE REGRESIJE: OPTIMIZACIJA ALGORITAMA ZA BUDUĆNOST ANALITIKE	84
<i>Dejan Dodić, Nikola Milutinović</i>	
UNAPREĐENJE RESPONZIVNOG DIZAJNA PRIMENOM MEDIJSKIH UPITA U BOOTSTRAP STUDIO OKRUŽENJU	88
<i>Dejan Blagojević, Vladan Ilić</i>	
VERIFIKACIJA LICA U SOFTVERU ZA ČUVANJE TAJNI	92
<i>Dušan Stefanović, Filip Stojanović</i>	
VIRTUELNI ASISTENT ALUMNI WEB APLIKACIJE	96
<i>Marko Veličković, Dejan Blagojević, Zoran Veličković</i>	
VIZUALIZACIJA ALGORITAMA ZA VREMENSKI RASPORED	100
<i>Nikola Vukotić, Slavimir Stošović, Aleksandar Branković</i>	
Физичко-хемијске науке	
PRIMENA ЈЕДНАЧИНЕ КОНТИНУИТЕТА И БЕРНУЛИЈЕВЕ ЈЕДНАЧИНЕ У РАЗУМЕВАЊУ РИЗИКА ОД АНЕУРИЗМИ	104
<i>Ivana Krulj, Ivana Kostić Petrović</i>	
MIKROBIOLOŠKA ANALIZA NOVOKAPTIRANIH IZVORA NA VLASINI ZA POTREBE RADA FABRIKE VODE „VLASINSKA ROSA“	107
<i>Srđan Tasić</i>	
Грађевинско инжењерство	
UPOTREBA GIS-A U UNAPREĐENJU METODA ZA ODREĐIVANJE STREAM ORDER-A U HIDROLOŠKIM ANALIZAMA	111
<i>Milan Protić, Jelica Protić</i>	
KORIŠĆENJE GIS TEHNOLOGIJE ZA ODREĐIVANJE PROTICAJA REKA U SLIVU JUŽNE MORAVE	115
<i>Jelica Protić, Milan Protić</i>	
UPOREDNA ANALIZA METODA ZA ODREĐIVANJE POLUPREČNIKA HORIZONTALNE KRIVINE	119
<i>Dušan Kocić, Dejan Bogičević, Rade Avramović</i>	

Инжењерство заштите животне средине и заштите на раду

ANALIZA UTICAJA NA ŽIVOTNU SREDINU MALE SOLARNE ELEKTRANE “RD PIROT” LOCIRANE NA KROVU JKP “REGIONALNA DEPONIJA PIROT”	123
<i>Anica Milošević, Slađana Nedeljković</i>	
ANALIZA UTICAJA RADA INSINERATORA NA JAVNO ZDRAVLJE	127
<i>Boban Cvetanović</i>	
ISPITIVANJE KVALITETA POVRŠINE REZA I SNAGE REZANJA U ZAVISNOSTI OD BRZINE POMOĆNOG KRETANJA I ZATUPLJENOSTI ALATA	131
<i>Damjan Stanojević, Saša Đorđević, Anastasija Temelkova</i>	
METODE I PRIMENA ZA PROCENU EMISIJA GASOVA STAKLENE BAŠTE I KARBONSKOG OTISKA U URBANIM SREDINAMA	135
<i>Aleksandra Boričić, Sandra Stanković</i>	
MONITORING KVALITETA VAZDUHA U GRADU VRANJU	139
<i>Gordana Bogdanović</i>	
PRIMENA INDEKSA ZAGAĐENJA ZA PROCENU ZAGAĐENJA SEDIMENATA REKE TEŠKIM METALIMA	143
<i>Ljiljana Đorđević, Jovana Džoljić</i>	
PRIMENA PVGIS PLATFORME ZA ANALIZU POTENCIJALA SOLARNE ENERGIJE	147
<i>Natalija Petrović, Jovana Veljkov, Veljko Stevanović</i>	
PRIMENA VEŠTAČKE INTELIGENCIJE ZA PREDVIĐANJE GENERISANOG PLASTIČNOG OTPADA	151
<i>Lidija Stamenković, Tijana Milanović</i>	
PRODUŽETAK VEKA TRAJANJA DEPONIJE GRADA NIŠA DO IZGRADNJE NOVE	155
<i>Matija Milošević, Anica Milošević</i>	
PROMENA SADRŽAJA VLAGE PRI SUŠENJU TRETIRANE I NETRETIRANE SVEŽE I SMRZNUTE VIŠNJE TRETIRANE SA I BEZ TRETMANA	159
<i>Jelena Marković, Gordana Bogdanović</i>	
RAZVOJ I OPTIMIZACIJA TEHNOLOŠKOG PROCESA U PROIZVODNJI PREFORMATORA PRIMENOM DFMA PRISTUPA U FIRMI „ALATNICA KRSTIĆ”	163
<i>Milica Janković, Gordana Jović</i>	
ТЕХНО АНАЛИЗА ПОСТРОЈЕЊА ЗА ПЕЛЕТИРАЊЕ	167
<i>Војислав Стојановић</i>	
УТИЦАЈ СЕЗОНСКИХ ПРОМЕНА НА КОНЦЕНТРАЦИЈУ АЕРОПОЛЕНА У ВРАНЈУ ТОКОМ 2023. ГОДИНЕ	171
<i>Тјана Милановић</i>	
УТИЦАЈ СУСПЕНДОВАНИХ ПМ ЧЕСТИЦА НА ЛЈУДСКО ЗДРАВЉЕ: ЗНАЧАЈ УНАПРЕЂЕЊА МОНИТОРИНГА И ИЗВЕШТАВАЊА У ЈУЖНОЈ СРБИЈИ	175
<i>Јована Дžолјић, Лјилјана Ђорђевић, Војислав Стојановић</i>	
УТИЦАЈ ЗАКОНСКЕ РЕГУЛАТИВЕ НА СМАНЈЕЊЕ КАРБОНСКОГ ОТИСКА У РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ - ПРЕГЛЕД УСКЛАЂЕНОСТИ И ИЗАЗОВА	179
<i>Сандра Станковић, Александра Бориčić</i>	

Језик и књижевност

ИНВЕРЗИЈА У ПОЕЗИЈИ ЗА ДЕЦУ	183
<i>Душица Потућ</i>	
МОДАЛИТЕТИ ПОУЧНОГ ДИСКУРСА У ПОЕЗИЈИ ЗА ДЕЦУ	187
<i>Јелена Вељковић Мекућ</i>	

ZNAČAJ TPR METODE KOD UČENJA STRANOG JEZIKA NA RANOM UZRASTU.....	191
---	-----

Sanja Petrović, Ivica Panić

Културолошке науке и комуникологија

INTERAKTIVNI PRISTUP UČENJU KAO KLJUČ USPEHA.....	195
---	-----

Marija Boranijašević

OPŠTE NAPOMENE O ETICI INTERNET KOMUNIKACIJE.....	199
---	-----

Dejan Đorđević

Машинско инжењерство

ANALIZA UTICAJA PARAMETARA IZRADA NA MEHANIČKA SVOJSTVA I GEOMETRIJU LINIJE SLOJA U FDM TEHNOLOGIJI 3D ŠTAMPE.....	201
--	-----

Gordana Jović, Milica Janković, Miroslav Mijajlović

IZBOR OPTIMALNE ADITIVNE TEHNOLOGIJE ZA IZRADU DELOVA SLOŽENE GEOMETRIJE PRIMENOM VIŠEKRITERIJUMSKE ANALIZE	205
---	-----

Biljana Milutinović, Petar Đekić

RAZVOJ I IZRADA GRIPER ALATA ZA HVATANJE DIODA	209
--	-----

Milan Nikolić, Milan Pavlović

IZRADA DRŽAČA ZA KUHINJSKE NOŽEVE NA CNC GLODALICI.....	212
---	-----

Miloš Ristić, Nikola Stojiljković, Milan Nikolić

IZRADA ZAVRTNJA POMOĆU mSLA TEHNOLOGIJE 3D ŠTAMPE	216
---	-----

Branislav Dimitrijević, Vladan Jovanović, Damjan Stanojević

PRIMENA REVERZNOG INŽENJERSTVA I 3D ŠTAMPE U OPTIMIZACIJI KONSTRUKCIJE NOSAČA NASLONA RADNE STOLICE	219
---	-----

Milan Pavlović, Miloš Ristić, Miloš Velojić

UTICAJ RAZGRADNJE POLIMERA U ZAVISNOSTI OD NJIHOVIH FIZIČKO-HEMIJSKIH OSOBINA.....	223
--	-----

Slobodan Stefanović, Dragana Trajković

Математичке науке

MODELOVANJE EKSPRESIJE GENA PRIMENOM MATLAB-A	226
---	-----

Nataša Savić, Dragan Jovčev, Miloš Nikolić, Lazar Bosić

POREĐENJE METODA ISPITIVANJA MONOTONOSTI FUNKCIJE U ZAVISNOSTI OD MATEMATIČKOG PREDZNANJA POJEDINCA.....	229
--	-----

Dunja Stojanović, Milica Cvetković

UPOREDNA ANALIZA PROJEKTNIH ALTERNATIVA ENERGETSKOG UNAPREĐENJA STAMBENOG OBJEKTA U SRBIJI I EU	232
---	-----

Milica Cvetković, Dunja Stojanović, Ana Mitrović

Менаџмент и бизнис

IZAZOVI I FAKTORI KOJI UTIČU NA USPEŠNOST INOVACIJA.....	236
--	-----

Ljiljana Stošić Mihajlović, Marija Mihajlović

STRATEGIJE ZA PREVAZILAŽENJE IZAZOVA PRI IMPLEMENTACIJI ISO 9001 STANDARDA U VISOKOOBRAZOVNIM USTANOVAMA	240
--	-----

Boričić Miona

Педагошке науке

УТИЦАЈ ИМПЛИЦИТНЕ ПЕДАГОГИЈЕ НА ВАСПИТНО ОБРАЗОВНИ РАД ВАСПИТАЧА 244

Petra Janковић, Tamjana Markовић

INKLUZIVNO OBRAZOVANJE U SRBIJI 247

Anđelina Stefanović

LIKOVNO-EKOLOŠKE RADIONICE ZA DECU PREDŠKOLSKOG UZRATA
KAO SINTEZA UČENJA KROZ IGRU, LIKOVNOG I EKOLOŠKOG VASPITANJA 251

Vera Virijević Mitrović

TEORIJSKI I PRAKTIČNI ASPEKTI EKSPlicitNOG I IMPLICITNOG PODUČAVANJA I UČENJA 255

Maja Stanojević Gocić

Правне науке

PRAVNE POSLEDICE NEZAKONITOG OTKAZA UGOVORA O RADU 259

Aleksandar Petković

PREDNOST MIRNOG REŠAVANJA INDIVIDUALNOG RADNOG SPORA 262

Milica Mladenović

Психолошке науке

INKLUZIVNI PRISTUP U PREDŠKOLSKIM USTANOVAMA 266

Mirjana Stanković Đorđević, Emilija Popović, Danijela Vidanović

КАПАЦИТЕТ ЗА МЕНТАЛИЗАЦИЈУ КАО ПРЕДИКТОР
САМОЕФИКАСНОСТИ АДЮЛЕСЦЕНАТА 270

Žana Živković Rančić

RADNA ETIKA I SINDROM BURN-OUT-a 273

Danica Milošević

Саобраћајно инжењерство

ANALIZA ČETVOROKRAKE RASKRSNICE ULICE RADNIČKE,
BULEVARA PAVLA PATRIJARHA I BULEVARA NIKOLE TESLE U VRANJU 276

Jovan Mišić, Vladimir Popović, Milan Stanković, Stefan Mihajlović

INFORMACIONI TOKOVI I TEHNOLOGIJE U LOGISTICI 280

Milan Stanković, Jovan Mišić

MODEL REGIONALNE INTEGRACIJE SISTEMA JAVNOG PREVOZA
PUTNIKA IZMEĐU TERITORIJA OPŠTINA NIŠAVSKOG, PIROTSKOG,
TOPLIČKOG I JABLANIČKOG OKRUGA 284

Stefan Đorđević

POSTUPCI PUNJENJA BATERIJA KOD HIBRIDNIH VOZILA 288

Stefan Mihajlović, Dušan Radosavljević

PROPUSTI PRILIKOM PROJEKTOVANJA I IZGRADNJE RASKRSNICA
SA KRUŽNIM TOKOM SAOBRAĆAJA 292

Dejan Bogičević

RIZICI U TRANSPORTU OPASNE ROBE I MERE PREVENCIJE,
PRIPRAVNOSTI I ODGOVORA NA INCIDENTNU SITUACIJU 296

Aleksandar Gošić, Aleksandar Petković

ZNAČAJ PROCENE SAOBRAĆAJNE SITUACIJE I NAČIN DONOŠENJA ODLUKA VOZAČA 300

Miodrag Đorđević, Aleksandar Gošić

Социолошке науке

ULOGA VASPITAČA U RAZVIJANJU EMPATIJE KOD DECE PREDŠKOLSKOG UZRASTA 303

Mirjana Marković, Ljubiša Mihajlović, Ivan Stamenković, Dragana Stanković

Уметност

MINIMALNO U PLENERU 306

Dragana Dragutinović, Bojana Nikolić

**АРХИТЕКТОНСКО БИОКЛИМАТСКО ПРОЈЕКТОВАЊЕ
3Е ИСПРАВНОСТИ ОБЈЕКТА****ARCHITECTURAL BIOCLIMATIC DESIGN
3E OF THE CORRECTNESS OF BUILDINGS**

Marija Mihajlović, *Ministarstvo građevinarstva, saobraćaja i infrastrukture Republike Srbije, Nemanjina 22-26, Beograd.*

Ljiljana Stošić Mihajlović, *Akademija tehničko-vaspiatačkih strukovnih studija - Odsek Vranje, Filipa Filipovića 20, Vranje*

Sadržaj - U savremenoj arhitektonskoj praksi i građevinskoj industriji, povećana pažnja posvećuje se održivosti objekata, što podrazumeva osiguranje njihove ekonomske, ekološke i energetske ispravnosti. Ovaj rad istražuje principe arhitektonskog bioklimatskog projektovanja na kojima se zasniva 3E (Ekonomska, Ekološka, Energetska) ispravnosti objekata. Rad obuhvata i analizu različitih aspekata održivosti u građevinskoj industriji koji omogućavaju postizanje optimalnog balansa između ekonomskih troškova, zaštite životne sredine i efikasnosti u korišćenju energije. Cilj rada je da pruži pregled metoda idiod za procenu i postizanje ovih parametara u projektovanju, građenju i održavanju objekata.

Ključne reči: Arhitektonsko bioklimatsko projektovanje. Ekonomska, ekološka, energetska održivost objekata.

Abstract – In modern architectural practice and the construction industry, increased attention is paid to the sustainability of buildings, which means ensuring their economic, ecological and energy soundness. This paper investigates the principles of architectural bioclimatic design, which are based on the 3E (Economic, Ecological, Energy) correctness of objects. The work also includes an analysis of various aspects of sustainability in the construction industry, which enable the achievement of an optimal balance between economic costs, environmental protection and efficiency in the use of energy. The goal of the paper is to provide an overview of methods and tools for evaluating and achieving these parameters in the design, construction and maintenance of buildings.

Keywords: Architectural bioclimatic design. Economic, ecological, energy correctness of the building.

1. UVOD

Arhitektonsko bioklimatsko projektovanje je sinteza principa bioklimatske arhitekture u dizajn objekata, sa ciljem smanjenja negativnog uticaja zgrada na životnu sredinu i optimizacija potrošnje energije. Ovaj pristup se zasniva na korišćenju prirodnih resursa, kao što su sunčeva energija, prirodna ventilacija i zaštita od prekomernog zagrevanja, uz poštovanje lokalnih klimatskih uslova. Bioklimatsko projektovanje ne uključuje samo tehničke aspekte, već i ekonomkse, kulturne i socijalne specifičnosti određenih regija, što omogućava održivu i harmoničnu izgradnju. Iz tog razloga se u radu uvodi pojam “3E” koji označava neophodnost istovremenog posmatranja uticaja energije, ekonomije ekologije kod projektovanja objekata zasnovanom na bioklimatskim principima. Inače, sam pristup 3E može se proširiti sa 4E kada se prvobitnom konceptu doda još i energetska efikasnost kao jedan od ključnih zahteva pri projektovanju bioklimatski održivih objekata. “Ekološka kriza podrazumeva krizu postojeće matrice industrijskog društva u odnosu na prirodne uslove života. Ekološka kriza manifestovana kroz različite stepene: kakvi su zagađenja, ugroženosti, destrukcije jesu u suštini gorući civilizacijski problem od čijeg rešenja zavisi sama budućnost. Razvijeni deo Planete je suočen je sa problemom iscrpljenosti i zagađenja

resursa ekspanzijom energetske potreba. Sada živimo u vremenu kada obnovljivi izvori energije ne mogu da pokriju sve potrebe čovečanstva za energijom, korišćenje klasičnih izvora energije je neodrživo, jer maksimalno zagađuje životnu sredinu, a sve to se manifestuje u ekonomskih krahovima, koji su, čine se neizbežni, samo je pitanje po kom scenariju će se ekonomski lomovi odigravati” [1].

**2. OSNOVNI PRINCIPI ARHITEKTONSKOG
BIOKLIMATSKOG PROJEKTOVANJA**

Bioklimatsko projektovanje zasniva se na razumevanju mikroklimatskih faktora, specifičnih za svaku lokaciju, kao i optimizaciji upotrebe prirodnih resursa. “Cilj ekološki svesne arhitekture jeste da novi objekti imaju što manji uticaj na životno okruženje – tačnije, moramo biti sigurni da potezi koji se danas povlače nemaju negativne posledice na buduće generacije kao i da su u oni u skladu s društvom, ekonomijom i ekološkom održivošću. Održivost u arhitekturi stoga mora da vodi računa na prirodne izvore materijala i uslove lokacije, uključujući ih u projekat gde god je to moguće. To podrazumeva upotrebu materijala koji uticaj građevinskih radova na okruženje svode na minimum, bilo da se radi o proizvodnim procesima ili transportu na velikim razdaljinama” [2]. “Korišćenje održivih arhitektonskih principa i metoda u procesu projektovanja je jedna od

najvažnijih stavki pri izgradnji objekta. Energetska efikasnost zgrade se može postići poboljšanjem toplotnih performansi različitih delova zgrade kao što su omotač - fasada, lokalizacija otvora na objektu, krov, razne intervencije u unutrašnjosti prostora, dakle uticaj na mikro, ali i makro okruženje” [3]. Ključni principi obuhvataju: Iskristavanje sunčeve energije u smislu postavljanja objekta u odnosu na Sunce što omogućava efikasnu upotrebu prirodnog osvetljenja i toplotnu energiju; Prirodna ventilacija je zahtev da dizajn objekata treba da omogući prirodnu cirkulaciju vazduha; Toplotna zaštita kao zahtev podrazumeva da zgrade treba da budu projektovane sa materijalima koji imaju termoizolacione karakteristike; Upotreba obnovljivih izvora energije - u zavisnosti od komparativnih klimatskih prednosti lokacije.

2.1. Tehničke metode u bioklimatskom projektovanju

Tehničke metode unapređuju energetska efikasnost i održivost arhitektonskih objekata, smanjujući njihov negativni uticaj na okolinu, a zajedničko za sve jeste da obavezno uključuju sledeće elemente pri arhitektonskom projektovanju: korišćenje materijala koji mogu da akumuliraju toplotu (kao što su beton, kamen ili zemlja) pomaže u stabilizaciji temperature unutar objekta. Ovi materijali zadržavaju toplotu tokom dana i oslobađaju je noću, što omogućava energetska efikasnost; Ugradnja biljnih pokrivača na krovovima i fasadama smanjuje potrošnju energije, poboljšava kvalitet vazduha, te doprinosi očuvanju biodiverziteta.

Primeri uspešnih bioklimatskih objekata uključuju:

- Zgrade sa pasivnim standardima koje koriste minimalne energetske resurse, zahvaljujući preciznom projektovanju u skladu sa klimatskim uslovima, optimizacijom toplinske zaštite i pasivnim sistemima grejanja i hlađenja.
- Zeleni gradovi i projekovanje čitavih naselja koja uključuju zelene površine, pametne sisteme za upravljanje energijom i vode, kao i građevinske materijale koji omogućavaju energetska efikasnost.

3. PREDNOSTI, IZAZOVI I PREPREKE KOD BIOKLIMATSKOG PROJEKTOVANJA

Bioklimatsko projektovanje nudi brojne prednosti, u nastavku su navedene samo neke od najvažnijih, kao što su:

- Efikasno korišćenje energije i prirodnih resursa smanjuje potrebu za fosilnim gorivima i električnom energijom.
- Bioklimatska arhitektura doprinosi ublažavanju klimatskih promena.
- Povećanje komfora stanovanja.

Iako bioklimatsko projektovanje donosi brojne prednosti, postoje i izazovi, pa čak i prepreke koje sprečavaju potpuniju primenu principa pri arhitektonskom bioklimatskom projektovanju, a neki od izazova i prepreka uključuju visoka inicijalna ulaganja, iako se dugoročne uštede na energiji čine isplativim ali i nedostatak standardizacije i nepostojanje standardizovanih proračuni i smernica za bioklimatsko projektovanje.

4. 3E (Ekonomska, Ekološka, Energetska) ISPRAVNOST OBJEKATA

U savremenoj arhitektonskoj praksi kao i u modernoj građevinskoj industriji, povećana pažnja posvećuje se

održivosti objekata, što podrazumeva osiguranje njihove 3E ispravnosti (Ekonomska, Ekološka, Energetska), što obuhvata analizu različitih aspekata održivosti u građevinskoj industriji i omogućava postizanje optimalnog balansa između ekonomskih troškova, zaštite životne sredine i efikasnosti u korišćenju energije. Cilj ovog dela u radu je da pruži pregled metoda i alata za procenu i postizanje navedenih parametara u projektovanju, građenju i održavanju objekata.

4.1. Ekonomska ispravnost objekata

Ekonomska ispravnost objekta podrazumeva analizu troškova u svim fazama životnog ciklusa zgrade, od projektovanja i izgradnje do održavanja i demontaže. Ekonomija objekta mora biti usklađena sa optimalnom upotrebom resursa i generisanjem prihoda kroz efikasnu upotrebu prostora, materijala i tehnologija. Ekonomska ispravnost objekata posebnu pažnju posvećuje ekonomskim parametrima, kao što su:

1. Troškovi izgradnje - Upotreba skupljih, ali energetski efikasnih materijala i tehnologija može dovesti do značajni ušteda u kasnijim fazama, čineći objekat dugoročno isplativijim.
2. Održavanje i životni vek - Uvođenje tehnologija za automatsko upravljanje energijom, pametne sisteme za optimizaciju potrošnje i primena materijala koji zahtevaju minimalno održavanje može značajno smanjiti troškove održavanja.
3. Povrat investicije (ROI) - Postizanje ekonomske ispravnosti obuhvata izračunavanje povrata na ulaganja u energetske i ekološke tehnologije koje donose značajne finansijske uštede u budućnosti.

4.2. Ekološka ispravnost objekata

Odnosi se na uticaj objekta na životnu sredinu, uključujući potrošnju resursa, emisiju zagađivača, upravljanje otpadom i očuvanje biodiverziteta. Ovaj aspekt održivosti postaje sve važniji, i to sa stanovišta globalne zaštite životne sredine. Ekološka ispravnost objekata posebnu pažnju posvećuje parametrima kao što su:

1. Korišćenje obnovljivih izvora energije: poput solarnih panela, geotermalne energije ili vetroturbina, što smanjuje emisiju CO₂ i doprinosi smanjenju zavisnosti od fosilnih goriva.
2. Održivi materijali: kao što su reciklirani materijali, lokalni građevinski materijali i oni sa niskim ekološkim otiskom, smanjuje negativne posledice na životnu sredinu.
3. Upravljanje otpadom: efikasno upravljanje otpadom tokom eksploatacije objekta smanjuje negativan ekološki uticaj.
4. Zeleni certifikati i standardi – kao što su LEED, BREEAM ili ISO 50001, koji garantuju da objekat ispunjava ekološke standarde i principe održivosti.

4.3. Energetska ispravnost objekata

Energetska ispravnost objekta odnosi se na njegovu sposobnost da minimizira potrošnju energije, koristeći efikasne tehnologije, sisteme i materijale. “U arhitektonskom projektovanju, poznavanje ekološke dimenzije je fundamentalno za definisanje tehničkih, socijalnih i ekonomskih mera“ [4].

U današnjem vremenu, energetska efikasnost postaje jedan od ključnih faktora u projektovanju i održavanju objekata, ne samo zbog smanjenja troškova, već i zbog borbe protiv klimatskih promena. Energetska ispravnost objekata posebno obrađuje parametre kao što su:

Toplotna izolacija: ima ključnu ulogu u smanjenju potrošnje energije za grejanje i hlađenje. Korišćenje modernih termoizolacionih materijala, kao i dizajniranje objekata sa maksimalnim sunčevim dobijanjem tokom zime i zaštitom od prekomernog sunčevog zračenja tokom leta, doprinosi značajnim uštedama energije.

Pametni sistemi upravljanja energijom: kao što su automatski regulatori temperature, pametni termostati i senzori za detekciju prisutnosti, omogućavaju precizno praćenje i optimizaciju potrošnje energije, čime se smanjuje ukupna potrošnja.

Korišćenje obnovljivih izvora energije: može značajno smanjiti potrebu za tradicionalnim izvorima energije, čineći objekat energetskom efikasnošću.

5. METODE OCENJIVANJA 3E ISPRAVNOSTI

5.1. LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)

LEED je opšte priznati sistem ocenjivanja održivosti objekata koji obuhvata ekološke, energetske i ekonomske kriterijume. To je međunarodni sistem za ocenjivanje održivosti i energetske efikasnosti zgrada, koji je razvijen od strane U.S. Green Building Council (USGBC).

Neki autori (Grer i saradnici, 2019) predložili su da bi trebalo bolje povezati LEED poene sa stvarnim klimatskim ishodbima, uzimajući u obzir lance snabdevanja, infrastrukturu i regionalne varijacije [5]. Ovaj sistem omogućava da se oceni i nagradi održivost građevinskih objekata, uzimajući u obzir njihov uticaj na životnu sredinu, energetska efikasnost, zdravlje i dobrobit korisnika, kao i troškove života i upravljanja objektima. LEED sertifikacija obuhvata nekoliko ključnih oblasti, kao što su:

- Ocena lokacije zgrade u odnosu na ekološke i društvene faktore, kao što su pristup javnom prevozu, zaštita prirodnih resursa i minimizacija uticaja na okolinu.

- Analiza efikasnosti korišćenja vode, energije, materijala i drugih resursa tokom izgradnje i eksploatacije objekta. Ova kategorija se fokusira na upotrebu obnovljivih izvora energije, recikliranih materijala i održivih građevinskih tehnika.

- Obuhvat faktora kao što su kvalitet unutrašnjeg vazduha, prirodno svetlo, zvučna izolacija, kao i druge karakteristike koje utiču na fizičko i mentalno zdravlje korisnika objekta.

- Procena efikasnosti u potrošnji energije i smanjenje emisije štetnih gasova.

LEED sertifikacija se dodeljuje na osnovu broja osvojenih poena u različitim kategorijama, a objekti mogu dobiti jednu od četiri sertifikacije:

- LEED Certified (najniži nivo)
- LEED Silver
- LEED Gold

- LEED Platinum (najviši nivo)

LEED sertifikacija nije obavezna, ali postaje sve popularnija među investitorima, arhitektama i vlasnicima objekata koji žele da pokažu posvećenost održivosti i smanjenju ekološkog otiska, kao i zbog prednosti LEED sertifikacije koje uključuju: smanjenje operativnih troškova, povećanje vrednosti nekretnine, oboljšanje zdravlja korisnika.

5.2. BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method)

BREEAM metod za procenu održivosti objekta, sa naglaskom na smanjenje negativnog uticaja na životnu sredinu i povećanje energetske efikasnosti. To je najstariji sistem za ocenjivanje održivosti građevinskih objekata, koji je razvijen od strane Building Research Establishment (BRE). Predstavlja metodologiju koja se koristi za ocenjivanje ekološke, energetske i društvene održivosti zgrada, a cilj mu je da podstiče i nagrađuje održive građevinske prakse i smanji negativan uticaj na životnu sredinu. BREEAM sertifikacija obuhvata širok spektar faktora vezanih za izgradnju objekata, uključujući upotrebu resursa, uticaj na životnu sredinu, zdravlje i dobrobit korisnika, efikasnost u korišćenju energije i vode, kao i upravljanje otpadom. Ovaj sistem je usmeren na pružanje alata koji omogućavaju smanjenje emisije CO₂, poboljšanje kvaliteta unutrašnjeg prostora i promovisanje energetske efikasnosti. „U kontekstu stambenih projekata, BREEAM je pokazao značajan potencijal u podsticanju prakse održive gradnje tako što je uticao i na programere i na klijente prema ekološki svesnijim odlukama“ [6].

Glavne kategorije BREEAM uključuju: razmatranja kako su projekti organizovani, kako se vodi proces izgradnje, uključujući upravljanje projektom, dokumentaciju i kvalitativne aspekte, zdravlje i kvalitet unutrašnjeg prostora (prirodno svetlo, akustika, ventilacija, termički komfor), efikasnost u potrošnji energije, upotreba obnovljivih izvora energije i smanjenje emisije CO₂ što uključuje primenu energetski efikasnih tehnologija i sistema, kao i korišćenje obnovljivih izvora energije; upravljanje potrošnjom vode u objektu, uključujući i reciklažu i smanjenje potrošnje; ocena korišćenih građevinskih materijala, uključujući njihov ekološki otisak, poreklo, recikliranje i dugoročnu održivost; odnos objekta prema njegovoj okolini, pristup javnom prevozu, zaštita prirodnih resursa, smanjenje zagađenja i očuvanje lokalnih ekosistema; održavanje i upravljanje životnim ciklusom objekta, uključujući smanjenje troškova održavanja, dugovečnost i efikasnost tokom vremena, kao i sposobnost objekta da se prilagodi potrebama korisnika.

BREEAM sertifikacija obuhvata više različitih nivoa, koji zavise od broja osvojenih poena u različitim kategorijama:

- Pass (prolaz)
- Good (dobar)
- Very Good (vrlo dobar)
- Excellent (izvrstan)
- Outstanding (izuzetno) – najviši nivo sertifikacije

Sertifikacija BREEAM se može primeniti na stambene zgrade, komercijalne objekte, industrijske objekte, kao i renovirane i rekonstruisane zgrade. Prednosti BREEAM sertifikacije su: povećanje tržišne vrednosti objekta; niži

operativni troškovi; poboljšanje radnih i životnih uslova; smanjenje ekološkog otiska.

5.3. ISO 50001

ISO 50001 je međunarodni standard za energetske menadžment, koji pruža smernice za implementaciju sistema upravljanja energijom u organizacijama, u cilju poboljšanja energetske efikasnosti, smanjenja potrošnje energije i smanjenja emisije gasova sa efektom staklene bašte. Standard je razvijen od strane Međunarodne organizacije za standardizaciju (ISO) [7]. „Racionalno korišćenje energije je tema kojom se poznavao iz energetske oblasti već odavno bave. Međutim, šira javnost je počela značajno da se interesuje za pomenuti problem tek kada je racionalizacija u potrošnji energije, tj. energetska efikasnost postavljena kao sine qua non za privredu ali i za domaćinstva” [8]. ISO 50001 se fokusira na efikasno korišćenje energije u organizacijama svih veličina i sektora, od industrije do komercijalnih zgrada i javnih institucija. Glavni cilj ovog standarda je da poboljša energetske performanse kroz sistematično praćenje, analizu i unapređenje energetske efikasnosti, dok istovremeno smanjuje troškove za energiju i uticaj na životnu sredinu. ISO 50001 zahteva implementaciju energetske efikasne menadžment sistema (EnMS), koji omogućava organizacijama da postavljaju jasne ciljeve u vezi sa potrošnjom energije, prate napredak, analiziraju podatke i kontinuirano unapređuju energetske performanse. Ključne karakteristike i principi ISO 50001 su:

planiranje energetske efikasnosti; praćenje i merenje potrošnje energije; izveštavanje i revizija o energetske efikasnosti i mera na smanjenje potrošnje energije; kontinuirano unapređivanje - koristi pristup „Planiraj, Uradi, Proveri, Deluj“ (PDCA - Plan-Do-Check-Act), što omogućava stalno unapređivanje energetske performansi; ISO 50001 se koristi kao platforma za implementaciju novih tehnologija i integraciju obnovljivih izvora energije što doprinosi smanjenju zavisnosti od fosilnih goriva.

„ISO 50001 pruža sveobuhvatan okvir za organizacije za uspostavljanje, implementaciju i unapređenje sistema upravljanja energijom. Njegov sistematski pristup omogućava kompanijama da identifikuju mogućnosti za uštedu energije, koje dovode do dugoročne uštede troškova i smanjenog uticaja na životnu sredinu“ [9]. Najvažnije prednosti implementacije ISO 50001 su: manji troškovi za energiju; povećanje konkurentnosti; manja emisija CO₂.

6. ZAKLJUČAK

Arhitektonsko bioklimatsko projektovanje je ključni korak prema održivoj i energetske efikasnoj budućnosti. Integracija lokalnih klimatskih uslova sa modernim tehnologijama može značajno smanjiti negativne uticaje građevinske industrije na životnu sredinu, poboljšati kvalitet života korisnika, kao i doprineti globalnim naporima u borbi protiv klimatskih promena. Bioklimatsko projektovanje ne uključuje samo tehničke aspekte, već i kulturne i socijalne specifičnosti određenih regija, što omogućava održivu i harmoničnu izgradnju. Ekonomska, ekološka i energetska ispravnost objekta predstavljaju tri ključna aspekta održivosti koja zajedno omogućavaju smanjenje negativnog uticaja na životnu

sredinu, povećanje energetske efikasnosti i optimizaciju troškova u svim fazama životnog ciklusa zgrade. Integracija ovih principa u arhitektonsko projektovanje, gradnju i održavanje objekata nije samo odgovor na globalne izazove u pogledu očuvanja prirodnih resursa i smanjenja emisije štetnih gasova, već i strateški pristup koji može dovesti do značajnih dugoročnih ušteda i bolje kvalitete života.

Zeleni certifikati i standardi, kao što su LEED, BREEAM i ISO 50001, imaju zajednički cilj promovisanja održivosti i smanjenja negativnog uticaja građevinskih objekata na životnu sredinu. Standardi su usmereni su na povećanje energetske efikasnosti, smanjenje potrošnje resursa, upotrebu ekološki prihvatljivih materijala i optimizaciju upravljanja otpadom. Ovi standardi podstiču primenu inovativnih tehnologija i praksi koje poboljšavaju kvalitet života stanara, kao i smanjuju emisiju štetnih gasova. LEED i BREEAM se fokusiraju na celokupan životni ciklus objekta, od projektovanja i gradnje do njegove upotrebe i održavanja, dok ISO 50001 specifično cilja na poboljšanje energetske efikasnosti u organizacijama. Standardi omogućavaju objektima da postignu međunarodno priznanje za održivost, čime povećavaju tržišnu vrednost i privlače korisnike koji teže ekološkim rešenjima.

LITERATURA

- [1] M. Mihajlović, Lj. Stošić Mihajlović, “ Savremena 3E (ekonomska, energetska, ekološka) kriza”, *Zbornik radova ATVSS*, Niš, pp. 76-80, 2021.
- [2] M. Mihajlović, Lj. Stošić Mihajlović, “Arhitektonsko projektovanje održivih i energetske efikasne objekata”, *Zbornik radova ATVSS*, Niš, pp. 117-121, 2022.
- [3] M. Mihajlović, “Primena inovativnih i atipičnih sistema bioklimatskog projektovanja objekata i uređenja okolnog prostora”, *Zelena gradnja*, GAF Niš, pp. 111-118, 2023
- [4] M. Mihajlović, Lj. Stošić Mihajlović, “Primena ekoloških principa u kontekstu projektovanja zgrada”, *Zbornik radova ATVSS*, Niš, pp. 149-152, 2023.
- [5] F. Greer, A. Pingree, D. Hsu, D. "Energy and water efficiency in LEED: How well are LEED points linked to climate outcomes?" *Building and Environment*, Elsevier, pp. 143-150, 2019.
- [6] M. A. Khalfan, P. M. Noor, “Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology on the UK Residential Projects”. *Journal of Building Engineering*, 29, 2020.
- [7] ISO 50001 Developing an Energy Management System Dostupno na: <https://www.iso.org/iso-50001-energy-management.html>. Datum Pristupa: 01.12.2024.
- [8] Lj. Stošić Mihajlović, M. Mihajlović, „Energetska efikasnost i eko-dizajn kao faktor održivog razvoja”, *Zelena gradnja*, GAF Niš, pp. 119-124, 2024
- [9] Eccleston, C., March, F., Cohen, T. “Developing and managing an ISO 50001 energy management system”, CRC Press, pp. 45- 49, 2011.

IDEJNO REŠENJE REGENERACIJE BLOKA ZA SOCIJALNO STANOVANJE CONCEPTUAL DESIGN FOR THE URBAN REGENERATION OF A SOCIAL HOUSING BLOCK

Aleksandra Marinković, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija – Odsek Niš, A. Medvedeva 20, Niš.*
Marija Milić, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija – Odsek Niš, A. Medvedeva 20, Niš.*

Sadržaj – U ovom radu predstavljen je predlog urbane regeneracije na primeru postojećeg bloka jednorodnog stanovanja. Transformacija bloka iz stambenog u blok mešovite namene sprovedena je uvođenjem vaspitno-obrazovnih, ugostiteljskih i komercijalnih objekata, zelenih i otvorenih površina različitog stepena privatnosti. Novoprojektovani blok predviđen je za postojeći tip stanovnika, nižeg socio-ekonomskog statusa; sa uvođenjem većeg broja stambenih jedinica jednorodnog i ekonomski potpomognutog stanovanja, za različit broj stanara – u zavisnosti od veličine porodice, ali i sa sobama za stanovanje ekonomski najugroženijih stanara. Rad je nastao iz Završnog rada na ATVSS, analizom postojećeg bloka u Paraćinu. Optimalno rešenje prostorne organizacije bloka izabrano je između 12 početnih predloga, od kojih je optimizacijom dobijeno 7 a odabrano rešenje ima potencijal da smesti najveći broj stanovnika sa maksimalnim površinama zelenih i otvorenih prostora u privatnim dvorištima, pešačkim ulicama, „džepnim parkovima“ i krovnim baštama na zgradama.

Ključne reči: *Jednorodne zgrade. Socijalno stanovanje. Blok mešovite namene.*

Abstract – This paper presents a conceptual design for the urban regeneration of an existing block of single-family housing. Block was transformed from residential to a mixed-use by introducing educational and commercial facilities, as well as green and open areas with different levels of privacy. The new block is designed for the present type of residents, of lower socio-economic status; with the greater variety of single-family and subsidized housing units, for a different number of tenants – depending on the family size, but also with rooms for the economically most disadvantaged tenants. The work was created from the Graduate paper at ATVSS, through the analysis of the existing block in Paraćin. The optimal version for the spatial organization of the block was chosen among 12 initial proposals, of which 7 were obtained through optimization, and the final design can accommodate the largest number of residents and has maximal areas of green and open spaces situated in private yards, pedestrian streets, "pocket parks" and rooftop gardens.

Key words: *Single-family buildings. Social housing. Mixed-use block.*

1. UVOD I METODOLOGIJA

Ovaj rad nastao je iz Završnog rada studentkinje ATVSS [1] i predstavlja predlog urbane regeneracije postojećeg bloka jednorodnog stanovanja putem fizičke transformacije – uvođenjem različitih tipova zgrada i stanovanja, kao i varijeteta otvorenih prostora različitih nivoa privatnosti; intenzifikacije razvoja u smeru održivosti i inkluzivnosti – uvođenjem mešovite namene u blok za stanovanje socijalno ugroženih osoba. Uvođenjem drugih namena i različitih otvorenih prostora u postojeći blok isključivo stambene namene, sa dominantno neplanskom izgradnjom, stanovnicima ovog bloka se približavaju svakodnevno potrebni sadržaji i unapređuje se kvalitet života.

Idejno urbanističko rešenje nastalo je iz prethodne analize postojećeg bloka u Paraćinu, naseljenog stanovnicima nižeg socio-ekonomskog statusa. Premise od kojih se krenulo u razmatranje rešenja prostorne organizacije bloka bile su: a) formiranje stambenih jedinica za porodice sa različitim brojem članova, od 2 do 8, kakve

su prisutne u postojećem bloku; b) stvaranje uslova za stanovanje socio-ekonomski najugroženijih stanovnika – u okviru kolektivnog smeštaja, sa zajedničkom ishranom, po principu potpomognutog (assisted) stanovanja; c) omogućavanje zapošljavanja stanovnika u samom bloku, uvođenjem prostora i namena neophodnih za svakodnevni život stanara, kao što su: vrtić, prodavnica ali i igraonica, restoran, kafić i lokali različitih namena; d) uvođenje zelenih i otvorenih prostora različitih stepena privatnosti; e) smeštanje maksimalnog broja stanovnika uz ostvarenje savremenih standarda stanovanja. Od 12 početnih predloga optimizacijom je dobijeno 7 od kojih je finalna verzija izabrana kao optimalna – sa potencijalom za stanovanje najvećeg broja stanovnika i sa najviše zelenih i otvorenih prostora prisutnih kroz dijamazon veličina, stepena privatnosti i različitih nivoa na kojima je predviđena njihova izgradnja. Transformacija postojećeg stambenog bloka u blok mešovite namen planirana je imajući u vidu relevantnu literaturu [2, 3] i pravilnike iz oblasti projektovanja [4, 5] i stanovanja socijalno ugroženih grupa [6, 7, 8] kao i održivog planiranja [9].

2. ORGANIZACIONO REŠENJE STAMBENO – KOMERCIJALNOG BLOKA

Postojeći blok koji je sagledan kao potencijalni kandidat za urbanu regeneraciju, nalazi se u ivičnom delu urbane matrice Paraćina. Okružen je trima ulicama: sa istoka ga tangira ul. Knjaza Miloša, širine 21 m, druga po veličini saobraćajnica koja Paraćin povezuje sa okolnim mestima; sa severa sabirna ulica 27. Marta, širine 19 m; a zapadno i južno Vidovdanska, širine 15 m. Blok je odabran zbog svoje veličine i činjenice da je njegova površina popunjena neplanskom izgrađenom stambenih zgrada do kojih ne postoji adekvatna infrastruktura te je povećanjem gustine smanjena mogućnost da se u blok uvedu sadržaji javne namene koji bi doprineli unapređenju kvaliteta života stanovnika. U posmatranom bloku, površine 4,39 ha, postoje parcele različitih dimenzija i orijentacije sa izgrađenim jednoporodičnim stambenim zgradama. Trenutno je blok naseljen pretežno romskom populacijom. Zgrade su slobodnostojeće, njihova starost i stepen održavanja varira, dominantna spratnost je P+1 dok je mali procenat zgrada veće ili manje spratnosti od navedene (P+0 do P+2). U bloku nema uređenih zelenih površina ili prostora za sedenje i okupljanje stanovnika.

Raspored parcela u bloku je takav da većina parcela u unutrašnjosti bloka nema pristup javnoj saobraćajnici. Ipak, u severnom delu bloka 2004. god. je izvedena ulica koja je predviđena kao pristupna – dominantno pešačka sa mogućnošću kretanja automobila da bi se pristupilo jednom broju postojećih parcela po dubini bloka. Ta ulica potencijalno ima funkciju vunerfa ali nema sadržaje koji bi činili vunerf [9]. Brzine kretanja motornim vozilima kroz ovu ulicu po pravilu su manje nego na okolnim saobraćajnicama – kao rezultat njene regulacione širine i postavljene trase (nastale organski iz potrebe da se pristupi parcelama unutar bloka). Iako njena popločana površina predstavlja promenu u obradi podloge u odnosu na okolne saobraćajnice ova ulica nema zelene površine i mesta za sedenje što je karakteristično za vunerf [9].

Za potrebe ovog završnog rada zadržan je pravac i regulaciona širina ove dominantno pešačke ulice i deo bloka severno od ulice je u svim varijantnim rešenjima isti, sa zgradama komercijalne, vaspitne, ugostiteljske i poslovne namene (Sl. 1, oznaka 1). U ovom delu bloka smeštena je i zgrada za stanovanje najugroženijih lica, po principu finansijski potpomognutog zajedničkog stanovanja.

Deo bloka južno od pešačke ulice predviđen je za jednoporodično stanovanje sa različitom tipologijom zgrada, zgrade u nizu i dvojne zgrade. Nizovi od 6 i 8 zgrada i grupacije dvojnih zgrada ređani su tako da formiraju različita varijantna rešenja (Sl. 1, oznaka 2).

U svim varijantnim urbanističkim rešenjima, vunerfi imaju drugačiji položaj u bloku. Parcele su u svim varijantnim rešenjima raspoređene tako da prostor u bloku bude maksimalno iskorišćen. U slobodnom prostoru između zgrada su predviđeni polu-privatni otvoreni prostori sa zelenim površinama i mestima za sedenje, kao i dečije igralište.

U usvojenom urbanističkom rešenju položaj vunerfa i raspored nizova i dvojnih zgrada pružaju najfunkcionalnije i najoptimalnije urbanističko rešenje. Između raspoređenih

parcela nalaze se pešačke staze koje povezuju vunerfe i uređene zelene površine. Na površini od 3,39 ha na novoformiranim parcelama stvoreni su prostorni uslovi za stanovanje oko 700 stanara (najmanje 684). Indeks zauzetosti bloka je 36,26 %, dok je indeks izgrađenosti 0,73.

2.1. Novoprojektovano idejno rešenje bloka jednoporodičnih zgrada

U novoprojektovanom rešenju (Sl. 1), zgrade su projektovane kao tipske zgrade minimalnih dimenzija namenjene stanovanju socijalno-ekonomski ugroženih osoba. Zgrada **tip 1** je projektovana za stanovanje 2 stanara, **tip 2** za stanovanje 4 stanara, **tip 3** za 6 stanara a zgrada **tip 4** (dvojna zgrada) za stanovanje 8 stanara. Ovakav način projektovanja, sa tipskim zgradama različitih kapaciteta, omogućava povećanje varijeteta rešenja za socijalno stanovanje, u zavisnosti od potreba stanara. Zgrade su raspoređene u nizove od 6 ili 8 zgrada u zavisnosti od raspoloživog prostora i položaja u bloku. Različitim kombinacijama broja i položaja nizova napravljeno je šest varijanti urbanističkog rešenja bloka.

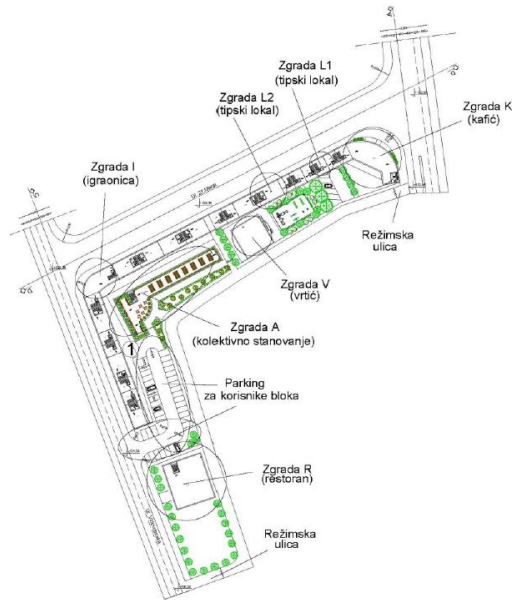


Slika 1. Organizaciono rešenje stambeno-komercijalnog bloka.

Severni i severozapadni deo bloka (Sl. 2), orijentisan ka saobraćajnicama i najbliži centru Paraćina, predviđen je za zgrade komercijalne namene i zgradu kolektivnog socijalnog stanovanja. Preostala površina bloka predviđena za jednoporodično stanovanje socijalno-ekonomski ugroženih. Unutar novoprojektovanog bloka predviđen je sistem vunerfa – ulica namenjenih za kretanje pešaka, sa zelenilom i mestimičnim prostorima za sedenje i okupljanje stanovnika bloka, kroz koje se po pravilu vozila kreću malim brzinama. Vunerfi u ovom bloku omogućavaju pristup parcelama, odnosno dvorištima, za stanare čije parcele nemaju direktni pristup sa glavnih saobraćajnica.

U bloku su predviđena dva vunerfa koji se prostiru unakrsno unutar stambenog bloka (jedan u pravcu S-J a drugi I-Z) i povezani su sa okolnim ulicama – na zapadu i severu sa pristupnom ulicom, na istoku sa glavnom saobraćajnicom dok je sa južne strane predviđen vunerf zatvorenog tipa sa

prostorom za okretanje vozila. U stambenom delu bloka su raspoređeni nizovi i dvojne zgrade tako da se maksimalno iskoristi prostor unutar bloka, s tim da je između nizova ostavljen prostor od minimalno 1,5 m za kretanje pešaka. U slobodnom prostoru između zgrada su predviđeni poluprivatni otvoreni prostori sa zelenim površinama i mestima sa sedenje, kao i dečije igralište.

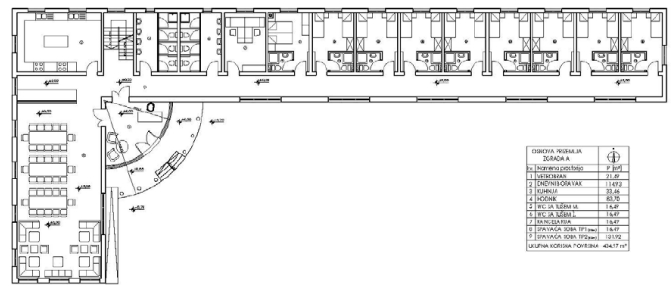


Slika 2. Situacioni prikaz komercijalnog dela bloka. Niz komercijalnih zgrada čine: a) manji tipski lokal površine 74 m²; b) veći tipski lokal površine 172 m²; c) kafić površine 482 m² na istočnom kraju niza i igraonica površine 232 m² na zapadnom uglu niza, od koje se niz lokala nastavlja do režimske ulice. Južno, ispod ulice, predviđen je restoran površine 827 m² i vrtić površine 192 m².

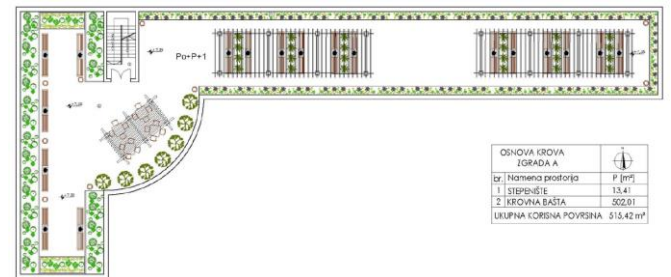
Zgrade nestambene namene (Sl. 2) su projektovane tako da zadovoljavaju svakodnevne potrebe stanara ovog bloka. U ovom delu su predviđeni: vrtić, igraonica, kafić, apoteka, pekara, prodavnice, radnje uslužne delatnosti i restoran. Svi objekti komercijalne namene (sa tipskim lokalima) imaju direktan pristup sa ulice i projektovani su kao zgrade u neprekinutom uličnom nizu, spratnosti P+1 između kojih je smešten jedan natkriveni prolaz ka unutrašnjosti bloka, u širini od 3 m. Iznad ovih zgrada predviđen je ravan krov sa krovnom baštom. Izlaz na krovnu baštu omogućen je pojedinačno iz svakog lokala ispod nje, pa tako svi korisnici objekata imaju pristup ovom zajedničkom otvorenom prostoru.

Zgrada i dvorište vrtića smešteni su u mirnijem delu bloka, iza zgrada sa lokalima, a do ulaza se dolazi pristupnom (režimskom) ulicom. Krov vrtića je projektovan kao ravan, u skladu sa ostalim zgradama u komercijalnoj zoni. U dvorištu vrtića nalazi se dečije igralište okruženo drvećem i zelenilom, a ograđeno živicom u visini od 1,4 m i širini od 1,0 m.

Južno, ispod pristupne ulice, predviđen je **restoran** spratnosti Po+P+1, kome se pristupa iz ulice sa zapadne strane bloka. Na krovu restorana predviđena je krovna bašta koja predstavlja dodatnu površinu za boravak gostiju. Zajednički parking prostor (35 PM) smešten je u okviru komercijalne zone, pored restorana. Parking mesta postoje i između zgrada vrtića i restorana.



Slika 3. Idejno rešenje osnove prizemlja zgrade kolektivnog stanovanja.



Slika 4. Idejno rešenje osnove krovne bašte zgrade kolektivnog stanovanja.

U unutrašnjem delu bloka, ispod komercijalne zone smešten je **objekat za kolektivno stanovanje starijih i socio-ekonomski najugroženijih pojedinaca** (Sl. 3 i 4). Objekat je spratnosti Po+P+1, površine 1340 m² (prizemlje 576 m², sprat 574 m²). Pored stepeništa koje vodi do ulaza u zgradu predviđena je i rampa kako bi se olakšao pristup osobama koje se otežano kreću. U ulaznom delu se nalazi prostorija za kontrolisan ulazak nakon koje se pristupa zajedničkom prostoru za sedenje i okupljanje stanara, sa kuhinjom i trpezarijom. U prizemlju i na spratu su raspoređene zajedničke spavaone i dvokrevetne sobe minimalnih dimenzija, od kojih svaka ima kupatilo; a u prizemlju su i dodatni zajednički toaleti sa tuševima. U centralnom delu sprata predviđen je prostor za sedenje i okupljanje stanara. Krov je projektovan kao ravan sa uređenom krovnom baštom do koje se pristupa stepeništem koje povezuje sve etaže zgrade (Sl. 4). Postojanje ovakvog objekta, sa sobama različitog nivoa privatnosti i broja stanara, pored toga što pruža prostor za boravak starijih i socijalno najugroženijih osoba u bezbednom okruženju, u zgradi sa više centara okupljanja i trpezarijom za zajedničko ručavanje; omogućava i ostanak starijih i najugroženijih članova zajednice u istom susedstvu i onda kada više nisu sposobni da samostalno brinu o sebi.

2.2. Organizaciono rešenje nizova stambenih zgrada

Unutar stambenog dela bloka raspoređeni su nizovi i dvojne zgrade za jednopodružno stanovanje (Sl. 5). Nizovi su formirani od 6 ili 8 zgrada **tipa 1, 2** ili **3**, ređanjem objekata jedan do drugog kao slika u ogledalu, dok su kod dvojnih zgrada na takav način postavljene dve zgrade **tipa 4**. Ovakav princip formiranja nizova i dvojnih zgrada olakšava spajanje sistema sanitarnih blokova u svim zgradama. Otvori na bočnim zgradama u nizu su projektovani na sve tri fasade, dok ostale zgrade unutar niza imaju otvore samo na ulaznoj i zadnjoj fasadi. Nizovi su sa četvorovodnim i viševodnim krovovima. Dvojna zgrada ima viševodni krov.

Sve stambene zgrade imaju individualna dvorišta. Parcele dominantno imaju orijentaciju I-Z. Dimenzije parcela za predviđene stambene zgrade razlikuju se po tipu zgrade od kojih je niz formiran. Parcele sa zgradama **tipa 1** imaju širinu 6,50 m i dužinu 18,70 m. Parcele za zgradu **tipa 2** imaju širinu 6,20 m i dužinu 18,30 m; parcele za zgradu **tipa 3** su širine 9,20 m i dužine 19,60 m, a parcele na kojima su dvojne zgrade tipa 4 su najveće i imaju širinu 12,60 m i dužinu 20,80 m. Parcele koje su smještene uz ulice imaju direktan pristup sa tih ulica dok se ostalim parcelama pristupa preko vunerfa.



Slika 5. Izgled uličnih fasada nizova tipskih zgrada. 1, 2, 3, 4 levo – jedna stambena jedinica, 1, 2, 3 desno – izgled niza od 6 zgrada, 4 desno – dvojne zgrade. Primjenjene su: 24 dvojne zgrade (tip 4), po 50 zgrada tipa 1 i tipa 2, i 32 zgrade tipa 3.

Zgrada tipa 1 je predviđena za jednoporodično stanovanje 2 stanara, spratnosti je Po+P i ima ukupnu bruto razvijenu građevinsku površinu 133 m². Ulaz je, u zavisnosti od načina pristupa parceli, na zapadnoj ili istočnoj fasadi.

Zgrada tipa 2 je predviđena za 4 stanara, spratnosti je Po+P+1 i površine 195 m². Ulaz u zgradu je projektovan kao trem koji povezuje sve zgrade jednog niza.

Zgrada tipa 3 je predviđena za stanovanje 6 stanara, spratnosti je Po+P+1 i površine 240 m². Do zadnjeg dvorišta kod zgrada u nizu tipa 1-3 pristupa se iz zgrade.

Zgrada tipa 4 je najveća, spratnosti Po+P+1, i predviđena je za stanovanje 8 stanara. Projektovana je kao dvojna zgrada ukupne bruto razvijene građevinske površine 308 m². Na istočnoj ili zapadnoj fasadi, u zavisnosti od načina pristupa parceli, projektovan je ulaz sa tremom.

3. ZAKLJUČAK

Ova tema obrađena je kako bi se pružila mogućnost izbora u slučaju budućeg donošenja odluke o regeneraciji ovog ili fosmiranju novog urbanog bloka, za potrebe stanovanja socio-ekonomski ugroženih grupa a u skladu sa načelima održivog razvoja i inkluzije.

- Novoprojektovano rešenje u severnom delu bloka ima objekte različitih namena koji doprinose poboljšanju kvaliteta života stanovnika bloka dvostruko, samim uvođenjem različitih namena u postojeći stambeni blok ali i stvaranjem potencijala za lokalno zaposlenje stanovnika bloka na brojnim radnim mestima koja bi nove namene donele.
- Dodavanjem vunerfa unutar stambenog dela bloka omogućen je pristup svim parcelama u bloku kao i povezanost i lakši pristup javnim saobraćajnicama koje okružuju blok.
- Sve zgrade u bloku, sem stambenih, predviđene su sa ravnim krovom na kojem se formira krovna bašta, čime se dobija sistem povezanih otvorenih prostora na višem nivou od nivoa tla.
- Prostori nepravilne forme koji su dobijeni ređanjem nizova i grupacija dvojnih zgrada predviđeni su kao zajednički otvoreni prostori unutar bloka sa potencijalom za iniciranje kontakata, susreta i zajedničkih aktivnosti što bi vodilo ka unapređenju međususedske povezanosti.

LITERATURA

- [1] M. Milić, Idejno rešenje bloka jednoporodičnih zgrada za socijalno stanovanje, Završni rad, ATVSS Odsek Niš, 2024.
- [2] E. Nojfert, *Arhitektonsko projektovanje*, Građevinska knjiga, 2012.
- [3] Lj. Biondić, *Uvod u projektovanje stambenih zgrada*, Arhitektonski fakultet, Zagreb, 2011.
- [4] Pravilnik o uslovima i normativima za projektovanje stambenih zgrada i stanova, ("Sl. glasnik RS", br. 58/2012, 74/2015 i 82/2015).
- [5] Pravilnik o opštim pravilima za parcelaciju, regulaciju i izgradnju, ("Sl. glasnik RS", br. 22/2015).
- [6] T. Njegić, *Prostorno-funkcionalni standardi socijalnog stanovanja u Srbiji - regulativa, praksa i percepcija korisnika*, Institut za arhitekturu i urbanizam Srbije, 2020.
- [7] V. M. Č. Damjanović, Z. V. Macura, *Socijalno stanovanje u Srbiji*, Palgo centar, 2016.
- [8] Uredba o standardima i normativima za planiranje, projektovanje, građenje i uslovima za korišćenje i održavanje stanova za socijalno stanovanje, ("Sl. glasnik RS", br. 26/2013).
- [9] Priručnik za urbani dizajn, Orion Art, 2009.

KONTEKSTUALNE FORME OBJEKATA U SAVREMENOJ ARHITEKTURI PORODIČNIH KUĆA CONTEXTUAL FORMS OF OBJECTS IN MODERN ARCHITECTURE OF FAMILY HOUSES

Marjan Petrović, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Sadržaj - Temu ovog rada prvenstveno čini forma objekta koja nastaje iz konteksta i konkretnih uslova lokacije na terenu gde se gradi objekat. Pre svega radi se o kontekstu oblika, koji u ovom slučaju podrazumeva mnogo aspekata sa kojih se sagledava. Može biti kontekst oblika u prostoru, kontekst oblika u vremenu (istorijski), u duhu-nasleđu, u materijalu i dr. Ovakvo "čitanje" forme, volumena i pojava oblika zgrada u prostoru se oslanja na tezu poštovanja jedinstvenog "duha mesta" (Genius loci).

Ključne reči: Forma. Objekat. Kontekst. Kuća.

Abstract - The subject of this paper is primarily the form of the object that arises from the context and specific conditions of the location on terrain where the object is being built. First of all, it is about the context of the form, which in this case implies many aspects from which it is seen. It can be the context of the form in space, the context of the form in time (historically), in the spirit-heritage, in the material, etc. This "reading" of the form, volume and appearance of buildings in space is based on the thesis of respecting the unique "spirit of the place" (Genius loci).

Key words: Form. Object. Context. House.

1. UVOD

Vrlo važan aspekt za uspešnu materijalizaciju forme, odnosno realizaciju samog objekta, je pravilno sagledavanje fizičkih uslova na terenu u trenutku kada se objekat gradi, naravno uz poštovanje zadatih urbanističko-tehničkih uslova i zahteva investitora. Prilagođavanje terenu i oblikovno i tehnički, ima veliki uticaj na konačni izgled zgrade. Generalno, vrlo važan kriterijum koji se sagledava je uklapanje samog objekta u celokupan ambijent i postizanje jedinstva prostora i novoizgrađenog objekta. [1] Svi pomenuti parametri, dobro promišljeni i upotrebljeni na pravi način, vode ka uspešnom rešenju. [2]

Po rečima Emilia Ambasz-a: „Arhitektura je stvar imaginacije. Verujem da Ona počinje tek onda kada su potrebe funkcije i konstrukcije već zadovoljene. To nije glad, već ljubav i strah, ponekad i čuđenje koje nas teraju na kreativnost. Kulturalni i socijalni kontekst se konstantno menjaju, međutim pravi zadatak svakog arhitekta ostaje isti: dati poetsku formu praktičnim potrebama.“ Postavljene teze se potvrđuju kroz analizu nekoliko konkretnih primera porodičnih kuća koje su građene na različitim lokacijama.

2. ANALIZA KARAKTERISTIČNIH PRIMERA

Prikaz sledećih četiri karakterističnih individualnih objekata predstavlja primer pravilnog percipiranja i tumačenja lokacije i šireg okruženja sa svim svojim ambijentalnim vrednostima, prednostima i nedostacima, kao i maksimalno iskorišćenje istih u cilju najoptimalnije izgradnje uz minimalne arhitektonske intervencije u prostoru. Prva dva primera analiziranih objekata su izgrađena u Japanu, dok se ostala dva nalaze u Americi i Evropi.

2.1. Lucky Drops House

Dizajn: Atelje „Tekuto“

Kuća je locirana u oblasti Setagaya-Ku u Tokiju, Japan. Vlasnici su mladi bračni par. Zemljište na kome je objekat izgrađen predstavlja dugi, uski trapezoid površine 59 kvadratnih metara. Sam objekat zauzima površinu od 22 kvadratna metra u osnovi i udaljen je 50 cm od ograde suseda što predstavlja minimum udaljenja po važećoj planskoj regulativi u tom delu grada Tokija [3].



Slika 1. Bočni izgled kuće.



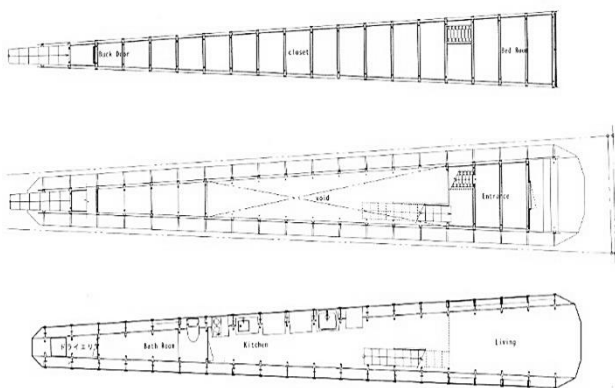
Slika 2. Bočni izgled kuće.

Širina glavne ulazne fasade je 3,26 metara dok je sa suprotne strane svega 0,79 metara. Najviša tačka slemena je na 6,8 metara. S obzirom da su uslovi lokacije izrazito nepovoljni, autori su kroz proces projektovanja pokušali da te nepovoljnosti pretvore u „prednost“ sagledavajući ceo objekat kao jedinstvenu celinu naglašene linearne forme, bez subtraktivnih i aditivnih elemenata, iskoristivši pre svega

izduženost parcele da bi se smestili svi potrebni sadržaji (Slike 1-4).



Slika 3. Frontalni izgled kuće.



Slika 4. Osnove kuće.

Objekat je delimično ukopan i podeljen je na dve etaže. U donjem delu se nalaze dnevni boravak, prostor za ručavanje, kuhinja i kupatilo, kreirajući fluidan prostor u kontinuitetu praktično bez ikakvih pregrada, dok je na gornjoj etaži spavaći deo sa plakarima. Poprečni presjek ovog objekta je trougaona forma sa blago zakošenim ivicama ka gornjoj tački, odnosno slemenu krova, tako da podseća na gotski luk. Cela kompozicija kuće odaje utisak nekog broda koji kao da je došavši, doplovivši iz neke luke, samo privremeno na tom mestu i čeka na dalja putovanja. Ova simbolika opravdava sam naziv kuće i u potpunom je kontekstu sa mladim bračnim parom koji je tek na početku svog zajedničkog života. Celokupnom ovakvom utisku umnogome doprinose i upotrebljeni materijali za izgradnju ovakvog objekta. Pre svega to su laki čelični nosači sa „kožom“ od ojačanih plastičnih vlakana debljine 3mm (FRP-3mm Fiber Reinforced Plastic), i EV filma (Electron Beam Film). Kuća nema klasičnih otvora (prozora), već je sama pomenuta „opna“, koja se proteže celom dužinom kuće, dovoljno transparentna da kroz nju sunčevi zraci prodiru u unutrašnjost čitave kuće. Iz istog razloga je postavljena međuspratna konstrukcija od perforiranih metalnih ploča (Expanded metal) pa se stiče utisak da je enterijer okupan svetlošću. Kod ovog objekta ne postoji ni zasebna krovna ravan, tzv. „peta fasada“, već dve podužne fasade svojim nagibom formiraju krov kuće.

2.2. Roofecture S

Dizajn: **Shuei Endo**, Institut arhitekture „Domus“

Ova kuća, čelične konstrukcije, locirana je u oblasti Kobe u gradu Hyogo, Japan. Ima 66 kvadratnih metara korisne površine, dok zauzima samo 50,3 od 130 kvadratna metra celokupnog zemljišta vlasnika. Dugačka je 20 metara a dubina kuće varira od 1,5 do 4 metra zbog prilagođavanja samom terenu. [3] Teren je izrazito strm, uzan i vrlo nepristupačan (Slika 5).

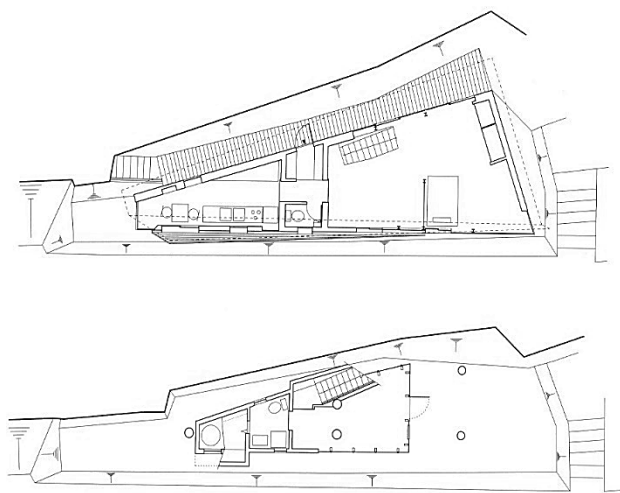


Slika 5. Bočni izgled kuće.

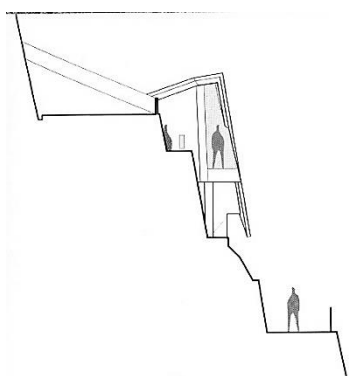


Slika 6. Frontalni izgled kuće.

Poštujući ekstremno teške uslove i maksimalno se prilagođavajući terenu, autor uspeva da pomiri, sjedini prirodnu i veštačku tvorevinu. Kuća linijske forme, „nasadena“ na potporni kameni zid i „zagrljena“ krovnim elementom na fasadi koja je okrenuta prema moru, ostavlja utisak jedinstvene celine sa okruženjem u kome je nastala. Krovni pokrivač od pocinkovanog čeličnog lima, koji zauzima i dobar deo glavne podužne fasade, predstavlja centralni motiv ovog objekta po kome kuća i nosi naziv. Tekstura krovnog pokrivača i prozorski otvori koji ga presecaju se takođe odlično uklapaju u postojeći ambijent. Od ostalih materijala javlja se staklo i dosta drveta pretežno u enterijeru objekta kao kontrast dosta „hladnom“ čeliku. Kuća je rešena dvoetažno. U donjem delu je deo za sedenje preko dana sa sanitarnim blokom dok se na gornjoj etaži nalazi kuhinja sa trpezarijom, dnevni boravak i spavaći deo. Prostorije su raspoređene linijski jedna do druge prateći opet formu terena. Na gornjem spratu se takođe nalazi i trem koji povezuje objekat sa stepeništem koje vodi do pristupnog puta (Slike 6-8).



Slika 7. Osnove kuće.



Slika 8. Presek kuće.

2.3. Texas Stretto House

Dizajn: **Steven Holl Architects**

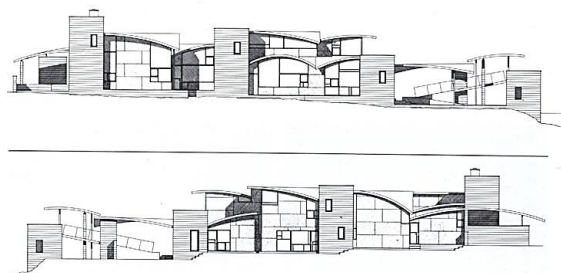
Kuća se nalazi u Teksasu u SAD. Građena je od 1989. Do 1991. godine. Smeštena pored malog šumskog jezera i jednim delom „naslonjena“ na njega, „STRETTO“ kuća zajedno sa okolinom predstavlja seriju betonskih blokova (prostornih brana), uokvirenih vodenom površinom koja plovi kroz njih. Plutajući preko tih „brana“, kao preklapajući stretto u muzici, vodena površina postaje prirodno ogledalo koje reflektuje okolni predeo unutar same kuće i obrnuto. [4] Ne držeći se striktno pravila Moderne da forma isključivo prati funkciju, arhitekta Steven Holl svoj minimalistički pristup nadograđuje u svojoj mašti. Kako su klijenti za koje je projektovao ovu kuću kolekcionari umetnosti, on svoju inspiraciju nalazi u partituri mađarskog kompozitora Bele Bartok-a: „Muzika za žičane instrumente, udaraljke i orgulje“. Rezultat je simfonija međusobno povezanih zidanih i metalnih elemenata kuće čiji se zakrivljeni krovovi uzdižu kao krešendo u muzici, a potom stapaju sa talasajućim okolnim pejzažem. Kuća okružena zelenilom čini ovu „prostornu kompoziciju“ još upečatljivijom (Slika 9).

Arhitekta postaje kompozitor koji komponuje „više-glasni dijalog“ između vode i svetla, prostora i materijala, prirode i konstrukcije. U četiri poteza ovaj „komad“ karakteriše jasno izražena razlika između teškog – udaraljke (punog – zidovi) i lakog – žičani instrumenti (praznog – staklo, prazan prostor). Kako se muzika materijalizuje pomoću zvuka i instrumenata, tako arhitektura teži analogiji svetla i prostora, to jest:

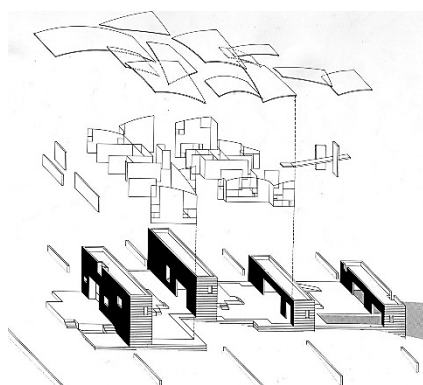
materijal x zvuk/vreme = materijal x svetlo/prostor. (Slike 10 i 11)



Slika 9. Frontalni izgled kuće u perspektivi.



Slika 10. Frontalni izgledi kuće (fasade)



Slika 11. Eksplodiran aksonometrijski prikaz kuće

2.4. Kuća duhovnog utočišta

Dizajn: **Emilio Ambasz**

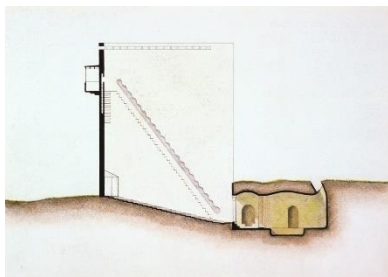
Originalni projekat ove kuće datira još iz 1975. godine kada privlači internacionalnu pažnju i osvaja mnoge prestižne nagrade (Progressive Architecture Project First Prize Award), mnogo pre nego što je kuća sagrađena 2005. godine. Do tada je važila za mit zbog svoje ambiciozne teoretske kontekstualnosti i koncepta celog projekta. Smeštena na brdu iznad veštačkog jezera, 40 km severno od Sevilje u Španiji, kuća „zrači“ svojom pojavom prepunom iznenađenja, simbolike, kontradiktornosti. [4] (Slike 11 i 12)

Dva velika bela zida izdižu se kao jedra iznad zelene pučine mora od trave. Strme konzolne stepenice na svakom od zidova susreću se pod pravim uglom dveju „stranica otvorene knjige“ i vode do balkona od rezbarenog drveta sa koga se pruža pogled ka okolnom pejzažu. Ispod balkona, takođe na mestu sučeljavanja zidova, nalazi se „ulaz“ izveden u tamnom, rezbarenom, ukrašenom drvetu tradicionalne arapsko-

andaluzijske forme. Sa druge strane tog „ulaza“ je većim delom opet otvoreni prostor ograničen samo pomenutim zidovima („kulisama“), koji se sa ovog staništa mogu protumačiti i kao „otvorene šake“ koje žele dobrodošlicu. Na ovaj način se naglašava i panoramski pogled preko podzemnog dela kuće i njenog travnatog krova prema obližnjem jezeru i planinama u daljini. U podzemni deo objekta pristupa se preko dvorišta-atrijuma kvadratnog oblika (zajedno sa pristupnim stepeništem), koji predstavlja svojevrsni amfiteatar. [5] Podzemne prostorije su raspoređene oko atrijuma u obliku slova „L“, a od atrijuma su razdvojene kolonadom cilindričnih stubova čiji se kapiteli stapaju u dugačku drvenu, izrezbarenu ukrasima, horizontalnu gredu.



Slika 11. Frontalni izgledi kuće.



Slika 12. Poprečni presek kuće.

Suštinski, forma same kuće se pre svega sastoji od osnovnih arhitektonskih elemenata (kvadrat, krug, trougao) u osnovi, odnosno nekih elementarnih Platonovih modela u prostoru: kocka, kupa, lopta. „Vidljivi“ deo kuće, odnosno deo iznad zemlje se svodi na osnovne geometrijske forme dobijene subtrakcijom ili dodavanjem određenih masa. Samo „prerezi“ u zemlji zbog dolaska prirodnog svetla unutar podzemnog dela zgrade imaju biomorfne oblike prateći morfologiju samog terena. Kao da sam arhitekta namerno naglašava razliku i u isto vreme vrlo spretno povezuje prirodu sa artefaktom-veštački stvorenim elementom. [6]

Pored svih semantičkih i nesumnjivo vrlo visokih estetskih vrednosti, ovaj objekat poseduje i kvalitet bioklimatskog projektovanja iskoristivši sve prednosti lokaliteta na kome se nalazi. U svakom slučaju „Kuća duhovnog utočišta“ predstavlja pravi primer da dobra arhitektura nikada ne zastareva i ne zavisi ni od kakvih trenutnih trendova, pa makar čekala na svoju realizaciju i trideset godina.

3. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Svedoci smo vremena u kome tehnologija igra veoma važnu ulogu u svim sferama naših života, sa sve većim uticajem na ljude i okolinu. [7] Kako arhitekturu generalno, u najopštijem obliku, možemo sagledavati kao prostor koji nas okružuje i koja je neizostavni deo u svakom trenutku našeg bitisanja, tako se i tehnologija, u najopštijem obliku, sve više uvlači u „taj prostor“ i prati nas u svim oblastima ljudskog delovanja tokom celog života. [8] Zaključak je vrlo jasan, granice između arhitekture i tehnologije se praktično sve više gube, gotovo da nestaju. Ove dve strukture se naprosto „prelivaju“ jedna u drugu, stvarajući neodvojivu međuzavisnost.

Novi milenijum je pravi trenutak kada čovek, kao elementarni faktor i glavni uzročnik ova dva fenomena, treba da adekvatnim delovanjima i mehanizmima iskoristi prednosti i jednog i drugog, pritom što manje ugrožavajući prirodne i nasleđene vrednosne strukture. Objekti prikazani u ovom radu predstavljaju takve pozitivne primere simbioze tehnologije i dizajna na savremen, vrlo promišljen i kreativan način. Objekti se razlikuju i po nameni i po gabaritu a ono što je svima zajedničko je kontekst i uklapanje u ambijentalnu celinu stvarajući jedinstvo prostora i novonastalih formi. [9] Četiri analizirana objekata predstavljaju samo deo većeg broja primera koji dokazuju da arhitekturu nikako ne možemo deliti na veliku i malu, bogatu i siromašnu, već isključivo samo na „dobru“ i „lošu“.

LITERATURA

- [1] J. Steel, *Architecture in process*, Academy editions, Great Britain, 1994.
- [2] Le Korbizije, *Ka pravoj arhitekturi*, Agora, GK, Beograd, 2000.
- [3] P. Jodidio, *Architecture Now 2*, Taschen, Paris, 2002.
- [4] P. Jodidio, *Architecture Now 5* Taschen, Paris, 2007.
- [5] H. Džonson, *Internacionalni stil*, Građevinska knjiga Beograd, Beograd, 1996.
- [6] K. Frempton, *Moderna arhitektura – kritička istorija*, Orion art, Beograd, 2004.
- [7] C. Norberg-Schulz, *Stanovanje*, Građevinska knjiga, Beograd, 1990.
- [8] D. Milašinović Marić, *Srpska arhitektura šeste decenije dvadesetog veka*, doktorska disertacija, Filozofski fakultet, Odeljenje za istoriju umetnosti, Univerzitet u Beogradu, 2009.
- [9] M. Petrović, *Arhitektura višeporodičnog stanovanja Niša u periodu moderne od 1945 - 1980.*, doktorska disertacija, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu, 2021.

PRIMENA VEŠTAČKE INTELIGENCIJE U OPTIMIZACIJI ENERGETSKE EFIKASNOSTI ZGRADA

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE OPTIMIZATION OF ENERGY EFFICIENCY OF BUILDINGS

Nemanja Petrović, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*
Natalija Petrović, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Sadržaj – U ovom radu analizirana je primena veštačke inteligencije (AI) prilikom optimizacije energetske efikasnosti zgrada. Kao najveći izazovi u primeni AI Sistema izdvajaju se nestanradizovani podaci, visoki troškovi implementacije i bezbednosti rizici. Istovremeno, AI nudi ogroman potencijal u personalizaciji potrošnje energije, poboljšanoj optimizaciji HVAC sistema, osvetljenja i materijala. Rad izdvaja primere uspešne implementacije u zgradama kao što su „The Edge“ i „Powerhouse Kjørbo“, dajući preporuke za dalja istraživanja.

Ključne reči: Energetska efikasnost. Veštačka inteligencija (AI). Građevinarstvo. Arhitektura. Održivi razvoj. HVAC sistemi. IoT uređaji. Standardizacija podataka. Mašinsko učenje. Sajber bezbednost.

Abstract - This paper analyzes the application of artificial intelligence (AI) in optimizing the energy efficiency of buildings. The main challenges in implementing AI systems include non-standardized data, high implementation costs, and security risks. At the same time, AI offers immense potential in personalizing energy consumption, improving the optimization of HVAC systems, lighting, and materials. The paper highlights examples of successful implementation in buildings such as "The Edge" and "Powerhouse Kjørbo," providing recommendations for further research.

Keywords: Energy efficiency. Artificial intelligence (AI). Civil engineering. Architecture. Sustainable development. HVAC systems. IoT devices. Data standardization. Machine learning. Cybersecurity.

1. UVOD

Energetska efikasnost u arhitekturi i urbanizmu predstavlja izazov modernog doba. Postavljanje ciljeva poput Pariskog sporazuma i Agende 2030, koji promovišu smanjenje emisija i održivi razvoj dovodi do nužnosti uštede energenata i povećanja energetske efikasnosti. U Srbiji, strategije energetske efikasnosti uključuju renoviranje zgrada pre svega u pogledu upotrebe termoizolacionih materijala i ugradnju solarnih panela, što doprinosi smanjenju energetske potrošnje i emisija gasova sa efektom staklene bašte. Građevinski sektor ima udeo od 36% u globalnoj potrošnji energije i 39% u emisija ugljen-dioksida[1]. Ove činjenice nameću potrebu za inovativnim pristupima koji podržavaju održivost gradnje.

Veštačka inteligencija (AI) omogućava arhitektama da analizom podataka optimizuju energetske performanse zgrada. Na primer, u zgradi "The Edge" u Amsterdamu, AI sistemi kontrolišu osvetljenje i temperaturu na osnovu podatka prikupljenih iz raznoraznih senzorskih sistema, značajno smanjujući potrošnju energije. Algoritmi mašinskog učenja predviđaju potrošnju energije na osnovu karakteristika objekata, dok simulacioni modeli pomažu u optimizaciji osvetljenja i ventilacije [2].

AI takođe doprinosi održivim arhitektonskim rešenjima, poput projektovanja zgrada sa optimalnom orijentacijom,

korišćenja savremenih termoizolacionih materijala, kao i principa zelene gradnje (zelenih krovova i fasada). Ova rešenja mogu smanjiti energetske potrebe zgrada za 20-40% [3].

Cilj ovog rada je istraživanje mogućnosti primene AI u optimizaciji energetske efikasnosti zgrada, sa fokusom na arhitekturu i zaštitu životne sredine, kroz analizu tehnoloških rešenja, energetske potrošnje, optimizacije osvetljenja i ventilacije, kao i integracije održivih materijala.

2. PREGLED VEŠTAČKE INTELIGENCIJE U ARHITEKTURI I ENERGETICI

Primena veštačke inteligencije (AI) u arhitekturi i građevinskom sektoru poslednjih decenija značajno je unapredila načine na koje se zgrade projektuju i optimizuju u smislu energetske efikasnosti. Kroz analizu velikih količina podataka i predikciju ponašanja sistema, AI omogućava preciznije donošenje odluka koje rezultiraju smanjenjem energetske potrošnje i većom održivošću. Ovaj pregled ima za cilj da pruži uvid u razvoj i primenu AI tehnologija u arhitekturi, uz naglasak na njihove prednosti i izazove.

Prvi koraci u implementaciji AI tehnologija u građevinskom sektoru započeli su primenom osnovnih algoritama za analizu materijala i optimizaciju troškova.

Tokom poslednjih decenija, uz ubrzan razvoj mašinskog učenja i IoT uređaja, veštačka inteligencija našla je primenu u modelovanju energetske potrošnje, optimizaciji prirodnog osvetljenja i ventilacije, kao i u predikciji performansi zgrada. Ove tehnologije omogućavaju prilagođavanje sistema realnim uslovima, čime se dodatno povećava njihova efikasnost.

Jedna od ključnih prednosti primene AI u građevinskom sektoru je mogućnost integracije podataka sa senzora, poput temperature, vlažnosti i osvetljenja, kako bi se unapredilo upravljanje HVAC sistemima. Na primer, EnergyPlus, kao simulacioni alat, koristi AI za procenu i optimizaciju energetske potrošnje u različitim klimatskim uslovima [4]. Pored toga, AI modeli omogućavaju dinamičko prilagođavanje prirodnog i veštačkog osvetljenja, što ne samo da smanjuje potrošnju energije već i povećava komfor korisnika.

Dodatna vrednost AI tehnologija leži u njihovoj sposobnosti da podrže održive arhitektonske prakse kroz analizu i izbor građevinskih materijala. Na primer, istraživanja pokazuju da AI algoritmi mogu precizno proceniti termoizolacione karakteristike materijala i predložiti optimalne kombinacije za specifične potrebe zgrade. AI može doprineti termalnom komforu kroz optimizaciju energetske potrošnje u realnim uslovima [5]. Jain et al. (2020) su razvili sistem „NeuroOpt“ koji koristi neuronske mreže za upravljanje klimatskim sistemima u zgradama, što predstavlja još jedan inovativan primer primene [6].

Ipak, iako AI donosi značajne prednosti, njena primena nije bez izazova. Nedostatak standardizovanih podataka, visoki troškovi implementacije i potreba za interdisciplinarnim znanjima predstavljaju prepreke koje je potrebno prevazići kako bi se ostvario puni potencijal ovih tehnologija.

3. PRIMENA VEŠTAČKE INTELIGENCIJE U OPTIMIZACIJI ENERGETSKE EFIKASNOSTI ZGRADA

Primena veštačke inteligencije u optimizaciji energetske efikasnosti zgrada ima širok spektar mogućnosti, od upravljanja sistemima grejanja, ventilacije i klimatizacije (HVAC) do optimizacije osvetljenja i selekcije građevinskih materijala. Ove tehnologije omogućavaju precizniju kontrolu energetske potrošnje, smanjenje emisija i povećanje komfora korisnika.

Jedan od ključnih aspekata primene AI je upravljanje HVAC sistemima, koji su odgovorni za značajan deo energetske potrošnje u zgradama. Algoritmi veštačke inteligencije omogućavaju dinamičku kontrolu temperature i vlažnosti na osnovu stvarnih uslova, smanjujući nepotrebnu potrošnju energije. Studija koju su radili Ghahramani i ostali pokazuje da implementacija AI sistema u HVAC kontrolu može smanjiti potrošnju energije za 25%. Pored toga, AI se koristi za optimizaciju osvetljenja, kako prirodnog tako i veštačkog. Kroz analizu parametara kao što su intenzitet prirodne svetlosti i položaj zgrade, AI alati mogu dinamički prilagoditi osvetljenje prostorija, čime se smanjuje potrošnja električne energije i povećava vizuelni komfor korisnika [7]. AI integracija u sisteme osvetljenja smanjuje energetske potrošnje u poslovnim zgradama za

više od 30%. Selekcija građevinskih materijala predstavlja još jednu oblast u kojoj AI pokazuje izuzetan potencijal. Algoritmi za mašinsko učenje koriste podatke o termoizolacionim karakteristikama materijala kako bi preporučili najodrživije opcije za specifične projekte.

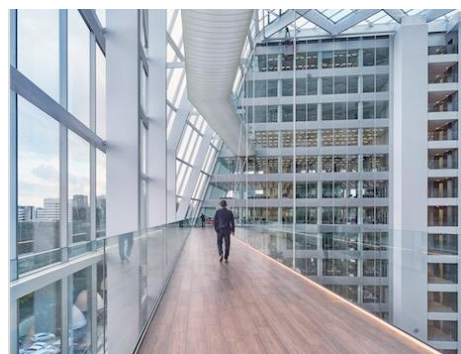
4. STUDIJE SLUČAJA

Zgrada "The Edge" u Amsterdamu, često označavana kao jedna od najpametnijih zgrada na svetu, predstavlja primer primene veštačke inteligencije u građevinskom sektoru. Ova zgrada koristi integrisani AI sistem koji upravlja sa više od 28.000 senzora, omogućavajući preciznu kontrolu potrošnje energije i optimizaciju radnog okruženja. Prema istraživanju, AI implementacija u zgradi 'The Edge' omogućava značajno smanjenje potrošnje energije za osvetljenje i HVAC sisteme, dok personalizovani uslovi rada povećavaju produktivnost zaposlenih [8].

Osvetljenje u zgradi kontroliše AI sistem koji analizira prirodno svetlo i prisustvo ljudi kako bi dinamički prilagodio nivo veštačkog osvetljenja. Implementacijom AI u upravljanju osvetljenjem u zgradi 'The Edge' smanjuje energetske potrošnje i poboljšava vizuelni komfor korisnika [9]. HVAC sistem koristi algoritme mašinskog učenja za analizu podataka o temperaturi i vlažnosti, što omogućava prilagođavanje uslova u realnom vremenu. Analize sa Schneider Electric pokazuju da zgrada 'The Edge' proizvodi 102% od potrebne energije za funkcionisanje, a 72% zaposlenih može da preko svojih pametnih telefona upravlja sistemima za povećanje komfora radnog okruženja [10].



Slika 1. Eksterijer zgrade The Edge u Amsterdamu.



Slika 2. Enterijer zgrade The Edge u Amsterdamu.

Pored energetske efikasnosti, "The Edge" je primer održive gradnje. Zgrada koristi reciklirane materijale i implementira sisteme za prikupljanje i filtraciju kišnice, što dodatno doprinosi njenoj održivosti. Centralizovani AI

sistem u zgradi omogućava kontinuirano praćenje i analizu energetskih performansi, predviđajući potencijalne kvarove i optimizujući održavanje, čime se smanjuju operativni troškovi [11].

Zgrada "The Edge" predstavlja model za buduće projekte, pokazujući kako se integracijom veštačke inteligencije može postići balans između energetske efikasnosti, održivosti i visokog nivoa komfora korisnika. Ovaj primer pruža inspiraciju i smernice za slične implementacije širom sveta.

Kancelarijski kompleks "Powerhouse Kjørbo" u Sandviki, Norveška, predstavlja pionirski poduhvat u renoviranju postojećih zgrada u energetski efikasne objekte. Ovaj projekat obuhvata renovaciju dve kancelarijske zgrade izgrađene 1979. godine, sa ukupnom površinom od 5.180 m² [12].



Slika 3. Eksterijer zgrade Powerhouse Kjørbo u Sandviki.



Slika 4. Enterijer zgrade Powerhouse Kjørbo u Sandviki.

Nakon renovacije, "Powerhouse Kjørbo" proizvodi više energije nego što potroši tokom svog životnog ciklusa, uključujući energiju utrošenu za proizvodnju materijala, izgradnju, eksploataciju i rušenje. Godišnja potrošnja energije iznosi oko 100.000 kWh, dok je proizvodnja približno 230.000 kWh, što rezultira energetskim suficitom. Ovaj projekat je nagrađen najvišom klasifikacijom u BREEAM-NOR sistemu sertifikacije životne sredine, "Outstanding", za fazu dizajna, što ga čini prvim renoviranim kancelarijskim projektom na svetu koji je dobio ovu sertifikaciju [13].

Energetski sistem kompleksa predstavlja kombinaciju toplotne pumpe i fotonaponskog sistema, uz geotermalne bunare u parku oko zgrada, obezbeđuje grejanje za radijatore, vodu i ventilacioni vazduh, kao i hlađenje tokom

leta. Efikasan i nekonvencionalan ventilacioni sistem smanjuje ukupnu potrošnju energije za rad, koristeći otvorene stepenišne prostore kao ventilacione kanale sa jedne strane i senzore koji kontrolišu potrebu za svetlom, ventilacijom i grejanjem/hlađenjem sa druge strane. Dobro izolovani zidovi, plafoni i prozori, uz detalje koji obezbeđuju izuzetno hermetičan omotač zgrade, doprinose smanjenju gubitaka toplotne energije. [14]

"Powerhouse Kjørbo" služi kao inspiracija za buduće projekte, demonstrirajući kako se postojeće zgrade mogu transformisati u energetski pozitivne objekte kroz inovativnu primenu postojećih tehnologija i održivih građevinskih praksi.

5. IZAZOVI I MOGUĆNOSTI ZA DALJI RAZVOJ

Primena veštačke inteligencije (AI) u optimizaciji energetske efikasnosti zgrada otvara brojne mogućnosti za unapređenje arhitektonskih praksi i smanjenje uticaja zgrada na životnu sredinu. Međutim, ova tehnologija suočava se i sa nizom izazova koji zahtevaju rešavanje kako bi se njen potencijal u potpunosti realizovao.

Jedan od glavnih izazova u primeni AI u građevinskom sektoru je nedostatak uniformnih i standardizovanih podataka. Efikasnost AI algoritama zavisi od kvaliteta i obima dostupnih podataka o energetskim performansama zgrada. Studije ukazuje da su neadekvatni podaci o ponašanju korisnika i neusklađenost u prikupljanju podataka često prepreka za razvoj preciznih AI modela. Visok nivo ulaganja potreban za instalaciju senzorskih mreža i integraciju AI sistema može biti prepreka za širu primenu, posebno u manje razvijenim regijama (Frontiers in Built Environment). Takođe, sigurnost i privatnost podataka predstavljaju značajan izazov. Podaci prikupljeni iz senzora mogu biti ranjivi na sajber napade, što može ugroziti efikasnost i pouzdanost AI Sistema [15].

Uprkos ovim izazovima, postoje mogućnosti za unapređenje AI tehnologija u građevinskom sektoru. Automatizacija i integracija IoT uređaja u pametne sisteme otvara prostor za personalizaciju energetske potrošnje u skladu sa ponašanjem korisnika. Na primer, upotreba AI u HVAC sistemima može smanjiti potrošnju energije do 25%, dok povećava komfor korisnika. Dalji razvoj algoritama za mašinsko učenje omogućava precizniju analizu termooizolacionih svojstava materijala i predviđanje energetskih zahteva zgrada. Ovo doprinosi smanjenju emisija gasova sa efektom staklene bašte tokom životnog ciklusa zgrada [16].

Takođe, razvoj otvorenih standarda za prikupljanje i analizu podataka može smanjiti troškove implementacije AI tehnologija i olakšati njihovu integraciju u postojeće energetske sisteme zgrada. Standardizacija podataka može povećati interoperabilnost sistema i ubrzati širu primenu AI tehnologija u građevinarstvu. Iako se primena veštačke inteligencije u arhitekturi suočava sa izazovima poput visokih troškova, sigurnosnih rizika i nedostatka podataka, potencijalne koristi su značajne. Kroz dalji razvoj AI tehnologija, standardizaciju podataka i smanjenje troškova implementacije, moguće je ostvariti velike uštede energije, smanjiti negativan uticaj na životnu sredinu i unaprediti kvalitet života korisnika zgrada.

6. ZAKLJUČAK

Tokom analize izazova i mogućnosti primene veštačke inteligencije u građevinskom sektoru, uočeni su ključni faktori koji ograničavaju i podstiču napredak u ovoj oblasti. Nedostatak uniformnih podataka, visoki troškovi implementacije i problemi vezani za sajber sigurnost predstavljaju značajne prepreke. Istovremeno, unapređenje IoT tehnologija, razvoj naprednih algoritama za mašinsko učenje i standardizacija podataka ukazuju na mogućnosti za znatno povećanje energetske efikasnosti zgrada.

Ova saznanja doprinose su razumevanju specifičnih problema u implementaciji AI tehnologija u arhitektonskoj praksi i pružaju okvir za identifikaciju prioritarnih oblasti za dalji razvoj. Preporuke za buduća istraživanja i primenu AI tehnologija u energetske efikasnosti mogu se sublimirati u sledeće tematske celine:

- Razvoj standardizovanih protokola za prikupljanje podataka na osnovu čega će se izvršiti bolja kalibracija i postizanje veće preciznosti AI modela
- Investiranje u smanjenje troškova tehnologije u vidu pojednostavljanje implementacije i nižih troškova integracije AI sistema
- Unapređenje sajber bezbednosti kroz razvoj zaštitnih mehanizama za prikupljanje podatka iz senzora
- Podrška interdisciplinarnim istraživanjima kroz bolju koordinaciju među različitim oblastima inženjerstva poput građevinarstva, arhitekture, mašinstva, elektronike i zaštite životne sredine

Dalji naponi u ovim pravcima mogu doprineti ne samo unapređenju tehnologije, već i značajnom smanjenju negativnih uticaja na životnu sredinu i povećanju održivosti u građevinskom sektoru.

LITERATURA

- [1] I. Energy Agency, "World Energy Outlook 2021," 2021. [Online]. Available: www.iea.org/weo
- [2] B. Yan, F. Hao, and X. Meng, "When artificial intelligence meets building energy efficiency, a review focusing on zero energy building," *Artif Intell Rev*, vol. 54, no. 3, pp. 2193–2220, Mar. 2021, doi: 10.1007/s10462-020-09902-w.
- [3] B. A. Adewale, V. O. Ene, B. F. Ogunbayo, and C. O. Aigbavboa, "A Systematic Review of the Applications of AI in a Sustainable Building's Lifecycle," Jul. 01, 2024, Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). doi: 10.3390/buildings14072137.
- [4] Z. Xiao, "Intelligence in Green Building: A Literature Review," *Journal of Advanced Management Science*, pp. 19–26, 2023, doi: 10.18178/joams.11.1.19-26.
- [5] G. Halhoul Merabet et al., "Artificial Intelligence-Assisted Energy and Thermal Comfort Control for Sustainable Buildings: An Extended Representation of the Systematic Review," Jun. 2020, doi: 10.48550/arXiv.2006.12559.
- [6] A. Jain et al., "NeurOpt: Neural network based optimization for building energy management and climate control Università degli Studi dell'Aquila, L'Aquila 67100, Italy," 2020.
- [7] A. Ghahramani, P. Galicia, D. Lehrer, Z. Varghese, Z. Wang, and Y. Pandit, "Artificial Intelligence for Efficient Thermal Comfort Systems: Requirements, Current Applications and Future Directions," Apr. 28, 2020, *Frontiers Media S.A.* doi: 10.3389/fbuil.2020.00049.
- [8] T. Randall, "The Smartest Building in the World: Inside the connected future of architecture," *Bloomberg*. Accessed: Dec. 29, 2024. [Online]. Available: <https://www.bloomberg.com/features/2015-the-edge-the-worlds-greenest-building/>
- [9] Z. Li, "Case Study: Sustainable Features of The Edge in Amsterdam," *Archinspires*. Accessed: Dec. 29, 2024. [Online]. Available: <https://archinspires.com/2024/08/12/case-study-sustainable-features-of-the-edge-in-amsterdam/>
- [10] "Najodrživija kancelarija na svetu," *Schneider Electric*. Accessed: Dec. 29, 2024. [Online]. Available: <https://www.se.com/rs/sr/work/campaign/life-is-on/case-study/the-edge.jsp>
- [11] "The Edge," *Edge.tech*. Accessed: Dec. 29, 2024. [Online]. Available: <https://edge.tech/buildings/the-edge>
- [12] EXCESS project team, "Powerhouse Kjørbo: Taking a Life-Cycle Approach to Positive Energy Buildings," *Sandvika*. Accessed: Dec. 29, 2024. [Online]. Available: https://positive-energy-buildings.eu/fileadmin/user_upload/Resources/EXCESS_D1.2_Case_Study_Powerhouse_Kjorbo.pdf
- [13] "Powerhouse Kjørbo," *Nordregio*. Accessed: Dec. 29, 2024. [Online]. Available: https://nordregio.org/sustainable_cities/powerhouse-kjorbo/
- [14] "Powerhouse Kjørbo Making old buildings energy-positive," *Snohetta*. Accessed: Dec. 29, 2024. [Online]. Available: <https://www.snohetta.com/projects/powerhouse-kjorbo>
- [15] M. Stanojević, A. Jevremović, I. Vujčić, P. Spalević, and N. Stanojević, "Sigurna detekcija i praćenje objekata u kompromitovanoj bežičnoj senzorskoj mreži," 2018.
- [16] A. Đelić, "Primena inteligentnih sistema u energetici," Beograd, 2012.

UTICAJ KONSTRUKTIVIZMA NA RAZVOJ ARHITEKTONSKE FORME U BAUHAUSU THE INFLUENCE OF CONSTRUCTIVISM ON THE DEVELOPMENT OF ARCHITECTURAL FORM IN BAUHAUS

Bojana Nikolić, *Akademija tehničko-vaspitačkih струковних студија - Одсек Пиrot, Ћирила и Methodija 29, Пиrot.*

Mirko Stanimirović, *Građevinsko-arhitektonski fakultet, Aleksandra Medvedeva 14, Niš.*

Dragana Dragutinović, *Akademija tehničko-vaspitačkih струковних студија - Одсек Пиrot, Ћирила и Methodija 2, Пиrot.*

Sadržaj – Rad se bavi analizom dela likovnih umetnika modernizma (konstruktivizam, De Stijl, futurizam, suprematizam) koji su svojim idejama i stvaralačkim opusom uticali na formiranje i razvoj arhitektonske forme u pokretu Bauhauusa u prvoj polovini 20. veka.

Ključne reči: Modernizam. Konstruktivizam. Bauhaus.

Abstract – The paper analysis the artworks of modernist artists (constructivism, De Stijl, futurism, suprematism) whose ideas and creative oeuvre influenced the formation and development of the architectural form in the Bauhaus movement in the first half of the 20th century.

Keywords: Modernism. Constructivism. Bauhaus.

1. UVOD

Dela arhitekture, kao i sva umetnička dela, nastaju kao rezultat duhovne klime i realnih potreba čoveka u vremenu u kome nastaju. Početak 20. v. obeležava pojava modernizma kojoj je prethodila velika kriza umetnosti i društva uslovljena drugom industrijskom revolucijom. Zamena kamere obscure fotografijom i njen brz razvoj tokom 19. veka uslovlili su neminovne promene u doživljaju i interpretaciji pojavne stvarnosti. Fotoaparat je beležio stvarnost mnogo preciznije, brže i savšenije od slikara. Mimesis postaje suvišan. Misao, doživljaj, unutrašnji svet, diskurs je postao važniji od vidljivog. Iz ovog ugla gledano, impresionizam, ekspresionizam, postekspresionizam jesu samo faze adaptacije na novootkrivenu apstraktnu umetnost, l'end art, konceptualnu umetnost. Pojava redimejda najavljuje radikalnu umetničku praksu dehumanizacije umetničkog dela. Čuveni pisoar, *Fountain* R. Mutt-a (Macel Duchamp, 1917) je iz temelja poljuljao i demistifikovao auru stvaralačkog procesa i umetničkog dela po sebi. Čin preimenovanja i proglašavanja industrijskog predmeta umetničkim delom zauvek menja shvatanje umetnosti i umetničkog dela. Dišanovi radovi i ideje su oblikovali mnoge pravce u savremenoj umetnosti i postavili temelj za kritiku, dekonstrukciju i reinterpretaciju umetnosti u postmodernoj.

Cilj ovog rada je da utvrdi i objasni suštinsku povezanost konstruktivizma i Bauhauusa. Metodološki okvir se zasniva na komparativnoj i deskriptivnoj analizi odbranih dela modernizma, konstruktivizma i Bauhauusa.

2. MODERNIZAM

Dinamičan pojam moderne umetnosti obuhvata mnoštvo „izama“ (ekspresionizam, fovizam, futurizam, suprematizam, itd). U svojoj suštini, svi pravci modene umetnosti mogu se podeliti na ekspresiju, apstrakciju i fantaziju. Ekspresija stavlja težište na umetnikov emocionalni stav, apstrakcija na formalnu strukturu umetničkog dela, fantazija istražuje carstvo uobrazilje, njegova spontana i iracionalna svojstva [1].

Paralelno sa razvojem umetnosti u 20. veku, arhitektura je napredovala kroz pojavu i upotrebu savremenih materijala: armirani beton i čelik. Modernizam u arhitekturi promovira konstrukciju u skladu sa materijalima i funkcijom građevine, pa se u tom smislu formiraju razni pravci u arhitekturi (Art Nouveau, funkcionalizam, Bauhaus, ekspresionistička arhitektura, itd).

Prvi stadijum u procesu udaljavanja od vidljive stvarnosti bio je kubizam. Pikaso i Brak pod uticajem teorije relativiteta stvaraju slike i kolaže koji se sastoje od geometrizovanih kubističkih faseta i koje se delom oslanjaju na pojavnost. Korak dalje u interpretaciji novog sveta i njegove dinamike načinili su italijanski futuristi. U slikarstvu i vajarstvu dominira analitički pristup stvarnosti, geometrizacija forme i jaki kontrasti boje. Futuristička arhitektura Antonija Sant Elia obrazložena je u istoimenom manifestu. Njegova serija crteža *Novi grad (La Cita Nuova)* inspirisala je značajne arhitekte i režisere (*Metropolis* 1927, *Blade Runner*, 1982) [2]. Ova imaginarna arhitektonska forma koja u stvarnosti nikada nije izvedena naglašava dinamizam savremenog života, promovira upotrebu novih materijala kroz piramidalna rešenja, kose ravni, vetikalne, konkavne i izlomljene linije. Boja na crtežima unosi elemente fantastike i naglašava mesijanski karakter njegovih crteža.

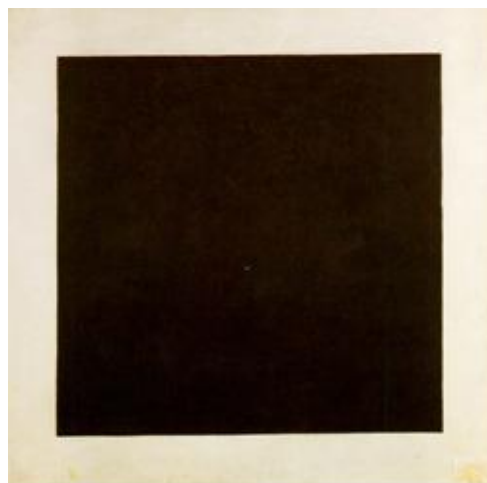


Slika 1. Antonio Sant'Elia, crtež iz ciklusa *La Citta Nuova* (Novi grad).

3. KONSTRUKTIVIZAM I SUPREMATIZAM U RUSIJI

Italijanski futurizam snažno je uticao na pokrete modernizma u Rusiji. Konstruktivizam je najpre nastao u slikarstvu (1913), a njegovim tvorcima smatraju se Kazimir Maljevič i Aleksandar Rodčenko. Suštinu ruskog konstruktivizma čini geometrijska apstrakcija, kompozicija jednostavnih, najčešće monohromnih geometrijskih oblika. Najsublimiranije delo geometrijske apstrakcije koje oličava čistu bespredmetnost je Maljevičeva slika *Crni kvadrat na beloj pozadini*. Slika je prvi put izložena 1915. godine na istočnom zidu galerije (poput načina na koji se kače ikone u pravoslavlju) u okviru poslednje izložbe futurista pod nazivom *Neuokvirena ikona moga vremena*. Kasnije je nastao i *Beli kvadrat na belom* kao predstava apsolutne bespredmetnosti. Svetsku pažnju Maljevič je privukao tek 1926. objavljivanjem knjige *Bespredmetni svet* u izdanju Bauhauusa. Suprematizam je izvršio značajan uticaj na razvoj skulpture, arhitekture i dizajna u 20. veku. U pomenutoj knjizi Maljevič tvrdi da umetnost treba da se oslobodi tradicionalnih prikaza i predstavljanja sveta, kao i bilo kakvog odnosa sa stvarnošću. On veruje da pravo umetničko stvaranje treba da bude zasnovano na apstraktnoj geometriji i čistim formama, koje su jedine u stanju da prenesu duhovnu suštinu umetnosti. Umetnost, oslobođena od realističkog prikaza, omogućava razvoj novog, apstraktnog jezika koji može da komunicira sa univerzalnim, duhovnim aspektima ljudskog postojanja [3]. Maljevič smatra da kroz suprematizam umetnost ulazi u novu fazu, u kojoj je oblik i boja samo nosilac ideja i duhovnih stanja, a ne odraz fizičke stvarnosti. U tom smislu, bespredmetnost postaje ključ za oslobađanje umetnosti i otvaranje novog horizonta duhovnog iskustva.

Arhitektonska paralela suprematizma (arhitektura Bauhauusa i rani radovi Le Korbizjea) je izražena kroz primenu geometrijskih formi, minimalizma, funkcionalizma i težnje ka oslobađanju od dekorativnih elemenata. Iako suprematizam nije bio direktno arhitektonski pravac, njegovi principi su imali dubok uticaj na modernističke i avangardne arhitektonske pokrete, oblikujući arhitekturu 20. veka. Suprematizam je podstakao arhitekta da razmotre čiste oblike i funkciju u dizajnu, često s naglaskom na racionalnost, funkcionalnost i duhovnu apstrakciju, što je ostavilo trajni uticaj na razvoj savremene arhitekture.



Slika 2. Kazimir Maljevič: *Crni kvadrat na beloj pozadini* (Neuokvirena ikona moga vremena), 1915.

Pod uticajem konstruktivističkih i suprematističkih ideja, ruski slikar, vajar i arhitekt Tatlin po narudžbini za izradu sedišta Treće Internacionale konstruiše istoimeni Spomenik Oktobarske revolucije koji je trebao da bude podignut u Lenjingradu. Model za ovaj spomenik koji je trebao biti najviši na tadašnjem svetu bio je visine oko 6 metara i predstavljao je prvu potpuno geometrijsku arhitektonsku formu. Konstrukcija je bila napravljena od čelika i stakla; spratovi unutar zgrade u obliku kocke, piramide i valjka, i svaki deo bi se okretao oko svoje ose različitom brzinom. Ovaj objekat nikad nije izveden [4].



Slika 3. Vladimir Tatlin: *Spomenik Trećoj internacionali*, 1920.

4. BAUHAUS

Kao rezultat opisanih pojava i istraživanja u umetnosti, nastaje Bauhaus – državna škola za arhitekturu i primenjene umetnosti. Razlog osnivanja škole bila je ideja o stvaranju udruženja zanatlija-umetnika pod upravom umetnika-predavača, u cilju zajedničkog istraživanja i profesora i studenata u primeni novih tehnika, materijala i oblika u arhitekturi, proizvodnji nameštaja i upotrebnih predmeta. U istoriji umetnosti skoro da nikad nije bila bliža veza između arhitekture, zanata i umetnosti. To pokazuje i drvorez Lajonela Fejningera sa naslovne stranice Gropiusovog osnivačkog

manifesta Bauhauusa 1919. godine: katedrala koja je okružena trijumviratom koji simbolizuje tri umetnosti: slikarstvo, skulpturu i arhitekturu.

Posle prve, ekspresionističke faze razvoja pokreta na čelu sa Valterom Gropijusom i Johanesom Itenom (koji je osmislio avangardni pripremni kurs za polaznike škole), Bauhaus otvara vrata za slikare apstrakcije, konstruktivizma i De Stijla. Vasilij Kandinski uči studente odnosu boja i forme, Teo Van Dusborg zastupa racionalnu estetiku De Stijla, El Lisicki unosi elemente suprematističke forme. Kasnije se priključuje Pol Kle sa kursom *Osnovna teorija dizajna*.

Iako arhitektura kao odsek nije postojala u Bauhausu, *Krajnji cilj svih vizuelnih umetnosti jeste dovršena građevina!* [5], pisao je Valter Gropius u manifestu Bauhauusa 1919. godine. Ideja arhitekture Bauhauusa bila je povezivanje umetnosti i industrijske proizvodnje, sa ciljem da se stvori funkcionalna i estetska arhitektura i dizajn koji je bio pristupačan širokim narodnim masama. Njene osnovne karakteristike su funkcionalnost, minimalizam i industrijska estetika.



Slika 4. Naslovna strana Manifesta Bauhauusa.

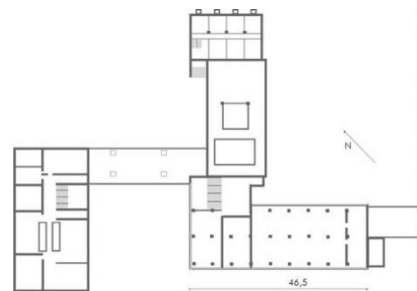
5. UTICAJ RUSKE AVANGARDE NA BAUHAUS

Učenje Bauhauusa (1919-1933.) jeste bilo pod uticajem ruske avangarde, i to na više nivoa: kroz direktan kontakt, razmenu ideja i zajedničke ciljeve u pogledu umetnosti, dizajna i arhitekture. Posle Prvog svetskog rata, mnogi umetnici i arhitekti iz Rusije, Nemačke i drugih evropskih zemalja dolazili su u međusobne kontakte i razmenjivali ideje. Bauhaus je bio mesto gde su se susreli praktičari iz različitih zemalja, pa tako i iz Rusije.

Pokret Bauhauusa je bio duboko posvećen stvaranju novog vizuelnog jezika koji je bio u skladu sa modernim industrijskim društvom. Ideje koje su oblikovale Bauhaus bile

su rezultat dijaloga između različitih umetničkih pravaca, a ruska avangarda je igrala ključnu ulogu u oblikovanju tih ideja.

Ruska avangarda je bila najaktivnija u periodu nakon Oktobarske revolucije (oko 1917. godine) i obuhvatila je nekoliko umetničkih pravaca, među kojima su konstruktivizam, suprematizam (koji su pomenuti u prethodnim poglavljima). Osnovna ideja avangarde bila je da umetnost mora biti u službi funkcionalnosti, društvenih ciljeva i proizvodnje. U tom kontekstu, arhitektura i dizajn postali su sredstvo za ostvarenje utopijske vizije novog društva. Konstruktivisti, poput Vladimira Tatljina i El Lisickog, razvijali su ideje o umetnosti za život i umetnosti za industriju, što je imalo snažan uticaj na učitelje Bauhauusa, kao što su Gropius, Moholj Nađ i Mis Van Der Roe. Ideja o tome da umetnost treba biti funkcionalna i integrisana u svakodnevni život bila je zajednička tačka između ruske avangarde i Bauhauusa.



Slika 5. Valter Gropijus, Zgrada Bauhauusa u Desau, 1926.

Najznačajnije arhitektonsko delo škole i ideje pokreta, a po mnogima i jedno od najznačajnijih dela savremene arhitekture jeste zgrada Bauhauusa u Desau. Valter Gropius je imao tu sreću da projektuje zgradu po potrebama škole i da joj da adekvatan arhitektonski oblik. Zgrada je završena 1926. i sastoji se iz tri krila koja su međusobno povezana traktom koji se kao most izdiže iznad glavnog prolaza i prilaznog puta; tu se nalazi kabinet direktora. Zgrada ima školske učionice, ateljee i internat, a sve je to povezano u jednu ritmičku celinu. To nije bila samo funkcionalna školska zgrada, već je postala simbol modernističkog pristupa arhitekturi koji je duboko povezan sa apstraktnom umetnošću. Kroz korišćenje geometrijskih oblika, minimalizma, transparentnosti i interdisciplinarnog pristupa, Gropius je stvorio arhitektonsko delo koje je u skladu sa filozofijama suprematizma i konstruktivizma. Slično kao u apstraktnoj umetnosti,

arhitektura naglašava čiste forme i odnose među prostorima, svetlom i funkcijama, stvarajući funkcionalnu, ali i apstraktnu kompoziciju prostora.

Suprematisti, posebno Kazimir Malevič, naglašavali su apstraktne geometrijske forme, koje su se kasnije usvojile i u Bauhausu, naročito u slikarskoj i dizajnerskoj praksi. Koncentracija na jednostavne oblike i materijale bila je važna kako za rusku avangardu, tako i za Bauhaus.

I ruska avangarda i Bauhaus delili su ideal o stvaranju novog, boljeg društva kroz umetnost i dizajn. Iako su to različiti kulturni i politički okviri, oba pravca su zastupala stav da arhitektura i dizajn mogu oblikovati svakodnevni život i doprineti izgradnji novog društvenog poretka.

Oba pokreta su bila odgovor na brzo menjajuće društvene i tehnološke okolnosti, i oba su težila integraciji umetnosti, tehnologije i društvene odgovornosti, što ih čini povezanim u širem modernističkom kontekstu.

6. ZAKLJUČAK

I konstruktivizam i Bauhaus su bili inovativni u načinu na koji su pristupali umetnosti, arhitekturi i dizajnu, naglašavajući upotrebu tehnologije, funkcionalnost, apstraktne oblike i modernizam. Iako su nastali u različitim političkim i kulturnim kontekstima, povezani su zajedničkom težnjom za stvaranjem nove, modernije i efikasnije umetnosti i arhitekture.

Oba pravca odlikuje visoko humana težnja da arhitektura i dizajn budu pristupačni svim slojevima društva i da služe javnoj svrsi, naročito u kontekstu novog socijalističkog društva.

LITERATURA

- [1] H.W. Janson, *Istorija umetnosti, pregled razvoja likovnih umetnosti od praistorije do danas*, Beograd: Prosveta 1996.
- [2] М. Станимировић, *Цртеж у архитектури I*, Ниш: Грађевинско-архитектонски факултет 2022.
- [3] К. Малјевић. *Nepredmetni svijet*, Zagreb: Galerija Nova, 1981.
https://monoskop.org/images/e/e7/Maljevic_Kazimir_Nepredmetni_svijet.pdf
- [4] A. Niederlander, *Vladimir Tatlin-s Monument to the Third International*, 2021.
<http://www.hasta-standrews.com>.
- [5] W. Gropius, *Bauhaus Manifesto and Program*, 1919.
https://adepratt.weebly.com/uploads/3/7/7/1/37716215/bauhaus_-_manifesto__program_statement.pdf

KA ZELENOJ TRANZICIJI: DOPRINOS ZELENOG PREDUZETNIŠTVA ODRŽIVOM RAZVOJU

TOWARDS A GREEN TRANSITION: CONTRIBUTION OF GREEN ENTREPRENEURSHIP TO SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Gordana Mrdak, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Vranje, Filipa Filipovića 20, Vranje.*
Milica Stanković, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Vranje, Filipa Filipovića 20, Vranje.*

Sadržaj - *Zeleno preduzetništvo je odgovor na globalne ekološke, ekonomske i društvene izazove. Edukacija je ključni alat za podsticanje ekološke svesti i razvoja zelenih preduzetničkih inicijativa, čime se doprinosi dugoročnoj održivosti društva i ekonomije. Cilj rada je da ukaže na značaj zelenog preduzetništva i edukacije u ovoj oblasti imajući u vidu veliki doprinos zelenog preduzetništva održivom razvoju.*

Ključne reči: *Zeleno preduzetništvo. Održivi razvoj. Ciljevi održivog razvoja. Zaštita životne sredine.*

Abstract - *Green entrepreneurship is a response to global environmental, economic and social challenges. Education is a key tool for encouraging environmental awareness and the development of green entrepreneurial initiatives, thus contributing to the long-term sustainability of society and the economy. The aim of the paper is to point out the importance of green entrepreneurship and education in this area, bearing in mind the great contribution of green entrepreneurship to sustainable development.*

Keywords: *Green entrepreneurship. Sustainable development. Sustainable development goals. Environmental protection.*

1. UVOD

Zeleno preduzetništvo je snažan odgovor na globalne ekološke, ekonomske i društvene izazove. Ljudi postaju sve osetljiviji na pitanja zaštite životne sredine, te ekološki svesni pojedinci preferiraju ekološki prihvatljivije proizvode i spremni su da izdvoje i više novca za kupovinu proizvoda čije komponente nisu štetne za životnu sredinu. Cilj rada je da ukaže na značaj zelenog preduzetništva i edukacije u ovoj oblasti imajući u vidu veliki doprinos zelenog preduzetništva održivom razvoju. U prvom delu rada se definiše i analizira koncept zelenog preduzetništva, uz osvrt na povezanost sa ciljevima održivog razvoja. Drugi deo rada prikazuje rezultate istraživanja koje su autori sprovedi tokom oktobra meseca 2024. godine, na uzorku od 108 ispitanica i ispitanika iz Srbije. Nakon detaljne analize raspoložive literature i sumiranja dobijenih rezultata istraživanja, prikazani su relevantni zaključci.

2. ZELENO PREDUZETNIŠTVO: KONCEPT I DOPRINOS ODRŽIVOM RAZVOJU

Fundamentalni globalni društveni i ekološki problemi kao što su degradacija životne sredine, rast stanovništva i klimatske promene postaju sve veći. Stoga je važno akcenat staviti na održivi razvoj koji istovremeno stvara ekonomsku, društvenu i ekološku vrednost i „zadovoljava potrebe sadašnjih generacija bez ugrožavanja sposobnosti budućih generacija da zadovolje svoje sopstvene potrebe“ [1].

Zeleno preduzetništvo se definiše kao „inovativni, tržišno orijentisan oblik stvaranja ekonomske i društvene vrednosti putem implementacije ekološki ili društveno korisnih tržišnih ili institucionalnih inovacija“ [2] [3]. Dakle, zeleno preduzetništvo podrazumeva ponašanje orijentisano ka razvoju inovacija u cilju promovisanja održivog razvoja, te su ekološke inovacije centralni element ovog koncepta [4] [5] [6]. U širem smislu, zeleno preduzetništvo podrazumeva sve aktivnosti preduzetnika iz različitih privrednih sektora usmerene na smanjivanje negativnog uticaja ekonomske aktivnosti na životnu sredinu [7] [8] [9] [10].

Društveni uticaj zelenog preduzetništva se prvenstveno ogleda u vođenju računa o bezbednosti i zdravlju zaposlenih i kupaca. Zelena preduzeća stvaraju bezbednije radno okruženje izbegavanjem štetnih materijala i sprečavanjem opasnih emisija [11] i proizvode zdravije proizvode [12]. Budući uspeh zelenog preduzetništva može se proceniti na osnovu percepcija, stavova i nivoa svesti pojedinaca o značaju pokretanja zelenog biznisa [13]. Uloga zelenih preduzetnika je izuzetno važna, imajući u vidu da oni razvijaju i plasiraju na tržište inovativne proizvode i propagiraju ekološki održive prakse, pri čemu u fokusu imaju ciljeve održivog razvoja [10]. Politike podrške zelenom preduzetništvu još uvek su u povoju. Većina vlada zemalja pod podrškom zelenom preduzetništvu smatra prilagođavanje instrumenata koji se koriste za podršku inovacijama i preduzetništvu uopšte. Jedna od glavnih oblasti gde je neophodno usmeriti velike napore je podrška razvoju zelenih veština među preduzetnicima i pomoć eko-

inovatorima da komercijalizuju svoj rad. Važno je obezbediti integrisane pakete podrške uz poboljšani pristup finansijama za zelene preduzetnike [10].

U cilju promovisanja održivosti i težnje ka ostvarivanju ciljeva održivog razvoja (SDG – Sustainable Development Goals), preduzeća treba da usvoje i implementiraju ekološki prihvatljive prakse [14]. Kao zajednički plan i globalni poziv na akciju, Ujedinjene nacije su 2015. godine definisale 17 ciljeva održivog razvoja, koji sada čine kamen temeljac Agende 2030 [15]. Zeleno preduzetništvo se može povezati sa svakim od navedenih ciljeva, jer se veruje da zeleni preduzetnici koji kreiraju, inoviraju i implementiraju svoje poslovne ideje pokreću ekonomski rast i doprinose rešavanju ekoloških, ekonomskih i društvenih izazova (Slika 1) [16] [17] [18] [19].

SDG 1 Svet bez siromaštva
• Kreiranje novih radnih mesta u zelenim preduzećima
SDG 2 Svet bez gladi
• Smanjenje otpada u lancu snabdevanja i proizvodnji
SDG 3 Dobro zdravlje
• Proizvodnja organskih proizvoda
SDG4 Kvalitetno obrazovanje
• Edukacija o održivim praksama i obuke za zeleno preduzetništvo
SDG 5 Rodna ravnopravnost
• Zapošljavanje i osnaživanje žena u zelenim industrijama
SDG 6 Čista voda i sanitarni uslovi
• Smanjenje zagađenja u proizvodnim procesima
SDG 7 Dostupna i obnovljiva energija
• Energetska efikasnost
SDG8 Dostojanstven rad i ekonomski rast
• Kreiranje zelenih radnih mesta i implementacija principa cirkularne ekonomije
SDG 9 Industrija, inovacije i infrastruktura
• Ekološke inovacije
SDG 10 Smanjenje nejednakosti
• Podrška marginalizovanim grupama kroz zapošljavanje
SDG 11 Održivi gradovi i zajednice
• Razvoj održivog transporta i infrastrukture
SDG 12 Odgovorna potrošnja i proizvodnja
• Edukacija potrošača o odgovornoj potrošnji
SDG 13 Akcija za klimu
• Smanjenje emisija i upotreba obnovljivih izvora energije
SDG 14 Život pod vodom
• Podrška očuvanju morskog biodiverziteta i edukacija o smanjenju plastičnog otpada
SDG 15 Život na zemlji
• Održivo korišćenje zemljišta
SDG 16 Mir, pravda i snažne institucije
• Transparentne i etičke poslovne prakse
SDG 17 Partnerstvom do ciljeva
• Razmena znanja o održivim praksama i umrežavanje sa međunarodnim organizacijama, univerzitetima i NVO

Slika 1. Povezanost zelenog preduzetništva i ciljeva održivog razvoja.

Preduzetnici koriste širok spektar veština u procesu pokretanja i vođenja svog poslovanja. Zelenim preduzetnicima je često potreban i dodatni set „zelenih” kompetencija. Širom Evrope se sprovode obuke podrške za prelazak na zelene poslove, ali su obuke fokusirane na zeleno preduzetništvo

prilično retke. Stoga je važno akcenat staviti upravo na edukaciju o zelenom preduzetništvu, imajući u vidu da omogućava tranziciju ka održivijoj budućnosti. Posebno je važno ukazati kreatorima politika i donosiocima odluka na potencijal mladih ljudi za pokretanje zelenog preduzetništva, uzimajući u obzir da oni mapiraju zaštitu životne sredine i održivi razvoj kao pitanja od izuzetnog značaja [10].

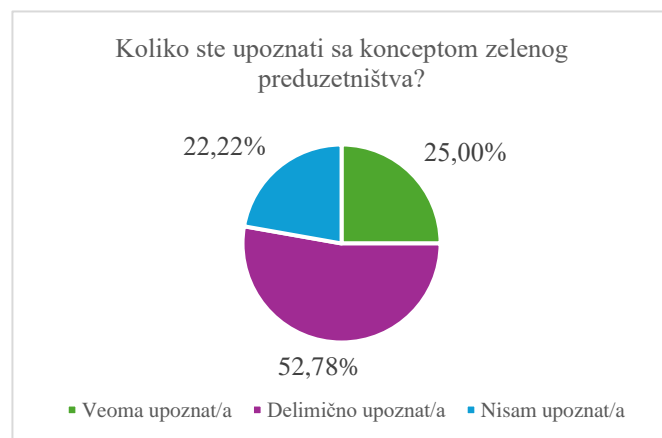
S obzirom na eskalaciju ekoloških izazova, važno je obezbediti formalnu i neformalnu edukaciju u oblasti zelenog preduzetništva, kako bi budući preduzetnici imali osnovu za implementaciju ekoloških praksi u svom poslovanju [20]. Pri tome, od izuzetnog je značaja je inspirisati što veći broj mladih ljudi da se odlučuju za ulazak u svet zelenog preduzetništva i postanu kreatori održive budućnosti.

3. METODOLOGIJA I REZULTATI ISTRAŽIVANJA

U skladu sa definisanim ciljem istraživanja, u radu su korišćene metode teorijskog i empirijskog istraživanja. Primenjene su metode analize i sinteze saznanja do kojih se došlo izučavanjem postojeće naučne i stručne literature iz oblasti cirkularne ekonomije, pri čemu je fokus bio na korišćenju literature novijeg datuma. Kao izvor za primenu induktivno-deduktivnog metoda su korišćene strana i domaća literatura iz relevantne oblasti.

Istraživanje je sprovedeno tokom oktobra meseca 2024. godine, pri čemu je anketirano 108 ispitanica i ispitanika iz Srbije. Od ukupnog uzorka, 87 ispitanika su žene i 21 ispitanika muškarci. Pri tome, 58,33% su ispitanici mlađi od 35 godina. Kada je reč o strukturi ispitanika po nivou obrazovanja, njih 18 je završilo srednju školu, 48 osnovne studije, 24 je završilo master studije i 18 doktorske studije.

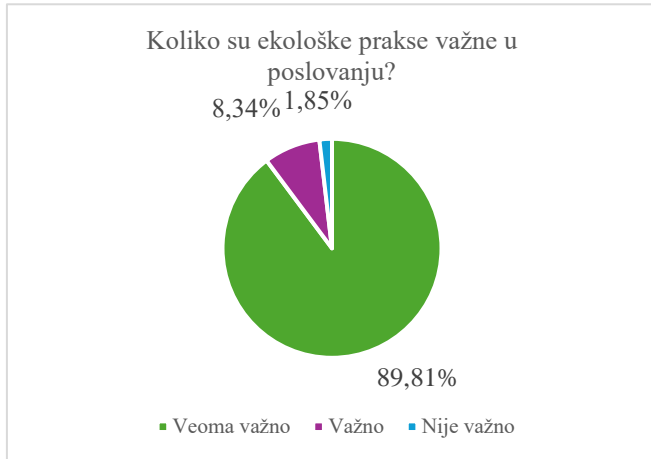
Skoro 80% ispitanika ističe da su veoma upoznati ili delimično upoznati sa pojmom zeleno preduzetništva. Jedna četvrtina ukupnog uzorka ističe da su veoma upoznati sa navedenim pojmom. Ipak, 22,22% ispitanika nije upoznato pojmom zeleno preduzetništva (Slika 2). Značajno je naglasiti da gotovo 90% ispitanika ističe da su ekološke prakse izuzetno važne u poslovanju. Devetoro ispitanika primenu ekoloških praksi u poslovanju smatra važnim, dok dvoje ističe da ekološke prakse nisu od značaja za poslovanje (Slika 3).



Slika 2. Koliko ste upoznati sa konceptom zelenog preduzetništva?

Od ukupnog uzorka, 66 ispitanika je zainteresovano da započne zeleni biznis, dok 42 ispitanika još uvek ne smatra da su spremni za započinjanje poslovanja uz implementaciju

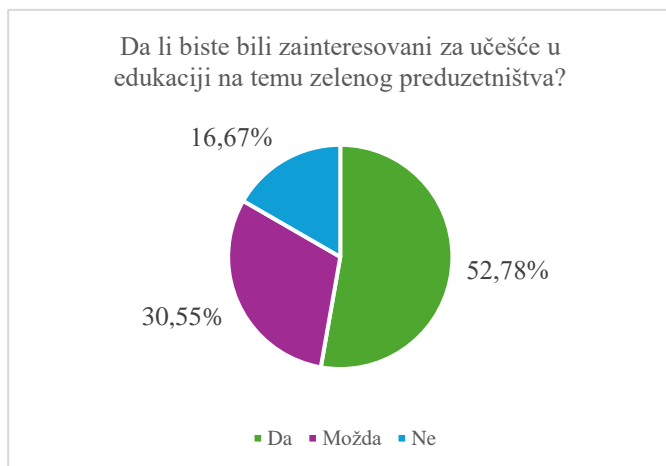
ekoloških praksi (Slika 4). Više od polovine ispitanika pokazuje interesovanje za učešće u obrazovnim programima fokusiranim na zeleno preduzetništvo. Trećina ispitanika bi možda učestvovala u obrazovnim programima na temu zelenog preduzetništva, dok njih 16,67% nije zainteresovano za učešće u edukacijama. Skoro 70% ispitanika je zainteresovano da uči o zelenom preduzetništvu kroz kombinovano učenje (onlajn i oflajn), dok se jedna trećina radije opredeljuje samo za onlajn učenje (Slika 5).



Slika 3. Koliko su ekološke prakse važne u poslovanju?

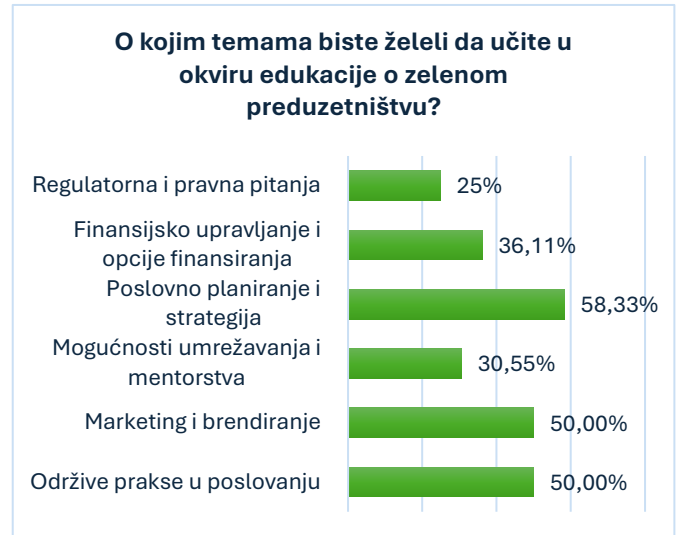


Slika 4. Da li ste zainteresovani da započnete zeleni biznis?



Slika 5. Da li biste bili zainteresovani za učešće u edukaciji na temu zelenog preduzetništva?

Ispitanicima je ponuđena mogućnost opredeljivanja za veći broj tema o kojima bi želeli da uče u okviru edukacije o zelenom preduzetništvu. Najveći broj ispitanika je kao teme od izuzetnog značaja naveo: poslovno planiranje i strategiju (58,33%), održive prakse u poslovanju (50%) i marketing i brendiranje (50%). Pored navedenih tema, kao teme o kojima bi želeli da uče ispitanici ističu i: mogućnosti umrežavanja i mentorstva (30,55%), finansijsko upravljanje i opcije finansiranja (36,11%) i regulatorna i pravna pitanja (25%) (Slika 6.).



Slika 6. O kojim temama biste želeli da učite u okviru edukacije o zelenom preduzetništvu?

Kao najveće izazove za započinjanje zelenog preduzetništva ispitanici navode: nedostatak finansiranja (52,78%) i nedostatak znanja i obrazovanja (44,44%). Stoga je od izuzetnog značaja obezbediti edukacije na temu zelenog preduzetništva, ali i podići svest o značaju finansiranja ovakvog oblika pokretanja biznisa. Pored navedenih izazova, ispitanici navode i: regulatorne barijere (19,44%), nedostatak mentorstva (25%) i nedostatak mogućnosti umrežavanja (19,44%) (Slika 7). Dakle, važno je obezbediti i programe mentorstva za buduće eko preduzetnike i omogućiti im da se međusobno umreže u cilju razmene iskustava i znanja i pružanja podrške.



Slika 7. Koji su najveći izazovi za započinjanje zelenog biznisa?

3. ZAKLJUČAK

Zeleni preduzetnici identifikuju tržišne prilike i odgovaraju na potrebe potrošača pružajući dodatnu vrednost nudeći ekološki prihvatljive proizvode i usluge. Oni se fokusiraju na smanjenje korišćenja ograničenih prirodnih resursa, ponovnu upotrebu, efikasnije upravljanje otpadom i reciklažu. Važno je naglasiti značaj edukacije u oblikovanju preduzetničkih aspiracija i procene faktora koji utiču na pokretanje zelenih preduzetničkih inicijativa, posebno kod mladih ljudi.

Na osnovu rezultata istraživanja zaključujemo da je skoro 80% ispitanika veoma upoznato ili delimično upoznato sa pojmom zelenog preduzetništva. Takođe, gotovo 90% ispitanika ističe da su ekološke prakse izuzetno važne u poslovanju. Više od polovine ispitanika pokazuje interesovanje za učešće u obrazovnim programima fokusiranim na zeleno preduzetništvo, posebno o temama kao što su: poslovno planiranje i strategija, održive prakse u poslovanje i marketing i brendiranje. Kao najveći izazovi za započinjanje zelenog biznisa se ističu: nedostatak finansiranja i nedostatak znanja i obrazovanja, te focus treba staviti upravo na edukaciju o eko preduzetništvu i podizanje svesti o značaju finansiranja eko biznisa. Pored toga, važno je obezbediti i programe mentorstva i mogućnosti za umrežavanje preduzetnika.

LITERATURA

- [1] WCED, Our Common Future (The Brundtland Report), World Commission on Environment and Development, Oxford University Press, New York, 1987.
- [2] X. Sun, W. Su, X. Guo, Z. Tian, "The impact of awe induced by COVID-19 pandemic on green consumption behavior in China", *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(2):543, 2021.
- [3] S. Schaltegger, M. Wagner, "Sustainable entrepreneurship and sustainability innovation: categories and interactions", *Business Strategy and the Environment*, 20(4), 222–237, 2011.
- [4] M. Carchano, J.M. Cardebat, A. Gonzalez, I. Carrasco, "Moving toward environmental sustainability through green entrepreneurship: assessing the moderating role of managerial environmental commitment", *International Entrepreneurship and Management Journal*, 20, pp. 2209–2240, 2024.
- [5] H. Brolinson, M. Cederlund, M. Eberhardson, *Environmental goods and services sector in Sweden 2002–2005*. Statistics Sweden (SCB), Stockholm, 2006.
- [6] H. Creech, G.A. Huppe, L. Paas, V. Vivek, *Social and environmental enterprises in the green economy, supporting sustainable development and poverty eradication on the ground*, Winnipeg, the SEED initiative and the international institute for sustainable development, 2012
- [7] Y. Fan, S. Wu, Y. Lu, Y. Zhao, "Study on the effect of the environmental protection industry and investment for the national economy: An input-output perspective", *Journal of Cleaner Production*, 227, 1093–1106, 2019.
- [8] J. Wang, Q. Li, "The influence mechanism of entrepreneur characteristics on green entrepreneurial intention", *Research Finance Economics*, 403, 132–137, 2017.
- [9] A. Misztal, M. Kowalska, "Factors of green entrepreneurship in selected emerging markets in the European Union", *Environment, Development and Sustainability*, 26:28269–28292, 2024.
- [10] OECD, *Policies to Support Green Entrepreneurship: Building a Hub for Green Entrepreneurship in Denmark*, OECD Studies on SMEs and Entrepreneurship, OECD Publishing, Paris, 2022.
- [11] X. Xie, J. Huo, G. Qi, K.X. Zhu, "Green process innovation and financial performance in emerging economies: moderating effects of absorptive capacity and green subsidies", *IEEE Transactions of Engineering Management*, 63, 101–112, 2016.
- [12] S.P. Chuang, C.L. Yang, "Key success factors when implementing a green-manufacturing system", *Production Planning and Control*, 25, 923–937, 2014.
- [13] P. Gultekin, "Environmental concern and eco-entrepreneurial intention: the mediating effects of nature-based solutions and self-efficacy", *Environmental Science and Pollution Research*, 31:59894–59905, 2024.
- [14] V. Barba-Sanchez, M. Mitre-Aranda, J. Brio-Gonzalez, "The entrepreneurial intention of university students: An environmental perspective", *European Research on Management and Business Economics*, 28(2), 100-184, 2022.
- [15] UN, 2015. *Transforming Our World: the 2030 Agenda for Sustainable Development*, Working Papers, United Nations.
- [16] T. Neumann, "Impact of green entrepreneurship on sustainable development: An ex-post empirical analysis", *Journal of Cleaner Production*, 377, 1-11, 2022.
- [17] T.J. Dean, J.S. McMullen, "Toward a theory of sustainable entrepreneurship: reducing environmental degradation through entrepreneurial action". *Journal of Business Venturing*, 22, 50–76, 2007.
- [18] J.K. Hall, G.A. Daneke, M.J. Lenox, "Sustainable development and entrepreneurship: past contributions and future directions", *Journal of Business Venturing*, 25, 439–448, 2010.
- [19] D.A. Shepherd, H. Patzelt, "The new field of sustainable entrepreneurship: studying entrepreneurial action linking "what is to Be sustained" with "what is to Be developed", *Entrepreneurship Theory and Practice* 35, 137–163, 2011.
- [20] M. Mohiuddin, A. Al Mamun, F.A. Syed, M. Mehedi Masud, Z. Su, "Environmental knowledge, awareness, and business school students' intentions to purchase green vehicles in emerging countries", *Sustainability*, 10(5), 1534, 2018.

OD EDUKACIJE DO AKCIJE: CIRKULARNA EKONOMIJA ZA ODRŽIVU BUDUĆNOST

FROM EDUCATION TO ACTION: CIRCULAR ECONOMY FOR A SUSTAINABLE FUTURE

Milica Stanković, *Akademija tehničko-vaspićačkih strukovnih studija - Odsek Vranje, Filipa Filipovića 20, Vranje*
Gordana Mrdak, *Akademija tehničko-vaspićačkih strukovnih studija - Odsek Vranje, Filipa Filipovića 20, Vranje*

Sadržaj - Cirkularna ekonomija donosi niz prednosti, kako na mikroekonomskom, tako i na makroekonomskom nivou. Edukacija je ključ uspeha u implementaciji cirkularnih poslovnih modela i podizanju svesti kod ključnih aktera: države, kompanija i društva u celini. Cilj rada je da, kroz analizu informisanosti i percepcije ispitanika o cirkularnoj ekonomiji, ukaže na značaj i neophodnost edukacije o ovoj izuzetno značajnoj temi.

Ključne reči: Cirkularna ekonomija. Održivi razvoj. Zaštita životne sredine.

Abstract - The circular economy brings a number of advantages, both at the micro-economic and macro-economic level. Education is the key to success in implementing circular business models and raising awareness among key actors: the state, companies and society. The aim of the paper is to, through the analysis of information and perception of respondents about the circular economy, point out the importance and necessity of education on this extremely important topic.

Keywords: Circular economy. Sustainable development. Environmental protection.

1. UVOD

Tradicionalni linearni ekonomski model se nalazi na ispitu ekonomske i ekološke opravdanosti. Kao odgovor na rastuće globalne izazove, raste interesovanje za temu cirkularne ekonomije i ističe se značaj primene cirkularnih principa. Edukacija je ključ uspeha u implementaciji cirkularnih poslovnih modela i podizanju svesti kod ključnih aktera koji treba da doprinesu vidljivim rezultatima cirkularne tranzicije.

Cilj rada je da, kroz analizu informisanosti i percepcije ispitanika o cirkularnoj ekonomiji, ukaže na značaj i neophodnost edukacije o ovoj izuzetno značajnoj temi. U prvom delu rada je fokus na tranziciji od linearne ka cirkularnoj ekonomiji, imajući u vidu da je cirkularna ekonomija održivo rešenje za brojne globalne i ekonomske izazove. U drugom delu rada se prikazuju rezultati primarnog istraživanja koje su autori sproveli tokom avgusta meseca 2024. godine, obuhvativši ispitanike iz Srbije, Italije i Holandije. Nakon detaljne analize raspoložive literature i sumiranja dobijenih rezultata istraživanja, donose se relevantni zaključci.

2. CIRKULARNA EKONOMIJA: ODRŽIVO REŠENJE ZA GLOBALNE IZAZOVE

Globalizacija, konzumerizam i liberalizacija u kombinaciji sa globalnim porastom broja stanovnika, izazvali su socioekonomske i ekološke izazove koji su rezultat povećane potrošnje neobnovljivih resursa, stvaranja otpada, zagađenja i oskudice resursa [1]. Sa više od 8 milijardi ljudi na planeti [2], zemlje u razvoju i nerazvijene zemlje suočavaju se sa izazovom pronalaženja izvora rasta

i razvoja. Postavlja se pitanje da li ćemo se opredeliti za podsticanje rasta i razvoja po cenu zagađenja životne sredine, ili ćemo se zalagati za održivi razvoj koji podrazumeva da zadovoljenjem potreba sadašnjih generacija ne ugrozimo mogućnost budućih generacija da zadovolje svoje potrebe. Centralna figura pri donošenju ove odluke smo mi, ljudi, jer od našeg stava zavisi pravac razvoja ka zajedničkoj budućnosti [3].

Prema Global Resources Outlook-u, od 1970. godine do danas globalna populacija se više nego udvostručila (porast broja stanovnika sa 3,7 milijardi na 8,1 milijardu), dok se eksploatacija materijala utrostručila. Bruto domaći proizvod zemalja je čak pet puta veći u odnosu na 1970. godinu, pri čemu su promene u ekonomiji i stanovništvu dovele do povećanja BDP-a po glavi stanovnika sa 4.882 USD u 1970. na 11.591 USD do 2024. godine. Kako se svet dalje urbanizuje i industrijalizuje, pritisak na ekološke sisteme se intenzivira, što dovodi do ekoloških posledica, kako na globalnom, tako i na regionalnom nivou [4].

Trenutni linearni ekonomski model se zasniva na pristupu "uzmi - napravi - odbaci" (take-make-waste) [5]. Model linearne ekonomije se zasniva na iscrpljivanju ograničenih resursa, prekomernoj proizvodnji, skraćivanju korisnog veka proizvoda i stvaranju ogromne količine otpada [6]. Ovakav model prati obrazac po kome kompanije koriste prirodne resurse za proizvodnju proizvoda koje prodaju potrošačima, dok potrošači kada im proizvodi više ne služe svrsi odbacuju proizvode i generišu ogromnu količinu otpada [7]. Dakle, model linearne ekonomije je ekonomski i ekološki neodrživ na dugi rok, te prelazak na održivije poslovne prakse postaje imperativ.

Cirkularna ekonomija naglašava jaku vezu između ekonomije i životne sredine i predstavlja optimalno rešenje za rastuće ekonomske i ekološke probleme, imajući u vidu da se fokusira na 3R pristup: “reduce – reuse - recycle” (smanjiti upotrebu - ponovo koristiti - reciklirati). Osnovni postulat cirkularne ekonomije je ne razmišljati o otpadu, već o proizvodu, imajući u vidu da otpad iz jedne industrije može biti vredan input u drugoj industriji. Dakle, cilj cirkularne ekonomije je da eliminiše otpad kroz pretvaranje proizvoda koji su na kraju ili blizu kraja svog životnog veka u vredne resurse i sirovine za proizvodnju novih proizvoda [8].

Fondacija Ellen MacArthur definiše cirkularnu ekonomiju kao „Industrijski sistem koji je obnavljajući ili regenerativan po nameri i dizajnu i ima za cilj eliminaciju otpada kroz vrhunski dizajn materijala, proizvoda, sistema i poslovnih modela” [7], [9]. Cirkularni model može biti deo rešenja problema, jer ističe značaj zaštite životne sredine kroz zadržavanje proizvoda i sirovina u prometu što je duže moguće, a u svrhu realizacije ciljeva definisanih Pariskim sporazumom, Agendom 2030 i Evropskim zelenim dogovorom [10]. Stoga, cirkularna ekonomija ističe koncept regenerativnosti i produženja životnog veka proizvoda [11].

Fondacija Ellen MacArthur je 2015. godine definisala da cirkularna ekonomija sledi tri osnovna principa. Prvi princip se odnosi na potrebu da se očuva i unapredi korišćenje prirodnog kapitala. Drugi princip je fokusiran na optimizaciju korišćenja resursa. Treći princip cirkularne ekonomije akcenat stavlja na promociju održivih proizvodnih sistema [12]. Cirkularna ekonomija stavlja akcenat na dizajniranje proizvoda koji se lako mogu reciklirati i ponovo koristiti. Takođe, sve više se insistira na ekonomiji deljenja, te kupci sve više iznajmljuju i dele proizvode umesto da ih poseduju [7].

Implementacija cirkularnih inicijativa stvara ekosistem koji promovise održivost. Kako bismo izbegli globalnu ekološku katastrofu, važno je edukovati ljude o značaju cirkularne ekonomije i implementacije cirkularnih principa, ali i podići svest kod donosioca odluka o benefitima koje cirkularna ekonomija donosi. Za vidljive rezultate cirkularne ekonomije, važno je u implementaciju cirkularnih principa uključiti tri glavna aktera: državu, kompanije i društvo u celini. Cirkularna ekonomija donosi niz prednosti, kako na mikroekonomskom, tako i na makroekonomskom nivou. Ekonomska korist od prelaska na cirkularni model ekonomije procenjuje se na više od trilion dolara u materijalnim uštedama [7].

3. METODOLOGIJA I REZULTATI ISTRAŽIVANJA

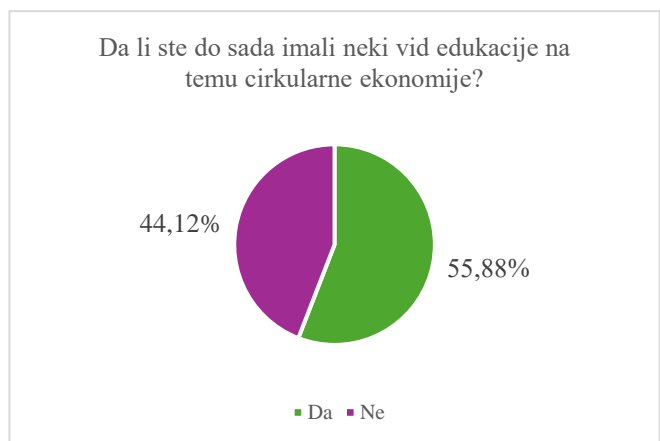
U skladu sa definisanim ciljem istraživanja, u radu su korišćene metode teorijskog i empirijskog istraživanja. Primenjene su metode analize i sinteze saznanja do kojih se došlo izučavanjem postojeće naučne i stručne literature iz oblasti cirkularne ekonomije, pri čemu je fokus bio na korišćenju literature novijeg datuma. Kao izvor za primenu induktivno-deduktivnog metoda su korišćene strana i domaća literatura iz relevantne oblasti. Istraživanje je realizovano tokom avgusta meseca 2024. godine i obuhvata 102 ispitanika iz tri zemlje: Srbija, Italija i Holandija. Komparativni metod je korišćen za poređenje dobijenih rezultata na osnovu anketiranja ispitanika iz navedenih zemalja.

Istraživanje je sprovedeno tokom avgusta meseca 2024. godine na 102 ispitanika iz Srbije, Italije i Holandije. Pri tome, 62 ispitanika su žene i 40 ispitanika muškarci. Od ukupnog uzorka, više od 60% su ispitanici mlađi od 35 godina. Kada je reč o strukturi ispitanika po nivou obrazovanja, njih 30 je završilo srednju školu, 38 osnovne studije, 20 je završilo master studije i 14 doktorske studije.

Više od 70% ispitanika ističe da su veoma upoznati ili delimično upoznati sa pojmom cirkularne ekonomije. Ipak, 27,43% ispitanika nije upoznato sa ovim pojmom. Važno je naglasiti i da više od polovine ispitanika (55,88%) nije imalo do sada nikakvu edukaciju na temu cirkularne ekonomije, dok 44,12% jeste. Možemo zaključiti da postoji potreba za edukacijom u oblasti cirkularne ekonomije u sve tri analizirane zemlje, kako bi što veći broj ljudi bio upoznat sa pojmom cirkularne ekonomije, ali i mogućnostima primene principa cirkularne ekonomije u praksi.



Slika 1. Koliko ste upoznati sa pojmom cirkularna ekonomija?

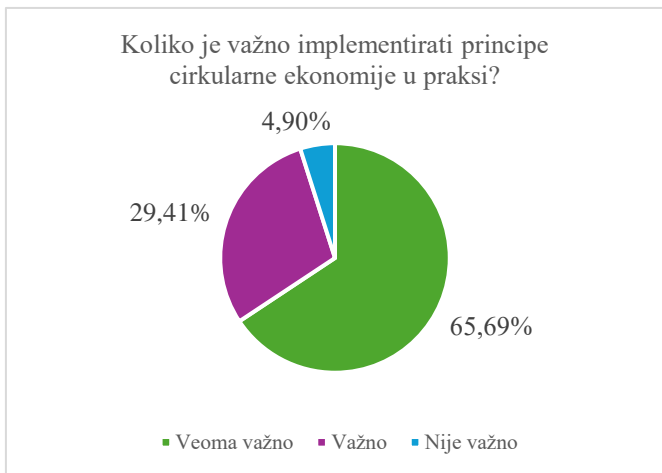


Slika 2. Da li ste do sada imali neki vid edukacije na temu cirkularne ekonomije?

Ispitanici koji su imali neku vrstu edukacije u oblasti cirkularne ekonomije ističu da su su učili o cirkularnoj ekonomiji kroz formalno obrazovanje, radionice, online kurseve, društvene medije i kroz dokumentarce i TV program.

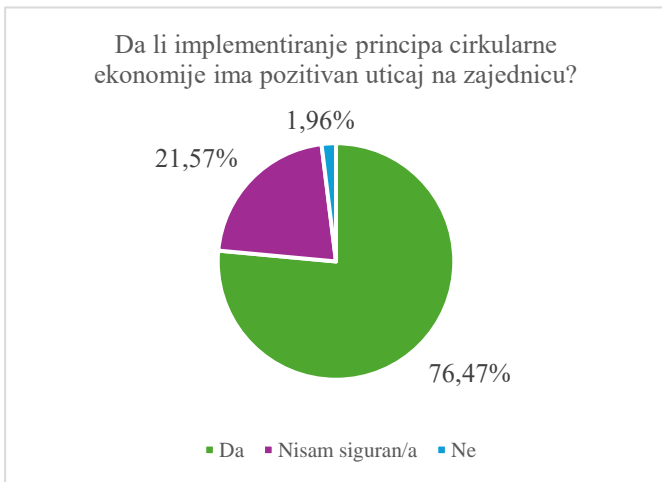
Na pitanje koliko smatraju da je važno implementirati principe cirkularne ekonomije u praksi, više od 95% ispitanika ističe da je navedeno izuzetno važno i važno, dok tek 4,9% ističe da ne smatra važnim implementiranje principa cirkularne

ekonomije. Ukoliko analiziramo odgovore ispitanika iz Republike Srbije, više od 90% ispitanika smatra izuzetno važnim ili važnim implementiranje principa cirkularne ekonomije.



Slika 3. Koliko je važno implementirati principe cirkularne ekonomije u praksi?

Da implemetiranje principa cirkularne ekonomije ima pozitivan uticaj na zajednicu ističe 76,47% ispitanika, dok 21,57% nije sigurno kakav uticaj primena principa cirkularne ekonomije može imati na zajednicu. Tek 1,96% smatra da implementiranje principa cirkularne ekonomije nema pozitivan uticaj na zajednicu. U Republici Srbiji, 86,66% ispitanika smatra da primena principa cirkularne ekonomije ima pozitivan uticaj na zajednicu, dok 13,34% nije sigurno kakav uticaj može imati.



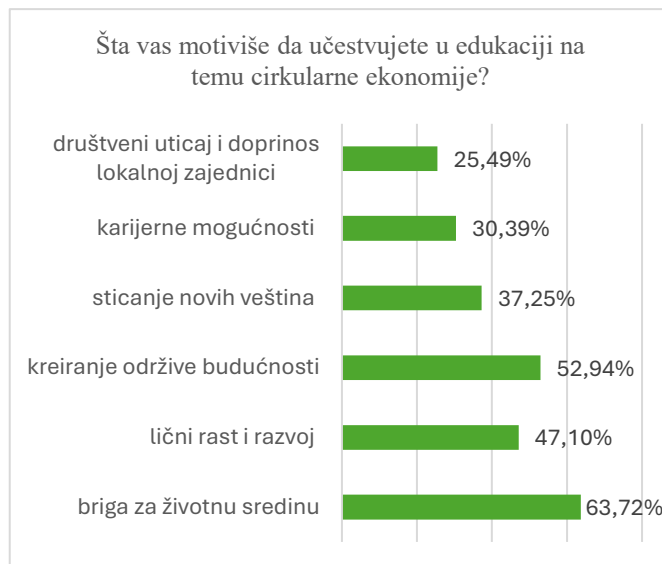
Slika 4. Da li implementiranje principa cirkularne ekonomije ima pozitivan uticaj na zajednicu?

Na pitanje da li su zainteresovani za edukaciju o cirkularnoj ekonomiji, od ukupnog uzorka 61,76% je zainteresovano, 31,37% nije sigurno da li bi im takav vid edukacije bio koristan i tek 6,87% ispitanika nije zainteresovano za edukaciju o cirkularnoj ekonomiji. U Republici Srbiji je više od polovine ispitanika zainteresovano da nauči više o temi cirkularne ekonomije (53,33%). Slična je situacija i u Holandiji gde je 50% ispitanika zainteresovano za edukaciju. U Italiji čak 71,15% ispitanika želi da stekne dodatno znanje iz oblasti cirkularne ekonomije.



Slika 5. Da li ste zainteresovani za edukaciju o cirkularnoj ekonomiji?

Ispitanici su za učešće u edukacijama o cirkularnoj ekonomiji motivisani sledećim motivima (pri čemu su imali mogućnost da se opredele za više motiva): briga za životnu sredinu (63,72%), lični rast i razvoj (47,10%), kreiranje održive budućnosti (52,94%), sticanje novih veština (37,25%), karijerne mogućnosti (30,39%), društveni uticaj i doprinos lokalnoj zajednici (25,49%). U Republici Srbiji se kao najznačajniji motivi za učešće u edukaciji o cirkularnoj ekonomiji ističu: briga za životnu sredinu (76,66%), lični rast i razvoj (50%) i kreiranje održive budućnosti (43,3%). Ispitanici u Italiji ističu da su motivisani da se edukuju na temu cirkularne ekonomije kako bi kreirali održivu budućnost (63,46%), zbog toga što brinu za životnu sredinu (31,37%) i zato što žele da ostvare pozitivan uticaj na zajednicu (24,51%). U Holandiji se kao ključni motivi ističu: lični rast i razvoj (65%), briga za životnu sredinu (50%) i sticanje novih veština (45%).



Slika 6. Šta vas motiviše da učestvujete u edukaciji na temu cirkularne ekonomije?

Ispitanici su imali mogućnost da se u upitniku opredele za veći broj različitih vidova edukacije o cirkularnoj ekonomiji za koje su zainteresovani. Rezultati istraživanja pokazuju da je najveći procenat ispitanika zainteresovan za edukativne seminare i konferencije na temu cirkularne ekonomije (55,88%), radionice (54,9%) i hakatone (40,2%). U Republici

Srbiji je najveći broj ispitanika zainteresovan da se edukuje na temu cirkularne ekonomije kroz edukativne seminare i konferencije (69,6%) i radionice (47,06%).

4. ZAKLJUČAK

Da bi se ostvarili značajni rezultati u implementaciji principa cirkularne ekonomije, važno je započeti edukaciju svih članova društva, od najmlađih do najstarijih, o značaju istih. Rezultati istraživanja pokazuju da, iako je više od 70% ispitanika upoznato sa pojmom cirkularne ekonomije, više od polovine ukupnog uzorka anketiranih nije imalo do sada nikakvu edukaciju na temu cirkularne ekonomije. Značajno je naglasiti da više od 95% ispitanika ističe da je izuzetno važno i važno implementirati principe cirkularne ekonomije u praksi, dok je 76,47% ispitanika stave da implemetiranje principa cirkularne ekonomije ima pozitivan uticaj na zajednicu. Više od 60% ispitanika je zainteresovano da se edukuje na temu cirkularne ekonomije, pri čemu bi najveći broj ispitanika želeo da nauči više o ovoj izuzetno važnoj temi kroz edukativne seminare i konferencije, radionice i hakatone. Kao ključni motivi za učešće u edukacijama o cirkularnoj ekonomiji se ističu: briga za životnu sredinu, lični rast i razvoj, kreiranje održive budućnosti, sticanje novih veština, karijerne mogućnosti, društveni uticaj i doprinos lokalnoj zajednici.

Dakle, ključ za uspešnu primenu principa cirkularne ekonomije je edukacija. Od izuzetnog je značaja podići svest potrošača o neophodnosti vođenja ekološkim principima pri izboru proizvoda i usluga, te ponovnoj upotrebi i reciklaži na kraju korisnog veka proizvoda. Za kompanije koje primenjuju cirkularne principe je važno da razmišljaju o cirkularnoj ekonomiji već u fazi dizajna proizvoda, kako bi proizvodi koji dospevaju na tržište bili laki za redizajn, popravku i reciklažu. U krajnjem, donosioci odluka imaju ključnu ulogu u oblikovanju cirkularne budućnosti, te je od suštinskog značaja kreirati i promovisati politike koje će podsticati i olakšavati implementaciju cirkularnih principa.

LITERATURA

- [1] F.C. Mihai, I. Minea, "Sustainable alternative routes versus linear economy and resources degradation in Eastern Romania", *Sustainability*, Vol. 13, No. 19., 2021.
- [2] UNDESA, *World Population Prospects 2022*, United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division, New York, 2022.
- [3] WWF, *Living Planet Report- Species and Spaces, People and Places*, Gland, Worldwide Fund for Nature, 2014.
- [4] United Nations Environment Programme, *Global Resources Outlook 2024: Bend the Trend – Pathways to a liveable planet as resource use spikes*. International Resource Panel, 2024.
- [5] A. Malik, P. Sharma, P. Sharma, A. Vinu, A. Karakoti, K. Kaur, H.D. Gujral, S. Munjal, B. Laker, "Circular economy adoption by SMEs in emerging markets: towards a multilevel International conceptual framework", *Journal of Business Research*, Vol. 142, pp. 605-619., 2022.
- [6] A. Sulich, M. Rutkowska, "Circular economy and industry 4.0", paper presented at 17th International Conference on Environmental Science and Technology, 1-4 September 2021, Athens, Greece, 2021.
- [7] Ellen MacArthur Foundation and McKinsey & Company, "Towards the circular economy: accelerating the scale-up across global supply chains", Geneva Switzerland, World Economic Forum, 2014.
- [8] M. Ferasso, T. Beliaeva, S. Kraus, T. Clauss, D. Ribeiro-Soriano, "Circular economy business models: the state of research and avenues ahead", *Business Strategy and the Environment*, Vol. 29 No. 8, pp. 3006-3024., 2020.
- [9] A. Cantú, E. Aguiñaga, C. Scheel, "Learning from failure and success: the challenges for circular economy implementation in SMEs in an emerging economy", *Sustainability*, Vol. 13 No. 3, pp. 1-34., 2021.
- [10] Ellen MacArthur Foundation, *Completing the Picture: How the Circular Economy Tackles Climate Change*, Ellen MacArthur Foundation, 2019.
- [11] J.F. Pinto Anaruma, J.H. Caldeira de Oliveira, W.R. Anaruma Filho, F. De Souza Freitas, A. Alves Teixeira, "The first two decades of Circular Economy in the 21st century: a bibliographic review", *Benchmarking: An International Journal*, Vol. 29, No. 9, pp. 2691-2709, 2022.
- [12] Ellen MacArthur Foundation, *Towards a Circular Economy: Business Rationale for an Accelerated Transition*, Ellen MacArthur Foundation, 2015.



ОРГАНИЗАЦИОНА КРЕАТИВНОСТ И ИНОВАЦИЈЕ ORGANIZATIONAL CREATIVITY AND INNOVATIONS

Др Сузана Стојковић, Академија техничко – васпитачких струковних студија Ниш, Одсек Врање.
Др Бранислав Станисављевић, Академија техничко – васпитачких струковних студија Ниш, Одсек Врање.
Др Светлана Трајковић, Академија техничко – васпитачких струковних студија Ниш, Одсек Врање.

Садржај - Глобалне технолошке промене и принципи глобалног пословања условљавају потребу за константном креативношћу. Услов опстанка јесу нове идеје, нови измењени производи и услуге. Организациона креативност и иновације се јављају као услов кључне компетентности организација које послују у савременим тржишним условима. Циљ рада је да укаже на улогу и значај организационе креативности и начине који би омогућили унапређење креативног потенцијала организација.

Кључне речи: Иновативност. Организациона креативност. Савремени услови пословања.

Abstract - Global technological changes and the principles of global business necessitate the need for constant creativity. The condition for survival is new ideas, new and modified products and services. Organizational creativity and innovation appear as a condition for the key competence of organizations operating in modern market conditions. The aim of the paper is to point out the role and importance of organizational creativity and ways that would enable the improvement of the creative potential of organizations.

Keywords: Innovation. Organizational creativity. Modern business conditions.

1. УВОД

Дигитална економија, диктира специфичне начине понашања организација, видљиве кроз унутрашње и спољашње изазове. Спољашњи изазови намећу организацијама пословање у условима технолошких трансформација и глобалне конкурентности, као и константну потребу за растом и развојем. Кључни услов опстанка и развоја постаје континуирано увођење иновација кроз стварање нових или побољшаних производа и услуга.

Дугорочна одрживост је условљена могућношћу прилагођавања променама, унапређењем процеса и увођењем нових идеја. Доминантни фактор у овом процесу је организациона креативност која омогућава запосленима да створе оригиналне идеје које би унапредиле процесе, производе или услуге. Иновације су условљене креативношћу запослених у организацијама, што уједно условљава и конкретизацију идеја и промена, које омогућавају стварање конкурентске предности у савременим тржишним условима пословања.

Продуктивност, ефикасност и ефективност су условљени организационом креативношћу и иновативном културом. Турбулентне промене на тржишту скраћују животни циклус производа и коренито мењају тржишне услове пословања тражећи од организација проналажење нових начина који би организацијама омогућиле стварање новог креативног потенцијала.

2. КРЕАТИВНОСТ И ИНОВАЦИЈЕ У САВРЕМЕНИМ УСЛОВИМА ПОСЛОВАЊА

У савременом свету, људски потенцијал диктира могућност опстанка и развоја организација, а његова кључна компонента базирана је у оквирима индивидуалног стваралаштва и постаје кључни развојни ресурс. Све чешће економске кризе и динамичне и комплексне промене условљавају пословну неизвесност и несигурност и успоравају динамичан раст. Динамичан развој информационих технологија у условима нестајања традиционалних фактора производње дефинишу нове вредности засноване на информацијама, знању, иновативности и креативности, узрокујући промене пословног амбијента који траже и другачије приступе и односе са окружењем. Креативност у смислу људске способности за продукцију нових и оригиналних креативних идеја, постаје кључни развојни ресурс националних економија и фактор њихове конкурентске предности [1].

Креативност и иновације, историјски гледано прате развој људске цивилизације и представљају привилегију људског бића. Интелектуални капитал као кључни покретач иновативности у организацијама, који условљава и драматичне организационе промене, чине људи са својим искуством, идејама и знањем. Иновација представља резултат креативног рада и темељ за постизање конкурентске предности организације [2].

Иновација представља процес стварања и увођења нечег новог или унапређеног са намером стварања вредности или користи [3]. Основни услов иновативности

је базиран на креативним идејама које чине и базични елемент иновација производа или услуга, производних процеса, организационих иновација. Традиционални поглед на однос између креативности и иновација имплицира да је креативност идеја, док су иновације предузимање активности по питању реализације идеје [4]. Иновациони процес има за циљ да смањи време и трошкове рада повећањем индустријске флексибилности [5].

3. ОРГАНИЗАЦИОНА КУЛТУРА КАО ФАКТОР ИНОВАТИВНИХ И КРЕАТИВНИХ ОРГАНИЗАЦИЈА

Организациона култура је базирана на дубоким уверењима и вредностима запослених. Видљива је кроз постојање експлицитне и имплицитне компоненте. Експлицитна култура представља типичне обрасце понашања људи и специфичних предмета које људи производе и са којима живе. Имплицитна култура прати вредности, веровања и норме који чине уобичајене обрасце понашања видљиве кроз експлицитну компоненту [6].

Типичне карактеристике организације чине окосницу организационе културе, видљиву кроз заједничке вредности које су опште прихваћене од стране већине запослених. Јавља се и као кључни фактор имплементације стратегијских опција, које и условљава у конкретним тржишним условима.

Описивањем организационе културе се бавио Мартинс [7], који је и развио модел заснован на интеракцији организационих елемената, екстерног окружења, интерних система и димензија културе. У оквиру модела следећи елементи чине димензију културе: екстерно окружење, елементи реализације циљева, мисија и визија, слика организације, управљачки процеси, циљеви и потребе запослених, лидерство и односи међу запосленима [7].

Организациона култура условљава креативност саме организације и кључни фактор је развоја иновативних стратегија, које промовишу развој и имплементацију нових производа и услуга. Визија и мисија треба да, у складу са погледом ка будућности, прате потребе потрошача, али уједно треба да буду и препознате и прихваћене од стране већине запослених, како би се превазишао потенцијални јаз између тренутног и жељеног стања. Такође, организациона култура условљава и организациону структуру, јер прихваћене вредности морају омогућавати развој креативности и иновативности, омогућавајући флексибилност, тимски рад и промоцију вредности које позитивно утичу на креативност и иновације у организацији.

Да би створили повољне услове за креативну организациону културу, неопходно је подржати и омогућити стварање исте. Позитивна пракса оних организација које подржавају креативност и иновативност запослених говори да такве организације 15% радног времена запослених усмеравају на генерисање креативних идеја. Подршку таквој организационој култури омогућава и адекватан приступ информационим технологијама, као важном организационом ресурсу.

Стварање оваквих услова, омогућава и атмосфера која подстиче промене усмерене ка креативности и иновативности организације. Такође битан услов јесте и отворена и транспарентна комуникација уз осећај сигурности и поверења међу запосленима.

4. КРЕАТИВНА ОРГАНИЗАЦИОНА КЛИМА

Организациона култура као антрополошки елемент се односи на перцепцију искуства чланова организације, док организациона клима као метеоролошки елемент описује перспективе запослених о климатским условима и несвесно условљава претпоставке и понашања запослених у организацијама.

Савремене организације теже стварању позитивне организационе климе, чиме се постиже јачање морала и сатисфакције запослених и смањује ефекат напуштања организације. Такође, организациона клима условљава и квалитет појединих организационих процеса, типа комуникације, пословног одлучивања, координације, мотивације.

Постоје различите дефиниције организационе климе, али треба издвојити дефиницију коју су дали Гилејд и Ајвери [8] који организациону климу виде као медијатора функције менаџмента људских ресурса и организационих перформанси. Индивидуалне перцепције запослених, о организационој клими, ће условити мотивисаност за рад, посвећеност раду и ниво креативности који испољавају запослени у току реализације радних активности, али и ниво креативности и иновативности, који подразумева основ будућих стратегијских промена. Организациона клима, се из тог разлога јавља као кључни фактор организационих перформанси.

Кључне компетенције организације, као фактор конкурентске предности, најчешће зависе од квалитета и напора људи који раде у самој организацији, односно од њихове мотивисаности. На организациону климу делује велики број фактора, од којих се посебно издваја понашање лидера. Међутим, не треба смањивати утицај следећих елемената интерног окружења: мотивације, процеса доношења одлука, комуникације, циљева, контролних система.

Позитивна организациона клима мотивише запослене да раде заједно, размењују искуство и знање и пружају међусобну помоћ око учења и усвајања знања.

Узимајући у обзир контролу и флексибилност са једне стране и екстерни и интерни фокус Бартон са сарадницима [9] дефинише четири типа организационе климе, развијених на следећим елементима: моралу, односу према награђивању, поверењу, отпору према променама, утицају лидерства и обавезама:

1. Клима групе – постоји висок ниво поверења код запослених, висок ниво морала и флексибилности и интерна оријентација.
2. Клима развоја – карактерише је висок морал, поверење, висока флексибилност, низак отпор ка променама и екстерна оријентација.

3. Клима рационалних циљева – везује се за висок степен контроле, низак ниво поверења и морала, мали отпор променама и екстерну оријентацију.
4. Клима интерних процеса – садржи висак ниво контроле, велики отпор према променама, низак ниво поверења и морала и механичка оријентација.

Предмет организационе креативности се среће у радовима многих аутора, али треба обратити пажњу на два модела – модел организационе креативности (развила Тереза Амабила [10]) и модел креативне климе (развио Горан Еквали) [4]. Креативне иновативне организације омогућавају запосленима поделу позитивне визије и веровање у привлачност исте. Развијају јачање поверења, међусобне сарадње уз стварање осећаја интерперсоналне сигурности као доминантне карактеристике.

Модел организационе креативности – прати организациону креативност из угла појединца као и радног окружења. У оквиру њега се примењује сет алата којима се процењује креативна клима помоћу упитника. Валидација истог је потврђена од стране бројних аутора, и утврђено је десет карактеристика појединаца које промовишу и пет особина које спутавају креативност у организацијама.

Модел креативне климе – посматра климу као један организациони атрибут, потпуно одвојен од организационе културе, која представља сегмент организационе културе видљив као образац понашања. Креативна клима испољава се кроз креативно понашање запослених.

5. ЗАКЉУЧАК

Иновативност и креативност, историјски, прате се кроз развој цивилизација и представљају дистинктивну особину и привилегију људског бића. У оваквим глобалним тржишним условима доминантне су динамичне и комплексне промене уз огроман утицај економских и других глобалних криза, чиме се ствара пословна несигурност и неизвесност. Запослени са својим знањем, искуством и идејама чине интелектуални капитал, односно интелектуални потенцијал, и представљају главне покретаче иновација у организацијама. Организациона креативност и иновативност јављају се као незамењиви фактори конкурентности у динамичном пословном окружењу. Креативност омогућава стварање нових идеја и решења, док иновације омогућавају њихову имплементацију, чиме организације не само да унапређују своје интерне процесе, већ и задовољавају све веће и

захтевније потребе потрошача на софистициранијим тржиштима. Подстицање креативног размишљања и иновативног духа међу запосленима, уз одговарајућу стратегију и културу организације, кључни су за постизање одрживог раста.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] E. C. Martins and F. Terblanche, „Building organisational culture that stimulates creativity and innovation“, *European journal of innovation management*, 6(1), pp. 64-74, 2003.
- [2] T. Kristensen, “The Physical Context of Creativity”, *Creativity and Innovation Management*, pp. 89-96, 2004.
- [3] R. D. Hisrich and C. Kearney, “Managing Innovation and Entrepreneurship”, *SAGE Publications*, 2014.
- [4] D. Bobera, B. Leković, *Menadžment inovacija*, Ekonomski fakultet, Subotica, 2021.
- [5] P. De Giovanni, and A. Cariola, “Process innovation through industry 4.0 technologies, lean practices and green supply chains”, *Research in Transportation Economics*, Elsevier, vol. 90(C), 2021.
- [6] P. Ahmed and C. D. Shepherd, „*Innovation management: Context, strategies, systems and processes*“, Pearson, 2010.
- [7] E. Martins, N. Martins and F. Terblanche, “An organizational culture model to stimulate creativity and innovation in a university library”, In *Advances in Library Administration and Organization*, Emerald Group Publishing Limited, 2004.
- [8] Gelade, G.A. and Ivery, M. „The impact of human resource management and work climate on organizational performance“. *Personnel Psychology*. 56 (2), pp 383- 404, 2003.
- [9] Burton, R. M., Lauridsen, J., and Obel, B. „The impact of organizational climate and strategic fit on firm performance“. *Human Resource Management*, 43 (1), pp 6782, 2004.
- [10] Amabile, T. M. A model of creativity and innovation in organization. In L.L. Cummings, & B.M. Staw (Eds.), *Research in Organizational Behavior* (123-167). Greenwich, CT: JAI Press, 1988.

UTICAJ OBAVEZE FINANSIJSKOG IZVEŠTAVANJA NA TRANSPARENTNOST I POSLOVNE ODLUKE MALIH I SREDNJIH PREDUZEĆA U SRBIJI

THE IMPACT OF FINANCIAL REPORTING OBLIGATIONS ON TRANSPARENCY AND BUSINESS DECISIONS OF SMALL AND MEDIUM ENTERPRISES IN SERBIA

Tiana Anđelković, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Vranje, Filipa Filipovića 20, Vranje.*
Vladimir Kostić, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Vranje, Filipa Filipovića 20, Vranje.*

Sadržaj - *Finansijsko izveštavanje malih i srednjih preduzeća (MSP) u Srbiji predstavlja ključnu komponentu za njihov razvoj, održivost i konkurentnost na tržištu. Ovaj rad istražuje obaveze MSP u pogledu finansijskog izveštavanja, analizirajući zakonske regulative, izazove i prednosti koje proizilaze iz pravilnog izveštavanja. Kroz analizu postojećih praksi, razmatraju se vrste izveštaja koje MSP podnose, uključujući bilanse stanja, bilanse uspeha i izveštaje o tokovima gotovine, kao i napomene uz finansijske izveštaje. Takođe, rad se bavi uticajem finansijskog izveštavanja na donošenje poslovnih odluka, povećanje poverenja investitora i partnera, kao i na pristup finansijskim sredstvima. Iako MSP suočavaju sa izazovima u vezi sa složnošću propisa i nedostatkom stručnog kadra, pravilno finansijsko izveštavanje doprinosi većoj efikasnosti poslovanja i dugoročnoj stabilnosti.*

Ključne reči: *MSP. Finansijsko izveštavanje. Transparentnost. Regulativa.*

Abstract - *Financial reporting of small and medium-sized enterprises (SMEs) in Serbia is a key component for their development, sustainability, and competitiveness in the market. This paper explores the financial reporting obligations of SMEs, analyzing legal regulations, challenges, and the advantages arising from proper reporting. Through the analysis of existing practices, the types of reports submitted by SMEs are discussed, including balance sheets, income statements, and cash flow reports, as well as notes to the financial statements. The paper also addresses the impact of financial reporting on decision-making, increasing investor and partner trust, and access to financial resources. Although SMEs face challenges related to regulatory complexity and a lack of skilled personnel, proper financial reporting contributes to greater operational efficiency and long-term stability.*

Keywords: *SME. Financial reporting. Transparency. Regulatory.*

1. UVOD

Mala i srednja preduzeća (MSP) čine okosnicu svake ekonomije, pa je njihov doprinos privrednom rastu, zapošljavanju i inovacijama je od suštinskog značaja. Prema podacima zvaničnih institucija, MSP učestvuju sa preko 99% u ukupnom broju preduzeća, zapošljavaju značajan deo radne snage i generišu veliki deo bruto domaćeg proizvoda. Uprkos njihovoj važnosti, MSP se suočavaju s brojnim izazovima, među kojima je i obaveza finansijskog izveštavanja.

Finansijsko izveštavanje predstavlja ključni alat za praćenje poslovanja preduzeća, donošenje strateških odluka i povećanje transparentnosti. Za MSP, ono igra još značajniju ulogu jer obezbeđuje lakši pristup finansijskim sredstvima, poverenje poslovnih partnera i usklađenost sa zakonskim propisima i računovodstvenom regulativom. Međutim, ispunjavanje ovih obaveza često je otežano zbog ograničenih resursa, nedostatka znanja i stručnog kadra, kao

i zbog visokih troškova praćenja računovodstvenih standarda.

Cilj ovog rada je da analizira uticaj obaveze finansijskog izveštavanja na transparentnost i donošenje poslovnih odluka

u MSP u Srbiji. Posebna pažnja biće posvećena istraživanju načina na koji finansijski izveštaji pomažu u prevazilaženju problema u poslovanju, jačanju poverenja zainteresovanih strana i usklađivanju sa zakonskim i računovodstvenim normama. Kroz analizu teorijskih okvira, pregleda zakonskih regulativa i praktičnih primera iz poslovne prakse, rad će pružiti uvid u potencijalne koristi, ali i prepreke s kojima se MSP suočavaju u ovom procesu.

2. MALA I SREDNJA PREDUZEĆA U SRBIJI

MSP su osnovna ćelija privredne strukture Srbije. Njihov rad i postojanje su definisani i obrazloženi kroz Zakon o privrednim društvima i Zakon o računovodstvu

. Da bi se neko preduzeće u Srbiji deklariralo kao MSP, moraju da budu ispunjena bar dva od sledeća tri kriterijuma [1]:¹

1. Do 250 zaposlenih radnika,
2. Godišnji prihod do 40 miliona EUR,
3. Ukupna aktiva do 20 miliona EUR.

MSP u Srbiji karakteriše fleksibilnost, inovativnost i sposobnost brzog prilagođavanja tržišnim promenama. Međutim, suočavaju se s izazovima poput ograničenog pristupa finansijskim resursima, nedostatka stručnog kadra i složenosti zakonskih procedura.

MSP u Srbiji moraju poštovati određene zakonske i regulativne norme koje se odnose na finansijsko izveštavanje. Ključni pravni okvir uključuje poštovanje Zakona o računovodstvu, Zakona o privrednim društvima, Pravilnika o sadržaju i formi finansijskih izveštaja, zahteve koje upućuje Agencija za privredne registre a u skladu sa navedenim zakonima, poreske regulative, poštovanje Međunarodnih standarda finansijskog izveštavanja u pojednostavljenoj varijanti.

MSP su obavezna da vode poslovne knjige i finansijske izveštaje a u skladu sa zakonima i propisima koji su navedeni. Zavisno od dalje kategorizacije na mikro, mala ili srednja preduzeća, ista su u obavezi da vode manje ili više složene evidencije poslovnih promena i izveštavaju o svom radu. Finansijsko izveštavanje se sprovodi na zakonom propisanim obrascima finansijskih i nefinansijskih izveštaja, kako bi se omogućilo upoređivanje sa prethodnim godinama i drugim preduzećima iz iste ili slične delatnosti. Sva preduzeća u Srbiji, pa i MSP moraju podnositi izveštaje u predviđenom vremenu Agenciji za privredne registre koja će iste objaviti na svom sajtu kako bi bili dostupni svim zainteresovanim stranama [2].

3. ULOGA FINANSIJSKOG IZVEŠTAVANJA U UPRAVLJANJU MSP U SRBIJI

Finansijsko izveštavanje igra presudnu ulogu u upravljanju malim i srednjim preduzećima (MSP) u Srbiji, gde je transparentnost poslovanja i efikasno upravljanje resursima od suštinskog značaja za njihov opstanak i razvoj. Finansijsko izveštavanje je osnovni alat za praćenje poslovnih performansi i donošenje odluka te stoga omogućava MSP da odgovore na izazove savremenog tržišta, obezbede pristup finansijskim sredstvima i ispune zakonske obaveze [3].

Ulogu finansijskog izveštavanja u MSP u Srbiji možemo posmatrati dvostruko – kao internu i eksternu ulogu. Interna uloga izveštavanja u MSP ogleda se u *praćenju prihoda i rashoda* (kako često posluju sa ograničenim budžetom važno je pratiti sve tokove i održavati likvidnost), *proceni profitabilnosti* (identifikovati one proizvode, procese ili tokove koji su najprofitabilniji), *planiranju i budžetiranju* (na

osnovu dostupnih izveštaja lakše planiraju buduće investicije i poslovanje). Eksterna uloga izveštavanja je izuzetno bitna u pogledu mogućnosti zaduživanja kod kreditora, ali i u pogledu sklapanja poslovnih partnerstava sa drugim preduzećima, jer kad preduzeća imaju objavljene izveštaje na sajtu APR-a (Agencija za privredne registre) ona posluju transparentno, odnosno to su poželjni poslovni partneri [4].

Finansijsko izveštavanje u MSP u Srbiji je suočeno sa brojnim izazovima zbog više ogračavajućih faktora kao što su: *ograničeni resursi* (nemaju uslova da angažuju profesionalne računovođe ili da investiraju u napredne računovodstvene softvere), često su opterećeni *različitim propisima* (zakonske i poreske regulative), *manjak stručnog kadra*. S druge strane, iako je izazovno, finansijsko izveštavanje malim i srednjim preduzećima donosi i brojne prednosti u smislu *povećanja poverenja* (banaka, investitora, partnera), *lakšeg donošenja odluka* (kad imaju tačne informacije, s manje neizvesnosti se donose odluke), *lakše planiraju buduće poslovanje* (na osnovu analize iz prethodnih godina) [5].

4. OBAVEZA FINANSIJSKOG IZVEŠTAVANJA U MSP U SRBIJI

Finansijsko izveštavanje u malim i srednjim preduzećima u Srbiji regulisano je zakonskim i podzakonskim aktima, a njegova svrha je obezbeđivanje transparentnosti poslovanja, omogućavanje efikasnog donošenja odluka i ispunjavanje zakonskih obaveza prema nadležnim institucijama. MSP čine značajan deo srpske ekonomije, te je njihovo finansijsko izveštavanje ključno za ukupnu privrednu stabilnost.

Osnovni zakonski akti koji regulišu finansijsko izveštavanje MSP u Republici Srbiji su:

1. Zakon o računovodstvu [6],
2. Zakon o privrednim društvima [7],
3. Pravilnik o sadržini i formi finansijskih izveštaja i sadržini i formi obrazaca Statističkog izveštaja za druga pravna lica [8].

Vrsta i sadržaj finansijskih izveštaja zavise od veličine preduzeća. Prema Zakonu o računovodstvu, MSP se klasifikuju na mikro, mala i srednja preduzeća, što utiče na obim i složenost njihovih izveštaja.

Obavezni finansijski izveštaji za sva MSP su: bilans stanja, bilans uspeha i napomene uz finansijske izveštaje. Dodatni izveštaji za MSP su: izveštaj o tokovima gotovine i izveštaj o promenama na kapitalu [2].

Finansijski izveštaji se u MSP kreiraju godišnje i moraju se poslati APR-u najkasnije do 30.6. tekuće godine za prethodnu godinu. S druge strane, isti se mogu kreirati i u drugim intervalima u slučaju stečaja, likvidacije ili reorganizacije preduzeća.

¹ Date veličine odnose se na srednja preduzeća koja su deo malih i srednjih preduzeća.

Kreiranjem finansijskih izveštaja preduzeća mogu da posluju transparentnije, mogu pravovremeno doneti odluke zahvaljujući dostupnim informacijama, imaju bolji pristup finansijskih sredstvima, posluju u skladu sa zakonom. To su sve prednosti koje izveštavanje donosi. Međutim, brojni su i izazovi sa kojima se preduzeća suočavaju u izveštavanju. Tu je najpre mali broj ili nepostojanje kadrova koji poseduju veštine i znanja za pravilno tumačenje propisa i zakona

vezanih za poslovanje i izveštavanje, ali i ograničeni finansijski resursi.

Finansijsko izveštavanje za MSP u Srbiji nije samo zakonska obaveza, već i alat za unapređenje poslovanja, jačanje poverenja i povećanje konkurentnosti. Iako su suočena sa brojnim izazovima MSP uz pravilnu primenu standarda i pravovremeno podnošenje izveštaja mogu da doprinesu stabilnosti i rastu domaće ekonomije [9].

Tabela I Podaci o uspehu posmatranih preduzeća kao i o izveštajima koje podnose (APR)

Kategorija	Mikro preduzeće			Malo preduzeće			Srednje preduzeće		
	2022	2023	%	2022	2023	%	2022	2023	%
Neto dobit	1,5 miliona RSD	2 miliona RSD	+33%	3 miliona RSD	5 miliona RSD	+66,67%	80 miliona RSD	90 miliona RSD	+12,5%
Vrste izveštaja	Izveštaj o prihodima, troškovima i dobiti	Izveštaj o prihodima troškovima i dobiti		Bilans stanja Bilans uspeha Napomene uz finansijske izveštaje	Bilans stanja Bilans uspeha Napomene uz finansijske izveštaje		Bilans stanja Bilans uspeha Bilans tokova gotovine Napomene uz finansijske izveštaje	Bilans stanja Bilans uspeha Bilans tokova gotovine Napomene uz finansijske izveštaje	
Prednosti izveštavanja	Unapređivanje planiranja	Povećanje poverenja		Povećanje kredibiliteta	Povećanje konkurentnosti		Povećanje konkurentnosti	Bolje donošenje odluka	
Izazovi u izveštavanju	Nedostatak kadrova	Složenost propisa		Složenost regulativa	Upravljanje likvidnošću		Optimizacija resursa	Proširenje poslovanja	

5. OBAVEZA FINANSIJSKOG IZVEŠTAVANJA U MSP U SRBIJI

Finansijsko izveštavanje malih i srednjih preduzeća (MSP) u Srbiji ključno je za transparentnost poslovanja i donošenje odluka. Tabela I prikazuje kako MSP koriste finansijsko izveštavanje za unapređenje svojih poslovnih aktivnosti i usklađivanje sa zakonskim regulativama.

U Tabeli I predstavljene su informacije za 3 nasumično odabrana preduzeća koje su nađene na sajtu APR-a [10]. U pitanju su jedno mikro, jedno malo i jedno srednje preduzeće. U tabeli su prikazane neke osnovne informacije o promenama u neto dobitku u 2023. u odnosu na 2022. godinu, koje vrste izveštaja podnose posmatrana preduzeća, kao i koji su najčešći izazovi sa kojima se suočavaju MSP u Srbiji prilikom izveštavanja.²

Uvidom u Tabelu I vidi se da je neto dobit kao kategorija od najvećeg značaja porasla u sva tri tipa preduzeća u 2023. u odnosu na 2022. godinu. Najveći rast neto dobitka je zabeležen u malom preduzeću (66,67%), što se može objasniti time da mala preduzeća raspolazu manjom količinom novčanih

sredstava, imaju i manje troškove pa stoga uspešno kontrolišu troškove i optimizuju svoje poslovanje kako bi ostvarila veći

profit. S druge strane srednja preduzeća imaju veća sredstva i obrt, pa prema tome ne mogu da imaju rast neto dobitka kao mala preduzeća. Ona pokazuju umeren rast neto dobitka od 12,5% u istom periodu.

Uvidom u tabelu a na osnovu analize većeg broja izveštaja dostupnih na sajtu APR-a, može se zaključiti da mikro preduzeća u Srbiji dostavljaju samo osnovne izveštaje o prihodima, troškovima i dobiti, što je u njihovom slučaju dovoljno s obzirom na to da imaju mali obim poslovanja.

Mala preduzeća su već u obavezi da dostavljaju bilans stanja i bilans uspeha jer zbog složenijeg obima poslovanja moraju pratiti i veći broj pokazatelja. Srednja preduzeća su u obavezi da dostavljaju i bilans tokova gotovine s obzirom na to da imaju veći broj transakcija pa moraju voditi računa o svojoj likvidnosti. Takođe primećeno je da mikro preduzeća za razliku od malih i srednjih ne podnose ni napomene uz finansijske izveštaje. Napomene uz finansijske izveštaje inače obuhvataju objašnjenja specifičnih transakcija, računovodstvenih politika ili bilo kakvih nepravilnosti u poslovanju.

² Zaključci su izvedeni na osnovu posmatranja većeg broja izveštaja za preduzeća iz iste kategorije.

Glavni izazovi sa kojim se suočavaju mikro preduzeća u Srbiji su nedostatak kvalifikovanog kadra i to zbog nedostatka resursa da se isti angažuju. Upravo zbog nedostatka kvalifikovanog kadra teško je razumeti složenost računovodstvenih propisa i zahteva. Mala preduzeća imaju isti problem, ali kod njih se javlja i izazov vezan za upravljanje finansijama, što je čest problem u brzorastućim firmama. Srednja preduzeća se najčešće bore sa pitanjima vezanim za dodatno investiranje i proširenje postojećih kapaciteta, pa je stoga za njih izazov pravilna optimizacija resursa kao i pitanja vezana za proširenje poslovanja.

Svakako prednosti izveštavanja mikro preduzeća u Srbiji ogledaju se u boljem planiranju i budžetiranju budućih aktivnosti s obzirom na to da precizni podaci omogućavaju bolju kontrolu i donošenje informisanih odluka. Za mala preduzeća bitno je povećanje transparentnosti, jer kad banke i ostali finansijeri imaju uvid u stanje, izvore sredstava, prihode i rashode kao i u tokove gotovine, lakše će se odlučiti da takvim preduzećima odobre neki kredit, a to će preduzećima omogućiti da šire svoje poslovanje. Na kraju srednjim preduzećima omogućeno je bolje pozicioniranje na tržištu. Svi tipovi MSP u Srbiji imaju obavezu podnošenja izveštaja Agenciji za privredne registre, čime omogućavaju uvid u poslovanje i obezbeđuju javnu dostupnost podataka. Ovaj korak povećava transparentnost i pomaže drugim poslovnim subjektima, kao i potencijalnim partnerima i investitorima, da procene poslovanje MSP.

6. ZAKLJUČAK

Finansijsko izveštavanje malih i srednjih preduzeća u Srbiji igra ključnu ulogu u njihovom poslovanju, ne samo u smislu ispunjavanja zakonskih obaveza, već i kao alat za strateško upravljanje i rast. Iako se MSP suočavaju sa značajnim izazovima, kao što su ograničeni resursi, složenost zakonskih regulativa i manjak stručnog kadra, pravilno i pravovremeno izveštavanje omogućava im da unaprede poslovne procese, poboljšaju finansijsku stabilnost i povećaju konkurentnost.

Podaci iz finansijskih izveštaja omogućavaju MSP da prate svoju likvidnost, optimizuju troškove i efikasnije donose odluke. Ovi izveštaji takođe pomažu u izgradnji poverenja među partnerima, investitorima i bankama, što je od suštinskog značaja za pristup kapitalu i širenje poslovanja.

Iako izazovi poput složenosti propisa i finansijskih izveštaja i dalje postoje, MSP u Srbiji pokazuju pozitivan trend rasta prihoda i dobiti, što ukazuje na uspešno prilagođavanje tržišnim uslovima. Pored toga, pravilno finansijsko izveštavanje pruža MSP alat za dugoročni razvoj i stabilnost, jer omogućava jasno praćenje finansijskog stanja, identifikaciju potencijala za poboljšanja i donošenje informisanih odluka.

Zaključno, MSP u Srbiji moraju nastaviti sa unapređenjem svojih kapaciteta za finansijsko izveštavanje i usklađivanje sa zakonskim normama, kako bi održali konkurentnost na tržištu i doprinosili održivom razvoju domaće ekonomije. S obzirom na pozitivan trend u poslovanju MSP, ulaganje u kvalitetno

izveštavanje i upravljanje resursima svakako će biti ključno za njihov dugoročni uspeh.

LITERATURA

- [1] Agencija za privredne registre [APR]. Razvrstavanje pravnih lica i preduzetnika i grupa pravnih lica. Kriterijumi za razvrstavanje i granične vrednosti. Dostupno na: <https://www.apr.gov.rs/registri/finansijski-izve%20taji/putstva-za-dostavljanje-finansijskih-izve%20taja-za-2018-godinu/razvrstavanje-pravnih-lica-prema-veli%20Dini.2116.html> (16.11.2024)
- [2] Prokopović, T. „Prilog izučavanju finansijskih izveštaja i vrednovanje ekonomskih efekata i performansi entiteta na osnovu funkcija računovodstva, kontrole i revizije“, Doktorska disertacija. Univerzitet „Union – Nikola Tesla“ u Beogradu. Fakultet za graditeljski menadžment, 2019
- [3] Milošević, S., Kikanović, R. „Regulatorni okvir finansijskog izveštavanja u Republici Srbiji“, Ekonomija – teorija i praksa. Godina VII. Broj 2. Str. 23-43. 2014.
- [4] Đukić, T., Pavlović, M. „Kvalitet finansijskog izveštavanja u Republici Srbiji“, Ekonomske teme (2014) 52 (1): 101-116. 2014
- [5] Milutinović, S. „Savremeni trendovi u harmonizaciji finansijskog izveštavanja“ Doktorska disertacija. Univerzitet u Novom Sadu. Ekonomski fakultet. 2015
- [6] Zakon o računovodstvu. Službeni glasnik RS br. 73/2019; 44/2021 – dr. zakon. Dostupno na: <https://pravno-informacioni-sistem.rs/eli/rep/sgrs/skupstina/zakon/2019/73/2/reg>
- [7] Zakon o privrednim društvima. Službeni glasnik RS br. 36/2011; 99/2011; 83/2014 – dr. zakon; 5/2015; 44/2018; 95/2018; 91/2019; 109/2021. Dostupno na: <https://pravno-informacioni-sistem.rs/eli/rep/sgrs/skupstina/zakon/2011/36/1/reg>
- [8] Pravilnik o sadržini i formi obrazaca finansijskih izveštaja i sadržini i formi obrazaca Statističkog izveštaja za druga pravna lica. Službeni glasnik RS br. 89/2020. Dostupno na: <https://pravno-informacioni-sistem.rs/eli/rep/sgrs/ministarstva/pravilnik/2020/89/7>
- [9] Obradović, V., Karapavlović, N. „Kvalitetno finansijsko izveštavanje kao faktor unapređenja konkurentnosti privrede Republike Srbije“ u: Marinković V., Janjić, V., Mičić, V. (2016): Unapređenje konkurentnosti privrede Republike Srbije (pp. 391-402). Univerzitet u Kragujevcu, Ekonomski fakultet. 2016. Dostupno na: https://www.researchgate.net/publication/309585546_Kvalitetno_finansijsko_izveštavanje_kao_faktor_unapredjenja_konkurentnosti_privrede_Republike_Srbije
- [10] Agencija za privredne registre [APR]. Objedinjena pretraga. Dostupno na: <https://pretraga2.apr.gov.rs/unifiedentitysearch>

UTICAJ POSLOVNOG OKRUŽENJA NA KONKURENTNOST I RAZVOJ MALIH I SREDNJIH PREDUZEĆA U SRBIJI

THE IMPACT OF THE BUSINESS ENVIRONMENT ON THE COMPETITIVENESS AND DEVELOPMENT OF SMALL AND MEDIUM-SIZED ENTERPRISES IN SERBIA

Svetlana Trajković, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Vranje, Filipa Filipovića 20, Vranje.*

Tiana Anđelković, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Vranje, Filipa Filipovića 20, Vranje.*

Suzana Stojković, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija – Odsek Vranje, Filipa Filipovića 20, Vranje.*

Sadržaj - Poslovno okruženje u Srbiji ima ključnu ulogu u razvoju i konkurentnosti malih i srednjih preduzeća (MSP), koja čine osnovu srpske ekonomije. Ovaj rad analizira ključne faktore poslovnog okruženja, uključujući ekonomski ambijent, regulatorni okvir, pristup finansijskim izvorima, primenu inovacija i digitalizaciju, kao i status Srbije na međunarodnom tržištu. Iako su ostvareni značajni napori u stabilizaciji makroekonomske situacije, unapređenju digitalne infrastrukture i privlačenju stranih investicija, MSP se i dalje suočavaju sa brojnim izazovima, poput administrativnih barijera, složenog regulatornog okvira i ograničenog pristupa finansijama. Rad ukazuje na postignuća Srbije u oblastima digitalizacije, nauke i inovacija, ali ističe potrebu za dodatnim reformama u cilju unapređenja konkurentnosti i uslova poslovanja. Na osnovu analize, predložene su konkretne mere koje mogu doprineti održivom razvoju MSP-a i približavanju Srbije evropskim standardima.

Ključne reči: Mala i srednja preduzeća. Poslovno okruženje. Konkurentnost. Ekonomski rast.

Abstract - The business environment in Serbia plays a crucial role in the development and competitiveness of small and medium-sized enterprises (SMEs), which form the foundation of the Serbian economy. This paper analyzes key factors of the business environment, including the economic landscape, regulatory framework, access to financial resources, the application of innovation and digitalization, as well as Serbia's position in the international market. Although significant efforts have been made in stabilizing the macroeconomic situation, improving digital infrastructure, and attracting foreign investments, SMEs still face numerous challenges such as administrative barriers, a complex regulatory framework, and limited access to financing. The paper highlights Serbia's achievements in the fields of digitalization, science, and innovation, while emphasizing the need for further reforms to improve competitiveness and business conditions. Based on the analysis, specific measures are proposed to contribute to the sustainable development of SMEs and bring Serbia closer to European standards.

Keywords: Small and medium-sized enterprises. Business environment. Competitiveness. Economic growth.

1. UVOD

Mala i srednja preduzeća (MSP) predstavljaju ključni stub privrede, kako na globalnom nivou, tako i u Srbiji. Zbog svoje fleksibilnosti, sposobnosti da brzo odgovore na promene u tržišnim uslovima, kao i značaja u otvaranju novih radnih mesta i podsticanju inovacija, MSP imaju centralnu ulogu u ekonomskom razvoju. Prema podacima relevantnih istraživanja, MSP u Srbiji čine značajan procenat ukupnog broja registrovanih preduzeća i doprinose značajnom delu bruto domaćeg proizvoda.

Ipak, njihov razvoj je pun izazova. Poslovno okruženje, koje podrazumeva sve spoljne faktore koji utiču

na funkcionisanje preduzeća, može imati presudan uticaj na konkurentnost i održivost MSP-a. U Srbiji, ovo okruženje je često opterećeno složenim regulatornim okvirom, administrativnim barijerama, otežanim pristupom finansijskim sredstvima, infrastrukturnim ograničenjima i nedostatkom kvalifikovane radne snage. Ovi faktori usporavaju razvoj MSP-a i smanjuju njihovu konkurentnost, kako na domaćem, tako i na međunarodnom tržištu.

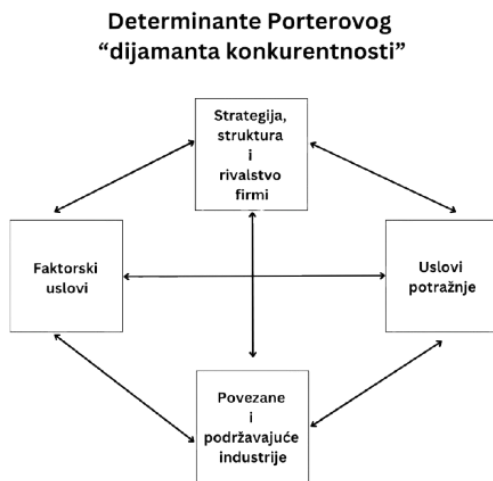
Cilj ovog rada je da pruži analizu poslovnog okruženja u Srbiji kroz teorijski i praktični okvir, da identifikuje ključne izazove i predloži mere za unapređenje uslova poslovanja MSP-a.

Kroz teorijske pristupe, kao što su Porterov „dijamant konkurentnosti“ i institucionalna teorija, rad osvetljava faktore koji oblikuju poslovno okruženje i ukazuje na potrebne reforme za stvaranje održivog ekonomskog rasta i povećanje konkurentnosti Srbije na globalnom tržištu.

2. TEORIJSKA OSNOVA ZA RAZUMEVANJE POSLOVNOG OKRUŽENJA U SRBIJI

Za razumevanje poslovnog okruženja u Srbiji može se poći od Porterovog „dijamanta konkurentnosti“ i institucionalne teorije.

Porterov „dijamant“ konkurentnosti je zapravo alat za razumevanje konkurencije na određenom tržištu (nacionalnom ili regionalnom). Ovaj model razlikuje četiri ključna faktora koji utiču na konkurenciju: faktorski uslovi, uslovi potražnje, povezane i podržavajuće industrije, strategija, struktura i rivalstvo firmi (Slika 1) [1]. Svi navedeni faktori se koriste kako bi se procenile stratezijske prilike na nekom tržištu ali i privlačnost nekog tržišta [2].



Slika 1. Porterov "dijamant konkurentnosti".

Kada je reč o faktorskim uslovima, tu se pre svega misli na resurse poput radne snage, kapitala ali i infrastrukture, koji su neophodni da bi se organizovala neka proizvodnja. Uslovi potražnje su specifični za svako nacionalno ili veće regionalno tržište ponaosob jer se odnose na situacije kada preduzeća inoviraju postojeće proizvode i usluge ili uvode nove u cilju zadovoljenja potreba krajnjih potrošača. Tu su i povezane i podržavajuće industrije koje se povezuju u klastere i pomažu međusobno jedna drugoj. Na kraju tu je i strategija, struktura i rivalstvo (konkurencija) između firmi što se odnosi na načine – tehnologiju rada pojedinih firmi ali i na njihovu strategiju, ali i impulsa koji podstiče inovativnost kod njih.

U cilju razumevanja poslovnog okruženja u Srbiji treba spomenuti i institucionalnu teoriju. Ona se bazira na to kako institucije poput države, ali i zakoni, norme, pravila utiču na ponašanje privrednih subjekata u datoj zemlji [3]. U kontekstu poslovnog okruženja u Srbiji, ova teorija može pomoći u razumevanju kako društveni, politički i ekonomski faktori utiču na poslovanje preduzeća. Institucionalna teorija ističe važnost fleksibilnosti - prilagođavanja uslovima iz okruženja kao i institucionalnim pravilima za uspešno poslovanje.

3. POSLOVNO OKRUŽENJE U SRBIJI

Poslovno okruženje u Srbiji ima ključnu ulogu u razvoju i konkurentnosti malih i srednjih preduzeća (MSP), koja predstavljaju okosnicu domaće ekonomije. Brojne su i karakteristike poslovnog okruženja u Srbiji. U tom smislu treba govoriti o ekonomskom ambijentu, pristupu izvorima finansiranja, regulatornom okviru, primeni inovacija i digitalizacije, ali i statusu Srbije na međunarodnom tržištu, u odnosu na ostale zemlje.

Srbija je ostvarila značajan napredak u stabilizaciji makroekonomske situacije, sa konstantnim rastom BDP-a i niskom inflacijom. Međutim, prepreke poput administrativnih barijera, neefikasnosti u javnoj upravi i složenih regulatornih procedura i dalje otežavaju poslovanje malih i srednjih preduzeća u Srbiji [4].

Srbija je postigla makroekonomsku stabilnost kroz fiskalne reforme, restrukturiranje javnog duga i smanjenje budžetskog deficita. Rast BDP-a je podržan investicijama u infrastrukturu, povećanom privatnom potrošnjom i izvozom. Inflacija se drži na niskom nivou zahvaljujući politici Narodne banke Srbije. Sve ovo stvara osnovu za povećanje ulaganja i razvoj malih i srednjih preduzeća u Srbiji, međutim prepreke sa kojima se ista susreću smanjuju potencijalnu korist od ovih reformi [5].

Što se izvora finansiranja ali i pristupu izvorima finansiranja tiče, oni su u Srbiji jedan od ključnih faktora poslovnog okruženja i značajno utiču na rast i konkurentnost malih i srednjih preduzeća u Srbiji. Dostupnost kapitala zavisi od razvijenosti finansijskog sektora, regulatornog okvira i podrške države. Glavni izvori finansiranja su: bankarski krediti, državne subvencije i drugi programi podrške, međunarodni fondovi ali i anlternativni izvori finansiranja. Komercijalni krediti (dugoročni ili kratkoročni) su i dalje glavni izvor finansiranja malih i srednjih preduzeća u Srbiji. Cena ovih kredita iskazana je kamatnim stopama koje su i dalje dosta više u poređenju sa razvijenim zemljama uprkos njihovom opadanju poslednjih godina. Tu je i pomoć Vlade Republike Srbije ali i Evropske unije i drugih međunarodnih institucija koji nude subvencionisane kredite, bespovratna sredstva, ali i druge olakšice za preduzeća u ruralnim područjima. Međutim ono što je karakteristično za mala i srednja preduzeća u Srbiji jeste ograničen pristup izvorima finansiranja zbog rigoroznih zahteva za obezbeđenje plaćanja obaveza prema kreditorima ali i zbog nedostatka informacija o dostupnosti programa podrške [6].

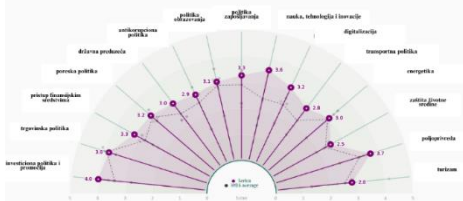
Regulatorni okvir u Srbiji igra ključnu ulogu u oblikovanju poslovnog okruženja, jer utiče na konkurentnost i razvoj preduzeća, a naročito malih i srednjih preduzeća. Tokom poslednjih godina, država je sproveda niz reformi sa ciljem da poboljša uslove za poslovanje, smanji administrativne barijere i podstakne strane investicije. Međutim, i dalje postoje izazovi koji ograničavaju pun potencijal regulatornog okvira. Kada se govori o regulatornom okviru misli se pre svega na poresku (fiskalnu) politiku i podsticaje, zakone koji se odnose na mala i srednja preduzeća i preduzetnike, elektronsku i tradicionalnu administraciju i digitalizaciju [7].

Primena inovacija i digitalizacija je još jedan bitan aspekt na koji treba obratiti pažnju kada je poslovno okruženje u pitanju. Država je to uvidela pa ulaže značajne napore u digitalnu transformaciju, pružajući subvencije za tehnološke i

digitalne startupove i generalno za inovacionu delatnost [8], [9].

Očigledno je mnogo faktora koji oblikuju poslovno okruženje u Srbiji. Ali kako je poslovno okruženje to koje definiše uspeh preduzeća u jednoj zemlji, značajno je napomenuti da ono utiče na sposobnost MSP-a da doprinesu ekonomskom rastu. Stabilno okruženje stvara podsticaj za ulaganja, dok nepovoljni uslovi mogu ograničiti potencijal MSP-a. Upravo postojanje takvih "preduzetničkih ekosistema" naglašava važnost saradnje između države, privatnog sektora i obrazovnih institucija u stvaranju povoljnog poslovnog okruženja [9].

Za praćenje uticaja poslovnog okruženja na rezultate ostvarene u prethodnom periodu akademska zajednica najčešće koristi indeks konkurentnosti [10]. Podatke o globalnom indeksu konkurentnosti daje International Institute for Management Development [IMD], međutim Srbija se ne nalazi na listi od 67 posmatranih zemalja. Za zemlje Zapadnog Balkana izveštaje o konkurentnosti objavljuje OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development). Prema izveštaju iz 2024. godine Srbija je u odnosu na zemlje Jugoistočne Evrope ostvarila pozitivno kretanje u 8 od čak 15 dimenzija konkurentnosti. Takođe, Srbija nadmašuje prosek čak šest ekonomija Zapadnog Balkana u 13 politika, a jedino zaostaje u oblasti energetike i trgovinske politike (Slika 2.). Srbija je regionalni lider u čak 5 oblasti: investiciona politika i promocija; nauka, tehnologija i inovacije; digitalizacija; poljoprivreda; i pristup finansijskim sredstvima. S druge strane u oblastima kao što su trgovina, energetika i poreska politika skor Srbije je pao što je neophodno poboljšati kako bi Srbija mogla da se približi Evropskoj uniji [11].



Slika 2. Srbija i Zapadni Balkan, faktori konkurentnosti.

Prema OECD-u, Srbija svoj status duguje pre svega izgradnji digitalnog društva, uvođenjem optičkog interneta i u ruralnim oblastima, što je i zabeleženo porastom procenta dostupnosti Interneta u odnosu na 2021. godinu kada je sa 74% porastao na čak 80%. Tu je i uvođenje platforme e-uprava, gde je Srbija lider u regionu jer je u Srbiji najveći procenat pojedinaca koji koriste ovaj portal za komunikaciju sa državnim organima. Taj procenat – 51,1% je veći nego čak i u Evropskoj uniji gde iznosi 50,7%.

Što se stranih direktnih investicija tiče Srbija i dalje beleži porast istih s obzirom na politiku otvorenog ulaganja. Ovde vredi spomenuti i državne podsticaje i mere koje je Srbija usvojila kao praksu a u cilju privlačenja investicija [11].

Uprkos padu zaposlenih u sektoru poljoprivrede u prethodnim godinama, učešće sektora poljoprivrede u srpskom BDP-u je ostalo konstantno, i kreće se oko 6%. To Srbija duguje poboljšanom sistemu za navodnjavanje i odvodnjavanje, kao i velikoj lepezi dostupnih podsticaja za poljoprivredne proizvođače, rastu savetodavnih stručnih usluga i dobro razvijenom informacionom sistemu [11].

U pogledu zapošljavanja Srbija radi na usklađivanju potreba tržišta rada sa obrazovnim programima koji postoje u srednjim i visokoškolskim institucijama pa se u tom smislu smanjuje broj mladih nezaposlenih koji ovim putem stiču tražene veštine. Srbija ima stopu od 12,9% mladih koji se ne školuju ili obučavaju, što je pad u odnosu na 2018. godinu kada je taj procenat bio 18%. To je dobar pokazatelj, ali je Srbija i dalje na većem procentu od Evropske unije gde je taj pokazatelj 9,6% [11].

Što se nauke, tehnologije i inovacija tiče, počev od 2022. godine politika je modernizovana osnivanjem Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija. Srbija troši oko 1% BDP-a na naučno-istraživački rad, a predviđanja su da će se u narednom periodu taj iznos još više povećavati. Srbija je obezbedila velike investicije za širenje naučno-tehnoloških parkova [11].

Kako bi unapredila svoju konkurenciju i približila se Evropskoj uniji, Srbija mora da [11]:

- podstiče konkurenciju i deregulaciju u energetsom sektoru,
- da uvede nove i unapredi postojeće trgovinske olakšice kako bi preduzeća lakše uvozila i izvozila robu iz zemlje,
- da poboljša poresku politiku, pogotovu u okviru ličnih poreza na dohodak koji u velikoj meri opterećuju dohodak radnika sa nižim primanjima, ali i u okviru sistema PDV-a,
- da unapredi efikasnost rada u državnim i javnim preduzećima,
- da se i dalje bori protiv korupcije.

4. ZAKLJUČAK

Poslovno okruženje u Srbiji ima ključnu ulogu u razvoju i konkurentnosti malih i srednjih preduzeća (MSP), koja predstavljaju okosnicu srpske ekonomije. Iako su ostvareni značajni naponi u stabilizaciji makroekonomske situacije, unapređenju digitalne infrastrukture i privlačenju stranih direktnih investicija, postoje izazovi koji i dalje ograničavaju potencijal MSP-a. Administrativne barijere, složen regulatorni okvir, ograničen pristup finansijskim sredstvima i problemi u energetsom sektoru ostaju glavne prepreke za dalji razvoj.

Srbija je postigla uspehe u oblastima kao što su digitalizacija, poljoprivreda i inovacije, što je rezultiralo boljim međunarodnim pozicioniranjem i konkurentnošću. Inicijative poput uvođenja platforme e-uprava i izgradnje optičke mreže u ruralnim oblastima, kao i ulaganja u naučno-tehnološke parkove, pokazale su se ključnim za unapređenje poslovnog ambijenta.

Međutim, kako bi dodatno poboljšala uslove poslovanja i povećala konkurentnost MSP-a, Srbija mora sprovesti dalju deregulaciju, unaprediti poresku politiku, smanjiti administrativne prepreke i ojačati borbu protiv korupcije. Pored toga, neophodna je usklađenost obrazovnih programa sa potrebama tržišta rada kako bi se smanjila nezaposlenost mladih i obezbedile tražene veštine.

Održivi razvoj MSP-a zahteva kontinuiranu saradnju države, privatnog sektora i obrazovnih institucija. Samo uz

zajedničke napore i sistemske reforme moguće je stvoriti poslovno okruženje koje će omogućiti malim i srednjim preduzećima da ostvare svoj pun potencijal, doprinesu ekonomskom rastu Srbije i približe zemlju standardima Evropske unije.

LITERATURA

- [1] Porter, E. M. The Competitive Advantage of Nations. Harvard Business Review, march-april 1990. Dostupno na: https://economie.ens.psl.eu/IMG/pdf/porter_1990_-_the_competitive_advantage_of_nations.pdf
- [2] Kusanić, M. Porterov model pet sila u funkciji analize i planiranja. Sveučilište u Zagrebu. Ekonomski fakultet Zagreb. Specijalistički diplomski stručni studij Ekonomike preduzetništva, Zagreb, 2019.
- [3] DiMaggio, P. J. and Powell, W. W. The Iron Cage Revisited: Institutional Isomorphism and Collective Rationality in Organizational Fields. American Sociological Review. Vol. 48, No. 2. pp. 147-160 1983 Dostupno na: <https://www.uio.no/studier/emner/matnat/ifi/INF9200/v10/readings/papers/DeMaggio.pdf>
- [4] OECD Western Balkans Competitiveness Outlook 2024: Regional Profile, Competitiveness and Private Sector Development, OECD Publishing, Paris. 2024 Dostupno na: <https://doi.org/10.1787/170b0e53-en>.
- [5] Kamenković, S. i Lazarević-Moravčević, M. Ocena kvaliteta okruženja i njegov uticaj na poslovanje sektora MSPP u Srbiji. Institut ekonomskih nauka, Beograd. 2018.
- [6] Dukić, D., Petrevska I. i Rastovac, D. Eksterno finansiranje MSP u Srbiji. Ekonomija. Teorija i praksa. Broj XV. Br. 1. str 41-60. 2022.
- [7] Minović, J. i Stevanović, S. Promene institucionalnog okruženja u Srbiji u poslednje dve decenije, 16. poglavlje u: Institut ekonomskih nauka: Značaj institucionalnih promena u ekonomiji kroz istoriju. 2021.
- [8] Fond za inovacionu delatnost: Program sufinansiranja inovacija. Dostupno na: <https://inovacionifond.rs/lat/program/program-sufinansiranja-inovacija>
- [9] Anđelković, T., Mrdak, G. i Stanković, M. Preduzetnički ekosistemi u Srbiji. Zbornik radova Akademije tehničko – vaspitačkih strukovnih studija – Niš, decembar 2023.
- [10] Lazarević Moravčević, M., Erić, D. i Kamenković, S. Uticaj poslovnog okruženja na performanse sektora MSPP u Srbiji. Poslovna ekonomija, godina XII, broj 1, str. 33-53, decembar 2023. Dostupno na: <https://10.5937/poseko13-17281>
- [11] OECD Competitiveness and Private Sector Development: Western Balkans Competitiveness Outlook 2024: Serbia, OECD Publishing, Paris. 2024 Dostupno na: <https://doi.org/10.1787/3699c0d5-en>.

ANALIZA UTICAJA MERNE ANTENE NA KARAKTERISTIKE OKLOPLJAVANJA METALNOG KUĆIŠTA U MIKROTALASNOM OPSEGU FREKVENCIJA

ANALYSIS OF MEASURING ANTENNA IMPACT ON SHIELDING CHARACTERISTICS OF METAL ENCLOSURE IN MICROWAVE FREQUENCY RANGE

Nataša Bogdanović, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Sadržaj - U ovom radu su razmatrani uticaji prijemne merne monopol antene i dipol antene na karakteristike oklopljavanja, odnosno na nivo efikasnosti oklopljavanja (SE) i pozicije frekvencije rezonancije. Stoga, razmatrani su sledeći slučajevi metalnog kućišta; kada je kućište prazno, kućište sa monopolom i kućište sa prijemnom dipol antenom. Karakteristike efikasnosti oklopljavanja analizirane su u trima mernim tačkama unutar testiranog kućišta. Analize su urađene u mikrotalasnom opsegu frekvencija, koristeći numerički TLM metod. Dobijeni numerički rezultati su upoređeni sa izmerenim vrednostima.

Ključne reči: Merna antena. Monopol. Dipol. Mikrotalasni opseg. SE. TLM metod.

Abstract - In this paper, the study examines the effects of receiving measurement monopole and dipole antenna on the shielding characteristics, specifically on the shielding effectiveness (SE) level and resonance frequency positions. Therefore, the following cases are considered: an empty enclosure, an enclosure with a monopole antenna, and an enclosure with a dipole antenna, on the shielding characteristics in the microwave frequency range, using the numerical TLM (Transmission-Line Matrix) method. Shielding characteristics are analysed at three measuring points inside tested enclosure. The numerical obtained results are compared with measured values.

Key words: Measuring antenna. Monopole. Dipole. Shielding Effectiveness (SE). Microwave frequency range. TLM method.

1. UVOD

Metode oklopljavanja elektronske opreme metalnim kućištem se široko primenjuje od kako su uočene smetnje koje utiču na ispravan rad elektronskih uređaja. Takođe, odavno je uočeno i da neoklopljeni uređaji mogu da izazovu smetnje drugim uređajima. Postoje propisi i regulative o elektromagnetskoj kompatibilnosti (eng. Electromagnetic Compatibility - EMC) koji obezbeđuju da električni i elektronski uređaji ne emituju elektromagnetsko (EM) zračenje koje je štetno za druge uređaje i da nisu podložni smetnjama usled razumno očekivanih emisija od drugih uređaja [1], [2]. Kao mera zaštite od EM zračenja elektronski uređaj se oklopljava kućištem od provodnog materijala. Kako bi se procenio stepen sigurnosti od spoljašnjih i unutrašnjih EM smetnji može se odrediti karakteristika efikasnosti oklopljavanja kućištem. Ima više parametara koji utiču na vrednost efikasnosti oklopljavanja (eng. Shielding Effectiveness - SE) kućišta. To su: geometrija, dimenzije i debljina oklopa, osobine materijala od kojih je kućište načinjeno, oblik, veličina, broj i namena otvora na zidovima kućišta, zatim priroda uređaja i komponenti koje se nalaze unutar kućišta, mehanizmi sprege signala smetnji sa EM poljem unutar kućišta, itd. [3]. Otvori su uglavnom neophodni zbog potrebe napajanja, kontrole i pristupa sistemu, ali i za druge svrhe (na pr. odvođenje viška toplote iz sistema).

Prisustvo otvora na zidovima kućišta ima dominantan uticaj na funkciju oklopljavanja. U početku razvoja nauke i tehnike EMC [1], [3], intezivno se koristio eksperimentalni metod rada na provodnim metalnim kućištima, pri projektovanju i realizaciji novih uređaja i sistema. Danas su razvijeni i intezivno se koriste numerički simulacioni metodi za predikciju karakteristika metalnih kućišta sa različitim otvorima [3] - [5]. Takođe su razvijeni i metodi preciznih merenja prototipova fizičkih modela projektovanih na osnovu numeričkih simulacionih modela [5], [6]. Efikasnost oklopljavanja kućištem se definiše kao inverzni logaritamski odnos norme električnog polja unutar kućišta E_t i norme električnog polja u istoj tački ali bez kućišta E_i [3], [6].

Rad se bavi rezultatima razvojnih merenja za potrebe validacije projektovanih uređaja, uz pomoć numeričkih simulacionih metoda, odnosno potvrđivanja valjanosti samog numeričkog metoda. U konkretnom slučaju, korišćen je metod modelovanja pomoću prenosnih vodova ili Transmission-Line Matrix Method (TLM metod) [3].

2. NUMERIČKI TLM ŽIČANI MODEL

Izvršena je numerička analiza praznog kućišta u čijem središtu je određena njegova efikasnost oklopljavanja. Ovaj slučaj se koristi kao referenti, i u odnosu na njega će se posmatrati koliko i kako prijemna monopol odnosno dipol

antena utiče na efektivnost oklopljavanja (SE), što je karakteristiku kućišta.

Formula (1) predstavlja matematički izraz po kome se određuje SE kućišta u dB i računa se kao logaritamski odnos električnog polja u istoj mernoj tački sa i bez kućišta:

$$SE = 20 \log_{10} \frac{\|E_t\|}{\|E_t\|} \quad (1)$$

Rezultati su dobijeni numeričkom TLM metodom [4], koja je unapređena žičanim modelom, odnosno TLM žičanim modelom [6], kako bi se uzelo u razmatranje sam uticaj prisustva antene. Monopol antena je modelovana kao žičani provodnik poluprečnika r i dužine l koji je povezan sa otpornikom R na zid zaštitnog metalnog kućišta. Napon na otporniku se izračunava na osnovu indukovane struje kroz monopol antenu. Zatim je u centru istog kućišta postavljena veoma tanka prijemna monopol antena.

Važno je istaći da je u slučaju praznog kućišta SE dobijeno na osnovu nivoa električnog polja direktno preuzetog iz tačke u prostoru u kojoj je postavljena sonda. Za razliku od ovog slučaja, SE karakteristika sa prijemnom monopol antenom dobija se kao proizvod modula indukovano napona (proizvod modula indukovane struje u monopol anteni i vrednosti otpornika koji je vezan na kraju antene), u odsustvu i prisustvu kućišta, formula (2):

$$SE(f) = 20 \log_{10} \left| \frac{V_w \text{ bez kućištem}(f)}{V_w \text{ sa kućištem}(f)} \right| \quad (2)$$

U TLM modelu dipol antena je modelovana pomoću dva međusobno razdvojena žičana provodnika, poluprečnika $r = 0.1$ mm i dužine od po $l = 50$ mm, koji su orijentisani u smeru z -ose [6]. Napon koji se indukuje između dva provodnika dipola u centralnoj tački kućišta proračunava se iz struje koja se indukuje kroz dipol antenu i otpornik, koji je jednak impedansi porta analizatora mreže. Karakteristika SE se izračunava na osnovu jednačine (1). Vrednost SE se proračunava iz logaritamskog odnosa električnog polja (za slučaj praznog kućišta) ili indukovano napona (za slučajeve sa antenama) u odsustvu i prisustvu kućišta u istoj posmatranoj tački. Numerička analiza je urađena za frekvencije do 2 GHz.

3. DISKUSIJA REZULTATA

U ovom poglavlju, prikazuje se analiza metalnog kućišta pravougaonog oblika, načinjenog od bakra, kakvo je prikazano na slici 1. Dimenzije kućišta su 300 mm x 400 mm x 200 mm. Kućište ima jedan pravougaoni otvor, 50 mm x 10 mm, koji je postavljen simetrično oko centra prednjeg zida. Debljina svih zidova kućišta je $t = 2$ mm. Frekvencijski opseg od interesa za analizu je od 400 MHz do 2 GHz. Karakteristike kućišta, kao što su njegova geometrija, dimenzije, oblik aperture, izvor pobude, kao i izlazna tačka u kojoj se računa SE kućišta su kao u [3].

Prijemne monopol i dipol antene su dužine $l = 100$ mm, zbog dimenzija kućišta duž z -ose. Modelovane su žičanim modelom koji (TLM wire model), koji je inkorporiran u okviru TLM metoda, kako bi se procenilo kako njihovo fizičko prisustvo utiče na SE kućišta. Ove antene su postavljane bilo levo bilo desno u odnosu na sredinu kućišta duž x -ose, u zavisnosti od koordinata tačaka u kojima se vrši analiza.



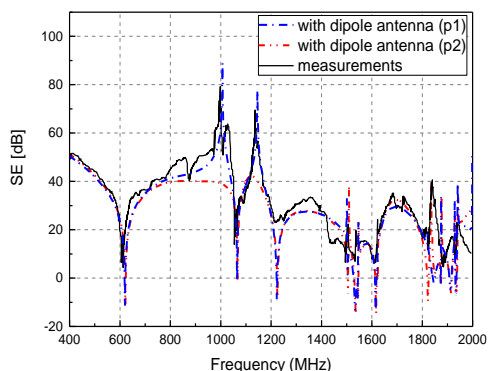
Slika 1 Fizički model pravougaonog metalnog kućišta sa jednim pravougaonim otvorom.

Analiza karakteristika oklopljavanja je sprovedena u tačkama $p_1(155,200,100)$ mm i $p_2(145,200,100)$ mm. Tačke u kojima se vrši određivanje nivoa efikasnosti oklopljavanja, p_1 i p_2 , pomaknute su 5 mm desno i levo u odnosu na centar kućišta, respektivno. Tačka p_1 je bliža zidu sa otvorom, dok se tačka p_2 nalazi nasuprot zida sa otvorom.

Na slici 2, upoređeni su rezultati kućišta sa prijemnom dipol antenom dobijeni TLM metodom i rezultati praktičnih merenja [3]. Može se primetiti da postoji zadovoljavajuće slaganje između izmerenih rezultata i onih dobijenih TLM metodom u tačkama p_1 i p_2 . Posebno treba istaći da su slaganja još bolja između merenja i rezultata dobijenih u mernoj tački p_1 .

Analiza rezultata za sva tri scenarija kućišta određena u tački p_1 data je na slici 3. Sa perspektive nivoa SE, uočava se veoma dobro slaganje između svih triju scenarija sve do frekvencije 1.4 GHz. Prva rezonantna frekvencija kućišta koja odgovara modu prostiranja TE_{110} , a koja se može izračunati analitički [7], je $f_{110} = 625$ MHz. Prva frekvencija na kojoj rezonira prazno kućište, dobijena numerički, iznosi 624 MHz. Izuzev prve frekvencije rezonancije, može se primetiti da se ostale rezonantne frekvencije veoma dobro slažu. Takođe, na prvoj frekvenciji rezonancije može se videti da rezultati kućišta bez antene i sa dipol antenom odgovaraju jedan drugome, za razliku od slučaja sa monopol antenom gde je frekvencijski pomeraj u levo, za 41 MHz, dok model sa dipolom ima frekvencijski pomeraj svega 2 MHz. Druga i treća rezonantna frekvencija kućišta javljaju se na 1068 MHz i 1231.107 MHz, što odgovara TE_{210} i TE_{130} modovima kućišta, respektivno.

Može se primetiti da je zato SE nivo koji je dobijen za monopol antenu na prvoj frekvenciji rezonancije za 33.664 dB viši u odnosu na nivo u praznom kućištu. Vrednosti SE nivoa za prve tri rezonancije kućišta kao i same vrednosti rezonancija za sva tri scenarija kućišta date su u Tabeli I. Karakteristike SE krivih, bilo za kućište sa dipol ili monopol antenom, uglavnom prate oblik SE krive praznog kućišta, ali se mogu uočiti dodatni vrhovi sa znatno visokim vrednostima SE i to na višim frekvencijama posmatranog frekvencijskog opsega.

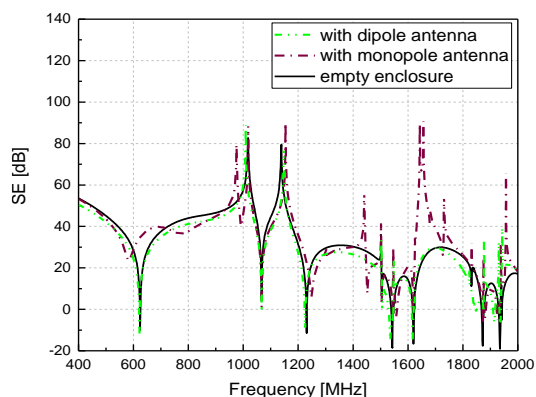


Slika 2. Uporedne SE krive metalnog kućišta sa dipol antenom određene u tačkama p_1 i p_2 , i merenja.

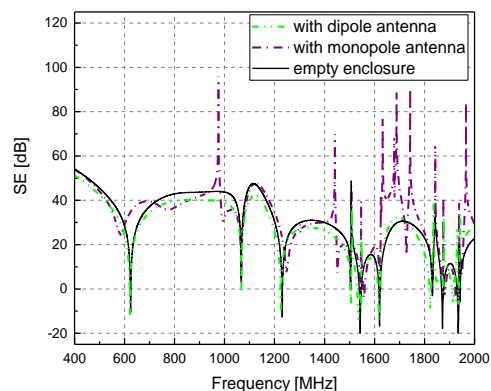
Tabela I Vrednosti SE nivoa za prve tri rezonantne frekvencije u tački p_1

	Frek. rezonan [MHz]	Frek. [MHz]	SE [dB]
Dipol	$frez_1$	622	-11.887
Monopol		583	23.599
prazno		624	-10.065
Dipol	$frez_2$	1067	-1.145
Monopol		1067	1.1012
prazno		1067	5.081
Dipol	$frez_3$	1225	-9.370
Monopol		1248	6.082
prazno		1231	-11.519

Dalje, sprovedena je analiza za scenarije bez i sa antenama istih karakteristika kao u prethodnom primeru, s tom razlikom da je pozicija monitoringa u tački p_2 . Upoređene su SE krive ovih scenarija i prikazane su na slici 4. Može se primetiti da postoji veoma dobro slaganje na svim frekvencijama između praznog i kućišta sa dipolom. U slučaju monopol antene javlja se značajno visok nivo efikasnosti kućišta na posmatranom frekvencijskom opsegu, naročito na prvoj frekvenciji rezonancije. Na svim ostalim frekvencijama rezonancija, sva tri analizirana slučaja pokazuju slično ponašanje u smislu SE vrednosti i vrednosti frekvencija rezonancija, kao što je već zaključeno za sliku 3.



Slika 3. Nivo SE praznog kućišta u poređenju sa različitim antenama poluprečnika 0.1 mm i dužine 100 mm, izračunatim u tački p_1 .



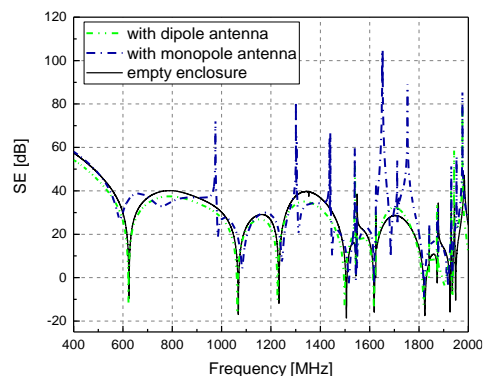
Slika 4. Nivo SE praznog kućišta u poređenju sa različitim antenama poluprečnika 0.1 mm i dužine 100 mm, u tački p_2 .

Tabela II Vrednosti SE nivoa za prve tri rezonantne frekvencije u tački p_2

	Frek. rezon. [MHz]	Frek. [MHz]	SE [dB]
Dipol	$frez_1$	622	-11.858
Monopol		583.5	23.884
prazno		624.3	-10.629
Dipol	$frez_2$	1067	-1.406
Monopol		1067	1.422
prazno		1066.7	4.364
Dipol	$frez_3$	1225	-9.548
Monopol		1248.3	6.528
prazno		1230.6	-12.727

Tabela II prikazuje vrednosti prvih triju frekvencija rezonancija kućišta i njihovih vrednosti SE nivoa, numeričkih TLM simulacija za slučaj kućišta bez antene, kućišta sa monopolom i kućišta sa dipol prijemnom antenom, u mernoj tački p_2 . Najviši SE nivo dobijen je za kućište sa monopol antenom na prvoj frekvenciji rezonancije i iznosi 23.884 dB.

Slično prethodnim primerima, još jedan scenario je analiziran, samo je sada monitoring tačka p_3 (105, 200, 100) mm. Tačka p_3 se nalazi 45 mm levo od centra kućišta duž x -ose, nasuprot zidu koji je perforiran. Ova tačka je izabrana da se razmotri kako i da li vrsta antene utiče na varijaciju raspodele EM polja prilikom pomeranja monitoring tačke u kojoj se određuje karakteristika oklopljavanja.



Slika 5. Nivo SE praznog kućišta u poređenju sa različitim antenama poluprečnika 0.1 mm i dužine 100 mm, u tački p_3 .

Tabela III Vrednosti SE nivoa za prve tri rezonantne frekvencije u tački p_3

	Frek. rezon. [MHz]	Frekv. [MHz]	SE [dB]
Dipol	frez ₁	622.3	-11.716
Monopol		587.8	26.986
prazno		624.4	-9.643
Dipol	frez ₂	1063.9	-16.526
Monopol		1083.4	4.225
prazno		1067.5	-16.925
Dipol	frez ₃	1226.6	-10.425
Monopol		1245	6.297
prazno		1232.1	-11.903

Rezultati analize u mernoj tački p_3 su ilustrovani na slici 5. SE karakteristike praznog i kućišta sa dipolom se podudaraju. Sa jedne strane, na frekvencijama rezonancija rezultati za sva tri scenarija kućišta se prilično slični, osim na prvoj frekvenciji rezonancije na kojoj monopol ima najveću SE vrednost, koja iznosi 26.986 dB, dok je prva rezonantna frekvencija pomerenjena prema nižim frekvencijama. Sa druge strane, za frekvencije koje su daleko od frekvencija rezonancija, oblici SE karakteristika monopola i dipola se u dobroj meri razlikuju. Zato se javljaju veoma visoki pikovi u slučaju monopol antene. U Tabeli III prikazane su vrednosti za prve tri frekvencije rezonancija i njihove vrednosti SE nivoa, numeričkih TLM simulacija za slučaj kućišta bez antene, sa monopolom i sa dipol prijemnom antenom, u mernoj tački p_3 .

Interesantno je primetiti da se u svim monitoring tačkama u kojima se određivala SE karakteristika primećuje da se nivoi SE obeju antena dosta lepo slažu u opsegu od 1 GHz do 1.2 GHz, što se jasno može videti na slikama 3 - 5.

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu, razmatran je uticaj prijemne monopol antene unutar kućišta u različitim pozicijama u odnosu na otvor na kućištu i njen uticaj na promenu frekvencije prve rezonancije. Zatim su rezultati upoređeni sa analizom prijemne dipol antene u istim pozicijama unutar kućišta. Posebno je analiziran uticaj monopol i dipol antene istih dimenzija na promenu frekvencija prve tri rezonancije kućišta.

Rezultati numeričke analize su upoređeni sa rezultatima dobijenim merenjima, dostupnim u literaturi, i pokazali su dobro slaganje.

Dobijene SE krive koje odgovaraju slučaju sa monopolom i praznog kućišta imaju veoma dobro slaganje sve do 1 GHz, nakon čega, na visokim frekvencijama SE nivoi se razlikuju zbog uticaja samog kućišta na karakteristike antena.

Zaključuje se da, prisustvo tankih mernih monopol i dipol antena utiču na SE karakteristiku kućišta. Pomeraj rezonantnih frekvencija koji se vidi na SE grafikonima je u skladu sa perturbacionom teorijom. Pri čemu efekti mogu biti veći ili manji, što zavisi, ne samo od dimenzija antena već i od njihovog položaja, kao i samih dimenzija i karakteristika kućišta u kojima se vrše merenja.

LITERATURA

- [1] "Directive 2014/30/EU of the European Parliament and of the Council on the harmonisation of the laws of the Member States relating to electromagnetic compatibility", Official Journal of The European Union, L 96/79, 26th Feb. 2014.
- [2] „Pravilnik o elektromagnetskoj kompatibilnosti,“ Službeni glasnik RS, br. 25/2016.
- [3] C. Christopoulos, Principles and Techniques of Electromagnetic Compatibility, 2nd ed., London, New York: CRS Press, 2007.
- [4] C. Christopoulos, The Transmission-Line Modelling (TLM) Method, Piscataway, NJ: IEEE Press in association with Oxford University Press, 1995.
- [5] J. Włodarczyk, V. Trenkić, R. Scaramuzza / C. Christopoulos, „A fully integrated multiconductor model for TLM,“ IEEE Trans. Microwave Theory Tech., t. 46, br. 12, p. 2431–2437, 1998.
- [6] N. J. Nešić, „Numerička i eksperimentalna analiza uticaja grupe otvora na karakteristike oklapanja metalnih kućišta u mikrotalasnom frekvencijskom opsegu“, Doktorska disertacija, Univerzitet Singidunum, Beograd, 2017.
- [7] D. M. Pozar, Microwave Engineering, Hoboken, NJ: JohnWiley & Sons, Inc., 2012.

TEHNIKA DIGITALNE PRE-DISTORZIJE I NJENA PRIMENA U TELEKOMUNIKACIONIM SISTEMIMA

DIGITAL PRE-DISTORTION TECHNIQUE AND IT'S IMPLEMENTATION IN TELECOMMUNICATIONS SYSTEMS

Nikola Milutinović, *The Academy of Applied Technical and Preschool Studies – Niš Branch, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

dr Dejan Dodić, *The Academy of Applied Technical and Preschool Studies – Vranje Branch, Filipa Filipovića 20, Vranje.*

Sadržaj - Vođeni tehnološkim napretkom i sve većom potražnjom za maksimizacijom iskorišćenja komponenti koje se koriste u elektronskim kolima, različite tehnologije se primenjuju kako bi se poboljšala njihova efikasnost i zadovoljili telekomunikacioni standardi. Pojačivači, kao važan deo komunikacionih sistema, moraju unaprediti svoju efikasnost i ukupne performanse. Digitalna predistorzija (DPD) je tehnika za povećanje linearosti ili kompenzaciju nelinearnosti kod pojačivača. DPD je tehnika linearizacije niskih troškova, koja ima za cilj da omogući bolju linearizaciju, bolje performanse i bolje iskorišćenje pojačivača. Ovaj rad pruža sveobuhvatan pregled tehnike DPD i njene primene u različitim sistemima komunikacionih mreža.

Ključne reči: Pojačivači. Digitalna predistorzija. Neuronske mreže. LTE. Komunikacije.

Abstract - Driven by technological advancements and the escalating demand for maximizing the utilization of components employed in electronic circuits, various technologies are being applied to enhance their efficiency and to meet the telecommunications standards. Power amplifiers as important part in communication systems need to improve their efficiency and overall performance. Digital Pre-Distortion (DPD) is a technique for increasing linearity or compensating for non-linearity in power amplifiers. DPD is a low-cost linearization technique that aims to provide better linearization, better performance, and better utilization of power amplifiers. This paper provides a comprehensive overview of the DPD technique and its application across various systems in communication systems.

Keywords: Power amplifiers. Digital pre-distortion. Neural Networks. LTE. Communications.

1. INTRODUCTION

Digital pre-distortion (DPD) is a technique for increasing linearity or compensating for non-linearity in power amplifiers (PA). PA as important part in communication systems need to improve their efficiency and overall performance. DPD is a low-cost linearization technique that aims to provide better linearization, better performance, and better utilization of PA [1].

PA is an electronic device that amplifies a signal to a suitable level to reach a receiver [2]. PA consume a lot of energy in any communication system and therefore their performance is a very important factor in the design. Advanced PA have become one of the most important aspects of modern communication [3].

An ideal PA will take the modulated signal at a given frequency and produce a boosted undistorted signal. Needs are to have amplifier behavior as linearly as possible, but it is not a case. The power consumption of amplifiers often exceeds all other components in a given radio system. Therefore, improving the performance of the PA is necessary to reduce battery consumption or operating costs. Modern circuit design

must perform increasingly complex line specifications to minimize nonlinear distortions [2].

Nonlinearities cause interference on the receiving side because amplifiers are not perfect and the function that models its behavior is certainly not linear, several nonlinearities are introduced on the system in the form of distortions [2].

The second section provides a detailed examination of PA and pre-distortion techniques, including DPD and its categorization. In the third section, various experiments conducted in telecommunication systems utilizing DPD are described, offering a succinct overview of the project and the obtained results.

2. DIGITAL PRE-DISTORTION POWER AMPLIFIERS

2.1. Power amplifiers

Power amplifiers are divided into several classes depending on their efficiency, such as: A, B, AB, C, D, E, F, etc. They differ in the method of operation, linearity, efficiency and output power [2].

Linearity is when the output is a linear transformation of the input to the amplifier, such as:

$$y(t) = G * x(t) \quad (1)$$

where $y(t)$ represents the output of the amplifier, G is gain, $x(t)$ is input of amplifier [2].

On the Fig. 1, P_{in} and P_{out} represent the input and output power of the signals through the PA, P_{dc} represents the DC power supply to the PA and P_{diss} is the power dissipated as heat from the PA. Equation (1) can be rewritten like [2]:

$$G = \frac{P_{out}}{P_{in}} \quad (2)$$

$$P_{out} + P_{diss} = P_{in} + P_{dc} \quad (3)$$

$$G = 1 + \frac{P_{dc} - P_{diss}}{P_{in}} \quad (4)$$

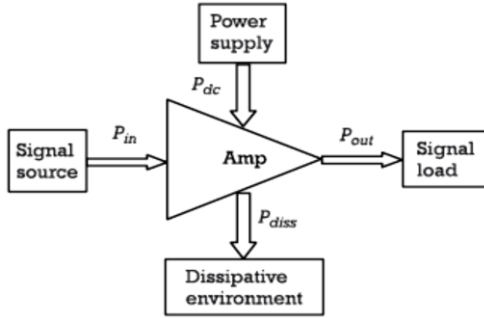


Figure 1. Power inputs and output on PA [2].

The total power at the output of the PA is limited by the DC supply. The amplitude of the input signal affects the amplitude of the output signal in a non-linear way. At low power input, we can see how the gain and output power follow the “ideal“ linear behavior from the PA, this ideal gain is represented by the dashed line. At higher powers can be seen how both deviate from linear behavior and enter the saturation region. At higher power inputs, there will not be present higher output power past a certain point. The PA will not be able to generate power from anywhere. PA will produce maximum power at output which is close to power provided to the PA as supply, with a small portion of the power dissipated as heat. PA need to operate around this nonlinear zone, because it is needed to work as efficiently as possible, thus using the best possible power which is supplied to the PA [2].

Wireless communications technology has attracted much research attention in recent years and is important for the further development of information. However, it has strong linearization requirements in the PA to eliminate interference and reduce the error rate [4].

Linearity can be achieved by using a more linear PA and by operating the signal in the vicinity of saturation so that the signal level is restricted to the linear region. However, this method is not cost efficient or power efficient. A good alternative to low efficiency linear features is to apply linearity to better PA. Various techniques exist to improve the linearity of PA: Backoff, Feedforward, Feedback, Linear amplification with nonlinear components (LINC), Envelope elimination and restoration (EER), Predistortion [5].

3. PRE-DISTORTION

Technique that can compensate for PA bias is pre-distortion (PD). PD puts an offline module between the input signal and the PA, as shown at Fig. 2. This module produces intermodulation products (IMD) that are out of the product IMD of the energy that reduces the results. In other words, the

PD method improves the linearity by (pre)distorting the radio frequency (RF) input to the PA such that it is complementary to the distortion characteristic of the PA [5].

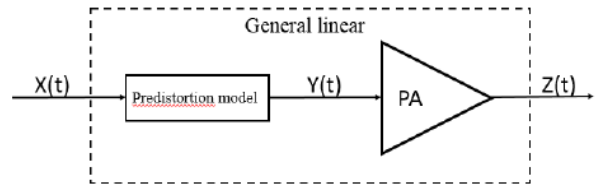


Figure 2. Predistortion technique [4].

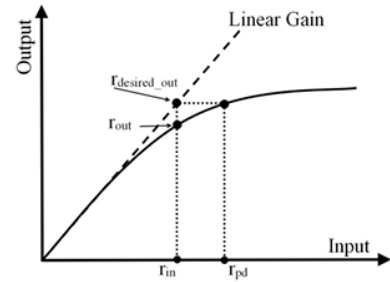


Figure 3. Predistortion conception [6].

Complexity is one of the systematic processes that have a characteristics of PA non-linearity [4].

DPD applies an inverse distortion, using a pre-distorter, to the PA input signal to cancel the distortion caused by the PA. This requires good knowledge of PA features and effective implementation for successful DPD operation. Proper implementation can show up to 40% improvement in PA efficiency used in wireless base stations [1].

The goal of DPD is to make the system linear when the PA operates in the nonlinear region. From Fig. 3, we can assume that r_{in} is the input signal amplitude, the amplitude of the PA output signal is r_{out} . The relationship between r_{in} and r_{out} is not linear. Ideally, the desired output amplitude of the system is $r_{desired_out}$ of the linear response. The $r_{desired_out}$ value is used to search the output characteristic of the PA. The correct input amplitude to the PA is determined by r_{pd} . The task of the pre-distorter is to adjust the original input amplitude r_{in} to be the correct amplitude r_{pd} . So r_{pd} must produce the correct output amplitude to give the PD PA system a linear response. Furthermore, the phase of the input signal is also pre-distorted to obtain a constant phase difference [6].

4. IMPLEMENTATION OF DPD PA AND EXPERIMENTS

4.1. Design and implementation of a NN-based predistorter for enhanced mobile broadband

DPD involves rectifying nonlinearities within the analog RF front-end of a wireless transmitter. These nonlinearities are responsible for adjacent channel leakage, deterioration of the error vector magnitude in transmitted signals, and frequently compel the transmitter to diminish its transmission power into a more linear yet less power-efficient section of the device. The majority of PD methodologies rely on polynomial models employing an indirect learning framework, which have demonstrated excessive susceptibility to noise. Through the utilization of a neural network-based pre-distorter, can be achieved a 42% reduction in latency and a 9.6% enhancement

in throughput on an Field Programmable Gate Arrays (FPGA) accelerator, with 15% fewer multiplications per sample compared to a similarly performing memory-polynomial implementation [9].

Effectively addressing nonlinearities in PA via DPD is crucial for enabling the next generation of mobile broadband, particularly in scenarios with multiple RF transmit (TX) chains forming massive Multiple-Input Multiple-Output (MIMO) systems, and in the context of new waveforms with bandwidths approaching 100 MHz in mmWave communications. Traditional DPD techniques commonly employ variations of the Volterra series, such as memory polynomials. These models typically involve combinations of polynomial orders and Finite Impulse Response (FIR) filters to capture the nonlinearities and memory effects within a PA, respectively. To determine the parameters within a polynomial-based model, an indirect learning architecture (ILA) is often employed in conjunction with some form of least squares (LS) fitting of the data to the model [9].

The broader challenge of DPD bears significant resemblance to the issues faced in in-band full-duplex (IBFD) communications, where a transceiver conducts simultaneous transmission and reception on the same frequency, thereby enhancing the spectral efficiency of the communication system. Achieving this necessitates digitally eliminating substantial self-interference from the received signal, which encompasses not only the intended transmission but also the nonlinearities introduced by imperfections in the transmit chain, including the PA [9].

To assess the out-of-band performance, a key metric often mandated by Federal communications commission (FCC) regulations and 3GPP standards, calculation of the adjacent channel leakage ratio (ACLR) as indicated below [9]:

$$ACLR = 10 \log_{10} \frac{P_{\text{adjacent}}}{P_{\text{channel}}} \quad (5)$$

where P_{channel} is the signal power in the main channel, P_{adjacent} is the signal power in the remainder of the band [9]. Neural network (NN) based DPD demonstrates comparable performance to memoryless polynomial DPD when the number of multiplications is low, and it exhibits superior performance over all polynomial DPD methods as the number of multiplications increases [9].

While the primary objective of PD is to mitigate spectral regrowth around the main carrier, which is indicative of in-band performance, it also concurrently decreases the Error Vector Magnitude (EVM) of the main signal. This reduction in EVM can enhance reception quality, making it a desirable outcome. The EVM is calculated as follows [9]:

$$EVM = \frac{\|\hat{s} - s\|}{\|s\|} * 100\% \quad (6)$$

where \hat{s} is the vector of all original symbols mapped onto complex constellations on orthogonal frequency division multiplexing (OFDM) subcarriers in the frequency domains, s is the corresponding received vector after passing through the PA and $\|./\|$ represents the l2 norm [9].

The relationship between EVM and the number of multiplications is examined for each pre-distorter. As the number of multiplications increases, there is a corresponding decrease in EVM, as anticipated. The memoryless polynomial DPD demonstrates the capability to attain a low EVM with the

smallest number of multiplications. The complexity is marginally higher for the NN-based DPD, yet it manages to achieve superior overall performance compared to all other polynomial DPDs examined [9].

When comparing the spectra of both the memory polynomial and NN-based DPD, the NN demonstrates an additional 2.8 dB of suppression at ± 20 MHz [9].

The NN-based DPD demonstrated superior performance compared to memory polynomials, providing unmatched overall performance in terms of ACLR and EVM [9].

4.2. Virtual DPD NN predistortion for OFDM-based mu-massive MIMO

With the deployment of 5G New Radio (NR), the challenges on the physical layer have never been greater. One such challenge is PA non-linearity. Two features of 5G compound this challenge. The 5G waveform is based on OFDM and therefore suffers from a high peak-to-average power ratio (PAPR). Additionally, NR supports bandwidths up to 400 MHz per mmWave, which can cause serious memory effects in the PA. High PAPR and wide bandwidths can degrade the EVM and cause adjacent channel losses in the frequency domain. Also, with massive MIMO, many antennas may need to be made these fixes, dramatically increasing the computational load on systems [10].

Over the past decade, massive MIMO has moved from initial conception to commercial implementation. The linearization of large antenna arrays places a significant computational burden on base stations. This topic has received recent interest in the literature with discussions of effects, possible technologies and some possible DPD solutions. It is assumed that each antenna uses exactly the same PA, which is unrealistic due to process variations when manufacturing the PA. During the analysis, memory effects, which are certainly present in practical contexts, are not fully considered. This neglect of memory effects is potentially problematic for the large bandwidths considered in beyond 5G technologies [11].

Energy efficiency is a key design goal for MIMO arrays. PAs typically consume the most energy in transmitters, so their efficiency is critical. Doherty PAs are considered a good candidate for large antenna arrays due to their power efficiency. They are also known to be highly nonlinear, meaning that DPD will be required. However, the common DPD approach of using an inverse model of a PA is poorly suited for large antenna arrays, since an inverse model is required for each antenna, and there is a few solutions to reduce the computational load for MIMO array linearization massive. Complexity can be reduced for linearizing a MIMO array by using a lower-complexity decorrelation-based DPD method. However, the complexity continues to grow with the number of antennas. When performing DPD, it is clear that high-complexity solutions result in additional power consumption in the form of additional digital signal processing (DSP) blocks on FPGA implementations or additional area on application-specific integrated circuit (ASIC) implementations. This complexity threatens the energy efficiency goals of massive MIMO [11].

4.3. Deep NN-based DPD for high baudrate optical coherent transmission

Coherent optical transceivers operating at high symbol rates are more susceptible to critical responses from transceiver components at higher frequencies, particularly when utilizing higher-order modulation formats [12].

The exponential growth in Internet traffic, driven by bandwidth-intensive services like cloud-based applications and video on demand, is pushing existing optical transport networks to their limits. To enhance the aggregate bit rate carried by a single fiber strand, it's essential to optimize the use of available optical spectrum while minimizing the required components. Three primary approaches to achieve this goal include increasing symbol rates and the average number of bits per symbol, as well as reducing the spectral guard band between multiplexed carriers. Thus, operating such systems at high symbol rates on a tight spectral grid using high-order modulation formats becomes desirable to maximize the information rate. Consequently, ensuring a high signal-to-noise ratio (SNR) is crucial, serving as a prerequisite for utilizing high-order formats effectively [12].

While it's challenging to isolate transmitter and receiver impairments in an experimental setup, techniques like homodyne detection can mitigate certain receiver impairments. Additionally, some receiver impairments, such as the low-pass response of photodetectors, can be identified and compensated for by utilizing static filters. However, these scenarios pose challenges for integrated transceivers. To effectively train the DPD parameters in the transmitter DSP, it's crucial to consistently apply the same DSP stages at the receiver. Utilizing coherent receiver DSP allows for the transformation of the inherently dynamic channel response into a stationary channel response [12].

5. CONCLUSION

This document provides a overview of basic information about the DPD technique, PA and it's implementation in telecommunication systems. Towards the end, some of the research conducted in the field of applying PA with DPD is presented. This paper can serve as a foundation for further research in the area of DPD of PA.

REFERENCES

- [1] Everithingrf, "What is Digital Pre-Distortion", 2020. Available: <https://www.everythingrf.com/community/what-is-digital-pre-distortion>
- [2] G. C. Romero, "Power Amplifier Behavioral Modeling Through Convolutional Neural Networks", Department of Signal Theory and Communications, Higher Technical School of Engineering, University of Seville, 2020.
- [3] M. Hayati, F. Shama, S. Roshani, A. Abdipour, "Linearization design method in class-F power amplifier using artificial neural network", *Journal of Computational Electronics*, December 2014.
- [4] Z. Wang, Y. Wang, C. Song, T. Chen, W. Cheng, "Deep neural nets based power amplifier non-linear predistortion", School of Control and Computer Engineering, North China Electric Power University, Beijing 102206, P. R. China; School of Business, Central South University, Changsha 410083, P. R. China, 2017.
- [5] Andrzej S. Ciminski, "Neural network based adaptable control method for linearization of high power amplifiers", *International Journal of Electronics and Communications*, Sweden, June 2005.
- [6] X. Feng, "Efficient baseband digital predistortion techniques for linearizing power amplifier by taking into account nonlinear memory effect", *Sciences and Information Technology and Mathematics (STIM)*, University of Nantes Angers Le Mans, 2015.
- [7] Claire Masterson, "Digital Predistortion for RF Communications: From Equations to Implementation", *Analog Dialogue*, Vol 56, No 2 — April 2022.
- [8] "Digital Pre-distortion (DPD) Concept". Available: [https://rfmw.em.keysight.com/wireless/helpfiles/n7614/Content/Main/DigitalPreDistortion\(DPD\)Concept.htm](https://rfmw.em.keysight.com/wireless/helpfiles/n7614/Content/Main/DigitalPreDistortion(DPD)Concept.htm)
- [9] C. Tarver, A. Balatsoukas-Stimming, J. R. Cavallaro, "Design and Implementation of a Neural Network", Department of Electrical and Computer Engineering, Rice University, Houston, TX, USA; Department of Electrical Engineering, Swiss Federal Institute of Technology in Lausanne (EPFL), Lausanne, Switzerland; Department of Electrical Engineering, Eindhoven University of Technology, Eindhoven, The Netherlands, 2019
- [10] C. Tarver, L. Jiang, A. Sefidi, J. R. Cavallaro, "Neural Network DPD via Backpropagation through a Neural Network Model of the PA", Department of Electrical and Computer Engineering, Rice University Houston, TX, USA, 2019
- [11] C. Tarver, A. Balatsoukas-Stimming, C. Studer, J. R. Cavallaro, "Virtual DPD Neural Network Predistortion for OFDM-based MU-Massive MIMO", 55th Asilomar Conference on Signals, Systems, and Computers, Department of Electrical and Computer Engineering, Rice University; Department of Electrical Engineering, Eindhoven University of Technology, Eindhoven, The Netherlands; Department of Information Technology and Electrical Engineering, ETH Zurich, Zurich, Switzerland, October 2021
- [12] V. Bajaj, F. Buchali, M. Chagnon, S. Wahls, V. Aref, "Deep Neural Network-Based Digital Pre-Distortion for High Baudrate Optical Coherent Transmission", *Journal of lightwave technology*, vol. 40, no. 3, pp. 597-606, february 2022.

**ANALIZA PERFORMANSI UZLAZNE DEONICE NOMA SISTEMA
SA HIBRIDNIM UPARIVANJEM KORISNIKA****PERFORMANCE ANALYSIS OF UPLINK NOMA SYSTEM
WITH HYBRID USER PAIRING**

Nikola Sekulović, *Academy of Applied Technical and Preschool Studies, Niš Branch, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Aleksandra Panajotović, Daniela Milović, Dejan Milić, Jelena Anastasov. *Faculty of Electronic Engineering, Department of Telecommunications, Aleksandra Medvedeva 4, Niš.*

Sadržaj – U ovom radu razmatra se uzlazna deonica u sistemima koji se zasnivaju na neortogonalnom višestrukome pristupu. Ovakvi sistemi su poznati pod nazivom NOMA sistemi. Kompozitni bežični kanali koji se karakterišu prisustvom efekta fedinga i efekta senke modeluju se koristeći Fisher-Snedecor (F) raspodelu. Predložen je hibridni model za uparivanje korisnika, kako bi se rešio problem uparivanja korisnika sa sličnim stanjem kanala u tzv. NOMA klaster. Dodeljivanje snage korisnicima u klasteru je zasnovao na principu obezbeđivanja maksimalne ukupne brzine podataka uparenih korisnika. Simulacioni rezultati pokazuju efikasnost predložene strategije uparivanja korisnika, što potkrepljuje opravdanost daljeg istraživanja i ispitivanja hibridnog modela.

Ključne reči: *Kompozitni feding kanali. Uzlazna komunikaciona deonica. Neortogonalni višestruki pristup. Ukupna brzina podataka.*

Abstract - *This paper considers uplink in non-orthogonal multiple access (NOMA) systems. Composite wireless channels characterized by fading and shadowing effects are modeled using the Fisher-Snedecor (F) distribution. A hybrid model is proposed to address the problem of pairing the users with close channel gains in the NOMA cluster. The power allocation coefficients for users in the cluster are determined based on the principle of ensuring the maximum sum data rate. Simulation results show the efficiency of the proposed hybrid strategy for user pairing indicating that the algorithm deserves to be explored in detail in the future works.*

Keywords: *Composite fading channels. Uplink communication. Non-orthogonal multiple access. Sum data rate.*

1. INTRODUCTION

Nowadays, wireless transmission assumes the connectivity of a large number of devices, high data rate and reliability. Non-orthogonal multiple access (NOMA) has the potential to overcome issues with spectrum and energy efficiency, data throughput, user fairness, latency and huge device connection in wireless communication networks [1], [2]. This further implies that NOMA can be used in various fifth generation (5G) and sixth generation (6G) communication scenarios. Namely, the NOMA concept can be applied in relay networks, cooperative relaying, massive multiple-input multiple-output (MIMO) systems, unmanned aerial vehicle (UAV) based communications, Internet-of-things (IoT) and machine-to-machine (M2M) communications [3]-[6]. Moreover, NOMA is compatible with the current systems and doesn't require significant changes to the networks already in place.

Using orthogonal communication resources in terms of time, frequency or code to maximize the signal-to-interference-plus-noise ratio (SINR), i.e. to minimize multiple access interference is known as the traditional orthogonal multiple access (OMA) concept. But, orthogonal resources are limited which is the problem, especially in 5G and beyond

networks where massive connectivity is required. On the other hand, in the NOMA concept, users are allowed to use non-orthogonal resources concurrently achieving better spectrum efficiency at the expense of increased multiple access interference.

The issue of multiple access interference can be resolved using two key operations:

- Superposition coding performed at the transmitter side assumes merging the signals of several users in power domain;
- Successive interference cancellation (SIC) to separate the data for each user at the receiver [7].

A base station (BS) in uplink NOMA scenario employs the SIC technique to extract signals from users, except from the strongest (nearest) one when the BS performs direct decoding [1].

The optimal allocation of total available transmit power among users in a group, as well as rational criteria to decide which users should be clustered are crucial to exploit the full potential of NOMA [2]. Clustering is the process of choosing which individuals form a specific cluster. In the case of two-

user NOMA, clustering is also known as a pairing, while in the case of multi-user NOMA, it is known as a grouping. In the paper [8], it is demonstrated that pairing users whose channel conditions are more distinctive yields a larger performance improvement of NOMA over the OMA principle. But, in a real scenario, there are a large number of users in the same cell. This implies that channel gains among some users in the cluster diminish, leading to a reduction of NOMA gain in terms of the cell's overall capacity. Papers [9]-[10] are dealing with the problem of pairing users with similar gains. Authors proposed grouping multiple users having similar gains with a single distant strong user in a nonoverlapping frequency band pairing fashion. In [2], the number of users in a NOMA group is limited to three as a trade-off between time consumption, computational complexity and transmit power on the one side and system capacity on the other. Hybrid three-users NOMA grouping and NOMA pairing is employed in the cell to avoid OMA users and additional resources.

Fading and shadowing are two essential features of wireless channels. In the open technical literature, fading is often modeled using Rayleigh, Rice, Nakagami- m , Weibull and Hoyt distribution. Lognormal and gamma models are used to describe shadowing effects. So, composite fading channels are usually modeled as Rayleigh-lognormal, Rice-lognormal, Nakagami-lognormal, K and generalized K model.

The Fisher-Snedecor, F , distribution is an alternative to the composite generalized K distribution, and also it is proposed as a better fit to the experimental data [11]. This is the reason why F fading model is important and popular in the recent publications. In paper [12], the performance of the uplink power-domain NOMA system over composite F fading channels is analyzed. Using analytical expressions presented in [12], the effectiveness of High-High and High-Low pairing schemes is investigated in [13]. In this paper, we apply a hybrid pairing scheme to address users with close channel conditions and to maximize system performance in terms of sum data rate.

2. CHANNEL AND SYSTEM MODEL

We consider the uplink NOMA scenario in a cell of radius R with $2K$ uniformly distributed users. Users are clustered in K two-user NOMA pairs. In practice, the clustering a large number of users in NOMA is not recommended because the time consumption and computational complexity of power allocation at the transmitter side and in addition, SIC computation at the receiver side increase with an increase of the number of users multiplexed in the power domain. BS is located at the center of the cell. Each pair involves a near user, i.e. cell-center user, U_{CC} and a far user, i.e. a cell-edge, U_{CE} . It is supposed that one resource block is allocated to every pair and all users are equipped with a single antenna (Figure 1). Over the same resource block, both paired users transmit their information symbols, simultaneously. Here, we use notation s_1 and s_2 for symbols originated from user U_{CC} and U_{CE} , respectively.

The received signal at the BS is expressed as the linear combinations of two transmitted signals from paired users written as:

$$y = \sum_{i=1}^2 \sqrt{g_i P_i} h_i s_i + n, \quad (1)$$

where h_i is the channel coefficient and P_i is the transmit power allocated to i -th user in the cluster. The total power per RB is denoted as P . A distance-based path gain between the BS and the i -th user in the cluster is defined as $g_i = g_0 / [H^2 + (x_i^2 + y_i^2)]^{\beta/2}$, where g_0 is the reference gain at the reference distance, x_i and y_i are coordinates defining the position of the i -th user in the cell, H is BS antenna height and β is the path-loss exponent. Further, it holds $E\{|s_i|^2\} = 1$ and n is additive white Gaussian noise (AWGN) with zero mean and variance σ^2 .

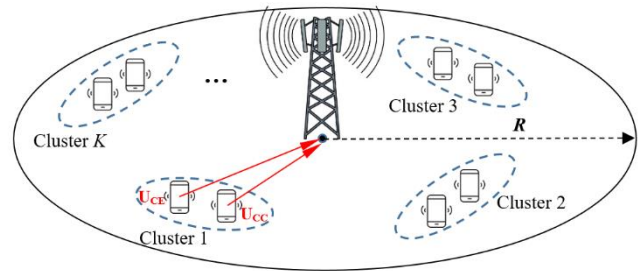


Figure 1. System model.

The power allocation coefficients are denoted by a_i , $i=1,2$. They represent the fraction of power allocated to the i -th user and satisfy the relationships $0 < a_1 < 1$, $a_1 > a_2$ and $a_1 + a_2 = 1$. Now, the transmit power allocated to near and far users, in each cluster, P_1 and P_2 , respectively, can be defined as $P_1 = a_1 P$ and $P_2 = a_2 P$.

3. OUTAGE PERFORMANCE

Analytical expressions for the outage probabilities of paired NOMA users are derived in [12]. The already published results, related to the considered system is presented in this section to make this paper more readable.

In uplink NOMA scenario, the received signal-to-interference-noise-ratio (SINR) associated with the signal transmitted by the i -th user can be evaluated as:

$$\gamma_{i,NOMA} = \begin{cases} \frac{g_1 P_1 |h_1|^2}{g_2 P_2 |h_2|^2 + \sigma^2}, & i = 1 \\ \frac{g_2 P_2 |h_2|^2}{\sigma^2}, & i = 2 \end{cases} \quad (2)$$

For the considered system we can write $g_1 |h_1|^2 > g_2 |h_2|^2$. BS performs direct decoding to extract signal from the first user, s_1 , which is in our case cell-center user, i.e. stronger one. The signal sent by the second user, s_2 , is decoded after subtracting $\sqrt{g_1 P_1} h_1 s_1$ from the received signal y , i.e. after removing interference from stronger user in the pair.

The outage probabilities of cell-center, U_{CC} , and cell-edge, U_{CE} , users are derived respectively as:

$$P_{out,1}(\gamma_{th,1}) = \frac{1}{\Gamma(m_1)\Gamma(k_1)\Gamma(m_2)\Gamma(k_2)} \sum_{r=0}^{+\infty} \frac{(-1)^r g_1^r k_1^r \gamma_1^{-r}}{m_1^r \gamma_{th,1}^r r!} \times G_{4,4}^{3,3} \left(\begin{matrix} m_2 g_1 k_1 \gamma_1 \\ m_1 g_2 k_2 \gamma_2 \gamma_{th,1} \end{matrix} \middle| 1, 1-k_2, r-m_1+1, r+1 \right) \quad (3)$$

$$P_{out,2}(\gamma_{th,2}) = 1 - \left[1 - P_{out,1}(\gamma_{th,1}) \right] \left[1 - G_{2,2}^{1,2} \left(\frac{m_2 \gamma_{th,2}}{g_2 k_2 \gamma_2} \middle| \begin{matrix} 1-k_2, 1 \\ m_2, 0 \end{matrix} \right) \right], \quad (4)$$

where $\gamma_{th,i}$ is the threshold rate, $R_{c,i}(\gamma_{th,i} = 2^{R_{c,i}} - 1)$ is the target rate, $\bar{\gamma}_i$ is the average signal-to-noise ratio (SNR) corresponding to the i -th user in the cluster/pair, m_i is the fading severity parameter, k_i is the shadowing shaping factor.

The $\Gamma(\cdot)$ is Gamma function and $G_{p,q}^{m,n} \left(z \middle| \begin{matrix} - \\ - \end{matrix} \right)$ is Meijer's G function. Higher values of the shadowing shaping factor and fading severity parameter mean light shadowing and less severe fading conditions, i.e. better channel conditions.

The power allocation levels to users, in previously determined pair, are obtained to maximize the sum data rate, as:

$$\max R_{sum} = \max \{ R_{c,1} [1 - P_{out,1}(P_1)] + R_{c,2} [1 - P_{out,2}(P_2)] \}, \quad (5)$$

$$P_1 + P_2 = P.$$

4. USER PAIRING

It has already been mentioned that uplink NOMA scenario with $2K$ users in the cell is considered. In [13], High-High/High-Low pairing schemes are implemented through the following steps:

- Divide all users into two groups: In uplink NOMA, users are arranged in descending channel gain order. Therefore, the first half of users form a group of High channel gain users, while the second half is a group of Low channel gain users.
- Form a cluster of two users by pairing users from each group forming a K user pairs as: Pairing the first user of the High channel gain user group with the first user of Low channel gain user group, and so on $\{\{h_1, h_{K+1}\}, \{h_2, h_{K+2}\}, \dots\}$ – High-High scheme; Pairing the first user of the High channel gain user group with the last user of Low channel gain user group, and so on $\{\{h_1, h_{2K}\}, \{h_2, h_{2K-1}\}, \dots\}$ – High-Low scheme.

High-High and High-Low schemes are illustrated in Figure 2 a) and b). Paper [13] confirms that the difference between these two schemes is generally diminutive. A significant difference in channel gains over paired users is required to achieve better system performance. This is difficult to achieve for a large number of users in the group. Namely, the problem of users who are very close to each other with close channel conditions should be addressed. The hybrid pairing scheme is shown in Figure 2 c). It depicts that the hybrid model is a combination of High-High and High-Low schemes. Two near users U4 and U5 will be paired with U8 and U1, respectively, following High-High algorithm, whereas the rest of the users

will be paired using High-Low scheme. The idea behind the proposed hybrid algorithm is to ensure a significant difference in channel gain between paired users. In this way, advancement of NOMA technique is more effective, not at the cost of poor performance of some users in the cell.

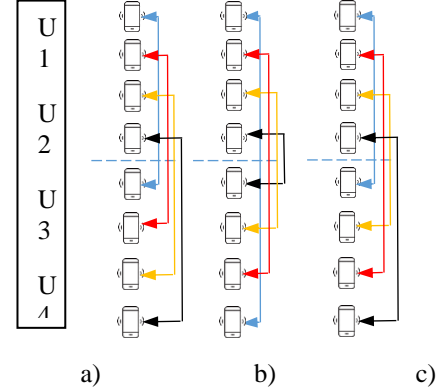


Figure 2. User pairing strategies ($K=8$); a) High-High scheme, b) High-Low scheme c) Hybrid scheme.

5. NUMERICAL RESULTS

In the simulation setup, it is assumed that users are uniformly distributed within a circle with a radius of 200 m. BS is located in the center of the circle, mounted at a height of 100 m. So, using notation (x, y, H) , the position of BS can be marked as $(0, 0, 100)$. Consequently, the position of cell-center and cell-edge users in the cluster can be marked as $(x_1, y_1, 0)$ and $(x_2, y_2, 0)$, respectively. The additional simulation parameters are $g_0 = 50\text{dB}$ and $\beta = 3$.

The sum-rate performance performance of the uplink NOMA system is investigated in this section. Figures 3 and 4 plot the achievable sum of normalized data rates as a function of the SNR, $\rho = P/\sigma^2$, for the scenario of 10 and 20 users over different fading environments set as case A and case B and for different target rates. Parameters of these environments are shown in Table I.

Tabela I Parameters of wireless channel environments

Case A	$m_1 = 1, m_2 = 1, k_1 = 12, k_2 = 3$
Case B	$m_1 = 3, m_2 = 1, k_1 = 10, k_2 = 1$

We can conclude that an increase in transmit power causes the data sum rate growth until it reaches saturation. The saturation value is determined by the target data rates as $R_{sum_{max}} = K(R_{c,1} + R_{c,2})$. Power allocation coefficients are calculated to obtain the maximum possible sum data rate for any SNR value. From Figures 3 and 4, we can conclude that the hybrid model outperforms the conventional model, i.e. in different scenarios and different environments hybrid model provides the higher achievable sum of normalized data rates.

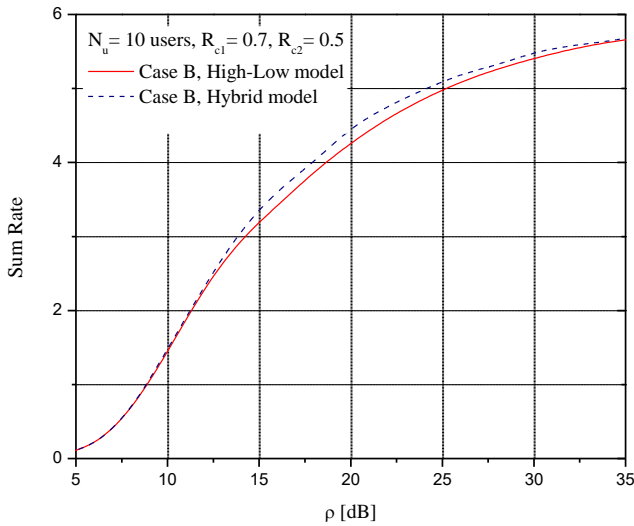


Figure 3. Sum data rate versus SNR ($K=10$).

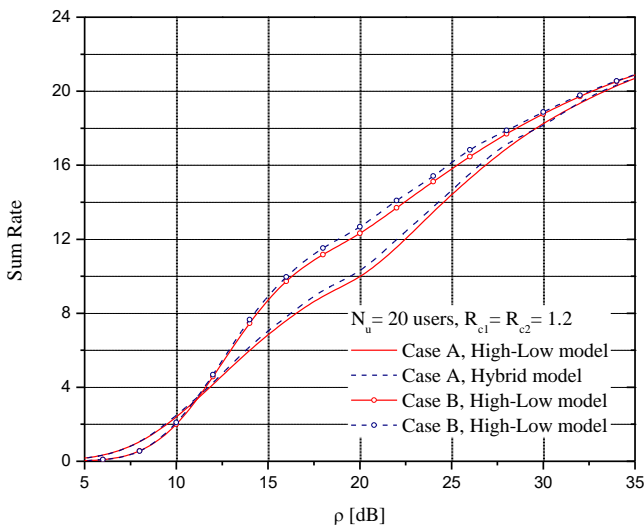


Figure 4. Sum data rate versus SNR ($K=20$).

6. CONCLUSION

In this paper, the capacity analysis of the uplink NOMA system over composite shadowed F fading channels with two users per cluster was carried out. The efficiency of the proposed hybrid strategy for user pairing, which assumes High-High algorithm for users with similar channel conditions and High-Low scheme for the rest of the users is confirmed for different scenarios and different environment conditions. This indicates that the hybrid algorithm for user pairing deserves to be explored in detail in our future work.

REFERENCES

[1] M. Vaezi, Z. Ding and H. V. Poor, *Multiple access techniques for 5G wireless networks and beyond*, Springer, 1st ed., 2019.

[2] N. Sekulović, M. Bandur and A. Panajotović, “An approach for user grouping and power allocation for downlink NOMA in a cellular wireless system”, *Telecommunication systems*, vol. 87, pp. 679–689, 2024.

[3] J. Ju, G. Yhang, Q. Sun, L. Jin and W. Duan, “On the performance of receiver strategies for cooperative relaying cellular networks with NOMA,” *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*, no. 67, 2019.

[4] M. Rihanang, L. Huang and P. Yhang, “Joint interference alignment and power allocation for NOMA-based multi-user MIMO systems,” *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*, no. 217, 2018.

[5] Y. Jin, Y. hu, D. Xie, G. Wu and L. Thou, “Physical layer security transmission scheme based on artificial noise in cooperative SWIPT NOMA system,” *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*, no. 144, 2021.

[6] “6G: Building Tomorrow’s Wireless Tech Beyond 100 GHz”, available: <http://eitc.org:8080/Plone/research-opportunities/5g-and-beyond-mobile-wireless-technology/b5g-and-6g-wireless-technology>

[7] A. Benjebbour, “An overview of non-orthogonal multiple access,” *ZTE Commun.*, vol. 15, no. S1, 2017.

[8] Z. Ding, P. Fan and H. V. Poor, “Impact of user pairing on 5G nonorthogonal multiple access downlink transmissions,” *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 65, no. 8, pp. 6010-6023, 2016.

[9] M. B. Shahab, M. F. Kader and S. Y. Shin, “A virtual user pairing scheme to optimally utilize the spectrum of unpaired users in non-orthogonal multiple access,” *IEEE Signal Processing Letters*, vol. 23, no. 12, pp. 1766-1770, 2016.

[10] M. H. Kumar, S. Sharma, K. Deka and M. Thottappan, “Reconfigurable intelligent surfaces assisted hybrid NOMA system,” *IEEE Communications Letters*, vol. 27, no. 1, pp. 357-361, 2023.

[11] D. K. Yoo, P. C. Sofotasios, M. Valkama and G. K. Karagiannidis, “The Fisher-Snedecor F distribution: A sample and accurate composite fading model,” *IEEE Communications Letters*, vol. 21, no. 7, pp. 1661-1664, 2017.

[12] A. Panajotović, J. Anastasov, A. Cvetković, D. Milić, D. Milović and A. Lazarević, “Outage performance analysis of a two-user uplink NOMA scenario,” *XVI International SAUM on System Automatic Control and Measurements*, Niš, Serbia, 2022.

[13] A. Panajotović, J. Anastasov, D. Milić, D. Milović, N. Sekulović, “Performance of uplink-NOMA with user pairing and data rate-based power scheme,” *Facta Universitatis: Series Automatic Controls and Robotics* (publisher: University of Nis), vol. 22, no. 1, pp. 29-38, 2023.

PERFORMANSE TSTI JEDNAČINE ZA PREDIKCIJU STI PRIMENOM RT PERFORMANCE OF TSTI EQUATION FOR PREDICTING STI USING RT

Violeta Stojanović, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*
Zoran Milivojević, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Sadržaj - U ovom radu analizirane su performanse TSTI regresione logaritamske jednačine za predikciju STI u funkciji RT. Vrednosti RT, na centralnim frekvencijama oktavnog opsega, eksperimentalno su određene za amfiteatar Odseka Niš Akademije tehničko-vaspitačkih strukovnih studija. Analiza performansi TSTI regresione predikcione logaritamske jednačine izvršena je pomoću komparacije sa performansama predložene regresione predikcione linearne jednačine. U prvom delu rada prikazane su predložene predikcione jednačine i objašnjena je njihova komparativna statistička analiza. U drugom delu rada prikazani su eksperimentalni rezultati (tabelarno i grafički) i analiza rezultata na osnovu kojih je dat zaključak o proceni greške predikcije STI TSTI jednačinom.

Ključne reči: Indeks prenosa govora. Vreme reverberacije. Predikcija. Greške procene.

Abstract - This paper analyzes the performance of the TSTI regression logarithmic equation for predicting STI as a function of RT. The RT values, at the central frequencies of the octave band, were experimentally determined for the amphitheater of the Niš Department of the Academy of Applied Technical and Preschool Studies. The performance analysis of the TSTI regression prediction logarithmic equation was conducted by comparing it with the performance of the proposed regression prediction linear equation. The first part of the paper presents the proposed prediction equations and explains their comparative statistical analysis. The second part of the paper presents the experimental results (in tabular and graphical form) and an analysis of the results, based on which a conclusion is drawn regarding the estimation error of the STI prediction using the TSTI equation.

Key words: Speech Transmission Index. Reverberation Time. Prediction. Estimation Errors.

1. UVOD

U savremenoj naučnoj literaturi veći broj autora se bavi predikcijom indeksa prenosa govora *STI* (engl. Speech Transimission Index) uspostavljanjem funkcionalne zavisnosti između vremena reverberacije *RT* (engl. Reverberation Time) i *STI* [1 - 5]. Funkcionalna zavisnost izračunava se empirijskim putem na bazi statističke analize akustičkih parametara većeg broja prostorija.

U [2] Tang i Jeung su prikazali rezultate ispitivanja akustičkih parametara *RT*, *STI*, i *RASTI* (engl. Rapid Speech Transmission Index) i definisali regresionu jednačinu logaritamskog oblika za brzu procenu *STI*. U [3] Galburn i Kitapci su analizirali preciznost predikcije indeksa *STI* pomoću *RT* i odnosa signal–šum L_{SN} , pri čemu su kod kreiranja jednačine predikcije autori uzimali u obzir karakteristike difuznog zvučnog polja u dve ispitivane prostorije. Rezultati dobijeni predikcionim jednačinama se dobro slažu sa izmerenim rezultatima. U [4] Escobar i Morilas su prikazali rezultate akustičkih analiza 17 prostorija (učionica, konferencijskih prostorija, višenamenskih prostorija) za koje su merili: a) objektivne parametre *RT*, *STI*, pozadinsku buku, indeks definisanosti D_{50} i b) subjektivni parametar indeks prenosa govora pomoću kojeg su predvideli subjektivnu skalu razumljivosti *SIS* (engl. Subjective Intelligibility Scale)

španskog jezika. Koristili su linearne i logaritamske jednačine za predikciju *STI* i *RT*. Nowoświat i Olechowska su analizirali 6 učionica koje su modelovali pomoću softverskog paketa ODEON i za koje su kreirali logaritamsku jednačinu za predikciju *STI* [5]. Komparativnom analizom izmerenih i predikcionih vrednosti potvrđena je tačnost predložene jednačine predikcije.

U ovom radu je izvršena analiza performansi TSTI regresione predikcione logaritamske jednačine, koju su autori Tang i Jeug predložili u [2], i kojom se vrši predikcija *STI* u funkciji *RT* na centralnim frekvencijama oktavnog opsega $f_c \in \{250, 500, 1000, 2000, 4000\}$ Hz. Na bazi eksperimentalno određenih vremena reverberacije *RT*, primenom matematičkog paketa Matlab i paketa za izračunavanje akustičkih parametara EASERA, izračunati su parametri *STI* za svaku mernu poziciju u amfiteatru A2 u Akademiji tehničko-vaspitačkih strukovnih studija, Odsek Niš. Nakon toga, primenom TSTI regresione logaritamske jednačine i predložene linearne regresione jednačine izvršena je predikcija *STI* i izračunate su procene greške predikcije *STI*, e , za obe jednačine. Komparativnom analizom statističkih parametara procene greške predikcije *STI* (srednje vrednosti μ , standardne devijacije *SD* i varijanse σ^2) zaključuje se o proceni greške predikcije *STI* TSTI jednačinom. Rezultati su prikazani tabelarno i grafički.

Organizacija rada je sledeća. U Sekciji 2 prikazana je TSTI jednačina za predikciju STI . U Sekciji 3 prikazan je eksperiment i prikazani su rezultati i analiza rezultata. Sekcija 4 je zaključak.

2. TSTI JEDNAČINA ZA PREDIKCIJU STI

Tang i Jeung su u [2] objavili rad u kome su prikazali analizu akustičkih veličina RT , STI i $RASTI$ na bazi rezultata većeg broja merenja u 18 učionica (slušaonice, kompjuterski kabineti, muzički kabineti i laboratorije), različitih lokacija, u Hong Kongu. U svakoj učionici izvršili su po najmanje 6 merenja. Njihova regresijska analiza je obuhvatala 100 različitih korelacionih zavisnosti RT i STI . Nakon detaljne analize predložili su logaritamsku regresionu jednačinu (u nastavku rada TSTI jednačina) za brzu procenu STI :

$$STI_T = a_T - b_T \cdot \log_{10}(RT), \quad (1)$$

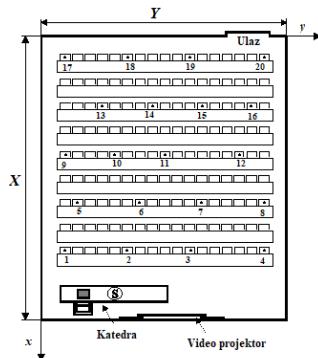
Konstante a_T i b_T određene su za vrednosti RT na svakoj od centralnih frekvencija oktavnog opsega.

3. EKSPERIMENTALNI REZULTATI I ANALIZA

3.1. Eksperiment

Eksperiment je izvršen u amfiteatru A2, tada Visoke tehničke škole u Nišu, sada Odseka Niš Akademije tehničko vaspitačkih strukovnih studija i detaljno je objašnjen u [6].

Za eksperimentalno određene vrednosti vremena reverberacije RT i izračunate vrednosti parametra STI za svaku mernu poziciju MP u amfiteatru (Slika 1.) izračunate su: a) minimalne i maksimalne vrednosti, b) srednje vrednosti μ_{RT} i μ_{STI} c) standardne devijacije SD_{RT} i SD_{STI} i c) relativne standardne devijacije RSD_{RT} i RSD_{STI} . Vrednosti RT svakog merenja u svakoj MP korišćene su za predikciju parametra STI u regresionim jednačinama.



Slika 1. Prikaz amfiteatra u kome je izvršen eksperiment: 1 - lokacija zvučnog izvora, 1 - 20 - lokacija prijemnika.

Predikcija pomoću TSTI jednačine izvršena je sa odgovarajućim koeficijentima a_T i b_T izračunatim u [2]. Za predikciju parametra STI predložena je i linearna regresiona jednačina:

$$STI_V = a_V + b_V \cdot RT. \quad (2)$$

Regresione konstante a_V i b_V su i ovde izračunate za svaku centralnu frekvenciju oktavnog opsega.

Greške procene STI predikcionih jednačina definisane su sa:

$$e_T(f_c, n) = STI(f_c, n) - STI_T(f_c, n), \quad (3)$$

$$e_V(f_c, n) = STI(f_c, n) - STI_V(f_c, n). \quad (4)$$

gde su: f_c - centralne frekvencije oktavnog opsega, $n = 1, \dots, N$ - redni broj merenja i STI - indeks prenosa govora određen merenjem.

Komparativna analiza preciznosti predikcionih formula STI_T jedn. (1) [2] i STI_V jedn. (2) bazirana je na statističkim parametrima: μ_{e_T} , SD_{e_T} , $\sigma_{e_T}^2$ i μ_{e_V} , SD_{e_V} , $\sigma_{e_V}^2$, respektivno i njihovim srednjim vrednostima.

Eksperiment je realizovan za: $MP = 20$ (čiji je raspored prikazan na Slici 1.), $M = 5$ - broj merenja po jednoj MP , $N = MP \cdot M = 100$ - ukupan broj merenja.

3.2. Rezultati

U Tabeli I. prikazani su statistički parametri amfiteatra za RT i STI : RT_{max} , RT_{min} , μ_{RT} , SD_{RT} , RSD_{RT} i STI_{max} , STI_{min} , μ_{STI} , SD_{STI} i RSD_{STI} . Greške procene TSTI jednačine i greške procene linearne regresione jednačine prikazane su u Tabeli II i Tabeli III, respektivno. Grafički prikaz zavisnosti: a) $STI = f(RT)$ i b) greške procene e , na centralnim frekvencijama oktavnog opsega $f_c \in \{250, 500, 1000, 2000, 4000\}$ Hz dat je na Slikama 2.a - 6.a i 2.b - 6.b, respektivno.

Tabela I Statistički parametri amfiteatra

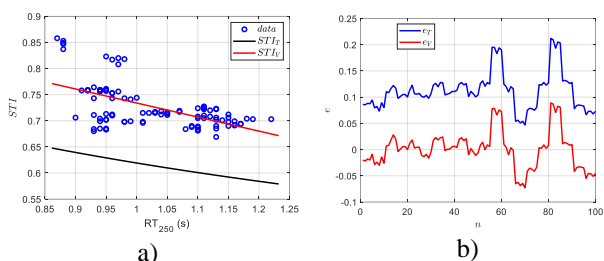
f_c (Hz)	RT_{max} (s)	RT_{min} (s)	μ_{RT} (s)	SD_{RT} (s)	RSD_{RT} (%)
250	1.22	0.87	1.0278	0.0916	8.91
500	1.13	0.93	1.0074	0.04	3.97
1000	1.02	0.88	0.9518	0.0364	3.82
2000	1.03	0.88	0.9723	0.0341	3.51
4000	0.99	0.72	0.8915	0.0605	6.79
STI					
	STI_{max}	STI_{min}	μ_{STI}	SD_{STI}	RSD_{STI} (%)
	0.858	0.85	0.7265	0.043	5.92

Tabela II Greška procene TSTI jednačine

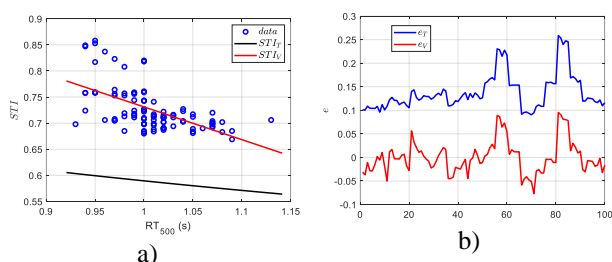
RT_{f_c}	a_T	b_T	μ_{e_T}	SD_{e_T}	$\sigma_{e_T}^2$
RT_{250}	0.6191	0.4425	0.1119	0.0358	0.0013
RT_{500}	0.5895	0.4422	0.1382	0.039	0.0015
RT_{1000}	0.5868	0.4269	0.1304	0.0436	0.019
RT_{2000}	0.5851	0.4316	0.136	0.0385	0.0015
RT_{4000}	0.5665	0.4626	0.1364	0.0319	0.001
srednje vrednosti			$\overline{\mu_{e_T}}$	$\overline{SD_{e_T}}$	$\overline{\sigma_{e_T}^2}$
			0.1306	0.0378	0.0049

Tabela III Greška procene linearne regresione jednačine

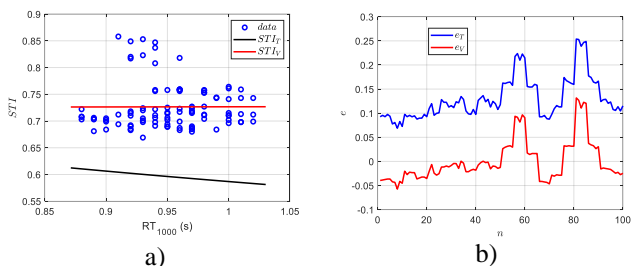
RT_{f_c}	a_V	b_V	μ_{e_V}	SD_{e_V}	$\sigma_{e_V}^2$
RT_{250}	1.0029	-0.269	0	0.0352	0.0012
RT_{500}	1.3581	-0.627	0	0.0349	0.0012
RT_{1000}	0.7236	0.0031	0	0.043	0.0018
RT_{2000}	1.5983	-0.8967	0	0.0301	0.0009
RT_{4000}	1.2523	-0.5898	0.1364	0.0319	0.001
srednje vrednosti			$\overline{\mu_{e_V}}$	$\overline{SD_{e_V}}$	$\overline{\sigma_{e_V}^2}$
			0.0273	0.035	0.001



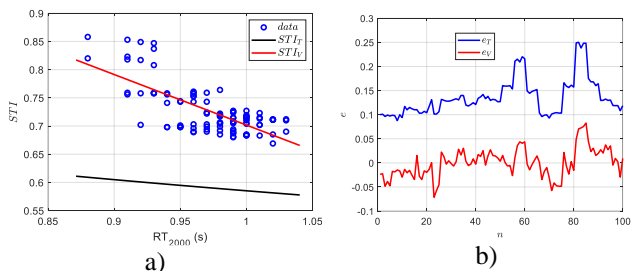
Slika 2. Podopseg $f_c = 250$ Hz: a) indeks prenosa govora STI i b) greška procene e u funkciji vremena reverberacije RT .



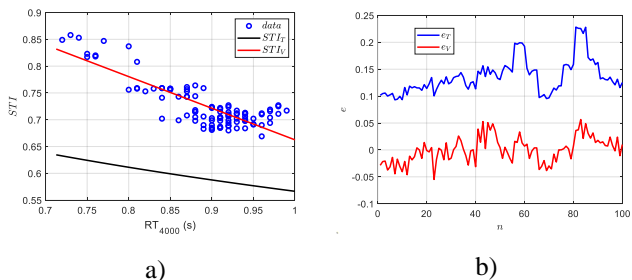
Slika 3. Podopseg $f_c = 500$ Hz: a) indeks prenosa govora STI i b) greška procene e u funkciji vremena reverberacije RT .



Slika 4. Podopseg $f_c = 1000$ Hz: a) indeks prenosa govora STI i b) greška procene e u funkciji vremena reverberacije RT .



Slika 5. Podopseg $f_c = 2000$ Hz: a) indeks prenosa govora STI i b) greška procene e u funkciji vremena reverberacije RT .



Slika 6. Podopseg $f_c = 4000$ Hz: a) indeks prenosa govora STI i b) greška procene e u funkciji vremena reverberacije RT .

3.3. Analiza rezultata

Na osnovu rezultata prikazanih u Tabelama I - III i na Slikama 2 - 6. zaključuje se sledeće:

- 1) o statističkim parametrima amfiteatra:
 - a) srednje vrednosti vremena reverberacije se nalaze bliže gornjoj granici preporučenih vrednosti za slušaonice ($RT = 0.5 \text{ s} \div 1 \text{ s}$) [7]. μ_{RT} opadaju sa povećanjem frekvencije: $\mu_{RT} = (1.0278 \div 0.8915) \text{ s}$. To je očekivano jer zbog veće apsorpcije zvuka u prostoriji veće frekvencije generalno imaju manje vrednosti RT . SD_{RT} opada sa porastom frekvencije do $f_c = 2000 \text{ Hz}$: $SD_{RT} = (0.0916 \div 0.0341) \text{ s}$ ali za $f_c = 4000 \text{ Hz}$ ima povećane vrednosti: $SD_{RT} = 0.0605 \text{ s}$. To se može objasniti činjenicom da talasi na višoj frekvenciji imaju kraću talasnu dužinu i na njihovo prostiranje znatno utiču male nepravilnosti u prostoru (npr. oštre ivice stolova), veća difrakcija i interferencija. Ovo izaziva nejednaku raspodelu energije zvuka u prostoru čime se povećava varijabilnost rezultata merenja. Generalno, vrednosti za SD_{RT} su male što znači da su sve vrednosti za μ_{RT} bliske srednjoj vrednosti. To potvrđuje i RSD_{RT} koja je manja od 10 % ($RSD_{RT} = 8,91 \% \div 3,51 \%$).
 - b) Srednja vrednost indeksa prenosa govora: $\mu_{STI} = 0.7265$ klasifikuje dobru razumljivost govora [7]. Na osnovu vrednosti: $STI_{max} = 0.858$ i $STI_{min} = 0.85$, razumljivost govora je odlična. SD_{STI} ima malu vrednost, 0,043, tj. pokazuje prihvatljivu varijabilnost što potvrđuje i $RSD_{STI} = 5,92 \%$.
- 2) o grešci procene TSTI jednačine:
 - a) srednja vrednost greške procene STI za RT_f je $\overline{\mu_{e_f}} = 0.1306$. Vrednosti za μ_{e_f} za RT_f su prilično ujednačene sem za RT_{250} : $\mu_{e_f} = 0.1119$. To bi moglo značiti da je ova jednačina bolje prilagođena nižim frekvencijama.
 - b) srednja vrednost standardne devijacije greške procene za RT_f je $\overline{SD_{e_f}} = 0.0378$. Vrednost $SD_{e_f} = 0.0319$ za RT_{4000} je najniža što ukazuje na relativno manju varijabilnost grešaka pri višim frekvencijama. Najveća vrednost $SD_{e_f} = 0.0436$ je za RT_{1000} . To može ukazivati na veću nepreciznost predikcija za $f_c = 1000 \text{ Hz}$.
 - c) srednja vrednost varijanse greške procene STI za RT_f je $\overline{\sigma_{e_f}^2} = 0.0049$. Veća varijansa za RT_{1000} , $\sigma_{e_f}^2 = 0.019$, može ukazivati na veću nepredvidljivost grešaka za taj opseg tj. da predikcija STI pomoću TSTI jednačine nije pouzdana. Niske varijanse za ostale RT_f , $\sigma_{e_f}^2 = (0.0013, 0.0015, 0.0015, 0.001)$, pokazuju stabilne i predvidljive greške.
- 3) o grešci procene linearne regresione jednačine:
 - a) srednja vrednost greške procene STI za RT_f je $\overline{\mu_{e_v}} = 0.0273$. Za RT na prve četiri oktave jednačina je izuzetno precizna jer je $\mu_{e_v} = 0$. Za RT_{4000} , $\mu_{e_v} = 0.1364$. To bi moglo da znači da je ova jednačina odlična za predikciju STI za RT na $f_c \in \{250, 500, 1000, 2000\} \text{ Hz}$ ali ne i na $f_c = 4000 \text{ Hz}$.
 - b) srednja vrednost standardne devijacije greške procene STI za RT_f je $\overline{SD_{e_v}} = 0.035$. Za RT_{250} , RT_{500} , RT_{2000} , i

RT_{4000} $SD_{e_v} = (0.0352, 0.0349, 0.0301, 0.0319)$, respektivno. Sve su ovo niske vrednosti ali SD_{e_v} za RT_{2000} , i RT_{4000} ima niže vrednosti od vrednosti za RT_{250} i RT_{500} . To ukazuje na relativno malu varijabilnost grešaka što znači da su greške konzistentne i da jednačina daje dosledne predikcije STI za ove vrednosti RT_f (bez obzira što je za RT_{4000} : $\mu_{e_v} = 0.1364$). Za RT_{1000} to nije slučaj: $SD_{e_v} = 0.043$ je najveća vrednost.

- c) varijansa greške procene za STI za RT_f je $\overline{\sigma_{e_v}^2} = 0.001$. Za RT_{250} i RT_{500} : $\sigma_{e_v}^2 = 0.0012$, varijanse su jednake i niske, što potvrđuje stabilnost grešaka. Jednačina ima konzistentnu tačnost na nižim frekvencijama. Za RT_{1000} , $\sigma_{e_v}^2 = 0.0018$ što je najveća vrednost (kao i kod SD_{e_v}). Ova vrednost ukazuje na to da greške procene za RT_{1000} imaju veću raspoređenost oko srednje vrednosti u poređenju s drugim. $\sigma_{e_v}^2 = 0.0009$ za RT_{2000} je najmanja vrednost što podrazumeva da su greške procene najstabilnije, najmanje varijabilne i da je jednačina vrlo precizna. Varijansa za RT_{4000} , $\sigma_{e_v}^2 = 0.001$ je nešto viša od RT_{2000} ali i dalje je niska. To pokazuje da, uprkos većoj srednjoj grešci za RT_{4000} , $\mu_{e_v} = 0.1364$, greške procene su ujednačene, nisu previše nasumične, nepredvidive.
- 4) poređenje grešaka procene STI predikcionim jednačinama:
- za RT na $f_c = \{250, 500, 1000, 2000, 4000\}$ Hz - varijanse grešake procene STI linearne regresione jednačine su približno manje za $\Delta = \{8, 20, 90.5, 40, 0\}$ %, respektivno, od varijanse grešake procene TSTI jednačine. Za RT_{4000} varijanse grešaka procene su jednake, što znači da su obe jednačine podjednako stabilne u pogledu grešaka na $f_c = 4000$ Hz, tj. podjednako su stabilne u predikcijama. Na ostalim frekvencijama linearna regresione jednačina ima veću stabilnost i postojanost u predikcijama od TSTI jednačine.
 - za RT na svim centralnim frekvencijama u oktavnom opsegu srednja vrednost varijansi grešaka procene linearne regresione jednačine je 80 % manja od srednje vrednosti varijansi grešaka procene Tagove jednačine. Mnogo bolje performance za predikciju STI primenom $RT (f_c)$ linearne regresione jednačine potvrđene su i grafičkim prikazom na Slikama 2.a – 6.a.
 - srednja vrednost greške procene linearne regresione jednačine je 79 % manja od srednje vrednosti greške procene Tagove jednačine. Ova razlika u greškama procene predikcionih regresionih jednačina evidentna je i u odnosu na broj merenja eksperimenta što se može videti na Slikama 2.b – 6.b.

ZAKLJUČAK

U ovom radu je izvršena analiza performansi TSTI regresione logaritamske jednačine za predikciju STI primenom RT na centralnim frekvencijama oktavnog opsega $f_c \in \{250,$

$500, 1000, 2000, 4000\}$ Hz, pomoću komparacije sa predloženom predikcionom linearnom regresionom jednačinom.

Mera za komparaciju je greška procene e koja se bazira na statističkim parametrima. Na osnovu sprovedene komparativne analize statističkih parametara zaključuje se da je za akustički tretiran amfiteatar znatno lošije performanse za predikciju STI primenom RT pokazala TSTI regresiona logaritamska jednačina od predložene linearne regresione jednačine. Srednja vrednost greške procene linearne regresione jednačine je 79 % manja od srednje vrednosti greške procene TSTI jednačine a srednja vrednost varijansi grešaka procene linearne regresione jednačine je 80 % manja od srednje vrednosti varijansi grešaka procene TSTI jednačine.

Analiza grešaka procene drugih jednačina za predikciju STI primenom RT biće predmet daljeg izučavanja.

LITERATURA

- [1] F. Leccese, M. Rocca, G. Salvadori, Fast estimation of Speech Transmission Index using the Reverberation Time: comparison between predictive equations for educational rooms of different sizes, *Applied Acoustics*, Vol. 140, 2018, pp. 143 - 149. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S003682X18301968>
- [2] S. K. Tang, M. H. Yeung, Speech transmission index or rapid speech transmission index for classrooms? A designer's point of view, *Journal of Sound and Vibration*, Vol. 276, 2004. pp. 431 - 439. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022460X03012896>
- [3] Galbrun, L., Kitapci, K., Accuracy of speech transmission index predictions based on the reverberation time and signal-to-noise ratio, *Applied Acoustics*, Vol. 81, 2014. pp. 1 - 14. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2014.02.001>
- [4] G. Escobar, J. M. B. Morilas, Analysis of intelligibility and reverberation time recommendations in educational rooms, *Applied Acoustics*, Vol. 96, 2015. pp.1 - 10. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2015.03.001>
- [5] A. Nowoświat, M. Olechowska, Fast estimation of speech transmission index using the reverberation time, *Applied Acoustics*, Vol. 102, 2016., pp. 55–61. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2015.09.001>
- [6] V. Stojanović, Z. Milivojević, The Estimation of Acoustic Suitability of the Amphitheater for Lecturing, *ICEST 2015*, Sofia, Bulgaria, pp.336 - 339. <https://icestconf.org/icest-2015-2/>
- [7] ISO 3382 - 2: 2008 Acoustics - Measurement of Rooms Acoustic Parameters, Part 2: Reverberation time in ordinary rooms, International Organization for Standardization, 2009. Geneva, Switzerland. <https://www.iso.org/standard/36201.html>



POVEĆANJE INDUSTRIJSKE EFIKASNOSTI POMOĆU SOFTVERA ZA STATISTIČKU KONTROLU PROCESA U REALNOM VRMENU, INFINITYQS

INCREASING INDUSTRIAL EFFICIENCY WITH REAL-TIME STATISTICAL PROCESS CONTROLL SOFTWARE, INIFINITYQS

Zoran Milić *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš,
Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Sadržaj - Statistička kontrola procesa (SPC) je metoda za praćenje i održavanje kvaliteta proizvodnih procesa, koja koristi statističke analize. Softver **InfinityQS** omogućava implementaciju SPC-a u realnom vremenu, prikupljanje podataka sa senzora, njihovo skladištenje i obradu kako bi se dobila trenutna slika o stabilnosti i kvalitetu procesa. Ovaj softver olakšava sagledavanje sakupljenih podataka i omogućava detaljno izveštavanje i prikaz različitih analitičkih grafika u realnom vremenu. Najkorisnija funkcija ovog programa je generisanje SPC kontrolnih grafika, koji prikazuju ključne parametre kao što su kontrolne granične vrednosti, specifikacije, ciljevi, proseci i indikatori sposobnosti procesa. Ovi grafici omogućavaju vizuelno detektovanje situacija kada proces izlazi van kontrolnih granica, čime se omogućava brza reakcija kojom se kvalitet procesa vraća u kontrolu, a što sve ima za rezultat smanjenje otpada. Pored toga, softver pomaže u eliminaciji sistematskih uzroka varijacija u procesu, i čini ga stabilnim, predvidivim i pouzdanim.

Ključne reči: Statistička kontrola procesa. Stabilan proces. InfinityQS, Specificirane granice. Ciljne vrednosti. Kontrolni grafici. Indikator stabilnosti procesa.

Abstract - Statistical Process Control (SPC) is a method for monitoring and maintaining the quality of manufacturing processes using statistical analysis. The InfinityQS software enables the implementation of SPC in real-time, collecting data from sensors, its storing and processing to provide an instant overview of the process stability and quality. This software facilitates understanding of collected data and allows detailed reporting and the display of different analytical charts in real-time. The most useful feature of this program is the generation of SPC control charts, which display key parameters such as control limits, specifications, targets, averages, and process capability indicators. These charts enable quick visual identification of issues when a process loses control, and allow rapid responses to maintain quality which in turn reduces waste. Additionally, the software helps eliminate systematic causes of variation in the process, and make it stable, predictable, and reliable.

Keywords: Statistical Process Control. Stable Process. InfinityQS. Specification Limits. Target Values. Control Charts. Process Stability Indicator.

1. UVOD

Poboljšanje kvaliteta proizvoda je važno za svaku proizvodnju ili uslugu jer direktno utiče na rast, uspeh i konkurentnost poslovanja. Kvalitet proizvoda je ključni faktor koji potrošači, bilo da su pojedinci ili industrijski korisnici, uzimaju u obzir pri izboru između različitih konkurentskih opcija. Fokusiranje na visok kvalitet proizvodnje tokom planiranja poslovanja garantuje sigurniji povrat investicije.

Za merenje kvaliteta proizvodnje potrebno je proceniti nekoliko faktora [1]:

- **Performanse proizvoda:** Koliko dobro proizvod obavlja svoje predviđene funkcije?
- **Pouzdanost proizvodnje:** Koliko često dolazi do prekida proizvodnje pod standardnim uslovima?
- **Trajnost proizvoda:** Koliko je radni vek proizvoda?

- **Servisibilnost proizvoda:** Koliko je lako i finansijski pristupačno održavati ili popraviti proizvod?
- **Estetika proizvoda:** Koliko je privlačan vizuelni utisak o proizvodu?
- **Dodatne funkcije:** Koje dodatne mogućnosti proizvod nudi pored osnovne funkcionalnosti?
- **Kvalitet finalnog proizvoda:** Kakva je reputacija kompanije po pitanju kvaliteta finalnog proizvoda?
- **Usklađenost sa standardima:** Koliko proizvod ispunjava zahteve kupca ili projektanta u pogledu zahtevanih standarda?

Da bi se zadovoljili standardi kvaliteta i izgradila jaka reputacija među kupcima, često je potrebno, nekada i neophodno, sprovesti efikasnu kontrolu procesa tokom proizvodnje. **Statistička kontrola procesa (SPC)** je

metodologija koja koristi statističke alate za praćenje i unapređenje stabilnosti, sposobnosti, pouzdanosti i varijabilnosti proizvodnih procesa [2].

Primena SPC-a u velikoj meri zavisi od prikupljenih podataka o proizvodnji koji između ostalog mogu dolaziti sa umreženih senzora kojima se meri neka od veličina u procesu. Senzori, sa mogućnošću komunikacije, vrše merenja u realnom vremenu, a koja su važna za identifikaciju i rešavanje problema vezanih za kvalitet proizvoda i procesa. Prikupljanje odgovarajućih podataka na odgovarajući način je od suštinskog značaja za adekvatnu analizu što na kraju treba da rezultira donošenjem odluka višeg menadžmenta čiji je cilj kontinualno poboljšanje procesa.

U ovom radu opisane su karakteristike i prednosti SPC sistema, sa posebnim akcentom na softver **InfinityQS**, koji predstavlja jedno od vodećih SPC rešenja koja koriste velike proizvodne korporacije [3]. Na početku rada navedene su osnovnim definicije i matematičke relacije SPC-a. Zatim se daje pregled funkcionalnosti InfinityQS-a. Rad se završava studijom slučaja koja prikazuje primenu InfinityQS-a na konkretnoj proizvodnoj liniji, zajedno sa najvažnijim zaključcima.

2. OSNOVE SPC-a

U masovnoj proizvodnji postoji ograničena količina varijacija koje se mogu tolerisati. Kada varijacije ostanu unutar određenih granica, smatra se da je proizvodni proces pod kontrolom u svakoj fazi. Generalno, postoji pet glavnih uzroka neželjenih varijacija u procesu: sirovine, oprema, ljudske akcije, uslovi okoline i metodologija [4].

Varijacije se mogu podeliti u dve kategorije:

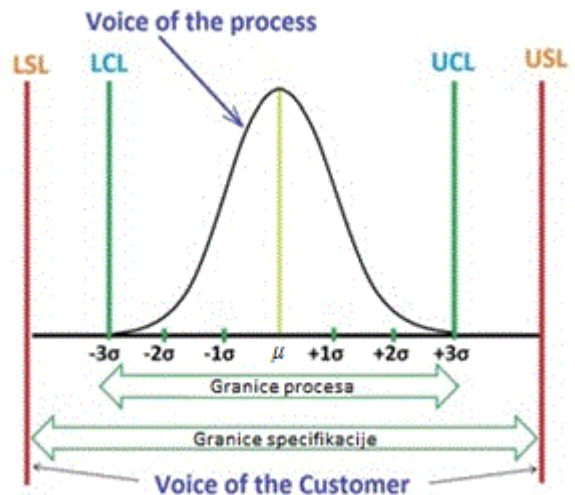
- **Prirodne (očekivane, tolerisane) varijacije**, koje su slučajne i normalne u masovnoj proizvodnji, ali predvidive.
- **Specifične varijacije**, koje su neželjene i uzrokovane faktorima koji prevazilaze uobičajene slučajne promene parametara procesa i nisu predvidive.

Glavni cilj SPC-a je da identifikuje uzrok specifičnih varijacija praćenjem svih relevantnih parametara procesa tokom vremena. Predvidive i tolerisane varijacije ne zahtevaju nikakvu akciju, ali kada se otkriju specifični uzroci varijacija, potrebno je preduzeti korektivne mere. Ove akcije treba definisati u kontrolnom planu proizvodnje [5].

Podaci o merenjima procesa koji se prikupljaju tokom proizvodnje se u SPC-u prikazuju u realnom vremenu na kontrolnom grafikonu. Svaki proces, kao i njegov kontrolni grafikon, ima dve prethodno definisane granice: kontrolne granice, koje određuje sposobnost procesa (Voice of the Process - VOP), i granice specifikacije, koje definiše kupac (Voice of the Customer - VOC) [6]. Raspodela parametara i odgovarajuće granice prikazane su dijagramom na Slici 1. Važno je napomenuti da VOC i VOP nisu međusobno korelisani.

Kada process tokom vremena formira stabilnu raspodelu, smatra se da je pod kontrolom. Takve stabilne raspodele predstavljaju **Voice of the Process (VOP)**. Sa druge strane, sposobnost procesa ukazuje na efikasnost procesa i snažno je povezana sa specifikacijama kupca. Ove specifikacije,

odnosno tolerancije, predstavljaju **Voice of the Customer (VOC)**. Ova veza je ilustrovana dijagramom na Slici 2. Međusobne širine VOP i VOC opsega zavise od toga da li je process pod kontrolom i zahtevanih specifikacija kupca, odnosno poručioca.



Slika 1. Granične vrednosti procesa.

Pored uobičajenih statističkih mera procesa, kao što su srednja vrednost (μ) i standardna devijacija (σ), potrebno je definisati nekoliko drugih pokazatelja kako bi se primenila SPC [7]. Ovi pokazatelji uključuju:

- **Cp** - Sposobnost procesa
- **Cpk** - Indeks sposobnosti procesa
- **Pp** - Performanse procesa
- **Ppk** - Indeks performansi procesa

Svaki od ovih pokazatelja biće nadalje definisan i ukratko objašnjen.

Prirodne varijacije su takve da proces izlazi van granica specifikacije - proces nije u kontroli, nije sposoban

Proces

Prirodne varijacije su takve da je proces u granicama specifikacije - proces je u kontroli, sposoban proces

Proces

Slika 2. Ilustracija kontrole i sposobnosti procesa.

Sposobnost procesa izračunava se korišćenjem formule (1) u kojoj **USL** (gornja granica specifikacije) i **LSL** (donja granica specifikacije) predstavljaju granice specifikacija, dok σ označava standardnu devijaciju parametara procesa.

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \quad (1)$$

To je mera koja pokazuje koliko dobro proces ispunjava specifikacije kupca.

Indeks sposobnosti procesa (Cpk) uzima u obzir centriranje procesa i računa se sličnom formulom (2). Jednostavno rečeno, **Cpk** predstavlja sposobnost procesa u odnosu na specifikacionu granicu koja je najbliža srednjoj vrednosti procesa (μ).

$$C_{PK} = \min(C_{pu}, C_{pl}) = \min\left(\frac{USL - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LSL}{3\sigma}\right) \quad (2)$$

Performanse procesa (Pp) i **Indeks performansi procesa (Ppk)** izračunavaju se koristeći iste formule kao Cp i Cpk, ali se razlikuju u primeni:

- **Cp** i **Cpk** su kratkoročni pokazatelji, računaju se na osnovu uzoraka i predviđaju buduće performanse procesa.
- **Pp** i **Ppk** su dugoročni pokazatelji, računaju se na osnovu cele populacije i opisuju kako je proces funkcionisao u prošlosti.

Ako je proces statistički kontrolisan, vrednosti **Cpk** i **Ppk** su skoro identične.

Kontrolni grafikoni, poput onih prikazanih na slici 3, su grafički alati koji se koriste za praćenje i predviđanje performansi procesa. Oni pomažu u identifikaciji posebnih uzroka varijacija prikazujući da li je proces u statističkoj kontroli ili nije. Na kontrolnom grafikonu:

- **X-osa** predstavlja vreme, dok **Y-osa** predstavlja posmatrane vrednosti parametara.
- Glavni elementi grafika predstavljaju linije koje označavaju USL, LSL, ciljnu vrednost, prosečnu vrednost i gornje (+3 σ) i donje (-3 σ) kontrolne granice.

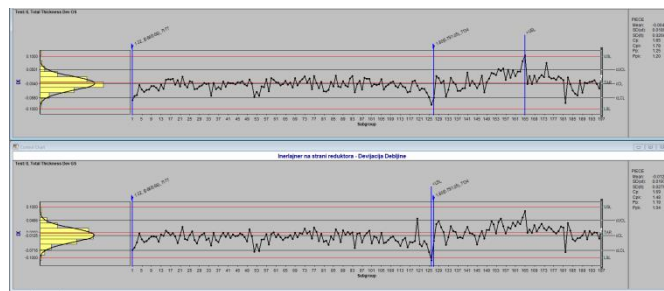
Na kontrolnom grafiku postoje dve važne oblasti:

1. **Oblast očekivanih varijacija** (između gornjih i donjih kontrolnih granica).
2. **Oblast neželjenih varijacija** (izvan kontrolnih granica).

Statističke kontrolne granice su obično postavljene na +/- 3 σ , što znači da se 99.73% podataka nalazi unutar tih granica. Ako neka tačka pređe granice kontrole, aktivira se alarm, i operateri na liniji tada imaju obavezu da sprovedu akcije definisane u planu kontrole ili planu reakcija.

Da bi se proces održao pod kontrolom, neophodno je ispuniti sledeće uslove: srednja vrednost posmatranog parametra treba da bude što bliža ciljnoj vrednosti, a **Ppk** veći od neke unapred usvojene vrednosti za dati proces. U gumarskoj industiji je opšte prihvaćeno da ta vrednost iznosi 1.33.

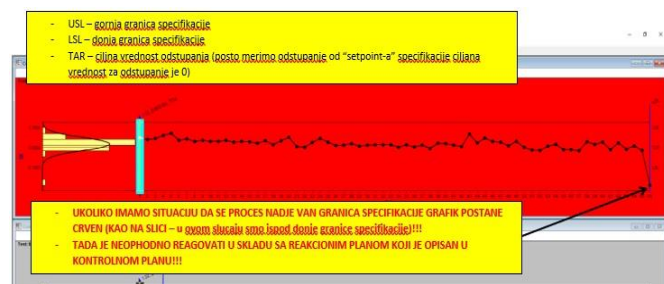
Dalje će biti prikazana implementacija SPC-a korišćenjem InfinityQS rešenja na jednom primeru proizvodnog procesa.



Slika 3. Kontrolni dijagram.

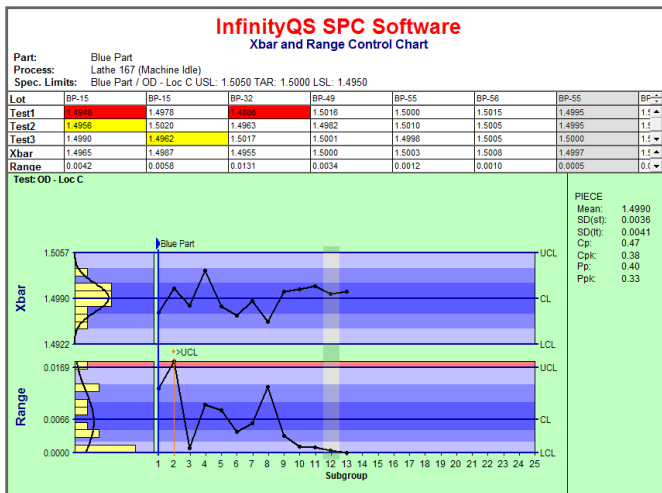
3. STUDIJA SLUČAJA PRIMENE INFINITYQS NA JEDNOSTAVNOM PROIZVODNOM PROCESU

ProFicient je glavna aplikacija InfinityQS softverskog rešenja koja nudi prilagodljiv interfejs za prikupljanje podataka, i podržava i manualni i automatski unos podataka. Omogućava generisanje različitih grafikona za analizu podataka u realnom vremenu i istorijskih podataka procesa, uključujući kontrolne grafikone, Pareto grafike, Cpk izveštaje, "box-and-whisker" grafikone, analize sposobnosti, grafikone trendova itd. Takođe, omogućava funkcije za kodiranje uzroka problema i kodiranje korektivnih mera u cilju jednoznačne identifikacije, što omogućava relativno lako otkrivanje i prioritizaciju problema. Funkcionalnost praćenja sledljivosti je integrisana u softver i moguće je implementirati opcije poput genealogije logova, raznih deskriptora i serijskih brojeva [3].



Slika 4. Upozorenje na proces koji je van kontrole - InvinityQS

U studiji slučaja biće prikazan pojednostavljeni primer proizvodnog procesa, odnosno linija za ekstrudiranje plastike. Ekstruzija je korak u masovnoj proizvodnji predmeta od plastike, gde se plastika topi, oblikuje kroz matricu i hladi. Proces uključuje rotirajući šraf unutar cevi koji potiskuje istopljenu plastiku kroz matricu, dajući joj oblik prema poprečnom preseku matrice. Ključni parametri koji se prate pomoću senzora uključuju temperaturu topljenja, brzinu rotacije šrafa, pritisak pri ekstruziji, oblik materijala koji izlazi iz matrice i mehanizam hlađenja.



Slika 5. Xbar i Range Control dijagrami – InfinityQS
(source: <https://www.advantive.com/solutions/spc-software/what-is-spc/>).

Kontrolni grafikoni, poput Xbar i Range grafikona (prikazani na Slici 5) [8], koriste se za praćenje širine ekstrudiranog materijala. Xbar grafikon prikazuje varijacije širine u realnom vremenu, dok Range grafikon ističe trendove varijacija širine u odnosu na gornje (USL) i donje (LSL) specifikacione granice i ciljnu vrednost. Ako proces pređe ove granice, grafikoni prikazuju upozorenje promenom boje u crvenu, što je ilustrovano u na Slici 4.

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu opisana je primena komercijalno dostupnog SPC rešenja, koje se koristi u masovnoj industrijskoj proizvodnji radi implementacije standarda kvaliteta u proizvodnom pogonu. Aplikacija *ProFicient*, deo InfinityQS SPC rešenja, ima nekoliko značajnih prednosti: smanjenje varijabilnosti procesa i otpada, smanjenje troškova proizvodnje, naučno unapređenje produktivnosti, trenutna upozorenja i reakcije na varijacije procesa, kao i podršku za donošenje odluka u realnom vremenu na nivou proizvodnog pogona.

Softver takođe olakšava prikupljanje podataka sa mrežnih senzora, omogućava analizu, obradu, izveštavanje i skladištenje podataka. Ovim se takođe olakšava poređenje kvaliteta između različitih proizvoda, proizvodnih linija i proizvodnih pogona. Pored toga, podržava složenu analizu podataka u realnom vremenu ili korišćenjem istorijskih podataka unutar jednog grafikona ili izveštaja.

LITERATURA

- [1] “ISO technological specification of a quality management system”, accessed on 23.12.2024. at https://www.vscert.com/ISO_TS16949
- [2] D. Wheeler, “Understanding Statistical Process Control“, SPC Press, 3rd Edition, ISBN: 978-0945320692, 2010.
- [3] “InfinityQS: SPC Software”, accessed on 23.12.2024. at <https://www.advantive.com/brands/infinity-qs/>
- [4] B. Robinson, “Five Sources of Process Variation in Manufacturing,” *Management*, retrieved from <https://bizfluent.com/info-8505404-five-sources-process-variation-manufacturing.html>, 2017.
- [5] C. Simon, “Statistical quality control of suppliers/manufacturing processes”, *Academic Journal of Manufacturing Engineering*, vol. 19, no. 4, 2021, pp. 103-110.
- [6] S. Steiner, B. Abraham and J. MacKay. “Understanding process capability indices”, Waterloo, Ontario, 1997.
- [7] A. Kwilinski and M. Kardas. “Enhancing Process Stability and Quality Management: A Comprehensive Analysis of Process Capability Indices”, *Virtual Economics*, vol. 6. no. 4, 2023., pp. 73-92.
- [8] „What is Statistical Process Control (SPC)“, accessed on 24.12.2024. at <https://www.advantive.com/solutions/spc-software/what-is-spc/>

PREGLED PRIMENE VELIKIH JEZIČKIH MODELA U AUTOMATIZACIJI ANALIZE GREŠAKA I GENERISANJU UZROČNIH DIJAGRAMA

OVERVIEW OF THE APPLICATION OF LARGE LANGUAGE MODELS IN AUTOMATING ERROR ANALYSIS AND CAUSAL DIAGRAM GENERATION

Miloš Stojanović, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*
Milena Nikolić, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*
Gergan Nikolov, *ExMoment – AI Driven Tech, Sofija, Bugarska.*
Srđan Jovković, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Sadržaj - *Upotreba velikih jezičkih modela (Large Language Models - LLMs) u poslednje vreme postaje sve zastupljenija u mnogim tehničkim oblastima, poput analize grešaka i generisanja uzročnih dijagrama. Ove metode nude značajan potencijal za automatizaciju procesa, poboljšanje tačnosti i efikasnosti, kao i smanjenje ljudskih grešaka. U ovom radu istražujemo primenu LLM u automatizaciji analize grešaka i generisanju uzročnih dijagrama u kontekstu složenih tehničkih sistema. Razmatramo izazove koji se javljaju u tradicionalnim metodama, kao i prednosti koje LLM donose, posebno u pogledu prepoznavanja uzročnih veza i dinamičkog ponašanja sistema. Takođe, analiziramo kako LLM mogu doprineti boljoj interpretaciji podataka, bržem prepoznavanju problema i efikasnijem modelovanju sistema. Kroz pregled postojećih radova i implementacija, cilj je da se pokaže kako LLM mogu unaprediti ove procese i pružiti detaljniju analizu tehničkih sistema.*

Ključne reči: *Mašinsko učenje. Veliki jezički modeli. Automatizacija grešaka. Uzročni dijagrami. Analiza grešaka. Sistemska dinamika. Prepoznavanje uzročnih veza. Modelovanje sistema.*

Abstract - *In recent years, the use of Large Language Models (LLMs) has become increasingly relevant across various technical fields, including failure analysis and causal diagram generation. These methods present significant potential for automating processes, improving accuracy and efficiency, and reducing human error. This paper explores the application of LLMs in automating failure analysis and generating causal diagrams in the context of complex technical systems. We discuss the challenges faced by traditional methods and the advantages brought by LLMs, particularly in recognizing causal relationships and system dynamics. Additionally, we examine how LLM can contribute to better data interpretation, quicker issue identification, and more efficient system modeling. Through the analysis of existing research and implementations, the aim is to demonstrate how LLM can enhance these processes and provide deeper insights into technical systems.*

Keywords: *Machine learning. Large language models. Failure automation. Causal diagrams. Failure analysis. System dynamics. Causal relationship identification. System modeling.*

1. UVOD

U savremenim tehničkim i industrijskim sistemima, analiza grešaka i razumevanje uzročno-posledičnih odnosa od izuzetne su važnosti za očuvanje pouzdanosti, efikasnosti i bezbednosti sistema [1]. Tradicionalni pristupi, poput FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*), koriste se za identifikaciju potencijalnih kvarova u sistemima, procenu njihovih posledica i definisanje preventivnih mera. Takođe, uzročno-posledični dijagrami (*Causal Loop Diagrams - CLD*) omogućavaju grafičko prikazivanje dinamike i međusobnih veza između elemenata sistema, što pomaže u razumevanju njihovog uticaja na celokupno ponašanje sistema [2]. Ovi alati pružaju strukturisan pristup analizi složenih sistema i omogućavaju donošenje odluka u različitim fazama njihovog razvoja i održavanja.

Međutim, uprkos svojoj efikasnosti, tradicionalni procesi suočavaju se sa različitim izazovima. Analiza grešaka i kreiranje uzročnih dijagrama često zahtevaju mnogo resursa, specifično znanje i vreme. Takođe, ljudska subjektivnost može dovesti do grešaka u identifikaciji uzroka, naročito u složenim sistemima sa velikim brojem međuzavisnosti, što može umanjiti tačnost analiza i usporiti donošenje odluka.

Razvojem velikih jezičkih modela (*Large Language Models - LLM*), kao što su GPT-4o, BERT i slični sistemi, pojavila se mogućnost za automatizaciju ovih procesa. Zahvaljujući sposobnosti razumevanja i generisanja prirodnog jezika, LLM sistemi mogu efikasno obraditi velike količine nestrukturiranih podataka, prepoznati ključne informacije i povezati uzroke i posledice na način koji je često precizniji i daje rezultate sa manje grešaka od tradicionalnih metoda.

Cilj ovog rada je da istraži potencijal primene LLM tehnologije u automatizaciji analize grešaka i generisanju uzročnih dijagrama. Fokusiraćemo se na identifikaciju prednosti koje ove tehnologije donose, kao i izazove s kojima se susreću, dok se razmatraju i potencijalna unapređenja koja bi mogla doprineti većoj tačnosti i efikasnosti u analizi tehničkih i industrijskih sistema.

2. METODOLOGIJA

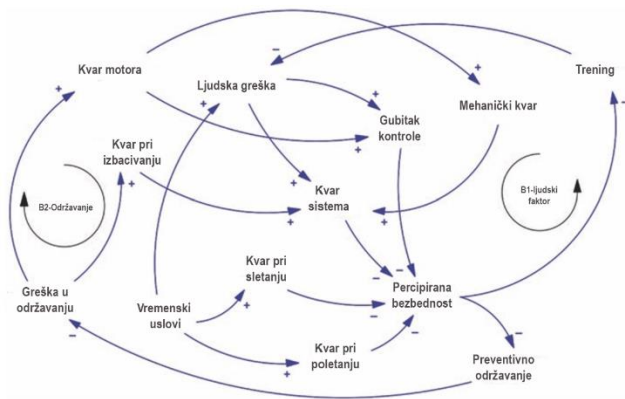
U nastavku rada prikazan je detaljan pregled analiza grešaka i uzročnih dijagrama, zatim tehnologije velikih jezičkih modela, njihovih mogućnosti za automatizaciju ovih procesa, zajedno sa pregledom ključnih izazova i potencijalnih aktivnosti u budućnosti.

2.1. Osnovne analize grešaka i uzročnih dijagrama

Jedna od ključnih tehnika za identifikaciju i analizu potencijalnih grešaka u sistemima je FMEA. Ova metoda pruža sistematičan pristup prepoznavanju grešaka, proceni ozbiljnosti i učestalosti, kao i definisanju mera za smanjenje rizika. FMEA se široko koristi u industrijskim procesima kako bi se povećala pouzdanost sistema i smanjila verovatnoća nespeha.

Uz analizu grešaka, važno je razumeti i međusobnu povezanost elemenata sistema, za šta su posebno korisni uzročno-posledični dijagrami CLD. Ovi dijagrami predstavljaju vizuelni alat za analizu dinamičkih sistema, prikazujući odnose između varijabli tokom vremena. Varijable su predstavljene kao čvorovi, dok strelice označavaju smer i prirodu (pozitivnu ili negativnu) njihovih interakcija. CLD su neophodni za modelovanje složenih sistema sa međusobno zavisnim komponentama, kao što su proizvodni lanci, industrijski procesi ili socijalni sistemi. Osim analize postojećeg stanja, CLD omogućavaju simulaciju različitih scenarija, predviđanje ponašanja sistema i procenu efekata promena pre njihove implementacije.

S obzirom na pomenute poteškoće koje ovi pristupi mogu imati, u nastavku ćemo se osvrnuti na koncept velikih jezičkih modela i istražiti kako oni mogu olakšati identifikaciju, analizu i rešavanje problema u složenim sistemima, čineći procese bržim, pouzdanijim i efikasnijim. Korišćenje LLM pristupa može smanjiti ljudsku subjektivnost i omogućiti rad sa velikim skupovima podataka, čime se olakšava donošenje odluka u kompleksnim i dinamičkim uslovima. Na slici 1. prikazan je primer uzročno-posledičnog dijagrama koji prikazuje potencijalne greške koje se mogu javiti u avio industriji [3].

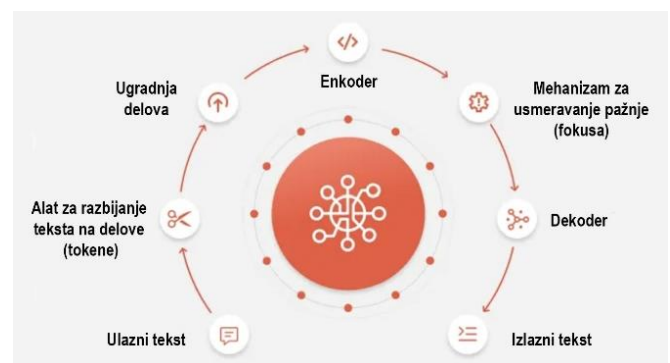


Slika 1. Primer uzročno-posledičnog dijagrama o potencijalnim greškama koje se mogu javiti u avio industriji.

2.2. Tehnologija velikih jezičkih modela (LLM)

Veliki jezički modeli predstavljaju napredne modele zasnovane na veštačkoj inteligenciji koji imaju sposobnost razumevanja i generisanja jezičkog izraza koji primenjujemo u svakodnevnoj komunikaciji. Ovi modeli koriste ogromne količine tekstualnih podataka kako bi se trenirali na zadacima poput analize, prepoznavanja obrazaca, generisanja teksta i odgovaranja na pitanja. LLM se zasnivaju na dubokim neuronskim mrežama, a najpoznatiji primeri modela uključuju OpenAI GPT seriju i Google BERT. Oni se primenjuju u mnogim domenima, uključujući prepoznavanje sentimenta, automatsku generaciju sadržaja, prevođenje jezika, kao i analizu velikih skupova podataka.

LLM se ističu i u analizi grešaka jer imaju sposobnost obrade značajnih količina tekstualnih podataka, čime mogu efikasno identifikovati greške i povezati ih sa potencijalnim uzročnim faktorima. Na primer, kada se koristi za analizu velikih skupova tehničkih izveštaja, korisničkih povratnih informacija ili rezultata testiranja sistema, LLM mogu automatski prepoznati uobičajene greške, klasifikovati ih i izdvojiti ključne informacije koje su relevantne za rešavanje problema. LLM takođe mogu povezivati identifikovane greške sa njihovim uzrocima u sistemu, što omogućava bržu i precizniju analizu i pronalaženje rešenja. Na slici 2. prikazan je primer funkcionalnosti LLM, od uzimanja izvornog teksta, preko obrade do generisanja rezultata [4].



Slika 2. Ilustracija funkcionalnosti LLM, od uzimanja izvornog teksta, preko obrade do generisanja rezultata

2.3. Automatizacija analize grešaka pomoću LLM

Automatizacija analize grešaka pomoću velikih jezičkih modela omogućuje poboljšanje procesa prepoznavanja, kategorizacije i analize grešaka u složenim sistemima. Ovi modeli su sposobni da obrade velike količine tekstualnih podataka, izvode analize i prepoznaju obrasce koji bi bili teško uočljivi tradicionalnim metodama. Kada su u pitanju greške u industrijskim procesima, LLM omogućuju precizno i brzo identifikovanje problema, povezivanje uzroka i posledica, te daju konkretne smernice za unapređenje efikasnosti sistema.

Jedna od ključnih sposobnosti LLM-a u analizi grešaka je mogućnost da automatski prepoznaju i kategorizuju greške u tekstualnim opisima, izveštajima ili tehničkoj dokumentaciji. Na primer, u automobilskoj industriji, LLM mogu analizirati servisne izveštaje i prepoznati greške nastale tokom montaže određenih komponenti. Kada se greške identifikuju, LLM ih povezuju sa prethodnim procesima ili promenama u dizajnu, što omogućava brz odgovor i identifikaciju tačnog izvora problema. Dodatno, LLM mogu pratiti učestalost i obrasce

grešaka kroz vreme, čime se omogućava prevencija sličnih grešaka u budućnosti.

U nastavku je dat deo JSON fajla koji je generisan pomoću LLM-a [5, 6]. Ulazni podaci su servisni izveštaji o greškama u različitim komponentama proizvodnje, dok izlaz uključuje analizu tih grešaka, uzročnu povezanost između njih i preporuke za preventivne mere.

LLM analiziraju podatke pomoću prirodnog jezika i uzročnog zaključivanja, identifikujući kako greške u jednoj komponenti mogu uticati na druge delove proizvodnog procesa. Na osnovu ove analize, model generiše JSON fajl koji sadrži sledeće informacije:

- Ulazni podaci** – Servisni izveštaji o greškama, sa detaljima o komponentama, greškama, i vremenu nastanka.
- Analiza uzročnosti** – Model koristi svoje razumevanje procesa da mapira kako jedna greška može izazvati lančanu reakciju u drugim delovima proizvodnje.
- Preporuke i učestalost grešaka** – Na osnovu učestalosti grešaka, LLM generiše preporuke za prevenciju sličnih grešaka u budućnosti.
- JSON formatiranje** – Podaci o greškama, vezama između njih i preporukama organizovani su u strukturu koja je lako obradiva za dalju analizu ili vizualizaciju.

```
{
  "ulazni_podaci": {
    "komponenta": "Motor",
    "greška": "Povišena radna temperatura",
    "vreme_nastanka": "2024-11-15T08:30:00"
  },
  "analiza_uzročnosti": {
    "povezane_greške": [
      {
        "komponenta": "Rashladni sistem",
        "greška": "Neispravan rashladni sistem",
        "povezanost": "Visoka temperatura motora utiče na rashladni sistem"
      }
    ]
  },
  "preporuke": {
    "preporuke_za_preveciju": [
      "Proveriti rashladni sistem",
      "Zameniti oštećene delove",
      "Poboljšati montažu rashladnog sistema"
    ]
  }
}
```

Ovako generisan JSON fajl omogućuje inženjerima da brzo identifikuju problematične oblasti u proizvodnom procesu i preduzmu odgovarajuće mere, čime se poboljšava efikasnost i smanjuje rizik od ponovljenih grešaka.

2.4. Generisanje uzročnih dijagrama pomoću LLM

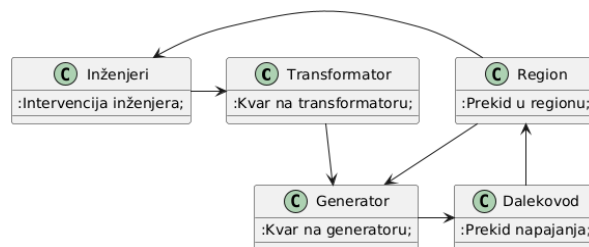
Automatizovano generisanje uzročnih dijagrama predstavlja jedan od ključnih benefita korišćenja velikih jezičkih modela u analizi složenih sistema. LLM mogu efikasno obraditi tekstualne podatke, kao što su tehnički izveštaji, dijagrami grešaka ili dokumentacija o sistemima, kako bi automatski prepoznali ključne elemente i njihove međusobne veze. Na osnovu tih podataka, modeli mogu

generisati uzročne dijagrame koji vizualizuju dinamiku sistema, identifikujući uzroke i posledice različitih događaja unutar sistema. Ovakvi dijagrami pomažu analitičarima da bolje razumeju kako se problemi u jednom delu sistema mogu širiti i uticati na druge delove, čime se omogućava brže i preciznije donošenje odluka.

LLM koriste sposobnosti razumevanja i prepoznavanja obrazaca u tekstu kako bi rekonstruisali uzročne veze između različitih elemenata sistema. Na primer, kada analiziraju izveštaje o greškama, LLM mogu automatski prepoznati vezu između grešaka u jednom procesu i njihovih posledica u narednim fazama, formirajući uzročnu mapu koja pomaže u identifikaciji tačnih uzroka nekog problema. Ovo omogućava efikasnije rešavanje izazova, smanjenje grešaka u budućnosti i unapređenje celokupnog sistema.

Jedan konkretan primer generisanja uzročnog dijagrama u energetici može biti analiza kvarova u sistemu napajanja električnom energijom. LLM mogu uspešno analizirati i tehničke izveštaje o prekidima napajanja ili greškama u transformatorima, generatorima i drugim komponentama. Na osnovu tih podataka, model može generisati uzročni dijagram koji prikazuje kako jedan kvar u transformatoru može izazvati lančanu reakciju koja dovodi do prekida u opštem snabdevanju energijom u širem regionu. Takav dijagram može omogućiti inženjerima bržu identifikaciju početnih tačaka kvara i preduzimanje odgovarajućih akcija za minimiziranje posledica i sprečavanje budućih problema. Na slici 3. je data ilustracija prethodno opisanog problema, sa sledećim elementima [6]:

- Transformator** – Kvar na transformatoru prenosi se na generator, uzrokujući njegov zastoj.
- Generator** – Kvar na generatoru dovodi do prekida u napajanju električnom energijom.
- Dalekovod** – Prekid napajanja uzrokuje probleme u širem regionalnom području.
- Region** – Prekid napajanja aktivira intervenciju inženjera kako bi rešili problem.
- Inženjeri** - Intervencija inženjera omogućava popravku i stabilizaciju sistema.



Slika 3. CLD kreiran pomoću rezultata primene LLM-a. Dijagram koristi JSON podatke i prikazuje kako greške u jednom procesu mogu izazvati lančanu reakciju u sistemu.

Ključna prednost LLM-a u generisanju uzročnih dijagrama leži u njihovoj sposobnosti da se prilagode promenama i novim informacijama [7]. Kako se sistemi razvijaju ili kako nove informacije postaju lakše dostupne, LLM pruža kontinuirano ažuriranje uzročnih dijagrama. Novi podaci mogu biti automatski analizirani, a prateći dijagrami se mogu lakše prilagođavati novim saznanjima. Na primer, ako dođe do promene u dizajnu sistema ili u načinu rada određenog

procesa, LLM mogu ažurirati dijagram da uključi nove uzročne veze koje prethodno nisu bile prepoznate [7, 8]. Takva fleksibilnost omogućuje stvaranje dijagrama koji se stalno usklađuju sa trenutnim stanjem sistema, što je od suštinskog značaja za dinamične sektore poput automobilske, energetske, mašinske ili IT industrije.

Zahvaljujući sposobnostima efikasnog prilagođavanja, uzročni dijagrami generisani pomoću LLM-a se konstantno razvijaju i optimizuju kako bi sadržali najnovije informacije o sistemu. Ovo pre svega omogućuje korporacijama da stalno prate efikasnost svojih sistema, prepoznaju nove probleme i unaprede procese u realnom vremenu [9, 10].

2.5. Izazovi i budući pravci razvoja

Izazovi u primeni LLM-a u analizi grešaka i uzročnih dijagrama uključuju nekoliko ključnih faktora. Iako LLM mogu efikasno obraditi velike količine podataka, često se susreću sa komplikacijama u razumevanju specifičnih tehničkih konteksta i osobina koje su značajne za preciznu analizu grešaka. Ove karakteristike, koje neretko mogu biti i specifične za različite industrije ili tehnologije, predstavljaju ključan izazov za modele koji su trenirani na opštem korpusu podataka. Takođe, značajan izazov predstavlja i konverzija nestrukturiranih podataka u strukturirane, što je neophodno za generisanje tačnih uzročnih dijagrama. Iako LLM mogu dobro prepoznati uzročne veze u jednostavnim sistemima, složenost dinamičkih sistema, sa interakcijama i povratnim petljama, često zahteva dublje razumevanje i modeliranje, što je trenutno tehnološki izazov [11-13]. U tom kontekstu, razvoj boljih metoda za modeliranje složenih sistema, kao i integracija sa naprednim tehnikama poput inteligentne analize podataka i mašinskog učenja, može doprineti većoj tačnosti i efikasnosti LLM sistema. U budućnosti, istraživanje će se fokusirati i na prilagođavanje LLM specifičnim industrijskim potrebama, kroz znatno detaljniju kontrolu njihovog razumevanja datog konteksta.

3. ZAKLJUČAK

Ključni rezultati ovog rada ukazuju na značajne prednosti primene LLM u automatizaciji analize grešaka i generisanju uzročnih dijagrama u industrijskim procesima. LLM sistemi efikasno obrađuju velike količine nestrukturiranih podataka, prepoznaju uzročne veze između grešaka i omogućavaju bržu identifikaciju izvora problema. Povezivanje na ovaj način u kompleksnim sistemima smanjuje rizik od ponovljenih grešaka i znatno unapređuje procese proizvodnje i održavanja. Upotreba LLM omogućuje ne samo bržu, već i precizniju analizu grešaka, što doprinosi optimizaciji proizvodnih i operativnih procesa, smanjujući vreme potrebno za otkrivanje i otklanjanje grešaka. Međutim, i dalje postoje određeni izazovi u implementaciji LLM-a, kao što su razumevanje specifičnih tehničkih konteksta i modeliranje složenijih dinamičkih sistema, što može uticati na relevantnost analize. Povezivanje LLM sa stručnim domenima kroz dodatne specijalizacije pružalo bi kvalitetniju primenu u specifičnim industrijskim i privrednim sektorima. Prevazilaženjem trenutnih prepreka, LLM mogu doneti bitan napredak i u automatizaciji analize grešaka i kreiranju uzročnih dijagrama, što bi unapredilo operativne procese u mnogim granama industrije, povećavajući njihovu agilnost, produktivnost i preciznost. Dalji razvoj i integracija LLM-a u industrijske

sisteme stvorice nove mogućnosti za unapređenje performansi i smanjenje operativnih troškova.

LITERATURA

- [1] Liu, N. Y. G., & Keith, D. (2024). Leveraging Large Language Models for Automated Causal Loop Diagram Generation: Enhancing System Dynamics Modeling through Curated Prompting Techniques. Available at SSRN 4906094.
- [2] Kıcıman, E., Ness, R., Sharma, A., & Tan, C. (2023). Causal reasoning and large language models: Opening a new frontier for causality. *arXiv:2305.00050*.
- [3] Taramsari, H. B., Rao, B., Nilchiani, R., & Lipizzi, C. (2024). Identification of variables impacting cascading failures in aerospace systems: A natural language processing approach. In *Conference on Systems Engineering Research* (pp. 413-427). Cham: Springer Nature Switzerland.
- [4] Hiregowdar, S. (2023). Large Language Models: What they are and Why they matter. *Medium*. <https://medium.com/@shwethamhiregowdar/large-language-models-what-they-are-and-why-they-matter-f83cb1f6f3f5>
- [5] Mior, M. J. (2024). Large Language Models for JSON. Schema Discovery. *arXiv:2407*.
- [6] Jansen, J. A., Manukyan, A., Al Khoury, N., & Akalin, A. (2023). Leveraging large language models for data analysis automation. *bioRxiv*, 2023-12.
- [7] El Hassani, I., Masrouf, T., Kourouma, N., Motte, D., & Tavčar, J. (2024). Integrating large language models for improved failure mode and effects analysis (FMEA): a framework and case study. *Proceedings of the Design Society*, 4, 2019-2028
- [8] Vyshnevskaya, A. (2024). *Top 3 LLMs for Enterprises: comparison*. Master of Code Global. <https://masterofcode.com/blog/llms-for-enterprise>
- [9] Ali, W., Zuo, W., Ying, W., Ali, R., Rahman, G., & Ullah, I. (2023). Causality extraction: A comprehensive survey and new perspective. *Journal King Saud University - Computer and Information Sciences*, 35(7), 101593. <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2023.101593>
- [10] Asghar, N. (2016). Automatic extraction of causal relations from natural language texts: a comprehensive survey. *arXiv:1605.07895*.
- [11] Barbrook-Johnson, P., & Penn, A. S. (2022). *Systems Mapping: How to build and use causal models of systems* (p. 186). Springer Nature.
- [12] Hosseinichimeh, N., Majumdar, A., Williams, R., & Ghaffarzadegan, N. (2024). From text to map: a system dynamics bot for constructing causal loop diagrams. *System Dynamics Review*, 40(3), e1782.
- [13] Tie, J., Yao, B., Li, T., Ahmed, S. I., Wang, D., & Zhou, S. (2024). LLMs are Imperfect, Then What? An Empirical Study on LLM Failures in Software Engineering. *arXiv preprint arXiv:2411.09916*.

**PRIMENA MAŠINSKOG UČENJA ZA PREDIKCIJU POPULARNOSTI PARFEMA:
ANALIZA MIRISNIH NOTA I POTROŠAČKOG PONAŠANJA****APPLICATION OF MACHINE LEARNING FOR PERFUME POPULARITY
PREDICTION: ANALYSIS OF FRAGRANCE NOTES AND CONSUMER BEHAVIOR**

Milena Nikolić, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Marina Marjanović, *Univerzitet Singidunum, Danijelova 32, Beograd.*

Žarko Rađenović, *Inovacioni Centar Univerziteta u Nišu, Univerzitetski trg 2, Niš.*

Sadržaj - *Prediktivna analiza popularnosti parfema postaje ključna u savremenoj industriji, posebno u uslovima brzih tržišnih promena i dinamičnih potrošačkih navika. Ovaj rad istražuje primenu mašinskog učenja u analizi mirisnih nota i ponašanja potrošača s ciljem predviđanja popularnosti parfema. Na osnovu podataka sa Parfumo platforme, primenjene su sofisticirane metode za obradu i analizu podataka. Koristeći vremenske serije koje sadrže informacije o mirisnim notama i godinama lansiranja parfema, implementirali smo mreže sa dugoročnom i kratkoročnom memorijom za modeliranje budućih trendova u popularnosti parfema. Pored toga, korišćene su napredne tehnike dubokog učenja za analizu evolucije potrošačkih navika tokom vremena. Analiza je dodatno podržana grafikonomima koji ilustruju pozicioniranje parfemskih nota na tržištu, čime se omogućuje jasnije razumevanje i unapređene predikcije. Rezultati analize ukazuju na visoku preciznost u predikciji, što može značajno doprineti strateškom planiranju i optimizaciji marketinških aktivnosti u industriji parfema.*

Ključne reči: *Prediktivna analiza. Popularnost parfema. Mašinsko učenje. Analiza tržišta. Mirisne note. LSTM mreže. Duboko učenje. Vremenske serije. Ponašanje potrošača. Trendovi popularnosti.*

Abstract - *Predictive analysis of perfume popularity is becoming crucial in the modern industry, especially in the context of rapid market changes and dynamic consumer preferences. This paper explores the application of machine learning in analyzing fragrance notes and consumer behavior to predict perfume popularity. Based on data from the Parfumo platform, sophisticated methods for data processing and analysis were applied. Using time series containing information about fragrance notes and perfume launch years, we implemented LSTM (Long Short-Term Memory) networks to model future trends in perfume popularity. Additionally, advanced deep learning techniques were used to analyze the evolution of consumer preferences over time. The analysis is further supported by visualizations illustrating the positioning of fragrance notes in the market, enabling better understanding and enhanced predictions. The analysis results indicate a high level of prediction accuracy, which can significantly contribute to strategic planning and optimization of marketing activities in the perfume industry.*

Keywords: *Predictive analysis. Perfume popularity. Machine learning. Market analysis. Fragrance notes. Consumer behavior. LSTM networks. Deep learning. Time series. Popularity trends.*

1. UVOD

Savremena industrija parfema konstantno se suočava sa brojnim izazovima, uključujući brze promene u potrošačkim navikama i sve veću konkurenciju na globalnom nivou. Uslovi tržišta se stalno menjaju, naročito sa ubrzanim razvojem trgovine preko interneta (*e-commerce*), što dodatno povećava pritisak na proizvođače da spremno reaguju na nove trendove i inovacije [1]. Uzimajući u obzir brz razvoj tržišta i široku zastupljenost brendova, od izuzetnog značaja za proizvođače kozmetičkih proizvoda je da oblikuju efikasne industrijske i marketinške strategije koje bi im omogućile da što preciznije predvide promene u potrošačkom ponašanju i da se istaknu u sve izazovnijem konkurentskom okruženju.

Tradicionalni pristupi analizi tržišta, poput fokus grupa, anketa i osnovnih statističkih analiza, dugo su bili oslonac za

donošenje strateških odluka [2]. Međutim, ovi pristupi često ne uspevaju da obuhvate kompleksnost podataka koji dolaze iz različitih izvora, kao što su dinamične potrošačke navike i evolucija mirisnih nota tokom vremena [3].

Jedno od glavnih ograničenja ovih metoda leži u njihovoj neefikasnosti da na adekvatan način integrišu velike količine podataka i identifikuju skrivene obrasce u njima. Na primer, klasične regresione analize često pretpostavljaju linearnost u podacima, što može uzrokovati da preciznost bude ograničena samo na specifične scenarije [4], [5].

Motivacija za primenom naprednih tehnika mašinskog učenja proizilazi iz potrebe za efikasnijim alatima za analizu kompleksnih podataka o tržištu parfema. Mašinsko učenje pruža analizu podataka velike dimenzionalnosti, identifikaciju

suptilnih obrazaca i modelovanje nelinearnih odnosa, što ga čini idealnim za ovu svrhu.

Istraživanje obuhvata pripremu podataka za dalju obradu, izbacivanje nepotpunih unosa, analizu trendova i identifikaciju najzastupljenijih nota. Implementirana je *Long Short-Term Memory* arhitektura za modelovanje trendova popularnosti parfema i predikciju ključnih mirisnih nota. Dodatne metode, poput regularizacije i optimizacije, doprinele su značajnom poboljšanju performansi modela i smanjenju rizika od prekomernog prilagođavanja podacima (tzv. *overfitting*) [6, 7].

Cilj rada je da se primenom mašinskog učenja unaprede tržišne predikcije i prevaziđu bitna ograničenja tradicionalnih metoda. Dobijeni rezultati pružaju značajan doprinos razvoju industrije parfema i podršku u donošenju strateških odluka.

2. METODOLOGIJA

2.1. Pregled skupa podataka

Podaci korišćeni u istraživanju preuzeti su sa *Kaggle* web sajta, iz kolekcije koja se bazira na informacijama sa internet zajednice *Parfumo.com*, poznate po detaljnim recenzijama i opisima parfema [8]. Skup podataka obuhvata raznovrsne karakteristike parfema, uključujući nazive, brendove, godine lansiranja i koncentraciju (*Eau de Parfum* ili *Eau de Toilette*). Pored osnovnih informacija, dostupne su i ocene korisnika, kako u vidu prosečne vrednosti (*Rating Value*), tako i kroz ukupan broj recenzija (*Rating Count*).

Dodatno, skup podataka sadrži informacije o parfemskim notama, podeljenim na gornje, srednje i bazne note, koje prate razvoj mirisa kroz vreme. Prisutni su i podaci o kreatorima parfema, čime se omogućuje dalja analiza stilskih obrazaca povezanih sa poznatim dizajnerima.

Za potrebe ovog istraživanja fokusiraćemo se na odabrane attribute koji najviše doprinose predikciji popularnosti mirisnih nota, dok ćemo ostale attribute ostaviti za buduća istraživanja i druge aspekte predikcije. Uprkos određenim anomalijama i manjim delovima informacija koje nedostaju, priloženi skup podataka predstavlja kvalitetnu osnovu detaljno istraživanje i prediktivno modelovanje, s obzirom na širinu i raznovrsnost dostupnih informacija.

2.2. Priprema podataka

Priprema podataka započeta je filtriranjem kolekcije kako bi se uklonili nepotpuni ili nerelevantni unosi. Eliminirani su parfemi kojima su sve tri kategorije mirisnih nota bile prazne, jer takvi zapisi nisu doprinosili analizi.

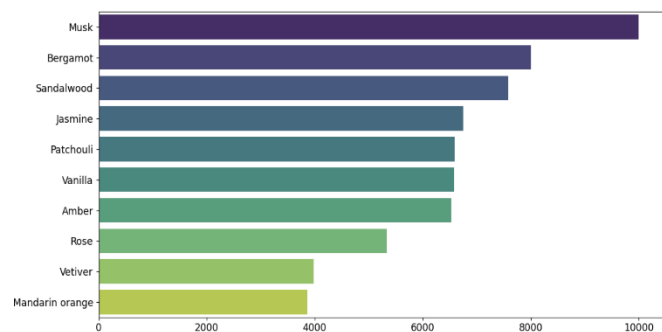
Za dalje analize, gornje, srednje i bazne note spojene su u jedinstvenu kolonu pod nazivom *Perfume Notes*, čime su objedinjene ključne informacije o mirisnim karakteristikama parfema. Na taj način je omogućeno efikasnije pretraživanje i analiza nota u širem kontekstu. Pored nota, značaj je dat i atributima vezanim za ocene i recenzije kako bi se analizirali korisnički stavovi prema različitim parfemima. Gde su ove vrednosti nedostajale, uvedene su adekvatne zamene - parfemi bez prosečnog rejtinga ocenjeni su prema popularnosti brenda i mirisnih nota, dok su parfemi bez poznate godine lansiranja zanemareni. Tako je dobijeno nešto više od 22000 validnih podataka. U Tabeli I prikazani su odabrani atributi za dalju obradu, zajedno sa njihovim nazivima, opisima i brojem dostupnih vrednosti pre dodele alternativnih rejtinga.

Tabela I Odabrani atributi iz skupa podataka

Naziv atributa	Opis atributa	Broj ne-null vrednosti
Name	pun naziv parfema	22679
Brand	pun naziv proizvođača (marke) parfema	22679
Release Year	godina lansiranja parfema	22679
Rating Value	prosečna vrednost rejtinga	17096
Rating Count	broj dodeljenih rejtinga	17096
Perfume Notes	grupisane gornje, srednje i donje mirisne note parfema	22679

2.3. Analiza postojećih trendova

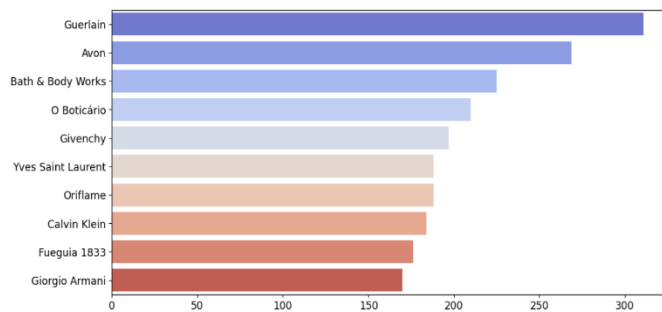
Posle niza koraka za pripremu podataka, analizirani su osnovni trendovi u skupu podataka, uključujući učestalost nota, najzastupljenije brendove i raspodelu godina lansiranja parfema. Cilj analize je bio identifikovati dominantne obrasce i navike korisnika u industriji parfema [9].



Slika 1. Najzastupljenije parfemske note.

Parfemske note su izdvojene iz kolona i grupisane radi analize učestalosti pojedinačnih komponenti. Na osnovu ove analize, izdvojeno je dvadeset najčešćih nota, među kojima dominiraju mirisi mošusa, sandalovine i vanile. Vizualizacija raspodele parfemskih nota prikazana je kroz grafikon na slici 1. Na x-osi je prikazan broj parfema u kojima su određene note zastupljene, dok su na y-osi prikazani puni nazivi ovih nota.

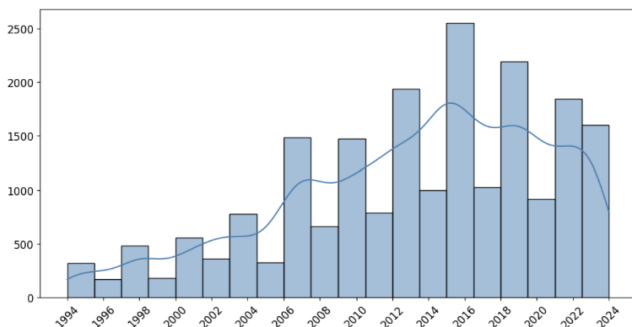
Dalje, kroz analizu broja parfema po brendovima, može se primetiti da *Guerlain* ima najveći broj parfema u ovom skupu podataka. Na slici 2. prikazani su najzastupljeniji brendovi parfema, pružajući jasnu sliku o njihovoj tržišnoj dominaciji. Slično grafikonu 1, na x-osi je broj parfema po brendu, a na y-osi su njihovi nazivi.



Slika 2. Najzastupljeniji brendovi parfema.

Godine izdanja parfema analizirane su u periodu od 1994. do 2024. godine, a histogram sa slike 3. ilustruje varijaciju broja novih parfema tokom vremena. Ovde se može uočiti očigledan porast u poslednje dve decenije, što ukazuje na

rastući interes i inovacije u industriji parfema. Na x-osi su godine iz opsega, dok y-osa prikazuje broj parfema po godini. Grafikon koristi 20 binova, što omogućuje detaljniju analizu broja parfema po godinama, uz primenu *KDE (Kernel Density Estimation)* za distribuciju i uočavanje trendova. Godine su prilagođene tako da se prikazuju samo parne vrednosti, čime je omogućeno jasnije i preglednije čitanje podataka.



Slika 3. Raspodela lansiranja novih parfema u poslednjih 30 godina.

2.4. Izbor modela i tehnika dubokog učenja

Za analizu datih vremenskih serija i praćenje učestalosti parfemskih nota, odabran je poznati *Long Short-Term Memory (LSTM)* model, jer se pokazao kao najprikladniji izbor za obradu vremenski zavisnih podataka. LSTM predstavlja specifičan tip rekurentne neuronske mreže (RNN) koja je dizajnirana za rešavanje problema dugoročnih zavisnosti u sekvencijalnim podacima. U kontekstu analize parfemskih nota, LSTM omogućuje da se modeluju složeniji obrasci promena u učestalosti nota tokom vremena i da se predviđaju buduće promene na osnovu tih obrazaca [10], [11].

Primarni razlog za odabir LSTM modela je njegova sposobnost da "pamti" informacije tokom dužeg vremenskog perioda, prevazilazeći izazove RNN mreža. Kod RNN-a, eksplozija gradijenata dovodi do prekomernih promena u parametrima, što dodatno destabilizuje model, dok nestajanje gradijenata uzrokuje usporeno ili nemoguće ažuriranje parametara u početnim slojevima, što znatno otežava učenje dugoročnih zavisnosti. Svojim memorijskim ćelijama, LSTM efikasno rešava ove izazove i omogućuje preciznu analizu sa pouzdanim predviđanjima u vremenskim serijama.

Deset najčešće zastupljenih mirisnih nota, identifikovanih u prethodnom koraku, korišćeno je za analizu i kreiranje modela. Ovi podaci su organizovani u vremenske serije, gde su parfemske note za svaku godinu predstavljene binarnim vrednostima: 1 za prisustvo i 0 za odsustvo.

Radi poboljšanja stabilnosti i efikasnosti treninga, podaci su normalizovani pomoću *MinMaxScaler*-a, čime su skalirani u opsegu od 0 do 1. Ova normalizacija omogućila je stabilnije iteracije tokom treniranja i bolje prilagođavanje podacima. Dodatno, korišćenjem *look_back* funkcije za kreiranje ulaznih i izlaznih sekvenci sa povratnim periodom od tri godine, model je dodatno prilagođen za analizu obrazaca u starijim podacima, što pruža preciznije predviđanje učestalosti parfemskih nota u narednim godinama.

Struktura slojeva modela je data u nastavku:

- Prvi LSTM sloj, sa 64 neuronske jedinice, postavljen je da generiše sekvencijalne izlaze, čime omogućuje modelu da identifikuje dugoročne zavisnosti između parfemskih nota kroz vreme.

- Drugi LSTM sloj, sa 32 neuronske jedinice, procesira informacije iz prethodnog sloja, pri čemu poboljšava prepoznavanje finih promena u učestalosti nota.
- Dropout sloj sa stopom od 20% uveden je kako bi se sprečilo prekomerno prilagođavanje modela na trening podatke, čime se poboljšava sposobnost generalizacije i smanjuje rizik od overfitting-a.
- Na kraju, Dense sloj daje prognoze za top deset parfemskih nota, omogućujući modelu da predvidi prisustvo ili odsustvo svake note u budućem periodu.

Za evaluaciju greške model primenjuje srednje kvadratno odstupanje (*Mean Squared Error - MSE*), koje je pogodno za probleme gde treba predvideti kontinualne vrednosti. Za optimizaciju korišćen je *RMSprop*, koji se koristi u radu sa rekurentnim mrežama zbog sposobnosti da stabilizuje proces treniranja kod vremenskih serija i sekvencijalnih podataka.

Početni hiperparametri obuhvatali su 50 epoha i batch veličinu od 32, uz podelu podataka na 80% za trening i 20% za testiranje. Ovakva podela omogućuje modelu da se obuči na većem skupu podataka, dok se validacija vrši na manjem, nezavisnom skupu kako bi se procenila sposobnost modela da primeni naučeno nad nepoznatim podacima.

Da bi se poboljšao proces treniranja, primenjeni su mehanizmi *EarlyStopping* i *ModelCheckpoint*. *EarlyStopping* prepoznaje trenutak kada model ne pokazuje napredak na validacionim podacima tokom uzastopnih epoha i automatski zaustavlja trening, štedeći vreme i resurse. Sa druge strane, *ModelCheckpoint* omogućuje čuvanje najbolje verzije modela sa najmanjom greškom na validacionim podacima, čime se garantuje maksimalna efikasnost tokom treninga [12], [13].

2.5. Validacija modela i evaluacija performansi

Prvi deo validacije podrazumeva vizualizaciju stvarnih i predviđenih vrednosti za deset najčešćih nota na test skupu. Inicijalni rezultati pokazuju da model prati vremenske trendove, ali isto tako ukazuju i na mogućnost poboljšanja, posebno za manje zastupljene note.

Kako bi se dodatno unapredili dobijeni rezultati, struktura modela je dodatno modifikovana, uključujući:

1. Dodavanje L2 regularizacije u Dense sloj kako bi se smanjila kompleksnost modela.
2. Eksperimentisanje sa različitim veličinama i brojem LSTM slojeva, gde je dodatni sloj sa manjim brojem jedinica testiran za detekciju suptilnijih obrazaca.
3. Promena algoritma optimizacije na *Adam* radi bržeg konvergiranja modela ka optimalnim parametrima.

Nakon opisanih unepređenja, model je ponovo treniran, pri čemu su dodatni slojevi i optimizacija smanjili grešku na test skupu. Pored toga, implementacija *TimeDistributed* Dense sloja omogućila je prognozu više koraka odjednom, čime je povećana efikasnost modela za buduće predikcije.

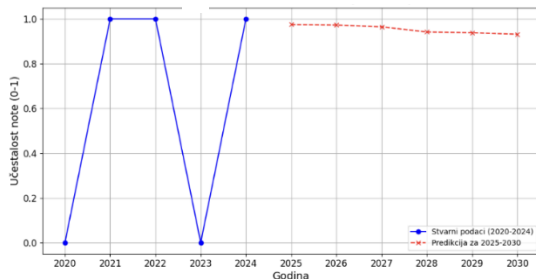
3. REZULTATI

Pre optimizacije, evaluacija modela pokazivala je greške koje su ukazivale na mogućnost poboljšanja tačnosti. Rezultati pre optimizacije bili su sledeći:

- MSE (Mean Squared Error) = 0.0201. Vrednost ukazuje da model dobro prati stvarne podatke. jer ne pravi velike greške u predikcijama, ali se može i dodatno unaprediti.
- MAE (Mean Absolute Error) = 0.1058. Ova vrednost daje prosečno apsolutno odstupanje stvarnih i predviđenih vrednosti i ukazuje na mogućnost daljih poboljšanja.

Nakon poboljšanja u arhitekturi modela, rezultati su znatno poboljšani. Novi rezultati nakon optimizacije bili su sledeći:

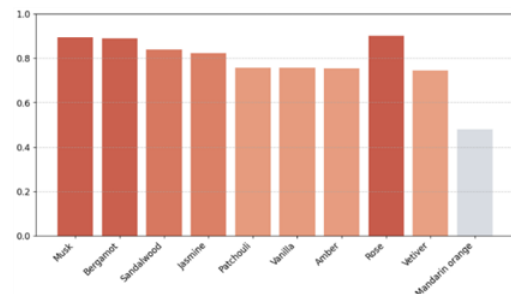
- MSE (Mean Squared Error) = 0.0101. Ova vrednost pokazuje manju grešku, što znači da su predviđene vrednosti sada bliže stvarnim podacima.
- MAE (Mean Absolute Error): MAE = 0.0801. Niža vrednost MAE ukazuje na poboljšanje u preciznosti modela i manju prosečnu grešku u predviđanjima.



Slika 4. Stvarne i predviđene vrednosti nakon optimizacije za mirisnu notu Ruže u periodu 2020-2030.

Na Slici 4. prikazane su stvarna i predviđena verovatnoća nakon optimizacije za mirisnu notu Ruže u periodu 2020-2030.

Na osnovu poboljšanih predikcija, model je uspeo da izdvoji ključne mirisne note koje će dominirati u budućnosti. Prema predikcijama modela, očekuje se rast popularnosti za mirisne note ruže, dok mandarina neće biti naročito prisutna. Mirisne note poput mošusa, sandalovine i jasmina, nastavljaju ustaljen trend popularnosti i možemo ih očekivati kod više parfema. Na slici 5. prikazana je predviđena verovatnoća popularnih mirisnih nota u 2025. godini, gde vrednost 1.0 označava skoro izvesno pojavljivanje, dok niže vrednosti ukazuju na manje šanse da će ta mirisna nota biti zastupljena.



Slika 5. Predviđena verovatnoća dominantnih mirisnih nota u 2025. godini.

4. ZAKLJUČAK

Na osnovu postignutih rezultata optimizacije, model je značajno unapređen, što se vidi kroz manje vrednosti MSE i MAE u odnosu na početnu fazu. Iako su ovi pokazatelji već na zadovoljavajućem nivou, još uvek ima prostora za dodatnim

unapređenjima, naročito u predviđanjima za parfemske note koje su manje zastupljene u skupu podataka.

Dalje istraživanje biće usmereno na testiranje modela na većim i raznovrsnijim skupovima podataka, kao i na implementaciju dodatnih tehnika optimizacije kako bi se postigla veća tačnost predikcija. Takođe, planira se analiza drugih metrika, poput R^2 , koji pokazuje koliko dobro model objašnjava varijaciju u podacima. Naredni korak biće primena modela u industrijskim uslovima, kao što su personalizovane preporuke, kako bi se testirala njegova praktična primena.

LITERATURA

- [1] Ou, C. C., & Chuang, S. H. (2023). Exploring the Factors that Influence Consumers to Purchase Perfume Products. *International Journal of Professional Business Review*, 8(5), e01310-e01310.
- [2] Kubartz, B. (2011). Sensing brands, branding scents: On perfume creation in the fragrance industry. In *Brands and branding geographies*. Edward Elgar Publishing.
- [3] Al Amin, M. (2022). The influence of psychological, situational and interactive technological feedback-related variables on customers' technology adoption to use online shopping applications. *Journal of Global Marketing*, 35(5), 384-407.
- [4] Fan, C, Chen, M, Wang, X, Wang, J & Huang, B. (2021) A review on data preprocessing techniques toward efficient and reliable knowledge discovery from building operational data. *Frontiers in energy research*.
- [5] Taha, K. (2024). Text Regression Analysis: A Review, Empirical, and Experimental Insights. IEEE Access.
- [6] Hochreiter, S, Schmidhuber, J. (1997). Long Short-Term Memory. *Neural Computation*, 9 (8): 1735–1780. doi: <https://doi.org/10.1162/neco.1997.9.8.1735>
- [7] Van Houdt, G., Mosquera, C., & Nápoles, G. (2020). A review on the long short-term memory model. *Artificial Intelligence Review*, 53(8), 5929-5955.
- [8] *Parfumo Fragrance Dataset* (September 2024). Kaggle. <https://www.kaggle.com/datasets/olgammiufanal/parfumo-fragrance-dataset>
- [9] Kim, J, Oh, K., & Oh, B. -S. (2024). An NLP-Based Perfume Note Estimation Based on Descriptive Sentences. *Applied Sciences*, 14(20), 9293.
- [10] R. C., & Morris, E. R. (2019). Understanding LSTM - a tutorial into long short-term memory recurrent neural networks. *arXiv:1909.09586*.
- [11] Yu, Y, Si, X, Hu, C, & Zhang, J. (2019). A review of recurrent neural networks: LSTM cells and network architectures. *Neural computation*, 31(7), 1235-1270.
- [12] Rodrigues, B. D. C. L., Santana, V. V., de Pinho Queiroz, L., Rebello, C. M., & Nogueira, I. B. (2023). Scents of AI: Harnessing Graph Neural Networks to Craft Fragrances Based on Consumer Feedback.
- [13] Khan, Z. Y., Niu, Z., Sandiwarno, S., & Prince, R. (2021). Deep learning techniques for rating prediction: a survey of the state-of-the-art. *Artificial Intelligence Review*, 54, 95-135.

PROJEKTOVANJE I RAZVOJ PROGRESIVNIH WEB APLIKACIJA ZA SKENIRANJE I PREPOZNAVANJE TEKSTA IZ KNJIGA DESIGN AND DEVELOPMENT OF PROGRESSIVE WEB APPLICATIONS FOR TEXT SCANNING AND RECOGNITION FROM BOOKS

Slavimir Stošović, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*
Nikola Vukotić, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*
Martin Stefanović, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Sadržaj - U ovom radu predstavljen je proces razvoja progresivne web aplikacije namenjene skeniranju i prepoznavanju teksta iz knjiga, uz korišćenje React radnog okvira i optičke tehnologije za prepoznavanje karaktera. Cilj rada bio je da se razvije rešenje koje omogućava efikasnu digitalizaciju tekstualnog sadržaja i unapređenje upravljanja podacima. Aplikacija korisnicima pruža mogućnost da slikaju stranice knjiga, izdvoje relevantne delove teksta, konvertuju ih u izmenjiv format i organizuju prema autorima, knjigama i ključnim oznakama (tagovima). Osim detaljne tehničke analize razvoja aplikacije, rad razmatra prednosti korišćenja PWA tehnologija, kao što su multiplatformska kompatibilnost, responzivnost i podrška za offline rad, čime se doprinosi unapređenju korisničkog iskustva. Poseban akcenat stavljen je na implementaciju OCR biblioteke Tesseract.js, koja omogućava visoku tačnost prepoznavanja teksta i jednostavnu integraciju u web aplikacije. Rezultati istraživanja ukazuju na značajne prednosti digitalizacije teksta za studente, istraživače i širu akademsku zajednicu.

Кljučне речи: *Progresivne web aplikacije (PWA), React, OCR, Digitalizacija teksta, Biblioteka Tesseract.js.*

Abstract - This paper analyzes the development process of a Progressive Web Application designed for text scanning and recognition from books, utilizing the React framework and Optical Character Recognition technology. The study aimed to develop a solution that facilitates efficient text content digitization and enhances data management. The application enables users to capture book pages, extract relevant text sections, convert them into editable formats, and organize them by authors, books, and tags. In addition to a detailed technical analysis of the application's development, the paper discusses the advantages of PWA technologies, such as cross-platform compatibility, responsiveness, and offline support, contributing to an improved user experience. Special emphasis is placed on implementing the Tesseract.js OCR library, which provides high text recognition accuracy and seamless integration into web applications. The research findings highlight the significant benefits of text digitization for students, researchers, and the broader academic community.

Keywords: *Progressive Web Applications (PWA), React, OCR, Text digitization, Tesseract.js library.*

1. UVOD

Digitalizacija informacija igra ključnu ulogu u savremenom društvu, omogućavajući lakšu organizaciju, pristup i pretragu podataka. U akademskom i istraživačkom kontekstu, digitalizacija tekstualnog sadržaja iz knjiga postaje sve važnija, jer olakšava arhiviranje, citiranje i dalju analizu. Međutim, proces prenošenja tekstova iz štampanih knjiga u digitalni format često je zahtevan, zahteva skupu opremu ili kompleksne aplikacije i zahteva značajan vremenski angažman.

Jedan od glavnih izazova u ovom procesu je potreba za jednostavnim i pristupačnim rešenjem koje omogućava korisnicima da brzo i efikasno prepoznaju tekst, sačuvaju ga u digitalnom formatu i organizuju na način koji odgovara njihovim potrebama. Ovaj problem je posebno izražen kod

studenata, istraživača, profesora i svih koji često rade sa štampanim materijalima.

Cilj ovog rada je predstaviti razvoj progresivne web aplikacije (engl. *Progressive Web Application* - PWA) koja koristi savremene web tehnologije za rešavanje pomenutih izazova. Aplikacija je osmišljena da korisnicima pruži mogućnost skeniranja stranica knjiga, prepoznavanje teksta putem OCR (engl. *Optical Character Recognition*) tehnologije, njegovog uređivanja i organizovanja po autorima, knjigama i tagovima. Razvoj aplikacije baziran je na korišćenju *React framework*-a i *Tesseract.js* biblioteke, čime se obezbeđuje multiplatformska podrška, responzivnost i intuitivno korisničko iskustvo.

Ovaj rad pruža detaljan uvid u teorijske osnove progresivnih web aplikacija i OCR tehnologije, kao i u sam

proces razvoja aplikacije, uključujući ključne funkcionalnosti i primenjene metodologije. Poseban akcenat stavljen je na evaluaciju performansi aplikacije i njene mogućnosti za unapređenje korisničkog iskustva u procesu digitalizacije.

Struktura rada organizovana je na sledeći način: U drugom poglavlju razmatraju se teorijski osnovi progresivnih web aplikacija i OCR tehnologije. Treće poglavlje pruža pregled korišćenih tehnologija, dok četvrto poglavlje detaljno opisuje proces razvoja aplikacije i njene funkcionalnosti. U petom poglavlju predstavljeni su rezultati rada i diskusija, dok se u šestom poglavlju daje zaključak uz osvrt na buduće mogućnosti razvoja.

2. TEORIJSKE OSNOVE

Progresivne web aplikacije predstavljaju modernu vrstu web aplikacija koje kombinuju karakteristike tradicionalnih web stranica i mobilnih aplikacija. Razvijene korišćenjem standardnih tehnologija poput *JavaScript*-a, *CSS*-a i *HTML*-a, PWA omogućavaju responzivnost, multiplatformsku podršku i *offline* rad, pružajući korisnicima iskustvo slično nativnim aplikacijama. Prema Google-u, ključne karakteristike PWA uključuju pouzdanost (brzo učitavanje u lošim mrežnim uslovima), brzinu i privlačnost (izgled i ponašanje poput nativnih aplikacija) [1].

Implementacija PWA donosi značajne prednosti:

- Kraće vreme razvoja i niži troškovi – Jedna aplikacija funkcioniše na svim uređajima, što smanjuje složenost u odnosu na razvoj odvojenih nativnih aplikacija.
- SEO i korisnički angažman – Bolja indeksacija na pretraživačima i opcije poput push notifikacija poboljšavaju vidljivost i angažovanje korisnika.
- Stabilnost i *offline* rad – Zahvaljujući *Service Worker* skriptama, PWA omogućavaju rad bez stabilne internet veze.

OCR tehnologija omogućava automatsko prepoznavanje i konverziju teksta iz slika u mašinski čitljiv format. Proces se sastoji od predobrade slike, segmentacije na linije i znakove, prepoznavanja znakova korišćenjem obučanih modela i postprocesiranja radi optimizacije rezultata. Navedena tehnologija je poslednjih godina napredovala do nivoa veoma pouzdanog prepoznavanja čak i rukom pisanog teksta, što se primenjuje u poštanskom saobraćaju za automatizovano soritanje pošiljki.

OCR se široko koristi u digitalizaciji dokumenata i omogućava brzu organizaciju i pretragu sadržaja. U ovom radu korišćena je biblioteka *Tesseract.js*, koja omogućava prepoznavanje teksta direktno u pregledaču. Ova implementacija podržava više jezika i pruža visok nivo preciznosti bez potrebe za dodatnim serverskim resursima, čineći je idealnom za web aplikacije sa OCR funkcionalnošću.

3. KORIŠĆENE TEHNOLOGIJE

Za razvoj progresivne web aplikacije korišćene su savremene web tehnologije i alati koji omogućavaju visok nivo performansi, fleksibilnost i intuitivno korisničko iskustvo.

React radni okvir [2] je odabran zbog svoje modularnosti [3], arhitekture zasnovane na komponentama i mogućnosti brzog razvoja responzivnih aplikacija. Njegova podrška za

hooks, kao što su *useState* i *useEffect*, omogućila je jednostavno upravljanje stanjem i sporednim efektima unutar aplikacije. Korišćen je i *Tailwind CSS* za brzo i efikasno stilizovanje komponenti, čime se obezbedila doslednost u dizajnu.

Tesseract.js, *JavaScript* implementacija poznate OCR biblioteke *Tesseract*, primenjena je za prepoznavanje teksta iz slika. Ova biblioteka omogućava korisnicima da direktno u pretraživaču prevedu tekstualni sadržaj sa slika u mašinski čitljiv format, bez potrebe za serverskom obradom. Podržava više jezika i pruža visok nivo preciznosti, što je od suštinske važnosti za aplikacije koje rade sa štampanim tekstom.

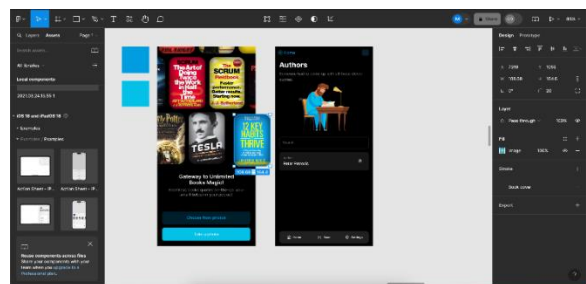
Za upravljanje podacima i komunikaciju sa serverom korišćena je *React Query* biblioteka. Ovaj alat omogućava efikasno pribavljanje, keširanje i sinhronizaciju podataka, čime se obezbeđuje brzo učitavanje i optimizacija performansi aplikacije.

Za autentifikaciju korisnika i upravljanje sesijama primenjeni su moderni pristupi uz korišćenje *JWT (JSON Web Token)* standarda, dok je *Formik* korišćen za upravljanje formama i njihovu validaciju. *Formik* omogućava lako definisanje i validaciju korisničkih unosa, čineći proces registracije i prijave intuitivnim i sigurnim. Konačno, *Git* je korišćen za verzionisanje koda, dok je *Figma* služila kao alat za dizajn korisničkog interfejsa.

Izbor ovih tehnologija omogućio je razvoj skalabilne, multiplatformske aplikacije koja se lako prilagođava potrebama korisnika, uz visoku pouzdanost i optimizaciju performansi.

4. RAZVOJ APLIKACIJE

Razvoj progresivne web aplikacije započet je definisanjem funkcionalnih i tehničkih zahteva. Korišćeni *Figma* alat (Slika 1), kreirani su prototipovi korisničkog interfejsa koji obuhvataju osnovne ekrane aplikacije: registraciju, prijavu, skeniranje i pregled digitalizovanih tekstova. Cilj dizajna bio je da osigura intuitivnu navigaciju i responzivnost na različitim uređajima.



Slika 1. Originalni signal.

Implementacija aplikacije realizovana je koristeći *React* radni okvir, sa modularnom organizacijom komponenti [3]. Organizacija foldera, data u narednoj tabeli omogućila je jasno razdvajanje funkcionalnosti, uključujući API servise, korisničke interfejse i prilagođene *React hook*-ove.

Tailwind CSS [4], [5] korišćen je za stilizaciju, čime je omogućena konzistentnost u dizajnu i fleksibilnost u prilagođavanju izgleda.

Tabela I Struktura foldera aplikacije

Folder	Opis
<i>common</i>	Centralizovani zajednički elementi
<i>common/API</i>	Servisi za kontaktiranje servera
<i>common/config</i>	Konfiguracija aplikacije (<i>axios</i> konfiguracija, konstante, rute itd.)
<i>common/context</i>	Globalni <i>context</i> -i za čuvanje podataka
<i>common/enums</i>	Enumeratori
<i>common/hooks</i>	Prilagođeni (<i>custom</i>) <i>hook</i> -ovi
<i>common/icons</i>	Ikonice
<i>common/static</i>	Statičke promenjive
<i>common/types</i>	<i>TypeScript</i> tipovi
<i>components</i>	Individualne komponente koje čine korisnički interfejs aplikacije
<i>pages</i>	Individualne stranice (ekrani) u aplikaciji

4.1. Početna stranica i kretanje kroz aplikaciju

Nakon što se korisnik uspešno prijavi na aplikaciju, biće preusmeren na početnu stranicu aplikacije (Slika 2). Na vrhu ekrana se nalazi naslov "Home", što ukazuje da se korisnik nalazi na glavnom ekranu aplikacije. Na ovom ekranu su istaknute neke od najbitnijih funkcionalnosti aplikacije kako bi korisnik mogao brzo i lako da pristupi čitanju ili dodavanju novog teksta.

- Sekcija "Books" prikazuje poslednjih deset dodatih knjiga sa njihovim naslovima i koricama, klikom na bilo koju knjigu možemo pristupiti pojedinačnom pregledu knjige i dodatih tekstova dok klikom na dugme "View more" možemo pregledati punu listu svih dodatih knjiga.
- Sekcija "Quotes" prikazuje brzi pregled poslednjih deset dodatih tekstova, klikom na bilo koji tekst možemo pristupiti pregledu i ažuriranju tog teksta.
- Sekcija "Other" sadrži linkove ka stranicama za pregled, dodavanje i ažuriranje za autora i tagove.

Na dnu ekrana se nalazi navigacioni meni sa tri opcije:

- *Home* - Trenutno aktivna stranica.
- *Scan* - Ova stavka u navigaciji vodi na ekran za skeniranje teksta.
- *Settings* - Ova stavka u navigaciji vodi ka podešavanju korisničkog profila.

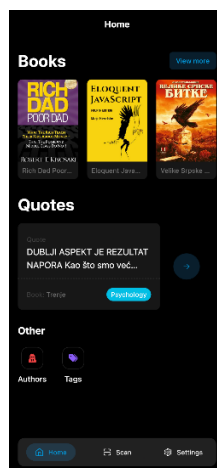
4.2. Skeniranje, prepoznavanje i uređivanje teksta

Jedna od ključnih funkcionalnosti aplikacije je prepoznavanje teksta sa slika, implementirano pomoću *Tesseract.js* biblioteke [6]. Ova tehnologija omogućava korisnicima da digitalizuju tekstualni sadržaj iz knjiga na dva načina:

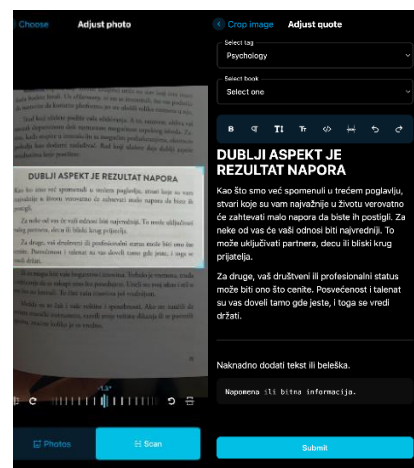
- Slikanje stranica kamerom – Aplikacija otvara interfejs za kameru uređaja, omogućavajući korisnicima da odaberu odgovarajući deo stranice pre snimanja.
- Otpremanje slike sa uređaja – Korisnici mogu otpremiti slike koje su prethodno snimili.

Nakon obrade slike, *Tesseract.js* prepoznaje tekst i konvertuje ga u format koji je moguće izmeniti, kao na slici 3. Rezultat se prikazuje u tekst editoru, koji omogućava sledeće opcije:

- Formatiranje teksta: Dodavanje naslova, podebljavanje, kurziv i promena boje teksta [7].
- Uklanjanje grešaka: Korekcija potencijalnih grešaka u prepoznavanju teksta.
- Organizacija sadržaja: Dodavanje prepoznatog teksta određenim knjigama i tagovima radi lakše pretrage.



Slika 2. Početna stranica.



Slika 3. Obeležavanje teksta i prikaz istog u tekst editoru.

Nakon završetka podešavanja slike odnosno selektovanjem željenog dela slike za skeniranje, pritiskom na *Scan* dugme pokreće se *recognizeText* (Slika 4) funkcija koja uz pomoću *Tesseract* biblioteke za prepoznavanje teksta skenira označeni deo slike i prepoznaje tekst koji se na njemu nalazi.

```

1 const recognizeText = async () => {
2   if (croppedImage) {
3     setIsLoading(true);
4     const result = await Tesseract.recognize(croppedImage, 'srp_latn');
5     setScannedText(result.data.text);
6     setIsLoading(false);
7     navigate('/quotes/add');
8   }
9 };

```

Slika 4. Funkcija za prepoznavanje teksta iz fajla.

Prilikom izmene teksta, moguće je tekstu dodeliti tag i izabrati iz koje je knjige, a sa ciljem kasnije lakšeg pretraživanja.

Integracija OCR tehnologije omogućava visoku preciznost prepoznavanja teksta na više jezika. Rezultati prepoznavanja se momentalno čuvaju u bazi podataka, čime se obezbeđuje njihova dostupnost i sigurnost.

4.3. Navigacija i dodatne funkcionalnosti

Za upravljanje podacima i komunikaciju sa serverom korišćen je *React Query*, koji obezbeđuje efikasno keširanje i sinhronizaciju podataka. Navigacija aplikacijom realizovana je korišćenjem *React Router*-a [8], [9]. Posebne rute implementirane su za zaštitu privatnih podataka, omogućavajući pristup određenim funkcionalnostima samo prijavljenim korisnicima. Glavni ekran aplikacije pruža korisnicima pregled poslednje dodanih knjiga i citata, omogućavajući brz pristup najvažnijim funkcionalnostima.

Zahvaljujući modularnom pristupu razvoja [3], aplikacija predstavlja fleksibilno i skalabilno rešenje za digitalizaciju tekstualnog sadržaja, prilagođeno potrebama akademske i šire zajednice.

Fajl *Router.tsx* definiše strukturu i pravila navigacije unutar aplikacije koristeći *React Router*. U njemu su implementirane rute koje određuju koje će se komponente prikazivati na osnovu trenutnog URL-a.

- *PrivateRoute* - Ova komponenta služi za zaštitu privatnih ruta koje su dostupne samo autentifikovanim korisnicima. Ako korisnik nije prijavljen, preusmerava se na stranicu za prijavu (*/login*). Ova komponenta koristi hook *useAuth* za proveru statusa prijavljenosti korisnika.

- *PublicRoute* - Komponenta koja omogućava pristup samo neautentifikovanim korisnicima. Ako je korisnik već prijavljen, preusmerava se na početnu stranicu (*/home*). Ovaj tip routa koristi se za ekrane kao što su login i registracioni ekran.
- *Router* - Glavna komponenta koja definiše sve rute u aplikaciji. Korišćenjem *Routes* i *Route* komponenti, definišu se putanje i odgovarajuće komponente koje se prikazuju na tim putanjama.

Fajl *routes.tsx* sadrži definiciju svih ruta u aplikaciji. Svaka ruta je predstavljena objektom koji sadrži putanju (*path*) i komponentu (*component*) koja će se prikazivati na toj putanji.

5. REZULTATI I DISKUSIJA

Razvijena progresivna web aplikacija uspešno implementira funkcionalnosti skeniranja, prepoznavanja i organizacije tekstualnog sadržaja, čime doprinosi rešavanju izazova digitalizacije štampanih materijala. Aplikacija pruža korisnicima intuitivan interfejs, visok nivo preciznosti u prepoznavanju teksta i efikasnu organizaciju sadržaja. Testiranje aplikacije obuhvatilo je ključne funkcionalnosti:

- Skeniranje i prepoznavanje teksta: Prepoznavanje teksta implementirano pomoću *Tesseract.js* pokazalo je visok nivo tačnosti za tekstove na standardnim fontovima. Uslovi lošeg osvetljenja ili degradirane slike uzrokovali su manja odstupanja u prepoznavanju, što ukazuje na značaj predobrade slike.
- Organizacija sadržaja: Funkcionalnosti za dodavanje, pretragu i organizaciju teksta prema knjigama i tagovima omogućile su korisnicima lak pristup digitalizovanom sadržaju. Ove funkcionalnosti su testirane sa više desetina unetih stavki, bez značajnog uticaja na performanse aplikacije.
- Responzivnost i *offline* režim: Aplikacija je prilagođena različitim veličinama ekrana i podržava rad u *offline* režimu zahvaljujući implementaciji *Service Worker*-a. Ove karakteristike potvrđuju univerzalnost i dostupnost aplikacije na širokom spektru uređaja.

Razvijena aplikacija pruža korisnicima praktično rešenje za digitalizaciju tekstova, omogućavajući im da sa minimalnim tehničkim znanjem pretvore štampani sadržaj u uređiv format. Integracija tekst editora dodatno doprinosi korisničkom iskustvu, pružajući mogućnost formatiranja i obrade sadržaja direktno u aplikaciji [10]-[12].

Međutim, ograničenja aplikacije ogledaju se u zavisnosti od kvaliteta ulaznih slika i u ograničenoj podršci za specifične jezike ili nestandardne fontove. Dalja poboljšanja mogu uključivati naprednije tehnike predobrade slike i proširenje jezika podržanih u OCR procesu.

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazana je progresivna web aplikacija koja značajno doprinosi procesu digitalizacije tekstualnog sadržaja, pružajući korisnicima jednostavan i efikasan alat za prepoznavanje i organizaciju teksta. Integracijom savremenih

tehnologija, poput *React framework*-a i *Tesseract.js* biblioteke, omogućeno je prepoznavanje teksta direktno u pregledaču, bez potrebe za serverskom obradom, što povećava pristupačnost i fleksibilnost aplikacije.

Postignuti rezultati ukazuju na to da razvijena aplikacija predstavlja značajan doprinos procesu digitalizacije tekstualnog sadržaja, posebno za korisnike iz akademske zajednice. Integracijom savremenih tehnologija, poput *React framework*-a i *Tesseract.js* biblioteke, aplikacija omogućava korisnicima jednostavno i efikasno prepoznavanje i organizaciju tekstova.

Dalji razvoj aplikacije mogao bi uključivati unapređenje algoritama za predobradu slike, proširenje podrške za dodatne jezike i integraciju naprednih funkcionalnosti za analizu sadržaja. Takva poboljšanja dodatno bi povećala preciznost i primenu aplikacije u različitim scenarijima.

Razvijena aplikacija predstavlja pouzdano, fleksibilno i skalabilno rešenje za digitalizaciju tekstualnog sadržaja, doprinoseći širem cilju unapređenja pristupa informacijama u digitalnoj eri.

LITERATURA

- [1] "What is PWA?", <https://alokai.com/blog/pwa>, jul 2024.
- [2] "React dokumentacija", <https://react.dev/>, jul 2024.
- [3] R. Martin, "Jasan kod", Mikro knjiga, 2020.
- [4] "Build your component library", <https://ui.shadcn.com/>, jul 2024.
- [5] "Tailwind dokumentacija", <https://tailwindcss.com/>, jul 2024.
- [6] "React + Tesseract implementacija", <https://sandydev.medium.com/how-to-make-a-text-recognition-from-image-project-using-react-56dc00c84ee4>, jul 2024.
- [7] Z. S. Veličković i S. N. Stošović, "Internet tehnologije", Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija, Niš, 2021.
- [8] A. Boduch, "React i React Native: izgradnja međuplatformskih JavaScript aplikacija", Kompjuter biblioteka, 2023.
- [9] "React router", <https://reactrouter.com/en/main>, jul 2024.
- [10] M. Haverbeke, "JavaScript Elokventno", Mikro knjiga, 2022.
- [11] K. Činatambi, "Naučite React", Mikro knjiga, 2021.
- [12] J. M. Wargo, "Naučite progresivne veb aplikacije", Mikro knjiga, 2022.

РАЗВОЈ MULTIMEDIJALNE APLIKACIJE ЗА DIGITALNU PREZENTACIJU ENTERIJERA DEVELOPMENT OF MULTIMEDIA APPLICATION FOR DIGITAL INTERIOR PRESENTATION

Ana Janačković, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*
Nevena Minić, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Sadržaj - U ovom radu biće detaljno opisani značaj i proces kreiranja multimedijalne aplikacije korišćenjem Unity platforme, s posebnim fokusom na primenu u digitalnoj prezentaciji enterijera. U radu će biti razmotreni tehnički aspekti razvoja aplikacije, uključujući pisanje koda na C# jeziku, rad sa 3D modelima i implementaciju interaktivnih elemenata. Biće analizirani načini integracije različitih multimedijalnih sadržaja, kao što su: audio zapisi, video zapisi, slike i 3D modeli, sa ciljem kreiranja zanimljivog korisničkog iskustva.

Ključne reči: Unity. C#. 360° fotografije. Maya. 3D modelovanje. Korisničko iskustvo. Virtuelna tura. Digitalizacija.

Abstract - This paper will provide a detailed exploration of the significance and process of developing a multimedia application using the Unity platform, specifically focusing on its application in the digital presentation of interiors. It will address the technical aspects of application development, including coding in C#, working with 3D models, and implementing interactive elements. Additionally, the paper will examine the integration of various multimedia content such as audio, video, images, and 3D models, to create an engaging and immersive user experience.

Keywords: Unity. C#. 360° photos. Maya. 3D modeling. User experience. Virtual tour. Digitization.

1. UVOD

Multimedija je nešto što ljudi mogu videti, čuti, dodirnuti i čitati na web sajtovima, radiju, televiziji, video igrama, mobilnim aplikacijama, bioskopima i sl. Multimedija se može definisati kao kombinacija slike, teksta, zvuka, videa i animacije. Jednostavno rečeno, multimedija je kombinacija više od jednog medija [1].

Želja čoveka da stvori multimedijalnu formu potiče još od davnina. Heilig, koji bi danas bio smatran "multimedijalnim" stručnjakom, video je pozorište 1950-ih kao aktivnost kod koje bi čovekov doživljaj mogao biti unapređen. Detaljno je opisao svoju viziju više-senzorskog pozorišta u radu iz 1955. godine, "Kinematografija budućnosti". Godine 1962. napravio je prototip svoje vizije, nazvan "Sensorama" (eng. "Sensorama").

Sensorama je bila mehanički uređaj koji je uključivao stereoskopski kolor ekran, ventilatore, emitere mirisa, stereo zvučni sistem i stolicu koja se pomerala. Ovaj uređaj bi simulirao vožnju motocikla kroz Njujork i kreirao iskustvo tako što je posmatrač sedeo na zamišljenom motociklu dok je doživljavao ulicu putem ekrana, vetra koji su generisali ventilatori, zvuke i mirise grada.



Slika 1. Sensorama iz 1962.

Prelazak sa fizičkih na digitalne podatke drastično je promenio tehnologiju, čineći multimedijalne sadržaje dostupnijim i moćnijim. Od prvih personalnih računara do brzog interneta, svaki napredak otvarao je nove mogućnosti za kreiranje bogatog multimedijalnog sadržaja.

Multimedija danas nalazi primenu u različitim oblastima, uključujući: reklamu, umetnost, obrazovanje, inženjering, medicinu, matematiku, marketing, naučna istraživanja i drugo.

U nastavku će biti opisan razvoj tzv. virtuelne ture, aplikacije koja omogućava interaktivno istraživanje enterijera.

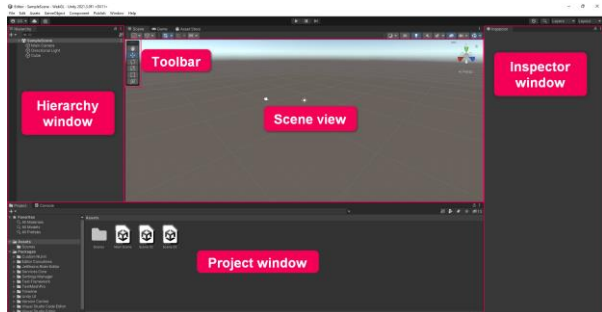
2. RAZVOJ MULTIMEDIJALNE APLIKACIJE

U ovom radu biće opisan razvoj desktop aplikacije u Unity okruženju, uz primenu 360° fotografija kao osnovnog alata za vizualizaciju prostora.

2.1. Unity okruženje

Unity je razvojno okruženje koje omogućava kreiranje aplikacija za različite platforme, uključujući: Desktop, VR, Android, Web i sl. Ovaj program omogućava dizajn i uređivanje objekata sa mogućnošću programiranja [2].

Podrazumevani interfejs Unity programa je podeljen u niz različitih panela i tabova, nazvanih prikazi (*eng. Views*). Svaki prikaz omogućava obavljanje različitih funkcija prilikom rada na igri [2].



Slika 2. Izgled Unity interfejsa.

Prvi korak u procesu kreiranja aplikacije je odabir platforme za koju će biti razvijena. U zavisnosti od toga da li će biti namenjena mobilnim uređajima, desktop računarima, ili Web okruženju, aplikacija će imati odgovarajuće karakteristike i funkcionalnosti. Nakon biranja platforme, sledeći korak je kreiranje nove scene. Scena predstavlja osnovni prostor u kojem se definišu i organizuju svi elementi igre, uključujući 3D modele, svetlosne izvore, objekte, kamere i interaktivne komponente [3]. Na sceni se mogu dodavati različiti objekti, čije se karakteristike, poput veličine, boje, teksture i oblika, mogu stalno prilagođavati. Ovi objekti se automatski organizuju u hijerarhijsku strukturu u levom delu ekrana, u tabu *Hierarchy*. Objekti mogu biti raznovrsni, poput svetlosti, kamera, 3D oblika, panela, slika i sl. Svakom objektu, pored osnovnih svojstava kao što su boja, materijal i tekstura, mogu biti pridružene skripte (C# kodovi) koje omogućavaju dodatnu funkcionalnost i interaktivnost objekta, čime se prilagođava ponašanje objekta u okviru aplikacije. Projekat se može pokrenuti pomoću *Toolbar*-a, koji omogućava aktiviranje funkcije *Play* za testiranje aplikacije u realnom vremenu. Takođe, putem *Inspector bar*-a mogu se prilagoditi svojstva objekata u sceni, što omogućava brzu promenu parametara i podešavanje tokom testiranja. Svi fajlovi igre su organizovani unutar *Project* foldera, koji služi kao centralno mesto za sve resurse i komponente projekta. Unutar ovog foldera, svaki projekat sadrži *Assets* folder, u kojem su svi resursi koji se pridružuju objektima igre, kao što su 3D modeli, teksture, skripte i zvučni fajlovi, organizovani u različite podfoldere radi lakšeg pristupa i upravljanja.

2.2. Kreiranje scene aplikacije virtuelne ture

Kako bi se postigao efekat realističnog prisustva u prostoru, kreiranje scene u ovoj aplikaciji podrazumeva postavljanje

kamere u središnji deo sfere, i korišćenje 360° fotografije kao pozadinskog materijala unutar same sfere.

Panoramska 360° fotografija stvara neprekidan pogled na celokupni prostor koji okružuje posmatrača i omogućava korisnicima da gledaju levo, desno, gore i dole u svim pravcima [4].



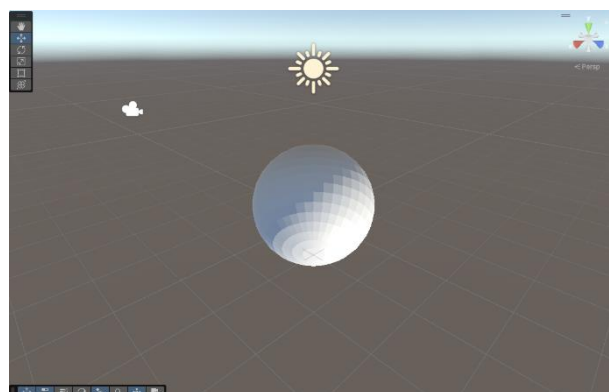
Slika 3. 360° panoramska fotografija.

Panoramska 360° fotografija može se snimiti specijalnom kamerom namenjenom za ovu vrstu fotografisanja, koja sadrži dva sočiva. Ova kamera funkcioniše na principu snimanja dve fotografije u rasponu od 180°, koje se zatim integrišu u jedinstvenu celinu.



Slika 4. Gear 360° kamera.

Pri dodavanju materijala sferi u vidu panoramske 360° fotografije, potrebno je invertovati sferu, jer se materijal po pravilu dodaje sa spoljašnje strane sfere, a kamera se nalazi unutar nje, te materijal neće biti vidljiv korisniku. Takođe, 360° fotografiju je potrebno okrenuti po horizontalnoj osi.

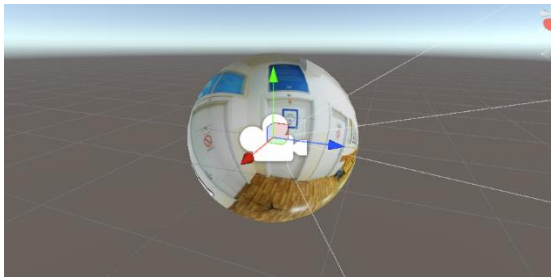


Slika 5. Invertovana sfera na sceni.

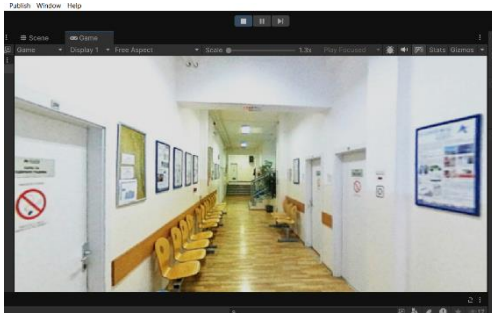
Invertovana sfera se može kreirati u nekom od softvera za 3D modelovanje, poput *Blender*-a ili *Maya*-e.

Kamera se najlakše može postaviti u centar sfere tako što se pozicije na x, y i z osama postave na 0, kako za sferu, tako i za kameru.

Pozadinska sfera dodaje se tako što se napravi novi materijal, pri čemu je *Shader* potrebno postaviti na tip *Unlit/Texture*, kako sfera ne bi imala odsjaj.



Slika 6. Invertovana sfera sa pozadinskim materijalom.



Slika 7. Pregled aplikacije dostupan korisniku.

Bez programskog koda, kamera ostaje fiksirana pri pokretanju aplikacije. Na Sl. 8 prikazan je programski kod koji omogućava kretanje kamere prema potrebi korisnika. U ovoj aplikaciji, kamera je podešena da se okreće 360 stepeni.

```

Files
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class CameraMovement360 : MonoBehaviour
{
    private float rotateSpeed = 300.0f;
    private float verticalAngleLimit = 90.0f;
    private float verticalRotation = 0.0f;

    void Update()
    {
        if (Input.GetMouseButton(0))
        {
            transform.localEulerAngles =
                new Vector3(transform.localEulerAngles.x,
                    transform.localEulerAngles.y + Input.GetAxis("Mouse X")
                        * Time.deltaTime * rotateSpeed, 0);

            verticalRotation += Input.GetAxis("Mouse Y") *
                Time.deltaTime * rotateSpeed;
            verticalRotation = Mathf.Clamp(verticalRotation,
                -verticalAngleLimit, verticalAngleLimit);
            transform.localEulerAngles = new Vector3(verticalRotation,
                transform.localEulerAngles.y, 0);
        }
    }
}
    
```

Slika 8. C# kod za upravljanje kamerom.

2.3. Dodavanje multimedijalnih elemenata

Dodavanje multimedijalnih elemenata aplikaciji ima za cilj pružanje dodatnih informacija korisniku, u vidu audio zapisa koji prate virtualnu šetnju, fotografija, teksta i sl. Takođe, bitno je izgraditi odgovarajući meni kako bi se korisnik intuitivno kretao kroz aplikaciju.

Svaki multimedijalni element je potrebno povezati sa odgovarajućim objektom, na čiji klik bi se desio događaj, ka odgovarajućim C# kodom koji upravlja događajem.

U nastavku će biti opisan primer reprodukcije audio zapisa klikom na dugme.



Slika 9. Dodavanje multimedijalnih elemenata.

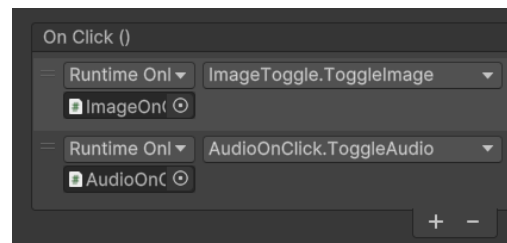
Komponente koje su neophodne da bi korisnik čuo audio zapis klikom na dugme su: *Button*, *Audio Source* i odgovarajući C# kod.

Za dodavanje audio zapisa koji se pokreće klikom na dugme u Unity-ju, potrebno je dodavanje *AudioSource* komponente i postavljanje odgovarajućeg *AudioClip*-a za reprodukovanje. Zatim, potrebno je kreirati UI dugme (*GameObject* > *UI* > *Button*) i napisati C# skriptu koja povezuje dugme sa funkcijom koja pokreće audio.

```

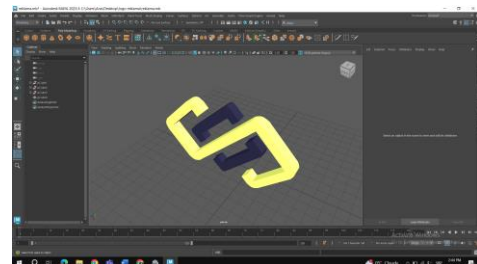
AudioOnClick.cs
Miscellaneous Files
1 using System.Collections;
2 using System.Collections.Generic;
3 using UnityEngine;
4
5 public class AudioOnClick : MonoBehaviour
6 {
7     public AudioSource ButtonObject;
8
9     public void ToggleAudio()
10    {
11        if (ButtonObject.isPlaying)
12        {
13            ButtonObject.Stop();
14        }
15        else
16        {
17            ButtonObject.Play();
18        }
19    }
20 }
    
```

Slika 10. C# kod za pokretanje audio zapisa klikom na dugme.



Slika 11. Dodavanje C# koda objektu.

3D ikonice je moguće izraditi u nekom od softvera za 3D modelovanje. Na Sl. 10 prikazana je izrada ikonice u softveru Maya. Objekat iz softvera Maya je moguće izvesti u format *.fbx* i importovati u Unity program na korišćenje.



Slika 12. Izrada ikonice u programu Maya.

3. ZAKLJUČAK

Virtuelne ture omogućavaju turistima da istraže destinacije, posete muzeje ili istorijske lokalitete pomoću interaktivnog interfejsa. Cilj aplikacije je da inspiriše korisnike da fizički posete ove lokacije, kao i da doprinese promociji institucija i kulturnog sadržaja, čineći ih pristupačnijim i privlačnijim široj publici. Takođe, ovakav tip aplikacija može se koristiti u marketingu, obrazovanju, kao i u oblastima arhitekture i dizajna.

Aplikacija viruelne ture može biti unapređena korišćenjem 3D modela prostorije, umesto 360° fotografija. Dodavanje veštačke inteligencije omogućilo bi prilagodljivost ture prema interesovanjima i potrebama korisnika. Takođe, upotreba boljih vizualnih tehnologija poput 4K rezolucije ili VR-a, dalja optimizacija performansi, posebno u pogledu brzine rada

programa, kao i unapređenje dizajna aplikacije, može značajno doprineti poboljšanju sveobuhvatnog korisničkog iskustva.

LITERATURA

- [1] R. Agrawal, Multimedia Systems, New Delhi, 2013.
- [2] B. W. Michelle Menard, Game Development with Unity, Second Edition, CRC Press, 2019.
- [3] H. Ferrone, Learning C# by Developing Games with Unity 3D: Beginner's Guide, Packt Publishing, 2015.
- [4] M. G. Ricardo Eiris, 360-Degree Panoramas as a Reality Capturing Technique in Construction Domain: Applications and Limitations, Denver, CO, April 2019.

**RAZVOJ VEB APLIKACIJE ZA AUTOMATIZOVANO GENERISANJE
DOKUMENATA ZA SLUŽBENA PUTOVANJA****DEVELOPMENT OF A WEB APPLICATION FOR AUTOMATED GENERATION OF
BUSINESS TRIP DOCUMENTS**

Milan Ristić, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš,*
Ana Janačković, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Sadržaj – U ovom radu je opisan razvoj veb aplikacije za automatizovano generisanje putnih dokumenata korišćenjem Python-a i PHP-a. Aplikacija integriše AI model za klasifikaciju teksta i prepoznavanje entiteta, dok se za frontend koristi HTML i CSS. Backend je implementiran pomoću Flask-a i Symfony-a, uz REST API za komunikaciju između komponenti sistema. Rezultat razvoja je sistem koji omogućava jednostavno generisanje PDF dokumenata za službena putovanja, čime se povećava efikasnost poslovnih procesa.

Кljučне речи: Python. PHP. AI. HTML. CSS. REST API. Flask. Symfony. PDF. Automatizovano. Prepoznavanje entiteta. Efikasnost.

Abstract – This paper describes the development of a web application for automated travel document generation using Python and PHP. The application integrates an AI model for text classification and entity recognition, while the frontend is implemented with HTML and CSS. The backend is developed using Flask and Symfony, with a REST API enabling communication between system components. This development results in a system that facilitates the efficient generation of PDF documents for business trips, enhancing business process efficiency.

Keywords: Python. PHP. AI. HTML. CSS. REST API. Flask. Symfony. PDF. Automated. Entity recognition. Efficiency.

1. UVOD

U poslednjim decenijama, razvoj tehnoloških inovacija u organizacijama postao je sve više predmet istraživanja, jer su preduzeća brzo shvatila kako da koriste tehnologiju za unapređenje svoje inovativnosti i poslovnih performansi. Konkretno, organizacije su ubrzo prepoznale da mogu spojiti inovativne tehnologije sa svojim kapacitetima kako bi poboljšale svoju konkurentsku prednost. Među digitalnim tehnologijama koje omogućavaju preduzećima da stalno inoviraju u digitalnoj eri, izdvajaju se veštačka inteligencija (eng. *Artificial Intelligence - AI*), koja sve više utiče na način na koji preduzeća inoviraju i na način na koji potrošači reaguju na inovacije zasnovane na AI tehnologiji [1].

Cilj ovog rada je da predstavi razvoj veb aplikacije koja omogućava automatizovano generisanje putnih naloga i izveštaja korišćenjem savremenih tehnologija, poput Python-a, PHP-a, Flask-a, Symfony-a, i veštačke inteligencije. Aplikacija integriše AI model za klasifikaciju teksta i prepoznavanje entiteta, omogućavajući korisnicima da efikasno kreiraju PDF dokumente uz minimalni manuelni unos podataka.

Rad je organizovan tako da prvo daje pregled korišćenih tehnologija i arhitekture sistema, zatim opisuje implementaciju ključnih funkcionalnosti, kao što su klasifikacija i generisanje dokumenata, i na kraju daje osvrt na rezultate i mogućnosti za unapređenje sistema.

2. TEHNOLOGIJE I ALATI

Za razvoj veb aplikacije korišćen je skup savremenih tehnologija koje omogućavaju efikasnost i jednostavno održavanje sistema:

- **Python:** Korišćen za implementaciju AI modela za klasifikaciju teksta i prepoznavanje entiteta, kao i za backend funkcionalnosti putem Flask-a [2].
- **HTML i CSS:** Omogućili su kreiranje responzivnog korisničkog interfejsa, prilagođenog unosu i prikazu podataka [3].
- **JavaScript:** Implementiran za dinamičko upravljanje korisničkim interfejsom, uključujući validaciju podataka i prikaz generisanih PDF dokumenata [4].
- **PHP:** Upotrebljen je za razvoj logike sa serverske strane koristeći Symfony radni okvir [5].
- **Symfony:** PHP radni okvir korišćen za upravljanje formama, validaciju podataka i komunikaciju sa Python backend-om [6].
- **Flask:** Radni okvir za Python programski jezik, korišćen za implementaciju REST API-ja i integraciju sa AI modelom [7].

3. ARHITEKTURA SISTEMA

Idealna arhitektura aplikacije zasniva se na modularnom dizajnu, gde se sistem deli na manje module. Svaki modul ima jasno definisanu odgovornost i funkcioniše nezavisno od ostalih. Ovaj pristup omogućava laku zamenu ili ažuriranje

pojedinačnih delova bez narušavanja ostatka sistema, što doprinosi fleksibilnosti i dugoročnoj održivosti koda [8]. Aplikacija se sastoji od tri glavne komponente: *frontend*, *backend* i *AI* komponenta.

Frontend je razvijen korišćenjem *HTML*-a, *CSS*-a i *JavaScript*-a (Slika 1), a omogućava unos podataka i prikaz generisanih dokumenata. Dinamičko renderovanje elemenata realizovano je pomoću *Twig* [9] šablona unutar *Symfony* radnog okvira, koji omogućava efikasnu integraciju i dinamičko generisanje sadržaja na korisničkom interfejsu.

```

1 {# extends base.html.twig #}
2 {# block title #} AI Project {# endblock #}
3
4 {# block body #}
5
6 <head>
7 </head>
8 </body>
9
10 <div class="container">
11 <div class="row">
12 <div class="col-md-12">
13 <div class="text-center">
14 <h1>AI Odgovor: {# edit #}</h1>
15 </div>
16 <div class="text-center">
17 <div class="text">
18 {# if responseData.classification == 'none' #}
19 <p>Ovo nije vezan za putni dokument!</p>
20 </div>
21 <div class="text">
22 {# if responseData.classification == 'putni_nalog' #}
23 <p>Putni nalog je potreban!</p>
24 </div>
25 <div class="text">
26 {# if responseData.classification == 'putni_izvestaj' #}
27 <p>Putni izveštaj je potreban!</p>
28 </div>
29 </div>
30 </div>
31 </div>
32 </div>
33 </div>
34 </div>
35 </div>
36 </div>
37 </div>
38 </div>
39 </div>
40 </div>
41 </div>
42 </div>
43 </div>
44 </div>
45 </div>
46 </div>
47 </div>
48 </div>
49 </div>
50 </div>
51 </div>
52 </div>
53 </div>
54 </div>
55 </div>
56 </div>
57 </div>
58 </div>
59 </div>
60 </div>
61 </div>
62 </div>
63 </div>
64 </div>
65 </div>
66 </div>
67 </div>
68 </div>
69 </div>
70 </div>
71 </div>
72 </div>
73 </div>
74 </div>
75 </div>
76 </div>
77 </div>
78 </div>
79 </div>
80 </div>
81 </div>
82 </div>
83 </div>
84 </div>
85 </div>
86 </div>
87 </div>
88 </div>
89 </div>
90 </div>
91 </div>
92 </div>
93 </div>
94 </div>
95 </div>
96 </div>
97 </div>
98 </div>
99 </div>
100 </div>

```

Slika 1. Deo frontend koda.

Backend je podeljen na dva dela. Prvi deo čini *Symfony*, koji je odgovoran za obradu korisničkog unosa i komunikaciju sa *Flask backend*-om putem *REST API*-ja (Slika 2). Drugi deo predstavlja *Flask*, koji implementira *AI* model za klasifikaciju i prepoznavanje entiteta, kao i generisanje PDF dokumenata. *Flask* servis obavlja ključne operacije i šalje rezultate nazad *Symfony* delu sistema, čime se obezbeđuje efikasno upravljanje podacima i generisanje izlaznih dokumenata.

```

# Ruta za AI klasifikaciju
@app.route('/ai', methods=['POST'])
def ai_response():
    # Dohvati podatke iz POST zahteva u JSON formatu
    data = request.get_json()

    # Bekeli podatke u log za praćenje u svrhu debugovanja
    app.logger.debug("Received data: %s", data)

    # Izvuci vrednost "prompt" iz podataka
    prompt = data.get("prompt")

    # Proverava da li je prompt poslat, ako nije, vraća grešku sa statusom 400
    if not prompt:
        app.logger.error("No prompt provided in the request")
        return jsonify({"error": "No prompt provided"}), 400

    # Preprocessing teksta prompta koristeći funkciju za preprocessing
    preprocessed_prompt = preprocess_text(prompt)

    # Klasifikuje preprossirani prompt koristeći deteminirani model
    classification_result = classifier(preprocessed_prompt)

    # Dohvati oznaku klasifikacije iz rezultata klasifikacije
    classification_label = classification_result[0]['label']

    # Izvuci NER entitete (NER) na preprossiranom promptu
    ner_results = ner(preprocessed_prompt)

    # Izdvaži imena iz NER rezultata
    names = [entity["word"] for entity in ner_results if entity["entity_group"] == "PER"]

    # Kreira instancu odgovarajućeg objekta na osnovu klasifikacione oznake
    if classification_label == "putni_izvestaj":
        # Kreira objekat PutniIzvestaj sa praznim podacima (imena, ili None ako imena nema)
        document = PutniIzvestaj(imena=names) if names else None
    elif classification_label == "putni_nalog":
        # Kreira objekat PutniNalog sa praznim podacima (imena, ili None ako imena nema)
        document = PutniNalog(imena=names) if names else None
    else:
        # Ako klasifikacija ne odgovara poznatim tipovima dokumenata, postavlja document na None
        document = None

    # Ako nema prepoznatih imena, inicijalizuje prazan niz za imena
    if not names:
        names = []

    # Kreira JSON odgovor koji sadrži klasifikaciju, prepoznata imena i podatke o dokumentu (ako postoji)
    response = {
        "classification": classification_label,
        "names": names,
        "document": document.to_dict() if document else {}
    }

    # Vraća JSON odgovor kao odgovor na POST zahtev
    return jsonify(response)

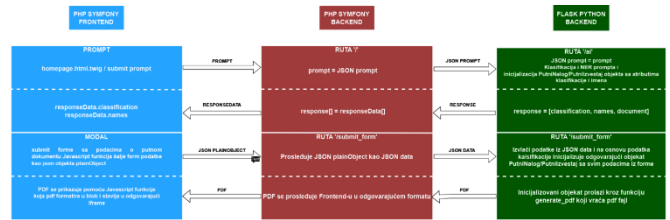
```

Slika 2. Flask ruta /ai.

AI komponenta koristi pretreinirani model *distilbert-base-multilingual-cased* [10] za klasifikaciju teksta (npr. prepoznavanje "putnog naloga" ili "izveštaja") i identifikaciju ključnih entiteta, kao što su imena i datumi. Model omogućava

prepoznavanje relevantnih informacija i pripremu podataka za generisanje dokumenata.

Komunikacija između *frontend*-a i *backend*-a realizovana je preko *HTTP* zahteva, dok su PDF dokumenti generisani korišćenjem odgovarajućih biblioteka, uz pažnju na podršku za ćirilčno pismo. Arhitektura sistema je prikazana na slici 3.



Slika 3. Arhitektura sistema.

4. TRENIRANJE AI MODELA

Za potrebe prepoznavanja putnih naloga i putnih izveštaja, korišćen je pretrenirani model *distilbert-base-multilingual-cased*, koji je dodatno treniran na specifičnom skupu podataka. Ovaj model, zasnovan na *transformer* [11] arhitekturi, omogućava preciznu analizu teksta na više jezika, uključujući srpski jezik. Međutim, kako bi postao specijalizovan za prepoznavanje specifičnih vrsta tekstova kao što su putni nalazi i izveštaji, model je podvrgnut procesu dodatnog treniranja.

Treniranje je započeto pripremom skupa podataka koji je obuhvatao tekstove koji pripadaju dve glavne kategorije: "putni nalog" i "putni izveštaj", kao i kategoriju "none" (Slika 4) za tekstove koji nisu pripadali nijednoj od ovih kategorija. Ovaj korak je uključivao detaljno čišćenje i obeležavanje podataka kako bi se obezbedila tačnost tokom treniranja modela. Nakon toga, model *distilbert-base-multilingual-cased*, koji je već pretrenirana verzija modela, je bio dodatno treniran kako bi naučio specifične karakteristike koje se pojavljuju u tekstovima putnih naloga i izveštaja. Ovaj proces je omogućio modelu da prepozna obrasce specifične za ovu vrstu dokumenta, kao što su nazivi putovanja, imena, datumi i registarske tablice.

```

1 sentence,label
2 Potreban mi je putni nalog,putni_nalog
3 Završio sam izveštaj o službenom putovanju u,putni_izvestaj
4 Volim da jedem tortu,none
5 Treba mi pomoć oko nečega,none
6 Završio sam izveštaj o službenom putovanju u,putni_izvestaj
7 "Imam sastanak, molim za putni nalog",putni_nalog
8 Danas je lep dan,none
9 Treba mi putni izveštaj,putni_izvestaj
10 Generisi mi putni nalog,putni_nalog
11 Putni izveštaj,putni_izvestaj
12 Sastavi mi putni izveštaj,putni_izvestaj
13 Potreban mi je putni nalog,putni_nalog
14 Svi dokumenti su na svom mestu,none
15 Danas je lep dan,none
16 Svi materijali su pripremljeni,none
17 Da li ste videli novi pravilnik?,none
18 Potreban mi je putni nalog,putni_nalog
19 Putni izveštaj,putni_izvestaj
20 Kompletirao sam izveštaj o poslovnom putovanju,putni_izvestaj
21 Imam pitanja o novim procedurama,none
22 Zamolio bih te da pripremiš putni nalog za službeni put,putni_nalog

```

Slika 4. Podaci korišćeni za treniranje.

Treniranje modela je izvedeno korišćenjem *Trainer API* (Slika 5, 6 i 7) biblioteke iz *Hugging Face* [12] okruženja, koja omogućava jednostavno treniranje pretreniranih modela. Model je treniran u nekoliko epoha, pri čemu su parametri modela redovno ažurirani kako bi se postigla što bolja tačnost i optimizacija rezultata.

```

1 # Inicijalizacija pretreniranog modela i tokenizatora iz Hugging Face biblioteke
2 model_name = "distilbert-base-multilingual-cased"
3 model = AutoModelForSequenceClassification.from_pretrained(model_name, num_labels=3, id2label=id2label, label2id=label2id)
4 tokenizer = AutoTokenizer.from_pretrained(model_name)
5
6 # Funkcija za tokenizaciju rečenica iz skupa podataka
7 def tokenize(batch):
8     return tokenizer(batch['sentence'], padding=True, truncation=True)
9
10 # Primena tokenizacije na dataset
11 dataset = dataset.map(tokenize, batched=True)
12 # Postavljanje formata podataka za PyTorch, uključujući 'input_ids', 'attention_mask' i 'label'
13 dataset.set_format('torch', columns=['input_ids', 'attention_mask', 'label'])

```

Slika 5. Priprema podataka za treniranje.

```

1 # Definisavanje parametara za treniranje
2 training_args = TrainingArguments(
3     output_dir='./results', # Putanja gde će se čuvati rezultati
4     num_train_epochs=3, # Broj epoha za treniranje
5     per_device_train_batch_size=16, # Veličina batch-a za trening
6     per_device_eval_batch_size=16, # Veličina batch-a za evaluaciju
7     evaluation_strategy="epoch", # Evaluacija modela nakon svake epoke
8     logging_dir='./logs', # Putanja gde se čuvaju logovi
9     logging_steps=10, # Broj
10 )
11
12 # Definisavanje trenera
13 trainer = Trainer(
14     model=model,
15     args=training_args,
16     train_dataset=dataset['train'],
17     eval_dataset=dataset['test']
18 )
19
20 # Treniranje modela
21 trainer.train()

```

Slika 6. Definisavanje parametara za treniranje modela i poziv konstruktora.

```

1 # Sačuvajte model i tokenizer
2 model.save_pretrained('Treniranje modela/Treniran model/Model')
3 tokenizer.save_pretrained('Treniranje modela/Treniran model/Tokenizer')

```

Slika 7. Kod za čuvanje modela.

Nakon što je model bio dodatno treniran, testiran je na novim, neviđenim podacima kako bi se procenila njegova sposobnost da generalizuje na nepoznate primere. Testiranje je pokazalo visok nivo tačnosti u prepoznavanju i klasifikaciji dokumenata, što je omogućilo njegovu implementaciju u *Flask backend*-u sistema. Ovaj model sada obavlja ključne operacije obrade teksta i generisanja odgovarajućih dokumenata, pružajući time osnovu za automatsko generisanje putnih dokumenata na temelju unetih informacija.

5. IMPLEMENTACIJA AI MODELA

AI model predstavlja centralni deo aplikacije, razvijen korišćenjem *distilbert-base-multilingual-cased* arhitekture. Njegova implementacija omogućava automatizovanu klasifikaciju teksta i prepoznavanje ključnih entiteta. Model je dodatno fino podešen na prilagođenom skupu podataka, koji sadrži označene primere za dve klase: "putni nalog" i "putni izveštaj."

Prilikom obrade korisničkog unosa, AI model klasifikuje tekst kako bi odredio odgovarajući tip dokumenta. Na primer, unos poput "Putovanje u Beograd" može biti prepoznat kao "putni nalog." Pored toga, model detektuje entitete kao što su imena, gradovi i datumi, što omogućava automatsko popunjavanje relevantnih polja u generisanim PDF dokumentima.

Integracija AI modela sa *backend*-om ostvarena je putem *Flask API*-ja (Slika 8), koji prima tekstualni unos, obrađuje ga pomoću modela i vraća rezultate *Symfony* delu aplikacije. Ukoliko model ne prepozna određene entitete, korisniku se

pruža mogućnost da te podatke unese ručno kroz korisnički interfejs.

```

1 from flask import Flask, request, jsonify, send_file
2 from transformers import AutoModelForSequenceClassification, AutoTokenizer, pipeline
3 import logging
4 from PutniIzvestaj import PutniIzvestaj
5 from PutniNalog import PutniNalog
6 from pdf_generator import generate_pdf
7
8 app = Flask(__name__)
9
10 # Putanja do treniranog modela
11 model_path = 'C:/Users/milan/Diplomski rad/Treniranje modela/Treniran model/Model'
12 tokenizer_path = 'C:/Users/milan/Diplomski rad/Treniranje modela/Treniran model/Tokenizer'
13
14 # Deklarisanje modela i tokenizera
15 model = AutoModelForSequenceClassification.from_pretrained(model_path)
16 tokenizer = AutoTokenizer.from_pretrained(tokenizer_path)
17
18 # Kreiranje objekta pipeline
19 classifier = pipeline('text-classification', model=model, tokenizer=tokenizer)
20 ner = pipeline('ner', model='dbmdz/bert-large-cased-finetuned-conll03-english', aggregation_strategy='simple')

```

Slika 8. Integracija AI modela.

6. GENERISANJE PDF DOKUMENATA

Generisanje PDF dokumenata (Slika 9) predstavlja ključnu funkcionalnost aplikacije. Nakon što korisnik unese podatke, AI model klasifikuje tekst (npr. "putni nalog" ili "putni izveštaj") i prepoznaje ključne entitete poput imena, datuma i gradova. Na osnovu tih podataka, aplikacija automatski popunjava odgovarajuća polja u PDF dokumentu.

Za generisanje PDF-a korišćena je biblioteka *ReportLab* [13] koja omogućava dinamičko kreiranje dokumenata sa potrebnim formatiranjem. Takođe, obezbeđena je podrška za ćirilično pismo i specifične zahteve za fontove. Ukoliko model ne prepozna sve podatke, korisnici mogu ručno uneti informacije.

```

1 from reportlab.lib.pagesizes import A4
2 from reportlab.pdfgen import canvas
3 from reportlab.pdfbase.ttfonts import TTFont
4 from reportlab.pdfbase import pdfmetrics
5 from reportlab.lib import colors
6
7 def generate_pdf(document, classification, filename):
8     font_path = 'C:/Users/milan/Diplomski rad/Treniranje modela/Treniran model/Model'
9     pdfmetrics.registerFont(TTFont('DejaVuSans', font_path))
10    c = canvas.Canvas(filename, pageize=0)
11    width, height = A4
12    if classification == "putni_nalog":
13        header = "Putni nalog"
14        labels = [
15            "Ime",
16            "vrsta putja", "Vrsta putja",
17            "datum polaska", "Datum polaska",
18            "datum povratka", "Datum povratka",
19            "registracija vozila", "Registracija vozila"
20        ]
21    elif classification == "putni_izvestaj":
22        header = "Putni izveštaj"
23        labels = [
24            "Ime",
25            "odis putja", "Odis putja",
26            "datum povratka", "Datum povratka",
27            "troškovi", "Troškovi",
28            "registracija vozila", "Registracija vozila"
29        ]
30    else:
31        header = "document"
32        labels = []
33
34    c.setFont('DejaVuSans', 16)
35    c.drawCentredString(width / 2.0, height - 50, header)
36    y_position = height - 100
37    cell_height = 25
38    table_start_x = 100
39    table_start_y = y_position
40    column_width = [150, 200]
41    c.setFont('DejaVuSans', 12)
42
43    for key, value in document.items():
44        label = labels.get(key, key)
45        c.setStrokeColor(colors.black)
46        c.rect(table_start_x, table_start_y, cell_height, column_width[0], cell_height, stroke=1, fill=0)
47        c.drawString(table_start_x + 5, table_start_y + cell_height + 7, label)
48        c.rect(table_start_x + column_width[0], table_start_y - cell_height, column_width[1], cell_height, stroke=1, fill=0)
49        c.drawString(table_start_x + column_width[0] + 5, table_start_y - cell_height + 7, str(value))
50        table_start_y = cell_height
51
52    c.save()
53    return filename

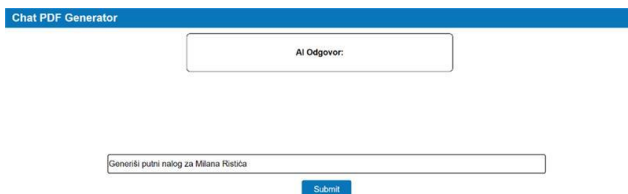
```

Slika 9. Kod za generisanje PDF-a

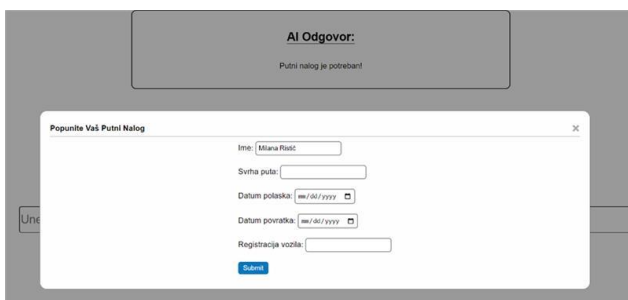
Generisani PDF-ovi mogu se pregledati pre nego što se sačuvaju ili štampaju uz pomoć *JavaScript* funkcija, čime se obezbeđuje tačnost i kompletan unos podataka.

7. EVALUACIJA

Kako bi se proverila funkcionalnost razvijene aplikacije, sprovedeno je interno testiranje koje obuhvata celokupan proces, od unosa teksta u prompt do generisanja konačnog PDF dokumenta. U okviru testiranja, različiti unosi su korišćeni kako bi se evaluirala tačnost klasifikacije teksta, prepoznavanje entiteta (imena) i ispravnost generisanja dokumenta. Prikazano na slikama 10, 11 i 12.



Slika 10. Početna strana generatora i unos prompt-a.



Slika 11. Forma za unos podataka putnog dokumenta.

Putni Nalog

Ime	Milana Ristić
Svrha puta	Poslovni put
Datum polaska	2025-02-03
Datum povratka	2025-02-11
Registracija vozila	LE123FF

Slika 12. Generisani PDF dokument.

8. ZAKLJUČAK

Razvijena veb aplikacija za automatizovano generisanje putnih dokumenata predstavlja efikasan i precizan alat za korisnike koji se bave administrativnim zadacima vezanim za službena putovanja. Implementacija AI modela zasnovanog na *distilbert-base-multilingual-cased* omogućava brzo prepoznavanje relevantnih informacija iz korisničkog unosa, dok sistem za generisanje PDF dokumenata automatizuje kreiranje potrebnih obrazaca, smanjujući mogućnost grešaka i štedeći vreme.

Aplikacija se zasniva na modernim tehnologijama kao što su *Python*, *PHP*, *HTML*, *JavaScript*, i koristi napredne tehnike obrade prirodnog jezika za klasifikaciju i prepoznavanje entiteta. Prednosti sistema su njegova skalabilnost, lakoća integracije sa postojećim radnim tokovima i mogućnost daljeg unapređenja, kao što je dodavanje funkcionalnosti za automatsko prepoznavanje datuma i drugih entiteta.

LITERATURA

- [1] P. R. M. Inácio, A. L. S. Silva, and E. A. L. Souza, "Artificial intelligence in business: A review on its applications and future perspectives," *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 175, p. 121305, 2022. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166497222001705#bib130>. [Pristupljeno: Jan. 21, 2025].
- [2] Python Software Foundation, "What is Python?," Python.org. [Online]. Dostupno na: https://www.python.org/doc/essays/blurb/?external_link=true. [Pristupljeno: Aug. 19, 2024].
- [3] P. Harris, *What Is HTML Code?*, The Rosen Publishing Group, 2018.
- [4] E. A. Meyer, *Cascading Style Sheets: The Definitive Guide*, 2nd ed. Sebastopol, CA: O'Reilly Media, 2004.
- [5] B. O'Grady, "What is JavaScript and Why Should I Learn It?," Code Institute, Aug. 2024. [Online]. Dostupno na: <https://codeinstitute.net/global/blog/what-is-javascript-and-why-should-i-learn-it/>. [Pristupljeno: Aug. 23, 2024].
- [6] Symfony SAS, "Symfony explained to a Developer," Symfony.com. [Online]. Dostupno na: <https://symfony.com/explained-to-a-developer>. [Pristupljeno: Aug. 19, 2024].
- [7] Flask, "Flask Documentation," Pallets Projects. [Online]. Dostupno na: <https://flask.palletsprojects.com/en/stable/#>. [Pristupljeno: Dec. 29, 2024].
- [8] R. C. Martin, *Clean Code: A Handbook of Agile Software Craftsmanship*. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall, 2008.
- [9] Symfony. "Twig: The flexible, fast, and secure template engine for PHP." [Online]. Dostupno na: <https://twig.symfony.com/> [Pristupljeno: januar 21, 2025].
- [10] Hugging Face, "distilbert-base-multilingual-cased," [Online]. Dostupno na: <https://huggingface.co/distilbert/distilbert-base-multilingual-cased>. [Pristupljeno: Aug. 26, 2024].
- [11] A. Vaswani, N. Shazeer, N. Parmar, J. Uszkoreit, L. Jones, A. N. Gomez, Ł. Kaiser, and I. Polosukhin, "Attention is all you need," *Advances in Neural Information Processing Systems*, vol. 30, pp. 5998-6008, 2017.
- [12] Hugging Face, „Hugging Face“, [Online]. Dostupno na: <https://huggingface.co>. [Pristupljeno: Aug. 19, 2024].
- [13] ReportLab, "ReportLab - Open Source Python PDF Library," 2024. [Online]. Available: https://www.reportlab.com/dev/open_source/. [Pristupljeno: Jan. 22, 2025].



REALIZACIJA .NET API-JA KORIŠĆENJEM ENTITY I IDENTITY FRAMEWORK CORE NUGET PAKETA ZA UPRAVLJANJE KORISNICIMA

.NET API IMPLEMENTATION USING ENTITY AND IDENTITY FRAMEWORK CORE NUGET PACKAGES FOR USER MANAGEMENT

Nevena Minić, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*
Milan Ristić, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Sadržaj - U ovom radu opisana je implementacija Entity i Identity Framework Core paketa za rad sa autentifikacijom i bazom podataka u .NET C# Web API servisu. Entity Framework Core omogućava efikasan rad sa bazama podataka, dok Identity Framework Core pruža sistem za sigurnu autentifikaciju i autorizaciju korisnika. Pored osnovnih koncepata, prikazane su i konkretne implementacije, tehnologije i primeri koda za ove alate.

Кljučне речи: API. ASP.NET Core. Entity Framework Core. Identity Framework Core. Autentifikacija.

Abstract - This paper describes the implementation of Entity and Identity Framework Core packages for authentication and database management in a .NET C# Web API service. Entity Framework Core enables efficient database operations, while Identity Framework Core provides a secure user authentication and authorization system. In addition to fundamental concepts, the paper presents specific implementations, technologies, and code examples for these tools.

Keywords: API. ASP.NET Core. Entity Framework Core. Identity Framework Core. Authentication.

1. UVOD

Cilj ovog rada je implementacija lakog i brzog rešenja za upravljanje korisnicima u aplikacijama. Kako bi se postigla efikasnost, brzina i sigurnost, korišćeni su Entity Framework Core i Identity Framework Core paketi, koji omogućavaju jednostavnu integraciju upravljanja korisnicima, autentifikacije i rada sa bazama podataka. Rad se fokusira na objašnjenje ključnih koncepata vezanih za API-je (engl. Application Programming Interface) i korišćenje navedenih .NET tehnologija, kao i na analizu razloga za njihov izbor u razvoju aplikacije.

Korišćenje REST (engl. Representational State Transfer) API-ja kao softversko rešenje za aplikaciju je odličan izbor, s obzirom da omogućava modularnost i kreiranje više UI (engl. User Interface) koji će pristupati istoj bazi podataka. Primera radi, moguće je imati web aplikaciju, kao i mobilnu aplikaciju koja će raditi sa istim podacima (beleške, komentari, korisnici, ...), što može poboljšati korisničko iskustvo [1].

Takođe, odabir REST stila arhitekture omogućava lak pristup resursima uz korišćenje standardnih HTTP (engl. Hypertext Transfer Protocol) metoda i URL-ova (engl. Uniform Resource Locator).

Kada se razmatra izbor tehnologija za izradu modernih web aplikacija, .NET platforma, a posebno ASP.NET Core, nudi brojne prednosti u odnosu na konkurente:

1. Performanse ASP.NET Core Web API-ja:

Visoke performanse: ASP.NET Core je poznat po svojoj efikasnosti i brzini. Dizajniran je da bude lagan i modularan, što omogućava bolje performanse u poređenju sa mnogim drugim radnim okvirima. Benchmark testovi često pokazuju da ASP.NET Core nadmašuje konkurente poput Node.js i Spring Boot-a u pogledu brzine obrade zahteva [2].

Međuplatformska (engl. crossplatform) podrška: Za razliku od ranijih verzija .NET-a koje su bile vezane za Windows, ASP.NET Core je međuplatformska, što znači da se aplikacije mogu pokretati na Windows-u, macOS-u i Linux-u. Ovo omogućava veću fleksibilnost i smanjuje troškove infrastrukture.

2. Fleksibilan rad sa korisnicima uz .NET Identity:

Integracija i sigurnost: .NET Identity nudi jednostavnu integraciju sa ASP.NET Core aplikacijama i pruža širok spektar mehanizama za autentifikaciju i autorizaciju korisnika. Sa podrškom za razne načine autentifikacije, uključujući OAuth i OpenID Connect, .NET Identity je fleksibilan i može se lako koristiti u mnogim različitim scenarijima.

Jednostavno konfigurisanje: Zahvaljujući visokom nivou apstrakcije, konfiguracija i upravljanje korisnicima su jednostavniji u .NET-u nego u mnogim alternativnim rešenjima, omogućavajući bržu i sigurniju implementaciju rešenja za upravljanje korisnicima [3].

3. Efikasno upravljanje podacima sa Entity Framework Core:

Jednostavna integracija: *Entity Framework Core (EF Core)* je *ORM* (engl. *Object-Relational Mapper*) alat koji omogućava rad sa bazama podataka koristeći *.NET* objekte. Ovaj *ORM* pojednostavljuje mnoge aspekte rada sa bazama podataka, smanjujući potrebu za pisanjem složenog *SQL* koda i omogućavajući bržu izradu aplikacija [3], [4].

Podrška za različite baze podataka: *EF Core* podržava rad sa različitim bazama podataka, uključujući *SQL Server*, *PostgreSQL*, *MySQL*, *SQLite* i mnoge druge. Ova fleksibilnost omogućava lakšu migraciju između različitih baza podataka u skladu sa raznim promenama i scenarijima.

U nastavku prikazan je detaljniji opis *Entity* i *Identity Framework Core* paketa, kao i njihova implementacija u okviru *.NET API* projekta, a zatim i evaluacija i testiranje aplikacije koristeći *Postman* alat.

2. NUGET PAKETI

NuGet paketi su biblioteke ili alati koji se lako integrišu u *.NET* projekte putem *NuGet* menadžera. Omogućavaju programerima brzu i jednostavnu instalaciju i ažuriranje zavisnosti, kao i deljenje sopstvenih biblioteka. Ovi paketi pojednostavljuju razvoj aplikacija i osiguravaju doslednost u korišćenju alata i resursa u *.NET* ekosistemu [5].

2.1. Entity Framework Core

Entity Framework Core (EF Core) je *ORM (Object-Relational Mapper)* alat koji omogućava rad sa bazama podataka koristeći *.NET* objekte. Ovaj paket eliminiše potrebu za pisanjem kompleksnih *SQL* upita, omogućavajući programerima da kreiraju, čitaju, ažuriraju i brišu podatke koristeći *C#* kod [3], [4].

Prednosti *EF Core*-a:

- Automatizacija rada sa bazama podataka: Kroz migracije, promene u strukturi baze podataka mogu se jednostavno upravljati i verzionisati.
- Podrška za više baza podataka: *EF Core* omogućava rad sa različitim bazama podataka, uključujući *SQL Server*, *PostgreSQL*, *MySQL* i *SQLite*.
- Jednostavnost upita: *LINQ* omogućava pisanje upita visokog nivoa koji su čitljivi i lako održivi.
- Navigaciona svojstva: Olakšava upravljanje relacijama između entiteta.

Najbitnije klase i metode:

1. *DbContext*: Glavna klasa koja predstavlja sesiju sa bazom podataka. Omogućava upravljanje podacima kroz metode poput *SaveChanges*, *Add*, i *Find* [6].
2. *DbSet<TEntity>*: Predstavlja kolekciju entiteta u kontekstu baze i omogućava *CRUD* (engl. *Create, Read, Update, Delete*) operacije [7].
3. *ModelBuilder*: Koristi se za konfiguraciju entiteta i relacija između njih [8].

2.2. Identity Framework Core

Identity Framework Core je sistem za upravljanje autentifikacijom i autorizacijom u *ASP.NET Core* aplikacijama. Omogućava bezbedno čuvanje lozinki,

upravljanje korisnicima i ulogama, kao i podršku za dvofaktorsku autentifikaciju [3], [4].

Prednosti *Identity Framework*-a:

- Jednostavna integracija: Lako se integriše sa *ASP.NET Core* aplikacijama i brzo uspostavlja sistem za upravljanje identitetima.
- Sigurnost: Pruža napredne sigurnosne funkcije poput heširanja lozinki i zaštite od napada brutalnom silom.
- Fleksibilnost: Podržava razne metode autentifikacije, uključujući spoljne provajdere (*Google*, *Facebook*) i *OAuth* standarde.

Najbitnije klase i metode:

- *userManager*: Upravljanje korisnicima. Pruža metode kao što su *CreateAsync*, *FindByIdAsync*, i *AddToRoleAsync* [9].
- *SignInManager*: Upravljanje autentifikacijom korisnika kroz metode poput *PasswordSignInAsync* i *SignInOutAsync* [10].
- *RoleManager*: Upravljanje ulogama korisnika, uključujući kreiranje i ažuriranje uloga [11].
- *IdentityUser*: Predstavlja korisnika u *Identity* sistemu sa svojstvima poput *UserName*, *Email*, i *PasswordHash* [12].

3. REALIZACIJA API-JA

U ovoj sekciji predstavljena je implementacija *API*-ja za upravljanje korisnicima i njihovim beleškama koristeći *Identity* i *Entity Framework Core* pakete. Fokus je na upravljanju autentifikacijom, autorizacijom i manipulacijom korisničkim podacima.

3.1. Model korisnika

Slika 1. predstavlja model *User* koji proširuje osnovnu klasu *IdentityUser* iz *ASP.NET Identity* biblioteke. Osim standardnih atributa koje pruža *Identity* sistem, kao što su korisničko ime, email, i heširana lozinka, ovaj model je prilagođen dodatnim poljima specifičnim za aplikaciju. Svi modeli se preslikavaju u tabele u bazi podataka, a svojstva modela čine kolone [3], [4].

```
public class User : IdentityUser<int>
{
    [Required]
    [MaxLength(100)]
    6 references
    public string FirstName { get; set; }

    [Required]
    [MaxLength(100)]
    6 references
    public string LastName { get; set; }
    0 references
    public ICollection<Note?> Notes { get; set; }
}
```

Slika 1. Model *User*.

3.2. Kontekst baze podataka

ApplicationDbContext klasa prikazana na slici 2. koristi *IdentityDbContext* kao osnovnu klasu, što omogućava integraciju sa *ASP.NET Core Identity* sistemom za upravljanje korisnicima i ulogama. Klasa sadrži *DbSet*

svojstva za entitete User, Note i Comment, koji predstavljaju tabele u bazi podataka [3], [4].

```
public class ApplicationDbContext : IdentityDbContext<User, IdentityRole<int>, int>
{
    0 references
    public ApplicationDbContext(DbContextOptions<ApplicationDbContext> options) : base(options) {}

    0 references
    public DbSet<User> Users { get; set; }
    1 references
    public DbSet<Note> Notes { get; set; }
    3 references
    public DbSet<Comment> Comments { get; set; }
}
```

Slika 2. Kontekst baze podataka.

Komande Add-Migration i Update-Database u Package Manager Console prozoru se koriste za kreiranje migracija i primenu promena na bazu podataka, odnosno njeno kreiranje [3].

3.3. Kontroler za korisnike

Kontroler u ASP.NET Core aplikaciji je klasa koja upravlja HTTP zahtevima i odgovara na njih, obično implementirajući CRUD operacije za resurse aplikacije. Kontroler je odgovoran za logiku obrade zahteva, kao i za slanje odgovora klijentima.

Kontroler za korisnike (UserController) koristi UserManager klasu za implementaciju CRUD operacija za korisnike sistema i pruža funkcionalnosti za autentifikaciju i autorizaciju:

1. Login: Autentifikuje korisnika na osnovu korisničkog imena i lozinke, generiše JWT token i vraća ga klijentu.
2. Register: Regstruje novog korisnika sa svim potrebnim podacima i dodeljuje mu ulogu.
3. GetUsers: Prikazuje listu svih korisnika.
4. GetUser: Prikazuje podatke o korisniku na osnovu ID-ja.
5. UpdateUser: Ažurira podatke korisnika, kao što su ime i prezime.
6. DeleteUser: Briše korisnika iz baze podataka.

Na slici 3. prikazana je ruta za login i metoda za autentifikaciju korisnika koja proverava validnost korisničkih kredencijala koristeći UserManager klasu. Metoda prima podatke o korisničkom imenu i lozinki preko DTO-a (engl. Data Transfer Object) i koristi privatnu metodu CreateToken za generisanje JWT tokena. Token sadrži korisničke informacije i uloge, omogućavajući sigurnu autentifikaciju i autorizaciju unutar aplikacije.

```
[AllowAnonymous]
[HttpPost("login")]
public async Task<ActionResult> Login([FromBody] UserForAuthenticationDto authDto)
{
    var user = await _userManager.FindByNameAsync(authDto.Username);
    if (user == null || !await _userManager.CheckPasswordAsync(user, authDto.Password))
    {
        return Unauthorized(new { Message = "Invalid credentials" });
    }

    var token = await CreateToken(user);
    return Ok(new { Token = token });
}
```

Slika 3. Ruta za login u kontroleru za korisnike.

Na slici 4. prikazana je ruta za registraciju i metoda za kreiranje novog korisnika u sistemu. Metoda prima podatke korisnika preko DTO objekta i koristi UserManager klasu za kreiranje korisničkog naloga i postavljanje lozinke. Nakon uspešnog kreiranja, korisniku se dodeljuje odgovarajuća uloga korišćenjem metode AddToRoleAsync. U slučaju greške

prilikom registracije, vraća se odgovor sa detaljima o nastalim problemima.

```
[HttpPost("register")]
public async Task<ActionResult> Register([FromBody] UserForRegistrationDto registerDto)
{
    var userToCreate = new User {
        Username = registerDto.Email,
        Email = registerDto.Email,
        FirstName = registerDto.FirstName,
        LastName = registerDto.LastName,
    };
    var result = await _userManager.CreateAsync(userToCreate, registerDto.Password);
    if (!result.Succeeded)
    {
        return BadRequest(result.Errors);
    }
    await _userManager.AddToRoleAsync(userToCreate, registerDto.Role);
    return Ok(new { Message = "User registered successfully" });
}
```

Slika 4. Ruta za kreiranje korisnika u kontroleru za korisnike.

4. EVALUACIJA API-JA

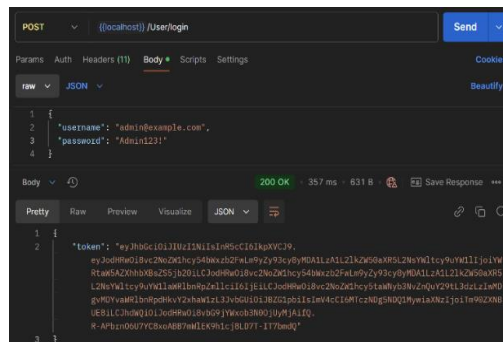
U ovom delu prikazano je testiranje ruta za login i kreiranje novog korisnika. Testiranje je obavljeno korišćenjem alata Postman, koji omogućava jednostavno slanje HTTP zahteva i pregled odgovora aplikacije.

Postman je popularan alat za razvoj i testiranje API-ja, koji omogućava simulaciju različitih zahteva (GET, POST, PUT, DELETE) prema serveru, analizu odgovora i upravljanje kolekcijama testova [13].

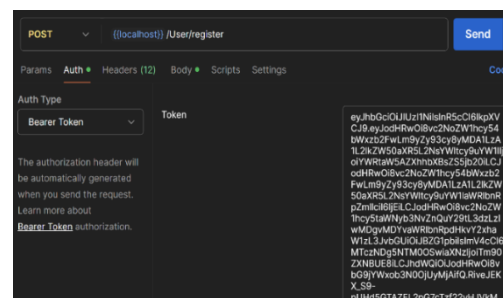
4.1. Ruta za Login

Na slici 5. prikazano je testiranje ruta za login koja omogućava autentifikaciju korisnika putem unosa korisničkog imena (username) i lozinke (password). Testiranje ove rute obavljeno je slanjem HTTP POST zahteva sa odgovarajućim podacima u telu (body) zahteva.

Kao odgovor, server vraća JWT token koji se koristi za autentifikaciju svih narednih zahteva prema API-ju. Token se prosleđuje u zaglavlju (Header) svakog HTTP zahteva.



Slika 5. Testiranje rute za login u kontroleru za korisnike.

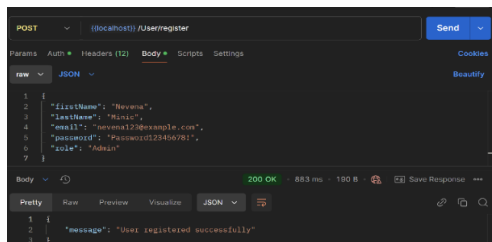


Slika 6. Slanje tokena u zaglavlju zahteva u Postman-u.

Na slici 6. prikazano je kako se token unosi u *Postman*-u, izborom opcije *Bearer Token* u padajućem meniju *Auth Type* unutar *Auth* kartice, gde se u polju *Token* unosi generisani token.

4.2. Ruta za kreiranje korisnika

Na slici 7. prikazano je testiranje rute koja omogućava kreiranje novog korisnika u sistemu putem unosa podataka kao što su ime, prezime, email, lozinka i uloga. Testiranje ove rute obavljeno je slanjem *HTTP POST* zahteva sa odgo varajućim podacima u telu (*body*) zahteva. Kao odgovor dobijena je poruka da je korisnik uspešno dodan u bazu.



Slika 7. Testiranje rute za kreiranje korisnika u kontroleru za korisnike

5. ZAKLJUČAK

Kroz implementaciju *Entity Framework Core* i *Identity Framework Core* paketa demonstrirano je kako ovi alati omogućavaju lako upravljanje bazama podataka, sigurnu autentifikaciju i autorizaciju korisnika.

Entity Framework Core pruža efikasno i jednostavno upravljanje relacionim bazama podataka kroz *ORM* pristup, dok *Identity Framework Core* obezbeđuje napredne sigurnosne funkcionalnosti, uključujući dvofaktorsku autentifikaciju, heširanje lozinki i upravljanje ulogama korisnika.

Ovi paketi su se pokazali kao izuzetno moćno i prilagodljivo rešenje za integraciju sigurnosti i rada sa podacima u modernim aplikacijama. Njihova fleksibilnost i jednostavnost implementacije čine ih idealnim izborom za razvoj skalabilnih i sigurnih sistema.

Dalji razvoj ovog rada uključio bi implementaciju projektnog obrasca sa servisnim klasama kako bi se postigli tanji kontroleri (engl. *thin controllers*). Ovaj pristup bi omogućio bolje organizovan i modularan kod, olakšavajući testiranje, održavanje i proširenje aplikacije. Uvođenjem servisnog sloja, poslovna logika bi se izdvojila iz kontrolera, čime bi se dodatno povećala čitljivost i fleksibilnost koda.

LITERATURA

[1] Richardson, L., & Amundsen, M. RESTful Web APIs, Sebastopol: O'Reilly Media, 2013.

[2] T. A. Pham, "Popular Backend Frameworks Performance Benchmark," Dev.to. <https://dev.to/tuananhpham/popular-backend-frameworks-performance-benchmark-1bkh>, pristupljeno decembar 2024

[3] Freeman, A. Pro ASP.NET Core 7, Tenth Edition, Shelter Island, NY: Manning Publications, 2023.

[4] Lock, A., ASP.NET Core in Action, Third Edition, Shelter Island, NY: Manning Publications, 2023.

[5] Microsoft, "What is NuGet," dostupno na: <https://learn.microsoft.com/en-us/nuget/what-is-nuget>, pristupljeno decembar 2024.

[6] Microsoft, "DbContext Class," .NET Docs, dostupno na: <https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/api/microsoft.entityframeworkcore.dbcontext?view=efcore-8.0>, pristupljeno decembar 2024.

[7] Microsoft, "DbSet<TEntity> Class," .NET Docs, dostupno na: <https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/api/microsoft.entityframeworkcore.dbset-1?view=efcore-8.0>, pristupljeno decembar 2024.

[8] Microsoft, "ModelBuilder Class," .NET Docs, dostupno na: <https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/api/microsoft.entityframeworkcore.modelbuilder?view=efcore-8.0>, pristupljeno decembar 2024.

[9] Microsoft, "userManager<TUser> Class," .NET Docs, dostupno na: <https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/api/microsoft.aspnetcore.identity.usermanager-1?view=aspnetcore-8.0>, pristupljeno decembar 2024.

[10] Microsoft, "SignInManager<TUser> Class," .NET Docs, dostupno na: <https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/api/microsoft.aspnetcore.identity.signinmanager-1?view=aspnetcore-8.0>, pristupljeno decembar 2024.

[11] Microsoft, "RoleManager<TRole> Class," .NET Docs, dostupno na: <https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/api/microsoft.aspnetcore.identity.rolemanager-1?view=aspnetcore-8.0>, pristupljeno decembar 2024.

[12] Microsoft, "IdentityUser Class," .NET Docs, dostupno na: <https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/api/microsoft.aspnetcore.identity.identityuser?view=aspnetcore-8.0>, pristupljeno decembar 2024.

[13] Postman, "What is Postman," dostupno na: <https://www.postman.com/product/what-is-postman/>, pristupljeno decembar 20.

**TRANSFORMATIVNA MOĆ LINEARNE REGRESIJE: OPTIMIZACIJA
ALGORITAMA ZA BUDUĆNOST ANALITIKE****THE TRANSFORMATIVE POWER OF LINEAR REGRESSION: ALGORITHM
OPTIMIZATION FOR THE FUTURE OF ANALYTICS**

Dejan Dodić, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Vranje, Filipa Filipovića 20, Vranje.*
Nikola Milutinović, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Sažetak - Linearna regresija je fundamentalna tehnika statistike i mašinskog učenja koja omogućava modelovanje i predviđanje odnosa između zavisne i nezavisnih promenljivih. Ovo istraživanje ima za cilj da pruži sveobuhvatan pregled teorijskih osnova i praktične primene linearne regresije, čime doprinosi boljem razumevanju njenih ključnih karakteristika i pretpostavki. Eksperimentalni deo rada demonstrira efikasnost algoritma na sintetičkim podacima, sa naglaskom na evaluaciju tačnosti i vizualizaciju rezultata. Ključni nalazi ukazuju na značaj pravilnog testiranja pretpostavki, kao što su linearni odnosi i homogenost varijanse, kako bi se osigurala validnost modela. Doprinos ovog istraživanja ogleda se u objašnjenju primene linearne regresije u kontekstu savremenih analitičkih problema, kao i u pružanju jasnih smernica za njeno prilagođavanje kompleksnijim situacijama. Rezultati i diskusija otvaraju prostor za dalja istraživanja, posebno u smeru unapređenja metoda optimizacije, kao što su adaptivne verzije algoritma gradijentnog spusta. Ove implikacije imaju široku primenu u oblastima gde je predviđanje numeričkih podataka ključno, poput ekonomije, biologije i inženjeringa.

Ključne reči: Linearna regresija. Mašinsko učenje. Gradijentni spust. Statistička analiza. Vizualizacija podataka. Optimizacija.

Abstract - Linear regression is a fundamental technique in statistics and machine learning that enables modeling and prediction of the relationship between dependent and independent variables. This study aims to provide a comprehensive overview of the theoretical foundations and practical applications of linear regression, contributing to a better understanding of its key characteristics and assumptions. The experimental part of the research demonstrates the algorithm's efficiency on synthetic data, emphasizing the evaluation of accuracy and result visualization. Key findings highlight the importance of properly testing assumptions, such as linear relationships and homoscedasticity, to ensure model validity. The contribution of this research lies in explaining the application of linear regression in the context of modern analytical challenges and providing clear guidelines for its adaptation to more complex scenarios. The results and discussion open avenues for further research, particularly in improving optimization methods, such as adaptive versions of the gradient descent algorithm. These implications have broad applicability in fields where numerical data prediction is critical, such as economics, biology, and engineering.

Keywords: Linear regression. Machine learning. Gradient descent. Statistical analysis. Data visualization. Optimization.

1. UVOD

Linearna regresija, kao jedna od najstarijih i najzastupljenijih metoda u oblasti statistike i mašinskog učenja, predstavlja osnovu za mnoge savremene analitičke modele [1]. Njena primena omogućava precizno modelovanje odnosa između zavisnih i nezavisnih promenljivih, što je ključno za donošenje informisanih odluka u brojnim oblastima, uključujući ekonomiju, biologiju, inženjering i nauku o podacima [2]-[5]. Uprkos širokoj upotrebi, linearna regresija se suočava s nizom izazova, kao što su pravilna validacija modela [6], efikasna optimizacija algoritama [7] i

prilagođavanje savremenim potrebama za analizu velikih i složenih skupova podataka [8].

Istraživanje u ovom radu ima za cilj da popuni prazninu u postojećoj literaturi kroz detaljan pregled teorijskih osnova [9], praktične primene i optimizacije linearne regresije [10]. Na osnovu pregleda literature, uočeno je da mnogi radovi ne uspevaju da povežu tradicionalne tehnike sa savremenim potrebama, posebno u pogledu automatizovane optimizacije modela i evaluacije njihovih ključnih pretpostavki [11, 12]. Upravo ovde se nalazi prostor za unapređenje i inovaciju [13].

Ciljevi ovog rada su trostruki, pružiti sveobuhvatan pregled osnovnih pretpostavki linearne regresije, kao što su

linearnost i homogenost varijanse [14], demonstrirati praktičnu primenu algoritma na sintetičkim podacima radi procene tačnosti i efikasnosti [15] i istražiti mogućnosti optimizacije korišćenjem algoritma gradijentnog spusta i drugih modernih metoda [7]. Ključni doprinos ovog istraživanja leži u jasnom povezivanju teorijskih koncepata sa praktičnim rešenjima i u pružanju smernica za dalji razvoj [1, 2].

Takođe, u ovom radu predstavljeni su osnovni koncepti i teorijska osnova linearne regresije [3]. Obuhvaćena je detaljna analiza ključnih pretpostavki modela i stavljen je akcenat na eksperimentalnu evaluaciju i vizualizaciju rezultata [8]. Razmatrane su implikacije nalaza i predloženi pravci za buduća istraživanja [12]. Rad se zaključuje ključnim saznanjima i preporukama [7].

2. KLJUČNI CILJEVI LINEARNE REGRESIJE

Ciljevi ovog istraživanja usmereni su na unapređenje razumevanja i praktične primene linearne regresije kao fundamentalne tehnike u analizi podataka. Kroz detaljno istraživanje teorijskih osnova, izazova u implementaciji i potencijalnih optimizacija, ovo istraživanje ima za cilj da doprinese razvoju efikasnijih i pouzdanijih analitičkih metoda [9].

Linearna regresija je osnovni metod u statistici i mašinskom učenju, ali njeno pravilno razumevanje zahteva poznavanje ključnih pretpostavki, kao što su linearnost odnosa, normalnost reziduala i homogenost varijanse [10]. Ovaj cilj ima za cilj pružanje jasnog teorijskog okvira koji podržava pouzdanu primenu modela [11].

U radu se obrađuju izazovi kao što su kršenje pretpostavki modela, problemi višestruke kolinearnosti među nezavisnim promenljivama i interpretacija koeficijenata. Fokus je na značaju pravilnog testiranja i prilagođavanja modela kako bi se obezbedila njegova validnost i pouzdanost [15].

Kroz simulaciju na sintetičkim podacima, istraživanje demonstrira sposobnost linearnog modela da precizno predvidi vrednosti zavisne promenljive [7]. Eksperimenti su osmišljeni tako da procene tačnost predikcija i identifikuju potencijalne nedostatke u praktičnoj primeni [6, 10].

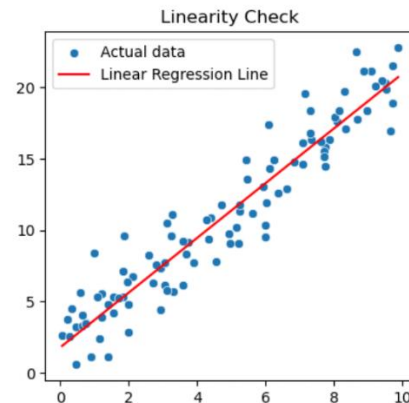
Optimizacija modela je ključni deo istraživanja, sa fokusom na iterativnu tehniku gradijentnog spusta koja se koristi za minimizaciju funkcije troška. Ovaj cilj uključuje analizu uticaja stope učenja i različitih strategija za poboljšanje konvergencije modela [9,14].

Ovo istraživanje ima značajan uticaj na unapređenje analitičkih metoda koje se koriste u brojnim oblastima, kao što su ekonomija, biologija, inženjering i nauka o podacima [5]. Pravilna primena linearne regresije omogućava donošenje informisanih odluka na osnovu podataka, dok optimizacija algoritama doprinosi rešavanju praktičnih problema uz smanjenje troškova i povećanje efikasnosti. Konkretno, istraživanje pruža smernice za prevazilaženje uočenih izazova i postavlja osnove za dalja istraživanja u oblasti mašinskog učenja i statističke analize [9].

Kako bi se minimizovala funkcija troška i postigao optimalan model, koristi se algoritam gradijentnog spusta:

$$m = m - L \cdot \frac{\partial J}{\partial m}, c = c - L \cdot \frac{\partial J}{\partial c} \quad (1)$$

U formuli (1) L predstavlja stopu učenja, dok J označava funkciju troška koja meri srednju kvadratnu grešku (*Mean Squared Error - MSE*) [7]. Ova formula ističe značaj iterativnog pristupa optimizaciji kako bi se dobila najbolja aproksimacija regresione linije [13].



Slika 1. Prikaz zavisnosti predviđenih vrednosti od stvarnih podataka i procena reziduala.

Slika 1. jasno prikazuje kako linearni regresioni model interpretira podatke, ilustrujući ključne aspekte linearnosti, nezavisnosti i normalnosti reziduala. Ovakva vizualizacija doprinosi boljem razumevanju ponašanja modela i njegovih ograničenja [12].

3. OPTIMIZACIJA REGRESIONOG MODELA

Istraživanje je osmišljeno kao multidisciplinarni pristup, kombinujući teorijsku analizu i eksperimentalne metode kako bi se obezbedilo sveobuhvatno razumevanje linearne regresije [1, 5]. Teorijski deo uključuje detaljnu analizu osnovnih pretpostavki linearne regresije, poput linearnih odnosa i homogenosti varijanse, dok je eksperimentalni deo fokusiran na simulaciju na sintetičkim podacima radi evaluacije tačnosti i efikasnosti modela [3].

Podaci korišćeni u ovom istraživanju generisani su sintetički uz pomoć Python biblioteka, gde je primenjen slučajni uzorak za kreiranje zavisne i nezavisnih promenljivih [9]. Primenjen je algoritam gradijentnog spusta za optimizaciju koeficijenata regresije [7].

Za analizu podataka korišćeni su sledeći alati i tehnike:

- Softver: Python, sa bibliotekama kao što su "numpy", "matplotlib", "seaborn", i "sklearn";
- Verzije softvera: Python 3.11, "sklearn 1.2", "matplotlib 3.7.2";
- Hardver: Eksperimenti su izvedeni na procesoru Intel Core i7 sa 32 GB RAM-a.

Eksperimentalni deo obuhvata vizualizaciju različitih aspekata regresije, uključujući proveru pretpostavki kao što su linearnost, normalnost reziduala i homogenost varijanse [14]. Poseban akcenat je stavljen na vizualizaciju pomoću grafika generisanih u Python-u [10].

Korišćena su dva ključna algoritma:

Gradijentni spust: Iterativni algoritam za minimizaciju funkcije troška, što je omogućilo optimizaciju koeficijenata regresije.

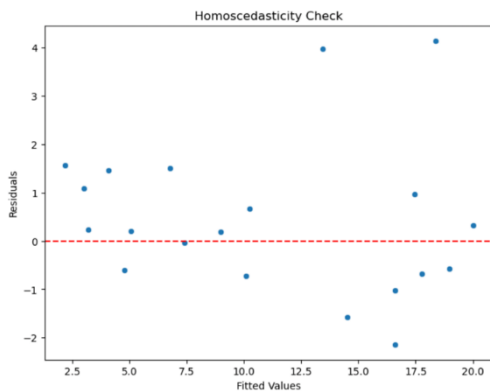
Linearna regresija: Implementirana je kako za jednostavne tako i za višestruke nezavisne promenljive, omogućavajući analizu različitih faktora.

Funkcija troška korišćena za modeliranje prikazana je u nastavku:

$$J(m, c) = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n (y_i - (mx_i + c))^2 \quad (2)$$

U formuli (2) m i c su koeficijenti regresije, dok y_i i x_i predstavljaju stvarne i predviđene vrednosti.

Za proveru pretpostavki korišćena je sledeća vizualizacija iz istraživanja:



Slika 2. Provera homogenosti varijanse reziduala.

Slika 2. prikazuje raspodelu reziduala u odnosu na predviđene vrednosti. Ovaj grafikon potvrđuje homogenu varijansu, jer reziduali nemaju očigledan obrazac [6, 14].

Izabrana metodologija omogućava preciznu analizu performansi linearne regresije u različitim uslovima:

Zašto linearna regresija? Njena primena je jednostavna i efektivna za modeliranje odnosa između promenljivih [3].

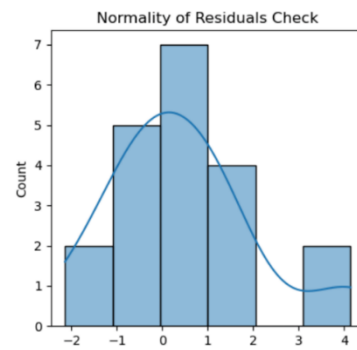
Zašto sintetički podaci? Omogućavaju kontrolisane uslove i ponovljivost eksperimenata [11].

Zašto gradijentni spust? Pruža efikasan način optimizacije, čak i za veće skupove podataka [8].

4. VALIDACIJA MODELA I ANALITIČKI UVIDI

Rezultati istraživanja pružaju jasan uvid u empirijske nalaze dobijene tokom primene linearne regresije na sintetičkim podacima, s ciljem evaluacije modela i njegovih ključnih pretpostavki [1].

Slika 3. ilustruje distribuciju reziduala modela linearne regresije kroz histogram sa krivom gustine. Rezultati pokazuju da su reziduali približno normalno raspoređeni, čime je potvrđeno ispunjenje pretpostavke o normalnosti reziduala. Ovo je od ključnog značaja za validnost modela, jer ukazuje na konzistentnost predikcija i pouzdanost analize. Normalnost reziduala omogućava izvođenje preciznih statističkih zaključaka i smanjuje rizik od grešaka u proceni koeficijenata [6]-[9].



Slika 3. Provera homogenosti varijanse reziduala.

Za kvantitativnu procenu performansi modela korišćena je funkcija koeficijenta determinacije (R^2):

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=0}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=0}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (3)$$

Gde su:

- y_i stvarne vrednosti zavisne promenljive,
- \hat{y}_i predviđene vrednosti modela,
- \bar{y} prosečna vrednost zavisne promenljive.

Vrednost $R^2 = 0,98$ dobijena u eksperimentima ukazuje da model objašnjava 98% varijabilnosti u zavisnoj promenljivoj [12]. Ovo potvrđuje visok nivo preciznosti modela, što je rezultat optimizacije algoritma gradijentnog spusta [7].

Tabela I Performanse modela linearne regresije

Parametar	Vrednost
Koeficijent determinacije (R^2)	0.98
Srednja kvadratna greška (MSE)	0.45
Broj iteracija	150

Tabela I prikazuje ključne metrike koje ocenjuju performanse regresionog modela. Visok koeficijent determinacije ($R^2 = 0,98$) ukazuje na uspešno modelovanje odnosa između zavisne i nezavisne promenljive. Niska vrednost MSE (0.45) potvrđuje tačnost predikcija, dok efikasan broj iteracija (150) ukazuje na dobro podešenu stopu učenja (L) algoritma gradijentnog spusta [7, 9].

Rezultati dobijeni u ovom istraživanju potvrđuju da je linearna regresija, uz pravilnu optimizaciju parametara, veoma efikasna u modelovanju odnosa između zavisnih i nezavisnih promenljivih [12]. Posebno su značajni sledeći nalazi:

Validacija pretpostavki: Vizualizacije su potvrdile ispunjenje ključnih pretpostavki linearne regresije, uključujući normalnost reziduala i homogenost varijanse [7].

Visoka tačnost modela: Vrednost R^2 pokazuje da model uspešno objašnjava gotovo celokupnu varijabilnost podataka [12].

Efikasnost optimizacije: Gradijentni spust se pokazao kao pouzdan algoritam za minimizaciju funkcije troška i prilagođavanje parametara [8].

Neočekivani nalazi, poput male varijabilnosti u distribuciji reziduala, sugerisu da bi dodatna analiza mogla uključiti različite metode regularizacije kako bi se istražila robusnost modela u uslovima heterogenosti podataka [15].

5. ZAKLJUČAK

Ovo istraživanje je potvrdilo ključne pretpostavke i efikasnost linearne regresije kao temeljnog modela u analizi podataka. Linearna regresija je pokazala visok nivo preciznosti u modelovanju odnosa između zavisnih i nezavisnih promenljivih, što potvrđuje koeficijent determinacije ($R^2 = 0,98$). Eksperimenti su dodatno naglasili važnost pravilnog testiranja pretpostavki, poput normalnosti reziduala i homogenosti varijanse, čime se osigurava validnost modela. Algoritam gradijentnog spusta pokazao se kao efikasno sredstvo za minimizaciju funkcije troška i optimizaciju parametara.

Rezultati istraživanja pružaju značajan doprinos u razumevanju i primeni linearne regresije u oblastima kao što su ekonomija, biologija i inženjering. Korišćenje kombinacije teorijskih analiza i eksperimentalnih metodologija omogućilo je praktičnu primenu ovog modela u rešavanju složenih analitičkih problema. Time se otvara prostor za široku primenu linearne regresije u savremenim istraživačkim izazovima.

Istraživanje se oslanjalo na sintetičke podatke, što predstavlja ograničenje u smislu njegove primenljivosti na kompleksnije stvarne datasetove. Buduća istraživanja bi trebalo da uključe analizu realnih podataka kako bi se dodatno ispitala robusnost i skalabilnost modela. Takođe, primena tehnika regularizacije, poput L1 i L2 normi, može dodatno unaprediti performanse modela u uslovima višestruke kolinearnosti ili heterogenosti podataka. Adaptivne verzije algoritma gradijentnog spusta predstavljaju još jedno područje koje zaslužuje detaljnu analizu.

Ovo istraživanje ne samo da potvrđuje potencijal linearne regresije u rešavanju standardnih analitičkih problema već i pruža smernice za buduća istraživanja u statistici i mašinskom učenju. Fokus na eksperimentalnu evaluaciju i vizualizaciju rezultata omogućava bolju primenu ovog modela, čineći ga korisnim za naučne i industrijske potrebe.

LITERATURA

- [1] Korda, N., Lattimore, P. L. A., & Munos, R. (2013). "Fast gradient descent for drifting least squares regression, with application to bandits". *arXiv preprint*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1307.3176>
- [2] Simonoff, J. S. (2021). "Optimization and Regression". In *Statistical Modeling and Regression Analysis* (pp. 43–65). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-87832-0_3
- [3] Patel, A. A. (2019). "Optimization for Machine Learning: Gradient Descent". In *Hands-On Artificial Intelligence for Beginners* (pp. 145–168). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4842-4470-8_16
- [4] Nesterov, Y. (2019). "Stochastic Gradient Descent and Its Variants in Machine Learning". *Springer Optimization Letters*, 9(4), 311–329. <https://doi.org/10.1007/s41745-019-0098-4>
- [5] Ruder, S. (2020). "An Overview of Gradient Descent Algorithm Optimization in Machine Learning". In "Foundations of Machine Learning". Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-45183-7_27
- [6] Zeiler, M. D. (2023). "Quantitative Analysis of Gradient Descent Algorithm using Scaling". *Multimedia Tools and Applications*, 82(1), 41–54. <https://doi.org/10.1007/s11042-023-16136-9>
- [7] Kingma, D. P., & Ba, J. (2023). "A Comparative Analysis of Gradient-Based Optimization Methods for Machine Learning Problems". In *Proceedings of Advanced Machine Learning Conference* (pp. 89–112). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-99-3432-4_7
- [8] Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2012). "Loss Function and Gradient Descent". *Deep Learning* (pp. 123–135). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-19-6814-3_9
- [9] Bottou, L. (2023). "Improving Stochastic Gradient Descent Initializing with Data". *Proceedings of the International Conference on Learning Representations* (pp. 345–362). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-39831-5_20
- [10] Tseng, P. (2008). "Block-Coordinate Gradient Descent Method for Linearly Constrained Problems". *Journal of Optimization Theory and Applications*, 138(3), 263–280. <https://doi.org/10.1007/s10957-008-9458-3>
- [11] Richards, D., Dobriban, E., & Rebeschini, P. (2021). "Comparing Classes of Estimators: When does Gradient Descent Beat Ridge Regression in Linear Models?" *arXiv preprint*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2108.11872>
- [12] G. R. (2023). "Extended Linear Regression: A Kalman Filter Approach for Minimizing Loss via Area Under the Curve". *arXiv preprint*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2308.12280>
- [13] Allerbo, O. (2023). "Solving Kernel Ridge Regression with Gradient-Based Optimization Methods". *arXiv preprint*. <https://arxiv.org/html/2306.16838v5>
- [14] "Batch Normalization". (2023). *Wikipedia*. https://en.wikipedia.org/wiki/Batch_normalization
- [15] "Barzilai-Borwein Method". (2023). *Wikipedia*. https://en.wikipedia.org/wiki/Barzilai-Borwein_method

UNAPREĐENJE RESPONZIVNOG DIZAJNA PRIMENOM MEDIJSKIH UPITA U BOOTSTRAP STUDIO OKRUŽENJU

IMPROVEMENT OF RESPONSIVE DESIGN USING MEDIA QUERIES IN BOOTSTRAP STUDIO ENVIRONMENT

Dejan Blagojević, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*
Vladan Ilić, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Sadržaj – Razvoj web dizajna, s fokusom na klijentske tehnologije koje doprinose stvaranju bogatog korisničkog iskustva postaje sve initeziveniji. Jedna od aktivnih oblasti razvoja jeste oblast CSS-a (Cascading Style Sheets), jezika za definisanje stila i izgleda veb stranica. Analiziraju se različiti CSS stilovi i tehnike primenjene tokom dizajniranja, s ciljem poboljšanja korisničkog iskustva, optimizacije performansi i unapređenja vizuelnog identiteta veb stranica. Poseban akcenat je stavljen na responzivni dizajn, ključni element modernog web dizajna, koji omogućava prilagodljiv izgled i raspored elemenata na uređajima različitih dimenzija ekrana, uključujući desktop računare, tablete i mobilne telefone. Rad nudi uvid u najbolje prakse i strategije korišćenja CSS-a za kreiranje responzivnih veb stranica, analizirajući tehnike koje osiguravaju optimalnu funkcionalnost i vizuelnu privlačnost. Ova analiza pruža osnovu za dalje istraživanje i razvoj u oblasti veb dizajna, naglašavajući važnost kvalitetne primene CSS-a u kreiranju modernih i prilagodljivih veb rešenja.

Ključne reči: Web dizajn. CSS (Kaskadni stilovi). Korisničko iskustvo. Responzivni dizajn. Tehnologije na klijentskoj strani. Medijski upiti. Bootstrap studio. Dizajn zasnovan na mobilnim uređajima. Vizuelni identitet.

Abstract - Web design development, with a focus on client-side technologies that contribute to creating a rich user experience, is becoming increasingly intensive. One of the key areas of development is CSS (Cascading Style Sheets), a language for defining the style and appearance of web pages. Various CSS styles and techniques applied during the design process are analyzed to improve the user experience, optimize performance, and enhance the visual identity of web pages. Special emphasis is placed on responsive design, a crucial element of modern web design that enables adaptable layouts and element arrangements across devices with different screen sizes, including desktop computers, tablets, and smartphones. The paper provides insights into best practices and strategies for using CSS to create responsive websites, analyzing techniques that ensure optimal functionality and visual appeal. This analysis provides a foundation for further research and development in the field of web design, emphasizing the importance of quality CSS implementation in creating modern and adaptable web solutions.

Keywords: Web Design. CSS (Cascading Style Sheets). User Experience. Responsive Design. Media queries. Bootstrap studio. Mobile-first Design Visual Identity.

1. UVOD

Sa rastućom diverzifikacijom uređaja koje korisnici koriste za pregledanje interneta, postaje ključna optimizacija veb stranica za različite veličine ekrana i performanse. Ova potreba zahteva efikasne alate i tehnike koje mogu odgovoriti na sve složenije zahteve korisnika. Medijski upiti, kao deo CSS standarda, pružaju fleksibilnost u prilagođavanju dizajna različitim uređajima [1].

Kombinacijom osnovnih i naprednih tehnologija, klijentske tehnologije omogućavaju veb dizajnerima da kreiraju sadržaje koji ne samo da zadovoljavaju korisnike, već ih i impresioniraju. Ove tehnologije optimizuju veb stranice i aplikacije za različite uređaje i platforme, pružajući prilagodljiv sadržaj i bogata interaktivna iskustva. Osnovna

svrha klijentskih tehnologija je prilagođavanje sadržaja različitim veličinama ekrana, stvaranje intuitivne navigacije i brzog pristupa informacijama. U današnjem digitalnom okruženju, uspeh veb stranica i aplikacija u velikoj meri zavisi od njihove efikasne primene. One su postale ključan deo svakodnevnog života korisnika, čineći moderne veb stranice dinamičnim, interaktivnim i privlačnim [2].

Razvojna okruženja i alati su ključni elementi u procesu razvoja klijentskih tehnologija. Iako se često koriste kao sinonimi, postoje razlike između ova dva pojma. Razumevanje ovih razlika omogućava programerima da efikasnije planiraju i implementiraju proces razvoja, prilagođavajući svoj rad specifičnim zahtevima i ciljevima projekta. Ove razlike takođe podstiču razvoj inovativnih pristupa i alata koji unapređuju kvalitet i efikasnost veb dizajna i razvoja [3]. Razvojno

okruženje (engl. development environment), odnosi se na kompletnu infrastrukturu, alate i resurse koji su potrebni programerima za razvoj veb aplikacija. To uključuje softver za uređivanje koda, debugovanje, kao i platforme za testiranje koda. Razvojno okruženje pruža sve što je potrebno da bi se napisao, testirao i optimizovao kod aplikacije. Razvojna okruženja i alati omogućavaju programerima efikasno upravljanje složenosti projekata i održavanje visokog nivoa produktivnosti tokom razvoja aplikacija. Savremena razvojna okruženja često podržavaju rad u oblaku (engl. *Cloud Development*), omogućavajući programerima da pristupe projektima sa bilo kog uređaja i saraduju sa kolegama u realnom vremenu. Razvojni alati su specifični softverski programi ili skupovi programa koji olakšavaju određene zadatke tokom procesa razvoja. To uključuje integrisana razvojna okruženja (IDE) poput WebStorm-a ili Sublime Text-a, grafičke editore poput Adobe Photoshopa za dizajn, kao i razne *framework*-ove i biblioteke koje ubrzavaju i pojednostavljaju razvoj. Dok razvojni alati uglavnom pokrivaju pojedinačne aspekte procesa razvoja, kao što su dizajn, kodiranje ili testiranje, razvojno okruženje obuhvata sve komponente potrebne za celokupan proces razvoja [4].

Cilj ovog rada jeste analiza efekata primene medijskih upita u Bootstrap Studiju u pogledu pojednostavljenja procesa dizajna i osigurati vrhunsko korisničko iskustvo.

2. RESPONZIVNI DIZAJN

Responzivni dizajn (engl. *Responsive design*) je pristup dizajniranja veb stranica i aplikacija koji osigurava optimalno prikazivanje sadržaja na različitim uređajima, kao što su desktop računari, tableti i mobilni telefoni. Ovaj dizajn omogućava fleksibilnost i prilagodljivost elemenata stranice, čime se osigurava dosledno i efikasno korisničko iskustvo bez obzira na veličinu ekrana [5].

Osnovna karakteristika responzivnog dizajna je fluidnost, odnosno prilagodljivost elemenata stranice. Umesto fiksnih dimenzija, elementi se proporcionalno prilagođavaju veličini ekrana, čime se osigurava da sadržaj bude jasan i funkcionalan na svim uređajima. Takođe, responzivni dizajn obuhvata optimizaciju performansi, što znači da se stranice brže učitavaju na mobilnim uređajima, čime se poboljšava korisničko iskustvo.

Jedna od ključnih tehnika u responzivnom dizajnu je upotreba CSS medija upita (*CSS Media Queries*). Ovi upiti omogućavaju veb dizajnerima da definišu različite stilove za različite veličine ekrana i uređaje. Na primer, mogu se postaviti specijalni stilovi za pametne telefone, kao što su veći fontovi ili pojednostavljeni dizajn za lakše čitanje na manjim ekranima. Medija upiti omogućavaju prilagođavanje stilova veb stranica za različite uređaje. Za desktop uređaje koriste se stilovi za ekrane širine 1024 piksela i više, za tablet uređaje stilovi su za ekrane između 768 i 1023 piksela, dok za mobilne telefone važe stilovi za ekrane širine 767 piksela ili manje. Ovi rasponi osiguravaju da sadržaj bude optimizovan za različite uređaje. Dodatno, fluidni raspored elemenata omogućava sadržaju da se prilagodi veličini ekrana koristeći tehnike poput relativnih jedinica, grid sistema i flexbox-a, čineći stranicu preglednom i estetski usklađenom na svim uređajima [4], [5].

Responzivni dizajn postaje ključan u eri kada sve veći broj korisnika pristupa internetu putem mobilnih uređaja. Stranice koje nisu prilagođene mobilnim uređajima mogu izgubiti

posetioce i klijente zbog lošeg korisničkog iskustva. Zbog toga, investiranje u responzivni dizajn nije opcija, već neophodnost za svaku modernu veb stranicu ili aplikaciju koja želi da ostane konkurentna i relevantna.

2.1. Media queries

Media upiti (engl. *media queries*) predstavljaju jedan od ključnih alata u klijentskim tehnologijama, omogućavajući prilagođavanje prikaza veb stranica različitim uređajima i veličinama ekrana. Ovi upiti su deo CSS-a (engl. *Cascading Style Sheets*) i koriste se za kreiranje responzivnog dizajna, koji je postao standard u savremenom veb dizajnu. Responzivni dizajn podrazumeva prilagođavanje sadržaja i izgleda veb stranica kako bi korisničko iskustvo bilo optimalno bez obzira na to da li se stranica pregleda na desktop računaru, tabletu ili pametnom telefonu. Ključna uloga media upita je u omogućavanju ove fleksibilnosti, pružajući dizajnerima mogućnost da definišu različite stilove za različite uslove prikaza [5]. Media upiti funkcionišu tako što ispituju karakteristike uređaja na kojem se stranica prikazuje, kao što su širina ili visina ekrana, rezolucija, orijentacija, pa čak i mogućnost korisničkog uređaja da koristi ekran na dodir. Na osnovu tih informacija, CSS pravila se primenjuju selektivno, omogućavajući promene u izgledu i ponašanju elemenata na stranici. Na primer, jedan od najčešće korišćenih, ispituje širinu ekrana, omogućavajući dizajnerima da prilagode izgled stranice za male ekrane, poput onih na pametnim telefonima, u poređenju sa većim ekranima desktop računara. Na ovaj način, osigurava se da veb stranica ostane čitljiva i funkcionalna bez obzira na kom uređaju se prikazuje [5].

U praksi, media upiti se često koriste za promenu rasporeda elemenata na stranici, prilagođavanje veličine fontova, slika i drugih sadržaja, kao i za sakrivanje ili prikazivanje određenih delova stranice na osnovu specifičnih uslova. Takođe, slike mogu biti prikazane u manjoj rezoluciji na uređajima sa manjim ekranom kako bi se ubrzalo učitavanje stranice i smanjila potrošnja podataka [5]. Osim osnovnih prilagođavanja, media upiti omogućavaju i složenije scenarije, gde se različiti stilovi primenjuju u zavisnosti od specifičnih kombinacija karakteristika uređaja. Na primer, dizajneri mogu kreirati pravila koja se primenjuju samo na uređaje sa visokom rezolucijom ekrana (poput Retina ekrana), čime se optimizuje prikaz sadržaja za korisnike sa naprednim uređajima. Slično tome, media upiti mogu se koristiti za prilagođavanje dizajna različitim orijentacijama ekrana, kao što su portreta i pejzažna orijentacija, čime se osigurava dosledno korisničko iskustvo bez obzira na to kako korisnik drži svoj uređaj [5]. Korišćenje media upita zahteva pažljivo planiranje i testiranje, jer je važno osigurati da sve verzije stranice budu funkcionalne i estetski prihvatljive na različitim uređajima. To podrazumeva i razumevanje ciljane publike, njihovih navika u korišćenju uređaja i specifičnih zahteva projekta. U ovom kontekstu, najbolja praksa je početi sa dizajnom za najmanje ekrane i postepeno dodavati stilove za veće ekrane, što je poznato kao pristup „mobile-first“. Ovaj pristup omogućava da se osnovni stilovi kreiraju za mobilne uređaje, dok se media upiti koriste za dodavanje složenijih stilova za veće ekrane [6]. Media upiti, iako moćni, nisu jedino rešenje za sve izazove responzivnog dizajna. Oni se često koriste u kombinaciji sa drugim tehnikama, kao što su fleksibilni rasporedi i responzivne slike, kako bi se postigla optimalna prilagodljivost.

Fleksibilni rasporedi koriste procenite umesto fiksnih jedinica za određivanje širine elemenata, dok responzivne slike omogućavaju prikaz različitih verzija slike u zavisnosti od veličine ekrana. U kombinaciji sa media upitima, ove tehnike omogućavaju kreiranje veb stranica uz optimalno korisničko iskustvo na širokom spektru uređaja [6].

3. BOOTSTRAP STUDIO

Bootstrap studio predstavlja moćan alat za dizajn i razvoj responzivnih veb stranica. Namenjen je kako početnicima, tako i iskusnim veb dizajnerima i programerima koji žele da ubrzaju proces kreiranja i implementacije modernih, responzivnih veb stranica. Ovaj softver kombinuje jednostavnost vizuelnog uređivanja sa snagom i fleksibilnošću koju pruža „Bootstrap“, najpopularniji front-end frejmwork (engl. *Framework*) za izgradnju responzivnih veb stranica [7].

Ova aplikacija za izradu veb stranica se bazira na bootstrap framework-u. Omogućava korisnicima da kreiraju profesionalne web stranice kroz jednostavan „drag-and-drop“ interfejs. Pomoću ovog alata, korisnici mogu da dizajniraju, modeluju i testiraju svoje veb stranice bez pisanja dugačkog koda. Bootstrap studio dolazi sa mnoštvom ugrađenih komponenti, kao što su navigacijski meniji, slajderi, obrasci i galerije, koje se mogu jednostavno prevući na veb stranicu i time će se automatski dodati [6, 7].

Jedna od osnovnih funkcionalnosti Bootstrap Studija je vizuelno kreiranje responzivnih veb stranica, gde se medijski upiti automatski generišu tokom dizajna. Na primer, prilagođavanje grida za mobilne uređaje koristi klase kao što su col-sm-6 ili col-md-4, što omogućava automatsko preklapanje elemenata na manjim ekranima [8].

Kada se dizajnira raspored elemenata za različite uređaje, Bootstrap Studio automatski generiše kod, koji omogućava prilagođavanje broja kolona u zavisnosti od veličine ekrana, čime se postiže optimalan raspored elemenata

```
<div class="row">
  <div class="col-sm-6 col-md-4">Element 1</div>
  <div class="col-sm-6 col-md-4">Element 2</div>
  <div class="col-sm-6 col-md-4">Element 3</div>
</div>
```

Bootstrap Studio se razlikuje od drugih alata kao što su Visual Studio Code i Figma. Visual Studio Code zahteva ručno pisanje medijskih upita, dok Bootstrap Studio automatski generiše responzivni kod putem vizuelnog interfejsa [9]. S druge strane, Figma je primarno alat za dizajn prototipa i ne nudi direktnu generaciju HTML/CSS koda, što Bootstrap Studio čini pogodnijim za brzi razvoj veb stranica [10, 11].

3.1. Korisnička orijentisanost bootstrap studia

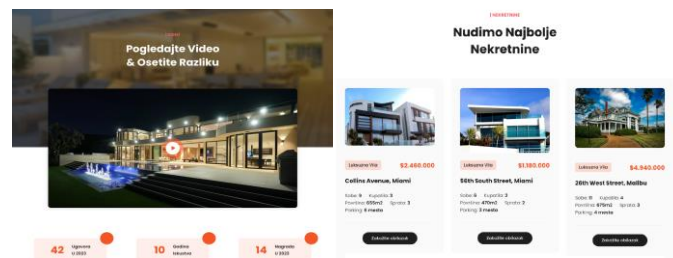
Za potrebe ovog rada, izrađena je web prezentacija za potrebe jedne agencije za nekretnine. Ispoštovani su svih zahtevi klijenta u pogledu funkcionalnosti, optimizacije i responzivnosti. Stranice kreirane u Bootstrap Studiju organizovane su u hijerarhijsku strukturu koja omogućava jednostavno uređivanje, uz mogućnost dodavanja glavnih sekcija kao što su „header“, „footer“, „sidebar“, galerije i kontakt forme. Sekcije su stilizovane ugrađenim alatima za CSS, kao i prilagođene pomoću „custom“ HTML i CSS koda.

Njegov intuitivni "drag-and-drop" interfejs omogućio je brzo slaganje elemenata, kao što su navigacioni barovi, forme

i kartice, bez potrebe za ručnim pisanjem HTML koda. Korišćeni su elementi unapred optimizovane za responzivni dizajn. To uključuje elemente kao što su carousel-i, tabele, modal prozori i grid sistem, koji omogućava lako slaganje elemenata na različitim ekranima (sl.1). Različite "breakpoints" tačke, poput xs, sm, md i drugih, olakšale su prilagođavanje izgleda stranice za mobilne uređaje, tablete i desktop računare. Ove opcije omogućile su lako testiranje i prilagođavanje dizajna u realnom vremenu kroz ugrađeni "preview" sistem.

Bootstrap Studio je izgenerisao čist i optimizovan kod, koji je lako izvedn kao statički HTML sa svim CSS i JS fajlovima. To je u narednom koraku omogućilo laku integraciju sa backend tehnologijama, u ovom slučaju PHP.

Korišćen je real-time pregled dizajna uz "live sync" opciju, što znači da se svaka promena automatski prikazivala i mogla da prati u browser-u. Ovo značajno ubrzava proces razvoja, jer dizajneri i programeri mogu odmah uočiti i korigovati potencijalne greške ili unaprediti izgled stranice bez potrebe za ručnim osvežavanjem. Tokom rada korišćena je mogućnost kreiranja i ponovnog korišćenja komponenti unutar projekta, čime se dobilo na uštedi vremena i povećavala se efikasnost prilikom izrade sličnih delova stranice (sl.2).



Slika 1. Prikaz home page stranice.

Slika 2. Prikaz intekrativne sekcije.

4. RAD SA MEDIA QUEIRRIES

Eksportovanjem bootstrap projekta automatski su generisani neki CSS fajlovi. U ovim fajlovima automatski su generisani i neki media upiti korisničkog iskustva. Media upit „@media (prefers-reduced-motion)“ osmišljen je da poboljša pristupačnost veb stranica za korisnike koji preferiraju smanjenu animaciju na svojim uređajima (sl.3). Ovaj Media upit koristi specifičnu CSS funkciju „prefers-reduced-motion“, koja se oslanja na podešavanja korisnika unutar operativnog sistema, gde korisnici mogu odabrati opciju za smanjenje ili eliminaciju animacija radi boljeg korisničkog iskustva. Unutar ovog Media upita, ciljani su elementi sa klasom „,animated“. Svim elementima sa ovom klasom uklanjaju se CSS animacije i tranzicije. Konkretno „,webkit-animation: unset!important“ i „,animation: unset!important“ poništavaju bilo kakve postojeće animacije, dok „,webkit-transition: none!important“ i „,transition: none!important“ uklanjaju sve definisane tranzicije. Upotreba „,!important“ osigurava da ove promene imaju prioritet nad drugim CSS pravilima koja mogu biti definisana za te elemente.

Media upit „,@media screen and (max-width: 860px)“ je dizajniran da prilagodi stilove veb stranice kada je širina ekrana manja ili jednaka 860 piksela (sl.4). Unutar ovog media upita, ciljani su elementi sa klasama „,flex-direction-nav .flex-prev“ i „,flex-direction-nav .flex-next“. Za elemente sa klasom „,flex-prev“, stilovi postavljaju „,opacity“ na „,1“, što znači da

će postati potpuno vidljivi, i pozicioniraju ih „left: 10px“, čime se element pomera 10 piksela od leve ivice svog roditeljskog kontejnera. Slično tome, za elemente sa klasom „flex-next“, „opacity“ se takođe postavlja na „1“, čineći ih potpuno vidljivim, i pozicioniraju ih „right: 10px“, čime se element pomera 10 piksela od desne ivice svog roditeljskog kontejnera.

```

1 @media (prefers-reduced-motion){
2   .animated{
3     -webkit-animation:unset!important
4     -webkit-transition:none!important
5     animation:unset!important;
6     transition:none!important
7   }
8 }

```

Slika 3. Media upit u „animate.css“ fajlu.

```

1 @media screen and (max-width: 860px) {
2   .flex-direction-nav .flex-prev {
3     opacity: 1;
4     left: 10px;
5   }
6   .flex-direction-nav .flex-next {
7     opacity: 1;
8     right: 10px;
9   }
10 }

```

Slika 4. Media upit u „flex-slider.css“ fajlu.

Media upit „@media (prefers-reduced-motion: reduce)“ (sl.5) osmišljen je da poboljša pristupačnost veb stranica za korisnike koji preferiraju smanjenu pokretljivost na uređajima. Unutar ovog media koda, ciljani su elementi sa klasama „fa-beat“, „fa-fade“, „fa-beat-fade“, „fa-flip“, „fa-pulse“, „fa-spin“ i „fa-spin-pulse“, koje su deo *Font Awesome* biblioteke ikonica koje podržavaju različite vrste animacija.

Za sve ove elemente, stilovi postavljaju „-webkit-animation-delay“ i „animation-delay“ na „-1ms“, što praktično uklanja bilo kakvo kašnjenje u animaciji. „-webkit-animation-duration“ i „animation-duration“ su postavljeni na „1ms“, čime se efektivno skraćuje trajanje animacije na gotovo trenutnu vrednost. „-webkit-animation-iteration-count“ i „animation-iteration-count“ su postavljeni na „1“, čime se animacija ograničava na samo jedan ciklus. Takođe, „-webkit-transition-delay“ i „transition-delay“ su postavljeni na „0s“, uklanjajući bilo kakvo kašnjenje tranzicije, dok su „-webkit-transition-duration“ i „transition-duration“ postavljeni na „0s“, čime se tranzicije eliminišu.

```

1 @media (prefers-reduced-motion: reduce) {
2   .fa-beat,
3   .fa-fade,
4   .fa-beat-fade,
5   .fa-flip,
6   .fa-pulse,
7   .fa-spin,
8   .fa-spin-pulse {
9     -webkit-animation-delay: -1ms;
10    animation-delay: -1ms;
11    -webkit-animation-duration: 1ms;
12    animation-duration: 1ms;
13    -webkit-animation-iteration-count: 1;
14    animation-iteration-count: 1;
15    -webkit-transition-delay: 0s;
16    transition-delay: 0s;
17    -webkit-transition-duration: 0s;
18    transition-duration: 0s; } }

```

Slika 5. Media upit u „fontawsome.css“ fajlu.

```

1 @media (max-width: 768px) {
2   .navbar {
3     flex-direction: column;
4     align-items: flex-start;
5   }
6   .hero-section {
7     padding: 20px;
8     text-align: center;
9   }
10  .content {
11    padding: 15px;
12  }
13  .footer {
14    font-size: 14px;
15    text-align: center;
16  }
17 }

```

Slika 6. Media upit za mobilne telefone.

Unutar media upita „@media (max-width: 768px)“, stilovi veb stranice prilagođeni su za mobilne uređaje sa širinom ekrana manjom ili jednakom 768 piksela (sl.6). Ovim podešavanjima obuhvaćeni su ključni elementi stranice kako bi se poboljšalo korisničko iskustvo na manjim ekranima. Stilovi za navigacioni bar (.navbar) menjaju se tako da se bar prebacuje u kolonu (flex-direction: column), što omogućava da navigacioni linkovi budu raspoređeni vertikalno. Takođe, „align-items: flex-start“ osigurava da su svi elementi unutar navigacionog bara poravnati sa levestrane, čime se olakšava navigacija na manjim ekranima. U hero sekciji (hero-section), padding se smanjuje na 20 piksela (padding: 20px), što osigurava da sadržaj ima dovoljno prostora oko sebe, ali ne zauzima previše prostora na ekranu. Tekst unutar hero sekcije

se centrira (text-align: center), čime se poboljšava vizuelna prezentacija i čitljivost na manjim ekranima. U glavnom sadržaju (content), padding se smanjuje na 15 piksela (padding: 15px), što osigurava da sadržaj ima dovoljno prostora unutar kontejnera, ali ne preopterećuje ekran nepotrebnim belim prostorom. U futeru (.footer), veličina fonta se smanjuje na 14 piksela (font-size: 14px), što čini tekst čitljivim, ali ne previše velikim za male ekrane. Tekst unutar „footera“ se centrira (text-align: center), što omogućava lakše čitanje i bolji vizuelni balans na ekranu. Ovaj Media Query omogućava da se web stranica dinamički prilagodi različitim veličinama ekrana, čime se poboljšava korisničko iskustvo na mobilnim uređajima i malim ekranima

5. ZAKLJUČAK

Responzivni dizajn direktno utiče na korisničko iskustvo, omogućavajući preglednost i intuitivnu navigaciju na svim uređajima. Optimizovan prikaz sadržaja na mobilnim uređajima povećava zadržavanje korisnika i smanjuje stopu napuštanja stranice. Primena medijskih upita kroz Bootstrap Studio omogućava optimizaciju korisničkog iskustva na različitim uređajima, čime se poboljšava preglednost i funkcionalnost veb stranica. Ovaj pristup smanjuje vreme razvoja, osigurava kvalitetan vizuelni identitet i poboljšava interakciju sa korisnicima. Dalji razvoj treba usmeriti ka istraživanju naprednih CSS funkcionalnosti i alata za simulaciju različitih scenarija prikaza. Na osnovu rezultata rada, jasno je da responzivni dizajn nije samo tehnička opcija već i poslovna potreba za konkurentnost na digitalnom tržištu.

LITERATURA

- [1] Andy Harris, *HTML5 and CSS3 All-in-One For Dummies 3rd Edition*, New Jersey: John Wiley & Sons Inc, 2014.
- [2] David Flanagan, *JavaScript: The Definitive Guide 6th Edition*, California: O'Reilly Media, Inc, 2011.
- [3] Jon Duckett, *HTML and CSS: Design and Build Websites*, New Jersey: John Wiley & Sons Inc, 2011.
- [4] Ben Frain, *Responsive Web Design with HTML5 and CSS: Develop future-proof responsive websites using the latest HTML5 and CSS techniques 3rd Edition*, Birmingham: Packt Publishing, 2020.
- [5] John M. Wargo, *Learning Progressive Web Apps: Building Modern Web Apps Using Service Workers*, New York: Pearson Education, Inc., 2020.
- [6] <https://bootstrapstudio.io/docs/>, maj 2024
- [7] Eric Mayer, *CSS: The Definitive Guide*, California: O'Reilly Media, 2020.
- [8] Stephen Hay, *Responsive Design Workflow*, Berkeley: New Riders, 2013.
- [9] Rachel Andrew, *The New CSS Layout*, New York: A Book Apart, 2022.
- [10] Andy Budd, *CSS Mastery: Advanced Web Standards Solutions*, Berkeley: Apress, 2023.
- [11] Ahmad Shadeed, *Mastering CSS Grid and Flexbox: Responsive Web Design Techniques*, London: Smashing Magazine, 2023.

VERIFIKACIJA LICA U SOFTVERU ZA ČUVANJE TAJNI

FACIAL RECOGNITION IN SOFTWARE FOR SECRETS MANAGEMENT

Dušan Stefanović, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*
Filip Stojanović, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Sadržaj – Verifikacija lica predstavlja jednu od naprednih metoda autentifikacije, koja se oslanja na biometrijske karakteristike lica kako bi potvrdila identitet korisnika. U kontekstu softvera za čuvanje tajni, ova metoda se pokazala kao efikasna alternativa tradicionalnim metodama, kao što su lozinke, pružajući veću sigurnost i jednostavnije korišćenje. Ovaj rad istražuje proces kreiranja mašinskog modela za verifikaciju korisnika putem lica i način na koji se taj model može integrisati u softver za čuvanje tajni. Cilj je kreirati web aplikaciju putem koje se može nakon verifikacije lica sigurno pristupiti tajnama, model je uspešno integrisan ukoliko aplikacija daje pristup samo željenom korisniku.

Ključne reči: Verifikacija lica. Autentifikacija. Softver za čuvanje tajni. Lozinke.

Abstract – Facial recognition is a type of advanced authentication method, which relies on biometric characteristics of a user's face to confirm their identity. In the context of software for secrets management, this method has proven to be an effective alternative to traditional methods, such as passwords, providing greater security and ease of use. This paper researches the process of creating a machine model for facial recognition and how that model can be integrated into software for secrets management. The goal is to create a web application through which secrets can be safely accessed after facial verification; the model is successfully integrated if the application allows access only to the desired user.

Keywords: Facial recognition. Authentication. Software for secrets management. Passwords.

1. UVOD

Verifikacija lica predstavlja savremen način autentifikacije korisnika koji koristi fizičke karakteristike lica da bi se obezbedio pristup nekom sistemu ili aplikaciji. Za razliku od tradicionalnih metoda (lozinke, PIN kod), biometrijski sistemi za prepoznavanje omogućavaju bezkontaktni, jednostavan i siguran način identifikacije.

Ovaj rad istražuje implementaciju sistema za verifikaciju lica u okviru softvera za čuvanje tajni koristeći biblioteke OpenCV i TensorFlow i koncepte dubokog učenja za prepoznavanje lica. Glavni cilj integrisanja ove tehnologije u menadžerima tajni je povećanje sigurnosti i olakšavanje korisničkog iskustva.

2. SOFTVER ZA PREPOZNAVANJE LICA

Sistemi za prepoznavanje lica zasnivaju se na prepoznavanju fizičkih karakteristika lica, uključujući rastojanje između očiju, oblik nosa, usta i drugih delova lica [1]. Primer algoritma je prikazan na Slika 1.



Slika 1. Viola–Jones algoritam za detekciju lica (CC Soumyanilcsc).

Proces se sastoji iz nekoliko faza: prepoznavanja lica na slici, izračunavanja karakterističnih tačaka (embeddinga) i poređenja ovih karakteristika sa podacima u bazi. Ovi podaci se dalje mogu koristiti za verifikaciju identiteta korisnika.

3. METODOLOGIJA

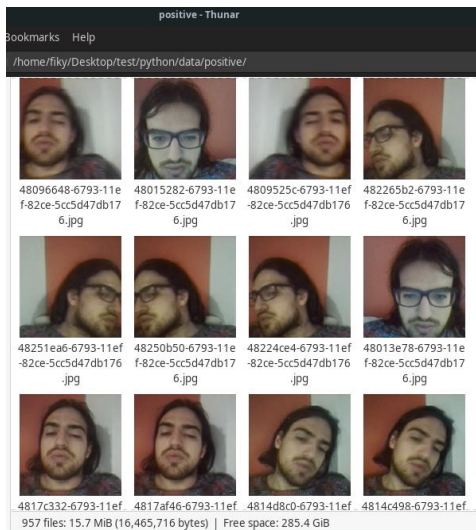
U ovom istraživanju, verifikacija lica implementirana je korišćenjem dubokih neuronskih mreža, posebno "Siamese" modela zasnovanom na konvolucionim neuronskim mrežama (CNN) [2].

Tehnologije korišćene u razvoju uključuju Python, TensorFlow, Keras, i OpenCV, zajedno sa integracijom kamere u realnom vremenu za prikupljanje slika.

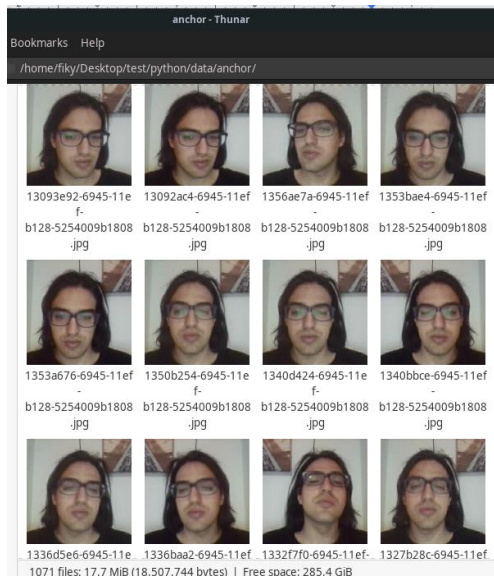
Model je treniran na bazi podataka slika koje uključuju dve slike istog korisnika, "positive" i "anchor" iz različitih uglova i pod različitim uslovima osvetljenja, sa ili bez naočara i brade. Ove dve slike se porede naspram lica treće osobe iz "negative" slike. Fascikle sa ovim slikama mogu se videti na Slika 2 i Slika 3.

Ova metoda zove se trostruka provera, i dovodi do bolje generalizacije nakon treniranja modela time što se model trenira sa više slika kako bi bolje utvrdio identitet prve osobe u različitim pozama [3].

Ključni deo sistema je treniranje modela na velikom skupu “negative” lica prikupljenih iz “Labeled Faces in the Wild” dataset-a, što obezbeđuje visoku tačnost prepoznavanja. Umesto klasične klasifikacije, ovaj model koristi L1 distancu za poređenje ulazne slike korisnika. Ovaj pristup omogućava precizno poređenje i identifikaciju korisnika.



Slika 2. Positive fascikla.



Slika 3. Anchor fascikla.

4. IMPLEMENTACIJA

Sistem verifikacije lica implementiran je u okruženju koje koristi Django za backend i TensorFlow za dubinsko učenje. Slike korisnika snimaju se kamerom uređaja u realnom vremenu i zatim se prosleđuju modelu za prepoznavanje.

Pre procesiranja, slike se konvertuju u veličinu slika iz dataset-a pomoću OpenCV biblioteke, zatim se konvertuju u numeričke vrednosti, normaliziraju i skaliraju na standardnu veličinu od 100x100 piksela [4]. Kod funkcija za rad sa slikama prikazan je u narednom bloku.

```
# Cut down frame to 250x250px
def cut_frame(frame):
    height, width = frame.shape[:2]
```

```
height /= 250
width = int(width / height_change)

frame = cv2.resize(frame, (width, 250))
width //= 2
frame = frame[:, width - 125: width +
125]
```

```
return frame
```

```
def preprocess(img):
    # Resize the image to be 100x100x3
    img = tf.image.resize(img, (100, 100))

    # Scale image to be between 0 and 1
    img /= 255.0

    # Return image
    return img
```

Slike se obrađuju kroz model koji koristi metod L1 distance za poređenje karakteristika lica, gde se razlika između embedding slike računa kako bi se odredila sličnost između korisnika i date slike u lokalnoj bazi. Ako je razlika manja od praga, korisnik se verifikuje i dobija pristup, u suprotnom pristup će biti odbijen.

Prikazana funkcionalnost omogućava beskontaktni način prepoznavanja što je veoma korisno u visoko sigurnosnim aplikacijama kao što su softveri za čuvanje tajni tj menadžeri lozinki [5].

Kreirana je app fascikla sa 35 slika korisnika sa kojima će model upoređivati date slike. Kod za integraciju modela i procesiranje slika u Django okruženju prikazan je u narednom bloku.

```
@require_POST
def process_image(request):
    img = request.body.decode('utf-8')
    img = img.split(',', maxsplit=1)[1]
    img = np.frombuffer(
        base64.b64decode(img),
        np.uint8
    )

    img = cv2.imdecode(img,
cv2.IMREAD_COLOR)

    # Process the image as needed
    img = preprocess_np(cut_frame(img))
    results, verified = verify(img,
siamese_model, APP_PATH, 0.7, 0.6)

    if verified:
        request.session['verified'] = True

    # Return the result
    return JsonResponse({'verified':
verified})
```

5. PREDNOSTI I OGRANIČENJA

Osnovne prednosti ove metode uključuju visoku preciznost i sigurnost, eliminaciju potrebe za memorisanje lozinki i brzinu procesiranja. Jedan od ključnih benefita je jednostavnost korišćenja – korisnici ne moraju unositi lozinke ili PIN-ove. Dovoljno je da sistem prepozna njihovo lice. Ovaj način autentifikacije je otporniji na napade poput krađe

identiteta, jer su fizičke karakteristike lica jedinstvene za svakog korisnika i teže se falsifikuju.

Sistem za verifikaciju lica može biti ograničen uticajem faktora poput varijacija u osvetljenju, pozadini, ili promena u izgledu korisnika, uključujući nošenje naočara, promenu frizure ili rast brade, što može negativno uticati na tačnost prepoznavanja.

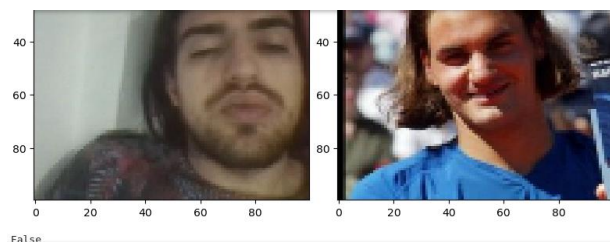
Sistem mašinskog učenja zahteva adekvatnu optimizaciju performansi kako bi se omogućila brza i efikasna autentifikacija, čak i na ugrađenim uređajima sa ograničenim hardverskim resursima [6].

6. PRIMERI VERIFIKACIJE LICA U JUPYTER NOTEBOOK OKRUŽENJU

Za bolje razumevanje verifikacije lica, neophodno je analizirati primere njene primene u realnim scenarijima.

Primer 1. Prikazan je blok koda koji vrši verifikaciju korisnika na osnovu slike u formatu datoteke. Funkcija `verify` prima odgovarajuće argumente i upoređuje prosleđenu sliku sa svim slikama iz direktorijuma `app`. Verifikacija se smatra uspešnom ako model proceni da se najmanje 60% slika iz direktorijuma `app` podudara sa prosleđenom slikom, uz nivo pouzdanosti od najmanje 70% [7].

```
model_img = preprocess_file(
    os.path.join(
        APP_PATH,
        random.choice(os.listdir(APP_PATH))
    )
)
input_img = preprocess_file(
    os.path.join(
        NEG_PATH,
        random.choice(os.listdir(NEG_PATH))
    )
)
results, verified = verify(input_img,
    siamese_model, APP_PATH, 0.7, 0.6)
# Set plot size
plt.figure(figsize=(10,8))
# Set first subplot
plt.subplot(1,2,1)
plt.imshow(model_img)
# Set second subplot
plt.subplot(1,2,2)
plt.imshow(input_img)
# Renders cleanly
plt.show()
print(verified)
```



Slika 4. Verifikacija korisnika sa datotekom.

Rezultat izvršenja koda prikazan je na Slika 4. Model je prepoznao da prikazana slika nije korisnik izlazom “False”.

Primer 2. Prikazan je blok koda koji će iskoristiti kameru na uređaju i odraditi verifikaciju u realnom vremenu pritiskom na taster `v`, biće iskorišćena `verify` funkcija sa istim argumentima.

```
cap = cv2.VideoCapture(0)
while cap.isOpened():
    ret, frame = cap.read()
    frame = cut_frame(frame)
    cv2.imshow('Verification', frame)
    key = cv2.waitKey(1) & 0xFF
    match key:
        # Verification trigger on v
        case 118:
            img = preprocess_np(frame)
            results, verified = verify(
                img,
                siamese_model,
                APP_PATH,
                0.7,
                0.6
            )
            print(verified)
        # Break gracefully on q
        case 113: break
    cap.release()
cv2.destroyAllWindows()
```

Rezultat izvršenja koda je prikazan na Slika 5.



Slika 5. Verifikacija korisnika u realnom vremenu.

Nakon što je model proverio podudaranje sa svakom slikom iz `app` datoteke, možemo zaključiti da je provera bila uspešna izlazom “True”, moguće je analizirati pouzdanost modela za podudaranje sa svakom pojedinačnom slikom koristeći promenljivu `results` Slika 6.

```
# Percentage of images that identify at least 70%
np.sum(np.squeeze(results) > 0.7) / len(results) * 100

94.28571428571428

results

array([[1.]], dtype=float32),
array([[0.6797763]], dtype=float32),
array([[1.]], dtype=float32),
array([[0.99279684]], dtype=float32),
array([[0.99782217]], dtype=float32),
array([[1.]], dtype=float32),
array([[1.]], dtype=float32),
array([[0.9998843]], dtype=float32),
array([[0.9990202]], dtype=float32),
array([[0.99977523]], dtype=float32),
array([[0.99754024]], dtype=float32),
array([[0.9830968]], dtype=float32),
array([[1.]], dtype=float32),
array([[1.]], dtype=float32),
array([[0.53368264]], dtype=float32),
```

Slika 6. Provera pouzdanosti.

7. ZAKLJUČAK

Implementacija sistema za verifikaciju lica u softveru za čuvanje tajni pokazuje veliki potencijal u pogledu značajnog poboljšanja sigurnosti i korisničkog iskustva.

Integracija biometrijskih metoda autentifikacije, poput prepoznavanja lica, pruža korisnicima dodatni nivo zaštite, istovremeno eliminišući poteškoće povezane sa pamćenjem lozinki. Uprkos izazovima poput varijacija u osvetljenju i promena u izgledu korisnika, prednosti ovog sistema značajno nadmašuju njegova ograničenja, što ga čini pogodnim za široku primenu u aplikacijama koje zahtevaju visok nivo sigurnosti.

LITERATURA

- [1] Facial recognition system, https://en.wikipedia.org/wiki/Facial_recognition_system Septembar 2024.
- [2] Gregory Kochn, Richard Zemel, Ruslan Salakhutdinov, “Siamese Neural Networks for One-shot Image Recognition”, ICML deep learning workshop, 1, 1-8, 2015.
- [3] Face Recognition with Siamese Networks, Keras, and TensorFlow, <https://pyimagesearch.com/2023/01/09/face-recognition-with-siamese-networks-keras-and-tensorflow>, Septembar 2024.
- [4] Al Sweigart, *Automate the Boring Stuff with Python, 2nd Edition: Practical Programming for Total Beginners*, San Francisco: No Starch Press, 2019.
- [5] Password manager, Wikipedia https://en.wikipedia.org/wiki/Password_manager, Septembar 2024.
- [6] Machine learning, Wikipedia https://en.wikipedia.org/wiki/Machine_learning, Septembar 2024.
- [7] Build a Deep Facial Recognition App from Paper to Code, https://youtu.be/bK_k7eebGgc, Avgust 2024.



VIRTUELNI ASISTENT ALUMNI WEB APLIKACIJE

VIRTUAL ASSISTANT ALUMNI WEB APPLICATIONS

Marko Veličković, *Akademija tehničko-vaspitačkih струковних studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*
Dejan Blagojević, *Akademija tehničko-vaspitačkih струковних studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*
Zoran Veličković, *Akademija tehničko-vaspitačkih струковних studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Abstract: *Virtuelni asistent Alumni Web aplikacije pruža odgovore korisnicima na postavljena pitanja u realnom vremenu. Ovo omogućava administratorima da se fokusiraju na unapređenje funkcionalnosti same aplikacije. Prednost ovog sistema je njegova dostupnost 24/7 kao i skraćivanje vremena čekanja na odgovore. Virtuelni asistent je realizovan na platformi QuickchatAI-a i podržava više jezika. Daljim usavršavanjem virtuelnog asistenta može se značajno poboljšati interakcija sa korisnicima a time i efikasnost Alumni Web aplikacije.*

Ključne reči: *Virtuelni asistent. Alumni Web aplikacija. QuickChatAI.*

Abstract: *The virtual assistant of the Alumni Web application provides answers to users questions in real time. This allows administrators to focus on improving the functionality of the application itself. The advantage of this system is its 24/7 availability and shortening the waiting time for answers. The virtual assistant is implemented on the QuickchatAI platform and supports multiple languages. Further development of the virtual assistant can significantly improve interaction with users and thus the efficiency of the Alumni Web application.*

Key words: *Virtual assistant. Alumni Web Application. QuickChatAI.*

1. UVOD

Akademija tehničko-vaspitačkih струковних studija - ATVSS je razvila troslojnu Web aplikaciju za uspostavljanje trajnih Alumni kanala sa svojim svršenim studentima. Funkcionalnost ove aplikacije može se naći u [1] gde su predložene napredne opcije u cilju olakšanja korišćenja ove Web aplikacije. Jedan od predloga unapređenja ove Web aplikacije je dodavanje virtuelnog asistenta. Virtuelni asistent je softverska aplikacija ili Web interfejs koji je dizajniran da imitira ljudsku konverzaciju putem tekstualnih ili glasovnih interakcija [2]. Jedan od najpoznatijih virtuelnih asistenata je zasnovan na *QuickChatAI-u* (engl. *QuickChat Artificial Intelligence*). Ovaj virtuelni asistent se obično realizuje *online* i koristi generativne sisteme veštačke inteligencije. Ovi sistemi su sposobni da održavaju razgovor sa korisnikom na prirodnom jeziku i simuliraju način na koji bi ljudski sagovornik reagovao [3]. Razvoj tehnologije virtuelnih asistenata značajno je unapređen upotrebom naprednih algoritama mašinskog učenja, obrade prirodnog jezika *NLP* (engl. *Natural Language Processing*) i velikih jezičkih modela *LLM* (engl. *Large Language Model*) [4]. Ovi modeli, poput *GPT* (engl. *Generative Pre-trained Transformer*), omogućavaju virtuelnim asistentima da prepoznaju kontekst, razumeju složene upite i pruže personalizovane odgovore.

U ovom radu su u sekciji 2 opisane osnove funkcionalnosti virtuelnog asistenta baziranog na *QuickchatAI*. U sekciji 3 prikazana je implmentacija virtuelnog asistenta u Alumni Web aplikaciji. U sekciji 4 izvedeni su zaključci na bazi realizovanog virtuelnog asistenta *QuickchatAI* i date su preporuke za njegovo korišćenje.

2. VIRTUELNI ASISTENTI

Virtuelni asistenti su napredni softverski alati koji koriste veštačku inteligenciju za pružanje brze i efikasne korisničke podrške. Virtuelni asistent je dizajniran da odgovara na korisnička pitanja u realnom vremenu, omogućavajući korisnicima da brzo dobiju informacije ili rešenja bez dugog čekanja. Virtuelni asistent je optimizovan za brze odgovore, što znači da korisnici mogu da dobiju informacije u tren oka. Interfejs virtuelnog asistenta je intuitivan i lako se koristi [5]. Takođe, pomaže u automatizaciji čestih upita, oslobađajući ljudskog operatera da se fokusira na složenije zadatke [6]. Može da se prilagodi različitim industrijama i potrebama, od korisničke podrške do prodaje. Često se integriše s drugim poslovnim alatima, poput *CRM* (engl. *Customer Relationship Management*) sistema, čime se poboljšava ukupna efikasnost. Pored toga, omogućava personalizovane odgovore zasnovane na prethodnim interakcijama, čime dodatno unapređuje korisničko iskustvo. Virtuelni asistent donosi brojne prednosti koje unapređuju poslovne procese i povećavaju zadovoljstvo korisnika. Jedna od ključnih prednosti je njegova 24/7 dostupnost, što znači da korisnici mogu dobiti pomoć u bilo koje doba dana ili noći, bez obzira na vremensku zonu. Automatski odgovori značajno smanjuju potrebu za velikim timovima za podršku, čime se smanjuju operativni troškovi i poboljšava efikasnost poslovanja. Pored toga, brzi odgovori doprinose većem zadovoljstvu korisnika, jer smanjuju vreme čekanja i trenutno pružaju rešenja. Virtuelni asistent može da prepozna složenija pitanja i preusmeri korisnike na ljudske operatere u slučaju da nema zadovoljavajući odgovor na postavljeno pitanje korisnika.

Virtuelni asistent takođe omogućava prikupljanje podataka o korisničkim interakcijama, što organizacijama daje dragocene uvide za unapređenje proizvoda i usluga. Njegova fleksibilnost obezbeđuje jednostavnu integraciju sa različitim platformama, pružajući sveobuhvatno rešenje za poslovnu komunikaciju. Dodatno, uz pomoć veštačke inteligencije, virtuelni asistent može da prepozna obrasce u komunikaciji, da uči iz interakcija i vremenom postane sve efikasniji. Ovaj sistem koristi napredne algoritme za analizu osećanja, prepoznajući ton poruka korisnika kako bi pružio prilagođene odgovore i bolje razumeo potrebe klijenata.

Osim u bankarstvu, virtuelni asistenti se široko koriste u e-trgovini, zdravstvenim uslugama, obrazovanju i sektoru putovanja. U e-trgovini, omogućavaju automatizovanu podršku pri kupovini, praćenju narudžbina i preporuke proizvoda. U zdravstvu, služe za zakazivanje termina, davanje informacija o simptomima i pružanje osnovnih zdravstvenih saveta. U obrazovanju, pomažu studentima kroz interaktivne lekcije i kvizove, dok u sektoru putovanja olakšavaju rezervacije i pružaju informacije o destinacijama [8], [9].

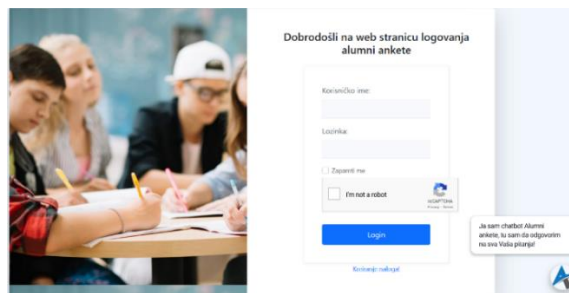
Najnoviji trendovi uključuju integraciju virtuelnih asistenata sa glasovnim asistentima poput *Amazon Alexa*, *Google Assistant* i *Apple Siri*, čime se dodatno poboljšava korisničko iskustvo. Takođe, virtuelni asistenti sve više koriste analitiku i produktivnu analizu kako bi predvideli potrebe korisnika i ponudili proaktivna rešenja. Izazovi u implementaciji virtuelnih asistenata uključuju osiguravanje tačnosti odgovora, razumevanje složenih upita i zaštitu privatnosti korisnika. Međutim, kontinuirani napredak u AI (engl. *Artificial Intelligence*) tehnologiji omogućava postepeno prevazilaženje ovih problema [9]. U današnjem digitalnom svetu virtuelni asistenti predstavljaju ključni alat u modernom digitalnom svetu, omogućavajući kompanijama da unaprede korisničko iskustvo, optimizuju procese i smanje operativne troškove. Njihova sve veća primena i inovacije u AI tehnologijama sugerisu da će oni igrati još značajniju ulogu u budućnosti [10], [11].

3. IMPLEMENTACIJA VIRTUELNOG ASISTENTA ALUMNI SERVIS ATVSS NIŠ

U staroj verziji Alumni Web aplikacije, u kojoj nije implementiran virtuelni asistent, proces kreiranja naloga za korisnike, bio je manuelan i zahtevao je intervenciju ljudskog operatera. Korisnici bi morali da pošalju zahtev za kreiranje korisničkog naloga putem mejla, nakon čega bi ljudski operater ručno izvršio kreiranje naloga za svakog korisnika [1]. U novijoj verziji Alumni Web aplikacije korisnik može sam da kreira nalog i potom popunjava forme aplikacije.

U prethodnom radu [1] je konstatovano da je kreiranje naloga kritična operacija. Studenti su često imali pitanja ko ima pravo da kreira nalog, da li jednom kreiran nalog može da se obriše, da li jednom uneti podaci mogu da se izmene, da li je obavezno da se popune sva polja, i sl. Ovo su najčešća pitanja na koje administrator Web aplikacije mora rutinski da odgovori. Vreme koje administrator troši na davanje rutinskih odgovora umanjuje njegovu efikasnost u unapređenju same Web aplikacije.

Umesto administratora odgovore na ova pitanja može dati virtuelni asistent Alumni Web aplikacije.



Slika 1. Prikaz Alumni Web aplikacije ATVSS Niš sa implementiranim virtuelnim asistentom.

Kreiranje virtuelnog asistenta u Alumni Web aplikaciji na ATVSS imalo je za cilj da poboljša komunikaciju sa bivšim studentima i da olakša pristup informacijama i uslugama. Implementacija virtuelnog asistenta u Alumni servisu ATVSS započela je definisanjem ključnih ciljeva, kao što su:

- automatizacija odgovora na često postavljana pitanja,
- pružanje informacija o predstojećim događajima,
- omogućavanje Alumni zajednici lakše registracije ili ažuriranja njihovih podataka.

Nakon što su ciljevi postavljeni, izabrani su odgovarajući alati za razvoj virtuelnog asistenta, kao što su *Dialogflow* i *ManyChat*, koji su omogućili jednostavniju izradu i integraciju virtuelnog asistenta u postojeće sisteme Akademije. Virtuelni asistent na bazi AI-a i dokumenata do kojih je imao pristup omogućio je korisnicima da brzo dobiju potrebne informacije, kao što su registracija na seminare ili prijava za mrežne događaje.

Pored toga, integracija virtuelnog asistenta sa CRM sistemima i bazama podataka omogućila je personalizovane odgovore i ažuriranje informacija u realnom vremenu, što je doprinosilo boljoj korisničkoj usluzi. Nakon faze testiranja i optimizacije, virtuelni asistent je uspešno implementiran na Web sajtu Akademije, čime je korisnicima omogućeno da lako pristupe informacijama i obaveste se o novostima u Alumni zajednici. Redovno praćenje performansi virtuelnog asistenta, kao i prikupljanje povratnih informacija od korisnika, omogućilo je stalna poboljšanja i prilagođavanje virtuelnog asistenta specifičnim potrebama Alumni članova, čime je doprinosilo boljoj komunikaciji i angažmanu zajednice.

Na početku su uključeni predefinisani odgovori na česta pitanja, dok su naprednije funkcionalnosti postepeno dodavane. Virtuelni asistent je povezan sa bazama podataka Akademije kako bi pristupio informacijama o bivšim studentima, događanjima i mogućnostima zapošljavanja. Pre nego što se virtuelni asistent aktivira, važno je testirati sve njegove funkcionalnosti i obučiti ga za odgovaranje na specifična pitanja vezana za Alumni usluge.

Na slici 1 je prikazana Web stranica za logovanje na servis ATVSS sa implementiranim virtuelnom asistentom, dok je na slici 2 prikazana je Web stranica za kreiranje Alumni naloga Web aplikacije koja takođe koristi *QuickchatAI*. Ovaj virtuelni asistent omogućava korisnicima da komuniciraju sa aplikacijom na jednostavan način, postavljajući pitanja i dobijajući odgovore u realnom vremenu. U Web aplikaciji, *QuickchatAI* funkcioniše tako što se koriste unapred definisani odgovori koji su prethodno uneti u njegovu bazu podataka.

Kreiranje ALUMNI naloga za studente

Pažljivo kucajte vaše Ime, Prezime, Broj indeksa i email !!!

Ime:

Prezime:

Broj indeksa:
Primer: VTS 01/01

email:
Primer: mej@vts.com

Pažljivo birajte odsek, vrstu studija i studijski program, na osnovu Vašeg broja indeksa!!!

Ja sam chatbot Alumni ankete, tu sam da odgovorim na sva Vaša pitanja!

Slika 2. Početna strana Alumni web aplikacije sa QuickchatAI-om.

Kreiranje ALUMNI naloga za studente

Pažljivo kucajte vaše Ime, Prezime, Broj indeksa i email !!!

Ime:

Prezime:

Broj indeksa:
Primer: VTS 01/01

email:
Primer: mej@vts.com

Pažljivo birajte odsek, vrstu studija i studijski program, na osnovu Vašeg broja indeksa!!!

OSEK

Imam pitanje

pitanje

Kako vam mogu pomoći

Kako postati član

Alumni anketa chatbot 10:21 AM

Da biste postali član Alumne organizacije ATVSS Niš, potrebno je da završite jedan od studijskih programa na ATVSS Niš i popunite Obrazac za prijem u članstvo. Na taj način prihvatite ciljeve, prava i obaveze Alumni organizacije. Ako imate pitanja, slobodno pošaljite mej na alumni@akademijanis.edu.rs

Write a question

Powered by QuickchatAI

Slika 4. Primer odgovora alumni virtuelnog asistenta.

Kreiranje ALUMNI naloga za studente

Pažljivo kucajte vaše Ime, Prezime, Broj indeksa i email !!!

Ime:

Prezime:

Broj indeksa:
Primer: VTS 01/01

email:
Primer: mej@vts.com

Pažljivo birajte odsek, vrstu studija i studijski program, na osnovu Vašeg broja indeksa!!!

OSEK

Imam pitanje

Alumni anketa chatbot

Ja sam chatBot Alumni ankete, tu sam da odgovorim na sva Vaša pitanja

Kako vam mogu pomoći

Kako postati član

Alumni anketa chatbot

Write a question

Powered by QuickchatAI

Slika 3. Priprema za odgovor od strane QuickchatAI-a.

Na primer, kada korisnici postavljaju pitanja koja se odnose na nadolazeće događaje, poput seminara, konferencija ili radionica, virtuelni asistent će pružiti odgovore zasnovane na podacima unetim u aplikaciju, kao što su datumi, lokacije i teme događaja. Pored toga, korisnici mogu da postavljaju pitanja koja se odnose na administrativne procese, kao što su prijava za članstvo u Alumni zajednici, ažuriranje ličnih podataka, ili procedura za dobijanje potvrda o završenim studijama. U tim slučajevima, *QuickchatAI* će pružiti precizne instrukcije koje su unapred definisane u bazi, tako da korisnici ne moraju čekati na odgovore od stvarne osobe.

Na slici 2 prikazan je isti virtuelni asistent, ali sa dodatnom funkcionalnošću sa slike 1. Na ovoj stranici, virtuelni asistent može odgovarati na pitanja korisnika kao i na početnoj stranici, ali u slučaju kada nije u mogućnosti da pruži odgovor, sistem će obavestiti korisnika da nema odgovora na postavljeno pitanje. Primer korišćenja *QuickchatAI* prikazan je na slikama 3 i 4, gde su ilustrovani različiti scenariji u kojima korisnici postavljaju pitanja i dobijaju odgovore.

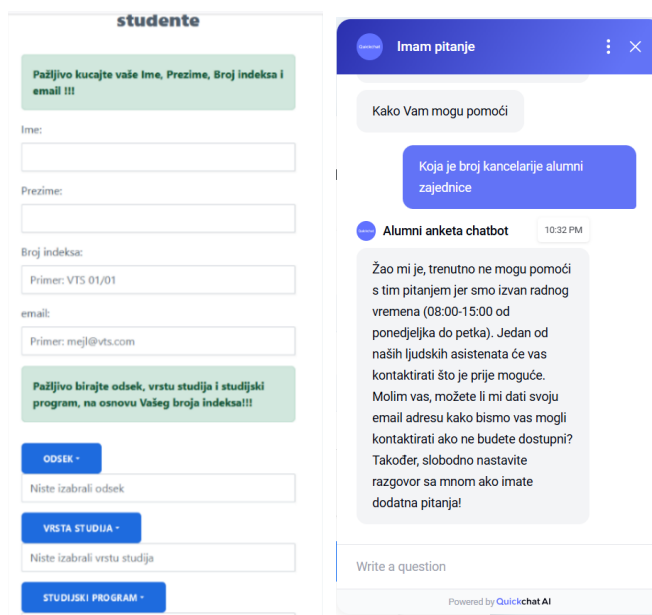
Slike 3 i 4 prikazuju konkretne primere interakcije između korisnika i virtuelnog asistenta. Na slici 3, virtuelni asistent priprema odgovor na pitanje: "Kako postati član", dok je na slici 4 prikazan odgovor virtuelnog asistenta na postavljeno pitanje. Sa slike 4 može se videti odgovor *QuickChat*-a koji glasi:

"Da bi ste postali član Alumni organizacije studenata ATVSS Niš, potrebno je da završite neki od studijskih programa na ATVSS Niš i popunite Obrazac za prijem u članstvo. Na taj način prihvatite ciljeve, prava i obaveze Alumni organizacije. Ako imate dodatna pitanja, možete ih poslati na e-mail adresu: alumni@akademijanis.edu.rs".

Sistem omogućava brzo i efikasno pružanje informacija, smanjujući potrebu za manuelnim odgovorima od strane ljudskog operatera, čime se korisnicima štedi vreme.

Ukoliko virtuelni asistent ne poseduje odgovor na specifično pitanje, može obavestiti korisnika da informacija nije dostupna ili ga može uputiti na ljudskog operatera koji poseduje dodatne informacije. Na ovaj način se održava kontinuitet usluge i omogućava veća fleksibilnost u upravljanju informacijama. Takođe, virtuelni asistent može prebaciti korisnika na stvarnu osobu koja može da pruži odgovore na specifična pitanja, čime se omogućava bolje korisničko iskustvo. Virtuelni asistent može prebaciti korisnika na stvarnu osobu koja može da pruži odgovore na specifična pitanja, čime se omogućava bolje korisničko iskustvo.

Na slici 5 prikazana je opcija za prebacivanje korisnika na stvarnu osobu u slučaju da virtuelni asistent ne može da pruži adekvatan odgovor. Prikazan je primer kada virtuelni asistent nema odgovor i po pravilu upućuje korisnika na ljudskog asistenta. Međutim u prikazanom primeru ljudski asistent nije dostupan jer je pitanje postavljeno van radnog vremena. Virtuelni asistent obavestava korisnika da će se ljudski asistent javiti što je pre moguće, moli korisnika da dostavi svoju kontakt e-mail adresu.



Slika 5. Virtualni asistenti nema odgovor na pitanje.

Pre implementacije *QuickchatAI* u Web aplikaciju prethodno se treba registrovati na Web sajt *QuickchatAI*-a (<https://www.quickchat.ai/>) i tom prilikom se dobijaju korisničko ime i identifikacija scenarija koje treba uneti u Web stranicu.

Na slici 6 je dat primer koda kojim se virtualni asistent implementira u Alumni Web aplikaciju sa dobijenim parametrima pri registraciji.

```
<div>
<script type="text/javascript"
src="https://www.quickchat.ai/user_kit/*****.min.js"
id="quickchat_script" scenario_id="*****"></script>
</div>
```

Slika 6. Implementacija *Quickchat AI*.

4. ZAKLJUČAK

Prednost *QuickchatAI*-a u Alumni Web aplikaciji je ta što korisnici odmah dobijaju odgovore na pitanja koja bi inače morali da postavljaju administratoru aplikacije. Ovaj pristup omogućava administratorima da se fokusiraju na unapređenje same aplikacije i usavršavanje *AI* asistenta, jer sistem može učiti i prilagođavati se na osnovu novih često postavljenih pitanja. Ako *AI* asistent ne poseduje odgovor na neka pitanja, administrator može jednostavno da ažurira bazu podataka kako bi virtualni asistent mogao da pruži relevantne informacije korisnicima, čime se stalno poboljšava tačnost i efikasnost odgovora. Dalja obrada i unapređenje Alumni Web aplikacije koja koristi virtualnog asistenta omogućava poboljšanje interakcije između korisnika i aplikacije, bez potrebe za razgovorom sa stvarnom osobom. Virtualni asistent može da podrži sve jezike koji su mu dostupni u datom trenutku, čime se proširuje njegova primena na globalnom nivou. Iako je virtualni asistent još uvek u fazi razvoja i učenja, već poseduje značajan broj podataka koji su uvezeni u sam projekat, što omogućava brzo generisanje odgovora na većinu korisničkih upita. Međutim, ograničen broj tekstova koji mogu da budu

korišćeni za odgovore predstavlja izazov, koji se može prevazići dodatnim treniranjem modela i proširivanjem baze podataka kako bi virtualni asistent postao još efikasniji.

LITERATURA

- [1] M. Veličković, D. Blagojević, Z. Veličković, "Alumni Web aplikacija za prikupljanje podataka o svršenim studentima", Zbornik radova Akademije tehničko-vaspitačkih strukovnih studija, 2021.
- [2] L. Tarun, S. Bhalotia, A. Pal, S. Bisen, V. Rathod, "Implementation of a Virtualni asistenti System using AI and NLP." *International Journal of Innovative Research in Computer Science & Technology (IJRCST)*, Volume 6, Issue 3 (2018).
- [3] V. Hristidis, "Chatbot Technologies and Challenges," 2018 First International Conference On Artificial Intelligence For Industries (AI4I), 2018, pp. 126-126, DOI: 10.1109/AI4I.2018.8665692.
- [4] S. Mulik, V. Bhosale, "Application Of NLP:Design Of Chatbot For New Research Scholars", *Turkish Online Journal Of Qualitative Inquiry*, Vol. 12 No. 8 (2021), pp.: 2817-2823. <https://www.tojqi.net/index.php/journal/articl> 2021
- [5] R. Tamrakar, N. Wani, "Design And Development Of CHATBOT: A Review". 2022. Conference: International Conference On "Latest Trends In Civil, Mechanical And Electrical
- [6] L. Shukla, "Designing Your Neural Networks". 2019. Medium.<https://towardsdatascience.com/designing-your-neuralnetworks-a5e4617027ed>.
- [7] U. Bharti, D. Bajaj, H. Batra, S. Lalit, S. Lalit, A. Gangwan, "Med bot: Conversational Artificial Intelligence Powered Chat bot for Delivering Tele-Health after COVID-19", *IEEE*, 2020.
- [8] P. Thosani, M. Sinkar, J. Vaghasiya, R Shankarmani, "A Self Learning Chat-Bot from User Interactions and Preferences", *IEEE*, 2020. www.ijcrt.org © 2023 IJCRT | Volume 11, Issue 5 May 2023 | ISSN: 2320-2882 IJCRT2305387 *International Journal of Creative Research Thoughts (IJCRT)*.
- [9] E. Adamopoulou, L. Moussiades. "An overview of chatbot technology." *IFIP International Conference on Artificial Intelligence Applications and Innovations*. Springer, Cham, vol. 584, 2020.
- [10] S. Arsovski, H. Osipyanyan, M. I. Oladele, A. D. Cheok, Automatic knowledge extraction of any chatbot from conversation Expert Systems with Applications, 137 (2019)
- [11] D. B. Mesko, "The Medical Futurist," *The Medical Futurist Institute*, 2020. [Online]. Available: <https://medicalfuturist.com/magazine/Engineering>. <https://www.researchgate.net/publication/3>



VIZUALIZACIJA ALGORITAMA ZA VREMENSKI RASPORED VISUALIZATION OF TIME SCHEDULING ALGORITHMS

Nikola Vukotić, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*
Slavimir Stošović, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*
Aleksandar Branković, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Sadržaj - U cilju unapređenja nastavnog procesa i lakšeg razumevanja algoritama za upravljanje vremenom u računarima razvijena je veb aplikacija za vizualizaciju najčešće korišćenih algoritama. U radu su obrađeni algoritmi *First-Come, First-Served, Shortest Job Next, Round Robin* i *Priority Scheduling*. U radu je dat jasan pregled funkcionalnosti i primena ovih algoritama u različitim okruženjima, uključujući *batch*, interaktivne i *real-time* sisteme. Aplikacija za vizualizaciju razvijena je korišćenjem *JavaScript*-a i omogućava korisnicima da interaktivno izaberu neki od četiri algoritama, unesu podatke o procesima (kao što su broj procesa, vreme dolaska, prioriteta, itd) i dobiju automatski generisane rezultate u vezi sa ključnim parametrima rada algoritma. Ovaj pristup omogućava korisnicima bolje razumevanje rada algoritama kroz praktične primere i interakciju sa sistemom.

Ključne reči: *Vizualizacija algoritama. Upravljanje procesima. First-Come First-Served. Shortest Job Next. Round Robin. Prioritizacija. JavaScript. Interaktivna aplikacija. Računarstvo u realnom vremenu. Nastavni proces.*

Abstract - A web application for visualizing commonly used algorithms has been developed to enhance the teaching process and facilitate a better understanding of time management algorithms in computer systems. The paper covers the algorithms *First-Come, First-Served, Shortest Job Next, Round Robin, and Priority Scheduling*. It provides a clear overview of the functionalities and applications of these algorithms in various environments, including *batch*, *interactive*, and *real-time* systems. The visualization application was developed using *JavaScript* and allows users to select one of the four algorithms interactively, input process data (such as the number of processes, arrival times, priorities, etc.), and automatically generate results related to key performance parameters of the selected algorithm. This approach enables users to better understand the algorithms through practical examples and interaction with the system.

Keywords: *Algorithm visualization. Process scheduling. First-Come First-Served. Shortest Job Next. Round Robin. Prioritization. JavaScript. Interactive application. Real-time computing. Teaching process.*

1. UVOD

Efikasno upravljanje procesorskim vremenom jedan je od ključnih izazova u savremenim operativnim sistemima, gde je potrebno obezbediti optimalno raspoređivanje procesa kako bi se postigle maksimalne performanse sistema. Algoritmi za vremenski raspored igraju centralnu ulogu u rešavanju ovog problema, omogućavajući pravilnu alokaciju resursa uz minimizaciju čekanja, maksimizaciju iskorišćenosti procesora i ispunjenje specifičnih kriterijuma performansi [1].

U dinamičkim i raznovrsnim okruženjima, od *batch* sistema do *real-time* aplikacija, pravilno odabrani algoritam može značajno uticati na korisničko iskustvo i efikasnost sistema. Kroz analizu i implementaciju algoritama kao što su *First-Come, First-Served, Shortest Job Next, Round Robin*, i *Priority Scheduling*, pruža se sveobuhvatan uvid u njihove prednosti, nedostatke i primenu u različitim domenima [2], [3].

Cilj ovog rada je da se teorijske osnove algoritama povežu sa njihovom praktičnom implementacijom i vizualizacijom, kako bi se ilustrovali principi raspoređivanja i omogućilo njihovo bolje razumevanje. Na taj način, praktični deo rada doprinosi sagledavanju važnosti algoritama za vremenski raspored i bolje razumevanje njihovog funkcionisanja.

2. TEORIJSKI ASPEKTI I KRITERIJUMI ZA RASPOREĐIVANJE PROCESA

Raspoređivanje procesa predstavlja ključnu komponentu operativnih sistema, koja omogućava efikasno upravljanje procesorskim vremenom u višeprocenskim okruženjima. Procesor kao osnovni resurs operativnog sistema mora biti alocirana procesima na način koji optimizuje performanse i ispunjava specifične zahteve korisnika i sistema.

Procesi u operativnom sistemu prolaze kroz različite faze tokom svog životnog ciklusa. Glavna stanja procesa su:

- **Pokrenut** – proces trenutno koristi CPU i izvršava se.

- **Spreman** – proces je spreman, čeka na dodelu CPU-a.
- **Blokiran** – proces čeka na neki događaj.
- **U čekanju** – Slično stanju blokiran, gde proces čeka na događaj kao što je povratak rezultata neke operacije.
- **Završen** – proces je završio svoje izvršavanje i više ne zahteva resurse.

Pravilno prepoznavanje i upravljanje ovim stanjima važno je za efikasno raspoređivanje procesa [3]. Odluke o raspoređivanju procesa mogu se donositi u četiri osnovne situacije:

- Prelaz iz pokrenutog u blokirano stanje – na primer, kada proces zahteva I/O operaciju.
- Prelaz iz pokrenutog u spremno stanje – obično kao rezultat prekida ili dolaska procesa višeg prioriteta.
- Prelaz iz blokiranog u spremno stanje – kada se završi događaj koji je proces čekao.
- Završetak procesa – kada proces završi svoje izvršavanje, CPU se oslobađa i dodeljuje sledećem.

U ovim situacijama operativni sistem primenjuje različite algoritme raspoređivanja kako bi osigurao optimalnu alokaciju CPU-a. Na osnovu prirode okruženja i potreba sistema, algoritmi mogu biti prekidni, gde se proces može prekinuti u korist drugog, ili neprekidni, gde proces zadržava CPU dok ne završi [3], [4].

Kriterijumi za raspoređivanje se dele na korisnički i sistemski orijentisane.

Korisnički kriterijumi:

- Vreme obrade – ukupno vreme od dolaska procesa do završetka.
- Vreme odziva – period od trenutka kada proces uđe u sistem do trenutka kada započne generisanje izlaza.
- Poštovanje rokova – osiguranje da proces završi pre definisanog roka.

Sistemski kriterijumi:

- Protok (*Throughput*) – broj završenih procesa u jedinici vremena.
- Iskorišćenost CPU-a – procenat vremena kada je procesor aktivan.
- Pravičnost – ravnopravna alokacija resursa bez zapostavljanja procesa.

Efikasno upravljanje procesima i odabir odgovarajućih algoritama doprinosi povećanju performansi sistema, smanjenju vremena čekanja i zadovoljavanju korisničkih potreba, što je važno u radu modernih sistema [3].

3. ANALIZA I POREĐENJE KLJUČNIH ALGORITAMA

Algoritmi za raspoređivanje procesa imaju važnu ulogu u upravljanju resursima operativnih sistema, obezbeđujući efikasnost i pravičnost u izvršavanju zadataka. Analiza i poređenje različitih algoritama omogućava bolje razumevanje njihovih prednosti, nedostataka i primene u specifičnim kontekstima.

FCFS (engl. *First-Come, First-Served*) je jedan od najjednostavnijih algoritama raspoređivanja, koji procese

obrađuje redosledom njihovog dolaska. Prednosti uključuju jednostavnu implementaciju i pravičnost u tretiranju svih procesa. Algoritam pati od tzv. efekta konvoja, gde dugački proces može značajno produžiti vreme čekanja kraćih procesa, čime se smanjuje ukupna efikasnost u interaktivnim sistemima. Algoritam koristi strukturu jednostavnog reda (*queue*), što omogućava umetanje i uklanjanje elemenata sa vremenskom složenosti $O(1)$. Ovaj pristup je jednostavan za implementaciju i optimalan u sistemima sa ograničenim resursima. Međutim, niska fleksibilnost strukture reda čini algoritam manje pogodnim za okruženja sa dinamičkim prioritetima ili promenljivim zahtevima [4], [5].

SJN (engl. *Shortest Job Next*), poznat i kao SJF (engl. *Shortest Job First*), prioritet daje procesima sa najkraćim očekivanim vremenom izvršavanja, čime se minimizuje prosečno vreme čekanja i obradu. Ipak, algoritam je sklon problemu gladovanja (engl. *starvation*), jer procesi sa dužim vremenima izvršenja mogu ostati neizvršeni u okruženjima sa stalnim prilivom kraćih zadataka. Njegova implementacija zahteva preciznu procenu vremena izvršenja, što često predstavlja izazov. Implementacija SJN algoritma zahteva sortiranu listu ili strukturu gomile (engl. *heap*). Sortirana lista omogućava preciznu kontrolu nad redosledom procesa, ali sa umetanjima i uklanjanjima elemenata vremenske složenosti $O(n)$. Suprotno, *heap* smanjuje ove operacije na $O(\log n)$, čime povećava efikasnost upravljanja većim brojem procesa. SJN je optimalan za minimizaciju prosečnog vremena čekanja, ali zahteva procenu vremena izvršavanja, što često nije precizno u stvarnim sistemima [3], [5].

RR (engl. *Roung Robin*) je algoritam koji omogućava prekid i koristi vremenski kvant za ravnomernu raspodelu CPU-a među procesima. Ovaj algoritam obezbeđuje pravičnost i predvidljivost, što ga čini pogodnim za interaktivne sisteme. Veličina vremenskog kvanta je ključni parametar koji značajno utiče na performanse – suviše mali kvant povećava *overhead*, dok suviše veliki kvant dovodi do ponašanja sličnog FCFS algoritmu. RR koristi kružni red (engl. *circular queue*) za upravljanje procesima, sa vremenskom složenosti $O(1)$ za umetanje i uklanjanje elemenata. Ovaj algoritam omogućava pravičnu raspodelu CPU-a, ali *overhead* izazvan čestim promenama konteksta može negativno uticati na ukupne performanse, te je najpogodniji za interaktivne sisteme i aplikacije sa višekorisničkim zahtevima [3], [6]-[8].

PS (engl. *Priority Scheduling*) je algoritam za raspoređivanje koji procesima dodeljuje CPU na osnovu prioriteta. Ovaj algoritam je fleksibilan i efikasan za *real-time* sisteme, ali je podložan problemu gladovanja za procese sa nižim prioritetima. Dinamička dodela prioriteta može ublažiti ovaj problem, ali povećava složenost implementacije. Algoritmi za raspoređivanje na osnovu prioriteta često koriste sortirane liste ili gomile za održavanje redosleda procesa prema njihovim prioritetima. Gomila omogućava brze operacije umetanja i uklanjanja sa vremenskom složenosti $O(\log n)$, što doprinosi upravljanju u sistemima sa velikim brojem zadataka. Međutim, statična priroda prioriteta može dovesti do problema gladovanja, posebno za procese sa nižim prioritetima [5]-[9].

U Tabeli I dato je poređenje ključnih algoritama koji su prethodno pomenuti.

Tabela I Poređenje ključnih algoritama

Algoritam	Struktura podataka	Vremenska složenost	Prostorna složenost	Efika-snost	Fleksi-bilnost
FCFS	Red (<i>Queue</i>)	$O(1)$	$O(n)$	Osnovna	Niska
SJN	Gomila (<i>Heap</i>)	$O(\log n)$	$O(n)$	Visoka	Srednja
RR	Kružni red	$O(1)$	$O(n)$	Srednja	Visoka
PS	Gomila (<i>Heap</i>)	$O(\log n)$	$O(n)$	Visoka	Srednja

Rezultati analize ukazuju na to da izbor algoritma i odgovarajuće strukture podataka zavise od specifičnih zahteva aplikacije, uključujući veličinu sistema, dinamiku opterećenja i prioritete korisničkih zahteva. Strukture, poput gomile, omogućavaju efikasniju obradu u složenim sistemima, dok jednostavne strukture, kao što je red, pružaju prednosti u manjim ili statičkim okruženjima [10]-[13].

4. PRIMENA ALGORITAMA ZA VREMENSKI RASPORED

U *batch* sistemima, gde se izvršava veliki broj zadataka, algoritmi poput FCFS i SJF često se koriste za maksimizaciju iskorišćenosti procesora i propusne moći sistema. SJF algoritam dodeljuje procesor procesu sa najkraćim vremenom izvršavanja, što može smanjiti prosečno vreme čekanja, ali zahteva preciznu procenu vremena izvršavanja procesa [14].

U interaktivnim sistemima, gde je brz odziv na korisničke zahteve od velikog značaja, algoritmi poput RR i raspoređivanja prema prioritetu često se primenjuju. RR algoritam dodeljuje procesor procesima u kružnom redosledu, obezbeđujući da svaki proces dobije procesorsko vreme u fiksnim vremenskim kvantima, što je pogodno za *time-sharing* okruženja. Raspoređivanje prema prioritetu dodeljuje procesor procesima na osnovu njihovog prioriteta, time kritični procesi bivaju obrađeni pre manje važnih [15].

U *real-time* sistemima, gde je pravovremeno izvršavanje zadataka kritično, koriste se specijalizovani algoritmi za raspoređivanje koji obezbeđuju da se zadaci izvrše unutar striktnih vremenskih ograničenja. Ovi algoritmi često zahtevaju napredne metode sinhronizacije procesa kako bi se izbegli konflikti i obezbedila tačnost izvršavanja [16].

Algoritmi za raspoređivanje procesa nalaze primenu u različitim oblastima:

- **Industrija:** Algoritmi za raspoređivanje prema prioritetu i balansiranje opterećenja obezbeđuju optimalno korišćenje resursa u multiprocesorskim sistemima [17].
- **Obrazovni sistemi:** Ovi algoritmi se koriste za upravljanje resursima laboratorija, pružajući pravičnu alokaciju resursa studentima i nastavnicima [18].
- **Telekomunikacije:** Ovi algoritmi omogućavaju efikasno upravljanje mrežnim resursima, obezbeđujući kvalitet usluge za korisnike [19].

5. VIZUALIZACIJA ALGORITAMA U JAVASCRIPT-U

Web aplikacija [20] za vizualizaciju algoritama za vremenski raspored implementirana je koristeći *JavaScript*, *HTML* i *CSS*, uz organizaciju koda u tri datoteke: *app.js*, *index.html* i *styles.css*. Modularna arhitektura omogućava jasan pregled, održavanje i proširenje aplikacije. U nastavku su objašnjene datoteke i njihova primena.

Datoteka *index.html* definiše osnovnu strukturu i sadržaj aplikacije. Sastoji se od sledećih elemenata:

- **Header:** Dugme za povratak na početnu stranicu.
- **Sidebar:** Lista algoritama za upravljanje vremenom, omogućavajući korisnicima da izaberu algoritam.
- **Glavna sekcija** koja sadrži:
 - *Hero* komponentu sa informacijama i legendom.
 - Tabelu za unos podataka o procesima i prikaz rezultata izračunavanja.
 - Dugmad za dodavanje, brisanje i pokretanje procesa.
- **Modalni prozor:** Prikazuje poruke korisnicima za validaciju ili obaveštenja.

CSS stilovi se definišu u fajlu *styles.css* vizuelni izgled aplikacije. Ključne funkcionalnosti uključuju:

- **Responzivni dizajn:** Aplikacija se prilagođava različitim veličinama ekrana i orijentacijama (*portrait/landscape*).
- **Animacije:** Vizuelni efekti, poput animacija za CPU simulaciju, poboljšavaju korisničko iskustvo.
- **Dizajn elemenata:** *Sidebar*, tabela i modalni prozor imaju prilagođeni stil za bolju preglednost i interakciju.

JavaScript datoteka, *app.js*, implementira dinamičke funkcionalnosti, uključujući:

- **Selektovanje** algoritama: Korisnici biraju algoritam, a aplikacija ažurira interfejs.
- **Dodavanje** i upravljanje procesima: Dinamičko kreiranje redova u tabeli za unos detalja procesa.
- **Pokretanje** simulacije: Implementacija algoritama za vremenski raspored. Svaki algoritam ažurira tabelu rezultata i vizualizuje izvršenje procesa.
- **Validacija:** Proverava ispravnost unosa korisnika i upravlja greškama.

Resursi su u folderu „slike“ koji sadrži ikonice i slike (kao što su hamburger meni i *QR* kod) koje se koriste u aplikaciji.

U nastavku su kratko opisani algoritmi uz pseudokod koji ilustruje rad algoritama.

FCFS algoritam dodeljuje *CPU* procesima redosledom njihovog dolaska:

```
const fcfs = () => {
  let vremeZavrsetka = 0;
  procesi.forEach((proces, i) => {
    proces.vremeCekanja = vremeZavrsetka -
    proces.vremeDolaska;
    proces.vremeCekanja = Math.max(proces.vremeCekanja, 0);
    vremeZavrsetka = proces.vremeDolaska +
    proces.vremeCekanja + proces.vremeIzvršenja;
    proces.vremeZavrsetka = vremeZavrsetka;});};
```

SJN algoritam daje prioritet procesu sa najkraćim vremenom izvršavanja:

```
const sjn = () => {
  let vremeZavrsetka = 0, završeniProcesi = [];
  while (završeniProcesi.length < procesi.length) {
    let dostupniProcesi = procesi.filter(
      (proces) => proces.vremeDolaska <= vremeZavrsetka &&
      !završeniProcesi.includes(proces));
    let najkraciProces = dostupniProcesi.reduce((minProces,
    proces) =>
      proces.vremeIzvršenja < minProces.vremeIzvršenja ?
    proces : minProces);
    vremeZavrsetka += najkraciProces.vremeIzvršenja;
    najkraciProces.vremeZavrsetka = vremeZavrsetka;
    završeniProcesi.push(najkraciProces);});};
```

Round Robin algoritam koristi vremenski kvant za ravnoopravnu raspodelu CPU-a:

```
const roundRobin = (timeQuantum) => {
  let trenutnoVreme = 0, red = [...proces];
  while (red.length > 0) {
    let proces = red.shift();
    if (proces.preostaloVreme > timeQuantum) {
      trenutnoVreme += timeQuantum;
      proces.preostaloVreme -= timeQuantum;
      red.push(proces);
    } else {
      trenutnoVreme += proces.preostaloVreme;
      proces.vremeZavrsetka = trenutnoVreme;
      proces.preostaloVreme = 0;
    }
  }
};
```

PS algoritam raspoređuje po prioritetima procesa:

```
const priorityScheduling = () => {
  let trVreme = 0;
  procesi.sort((a, b) => a.prioritet - b.prioritet);
  procesi.forEach((proces) => {
    if (proces.vremeDolaska <= trVreme) {
      proces.vrZavrsetka = trVreme + proces.vrIzvršenja;
      proces.vrCekanja = trVreme - proces.vrDolaska;
      trVreme += proces.vrIzvršenja;
    }
  });
};
```

Na Slici 1 mogu se videti podaci o zadatim procesima i vrednostima. Zadati su procesi P0, P1, P2, P3 i P4.

Proces ID	Vreme dolaska	Vreme izlaska	Prioritet	Vreme odgovora	Ukupno vreme obrade	Vreme zavrsetka	Vreme cekanja	Indikator
P0	10	11	1	0	11	21	0	
P1	10	14	5	37	51	61	37	
P2	11	12	3	24	36	47	24	
P3	13	14	2	8	22	35	8	
P4	17	19	9	44	63	80	44	

Slika 1. Zadati procesi sa vrednostima.

Na Slikama 2-5 prikazana je vizualizacija rada procesa i informacije o prosečnom vremenu završetka i obrade.

Prosečno vreme završetka: 48.80
Prosečno vreme obrade: 36.60

CPU u cekanju	P0	P1	P2	P3	P4
10	11	14	12	14	19

Slika 2. FCFS algoritam.

Prosečno vreme završetka: 48.40
Prosečno vreme obrade: 36.20

CPU u cekanju	P0	P2	P1	P3	P4
10	11	12	14	14	19

Slika 3. SJN algoritam.

Prosečno vreme završetka: 51.00
Prosečno vreme obrade: 32.00

CPU u cekanju	P0	P1	P2	P3	P4
10	11	14	12	14	19

Slika 4. RR algoritam.

Prosečno vreme završetka: 48.80
Prosečno vreme obrade: 36.60

CPU u cekanju	P0	P3	P2	P1	P4
10	11	14	12	14	19

Slika 5. PS algoritam.

Kako bi se dodatno vizualno simulirao raspored izvršenja procesa u vremenu, tabela za prikaz je animirana korišćenjem praznog *div* elementa bele boje, koji u startu pokriva celu tabelu. Nakon klika na dugme "Startuj" *div* elementu se animacijom smanjuje procenat prostora koji zauzima u rotiteljskom elementu sa 100% na 0% i sve to traje 5 sekundi:

```
.animation {
  @keyframes animacija{
  0%{width: 100%;}
  100%{width: 0%;}
}
animation: animacija;
animation-duration: 5s;}
```

6. ZAKLJUČAK

Vizualizacija algoritama za vremenski raspored predstavlja efikasan alat za unapređenje razumevanja ključnih koncepata u oblasti upravljanja procesima. Razvijena veb aplikacija pruža studentima i istraživačima priliku da interaktivno eksperimentišu sa algoritmima kao što su *FCFS*, *SJN*, *RR* i *PS*, omogućavajući im da praktično sagledaju njihove performanse, prednosti i ograničenja.

Razvijena aplikacija nije samo alat za učenje, već i osnova za dalja istraživanja i proširenja. Buduće nadogradnje mogu uključivati integraciju složenijih algoritama, poput *multilevel queue scheduling-a*, ili dodavanje simulacija *real-time* sistema. Takođe, potencijal za primenu u obrazovanju i industriji otvara nove mogućnosti za spajanje teorije i prakse.

Aplikacija za vizualizaciju pokazuje da inovativna upotreba tehnologije može značajno unaprediti proces učenja, omogućavajući korisnicima bolje razumevanje i primenu fundamentalnih principa algoritama za vremenski raspored.

LITERATURA

- [1] A. Silberschatz, P. B. Galvin, and G. Gagne, Operating System Concepts, 10th ed., New York: Wiley, 2018.
- [2] W. Stallings, Operating Systems: Internals and Design Principles, 9th ed., Upper Saddle River, NJ: Pearson, 2018.
- [3] A. S. Tanenbaum and H. Bos, Modern Operating Systems, 4th ed., Upper Saddle River, NJ: Pearson, 2014.
- [4] A. S. Tanenbaum, Operating Systems: Design and Implementation, 5th ed., Upper Saddle River, NJ: Pearson, 2015.
- [5] T. H. Cormen, C. E. Leiserson, R. L. Rivest, and C. Stein, Introduction to Algorithms, 3rd ed., Cambridge, MA: MIT Press, 2009.
- [6] M. L. Pinedo, Scheduling: Theory, Algorithms, and Systems, 5th ed., New York: Springer, 2016.
- [7] R. Buyya, J. Broberg, and A. Goscinski, Cloud Computing: Principles and Paradigms, Hoboken, NJ: Wiley, 2011.
- [8] L. Kleinrock, Queueing Systems Volume 1: Theory, Hoboken, NJ: Wiley, 1975.
- [9] L. Dumančić, "Algoritmi vremenskog upravljanja u operacijskim sustavima," Zagreb: Školska knjiga, 2020.
- [10] Geeks for Geeks, "CPU Scheduling Algorithms in Operating System," Dostupno na: <https://www.geeksforgeeks.org/>.
- [11] Unstop, "Scheduling Algorithms in Operating System," Dostupno na: <https://unstop.com/blog/scheduling-algorithms-in-operating-system>.
- [12] Tutorialspoint, "OS Process Scheduling Algorithms," Dostupno na: https://www.tutorialspoint.com/operating_system/os_process_scheduling_algorithms.htm.
- [13] Guru99, "CPU Scheduling Algorithms," Dostupno na: <https://www.guru99.com/cpu-scheduling-algorithms.html>.
- [14] N. Goel and R. B. Garg, "Comparative Study of CPU Scheduling Algorithms," Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering, vol.9, pp.15-22, 2020.
- [15] R. Popović, I. Branović, M. Šarac, Operativni sistemi, Univerzitet Singidunum, Beograd, 2011.
- [16] Elektronika FTN, "Sinchronizacija procesa," Mikro računarski sistemi za rad u realnom vremenu, Dostupno na: elektronika.ftn.uns.ac.rs, 2018.
- [17] Scribd, "Dualni procesori," dostupno na: [scribd.com](https://www.scribd.com), 2018.
- [18] Visoka škola strukovnih studija, "Efikasnost raspoređivanja u obrazovnim ustanovama," Računarski sistemi u obrazovanju, Dostupno na: viser.edu.rs, 2018.
- [19] Akademija Niš, "Predavanje 3: Operativni sistemi," Dostupno na: odseknis.akademijanis.edu.rs, 2014.
- [20] N. Vukotić, S. Stošović, and A. Branković, "Vizualizacija algoritama za vremenski raspored: veb aplikacija," Dostupno na: <https://diplomski-vizuelizacija-ab4.netlify.app/>, decembar 2024.

ПРИМЕНА ЈЕДНАЧИНЕ КОНТИНУИТЕТА И БЕРНУЛИЈЕВЕ ЈЕДНАЧИНЕ У РАЗУМЕВАЊУ РИЗИКА ОД АНЕУРИЗМИ APPLICATION OF THE CONTINUITY EQUATION AND BERNOULLI'S EQUATION IN UNDERSTANDING THE RISK OF ANEURYSMS

Ивана Круљ, Академија техничко васпитачких струковних студија, Одсек Врање, Филипа Филиповића 20,
Врање.

Ивана Костић Петровић, Академија техничко васпитачких струковних студија, Одсек Врање, Филипа
Филиповића 20, Врање.

Садржај - У овом раду је представљено како изучавање динамике флуида доприноси разумевању хемодинамичких процеса у људском телу, посебно у патолошким стањима као што је анеуризма. Приказана је примена Бернулијеве једначине и једначине континуитета у анализи протока крви у ситуацијама повећања притиска у проширеним крвним судовима. Кроз примену поменутих једначина, показује се да у проширеним деловима крвних судова брзина протока опада, док се притисак повећава, што доприноси напрезању зида суда и ризику од пуцања. Симулације и визуелизације једначине континуитета и Бернулијеве једначине представљене су као алат у едукацији студената, пре свега због њихове користи у разбијању погрешних концепција и пружању могућности за дубље разумевање односа између геометрије крвног суда, брзине и притиска. Рад наглашава важност оваквог знања у медицинској пракси, јер омогућава студентима студијског програма Струковна медицинска сестра да идентификују ризике, промовишу превентивне мере у очувању крвних судова пацијената.

Кључне речи: Једначина континуитета. Анеуризма.

Abstract - This paper presents how the study of fluid dynamics contributes to understanding hemodynamic processes in the human body, particularly in pathological conditions such as aneurysms. The application of Bernoulli's equation and the continuity equation in analyzing blood flow in situations of increased pressure in expanded blood vessels is demonstrated. Through the application of these equations, it is shown that in expanded sections of blood vessels, the flow velocity decreases while the pressure increases, contributing to vessel wall stress and the risk of rupture. Simulations and visualizations of the continuity equation and Bernoulli's equation are presented as tools in student education, primarily for their utility in dispelling misconceptions and providing opportunities for a deeper understanding of the relationship between vessel geometry, velocity, and pressure. The paper emphasizes the importance of this knowledge in medical practice, enabling students of the Professional Nurse study program to identify risks, promote preventive measures, and preserve the health of patients' blood vessels.

Keywords: Continuity equation. Aneurysm.

1. УВОД

Медицинска физика успоставља везу између фундаменталних закона физике и њихове примене у области медицине, чиме се омогућава боље разумевање биолошких и физиолошких процеса. Студенти студијског програма Струковна медицинска сестра АТВСС проучавају хемодинамику, у оквиру које познавање закона физике омогућава разумевање протока крви у кардиоваскуларном систему. Бернулијева једначина и једначина континуитета су основни физички принципи који се примењују у анализи крвотока. Ове једначине описују односе између брзине протока, притиска и површине попречног пресека суда, и пружају јасан математички модел за објашњење појава као што су

суужење крвних судова и развој анеуризме. Анеуризма, као локално проширење зида крвног суда, представља озбиљну медицинску индикацију, јер повећани притисак на зидовима суда може довести до њиховог пуцања, што може довести и до леталних исхода. У овом раду је приказан наставни приступ који омогућава студентима да кроз практичне примере и визуелизације боље разумеју како повећање притиска утиче на анеуризму.

2. ЈЕДНАЧИНА КОНТИНУИТЕТА И БЕРНУЛИЈЕВА ЈЕДНАЧИНА

Једначина континуитета представља закон очувања масе и у хидродинамици описује како се брзина протока мења у односу на попречни пресек флуидног тока. Једначина се формално изражава као:

$$S_1 v_1 = S_2 v_2 \quad (1)$$

где су S_1 и S_2 – површине попречног пресека одговарајућих делова струјне цеви; v_1 и v_2 – брзине протока на тим тачкама.

Бернулијева једначина описује однос између притиска, брзине протока и висине течности у оквиру система који подразумева стабилан проток флуида. Формално, Бернулијева једначина је представљена следећим изразом:

$$P + 0,5 \rho v^2 + \rho gh = const, \quad (2)$$

где су: P – статички притисак, ρ – густина флуида, v – брзина протока, g – гравитационо убрзање, h – висина стуба флуида [1].

Бернулијева једначина и једначина континуитета пружају основе за разумевање понашања крви у кардиоваскуларном систему, посебно у патолошким стањима као што је анеуризма. Када се крвни суд прошири због слабења зида, долази до смањења брзине протока крви у том региону, али истовремено до повећања притиска на зидове суда. Ово повећање притиска додатно напреже већ ослабљене зидове и може довести до пуцања анеуризме.

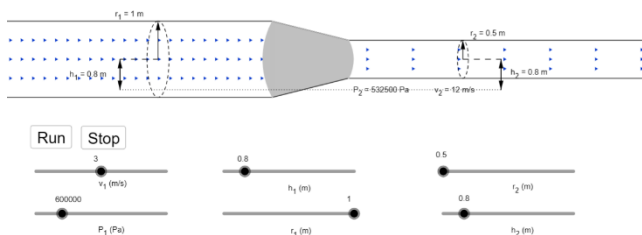
Користећи једначину континуитета, може се израчунати како промене у површини попречног пресека крвног суда утичу на брзину протока. Истовремено, примена Бернулијево једначине омогућава утврђивање како се мења притисак у овом проширеном делу крвног суда. Када се површина попречног пресека смањује (нпр. у случају стенозе), брзина протока се повећава, а притисак опада. Насупрот томе, код проширења као што је анеуризма, брзина протока опада, али долази до повећања притиска на зидове суда [2].

Визуализације засноване на симулацијама крвотока могу пружити студентима боље разумевање ових процеса.

3. OPHYCS И PHET СИМУЛАЦИЈЕ ПРОТОКА ФЛУИДА

Physics симулација визуализује проток флуида кроз систем цеви са различитим пречницима (Слика 1).

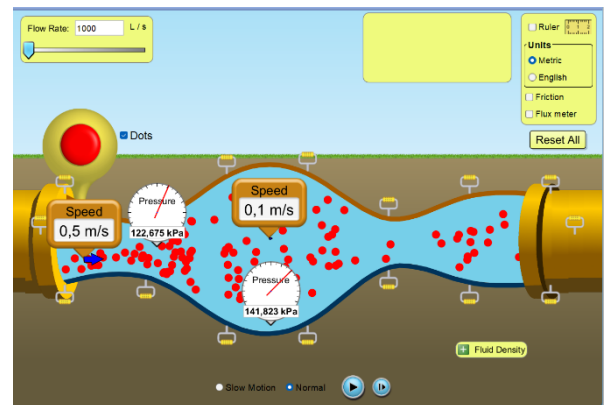
Симулацијом се демонстрирају притисак, брзина флуида и пречник струјне цеви односно површина попречног пресека струјне цеви. Симулација садржи цев са променљивим пречником што подсећа на физиолошке услове као што је сужење крвног суда или проширење крвног суда. Плаве стрелице визуелизују проток течности [3].



Слика 1. Изглед *physics* симулације протока флуида [3].

Густина стрелица и њихова дужина указују на брзину протока: у ширем делу су ређе и краће, што указује на мању брзину, док су у ужем делу гушће и дуже, што указује на већу брзину. Симулација приказује и бројне вредности величина које се могу на менију подешавати и величина које произилазе из задатих.

У Phet симулацији протока флуида симулира се струјна цев са променљивим пречником (Слика 2). Њоме је омогућено да се формира облик који подсећа на крвни суд са анеуризмом. Црвене честице представљају делове флуида. Њихово кретање визуелно показује брзину протока: у ужим деловима се крећу брже, док у проширеном делу (симулирајући анеуризму) успоравају. Манометри се могу поставити различитим деловима струјне цеви, као и брзинометри са којих се могу очитати промене у брзини протока флуида [4, 5].



Слика 2. Изглед Phet симулације протока флуида [4].

4. НАСТАВНИ ПРИСТУП ЗАСНОВАН НА СИМУЛАЦИЈАМА И КОНЦЕПТУАЛНИМ ПРОМЕНАМА

Иако студенти често успевају да науче и примењују појединачне концепте у изолованим контекстима, они се сусрећу са потешкоћама када је потребно интегрисати више концепата за решавање сложенијих проблема [6]. Путем иницијалног упитника утврђено је да већина студената започиње проучавање динамике флуида са интуитивним, али погрешним уверењем да је у струјној цеви притисак већи на пресецима на којима је брзина већа. Ова претконцепција произилази из искуства са ситуацијама из свакодневног живота, као што је осећај јачег удarca воде на кожу када се повећа проток из славине. Међутим, у контексту крвотока односно динамике флуида, ова интуиција није тачна. Поменуте симулације, примењене у настави предмета Медицинска физика, пре свега имају улогу у разбијању ових погрешних концепција и обезбеђивање начина за исправно разумевање једначине континуитета и Бернулијево једначине.

Симулација представља визуелни и интерактивни начин за истраживање односа између брзине, притиска и геометрије крвних судова. Студенти активно учествују у учењу, експериментишу са различитим сценаријима и прате промене у реалном времену. На тај начин, симулације омогућавају концептуалну промену. Подешавањем параметара у симулацији (нпр. протока, пречника суда, густине флуида), студенти истражују како

различити фактори утичу на крвоток. Они тестирају своје предикције и одмах уочавају резултате, што доводи до преиспитивања и корекције погрешних схватања. Симулације омогућавају студентима да повежу математичке изразе (једначине континуитета и Бернулијеву једначину) са конкретним визуелним представама. Један од главних циљева ових симулација је да помогну студентима да разумеју зашто проширени крвни суд (анеуризма) представља здравствени ризик. Студенти могу пратити следеће: брзина протока се смањује, али се притисак на зидове крвног суда значајно повећава. Услед већег напрезања зида крвног суда, који су већ ослабљени, повећава ризик од пуцања. Разумевање физичког контекста помаже студентима у изграђивању става да је важно пратити пацијенте са анеуризмама и предузимати мере за смањење притиска (нпр. лекови за смањење крвног притиска).

5. ЗАКЉУЧАК

Динамика флуида представља основу за разумевање крвотока у нормалним и патолошким стањима, попут анеуризми. Студенти често полазе од погрешних концепција, као што је уверење да већа брзина флуида значи већи притисак, али симулације и визуелизације омогућавају разбијање тих заблуда и изградњу исправног концептуалног разумевања. Примена симулација у настави омогућава визуелну и практичну демонстрацију односа између брзине, притиска и геометрије крвних судова, чији се значај огледа у схватању ризика који се односе на анеуризме.

Кроз интерактивну наставу, студенти добијају прилику да интегришу више концепата и примене их у решавању сложених проблема. Реални примери, као што су анализе протока крви у суженим или проширеним крвним судовима, подстичу контекстуално учење и развој

аналитичког размишљања. Описаним симулацијама се може визуелно утврдити а потом математички доказати да у проширеним деловима крвних судова, попут анеуризми, брзина протока крви опада, док притисак расте, што доводи до напрезања зида и повећаног ризика од пуцања. Студенти се, усвајањем знања о протоку флуида, примењеним на крвне судове, изграђују као медицински радници који ће утемељено моћи да заступају ставове о важности заштите здравља.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Batchelor GK. *An Introduction to Fluid Dynamics*. Cambridge University Press; 2000.
- [2] Burton, Alan Chadburn. *Physiology and biophysics of the circulation: an introductory text*. Year Book Medical Publishers, 1972.
- [3] <https://ophysics.com/fl2.html> (приступљено 16. 11. 2024. године)
- [4] <https://phet.colorado.edu/en/simulations/fluid-pressure-and-flow> (приступљено 16. 11. 2024. године)
- [5] Fitriyawany, Fitriyawany, Fena Julita, and Cut Rizki Mustika. "Development of e-Module based on Simulation PhET Fluid Material Dynamic in Senior High School." *Asian Journal of Science Education* 5.2 (2023):39-47.
- [6] Dewi, F. H., A. Bahri, and Z. K. Prasetyo. "An Investigation of Students' Conceptual Understanding Levels on Fluid Dynamics Using Four-Tier Test." *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1280, 2019, p. 052037

МИКРОБИОЛОШКА ANALIZA NOVOKAPTIRANIH IZVORA NA VLASINI ZA POTREBE RADA FABRIKE VODE „VLASINSKA ROSA“

MICROBIOLOGICAL ANALYSIS OF NEWLY CAPTURED SPRINGS ON THE PROPERTY FOR THE WORKING NEEDS OF THE "VLASINSKA ROSA" WATER FACTORY

Srđan Tasić, *Akademija tehničko-vaspiatačkih strukovnih studija - Odsek Vranje, Filipa Filipovića 20, Vranje.*

Sadržaj – Svetska zdravstvena organizacija (WHO) je u dvanaest osnovnih pokazatelja zdravstvenog stanja stanovništva jedne zemlje svrstala i kvalitet vode za piće. Snabdevanje stanovništva higijenski ispravnom vodom za piće treba da bude jedan od glavnih imperativa svake države. Značajan deo izvorskih voda Srbije je na „Vlasini“, jednom od sedam zaštićenih predela izuzetnih odlika, lociranog na teritoriji opštine Surdulica. Cilj ovog istraživanja je mikrobiološka analiza vode novokaptiranih izvora lokaliteta Topli Do na Vlasini. Izvore je za svoje potrebe kaptirala fabrika vode „Vlasinska ROSA“ i označila ih brojevima 15 i 16. Ovi izvori prema obliku i načinu izbijanja vode na površinu predstavljaju reokreni tip izvora. Uzorkovanje vode za bakteriološku analizu vršeno je jednom nedeljno tokom jula i avgusta 2024. godine. Metodom membranske filtracije određivani su: ukupan broj bakterija na 22°C i 37°C (u 100 ml), prisustvo koliformnih bakterija i E. coli, vrste Pseudomonas aeruginosa, enterokoka (u 250 ml), sporogenih sulfitoredujućih anaerobnih bakterije (u 250 ml) i kvasaca i plesni (u 100 ml). Za potrebe identifikacije izvršena je biohemijske karakterizacija bakterija pomoću automatskih identifikacionih sistema bioMérieux. Mikrobiološka analiza voda ispitivanih izvora je pokazala da svi ispitivani uzorci odgovaraju standardima i važećim propisima. Patogene bakterije nisu prisutne. Sprovedena analiza je bila sastavni deo ispitivanja kvaliteta voda za nove vodozahvate, koje propisuje zakon.

Ključne reči: Mikrobiološka analiza. Kaptirani izvori. „Vlasinska ROSA“.

Abstract – The World Health Organization (WHO) included the quality of drinking water among the twelve basic indicators of the health status of the population of a country. Supplying the population with hygienically correct drinking water should be one of the main imperatives of every country. A significant part of the spring waters of Serbia is in "Vlasina", one of the seven protected areas of exceptional characteristics, located in the territory of the municipality of Surdulica. The aim of this research is the microbiological analysis of water from the newly captured springs of the Topli Do locality in Vlasina. The springs were captured for their needs by the water factory "Vlasinska ROSA" and marked with the numbers 15 and 16. According to the shape and the way the water emerges to the surface, these springs represent a reoccurring type of spring. Water sampling for bacteriological analysis was carried out once a week during July and August 2024. Using the membrane filtration method, the following were determined: the total number of bacteria at 22°C and 37°C (in 100 ml), the presence of coliform bacteria and E. coli, Pseudomonas aeruginosa species, enterococcus (in 250 ml), sporogenic sulfite-reducing anaerobic bacteria (in 250 ml) and yeasts and molds (in 100 ml). For identification purposes, biochemical characterization of bacteria was carried out using automatic identification systems bioMérieux. Microbiological analysis of the waters of the tested sources showed that all tested samples correspond to the standards and valid regulations. Pathogenic bacteria are not present. The conducted analysis was an integral part of the water quality testing for new water intakes, which is prescribed by law.

Key words: Microbiological analysis. Captured springs. „Vlasinska ROSA“.

1. UVOD

Svetska zdravstvena organizacija (WHO) je u dvanaest osnovnih pokazatelja zdravstvenog stanja stanovništva jedne zemlje svrstala i kvalitet vode za piće. Snabdevanje stanovništva higijenski ispravnom vodom za piće treba da bude jedan od glavnih imperativa svake države.

Srbija je poznata po izuzetnom kvalitetu izvorskih i mineralnih voda i bogatstvom ovih resursa i to na 240 lokacija sa više od 1000 registrovanih izvora. Izvorišta jugoistočnog dela Srbije su slabo proučena [1]. Značajan deo izvorskih voda Srbije je na „Vlasini“, jednom od sedam zaštićenih predela izuzetnih odlika u Srbiji.

Fabrika vode je osnovana 1998. godine, kao d.o.o. „Vlasinka“ koja od 2005. godine postaje deo kompanije Coca-

Cola (HBC). Fabrika je izgrađena na nadmorskoj visini od 1111 metara, 42°38'02.78" severne geografske širine i 22°18'00.64" istočne geografske dužine (Slika 1).



Slika 1. Fabrika vode "Vlasinska ROSA".
(Google Earth, Image ©2024 Airbus)

Mikrobiološka analiza ispitivanih izvora urađena je u mikrobiološkoj laboratoriji fabrike u periodu od 02. jula 2024. do 26. avgusta 2024. godine i to jednom nedeljno.

Cilj ovog istraživanja je mikrobiološka analiza vode novokaptiranih izvora lokaliteta Topli Do na Vlasini. Izvore je za svoje potrebe kaptirala fabrika vode „Vlasinska ROSA“ i označila ih brojevima 15 i 16.

Sprovedena analiza voda je bila sastavni deo ispitivanja kvaliteta voda za nove vodozahvate, koje propisuje zakon [2].

Srednja godišnja temperatura vode ovih izvora iznosi 5,77 °C. Karakteristična je velika ujednačenost protoka u letnjem periodu, sa minimalnim padavin koje se tad izluče [3].

Po hemijskim karakteristikama to su vode sa niskim sadržajem rastvorljivih materija, računato kao suvi ostatak na 180 °C [4], i pripadaju hidrokarbonatnoj klasi voda složenog katjonskog sastava, što i predstavlja glavnu karakteristiku planinskih terena a rezultat je kombinacije visokih količina padavina i intenzivnog raspadanja škriljaca [5].

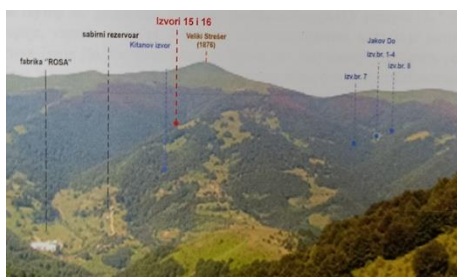
Ova voda se smatra najkvalitetnijom izvorskom vodom u Srbiji [6].

Korišćene su mikrobiološke metode koje su propisane pravilnicima Republike Srbije [7].

2. MATERIJAL I METODE

2.1. Analizirani izvori

Analizirana je voda izvora br. 15 i 16 koji se nalaze na nadmorskoj visini od oko 1500 m na obroncima vrhova Mali Strešer (1757 m) i Veliki Strešer (1874 m) planine Vardenik.



Slika 2. Lokacija izvora i fabrike "Vlasinska ROSA".
(Andrijašević J., Magazinović, S., 2020 [8]).

Svi izvori koje koristi fabrika vode "Vlasinska ROSA" (Slika 2) čine levi izvorišni krak reke Vrla, koja je desna pritoka reke Južna Morava.

Ovi izvori prema obliku i načinu izbijanja vode na površinu predstavljaju reokreni tip izvora. Javljuju se u okviru rastresitog padinskog materijala u kome dominiraju granodioritni grus i blokovi granita veličine do jednog metra (čija se starost procenjuje na oko 400 miliona godina). U okviru granodioritnih stena, bliže površini, nalaze se u manjim i nepravilno raspoređenim masama proboji andezita. Ovi proboji imaju dvojni hidrogeološku funkciju (u dubljim delovima već na jedan metar dubine, gde su kompaktniji, otežavaju protok podzemnih voda, dok u delu bliže površini, gde su "raspadnuti", proceđuju vodu). Nije isključeno da ona predstavlja sekundarnu izdan u koju se prazne i dublji delovi, kompaktnijih masa granitoidnih stena, u kojima dominira pukotinasti tip poroznosti, o čemu, za sada, nema jasnih dokaza [9].

Relativno ujednačena i niska temperatura voda ovih izvora rezultat je kako njihovog podzemnog porekla tako i činjenice da ove vode imaju period obnavljanja od nekoliko sezona do nekoliko godina [10].

Voda se od izvora do fabrike cevovodima gravitacijski dovodi, pod pritiskom, do sabirnog rezervoara [11].

• Izvor broj 15

Kaptirani izvor broj 15 je pukotinasti izvor razbijenog tipa koga čine dva manja izvora (15 i 15a). Ovi izvori su u tzv. "Turskoj dolini" na nadmorskoj visini od 1505 metara i čine izvorišni deo planinskog potoka. Od fabrike se nalaze zapadno na udaljenosti od 2 km.

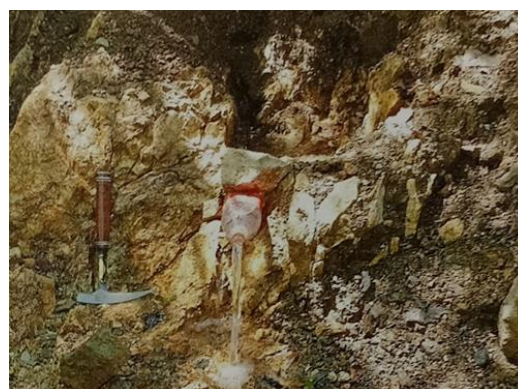
Koordinate lokacija isticanja izvora 15 su: Y=7605 132; X=4721 275 a izvora 15a: Y=7605 120; X=4721 278.

• Izvor broj 16

Izvorište broj 16 se nalazi jugoistočno od izvora 15 i to na udaljenosti od oko 80 metara. Nadmorska visina izvorišta je 1500 metara. Izvorište predstavlja razbijeni tip izvora koga čine tri veća izvora (izvori 16a, 16b i 16c). Sabirna površina celokupnog izvorišta je 0,6 km².

Koordinate lokacija isticanja izvora 16a su: Y=7605 156; X=4721 196, izvora 16b: Y=7605 166; X=4721 252 i izvora 16c: Y=7605 205; X=4721 241).

Radovi na kaptiranju ovog izvorišta su započeti u septembru 2019. (Slika 3) a završeni su krajem 2020. godine.



Slika 3. Izvorište broj 16, pre kaptiranja.

2.2. Mikrobiološka analiza vode

- **Uzimanje uzoraka**

Uzorkovanje vode za bakteriološku analizu vršeno je jednom nedeljno tokom jula i avgusta 2024. godine. Uzorci vode su uzeti na osnovu pravilnika - u čiste staklene erlenmajere zapremine 250 ml i 1000 ml, prethodno sterilisane u suvom sterilizatoru na temperaturi od 170 °C u trajanju od jednog sata, prethodno zatvorene originalnim plastičnim zatvaračem [12]. Uzorci vode su u roku od jednog sata, u ručnom hladnjaku, transportovani do mikrobiološke laboratorije fabrike gde su odmah zasejavani.

- **Bakteriološke metode**

Svi ovako uzeti uzorci podvrgavani su osnovnom bakteriološkom pregledu metodom membranske filtracije koji je podrazumevao određivanje ukupnog broja bakterija na 22°C i 37°C (u 100 ml) i određivanje prisustva patogenih vrsta: koliformne bakterije, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, enterokoke, sporogene sulfitoredujuće anaerobne bakterije (sve u po u 250 ml) kao i određivanje kvasaca i plesni (u 100 ml) [13].

Korišćene su filter disk membrane proizvođača *Millipore*® dijametra pora 0,45 µm i prečnika 47 mm.

- **Određivanje kvasaca i plesni**

Određivanje broja kvasaca i plesni u 100 ml uzorka urađeno je metodom membranske filtracije na *Sabouraud* maltoznom agaru. Ova podloga se inkubira 3 do 5 dana na sobnoj temperaturi. Posle inkubiranja, izbroje se izrasle kolonije, kao pri određivanju broja mikroorganizama.

- **Biohemijska karakterizacija bakterija**

Za potrebe identifikacije izvršena je biohemijske karakterizacija bakterija. Korišćeni su automatski identifikacioni sistemi francuskog proizvođača *bioMérieux*.

Manuelni identifikacioni sistemi koje smo koristili su *API 20 E* [14] i *API 20 NE* [15].

API 20 E predstavlja sistem za identifikaciju Gram-negativnih štapićastih bakterija. Koristi 20 biohemijskih testova i ima mogućnost identifikacije 108 različitih taksona. Identifikaciju smo dobijali upotrebom softvera *API WEB*TM [16].

API 20 NE sistem služi za identifikaciju Gram-negativnih neenteričnih štapićastih bakterija. Koristi kombinaciju asimilacionih i standardnih biohemijskih testova i ima mogućnost identifikacije preko 60 različitih taksona koja je i u ovom slučaju dobijana upotrebom softvera *API WEB*TM.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

Rezultati mikrobiološkog monitoringa voda izvorišta 15 i 16 za period jul - avgust prikazani su u Tabelama I, II i III.

Standardne vrednosti za ispitivane mikroorganizme su: ukupan broj bakterija na 22°C (< 20 CFU/ml), ukupan broj bakterija na 37°C (< 5 CFU/ml), koliformne bakterije i *E.coli* (0 CFU/250 ml), *Pseudomonas aeruginosa* (0 CFU/250 ml), *Enterococcus sp.* (0 CFU/250 ml), sporogene sulfitoredujuće anaerobne bakterije (0 CFU/250 ml), kvasci plesni (< 10 CFU/100 ml).

Tabela I Rezultati mikrobiološke analize izvora br. 15

Izvor br. 15							
Datum analize	Ukupan broj bakterija (22 ± 2°C)	Ukupan broj bakterija (37 ± 2°C)	Koliformne bakterije i <i>E.coli</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Enterokoke	Sulfitoredu. kostridije	Kvasci i plesni
	100 ml	100 ml	250 ml	250 ml	250 ml	100 ml	100 ml
02.7.2024	113	20	0	0	0	0	4
08.7.2024	14	0	0	0	0	0	2
15.7.2024	112	3	0	0	0	0	1
23.7.2024	121	1	0	0	0	0	2
29.7.2024	71	3	0	0	0	0	2
05.8.2024	100	17	0	0	0	0	4
13.8.2024	102	13	0	0	0	0	3
19.8.2024	107	18	0	0	0	0	3
26.8.2024	6	1	0	0	0	0	3

Tabela II Rezultati mikrobiološke analize izvora br. 16b

Izvor br. 16b							
Datum analize	Ukupan broj bakterija (22 ± 2°C)	Ukupan broj bakterija (37 ± 2°C)	Koliformne bakterije i <i>E.coli</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Enterokoke	Sulfitoredu. kostridije	Kvasci i plesni
	100 ml	100 ml	250 ml	250 ml	250 ml	100 ml	100 ml
02.7.2024	131	2	0	0	0	0	2
08.7.2024	23	11	0	0	0	0	0
15.7.2024	20	3	0	0	0	0	1
23.7.2024	40	1	0	0	0	0	2
29.7.2024	65	2	0	0	0	0	2
05.8.2024	40	11	0	0	0	0	1
13.8.2024	98	3	0	0	0	0	0
19.8.2024	40	21	0	0	0	0	4
26.8.2024	34	5	0	0	0	0	2

Tabela III Rezultati mikrobiološke analize izvora br. 16c

Izvor br. 16c							
Datum analize	Ukupan broj bakterija (22 ± 2°C)	Ukupan broj bakterija (37 ± 2°C)	Koliformne bakterije i <i>E.coli</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Enterokoke	Sulfitoredu. kostridije	Kvasci i plesni
	100 ml	100 ml	250 ml	250 ml	250 ml	100 ml	100 ml
02.7.2024	28	39	0	0	0	0	3
08.7.2024	33	19	0	0	0	0	3
15.7.2024	17	11	0	0	0	0	3
23.7.2024	25	4	0	0	0	0	1
29.7.2024	74	12	0	0	0	0	3
05.8.2024	54	23	0	0	0	0	4
13.8.2024	28	9	0	0	0	0	3
19.8.2024	10	21	0	0	0	0	3
26.8.2024	3	2	0	0	0	0	2

4. ZAKLJUČAK

Po hemijskim karakteristikama vode su sa niskim sadržajem rastvorljivih materija i pripadaju hidrokarbonatnoj klasi voda složenog katjonskog sastava.

Istraživani izvori prema obliku i načinu izbivanja vode na površinu predstavljaju rekreni tip izvora.

Mikrobiološka analiza voda ispitivanih izvora je pokazala da svi ispitivani uzorci odgovaraju standardima i važećim propisima. Patogene bakterije nisu prisutne (0 CFU/250 ml) a ukupan broj bakterija je u pojedinim uzorcima povremeno prelazio CFU standard ali je ipak nije prelazio vrednosti propisane pravilnikom (do 5 bakterija u 1 ml na 37 °C i do 20 bakterija u 1 ml na 22 °C pri 24-časovnoj inkubaciji na čvrstoj hranljivoj podlozi).

U svim ispitivanim uzorcima kvasci i plesni su prisutni u vrednosima manjim od standardnih (< 10 CFU/100 ml).

Zaključuje se i da je bakteriološki status ovih voda sličan ostalim kaptiranim izvorima (u Jakovom Dolu) koji se koriste za flaširanje vode "Vlasinska ROSA" tj. da svi odgovaraju važećim pravilnicima u Srbiji i Evropskoj Uniji [17].

S obzirom na nedovoljna ispitivanje ove vrste u Srbiji, dobijeni rezultati predstavljaju doprinos poznavanju mikrobiologije autohtonih bakterijskih vrsta ovih izvorskih voda.

Interesantno je napomenuti, posmatrano iz ugla prehrambene tehnologije, da je voda ovih izvora pored flaširanja pogodna i za proizvodnju standardnih svetlih piva donjeg vrenja tj. Lager piva plzenskog tipa [18].

LITERATURA

- [1] Savić, A., Đorđević, M., Đorđević, M., Randelović, V., Dmitrović, D., & Pešić, V. (2022). Springs of Southeastern Serbia with a focus on the Vlasina Plateau: different types of challenges for the macroinvertebrate community. In *Small Water Bodies of the Western Balkans* (pp. 211-225). Springer, Cham.
- [2] Narodna skupština RS (2018) *Zakon o vodama*, Službeni glasnik RS br. 30/2010, 93/2012, 101/2016, 95/2018, 95/2018 – dr. zakon.
- [3] Bašović, R. (1996): *Elaborat o rezervama izvorskih voda za flaširanje na prostoru Toplog Dola – Vlasina*. Geozavod –HIG, Beograd.
- [4] Narodna skupština RS (2013) *Pravilnik o kvalitetu i drugim zahtevima za prirodnu mineralnu vodu, prirodnu izvorsku i stonu vodu*, Službeni glasnik RS br. 43/2013 – dr. pravilnik.
- [5] Dragišić, V. (1997). Geološko-hidrogeološke karakteristike sliva Vlasinskog jezera [Geological-hydrogeological Characteristics of the Vlasina Lake Basin]. *Lake Vlasina—Hydrobiological study; Blažencic, J., Ed.; Institute of Botany and Botanical Garden "Jevremovac", Faculty of Biology, University of Belgrade: Belgrade, Serbia*, 25-34.
- [6] Ćirić, S., Spasić, Z., Ilić, Z., & Prodanović, D. (2018). Bottling spring water from a Serbian mountain. *Polish Journal of Environmental Studies*, 27(2).
- [7] Narodna skupština SFRJ (1980) *Pravilnik o metodama vršenja analiza i superanaliza životnih namirnica*, Službeni glasnik SFRJ br. 25/1980.
- [8] Andrijašević, J., Magazinović, S. (2020) *Drugi elaborat o rezervama izvorskih voda izvorišta "Vlasinka" na prostoru Toplog Dola (izvori 15 i 16)*; Rudarsko – geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu. Beograd.
- [9] STANKOVIĆ, S (1994): *Izvori vode pogodne za flaširanje iz surduličkog granodiorita: Kvalitet voda-zbornik radova međunarodne konferencije, Udruženje za tehnologiju vode i sanitarno inženjerstvo, Čačak*. 49 – 56.
- [10] Hadžišehović, M., Miljević, N., Šipka, V., Golobočanin, D., & Popović, R. (1993). Isotopic Analysis of Groundwater and Carbonate System in the Surdulica Geothermal Aquifer. *Radiocarbon*, 35(2), 277-286.
- [11] Bogdanović, B., Ilić, G., & Jovanović, J. B. (2018). Rešenje dovoda vode od izvorišta do rezervoara u fabrici vode kompanije "Simpo" u Toplom dolu (Vlasina). *Procesna tehnika*, 20(2-3), 172-175.
- [12] Narodna skupština SFRJ (1987) *Pravilnik o načinu uzimanja uzoraka i metodama za laboratorijsku analizu vode za piće*, Službeni glasnik SFRJ br. 33/1987.
- [13] Narodna skupština RS (2019) *Pravilnik o higijenskoj ispravnosti vode za piće*, Službeni glasnik RS br. 28/2019.
- [14] Holmes, B., Willcox, W. R., & Lapage, S. P. (1978). Identification of Enterobacteriaceae by the API 20E system. *Journal of clinical pathology*, 31(1), 22-30.
- [15] Von Graevenitz, A., & Zollinger-Iten, J. (1985). Evaluation of pertinent parameters of a new identification system for non-enteric gram-negative rods. *European Journal of Clinical Microbiology*, 4, 108-112.
- [16] Sorescu, I. O. N. U. T., & Stoica, C. (2021). Online advanced bacterial identification software, an original tool for phenotypic bacterial identification. *Romanian Biotechnological Letters*, 26(6), 3047-3053.
- [17] Tasić, S. (2010). Bakterije u izvorima Vlasine [Srbija]. *Posebna izdanja-Zadužbina Andrejević (Serbia)*, (253).
- [18] Tasić, S., & Janjić, A. (2022). Izvorske vode na Vlasini kao sirovina za proizvodnju piva. Šesta naučno stručna konferencija sa međunarodnim učešćem-Održivi razvoj i zaštita voda. *Zbornik radova*, 1, 323-334.

UPOTREBA GIS-A U UNAPREĐENJU METODA ZA ODREĐIVANJE STREAM ORDER-A U HIDROLOŠKIM ANALIZAMA

APPLICATION OF GIS IN IMPROVING METHODS FOR STREAM ORDER DETERMINATION IN HYDROLOGICAL ANALYSES

Milan Protić, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*
Jelica Protić, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Sadržaj - Ovaj rad istražuje primenu GIS tehnologije u analizi stream order-a reke Nišave, uz korišćenje inovativnog pristupa koji se razlikuje od tradicionalnih metoda. Tradicionalno, stream order se dodeljuje na osnovu hijerarhije pritoka, dok ovaj rad koristi prilagođeni model koji numerički svaki vodotok tako da nazvodniji vodotok dobija stream order 1. U ovom pristupu, cela rečna mreža sliva reke Nišave je podeljena na 163 segmenta na mestima uliva pritoka, omogućavajući precizniju analizu veza među vodotocima. Nazvodniji profili reka dodeljuju najviši stream order, dok uzvodniji vodotoci imaju manji red, što omogućava detaljniju analizu dinamike vodenih tokova u slivu. GIS alati su korišćeni za mapiranje i analizu svih ključnih tačaka u slivu, kao i za modeliranje hidroloških karakteristika reke Nišave. Ovaj pristup omogućava dublje razumevanje strukture rečne mreže i veza između vodotokova, što je od ključne važnosti za unapređenje planiranja upravljanja vodnim resursima. Takođe, omogućava preciznije mapiranje i modeliranje složenih hidroloških sistema, što može biti primenljivo na druge rečne sisteme sa sličnim hidrološkim karakteristikama. Ovaj rad pruža osnovu za razvoj novih metoda u analizi vodotokova i donošenju odluka u vezi sa zaštitom i upravljanjem vodnim resursima.

Ključne reči: Stream order. Rečni sistemi. Hidrološka analiza. Geomorfologija.

Abstract - This paper explores the application of GIS technology in the analysis of the stream order of the Nišava River, utilizing an innovative approach that differs from traditional methods. Traditionally, stream order is assigned based on the hierarchy of tributaries, while this paper employs a customized model that numbers each watercourse so that the upstream watercourse receives a stream order of 1. In this approach, the entire river network of the Nišava River watershed is divided into 163 segments at the confluence points of tributaries, allowing for a more accurate analysis of the connections among watercourses. Downstream river profiles are assigned the highest stream order, while upstream watercourses have a lower order, enabling a more detailed analysis of the dynamics of these water flows within the watershed. GIS tools have been used for mapping and analyzing all key points in the watershed, as well as for modeling the hydrological characteristics of the Nišava River. This approach facilitates a deeper understanding of the structure of the river network and the connections between watercourses, which is crucial for improving water resource management planning. Moreover, it enables more precise mapping and modeling of complex hydrological systems, which can be applicable to other river systems with similar hydrological characteristics. This paper provides a foundation for the development of new methods in watercourse analysis and decision-making regarding the protection and management of water resources.

Keywords: Stream order. River systems. Hydrological analysis. Geomorphology.

1. UVOD

Stream order je metod koji se koristi za dodeljivanje hijerarhijskog reda rečnim segmentima u slivu, a pravilna klasifikacija ovih segmenata ključna je za razumevanje njihovih međusobnih odnosa i funkcija u rečnom sistemu. Hidrološke studije koriste stream order kako bi se odredile reke, potoci i mreže vodenih tokova [1]. Tradicionalni pristupi stream order-a, kao što su Strahlerova ili Šreveova klasifikacija, koriste se za kategorizaciju rečnih sistema, međutim, u ovom radu primenjuje se specifičan pristup koji se

razlikuje od uobičajenih metoda. Na slivu reke Nišave, koji se sastoji od 94 vodotoka podeljenih u 163 segmenta, korišćen je GIS za preciznu analizu i kreiranje stream order-a prema metodi u kojoj je red svakog nizvodnog segmenta reke definisan kao zbir broja segmenata koji se u njega ulivaju, uz dodatak vrednosti samog segmenta. Ovaj metod omogućuje detaljnije sagledavanje međusobnih veza i uloga pojedinih segmenata u hidrosistemu. Korišćenje GIS-a omogućava efikasnu obradu velike količine podataka i vizualizaciju rečne mreže, čime se olakšava analiza složenih hidroloških odnosa i donošenje odluka u vezi sa zaštitom životne sredine,

planiranjem vodnih resursa i upravljanjem slivovima. Cilj ovog rada je da prikaže primenu *stream order*-a na slivu reke Nišave, sa posebnim fokusom na prednosti koje GIS tehnologija pruža u analizi i vizualizaciji rečnih sistema. Ovaj pristup doprinosi preciznijem razumevanju uloga pojedinih rečnih segmenata u transportu vode i sedimenta, kao i u funkcionisanju celokupnog hidrološkog sistema.

Korišćenje GIS tehnologije u ovom radu igra ključnu ulogu u preciznoj analizi i modeliranju rečne mreže sliva reke Nišave. GIS (Geografski informacioni sistemi) omogućavaju efikasno prikupljanje, analizu i vizualizaciju prostornih podataka, što je od esencijalnog značaja za razumevanje složenih hidroloških i geografski specifičnih veza među vodotocima. Koristeći GIS tehnologiju, možemo efikasno analizirati *stream order* i terenske karakteristike [2].

2. PODACI KORIŠĆENI ZA PRORAČUN *STREAM ORDER*-A

DEM (*Digital Elevation Model*), preuzet sa USGS Earth Explorer (<https://earthexplorer.usgs.gov/>), je korišćen kako bi se dobila hidrološka mreža sliva reke Nišave u GIS-u. Ovaj model je omogućio analizu visinskih razlika i nagiba terena, što je bilo ključno za identifikaciju pravaca oticanja vode i formiranje rečnih tokova. DEM omogućava precizno određivanje visinskih razlika i planiranje ruta sa minimalnom visinskom razlikom [3]. Nove tehnike izrade DEM-a omogućavaju bolju tačnost i detaljniju reprezentaciju terena [4].

U ovom istraživanju, GIS je korišćen za segmentaciju cele rečne mreže na 163 segmenta, tačno označavajući mesta uliva pritoka i omogućavajući dodelu odgovarajućeg *stream order*-a svakom segmentu. Kombinovanje GIS i DEM tehnologija omogućava detaljnu analizu geomorfoloških procesa [5] i efikasnu analizu i predviđanje prirodnih hazarda kao što su poplave [6]. U urbanom planiranju, *stream order* može pomoći u identifikaciji potencijalnih područja za izgradnju i razvoj [7].

Analiza rečne mreže zasnovana na geografskom informacionom sistemu omogućuje detaljno istraživanje rečnih sistema, pružajući vredne prostorne uvide za upravljanje slivovima i hidrološko modeliranje. Razvijanjem automatizovanih metoda za određivanje *stream order*-a, možemo poboljšati efikasnost hidroloških i geografskih studija [8].

Razmatrane su reke čiji su slivovi veći od 10 km² i koje su obuhvaćene Planom upravljanja vodama na teritoriji Republike Srbije od 2021. do 2027. godine. Naziv sloja je Sliv_Nišave.

3. PRIPREMA PODATAKA ZA PRORAČUN *STREAM ORDER*-A

DEM model terena je podvrgnut analizi za utvrđivanje pravaca oticanja vode. Koristeći alat za *flow direction* (pravac oticanja), koji izračunava smer kretanja vode na osnovu nagiba terena, identifikovane su tačke u mreži koje predstavljaju potencijalne vodotokove. Svaka tačka na DEM-u dobija informaciju o pravcu kretanja vode, prema nižim visinskim vrednostima. Na ovaj način se stvara osnovna mreža vodotoka koja pokazuje gde voda teče, odnosno koji su potencijalni pravci tokova.

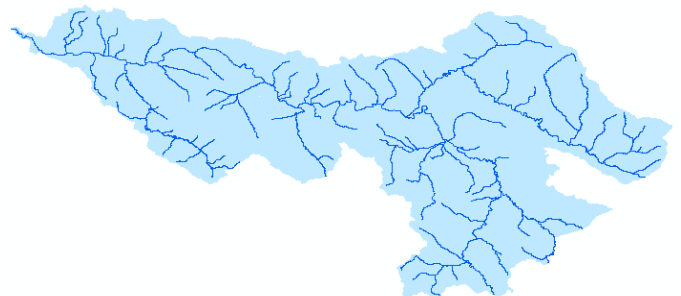
Nakon toga, koristi se alat za *flow accumulation* (akumulacija oticanja), koji omogućava izračunavanje količine vode koja dolazi do svake tačke na mreži. Ovaj alat analizira koliko se voda „sakuplja“ na određenoj tački, uzimajući u obzir sve tokove koji se slivaju u nju iz uzvodnih područja. Rezultat ove analize je mreža vodotokova koja pokazuje kako se voda akumulira i koji delovi terena predstavljaju ključne tačke za formiranje većih reka ili pritoka.

Zatim, korišćenjem *stream definition* (definicija vodotoka) alata, identifikovani su vodotoci sa dovoljno velikom akumulacijom oticanja da bi se smatrali stalnim ili značajnim delovima rečne mreže. Ovim se izdvajaju manji tokovi, dok se naglasak stavlja na veće vodotoke koji čine osnovnu hidrološku mrežu. U ovom procesu, mogu se koristiti različite pragove akumulacije, zavisno od cilja analize (na primer, veće reke ili manji pritoci).

Nakon što je mreža vodotoka definisana, proces se nastavlja segmentacijom rečne mreže na pojedinačne vodotokove ili tokove, što omogućava dodeljivanje *stream order*-a svakom segmentu. Ovaj korak je od ključne važnosti za razumevanje hijerarhije vodotoka unutar sliva, jer *stream order* omogućava praćenje toka vode od manjih potoka ka većim rekama.

Kao završni korak, pomoću GIS alata, mreža vodotokova je vizualizovana na kartama. Svi ovi podaci omogućavaju detaljno razumevanje kako različiti vodotoci utiču jedni na druge i na celokupni sliv.

Na slici 1. prikazan je sliv reke Nišave sa hidrografskom mrežom sa 94 vodotoka.



Slika 1. Hidrografska mreža sliva reke Nišave.

Vodotoci su podeljene na segmente na mestima uliva pritoka, odnosno na mestima promene proticaja. Ukupno 94 vodotoka je podeljeno na 163 segmenta, prikazano na slici 2. Za ovo je napravljen novi sloj Segmenti_Nišava.



Slika 2. Podela hidrografske mreže na segmente.

Slojevi sa segmentima reka moraju sadržati kolone predstavljene u Tabeli I:

Tabela I Atributi sloja Segmenti_Nišava

Naziv kolone	Opis kolone
Vodotok	Ime vodotoka
ID_segment	Jedinstveni ID segmenta
ID_parent	ID nizvodnog segmenta
Stream_ord	Stream order

Analiza *stream order*-a pruža ključni uvid u povezanost rečnih segmenata i njihov doprinos ukupnoj dinamici toka sliva. Svakom segmentu smo dodelili jedinstveni ID segmenta, počevši od najuzvodnijeg. Nakon toga smo uneli vrednosti ID nizvodnih segmenata. Izuzetak će biti samo ID_parent najnizvodnijeg segmenta Nišave. Ovom segmentu će polje ID_parent ostati prazno, jer je njemu nizvodna reka Južna Morava.

4. PRORAČUN STREAM ORDER-A

Jedan od najvećih izazova u analizi *stream order*-a je precizno mapiranje veza između vodotoka, naročito u složenim rečnim sistemima. Tradicionalne metode često nisu dovoljno fleksibilne da precizno prate te veze, dok GIS tehnologija omogućava detaljno praćenje svakog segmenta i tačnu analizu svih ključnih tačaka u slivu. Osim toga, GIS omogućava dinamično ažuriranje podataka i vizualizaciju rezultata u različitim prostornim formatima, što značajno olakšava interpretaciju podataka i njihovu primenu u daljim istraživanjima ili planiranju.

Atributnu tabelu (Tabela II) iz sloja Segmenti_Nišava smo kopirali u Excel fajl. Dodali smo privremenu kolonu Red u koju smo svim segmentima dodelili vrednost 1, što je prikazano u Tabeli II.

Tabela II Atributna tabela

Naziv segm	ID SEGMENT	ID NIZVOD	Red	Stream ord
Nišava	1	0	1	163
Nišava	2	1	1	3
Nišava	3	2	1	1
Nišava	4	2	1	1
Nišava	5	1	1	159

Kolonu Stream_ord smo računali upotrebom sledeće formule:

$$E * = \text{SUMIFS}(E2: E164, C2: C164, B *) + D * \quad (1)$$

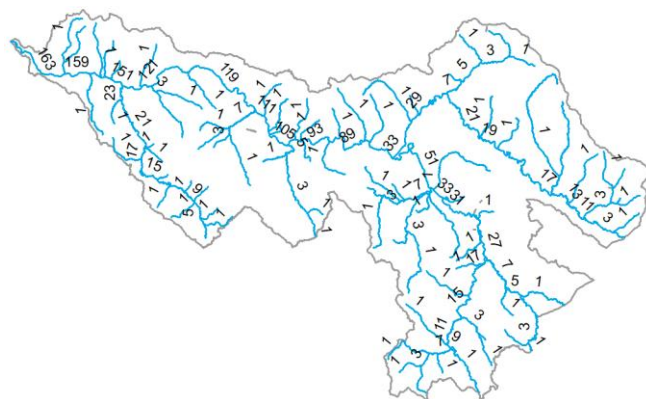
Red svakog segmenta jednak je ukupnom broju segmenata koji se ulivaju u njega uvećan za jedan, zbog njegove vlastite vrednosti.

5. ANALIZA REZULTATA

Prema rezultatima koje smo dobili, segment reke koji nastaje spajanjem dva segmenta, jednak je zbiru ta dva segmenta uvećanom za 1. Rezultati proračuna prikazani su na slici 3.

Analiza rečne mreže zasnovana na GIS-u omogućava detaljno istraživanje rečnih sistema, pružajući vredan prostorni uvid za upravljanje slivovima i hidrološko modeliranje.

Najnizvodniji segment sliva u koji se ulivaju svi ostali segmenti ima red 163, koliko i ima ukupno segmenata u slivu. To znači da će se u Južnu Moravu uliti ukupno 163 segmenta.

**Slika 3.** Rezultati proračuna.

Ovaj rad potvrđuje značaj primene GIS tehnologije u analizi i izradi *stream order*-a rečnih sistema, kao i prednosti specifičnog pristupa koji je korišćen za sliv reke Nišave. Korišćenjem GIS alata omogućena je efikasna obrada podataka, precizno mapiranje rečne mreže i jasna vizualizacija međusobnih odnosa između rečnih segmenata, dok je Excel korišćen za proračun *stream order*-a.

6. ZAKLJUČAK

Rezultati analize sliva reke Nišave ukazuju na to da novi metod *stream order*-a može biti koristan za bolje razumevanje hidrosistemske dinamike i interakcije između vodotoka u slivu. GIS tehnologija doprinosi većoj preciznosti u analizi složenih hidroloških odnosa i može se primeniti u različitim oblastima, uključujući zaštitu životne sredine, planiranje vodnih resursa i upravljanje slivovima. Ovaj rad pokazuje kako inovativne metode i savremeni alati mogu doprineti unapređenju studija i praksi u oblasti hidroloških istraživanja i upravljanja vodama.

Primena *stream order*-a, posebno u kontekstu ovog istraživanja, igra ključnu ulogu u proceni zagađenja vode i njegovog uticaja na različite delove rečne mreže. Korišćenje prilagođenog pristupa *stream orderu* omogućava precizno mapiranje pozicije svakog vodotoka u odnosu na druge reke u slivu, čime se omogućava bolje razumevanje kako se zagađenje širi nizvodno.

U tradicionalnim metodama, zagađenje vode često se procenjuje na osnovu opštih parametara kvaliteta vode, bez detaljnog razmatranja specifičnih veza između vodotoka. Međutim, sa prilagođenim pristupom *stream order*-a, svaki vodotok dobija jedinstveni red koji jasno pokazuje njegovu poziciju u odnosu na nizvodne ili uzvodne vodotoke. Ovaj pristup omogućava analizu kako zagađenje koje nastaje u višim redovima reka utiče na nizvodne delove rečne mreže. Na primer, ako zagađenje pređe iz uzvodnih delova reke u niže redove, može se pratiti kako se širi i kako utiče na kvalitet vode u različitim segmentima sliva.

Korišćenjem GIS tehnologije, moguće je analizirati širenje zagađenja kroz različite *stream ordere*, identifikovati potencijalne izvore zagađenja i proceniti njihov uticaj na vodne resurse. Takođe, precizno mapiranje omogućava identifikaciju kritičnih tačaka u rečnoj mreži, gde bi koncentracija zagađivača mogla imati najznačajniji uticaj na ekologiju i ljudske aktivnosti. Na taj način, ovakav pristup *stream orderu* može doprineti efikasnijem praćenju i upravljanju zagađenjem, kao i optimizaciji strategija zaštite vodnih resursa i smanjenja zagađenja u rečnim sistemima.

Ovaj metod omogućava ne samo praćenje kvaliteta vode, već i predviđanje budućih potencijalnih problema u zavisnosti od promena u hidrološkim uslovima i ljudskim aktivnostima u slivu. U kontekstu zagađenja, ovakav pristup *stream orderu* može biti izuzetno koristan za preciznije i efikasnije planiranje mera zaštite i sanacije.

LITERATURA

- [1] A. Rodriguez, „Stream Order and Its Application in Hydrological Studies“, *Water Management*, 56-63, 2020.
- [2] J. Smith, „Application of GIS in Stream Order Analysis“, *Geoinformatics*, 12-20, 2018.
- [3] M. Johnson, „Digital Elevation Model (DEM) in Infrastructure Planning“, *Journal of Civil Engineering*, 34-41, 2019.
- [4] T. Kim, „A New Method for Generating DEM from Satellite Images“, *Photogrammetry and Remote Sensing*, 45-52, 2022.
- [5] L. Davis, „Integration of GIS and DEM for the Analysis of Geomorphological Processes“, *Geomorphology*, 78-85, 2021.
- [6] R. Patel, „GIS and DEM in the Analysis of Natural Hazards“, *Journal for the Protection of Natural Hazards*, 67-74, 2022.
- [7] K. Lee, „Application of Stream Order in Urban Planning“, *Urbanism*, 23-30, 2022.
- [8] Y. Chen, „Automated Method for Determining Stream Order Using DEM“, *Informatics in Geosciences*, 90-97, 2023.

KORIŠĆENJE GIS TEHNOLOGIJE ZA ODREĐIVANJE PROTICAJA REKA U SLIVU JUŽNE MORAVE

THE USE OF GIS TECHNOLOGY FOR DETERMINING RIVER FLOW IN THE SOUTH MORAVA BASIN

Jelica Protić, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*
Milan Protić, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Sadržaj - U ovom radu se predstavlja metoda za računanje proticanja reka korišćenjem Geografskog informacionog sistema (GIS) i karte specifičnog oticaja. Proticaj reka je procenjen korišćenjem geobaze koja sadrži slojeve specifičnih oticaja, rečnih segmenata i slivova rečnih segmenata, a za istraživanje je izabran sliv Južne Morave. Ukupno 545 vodotokova u slivu Južne Morave je podeljeno na 938 segmenata na kojima su dobijeni proticaji korišćenjem GIS alata. Podaci su upoređeni sa podacima dobijenim merenjem na 29 hidroloških stanica. Razlika na svim stanicama u proseku iznosi 6,03%. Veće razlike su dobijene kod slivova na kojima su izgrađeni vodoprivredni objekti koji utiču na proticaj u rekama. Prednost ove metode je dobijanje proticaja na neizučeni slivovima, kao i velika brzina i mogućnost obrade velikog broja podataka istovremeno. Ova metoda se može koristiti za izračunavanje protoka u bilo kom profilu reke. Dobijeni podaci mogu biti korisni u mnogim oblastima, npr. hidrološko modeliranje i planiranje odbrane od poplava. Mogućnost izračunavanja proticaja u profilima reka i na slivovima na kojima nemamo hidrološke stanice i podatke o merenju proticaja, predstavlja značajan napredak u hidrološkim istraživanjima.

Ključne reči: Hidrologija. Geografski informacioni system (GIS). Računanje proticaja.

Abstract - This paper presents a method for calculating river flow using Geographic Information Systems (GIS) and maps of specific runoff. The river flow was estimated using a geodatabase containing layers of specific runoff, river segments, and river basin segments, with the South Morava River basin selected for the study. A total of 545 watercourses in the South Morava River basin were divided into 938 segments, where flow values were obtained using GIS tools. The data were compared with measurements from 31 hydrological stations. The average difference across all stations was 6.03%. Larger differences were observed in basins with hydraulic structures influencing the river flow. The advantage of this method is the ability to obtain flow estimates for unmeasured basins, as well as its speed and the capability to process a large number of data simultaneously. This method can be used to calculate river flow at any river profile. The obtained data can be useful in many fields, such as hydrological modeling and flood defense planning. The ability to calculate flow in river profiles and basins where there are no hydrological stations or flow measurement data represents a significant advancement in hydrological research.

Keywords: Hydrology. GIS. Flow Calculation.

1. UVOD

Poslednjih godina Geografski informacioni sistem (GIS) ima široku i raznovrsnu primenu u upravljanju vodama. Mnogo različitih softvera je kompatibilno sa GIS-om. Primena GIS-a u hidrološkim modelima omogućava preciznije procene proticaja na različitim mestima [1]. GIS se može koristiti za predviđanje poplava analizom proticaja, što dovodi do efikasnijeg upravljanja rizikom od poplava [2].

U ovom radu je urađen proračun proticaja reka u slivu Južne Morave na geobazi koja sadrži module prosečnog specifičnog oticaja, hidrografsku mrežu i kartu slivova vodotokova. Za geografsku obradu podataka korišćeni su alati ArcGIS paketa. Zatim su dobijeni podaci upoređeni sa

izmerenim podacima na mernim stanicama. Razlika na svim stanicama u proseku iznosi 6.03%. Uz pomoć GIS-a, možemo kvantifikovati ekološke proticaje koji su ključni za očuvanje biodiverziteta u vodenim ekosistemima [3].

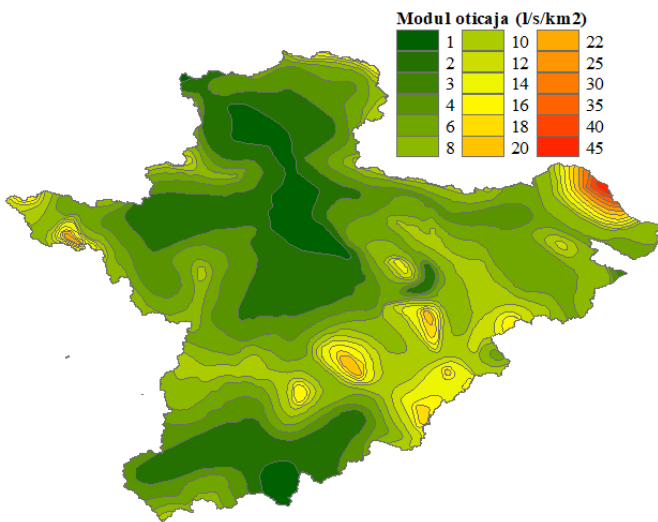
2. PODACI KORIŠĆENI ZA PRORAČUN PROTICAJA U SLIVU VELIKE MORAVE

Napravljena je geobaza sa sledećim slojevima:

- Hidrografska mreža sliva Južne Morave sa 545 vodotokova. Razmatrane su reke koje su obuhvaćene Planom upravljanja vodama na teritoriji Republike Srbije od 2021. do 2027. godine [4]. Naziv sloja je Hidrografska_mreza.

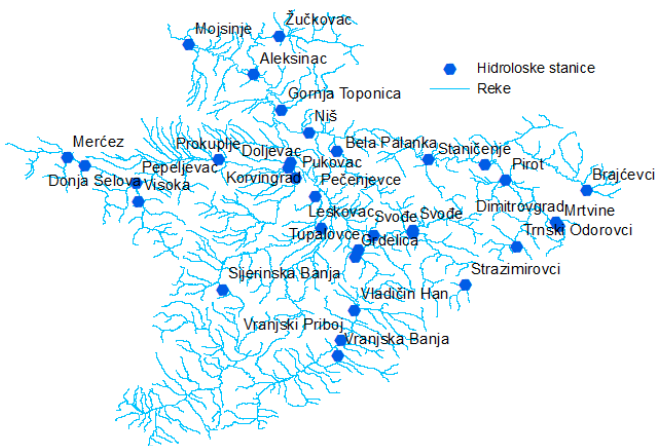
- Prosečni višegodišnji proticaji za period od 1946-2006. godine za 33 hidrološke stanice na slivu Južne Morave (zvanični podaci RHMZ Srbije). Naziv sloja je Hidroloske_stanice.
- Slivovi 545 razmatranih reka u slivu Južne Morave. Izdvajani su na osnovu digitalnog modela terena i hidrografske mreže sa topografskih karata 1:25000. Naziv sloja je Slivovi.

Analiza proticaja reka koristi pristupe bazirane na GIS-u kako bi se identifikovale ključne tačke za upravljanje vodnim resursima [5]. Na slici 1. prikazan je modul specifičnog oticaja u slivu Južne Morave u l/s/km². Na slici 2. je prikazana hidrografska mreža sa hidrološkim stanicama u slivu Južne Morave,



Slika 1. Modul specifičnog oticaja.

Modul prosečnog specifičnog oticaja (l/s/km²), su izolinije modula oticaja dobijene na osnovu prosečnih višegodišnjih vrednosti srednjih godišnjih proticaja za period 1946-2006. godine (zvanični podaci RHMZ Srbije). Sloj sadrži 88 poligona u slivu Južne Morave, pri čemu je najmanja vrednost 1, a najveća 45 l/s/km². Naziv sloja je Specifichni_oticaj.



Slika 2. Hidrografska mreža i hidrološke stanice u slivu JužneMorave.

3. PRIPREMA PODATAKA ZA PRORAČUN PROTCAJA

Vodotokovi su podeljene na segmente na mestima uliva pritoka, odnosno na mestima promene proticaja, kao i u profilima brana i akumulacija. Ukupno 545 reka je podeljeno na 938 segmenata. Za ovo ćemo napraviti novi sloj HM_segmenti.

U skladu sa izdvojenim segmentima vodotokova, slivovi reka su izdvojeni na slivove segmenata na osnovu digitalnog modela terena i hidrografske mreže sa topografskih karata 1:25000. Napravćimeo novi sloj Slivovi_segmenata.

Slojevi sa segmentima reka i slivovima segmenata moraju sadržati sledeće kolone:

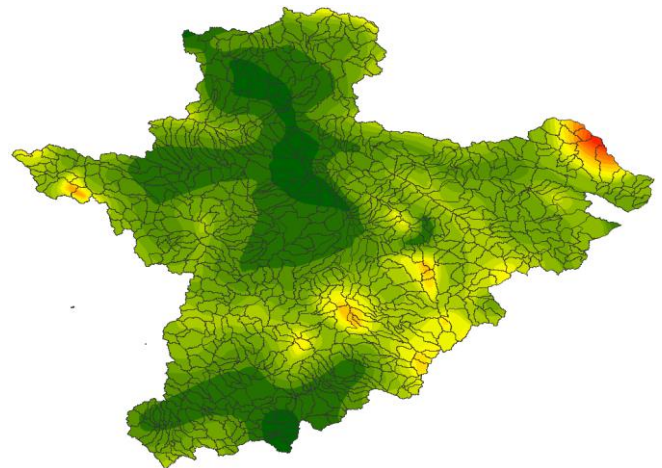
- Vodotok - ime vodotoka,
- ID_segment – jedinstven ID segmenta,
- ID parent - ID nizvodnog segmenta,
- Shape_area – površina svakog sliva segmenta izražena u km².

Izuzetak će biti samo ID_parent najnižvdnijeg segmenta Južne Morave. Ovom segmentu će polje ID_parent ostati prazno, jer je njemu nizvodna reka Velika Morava.

Površina segmenta se odnosi samo na segment od njegovog uzvodnog do nizvodnog profila.

4. PRORAČUN PROTICAJA

Upotrebom alata Intersect preklopili smo slojeve Slivovi_segmenata i Specifichni_oticaj, što je prikazano na slici 3. Rezultat je novi sloj SS_SO_intersect. Ovaj sloj sadrži 2274 poligon sa granicama na linijama poligona iz oba sloja. Svaki poligon sadrži sve kolone koje sadrže i slojevi slivova segmenata i specifičnih oticaja.



Slika 3. Preklapanje slojeva Slivovi_segmenata i Specifichni_oticaj.

Pustili smo da se kolona shape_area generiše u vrednosti površina poligona u km². Dodali smo novu kolonu Proticaj. Vrednosti ćelija u koloni Proticaj su proizvodi specifičnog oticaja i površine poligona. Sada smo dobili proticaje svakog poligona u l/s.

Sledeći korak je upotreba AcGIS alata Dissolve kojim smo ujedinili dobijene poligone u slivove segmenata. To smo uradili tako što smo se vezali za kolonu ID segment, jer svi poligoni istog segmenta imaju istu vrednost u koloni

ID_segment. Uneli smo kriterijum da se prilikom ujedinjenja poligona sabere svi proticaji koji pripadaju slivu istog segmenta.

Na ovaj način smo dobili novi sloj SS_SO_intersect_dissolve. Ovaj sloj sadrži 938 poligona koji odgovaraju slivovima segmenata, pri čemu svaki segment ima jedinstven ID i proticaj. Ovaj proticaj nije ukupni proticaj vodotoka, već proticaj koji se formira samo na delu površine segmenta. Ovaj proticaj nije ukupni proticaj vodotoka, već proticaj koji se formira samo na delu površine segmenta.

Kako bismo dobili ukupne proticaje na segmentima reka, sabrali smo proticaj svakog segmenta sa svim proticajima njemu uzvodnih segmenata.

Preko kolone ID segment smo sloj SS_SO_intersect_dissolve vezali za sloj HM_segmeni i u njega kopirali u kolonu Proticaj.

Zatim smo napravili novu kolonu UK_Proticaj. Nakon toga, atributnu tabelu iz sloja HM_segmeni smo kopirali u Excel file.

Kolonu UK_proticaj smo računali upotrebom sledeće formule:

$$E * = \text{SUMIFS}(E2: E209, C2: C209, B *) + D * \quad (1)$$

Ukupan proticaj svakog segmenta koji ima vrednost ID_segment=* jednak je sumi svih ukupnih proticaja kojima je ID_parent jednak vrednosti ID_segment=*, plus vrednost proticaja ID_segment=*.

Delovi slivova 4 reka se nalaze u susednim državama, pa nemamo podatke o specifičnom oticaju i ne možemo na prethodno opisani način da sračunamo proticaje. Zato ćemo proticaje ovih reka uneti na osnovu izmerenih proticaja na hidrološkim stanicama, koje su neposredno nizvodno od državne granice.

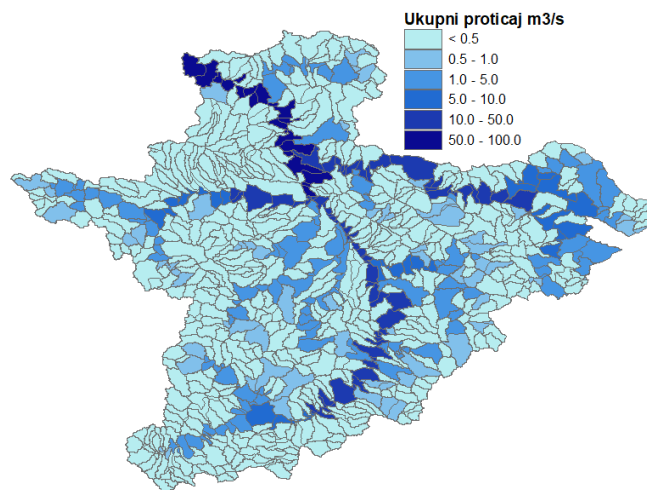
Reke kod kojih ćemo uneti proticaje su:

- Gaberska reka, izvire u Bugarskoj i nakon ulaska u Srbiju se uliva u Nišavu. Na njoj se nalazi HS Mrtvine na oko 2 km od granice sa Bugarskom. Za proticaj Gaberske reke je preuzet proticaj sa HS Mrtvine.
- Nišava, koja izvire u Bugarskoj. HS Dimitrovgrad se nalazi na oko 9 km od državne granice. Za proticaj najuzvodnijeg segmenta Nišave, pre uliva Gaberske reke, preuzet je proticaj sa HS Dimitrovgrad.
- Jerma, pritoka Nišave. Jarma nastaje u Srbiji, zatim prelazi u Bugarsku, nakon čega se ponovo vraća u Srbiju. Za protok segmenta Jerme koji dolazi iz Bugarske su uzeti podaci sa HS Trnski Odorovci, koja se nalazi na oko 8 km od državne granice. m³/s
- Visočica, koja dotiče iz Bugarske. HS Brajčevci je na Visočici na oko 8 km od državne granice. Proticaj najuzvodnijeg segmenta Visočice je računat tako što je od proticaja na HS Brajčevci oduzet protok pritoka Krivodolštice i Kameničke reke i specifični oticaji svih segmenata Visočice do HS Brajčevci.

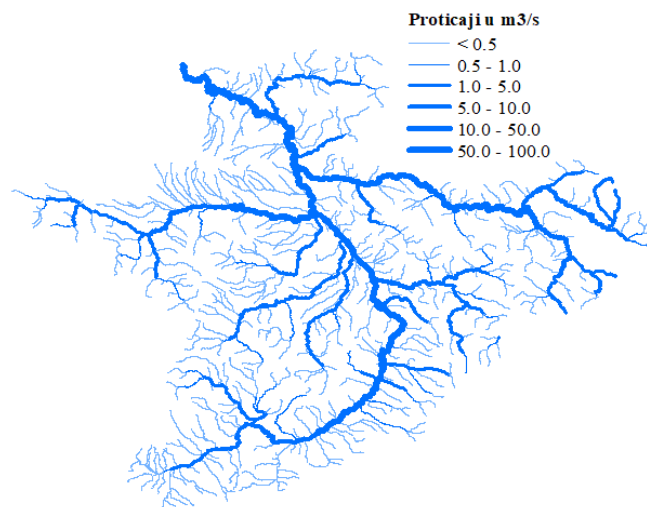
Nakon korekcije proticaja na Nišavi, Gaberskoj reci, Jermi, Ibru i Visočici, ponovo je urađen proračun ukupnog proticaja

segmenata. Dobijene vrednosti ukupnog proticaja smo kopirali u sloj HM_segmeni izražen u m³/s.

Rezultati proračuna ukupnih proticaja su prikazani na slici 4. preko slivova segmenata i na slici 5. preko segmenata. Najmanji izračunati proticaj je na Biljačkoj reci i iznosi 0.01 m³/s, a najveći na najizvodnijem segmentu Južne Morave i iznosi 94.35 m³/s. Na Slikama 4 i 5 su, radi lakšeg pregleda, svi proticaji podeljeni u 6 kategorija, na proticaje <0.5 m³/s, 0.5-1 m³/s, 1-5 m³/s, 5-10 m³/s, 10-50 m³/s i 50-100 m³/s.



Slika 4. Rezultati proračuna proticaja prikazani na slivovima segmenata.



Slika 5. Rezultati proračuna proticaja prikazani na hidrografskoj mreži.

5. ANALIZA REZULTATA I POREĐENJE SA MERENIM PROTICAJIMA

Proticaje koje smo dobili opisanim proračunom smo uporedili sa proticajima dobijenim merenjem na hidrološkim stanicama. Prosečni višegodišnji proticaji za period od 1946-2006. godine za 33 hidrološke stanice na slivu Južne Morave su mereni za isti period za koji je rađen modul prosečnog specifičnog oticaja (zvanični podaci RHMZ Srbije). S obzirom da smo proticaje 4 reka koje imaju delove slivova u susednim državama upisali na osnovu merenja na HS, rezultate smo od ukupno 33 HS uporedili sa preostalim 29. Razlike između izmerenih i sračunatih proticaja su prikazane u Tabeli I.

U proseku, razlika na svim stanicama iznosi 6.03%. Najmanja razlika merenih i izračunatih podataka je 0.34%, a najveća 21.83%.

Od ukupno 29 HS, razlike manje od 5% su kod 19 stanica, 5-10% kod 2 stanice, 10-20% kod 7 stanica i preko 20% kod 1 stanice.

Tabela I Rezultati proračuna proticaja

R. br.	Vodotok	Proticaj (RHMZ) m ³ /s	Proticaj m ³ /s	Razlika (%)
1	Kozaračka reka	1,474	1,469	0,34
2	Južna Morava	24,680	24,791	0,45
3	Toponička reka	1,029	1,024	0,46
4	Južna Morava	93,520	94,148	0,67
5	Lužnica	2,746	2,775	1,04
6	Južna Morava	88,120	89,165	1,17
7	Nišava	22,700	22,391	1,36
8	Toplica	7,096	7,211	1,60
9	Lukovska reka	1,456	1,483	1,81
10	Jablanica	4,558	4,653	2,04
11	Veternica	4,055	3,959	2,36
12	Nišava	28,890	27,939	3,29
13	Pusta reka	1,830	1,766	3,52
14	Toplica	10,340	10,727	3,61
15	Južna Morava	12,890	13,383	3,68
16	Kosanica	2,138	2,226	3,97
17	Južna Morava	56,110	58,505	4,09
18	Toplica	3,486	3,651	4,51
19	Toplica	9,649	10,140	4,84
20	Banjska reka	0,898	0,954	5,91
21	Jerma	0,773	0,852	9,25
22	Jablanica	0,865	0,964	10,30
23	Kutinska reka	1,278	1,436	10,97
24	Južna Morava	18,820	16,709	11,22
25	Moravica	2,598	3,012	13,74
26	Temštica	8,206	9,613	14,64
27	Vlasina	7,844	9,190	14,65
28	Nišava	11,870	9,798	17,46
29	Vlasina	3,745	4,791	21,83
Prosečna razlika:				6,03 %

Kod svih stanica veće razlike od 10% se javljaju zbog izvršenih radova u slivu, kao što su izgradnja akumulacija ili hidromelioracionih sistema.

Akumulacije imaju sposobnost da skladište vodu tokom perioda visokih padavina ili kada je proticaj veći od proseka. Ova voda se kasnije pušta nizvodno u sušnim periodima ili kad su proticaji niži, čime se postepeno povećava ukupni proticaj u vodotoku u odnosu na prirodne uslove. Ako akumulacija pušta vodu tokom sušnih meseci, to će povećati proticaj koji se meri na hidrološkoj stanici.

Hidromelioracioni sistemi, kao što su kanali za navodnjavanje i drenažni sistemi, mogu uticati na proticaj u slivu. Korišćenje ovih sistema za distribuciju vode iz akumulacija može u nekim periodima doprineti povećanju proticaja na stanici jer voda koja bi inače bila apsorbovana ili odvedena može biti kontrolisano otpuštena u vodotok.

Na Južnoj Moravi kao najvećoj reci analiziranog sliva, od ukupno 6 HS, na 5 stanica je razlika manja od 5%, dok je na

HS Vladičin Han na Južnoj Moravi razlika 11.22%. Na proticaj ovog segmenta Južne Morave utiče izgradnja akumulacije Prvonek.

Na ovaj način smo dobili proticaje na svi 938 segmenata reka, a RHMZ sprovodi merenje na samo 29 segmenata. GIS omogućava simulaciju proticaja čak i u područjima sa ograničenim podacima, što doprinosi boljem razumevanju tokova u slivovima. GIS omogućava simulaciju proticaja čak i u područjima sa ograničenim podacima, što doprinosi boljem razumevanju tokova u slivovima [6].

6. ZAKLJUČAK

Prikazanom metodom u ovom radu smo dobili proticaje koji su u velikoj meri slični merenim proticajima. Veće razlike su dobijene na segmentima koji su pod uticajem izgrađenih vodoprivrednih objekata koji mogu uticati na režim voda, kao što su akumulacije ili hidromelioracioni sistemi. Uticaji ovih objekata na proticaje nisu razmatrani tokom izrade ovog rada.

Iz toga možemo zaključiti da su i podaci o proticajima na profilima na kojima nemamo uspostavljene merne stanice slični stvarnim proticajima. Tačnost rezultata zavisi od tačnosti unetih podataka.

Prednosti ove metode su dobijanje podataka o proticajima na neizučeni slivovima, jednostavnost i velika brzina, kao i mogućnost obrade velikog broja podataka istovremeno.

Na ovaj način se mogu izračunati proticaji na bilo kom vodotoku i bilo kom profilu, uz zaključak da se dobijeni rezultati neće u velikoj meri razlikovati od stvarnih, što je naročito značajno za neizučene slivove.

Primenom ove metode mogu se računati i drugi parametri, kao što je uticaj zagađenja na vodotoke u slivu.

Ovu metodu bi trebalo koristiti kao orijentacionu.

LITERATURA

- [1] Bhatta, B., & Thakur, R. "Using GIS for Hydrological Modeling: A Case Study of Flow Estimation." *Journal of Water Resource and Protection*, 13(5), 575-588, 2021.
- [2] Chen, W., & Wang, Y. "Utilizing GIS for Flood Forecasting and Management." *Journal of Flood Risk Management*, 13(2), e1664, 2020.
- [3] Garcia, L., & Montoya, L. "Application of GIS in Environmental Flow Assessment." *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(3), 1-15, 2022.
- [4] Plan upravljanja vodama na teritoriji Republike Srbije od 2021. do 2027. godine, Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede.
- [5] Miller, S., & Avery, L. (2018). "Analyzing River Flow Patterns Using GIS Tools." *Journal of Hydrology*, 556, 987-1002, 2018.
- [6] Vardhan, M., & Smith, J. "GIS-Driven Approaches for Streamflow Simulation in Data-Scarce Regions." *Hydrology Research*, 51(4), 857-872, 2020.



UPOREDNA ANALIZA METODA ZA ODREĐIVANJE POLUPREČNIKA HORIZONTALNE KRIVINE COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS FOR DETERMINING THE RADIUS OF THE HORIZONTAL CURVE

Dušan Kocić, *Akademija tehničko-vaspitačkih струковних studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*
Dejan Bogičević, *Akademija tehničko-vaspitačkih струковних studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*
Rade Avramović, *spec-struk. inž, saobraćaja, JP Direkcija za izgradnju grada Niša, Niš.*

Sadržaj - Prilikom veštačenja saobraćajnih nezgoda koje su se dogodile u krivini ili neposredno posle krivine, veštaci saobraćajno-tehničke struke gotovo nikada u uvidajnoj dokumentaciji, odnosno Spisima predmeta nemaju podatke o radijusu krivine, poprečnom nagibu kolovoza u krivini i preglednosti. S obzirom na značaj utvrđivanja radijusa krivine, predmet ovog rada je da se prikažu i sagledaju metode za merenje radijusa krivine sa prednostima i nedostacima, ali i da se ukaže značaj pravilnog merenja radijusa krivine.

Ključne reči: Veštačenje. Saobraćajne nezgode. Krivine.

Abstract - When examining traffic accidents that occurred in a curve or immediately after a curve, experts in the traffic-technical profession almost never have information about the radius of the curve, the transverse slope of the roadway in the curve, and visibility in the investigative documentation, i.e. in the case files. Considering the importance of determining the radius of the curve, the subject of this work is to show and review the methods for measuring the radius of the curve with advantages and disadvantages, but also to indicate the importance of the correct measurement of the radius of the curve.

Keywords: Expertise. Traffic accidents. Curves.

1. UVOD

Veštaci saobraćajno-tehničke struke se često u praksi susreću sa nepotpunom uvidajnom dokumentacijom ili delom te uvidajne dokumentacije. Najčešći nedostaci koji se javljaju kod uvidajne dokumentacije, mogu se posmatrati sa aspekta ispunjenosti tri načela: načela usaglašenosti, načela objektivnosti i načela sveobuhvatnosti. Ukoliko su ispunjena sva tri načela, uvidajna dokumentacija ima osnova da bude kvalitetna i da kvalitetne ulazne podatke za dalju analizu saobraćajne nezgode. Kada se govori o načelu sveobuhvatnosti, treba istaći da se uviđajem često ne konstatuje preglednost, vidljivost, saobraćajna signalizacija (horizontalna, vertikalna), geometrija puta (radijusi krivina, poprečni nagibi kolovoza u krivini, dužina preglednosti i sl.). Naime, od uvidajne ekipe se očekuje, da prepozna i da fiksira sve što je važno, ali i da ne opterećuje uvidajnu dokumentaciju nevažnim detaljima. Sa druge strane, potrebno je da se prepoznaju i prioriteti prilikom merenja, jer postoje merenja koja se moraju raditi odmah i nema mogućnosti da se takva merenja naknadno vrše, a postoje i merenja koja se mogu naknadno vršiti [3].

Nepostojanje podatka sa lica mesta o radijusu krivine, u situacijama kada je to važno za analizu saobraćajne nezgode, može imati dve posledice. Prva posledica ogleđa se u tome da veštak nije uočio značaj naknadnog merenja radijusa i

veštačenje se odvodi u pogrešnom pravcu, a što ima za posledicu pogrešno definisanje propusta učesnika saobraćajne nezgode, a druga posledica se ogleđa u tome da je radijus krivine pogrešno izmeren, a što ponovo za posledicu ima pogrešan nalaz i mišljenje veštaka [3]. Iz prethodno navedenih razloga, u daljem delu rada, najpre je prikazana uporedna analiza metoda koje se mogu koristiti za određivanje poluprečnika horizontalne krivine, a nakon toga detaljan postupak određivanja poluprečnika (radijusa) horizontalnih krivina primenom softverskog paketa CGS Labs – Plateia.

2. METODE ZA MERENJE POLUPREČNIKA KRIVINE

U stručnoj literaturi, koja se koristi u praksi saobraćajno-tehničkog veštačenja, postoji veliki broj metoda za merenje krivina. Pre izbora metode za merenje krivine mora se proveriti da li je krivina pravilna ili ne. Pravilne krivine su krivine kod kojih je poluprečnik nepromenljiv duž krivine, što se na terenu može utvrditi ili vizuelnom proverom ili proveravanjem da li su dužine odsečaka tangenti jednake na krivini, odnosno približno jednake. Na terenu ima jako malo pravilnih krivina, ali se često i one nepravilne aproksimiraju u pravilne jer je merenje pravilnih krivina mnogo jednostavnije i brže. Na terenu će se krivina meriti kao pravilna, ukoliko je krivina pravilna ili približno pravilna i ukoliko je nepravilna, ali nije važno da se precizno meri, jer nije od uticaja na nastanak nezgode.

2.1. Metode merenja pravilnih kružnih krivina

Merenje pravilnih kružnih krivina se na terenu može vršiti uz pomoć sledećih metoda [2]:

1. pomoću dve tangente i tetive
2. pomoću tetive i visine luka nad tetivom
3. pomoću ugla i tačke na simetrali ugla
4. pomoću ugla i dve tangente i
5. pomoću tri tačke.

Na osnovu uporedne analize raspoloživih metoda, a posebno imajući u vidu uticaj pristupačnosti terena na kojem se nalazi krivina, u narednom delu rada će biti prikazane dve metode i to metoda merenja pomoću tetive i visine luka nad tetivom i metoda merenja pomoću tri tačke.

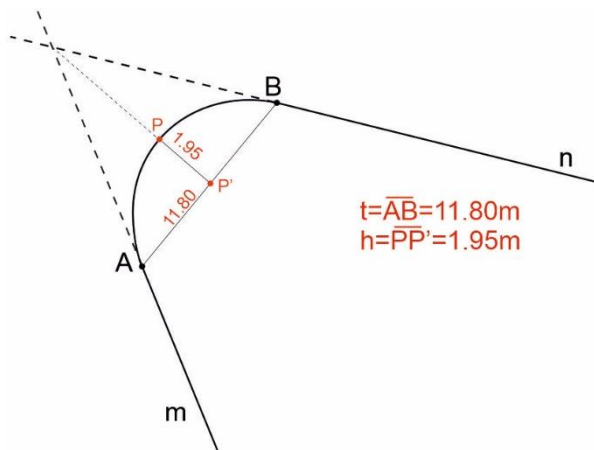
2.2. Merenje pomoću tetive i visine luka nad tetivom

Metoda merenja uz pomoću tetive i visine luka nad tetivom je manje precizna nego metoda pomoću dve tangente i tetive. Koristi se onda kada je nedostupno teme **T**, a prostor unutar kružne krivine je dostupan. Metoda merenja pravilnih kružnih krivina uz pomoć luka i visine luka nad tetivom je najpogodnija za crtanje na računaru, jer se prečnik može izračunati primenom formule:

$$R = \frac{h}{2} + \frac{t^2}{8h} \quad (1)$$

Prilikom izračunavanja poluprečnika krivine, potrebno je proveriti da li je krivina pravilna, a zatim na terenu uraditi sledeće (Slika 1-A):

1. Odrediti početak (A) i kraj (B) krivine.
2. Izmeriti dužinu tetive AB i označiti je sa t .
3. Na sredini tetive izmeriti dužinu visine luka nad tetivom $h=PP'$.

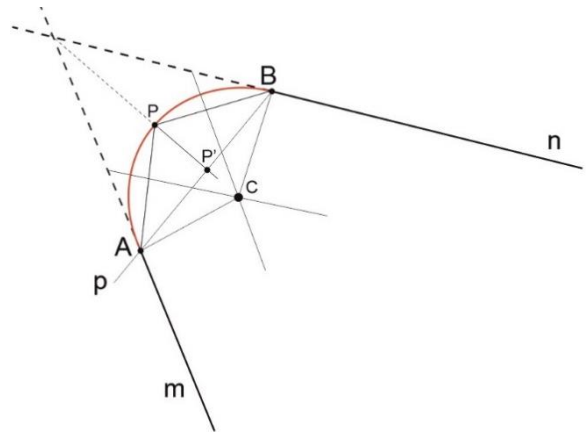


Slika 1-A. Postupak merenja krivine.

Nakon merenja na terenu vrši se konstruisanje krivine kroz sledeće korake (Slika 1-B):

1. Proizvoljno se ucrtta pravac **p** i na pravcu označi tačka **A** (to je pravac na kome se nalazi tetiva).
2. Na rastojanju koje odgovara dužini tetive označi se tačka **B** (metod lučnog preseka).
3. Na simetrali duži \overline{AB} odredi se tačka **P'** i povuče normala na tetivu u tački **P'**.
4. Na normalni, na rastojanju koje odgovara visini luka nad tetivom odredi se tačka **P**.

5. Nacrtaju se duži \overline{AB} i \overline{BP} i njihove simetrale, a u preseku simetrala centar **C**.
6. Iz centra **C** se opiše kružnica poluprečnika \overline{CA} , odnosno \overline{CB} , a konstruisanjem normala na poluprečnike \overline{CA} i \overline{CB} , konstruišu se pravci **m** i **n**.



Slika 1-B. Konstrukcija krivine pomoću tetive i visine luka nad tetivom [2].

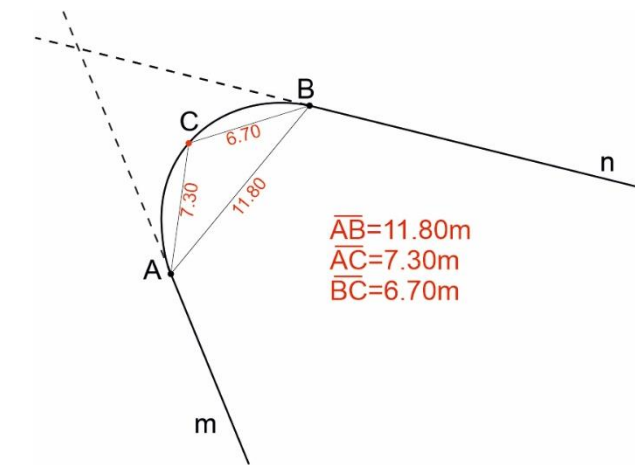
2.3. Merenje pomoću tri tačke

Metoda merenja pomoću tri tačke se primenjuje ako teme **T** nije pristupačno, odnosno ako ne možemo izmeriti tangente. Ova metoda je i preciznija od metode merenja pomoću tetive i visine luka nad tetivom, a i rad na terenu je jednostavniji, a ne mora da bude pristupačan prostor unutar krivine. Prilikom izračunavanja poluprečnika krivine, najpre je potrebno proveriti da li je krivina pravilna, a zatim na terenu uraditi sledeće (Slika 2-A):

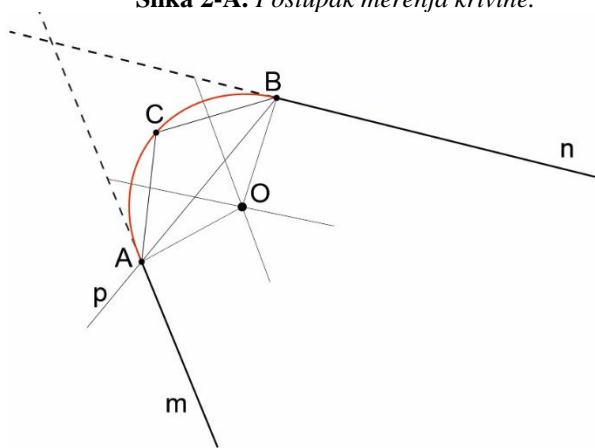
1. Označe se početak (A) i kraj (B) krivine i izmeri se dužina tetive $t=AB$.
2. Označi se proizvoljno tačka **C** na sredini krivine i izmeri se rastojanje \overline{CA} i \overline{CB} .
3. Izmerene vrednosti se upišu u skicu.

Nakon merenja na terenu vrši se konstruisanje krivini kroz sledeće korake (Slika 2-B):

1. Proizvoljno se ucrtta pravac **p** i na njemu se označi tačka **A**, a na rastojanju t od tačke **A** na pravcu **p** se označi i tačka **B**.
2. U otvor šestara se uzme dužina \overline{AC} i iz tačke **A** se povuče luk na mesto gde se očekuje tačka **C**. Isti postupak se ponovi i iz tačke **B**, za rastojanje \overline{BC} i u preseku lukova se dobija tačka **C**.
3. U preseku simetrala duži \overline{AC} i \overline{BC} dobija se centar kružnice **O**.
4. Radijus krivine je $R = \overline{OA} = \overline{OB}$. Iz tačke **O** se opiše kružni luk od **A** do **B**.
5. Pravac **m** se dobija kao normala na pravac koji sadrži duž \overline{OA} , a pravac **n**, kao normala na pravu koja sadrži duž \overline{OB} .



Slika 2-A. Postupak merjenja krivine.



Slika 2-B. Konstrukcija krivine pomoću tetive i visine luka nad tetivi [2].

2.4. Metode merjenja nepravilnih kružnih krivina

Metode za merjenje nepravilnih krivina puta možemo svrstati u tri grupe:

1. geodetske metode,
2. fotogrametrijske metode,
3. proste metode merjenja.

Postoji više prostih metoda za merjenje horizontalnih krivina puta, a najznačajnija i najpreciznija je korigovana metoda uzastopnih trouglova. Naime, merenje horizontalne (nepravilne) krivine, metodom uzastopnih trouglova obuhvata:

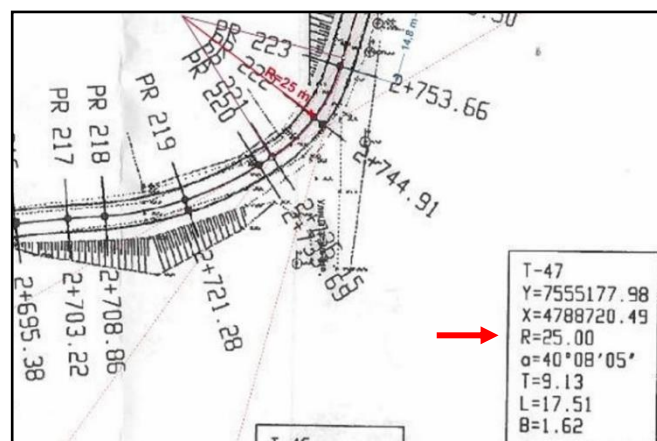
- određivanje položaja niza tačaka na ivicama kolovoza,
- merenje širine kolovoza na nekoliko mesta (širina kolovoza se u krivini menja),
- merjenja za određivanje radijusa na najoštrijem segmentu krivine,
- merenje poprečnog nagiba kolovoza (za izračunavanje granične brzine) i određivanje položaja objekata koji zaklanjaju preglednost.

3. METODA MERENJA KRIVINA PRIMENOM SOFTVERSKOG PAKETA CGS LABS – PLATEIA

Postupak određivanja radijusa horizontalnih krivina vrši se primenom softverskog paketa CGS Labs – Plateia. Ovaj program je prilagođen AutoCad platformi i koristi se za projektovanje drumskih saobraćajnica.

Za prikaz navedene metode korišćena je krivina na kojoj je došlo do silaska „NISAN-a“ sa kolovoza i udara i betonski

stub pored kolovoza. Prema podacima iz situacionog plana, veličina poluprečnika navedene krivine iznosi $R = 25\text{ m}$ (videti sliku 3).

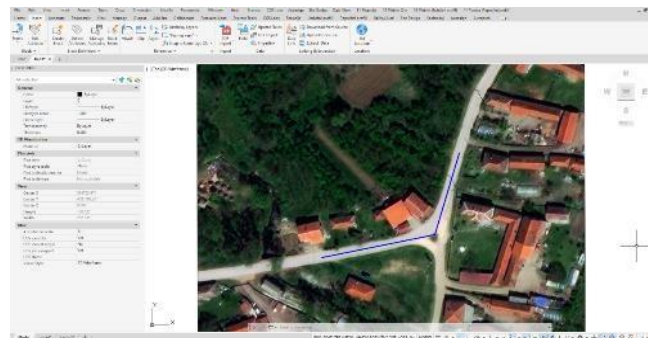


Slika 3. Detalj Situacionog plana dela puta, odnosno krivina na kojoj se dogodila saobraćajna nezgoda.

Prilikom grafičkog određivanja radijusa horizontalnih krivina, postupak se može podeliti u više koraka. U prvom koraku je potrebno odrediti lokaciju same krivine. Radi što preciznijih ulaznih podataka koristi se portal geosrbija.rs.

Nakon preuzimanja karte, potrebno je očitati koordinate iz njenih uglova. Koordinate su upisane u gornjem desnom i donjem levom uglu. Na osnovu ovih koordinata određuje se položaj karte prilikom unošenja u program AutoCad, kao i georeferenciranje same karte. Očitane koordinate, sa preuzete karte su: T1: 4787917, 554791 i T2: 4787660, 554612. Koordinate se unose kao entiteti pod nazivom „points“ tj. tačke. Unosom naredbe „Point“ dobijamo mogućnost unosa očitanih koordinata. Unete koordinate tačaka predstavljaju tačan položaj referentnih tačaka karte u x-y ravni. Treći korak ovog postupka predstavlja unos karte i njeno georeferenciranje, prema ranije unetim, tačkama.

U četvrtom koraku neophodno je izmeriti širinu kolovoza sa karte. S obzirom da se radi sa rasterskom grafikom, potrebno je izmeriti širinu kolovoza na 5 do 7 reprezentativnih mesta puta u pravcu. Nakon merjenja širine kolovoza, usvaja se, kao validna, ona koja je izmerena u više iteracija. Izmerena širina kolovozne trake, u predmetnom primeru, iznosi 5 m, tj. kolovoz se sastoji od dve kolovozne trake širine 2,5 m za svaki smer.

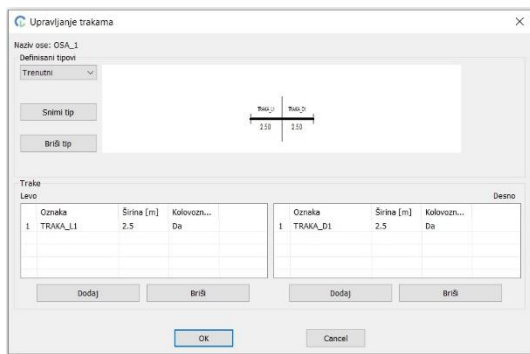


Slika 4. Crtanje tangentnog poligona.

Peti korak predstavlja povlačenje pravaca. Potrebno je uočiti osovinu kolovoza i pomoću alata „Polyline“ nacrtati tangentni poligon predmetne horizontalne krivine. Na slici 4

prikazan je nacrtan tangenti poligon. Radi bolje vizualizacije, poligon je obeležen plavom bojom. Ovaj postupak može biti iterativan, u zavisnosti od složenosti geometrije saobraćajnice i odnosa susednih horizontalnih krivina.

U šestom koraku se vrši formiranje ose i podešavanje širine traka u ranije pomenutom softveru Plateia. Merenjem širine kolovozne trake, ustanovljeno je da proširenje kolovoza, u horizontalnoj krivini, nije izvršeno. Prema tome, potrebno je i to podesiti, kako bi geometrija bila verodostojna realnom stanju. Na slici 5 prikazano je podešavanje broja i širine saobraćajnih traka za svaki smer.

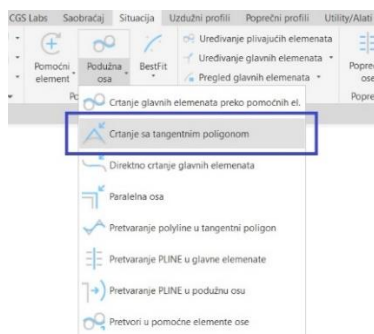


Slika 5. Postupak podešavanja širine kolovoznih traka.

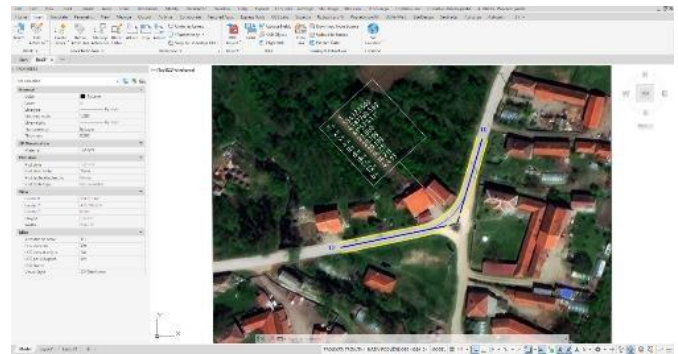
Za crtanje tangenti poligona postoji čitav niz alata, koje pruža programski paket CGS Labs – Plateia. Na slici 6 prikazane su sve opcije crtanja tangenti poligona horizontalnih krivina.

Za potrebe ovog rada korišćena je opcija „Crtanje tangenti poligonom“. Sedmi korak ove procedure predstavlja selekciju pomenute opcije i crtanje tangenti poligona. Potrebno je naglasiti da je jako bitno vizuelno odrediti početak horizontalne krivine i da li predmetna krivina sadrži prelazne krivine. Takođe, ukoliko krivina sadrži prelazne krivine, neophodno je ustanoviti da li je horizontalna krivina pravilna (simetrična) ili ne, tj. da li su dužine prelaznih krivina jednake ili ne. S obzirom da se sve navedeno određuje vizualnom analizom karte, koja je u rasterskoj grafici, ovaj postupak može biti sačinjen od značajnog broja iteracija.

Primenom softverskog paketa CGS Labs – Plateia utvrđeno je da je horizontalna krivina čisto kružna tj. ne sadrži prelazne krivine. Nakon 14 iteracija, utvrđeno je da radijus, predmetne horizontalne krivine, iznosi 27 m. Vrednost radijusa se očitava iz tabele čvora tangenti poligona, kao što je prikazano na slici 7.



Slika 6. Alati za crtanje tangenti poligona.



Slika 7. Konstruisana horizontalna krivina.

4. ZAKLJUČAK

Prilikom veštačenja saobraćajnih nezgoda koje se događaju u krivinama, jedno od pitanja koje se postavlja pred veštaka saobraćajno-tehničke struke jeste i izračunavanje granične brzina vozila na proklizavanje, odnosno zanošenje u konkretnoj krivini. Sa druge strane, prilikom veštačenja saobraćajnih nezgoda koje su se dogodile u krivini ili neposredno posle krivine, veštaci saobraćajno-tehničke struke gotovo nikada u uviđajnoj dokumentaciji, odnosno Spisima predmeta nemaju podatke o radijusu krivine, poprečnom nagibu kolovoza u krivini i preglednosti.

U radu je prikazan detaljan postupak određivanja poluprečnika (radijusa) horizontalnih krivina primenom softverskog paketa CGS Labs – Plateia, koji je prilagođen AutoCad platformi i koji se koristi za projektovanje drumskih saobraćajnica. U cilju provere pouzdanosti navedene metode, odnosno softverskog paketa korišćena je krivina na kojoj je došlo do saobraćajne nezgode za koju je u kasnijem sudskom postupku, od nadležnog upravljača puta pribavljen situacioni plan dela puta na kojem se nalazi krivina na kojoj je došlo do saobraćajne nezgode.

Međusobnim poređenjem vrednosti poluprečnika krivine koji je dobijen primenom softverskog paketa CGS Labs – Plateia i vrednosti poluprečnika krivine koji je očitana sa naknadno pribavljenog Situacionog plana, dolazi se do zaključka da odstupanje vrednosti poluprečnika krivine iznosi 7%.

LITERATURA

- [1] Kostić S: Tehnike bezbednosti i kontrole saobraćaja, FTN, Novi Sad, 2010.
- [2] Lipovac K: Uviđaj saobraćajnih nezgoda – Izrada Skica i Situacionih planova, Viša Škola unutrašnjih poslova, Beograd, 1994.
- [3] Pešić ., Vujanić M: Značaj utvrđivanja i metode merenja radijusa krivine, XII Simpozijum „Veštačenje saobraćajnih nezgoda i prevare u osiguranju“, Divčibare 2013.

ANALIZA UTICAJA NA ŽIVOTNU SREDINU MALE SOLARNE ELEKTRANE “RD PIROT” LOCIRANE NA KROVU JKP “REGIONALNA DEPONIJA PIROT”

ANALYSIS OF THE IMPACT ON THE ENVIRONMENT OF THE SMALL SOLAR POWER PLANT “RD PIROT” LOCATED ON THE ROOF OF THE JKP “REGIONAL LANDFILL PIROT”

Anica Milošević, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*
Slađana Nedeljković, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Bratimir Nešić, *PWW Leskovac DOO, Bulevar Oslobođenja 147, Leskovac.*

Sadržaj - Projekat izgradnje male solarne elektrane „RD Pirot“ locirane na krovu dva objekta JKP „Regionalna deponija Pirot“, predstavlja značajan korak ka smanjenju zagađenja i boljoj zaštiti životne sredine. Pored direktnog smanjenja emisije CO₂ i drugih zagađivača, ova elektrana će dugoročno doprineti smanjenju zavisnosti od termoelektrana na fosilna goriva, a time i smanjenju štetnih efekata na životnu sredinu. Ekonomski i tehnološki napredak, kao i nove regulative, omogućiće dugoročno povećanje efikasnosti i dalji rast upotrebe solarne energije. Projekat izgradnje male solarne elektrane na Regionalnoj deponiji Pirot predstavlja dobar primer kako se obnovljivi izvori energije mogu uspešno integrisati u postojeću infrastrukturu, ne samo u cilju poboljšanja energetske efikasnosti, već i kao važan korak ka održivoj budućnosti. Ova elektrana ne samo da smanjuje emisiju CO₂ i drugih zagađivača, već koristi obnovljive izvore energije, kao jedan od načina primene ekoloških rešenja. Negativni uticaji ove solarne elektrane na okolinu ne postoje, a značajni su pozitivni uticaji, koji se ogledaju u vidu smanjenja emisije štetnih gasova u atmosferu, koji su sastavni deo proizvodnje električne energije iz energetskih izvora koji koriste fosilna goriva.

Ključne reči: Solarna elektrana. Emisija štetnih gasova. Regionalna deponija Pirot.

Abstract - The project for the construction of a small solar power plant “RD Pirot” located on the roof of two buildings of the JKP “Regional landfill Pirot” represents a significant step towards reducing pollution and better environmental protection. In addition to the direct reduction of CO₂ emissions and other pollutants, this power plant will contribute to the long-term reduction of dependence on thermal power plants on fossil fuels, and thus to the reduction of harmful effects on the environment. Economic and technological progress, as well as new regulations, will enable a long-term increase in efficiency and further growth in the use of solar energy. The solar power plant at the Pirot Regional Landfill is a good example of how renewable energy sources can be successfully integrated into the existing infrastructure, not only to improve energy efficiency, but also as an important step towards a sustainable future. This power plant not only reduces the emission of CO₂ and other pollutants, it already uses renewable energy sources, as one of the ways of applying ecological solutions. There are no negative impacts of this solar power plant on the environment, and there are significant positive impacts, which are reflected in the reduction of emissions of harmful gases into the atmosphere, which are an integral part of the production of electricity from energy sources that use fossil fuels.

Keywords: Solar power plant. Emission of harmful gases. Regional landfill Pirot.

1. UVOD

Poslednjih godina dolazi do značajne ekspanzije iskorišćenja obnovljivih izvora energije i njihovoj primeni, pri čemu je naglašen njihov potencijal kao održivog rešenja za globalne energetske izazove. Obnovljivi izvori energije doživljavaju ekspanziju širom sveta, što je rezultat potrebe za ograničenim iskorišćenjem fosilnih goriva, zbog smanjenja negativnog uticaja na životnu sredinu. Zakon o korišćenju obnovljivih izvora energije kao jedan od ciljeva ima smanjenje

upotrebe fosilnih goriva i povećanje korišćenja obnovljivih izvora energije, u cilju zaštite životne sredine [1].

Zakon o proceni uticaja na životnu sredinu (“Sl.gl.RS” br. 135/04 i 36/09) reguliše kriterijume, o potrebi izrade procene uticaja projekata na životnu sredinu [2].

Strategija razvoja energetike Republike Srbije do 2025. godine, sa projekcijama do 2030. godine, napisana je u cilju povećanja standarda stanovništva, uz smanjenje zagađenja i bolju zaštitu životne sredine [3]. Investitor je dužan da izradi

studiju o proceni uticaja na životnu sredinu, da planira i sprovede mere kojima se sprečava ugrožavanje okoline, kao i mere sanacije i obezbedi izvršenje propisanih normi.

Korišćenje obnovljivih izvora energije (OIE) u oblasti solarne energije predstavlja značajan strateški korak u tehnološkom napretku Srbije i daljoj integraciji sa Evropom [4].

Mala solarna elektrana “RD Pirot”, locirana na krovu JKP “Regionalna deponija Pirot”, snage 150 kW povećaće proizvodnju iz obnovljivih izvora energije, a samim tim i smanjenje emisije štetnih gasova, kao i efekat staklene bašte.

2. BENEFITI KORIŠĆENJA OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE

Cilj Republike Srbije je povećanje proizvodnje energije iz OIE od 40 % do 2040. godine.

Energija iz obnovljivih izvora, prema Direktivi 2009/28/EZ je energija iz nefosilnih obnovljivih izvora i to: energija vetra, solarna, aerotermalna, geotermalna, hidrotermalna, energija okeana, hidroenergija, biomasa, deponijski gas, gas iz postrojenja za obradu otpada i biogas.

Cilj borbe protiv klimatskih promena je da spreče povećanje prosečne temperature na planeti za 2°C u odnosu na preindustrijski period i da smanje emisiju gasova sa efektom staklene bašte u 2030. godini za 45% u odnosu na emisije iz 2010. godine. Obnovljivi izvori energije su glavni pokretač i nosilac energetske tranzicije ka karbonski neutralnoj energetici i ekonomiji. Evropa je postavila ambiciozan plan – nulta emisija štetnih gasova do 2050. godine, što se nadamo da će biti ostvareno.

Zakon o korišćenju OIE iz 2021. godine uvodi tržišne premije umesto dosadašnjih fid-in tarifa, smanjujući troškove za građane i privredu, a istovremeno investitori imaju garantovanu stabilnost.

Korišćenje energije iz obnovljivih izvora obuhvata mere i aktivnosti koje se preduzimaju radi ostvarivanja dugoročnih ciljeva i to:

- 1) Povećanje korišćenja obnovljivih izvora energije, a samim tim i smanjenje upotrebe fosilnih goriva u cilju zaštite životne sredine,
- 2) Energetska nezavisnost, tj. smanjenje zavisnosti od uvoza energenata,
- 3) Razvoj preduzetništva i stvaranje novih radnih mesta u oblasti obnovljivih izvora energije,
- 4) Podsticanje istraživanja, inovacija i konkurentnosti u oblasti korišćenja obnovljivih izvora energije,
- 5) Digitalizacija, ekonomičnost i efikasnost postupaka u oblasti obnovljivih izvora energije,
- 6) Integracija električne energije iz obnovljivih izvora na tržištu električne energije,
- 7) Obezbeđivanje stabilnosti tržišta električne energije uz uzimanje u obzir troškova integracije obnovljivih izvora enerije u sistem i stabilnost mreže,
- 8) Regionalni razvoj korišćenja obnovljivih izvora energije,
- 9) Stabilnost sistema podsticaja i primena operativne državne pomoći,
- 10) Dodeljivanje podsticaja putem aukcija na javan, transparentan, konkurentan i ekonomičan način,

- 11) Održivi i samostalni razvoj kroz maksimalno korišćenje nacionalnih naučno - istraživačkih, tehnološko - razvojnih i ljudskih kapaciteta u procesu planiranja povećanja korišćenja obnovljivih izvora energije.

Sunčeva energija predstavlja energetski potencijal Republike Srbije, koji se može koristiti za proizvodnju toplotne ili električne energije. Teritorija Republike Srbije raspolaže velikim brojem časova sunčevog zračenja (između 1.500 i 2.200 časova godišnje). Prosečan intenzitet sunčevog zračenja na teritoriji Republike Srbije se kreće od 1,1 kWh/m²/dan na severu do 1,7 kWh/m²/dan na jugu – tokom januara, a od 5,9 kWh/m²/dan do 6,6 kWh/m²/dan – tokom jula. Prosečna vrednost energije zračenja na godišnjem nivou, iznosi od 1.200 kWh/m²/godišnje u severozapadnoj Srbiji, do 1.550 kWh/m²/godišnje u jugoistočnoj Srbiji, dok u centralnom delu iznosi oko 1.400 kWh/m²/godišnje [3].

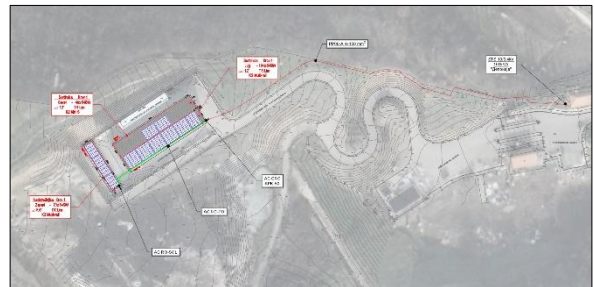
Najbolje sredstvo u borbi protiv klimatskih promena, predstavlja upotreba električne energije proizvedene iz obnovljivih izvora energije.

3. MALA SOLARNA ELEKTRANA “RD PIROT”

U urbanim sredinama gde je prostor veoma ograničen, solarne elektrane na krovovima predstavljaju jedan od efikasnih i održivih načina korišćenja sunčeve energije za proizvodnju električne energije.

Solarna elektrana “RD Pirot” locirana je na krovu dva objekta JKP “Regionalna deponija Pirot”.

Deo elektrane od 240 panela nalazi se na dvovodnom krovu sa pretežno južnom i severnom orijentacijom postojeće zgrade, Hale za sekundarnu separaciju otpada (sortirnica), dok drugi deo od 70 panela je na jednovodnom krovu sa pretežno zapadnom orijentacijom postojeće zgrade nadstrešnice za posebne vrste otpada.



Slika 1. Situacioni prikaz solarne elektrane “RD Pirot”[5].

Elementi solarne elektrane su sledeći: fotonaponski paneli, invertori, AC razvodni ormani SOL i PO, kablovi jednosmerne struje za povezivanje panela u stringove preseka 6 mm², kablovi naizmernične struje napona 0,4 kV, komunikacioni kablovi kojim se povezuju svi invertori međusobno, po sistemu ulaz-izlaz, sa inteligentnim brojiлом, sistem za monitoring.

Uticaj solarne elektrane na životnu sredinu, razmatricemo prema sledećim fazama: faza izgradnje, faza eksploatacije i faza zatvaranja elektrane.

U fazi izgradnje solarne elektrane izvršeni su pripremni radovi i postavljena konstrukcija na krovu objekta i montirana je elektro-energetska oprema. Rad građevinskih mašina, pravi

izvesnu buku i podiže prašinu, međutim, kako su se radovi izvodili van naseljenog mesta, u potpunosti su minimizirani negativni uticaji na životnu sredinu.



Slika 2. Solarna elektrana “RD Pirot” locirana na krovu dva objekta JKP “Regionalna deponija Pirot”.

U fazi izgradnje elektrane, uticaj na životnu sredinu može se manifestovati: raznošenjem raznih zrnastih i praškastih materijala, raznošenjem ostatka građevinskog materijala, raznošenjem upotrebljene ambalaže. Izvođač je obavezan da okolni teren raščisti od pomenutih materijala i dovede isti u prvobitno stanje. Zagađenje vazduha izduvnim gasovima dostavnih vozila i povećanjem nivoa buke usled rada motora dostavnih vozila i građevinskih mašina je lokalno i samo u toku izgradnje elektrane. Lokalno stanovništvo nije ugroženo s obzirom da se elektrana nalazi u zoni van naseljenog područja. Stanovništvo, flora i fauna, zemljište, voda i vazduh, objekti, nepokretna kulturna dobra i pejzaž, nisu izloženi značajnom riziku u toku izvođenja radova, na zemlji i krovu već postojećeg objekta jer se radi o privremenom izvođenju radova. Vibracije i seizmičke aktivnosti tla i objekata tokom izgradnje elektrane su neznatne, u toku izgradnje male solarne elektrane, koja je izgrađena na krovu objekta.

U fazi eksploatacije solarne elektrane, mogu se javiti sledeći negativni uticaji na životnu sredinu: vizuelni uticaj, uticaj na korišćenje prostora, uticaj na flor i faunu, uticaj na korišćenje zemljišta, uticaji nejonizujućeg zračenja i elektromagnetni uticaji. Vizuelni uticaj je jedan od relativno manjih uticaja solarne elektrane na životnu sredinu, zato što obzirom na visinu panela i poziciju objekta, elektrana se može uočiti samo iz neposredne blizine. Uticaj na flor i faunu je minimalan. Elektromagnetni uticaj, kao i uticaj nejonizujućeg zračenja su minimalni. Obzirom da je fotonaponska elektrana čist izvor električne energije, ne proizvodi buku, niti zahteva kompleksne operacije tokom montaže i eksploatacije koje mogu imati značajne uticaje na životnu sredinu.

Uticaj zatvaranja elektrane nakon isteka radnog veka (20 - 25 godina) podrazumeva obavezu Naručioca da demontira svu opremu i potkonstrukciju i dovede objekat u napribližnje stanje koje je bilo pre početka izgradnje. Solarni paneli u izvesnoj količini sadrže opasne materije, koje su zatvorene u ćelijama i nemaju nikakvog štetnog uticaja na životnu sredinu pa je potrebno da se demontiraju i recikliraju, u skladu sa propisima o tretiranju opasnog otpada. Ova faza nastaje po isteku tehničkog i ekonomskog veka elektrane. U praksi će verovatno doći do produženja rada elektrane na istoj lokaciji, posle zamene dotrajalih ili pohabanih delova opreme. Rad će biti nastavljen i dalje, sa nižim investicionim i pogonskim troškovima, budući da se oprema stalno usavršava.

Ukupna investicija potrebnog ulaganja za izgradnju solarne elektrane “RD Pirot” locirane na krovu dva objekta JKP “Regionalna deponija Pirot”, snage 150 kW, iznosi 15.900.000,00 RSD bez PDV-a, odnosno 135.550,00 EUR. Ova elektrana je počela je radom 01.08.2024. godine, a sav

višak proizvedene električne energije predaje se elektrodistributivnom sistemu Srbije. U okviru analize, uzete su u obzir analizirane karakteristike tehničkog rešenja, opreme i cena na tržištu, kao i cena električne energije [5].

Posle izvršene tehno – ekonomske analize projekta izgradnje i eksploatacije solarne elektrane snage 150 kW korišćene su tabele novčanih i finansijskih tokova projekta. Iz sagledavanja svih tabela finansijskih tokova vidi se da očekivani period za povrat sredstava koje bi naručilac uložio iznosio 7 godina i 5 meseci, ne uzimajući u obzir prvu godinu koja predstavlja godinu izgradnje elektrane[5].

4. ANALIZA UTICAJA NA ŽIVOTNU SREDINU

Najveći doprinos zaštiti životne sredine je proizvodnja električne energije iz solarnih elektrana, što smanjuje proizvodnju iz termoelektrana, koje koriste fosilna goriva. Efekat staklene bašte se smanjuje. Solarna elektrana ne stvara buku tokom svog rada i ne zagađuje životnu sredinu. Negativni uticaji solarne elektrane na životnu sredinu ne postoje, dok je velika prednost što ne emituje CO₂. Korist male solarne elektrane je višestruka, dok su negativni uticaji na okolinu, zanemarljivi.

Tabela I Smanjenje emisija štetnih gasova [5]

	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Prodana električna energija (MWh/god.)	0	214	213	212	211	210
Emissioni faktor CO ₂ za EE (tCO ₂ /MWh)	0,823	0,823	0,823	0,823	0,823	0,823
Ukupno smanjenje emisije C (tCO₂/god.)		176	175	175	174	173

	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
Prodana električna energija (MWh/god.)	210	209	208	207	206	205	205
Emissioni faktor CO ₂ za EE (tCO ₂ /MWh)	0,823	0,823	0,823	0,823	0,823	0,823	0,823
Ukupno smanjenje emisije C (tCO₂/god.)	172	172	171	170	170	169	168

	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043
Prodana električna energija (MWh/god.)	204	203	202	201	201	200	199
Emissioni faktor CO ₂ za EE (tCO ₂ /MWh)	0,823	0,823	0,823	0,823	0,823	0,823	0,823
Ukupno smanjenje emisije C (tCO₂/god.)	168	167	166	166	165	164	164

	2044	2045	2046	2047	2048	2049	Ukupno
Prodana električna energija (MWh/god.)	198	197	197	196	195	194	5.096
Emissioni faktor CO ₂ za EE (tCO ₂ /MWh)	0,823	0,823	0,823	0,823	0,823	0,823	
Ukupno smanjenje emisije C (tCO₂/god.)	163	162	162	161	160	160	4.194

Predviđeno smanjenje emisija CO₂ u životnu sredinu, u toku radnog veka solarne elektrane, dato je u Tabeli I. Proizvedena električna energija za godinu dana (MWh/god) pomnožena je sa emisionim faktorom CO₂ za električnu energiju (tCO₂/MWh). U tabeli je prikazano ukupno smanjenje emisije CO₂ za određenu godinu, kao i ukupno smanjenje za narednih 25 godina, koliko iznosi radni vek male solarne elektrane “RD Pirot”.

Garancija za kapacitet panela u periodu eksploatacije od 25 godina, smanjuje se: posle prve godine za 2%, od 2. do 25. godine za 0,5%, na kraju 25. godine snaga (kapacitet) panela će biti 85% od početne vrednosti. Na materijal i izradu panela, proizvođač daje garanciju od 15 godina.

5. ZAKLJUČAK

Negativni uticaji solarne elektrane “RD Pirot” na okolinu ne postoje, a značajni su pozitivni uticaji. Pozitivni uticaji se ogledaju u vidu smanjenja emisije štetnih gasova u atmosferu (smanjenje emisije CO₂), koji su sastavni deo proizvodnje električne energije iz energetskih izvora koji koriste fosilna goriva.

- Solarna elektrana “RD Pirot” koja je postavljena na krovu linije za sekundarnu separaciju JKP “Regionalne deponije Pirot” od 01.08.2024. godine počela je sa radom. Snaga

elektrane je 150 kW i to je trenutno najveća instalirana solarna elektrana koja radi na području Pirotskog okruga.

- Izgradnjom solarne elektrane nastavlja se tred JKP "Regionalne deponije" koja svoje funkcionisanje zasniva na zelenoj energiji.
- Posle 15 dana rada solarne elektrane na Regionalnoj deponiji u Pirotu smanjena je emisija ugljen dioksida za hiljadu kilograma.

Uloga Studije o strateškoj proceni uticaja na okolinu u sistemu zaštite životne sredine najpre je preventivna. Cilj izrade jeste da se spreči dalja degradacija životne sredine, uvoz i uvođenje zastarelih i prljavih tehnologija i postrojenja, koji mogu biti veliki i opasni zagađivači okoline potrošača energije.

Izgradnjom ove male solarne elektrane "RD Pirot" locirane na krovu dva objekta JKP "Regionalna deponija Pirot", snage 150 kW, nastavlja se imidž Regionalne deponije, koja svoje funkcionisanje zasniva na zelenoj energiji.

LITERATURA

- [1] Zakon o zaštiti životne sredine, "Službeni glasnik RS", br. 135/2004, 36/2009, 36/2009 - dr. zakon, 72/2009 - dr. zakon, 43/2011 - odluka US, 14/2016, 76/2018, 95/2018 - dr. zakon, 95/2018 - dr. zakon i 94/2024 - dr. Zakon.
- [2] Zakon o proceni uticaja na životnu sredinu ("Službeni glasnik RS" br. 135/04 i 36/09).
- [3] Strategija razvoja energetike Republike Srbije do 2025. godine, sa projekcijama do 2030. godine. ("Službeni glasnik RS" 101/2015-36).
- [4] Zakon o korišćenju obnovljivih izvora energije ("Službeni glasnik RS", br. 40/21 i 35/23).
- [5] Studija opravdanosti sa generalnim projektom izgradnje male solarne elektrane snage 150 KW na krovu objekta korisnika JKP "Regionalna deponija Pirot", Centar za energetske efikasnost i održivi razvoj, 2023.

ANALIZA UTICAJA RADA INSINERATORA NA JAVNO ZDRAVLJE

ANALYSIS OF THE IMPACT OF INCINERATOR OPERATION ON PUBLIC HEALTH

Boban Cvetanović, *Akademija tehničko-vaspićakih strukovnih studija – Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Sadržaj – *Tretman energetskog iskorišćenja otpada u postrojenjima za kontrolisano spaljivanje je legitiman tretman u hijerarhiji otpada i po pravilu ne bi trebalo da predstavlja prepreku reciklaži. U našoj zemlji ovaj tretman otpada nije bio korišćen, osim u cementarama gde se komunalni otpad koristio u kombinaciji sa fosilnim gorivima. Od ove godine, međutim, i Srbija ima postrojenje za kontrolisano spaljivanje i to u Vinči, kraj Beograda, pa je od velikog značaja da javnost bude upoznata sa osnovnim karakteristikama rada ovakvih postrojenjima, kao i eventualnim opasnostima njihovog rada po javno zdravlje.*

Ključne reči: *Insinerator. Zagađivači. Javno zdravlje.*

Abstract – *The treatment of energy utilization of waste in controlled incineration plants is a legitimate treatment in the hierarchy of waste and, as a rule, should not be represent an obstacle to recycling. In our country, this waste treatment was not used, except in cement plants where municipal waste was used in combination with fossil fuels. As of this year, however, Serbia also has a facility for controlled waste burning in Vinca, near Belgrade, so it is great importance that the public be familiar with the basic characteristics of the operation of such facilities, as well as the possible danger of their work for public health.*

Keywords: *Incinerator. Pollutants. Public health.*

1. UVOD

Savremeni način života doneo je i proizvodnju sve većih količina otpada. Najveći deo tog otpada, uglavnom se nepravilno tretira i po pravilu, završava na deponijama. Pri tome, samo manji broj deponija projektovan je i radi u skladu sa zakonskim propisima i tehničkim standardima. Ovaj problem je naročito izražen u zemljama koje nemaju razvijen sistem upravljanja otpadom, gde se, nažalost, nalazi i Srbija.

Pre konačnog odlaganja otpada na deponije, trebalo bi razmotriti mogućnosti da se taj otpad (ili neke njegove frakcije) reciklira ili iskoristi njegov energetski potencijal. I dok je reciklaža, kao tretman, opšte poznata i primenjuje se dugi niz godina unazad, termički tretman otpada u postrojenjima za kontrolisano spaljivanje je postupak novijeg datuma i mnogo manje primenjen u praksi.

Neosporna je činjenica da je potrošnja energije u konstantnom porastu u svetu, zbog čega ona postaje sve teže dostupna i naravno sve skuplja. Fosilnih goriva je sve manje, a često proizvodnja energije iz ovih goriva nosi opasnosti po životnu sredinu, klimu i ljudsko zdravlje. Sa druge strane, mnoge frakcije u otpadu imaju značajnu energetsku vrednost, tako da je toplotna moć komunalnog otpada u rangu toplotne moći lignita. Vrednosti toplotne moći nekih vrsta otpadne plastike i otpadnog ulja su čak u rangu toplotne moći karakteristične za kameni uglj i mazut.

Osim mogućnosti da se dobije korisna energija (toplotna i električna), prilikom ovog tretmana, masa otpada se smanjuje

za 75%, a zapremina za 90%, čime se značajno smanjuju količine otpada koje se odlažu na deponije, produžavajući na taj način njihov životni vek. Tokom procesa dobijanja energije iz otpada, količina oslobođenih gasova sa efektom staklene bašte, daleko je manja u odnosu na količine koje generišu čak i najsavremenije sanitarne deponije ili nekoliko individualnih ložišta.

Korišćenje otpada kao alternativnog goriva je tema koja u javnosti Srbije izaziva oprečna reaganja. Od odobravanja i zagovaranja onih koji smatraju da je to rešenje odlično za smanjenje zagađenja otpadom, dobijanje energije, ali i kao saveznik u borbi protiv klimatskih promena, do protesta građana koji ne žele da se u njihovim sredinama nalaze ovakva postrojenja u strahu od zagađenja vazduha, vode i zemljišta. Pojedini poznavaoци ove problematike ističu i potencijalnu suprotstavljenost termičkih tretmana reciklaži.

Bez obzira na ove suprotstavljene, a u većini negativne stavove prema termičkom tretiranju otpada, ne treba zaboraviti da je tretman energetskog iskorišćenja otpada legitiman tretman u hijerarhiji otpada, koji dolazi nakon reciklaže i ne bi trebalo da predstavlja prepreku ovom postupku. Samo otpad koji se ne može reciklirati, a energetski je potentan, može ući u proces spaljivanja, naravno u za to odgovarajućim postrojenjima. Ne sme se zaboraviti da, u istoj hijerarhiji, termički tretmani dolaze pre konačnog deponovanja otpada.

Ovaj rad ima za cilj da široj populaciji ljudi, a pre svega osobama van ove problematike, ukaže na efekte rada ovakvih postrojenja na zdravlje ljudi, ali i celu životnu sredinu.

Posebno je značajno da javno mnjenje u našoj zemlji dobije pune informacije po ovom pitanju jer je ove godine, u našoj zemlji, počelo sa radom prvo ovakvo postrojenje u Vinči, kraj Beo-grada. Ne treba zaboraviti da već nekoliko godina unazad, cementare u Popovcu i Beočinu koriste energetske potentne frakcije otpada, kao zamenu za petrol koks, a čak i Elektroprivreda Srbije razmatra mogućnost da nedostatak kvali-tetnog uglja u svojim postrojenjima nadomesti komunalnim i drugim otpadom, pogodnim za dobijanje električne energije.

2. POJAM INSINERACIJE

Prema Zakonu o upravljanju otpadom Republike Srbije "insineracija (spaljivanje) je termički tretman otpada u stacionarnom ili mobilnom postrojenju sa ili bez iskorišćenja energije proizvedene sagorevanjem putem oksidacije, kao i ostalim postupcima termičkog tretmana otpada" [1]. Ovakva definicija dolazi zbog toga što je primarna funkcija termičkih tretmana smanjivanje mase i zapremine otpada i rasterećenje deponija, a sekundarna funkcija je dobijanje energije.

Zakon o upravljanju otpadom insistira na tome da postrojenja za termički tretman otpada ili insineratori, mogu da vrše tretman samo pod strogim operativnim uslovima, uz ispunjavanje tehničkih uslova, u skladu sa utvrđenim graničnim vrednostima emisije za insineraciju. Inače, u literaturi se vrlo često ovakva postrojenja nazivaju spalionice otpada, ali se čini da ovaj pojam većinu ljudi asocira na aktivnosti spaljivanja otpada, koje se obavljaju u nekontrolisanim uslovima. U engleskom jeziku koristi se termin "waste to energy plants" što bi moglo da se prevede kao postrojenja za dobijanje energije iz otpada, iako je već ranije navedeno da to nije osnovna funkcija i zadatak ovih postrojenja.

Tehnologija dobijanja energije iz otpada primenjuje se u Evropi decenijama, a trenutno je u radu više od 500 tehnološki visoko razvijenih postrojenja za dobijanje energije iz otpada, tretirajući više od 100 miliona tona otpada godišnje. Najveći broj (skoro polovina) ovih postrojenja stacioniran je u dve najsnažnije evropske ekonomije, u Francuskoj i Nemačkoj, a većina zemalja EU ima makar jednu spalionicu (Švajcarska i Norveška koje ne pripadaju EU i predstavljaju uzor, kako u ekonomskom, tako i u ekološkom pogledu, imaju 30, odnosno 18 spalionica) [3]. Ne treba zaboraviti da je jedan deo ovih spalionica predviđen za spaljivanje opasnog otpada, koji se vrlo teško može tretirati nekim drugim postupcima.

Zanimljivo da se ova postrojenja, vrlo, često nalaze u velikim gradovima, kao što su postrojenja u Kopenhagenu, Amsterdamu, Malmeu ili Beču. Insinerator u Kopenhagenu je nedaleko od zgrade opere i projektovan je i kao ski staza, postrojenje Valorec u Bazelu za insineraciju opasnog otpada smešteno je tik uz lokalni šoping centar, a u Beču se nalazi u blizini Univerziteta i Opšte bolnice, koju snabdeva energijom za grejanje i hlađenje [4]. Najveće postrojenje u Evropi je Ivri i nalazi se u centru Pariza, blizu reke Sene, a spaljuje 730.000 tona komunalnog otpada godišnje [5].

Prema podacima Konfederacije evropskih postrojenja za dobijanje energije iz otpada (eng. Confederation of European Waste to Energy Plants – CEWEP), ovih petsto evropskih postrojenja za energetske tretman otpada je 2018. godine proizvelo 41.000 GWh električne energije i 96.000 GWh toplotne energije, što je bilo dovoljno električne energije za 19 miliona potrošača i toplote za 16 miliona potrošača [6].

Ovo doprinosi smanjenju upotrebe tradicionalnih fosilnih goriva i smanjenju emisije gasova sa efektom staklene baste (GHG), u poređenju sa konvencionalnim elektranama. Zamena goriva, bilo da je u pitanju prirodni gas, nafta, kameni ugalj ili lignit, je u opsegu od 11 do 53 miliona tona fosilnih goriva, koje neće biti potrošene od strane tradicionalnih elektrana, što opet rezultira izbegavanjem emisije od 24 do 49 miliona tona CO₂, dok se proizvodi ekvivalentna energija [4].

3. TERMIČKI TRETMANI OTPADA I JAVNO ZDRAVLJE

Dobijanje energije iz otpada u Evropi se praktikuje od sredine 19. veka. Prvi insineratori su pušteni u rad u Ujedinjenom Kraljevstvu i Holandiji i to su bile prilično jednostavne instalacije bez ikakvih mera za sprečavanje zagađenja vazduha ili efikasnog iskorišćenja energije.

Od osamdesetih godina prošlog veka razvijene su brojne mere i procesi zaštite životne sredine, koji se od tada primenjuju u insineratorima. Strogi zakonski okvir na nivou Evropske unije bio je razlog što je danas u Evropi insineracija otpada najstrože regulisan sektor u odnosu na sve privredne sektore. Sagorevanje otpada i dobijanje energije iz njega, mora poštovati najstrože zahteve zaštite životne sredine od svih industrijskih grana, pri čemu se prati veći broj parametara nego kod bilo kog drugog industrijskog sektora, i postavljene su značajno strože granične vrednosti emisija u odnosu na druge privredne grane. Primenjuju se niske granične vrednosti emisija i drugi zahtevi iz Direktive o industrijskim emisijama (IED), koja predstavlja centralni pravni akt Evropske unije o zaštiti životne sredine, za različite industrijske sektore [2]. Ovo je jedna od najstrožijih direktiva EU, za čiju su implementaciju potrebna velika finansijska ulaganja u postojeća industrijska postrojenja, ali je potrebno i vreme da se sprovedu mere potrebne da se rad postrojenja u skladu sa odredbama ove direktive.

Ovom Direktivom, regulisan je i rad postrojenja za termički tretman otpada, koja pri tome moraju biti izgrađena na osnovu najboljih dostupnih tehnika (BAT).

Dozvola za rad ovakvih postrojenja, izdata na osnovu čl. 14 IED, mora uključiti odgovarajuće zahteve za praćenje-monitoring emisija, sa metodologijom merenja, učestalošću i procedurom evaluacije. Meri se širok spektar različitih emisija u vazduh, uključujući prašinu, azotne okside, sumpor dioksid, 12 različitih teških metala, dioksine i druge organske zagađivače. Osim toga, postoje propisi za izdavanje dozvola, uslove rada, tretman opasnog otpada, tretman ostataka insineracije ili prečišćavanja dimnih gasova, obaveze izveštavanja, ekološku inspekciju, informisanje javnosti i još mnogo toga [2].

Najveći i najskuplji deo insineratora čine različita postrojenja, koja su neophodna za tretman zagađujućih materija, koje se obično dele na gasovite materije i čvrste ostatke. Gasovite materije označavaju gasove i/ili čestice ispuštene u vazduh, vodu i zemljište, dok čvrsti ostaci predstavljaju ostatke iz procesa sagorevanja, kao što su pepeo, leteći pepeo ili filter kolač iz prerade otpadnih voda.

S obzirom na primenu najsavremenije opreme i tehnologija, sa najstrožim granicama emisije, termički tretmani otpada u insineratorima, ne bi trebalo da imaju negativne

uticaje na zdravlje ljudi u okolini postrojenja, naravno kada se aktivnosti spaljivanja otpada obavljaju u normalnim radnim uslovima i u skladu sa zakonskim procedurama i zahtevima. Ipak, treba priznati da nijedno postrojenje, ni tehnologija nisu savršeni, pa je prisutna potencijalna opasnost da dozvoljene emisije, u nekom trenutku budu prekoračene i u postrojenjima kojima se loše upravlja ili dođe do kvara u sistemu. Prema Direktivi o industrijskim emisijama, kada su granične vrednosti emisije prekoračene, insinerator ne sme nastaviti sa sagorevanjem otpada duže od 4 sata neprekidno, a tokom jedne godine, ne više od 60 sati ukupno [3]. Iako se radi o relativno kratkim vremenskim periodima prekoračenja (jer postrojenje u takvim situacijama prekida sa dotokom otpada u ložište), treba priznati da je ipak prisutna opasnost po javno zdravlje.

Neki od potencijalnih zdravstvenih uticaja povezanih sa potencijalnim izlaganjima prekoračenim granicama štetnih emisija, nastalih sagorevanjem otpada, dati su u nastavku rada.

3.1. Zagađenje vazduha

Sagorevanje otpada proizvodi emisije koje sadrže prašinu, teške metale, nestabilne organske smeše (VOC) i gasove poput azotnih oksida, sumpor dioksida, ugljen monoksida, dioksina i furana i drugih štetnih materija. Izloženost ovim zagađivačima može dovesti do respiratornih problema kao što su pogoršana astma, bronhitis i druge bolesti pluća.

Pored svih pomenutih zagađivača, nekako promakne da se istakne opasnost izlaganju sitnim česticama ili preciznije definisano suspendovanim materijama. U engleskom jeziku one se nazivaju „particulate matter“, odakle i skraćeni naziv za ove čestice - PM. Radi se o mešavini čvrstih i tečnih, organskih i neorganskih supstanci koje se suspendovane u vazduhu. Razlog slabijeg analiziranja ovih čestica, kao posledice rada postrojenja za spaljivanje otpada, je što su ove čestice „standardni“ ili stalni zagađivači vazduha, kao posledica sagorevanja fosilnih i drugih goriva za grejanje u individualnim ložištima i manjim toplanama (snage do 50MW).

Inače PM čestice, zbog izuzetno male veličine od nekoliko mikrona, mogu prodrati duboko u pluća, izazivajući ozbiljne zdravstvene probleme. Čak i izloženost niskim nivoima PM čestica može povećati rizik od smrtnosti, kardiovaskularne morbidnosti, raka pluća i drugih bolesti.

3.2. Toksične materije

Sagorevanje otpada generiše toksične smeše poput dioksina, furana, polihloriranih bifenila i drugih organskih zagađivača tzv. POPs (eng. *persistent organic pollutants*) [3].

Ove supstance nastaju kao nusproizvodi visokotemperaturnih termičkih procesa zbog nepotpunog sagorevanja i prisustva prekursora i veoma su opasne po ljudsko zdravlje. Najtoksičnija poznata komponenta na svetu upravo je jedan od izomera dioksina 2,3,7,8-TCDD [7].

Pored velike toksičnosti, opasnost dolazi i zbog načina prenosa ovih materija. Pošto se prenose vetrom i vodom, većina ovih materija stvorena na jednom mestu, može da utiče na ljude i životnu sredinu daleko od njihovog mesta nastanka. One opstaju u prirodi dugo vremena i prenose se sa jedne vrste na drugu, preko lanca ishrane.

Kada se priča o zdravstvenim uticajima ovih zagađivača, treba naglasiti da i kratkotrajna izloženost može izazvati promene na koži, promene u funkciji jetre i tamnjenje kože. Duža izloženost ovim supstancama može dovesti do različitih zdravstvenih problema, uključujući kancer, razvojne probleme, poremećaje imunološkog sistema i neurološke poremećaje [3].

Iako monitoring postojanih organskih zagađivača iz spalionica u Evropi ukazuje da vrednosti ne premašuju dozvoljene granice i da nema direktnih uticaja na ljude, izvesno je da neki indirektni uticaji postoje za određene spalionice otpada [4]. U sklopu Zero Waste Europe projekta True Toxic Toll, urađene su dve studije o emisijama POPs-a, u spalionicama u Slovačkoj i Holandiji i njihovom prisustvu u hrani u neposrednom okruženju ovih postrojenja. Stručnjaci su pažljivo prikupljali i analizirali uzorke u okolini ovih postrojenja, kao što su jaja iz slobodnog uzgoja, vegetacija, voće, krovna prašina, voda i sediment. Jaja iz slobodnog uzgoja, borove iglice i mahovina sa ovog područja sadržale su značajno visoke koncentracije dioksina i **per- i polifluoralkil supstance** (PFAS), poznatih kao „večite hemikalije“ budući da se nakon ulaska u životnu sredinu skoro uopšte ne razlažu [4].

3.3. Kontaminacija vode i zemljišta

Čvrsti ostaci od sagorevanja otpada mogu dovesti do zagađenja vode i zemljišta, ukoliko se nepravilno tretiraju i deponuju. Ako ove zagađujuće materije uđu u lanac ishrane, mogu predstavljati rizik po zdravlje, kroz konzumiranje kontaminirane hrane. Naročito se kao zdravstveni rizik ističu olovo i drugi teški metali u pepelu sa dna ložišta i letećem pepelu u fazi posle sagorevanja, ako ostaci nisu adekvatno deponovani. Ovi čvrsti ostaci sagorevanja, delom se koriste u građevinskom sektoru i to za izgradnju puteva.

4. ZAKLJUČAK

Izgradnjom postrojenja za energetska korišćenje otpada na beogradskoj deponiji Vinča, Srbija je napravila prvi korak u korišćenju otpada u energetske svrhe. U narednom periodu, u planu je izgradnja i spalionica u Nišu i Kragujevcu.

Utišak je da je javno mnjenje uglavnom protiv ovakvog tretmana otpada, iako je on potpuno regularan i naročito značajan nakon reciklaže, a pre konačnog deponovanja.

Zbog postojećih problema sa zagađenjem vazduha u Srbiji i povećanim vrednostima PM čestica, naročito tokom grejnesezone, razumljivi su strahovi građana zbog potencijalno štetnog uticaja dodatnih emisija u vazduh, od ovakvih postrojenja. Ipak jasno je da većina građana o termičkim tretmanima otpada vrlo malo zna i da je potrebna njihova edukacija kako bi shvatili način funkcionisanja spalionica i mogućnosti da do zagađenja usled njihovog rada, dođe.

Srbija je u značajnoj meri uskladila svoje zakonodavstvo u ovoj oblasti sa pravnim tekovinama Evropske unije, što znači da zakon propisuje da postrojenja za dobijanje energije iz otpada, takođe, moraju raditi po najstrožijim ekološkim normama i da imaju najmanji mogući uticaj na životnu sredinu i stanovništvo, uz primenu najboljih tehnologija.

LITERATURA

- [1] Službeni glasnik Republike Srbije, Zakon o upravljanju otpadom RS br. 36/2009, 88/2010, 14/2016, 95/2018, 35/2023.
- [2] Službeni list EU, Direktiva 2010/75/EU Evropskog parlamenta i veća, 24.11.2010.
- [3] A. Kuderer, B. Savićević, D. Ubavin i os. Bela knjiga za dobijanje energije iz otpada, Inženjeri zaštite životne sredine, 2024.
- [4] CEWEP - The Confederation of European Waste-to-Energy Plants
- [5] <https://www.suez.com/en/references/ivry-paris-xiii-waste-treatment-recovery-centre>
- [6] <https://www.cewep.eu/>
- [7] <https://www.sciencedirect.com/topics/pharmacology-toxicology-and-pharmaceutical-science/2-3-7-8-tetrachlorodibenzodioxin>

**ISPITIVANJE KVALITETA POVRŠINE REZA I SNAGE REZANJA U ZAVISNOSTI
OD BRZINE POMOĆNOG KRETANJA I ZATUPLJENOSTI ALATA**

**QUALITY TESTING OF THE CUT SURFACE AND THE CUTTING POWER
DEPENDING ON THE SPEED OF THE AUXILIARY MOVEMENT AND
THE DULLNESS OF THE TOOL**

Damjan Stanojević, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Vranje, Filipa Filipovića 20, Vranje.*

Saša Đorđević, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Vranje, Filipa Filipovića 20, Vranje.*
Anastasija Temelkova, *Fakultet za dizajn i tehnologije nameštaja i enterijera Skoplje,
16. Makedonska brigada br. 3.*

Sadržaj - U ovom radu je prikazano istraživanje kretanja kvaliteta površine reza i snage rezanja kao zavisnih promenljivih u zavisnosti od brzine pomoćnog kretanja i zatupljenosti alata kao nezavisnih promenljivih. Važnost kvaliteta površine reza za praksu je izuzetno velika. Nije u pitanju samo estetski izgled površine dobijene rezanjem, nego još više posledice koje hrapav ili valovit rez ima po vrednost proizvoda. U prvom redu hrapav ili valovit rez ima za posledicu veći gubitak pri rendisanju, jer se radi postizanja glatke površine mora skidati deblji sloj. To znači da se naknadnom obradom stvara veći otpadak, a samim tim se povećavaju i troškovi. Čistoća reza zavisi od mnogo faktora. Oni su s jedne strane u vezi sa sečivom i njegovim radom u drvetu, a s druge strane sa vrstom sečiva i mašinom koja ga pokreće. Poznavanje tih faktora ukazuje na šta treba u preradi drveta pri primeni raznih sečiva i mašina obratiti pažnju, da bi se postigla što veća čistoća reza, manji otpadak i da bi se time povećala vrednost proizvedene robe, a ujedno smanjili proizvodni troškovi.

U praksi je najvažnije da se postigne rezultat, a veoma je važno i da se ceo tehnološki proces prerade drveta obavi sa najmanjim mogućim troškovima. Veliki deo tih troškova čini i potrošnja snage za rezanje. Postoji mnogo uticajnih faktora od kojih zavisi potrošnja snage. To su: materijal koji se obrađuje, materijal od kojeg je izrađen alat, geometrija alata, brzina glavnog kretanja, brzina pomaka itd.

U cilju eksperimentalnog istraživanja kretanja snage rezanja i hrapavosti površine reza kao zavisnih promenljivih u zavisnosti od režima obrade i veličine zatupljenosti alata kao nezavisnih promenljivih izvršen je eksperiment na Šumarskom fakultetu u Beogradu. Eksperiment je trebao da pruži odgovore na pitanja koja se tiču izbora režima obrade koji imaju različit uticaj na kvalitet površine reza kao i na potrošnju snage rezanja.

Ključne reči: Kvalitet reza. Brzina pomaka. Snaga rezanja.

Abstract - This paper presents the research of the movement of the quality of the cut surface and the cutting power as dependent variables depending on the speed of the auxiliary movement and the dullness of the tool as independent variables. The importance of the quality of the cut surface for practice is extremely high. It is not only the aesthetic appearance of the surface obtained by cutting that is at issue, but even more the consequences that a rough or wavy cut has on the value of the product. First of all, a rough or wavy cut results in a greater loss during planing, because a thicker layer must be removed in order to achieve a smooth surface. This means that post-processing creates more waste, and thus costs increase. The purity of re-za depends on many factors. On the one hand, they are related to the blade and its work in wood, and on the other hand, to the type of blade and the machine that drives it. Knowledge of these factors indicates what should be paid attention to in wood processing when using various blades and machines, in order to achieve the highest cleanness of the cut, less waste and thereby increase the value of the manufactured goods, and at the same time reduce production costs.

In practice, the most important thing is to achieve a result, and it is also very important that the entire technological process of wood processing is done with the lowest possible costs. A large part of these costs is the consumption of power for cutting. There are many influencing factors on which power consumption depends. These are: the material to be processed, the material from which the tool is made, the geometry of the tool, the speed of the main movement, the speed of movement, etc.

In order to experimentally investigate the movement of the cutting force and the roughness of the cut surface as dependent variables depending on the processing mode and the size of the dullness of the tool as independent variables, an experiment was carried out at the Faculty of Forestry in Belgrade. The experiment was supposed to provide answers to questions regarding the choice of processing modes that have a different impact on the quality of the cut surface as well as on the consumption of cutting power.

Keywords: Cut quality. Feed rate. Cutting power.

1. UVOD

Rezanje je proces obrade drveta sa narušavanjem veze između vlakana po zadatoj trajektoriji sečiva. Obrada drveta rezanjem izvodi se skidanjem strugotine i bez skidanja strugotine. Skidanjem strugotine drvo se obrađuje: piljenjem, rendisanjem, glodanjem, bušenjem, struganjem, ljuštenjem, tokarenjem, dubljenjem i brušenjem. Bez nastajanja strugotine drvo se obrađuje: odsecanjem, prosecanjem i probijanjem [1].

Proces rezanja drveta sačinjen je iz četiri nerazdvojne celine [2]. Prva je obradak (vrsta drveta, vlažnost, gustina, temperatura, dimenzije, čvrstoća itd.). Drugu celinu čine uslovi rezanja (oni predstavljaju skup faktora koji neposredno utiču na obradak, alat i uređaj i oni su neophodni za izvođenje procesa rezanja). Treća celina je mehanizam rezanja (glavno kretanje, pomak, snage rezanja, performanse motora itd.). Četvrtu celinu predstavlja alat (broj sečiva, vrsta materijala, geometrija alata itd.). Poznavanje svakog od ovih podsistema doprinosi smanjenju troškova proizvodnje i uštedi energije [3].

Kvalitet obrade se smatra jednim od parametara koji ograničavaju maksimizaciju kapaciteta mašina za obradu drveta. Bez obzira na vrstu obrade i njenu savršenost, nije moguće napraviti detalj koji će idealno odgovarati dimenzijama prikazanim na crtežu. Novoformirane površine pri rezanju drveta nikada nisu „savršeno“ glatke, bez obzira da li su ravne ili zakrivljene. Kriterijumi koji karakterišu kvalitet obrađene površine su hrapavost, valovitost, mogućnost obrade i resavost. Neravnine uzrokovane rezanjem mogu se pojaviti kao: valovitost, hrapavost, valovitost sa hrapavošću i destruktivne neravnine [4].

Osnovni cilj ovog istraživanja je da se pokaže, opiše i analizira korelacija između ulaznih faktora kojima se postiže potreban kvalitet obrade uz optimalnu potrošnju snage rezanja. Veoma je važno utvrditi korelaciju između odabranih uticajnih faktora (brzina pomoćnih pokreta, veličina isturenosti kružnih testera, zatupljenost alata) na jednoj strani i snage rezanja i kvaliteta formirane površine na drugoj strani.

2. METODOLOGIJA

U cilju preliminarnog eksperimentalnog ispitivanja snage rezanja i hrapavosti površine reza, kao zavisnih varijabli i brzine pomoćnog kretanja i veličine zatupljenosti sečiva kao nezavisne varijable, sproveden je eksperiment na Šumarskom fakultetu u Beogradu. Tehnološki postupak rezanja obavljen je na kružnoj testeri MiniMak 410K, u Centru za mašine i alate Šumarskog fakulteta u Beogradu.

Brzina pomoćnog kretanja je ostvarena pomoću uređaja za pomak sa sopstvenim pogonom „MaggiEngineering“, VarioFeed, sa rasponom brzine 3-24 m/min.

Alat koji je korišćen pri rezanju je kružna testera proizvođača CMT prečnika $D = 250$ mm, debljine tela $k = 2,2$

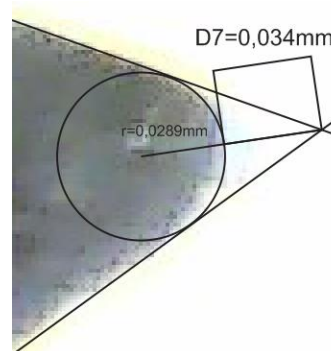
mm, širine sečiva $p = 3,2$ sa brojem sečiva $z = 24$. Kataloška šifra alata je CMT orange tools 279.

Na slici 1 je prikazana kružna testera MiniMax 410K zajedno sa uređajem za pomak. Osnovne dimenzije mašine su 3280×2850 mm, dok su dimenzije pokretnog stola 292×2250 mm, sa visinom od 860 mm.



Slika 1. Kružna testera MINIMAX 410K.

Zatupljenost alata je merena na četiri zuba pravilno raspoređenim po obimu kružne testere uz pomoć Supereyes digitalnog mikroskopa. Parametri koji definišu zatupljenost sečiva, a koji su ovom prilikom mereni su radijus oštice (ρ) i skraćenje vrha sečiva (l) (slika 2).



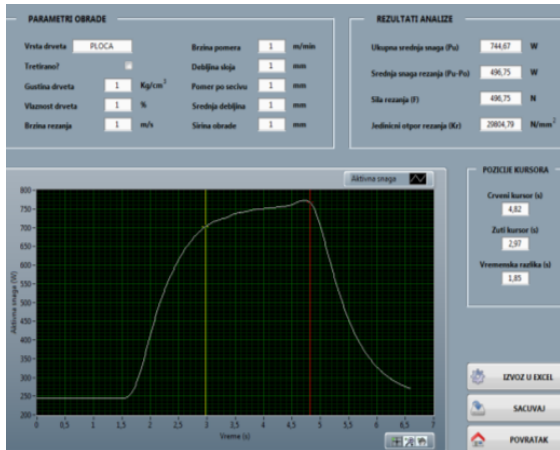
Slika 2. Pokazatelji zatupljenosti alata.

Rezanje epruveta vršeno je pri konstantnoj brzini glavnog kretanja s tim što je brzina pomoćnog kretanja bila varijabilna.

Eksperiment je izvršen pri brzini pomoćnog kretanja od $u_1 = 4$ m/min, $u_2 = 8$ m/min i $u_3 = 12$ m/min.

Snage rezanja su merene, posredno, preko angažovane snage pogonskog elektromotora pomoću merno-akvizicionog uređaja SRD1 namenjenog za laboratorijska i industrijska merenja snage rezanja na mašinama za obradu drveta i ploča na bazi drveta sa trofaznim pogonskim elektromotorom. Uređaj vrši prikupljanje, analizu i prikaz dobijenih podataka.

Uređaj koristi programski paket Power Expert. Na slici 3 je prikazan ekranski prikaz snimljenih podataka.

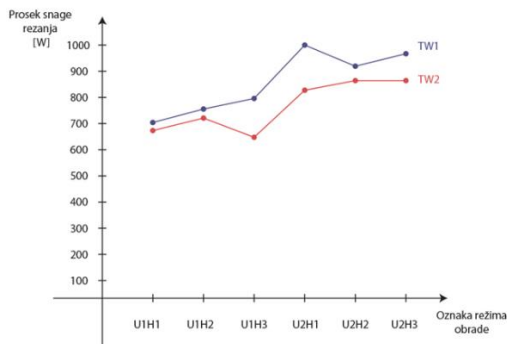


Slika 3. Ekranski prikaz snage rezanja.

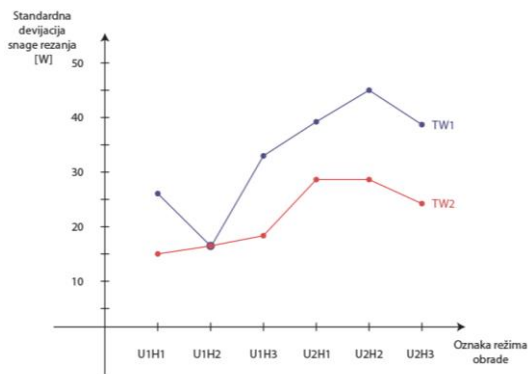
Hrapavost obrađene površine uzoraka kao jedan od pokazatelja kvaliteta obrađene površine merena je pomoću kontaktno-mehaničkog merača hrapavosti Mitutoyo.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

Na slici 4 dati su rezultati kretanja snage rezanja u zavisnosti od režima obrade.

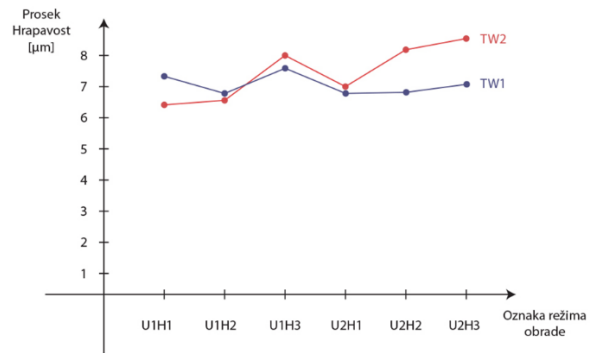


Slika 4. Zavisnost snage rezanja u zavisnosti od režima obrade.



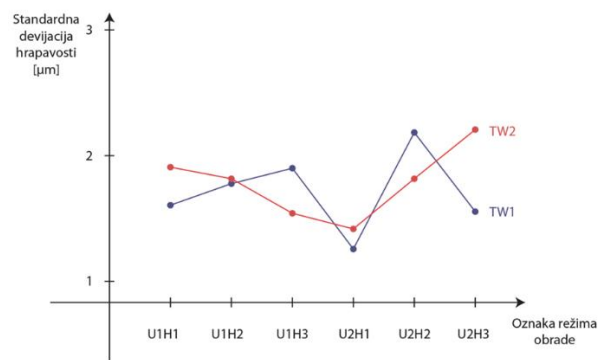
Slika 5. Standardna devijacija snage rezanja.

Na slici 6 data je srednja vrednost kretanja hrapavosti površine reza u zavisnosti od režima obrade i zatupljenosti alata.



Slika 6. Kretanje srednje vrednosti hrapavosti u zavisnosti od režima obrade.

Na slici 7 dato je kretanje standardne devijacije hrapavosti u zavisnosti od režima obrade.



Slika 7. Kretanje standardne devijacije hrapavosti u zavisnosti od režima obrade.

- Srednja snaga rezanja pri brzini pomoćnog kretanja $u_1 = 4$ [m/min] i isturenosti testere od $h_1 = 10$ [mm] pri rezanju oštrom testerom iznosila je $P_1 = 486.77625$ [W],
- Srednja snaga rezanja pri brzini pomoćnog kretanja $u_1 = 4$ [m/min] i isturenosti testere od $h_2 = 20$ [mm] pri rezanju oštrom testerom iznosila je $P_2 = 565.4925$ [W],
- Srednja snaga rezanja pri brzini pomoćnog kretanja $u_1 = 4$ [m/min] i isturenosti testere od $h_3 = 30$ [mm] pri rezanju oštrom testerom iznosila je $P_3 = 457.205$ [W],
- Srednja snaga rezanja pri brzini pomoćnog kretanja $u_2 = 8$ [m/min] i isturenosti testere od $h_1 = 10$ [mm] pri rezanju oštrom testerom iznosila je $P_4 = 863.85125$ [W],
- Srednja snaga rezanja pri brzini pomoćnog kretanja $u_2 = 8$ [m/min] i isturenosti testere od $h_2 = 20$ [mm] pri rezanju oštrom testerom iznosila je $P_5 = 833.815$ [W],
- Srednja snaga rezanja pri brzini pomoćnog kretanja $u_2 = 8$ [m/min] i isturenosti testere od $h_3 = 30$ [mm] pri rezanju oštrom testerom iznosila je $P_6 = 895.82$ [W],
- Što se kvaliteta površine reza tiče, hrapavost je merena pri brzinama pomoćnog kretanja ($u_1=8$ m/min i $u_2=12$ m/min), pri tri veličine isturenosti kružne testere ($h_1=10$ mm, $h_2=20$ mm i $h_3=30$ mm) i pri dva stepena zatupljenja testere (TW1 i TW2). Ispitivanje hrapavosti vršeno je za svaki režim obrade i to za svaki režim obrade na pet epruveta, na svakoj epruveti po deset merenja,
- Minimalna srednja vrednost hrapavosti površine reza ($R_a = 6,388857\mu\text{m}$) tj. Najveći kvalitet obrade ostvaren je pri brzini pomoćnog kretanja od $u_1 = 8$ [m/min], pri

veličini isturenosti testere $h_1=10$ [mm] i pri stepenu zatupljenja TW2,

- Maksimalna srednja vrednost hrapavosti površine reza ($R_a = 8,41272\mu\text{m}$) tj. Najmanji kvalitet obrade ostvaren je pri brzini pomoćnog kretanja od $u_2 = 12$ [m/min], pri veličini isturenosti testere $h_1=30$ [mm] i pri stepenu zatupljenja TW2.

4. ZAKLJUČCI

Na osnovu prethodnih istraživanja i na osnovu rezultata dobijenih ovim istraživanjem došlo se do sledećih zaključaka:

- Hrapavost površine u najvećoj meri zavisi od brzine pomaka, debljine strugotine, ali u određenoj meri zavisi i od alata: oblika sečiva, geometrije sečiva i isturenosti kružne testere u odnosu na površinu radnog stola, koji direktno utiče na debljinu strugotine;
- Brzina pomaka se pokazala kao najznačajniji faktor od uticaja na potrošnju energije u procesu rezanja, a samim tim i na snagu rezanja; drugi najznačajniji faktor koji je imao uticaja na snagu rezanja bio je isturenost kružne testere iznad predmeta obrade;
- Istrošenost alata utiče značajno na snagu rezanja.

- Parametar režima obrade koji ima najveći uticaj na snagu rezanja je brzina pomoćnog kretanja.

LITERATURA

- [1] Kršljak, B., "Mašine i alati za obradu drveta I", Beograd, pp.18-23, 1996
- [2] Marko J., Holík J., "Theory of Wood Cutting", Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene, 2000.
- [3] Kovač, J., Mikleš M., "Research on individual parameters for cutting power of woodcutting process by circular saws", JOURNAL OF FOREST SCIENCE, 56 (6), pp. 271–277, 2010.
- [4] Zubčević, R., "Mašine za obradu drveta, I dio, teorija rezanja", Mašinski fakultet Univerziteta u Sarajevu, 1988.
- [5] Goglia, V., Risović, S., Beljo-Lučić, R., Đukić, I., "Mehanika kružnih pila-I dio: izbor položaja lista pile", Drvna industrija 53(2), Zagreb, pp. 93-98, 2002.
- [6] Goglia, V., "Strojevi i alati za obradu drva I dio", Šumarski fakultet Zagreb, 1994.

METODE I PRIMENA ZA PROCENU EMISIJA GASOVA STAKLENE BAŠTE I KARBONSKOG OTISKA U URBANIM SREDINAMA

METHODS AND APPLICATION FOR EVALUATING GREENHOUSE GAS EMISSIONS AND CARBON FOOTPRINT IN URBAN AREA

Aleksandra Boričić, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija-Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*
Sandra Stanković, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija-Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Sadržaj - Cilj ovog istraživanja je da uspostavi sveobuhvatan metodološki okvir za kvantifikaciju emisija, čime se gradovima omogućava precizno prepoznavanje ključnih izvora emisija, kreiranje efikasnih strategija za njihovo smanjenje i aktivno učešće u globalnim naporima ka umanjenoj karbonskog otiska. Ujedno, rad ističe značaj precizne raspodele aktivnosti u određivanju emisija, pružajući time osnov za oblikovanje dugoročno održivih politika u urbanim sredinama.

Ključne reči: Emisije gasova staklene bašte. Karbonski otisak. Urbana sredina. Kvantifikacija emisija.

Abstract - The aim of this research is to establish a comprehensive methodological framework for the quantification of emissions, enabling cities to accurately identify key sources of emissions, develop effective strategies for their reduction, and actively contribute to global efforts to mitigate the carbon footprint. Furthermore, the study emphasizes the importance of precise allocation of activities in emission assessments, thereby providing a foundation for the formulation of long-term sustainable policies in urban environments.

Keywords: Greenhouse gas emissions. Carbon footprint. Urban environment. Emission quantification.

1. UVOD

Smanjenje emisija gasova staklene bašte (engl. *greenhouse gases* - *GHG*) predstavlja jedan od ključnih izazova u globalnoj borbi protiv klimatskih promena [1]. Proces urbanizacije i rast populacije značajno doprinose povećanju emisija, naročito kroz sektore poput transporta, upravljanja otpadom i potrošnje energije [2]. Gradovi, kao najveći potrošači resursa i generatori emisija, zauzimaju centralnu poziciju u tranziciji ka održivijim praksama [3]. Ipak, kvantifikacija i upravljanje emisijama na nivou gradova zahtevaju precizne i sveobuhvatne metodologije koje mogu obuhvatiti složene interakcije različitih sektora [4].

Ovaj rad se fokusira na procenu emisija gasova staklene bašte u urbanim sredinama, sa posebnim naglaskom na analizu sektora transporta i upravljanja otpadom, koji predstavljaju značajne izvore emisija. Korišćenjem koncepta opsega emisija (Scope 1, 2 i 3), istraženi su procesi generisanja emisija unutar granica grada, kao i njihov širi uticaj na regionalnom i globalnom nivou [4].

Struktura rada obuhvata predstavljanje metodološkog pristupa, uključujući klasifikaciju izvora emisija i raspodelu aktivnosti. U nastavku, detaljno se analiziraju emisije u sektorima transporta, upravljanja otpadom i energetike. Na kraju, prikazani su rezultati istraživanja, diskusija o efektima potencijalnih strategija za smanjenje emisija, kao i preporuke za dalja istraživanja i praktičnu primenu.

Ovakvo strukturiran pristup ima za cilj unapređenje razumevanja i upravljanja emisijama u gradovima, osnažujući ih da preuzmu vodeću ulogu u borbi za održivu budućnost.

2. METODOLOGIJA

Razumevanje i kvantifikacija emisija gasova staklene bašte zahtevaju primenu preciznih i sveobuhvatnih metodoloških okvira. U ovom radu, primenjen je pristup koji se zasniva na klasifikaciji izvora emisija prema opsezima (Scope 1, 2 i 3) i sektorskoj analizi, sa fokusom na transport i upravljanje otpadom [4]. Ovakva metodologija omogućava detaljno praćenje emisija unutar urbanih sredina, kao i procenu njihovog šireg uticaja na regionalnom i globalnom nivou.

2.1. Klasifikacija emisija prema opsezima (Scope 1, 2 i 3)

Klasifikacija emisija prema opsezima (engl. Scope) predstavlja ključni korak za precizno mapiranje izvora emisija i njihovog geografskog uticaja [4]:

- *Scope 1* obuhvata direktne emisije koje nastaju iz aktivnosti unutar granica grada, uključujući sagorevanje fosilnih goriva u sektoru transporta i emisije povezane sa upravljanjem otpadom.
- *Scope 2* odnosi se na indirektno emisije koje proizilaze iz potrošnje električne energije generisane van gradskih granica, ali korišćene unutar njih.

- *Scope 3* uključuje emisije koje nastaju iz aktivnosti izvan gradskih granica, kao što su transnacionalni transport ili prerada otpada van lokalne zajednice.

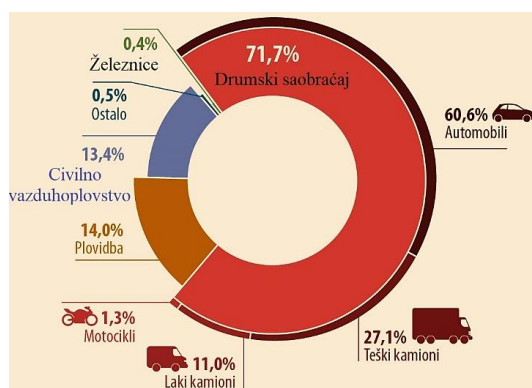
2.2. Raspodela aktivnosti u proceni emisija

Metod raspodele aktivnosti primenjen je za preciznije određivanje udela emisija povezanih sa transportom i upravljanjem otpadom.

U sektoru transporta, pristup se zasniva na podeli putovanja, pri čemu se polovina pređene distance unutar granica grada pripisuje *Scope 1*, dok se preostala polovina, zajedno sa distancama van granica grada, pripisuje *Scope 3* [5].

U sektoru otpada, emisije su raspoređene na osnovu mesta generisanja otpada (unutar ili van granica grada) i metoda tretmana (deponovanje, biološka obrada, ili spaljivanje) [5].

Na slici 1 prikazana je procentualna raspodela emisija GHG povezanih sa transportom na primeru članica Evropske unije tokom 2019. godine [6].



Slika 1. Vizualizacija raspodele emisija GHG povezanih s transportom u Evropskoj uniji za 2019. godinu [6].

Drumski saobraćaj odgovoran je za približno jednu petinu emisija gasova staklene bašte u Evropskoj uniji. Emisije ugljen-dioksida (CO₂) iz drumskog saobraćaja značajno variraju u zavisnosti od načina prevoza. Putnički automobili predstavljaju glavni izvor zagađenja, doprinoseći sa 60,7 procenata ukupnim emisijama CO₂ iz drumskog saobraćaja u Evropi [6].

2.3. Sektorska analiza emisija

Sektorska analiza omogućava detaljno ispitivanje doprinosa različitih izvora emisijama. Za sektor transporta su analizirane emisije iz drumskog saobraćaja, železnica, vodenog saobraćaja i vazduhoplovstva. Podaci su podeljeni prema vrsti energije (fizičko sagorevanje ili električna energija) [4].

Za sektor upravljanja otpadom, emisije su kategorizovane na osnovu različitih metoda tretmana otpada, uključujući deponovanje, biološku obradu i spaljivanje, s obzirom na mesto generisanja otpada (unutar ili van gradskih granica) [4].

2.4. Prikupljanje podataka i izračunavanje emisija

Podaci korišćeni u ovom istraživanju prikupljeni su iz relevantnih i dostupnih izvora, uključujući [1], [4]:

- Statističke podatke o transportu i generisanju otpada;

- Faktore emisija specifične za vrste goriva, metode tretmana otpada i izvore električne energije;
- Preporučene vrednosti iz međunarodnih smernica, kao što su GHG protokol i IPCC metodologija.

2.5. Računanje emisija i validacija

Za izračunavanje emisija korišćena je sledeća formula [4]:

$$\text{Emisije} = \text{Aktivnost} \times \text{Faktor emisije} \quad (1)$$

gde je:

- Aktivnost - količina korišćenog goriva, pređeni kilometri ili obrađeni otpad;
- Faktor emisije - izražen kao emisija po jedinici aktivnosti, uzimajući u obzir specifične uslove grada.

Validacija rezultata izvršena je poređenjem sa dostupnim studijama i uporednim analizama emisija sličnih gradova.

Ova metodologija pruža čvrstu osnovu za procenu emisija i omogućava gradovima da razviju ciljeve za njihovo smanjenje, kao i strategije za unapređenje održivosti.

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Rezultati su organizovani prema sektorima transporta, upravljanja otpadom i energetskog sektora, uz primenu metodologije klasifikacije emisija prema opsezima (*Scope 1*, *2* i *3*). Prikazani podaci omogućavaju identifikaciju glavnih izvora emisija i evaluaciju njihovog doprinosa ukupnom karbonskom otisku grada.

3.1. Emisije iz sektora transporta

Sektor transporta je jedan od glavnih izvora emisija GHG u urbanim sredinama. Na osnovu procena GHG Protocol-a i IPCC smernica, transport doprinosi značajnom delu ukupnih emisija, prvenstveno kroz sagorevanje fosilnih goriva u drumskom saobraćaju [4-6].

Ukupni doprinos sektora transporta emisijama za drumski transport generiše prosečno 0.2-0.3 kg CO₂e po kilometru za putničke automobile na benzin i 0.15-0.2 kg CO₂e za one na dizel. Električni automobili imaju značajno niže emisije (oko 0.05-0.07 kg CO₂e po kilometru), u zavisnosti od izvora električne energije. Javni prevoz se oslanja na autobuse na fosilna goriva koji emituju oko 1.0-1.5 kg CO₂e po kilometru vožnje, dok tramvaji i metro sistemi imaju emisije od 0.1-0.2 kg CO₂e po kilometru po putniku, ako električna energija dolazi iz obnovljivih izvora. Što se železničkog transporta tiče, emisije su relativno niske, sa prosekom od 0.03-0.05 kg CO₂e po kilometru po putniku [5].

Kao što je definisano u metodologiji [4-5]:

- *Scope 1* emisije obuhvataju direktne emisije iz drumskog saobraćaja unutar gradskih granica, čineći 70% ukupnih emisija sektora.
- *Scope 2* emisije se odnose na emisije iz potrošnje električne energije za javni i železnički prevoz, uz udeo od 15%.
- *Scope 3* emisije uključuju emisije vezane za transnacionalni transport i proizvodnju goriva, čineći preostalih 15%.

Analiza pokazuje da drumski transport čini najveći udeo u emisijama sektora, dok elektrifikacija javnog prevoza značajno smanjuje emisije.

Ovi rezultati ukazuju na potrebu za povećanjem učešća električnih i hibridnih vozila, kao i proširenjem mreže javnog prevoza.

3.2. Emisije iz sektora upravljanja otpadom

Sektor upravljanja otpadom doprinosi emisijama GHG kroz razgradnju organskih materija i sagorevanje otpada. Prema smernicama IPCC-a, ključne emisije potiču od metana (CH₄), koji se generiše anaerobnom razgradnjom otpada na deponijama, kao i od ugljen-dioksida (CO₂) i azotnih oksida (N₂O) nastalih tokom tretmana otpada [7].

Ukupni doprinos sektora upravljanja otpadom emisijama [7]:

- Deponije su glavni izvor CH₄, sa prosečnom emisijom od 1.0-1.5 tCO₂e po toni otpada. U urbanim sredinama, deponije doprinose sa 60-70% ukupnih emisija sektora upravljanja otpadom.
- Spaljivanje otpada generiše emisije u rasponu od 0.6 do 1.0 tCO₂e po toni otpada, u zavisnosti od vrste otpada i efikasnosti procesa spaljivanja.
- Biološka obrada otpada proizvodi znatno niže emisije, u proseku od 0.1 do 0.2 tCO₂e po toni tretiranog otpada, čime se ističe kao održivija alternativa.

Emisije prema *Scope 1* obuhvataju emisije generisane unutar gradskih granica, kao što su CH₄ emisije sa lokalnih deponija. Emisije iz *Scope 3* odnose se na emisije nastale tretmanom otpada van gradskih granica, uključujući spaljivanje i preradu otpada u drugim regijama.

Rezultati ukazuju da prelazak na biološke tretmane i povećanje stope reciklaže može značajno doprineti smanjenju emisija iz sektora upravljanja otpadom, čime se obezbeđuje održiviji pristup upravljanju otpadom.

3.3. Emisije iz energetskog sektora

Potrošnja energije u urbanim sredinama uključuje širok spektar aktivnosti, poput upotrebe električne energije i fosilnih goriva za grejanje, osvetljenje, industrijsku proizvodnju i svakodnevne potrebe domaćinstava [8]. Ovaj sektor predstavlja jedan od najvećih doprinosa ukupnim emisijama GHG u gradovima, kako je definisano u GHG Protocol-u. Emisije su usko povezane sa vrstom i izvorom korišćene energije, što čini ovaj sektor ključnim ciljem za održive intervencije i politike smanjenja emisija [9].

Emisije iz energetskog sektora, zavise od izvora energije koji se koristi za proizvodnju električne energije. Na primer, termoelektrane na uglj, kao dominantni izvor energije u nekim regijama, generišu oko 0.9 tCO₂e/MWh, što značajno doprinosi ukupnim emisijama. Nasuprot tome, obnovljivi izvori energije, poput solarnih elektrana ili vetroelektrana, proizvode zanemarljive emisije, manje od 0.05 tCO₂e/MWh [9].

Upotreba fosilnih goriva za grejanje i kuvanje značajno doprinosi emisijama u urbanim sredinama. Na primer, sagorevanje prirodnog gasa emituje oko 0,2 tCO₂e/MWh, dok korišćenje mazuta, zastupljenog u nekim domaćinstvima i industrijskim procesima, rezultira višim emisijama, u rasponu od 0,3 do 0,4 tCO₂e/MWh. S obzirom na ovu razliku, prelazak

na manje intenzivne izvore energije, kao što su električni sistemi povezani sa mrežom zasnovanom na obnovljivim izvorima, može značajno smanjiti ukupne emisije ovog sektora [9].

S obzirom na visoku energetska potrošnju u urbanim sredinama, koja raste paralelno sa urbanizacijom i industrijalizacijom, ovaj sektor predstavlja značajan izazov, ali i priliku za unapređenje održivosti. Inovativne tehnologije, poput energetski efikasnih uređaja, zgrada sa niskom potrošnjom energije (npr. pasivne kuće), kao i decentralizovana proizvodnja energije kroz solarne i vetro sisteme, imaju potencijal da transformišu način na koji gradovi koriste i generišu energiju [8].

Emisije prema opsezima obuhvataju:

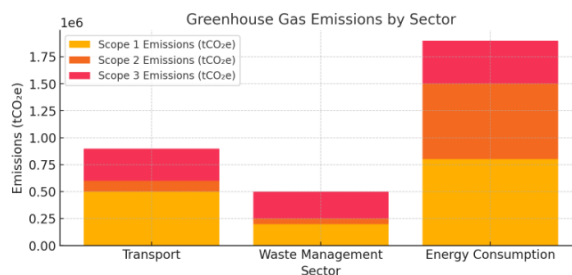
- *Scope 1* emisije: Direktne emisije iz sagorevanja fosilnih goriva u domaćinstvima i industriji unutar gradskih granica.
- *Scope 2* emisije: Indirektne emisije iz potrošnje električne energije, u zavisnosti od mešavine energetskih izvora.
- *Scope 3* emisije: Obuhvataju emisije povezane sa proizvodnjom i transportom goriva.

Transformacija energetskog sektora u gradovima zahteva integrisane pristupe koji uključuju optimizaciju potrošnje, povećanje energetske efikasnosti i ubranu implementaciju obnovljivih izvora energije. Ovi koraci ne samo da će doprineti smanjenju emisija gasova staklene bašte, već će omogućiti gradovima da postanu otporniji i održiviji u kontekstu globalnih klimatskih izazova.

3.4. Ukupni karbonski otisak grada

Ukupni karbonski otisak grada predstavlja zbir emisija generisanih iz svih sektora, uključujući transport, upravljanje otpadom i energetski sektor [10]. Precizna kvantifikacija karbonskog otiska ključna je za identifikaciju glavnih izvora emisija i razvoj održivih strategija za njihovo smanjenje. Kvantifikacija karbonskog otiska po sektorima (Slika 2):

- Transport doprinosi sa približno 30% ukupnih emisija.
- Upravljanje otpadom učestvuje sa 15-20% emisija.
- Energetski sektor predstavlja najveći izvor emisija, sa udelom od 50-60% ukupnog karbonskog otiska.



Slika 2. Ukupne emisije svakog sektora, podeljene po opsezima.

Prosečan karbonski otisak urbanih sredina iznosi između 5 i 8 tCO₂e po stanovniku godišnje, u zavisnosti od veličine grada, stepena industrijalizacije i efikasnosti upravljanja resursima. Veći gradovi sa razvijenom industrijom i manjom energetskom efikasnošću obično imaju veći karbonski otisak, dok gradovi sa naprednijim održivim praksama pokazuju niže vrednosti. Ovi podaci naglašavaju potrebu za sveobuhvatnim

pristupom u upravljanju emisijama u gradovima, uključujući poboljšanje energetske efikasnosti, optimizaciju transportnih sistema i unapređenje metoda za tretman otpada [11].

4. ZAKLJUČAK

Procena emisija gasova staklene bašte i karbonskog otiska u urbanim sredinama predstavlja ključni korak ka unapređenju održivosti i smanjenju negativnog uticaja gradova na životnu sredinu. Transport, upravljanje otpadom i energetska potrošnja čine najznačajnije izvore emisija, sa ukupnim karbonskim otiskom od 5–8 tCO₂e po stanovniku godišnje.

Rezultati pokazuju da sektor energetske potrošnje generiše najveći deo emisija, dok sektor upravljanja otpadom ima značajan, ali relativno niži uticaj. Sektor transporta, iako ne dominira ukupnim emisijama, pruža mogućnost za značajna unapređenja kroz integraciju održivih tehnologija i povećanje upotrebe javnog prevoza.

Smanjenje emisija zahteva koordinisani pristup koji uključuje primenu energetski efikasnih rešenja, prelazak na obnovljive izvore energije, unapređenje sistema javnog transporta i implementaciju održivih metoda upravljanja otpadom. Osim toga, precizno praćenje emisija kroz standardizovane metodologije, poput GHG Protocol-a i IPCC smernica, ključno je za razvoj politika zasnovanih na dokazima.

Gradovi kao centri ekonomske aktivnosti i inovacija imaju jedinstvenu priliku da predvode globalne napore u borbi protiv klimatskih promena. Usvajanjem preporučenih strategija, oni mogu smanjiti svoj karbonski otisak i postati primeri održivosti za buduće generacije.

LITERATURA

- [1] IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006. Available: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>.
- [2] UNFCCC, Nationally Determined Contributions Under the Paris Agreement, Bonn: United Nations Framework Convention on Climate Change, 2021. Available: <https://unfccc.int/ndc>.
- [3] C. Cong, J. Page, Y. Kwak, B. Deal, and Z. Kalantari, "AI Analytics for Carbon-Neutral City Planning: A Systematic Review of Applications," *Urban Science*, vol. 8, no. 3, Art. no. 3, Sep. 2024, doi: 10.3390/urbansci8030104.
- [4] GHG Protocol, A Corporate Accounting and Reporting Standard, Washington, DC: World Resources Institute and World Business Council for Sustainable Development, 2014. Available: <https://ghgprotocol.org/corporate-standard>.
- [5] IEA, CO₂ Emissions from Fuel Combustion, Paris: International Energy Agency, 2020. Available: <https://www.iea.org/reports/co2-emissions-from-fuel-combustion-2020>.
- [6] European Commission, The European Green Deal, Brussels: European Commission, 2019. Available: <https://ec.europa.eu/>.
- [7] World Bank, What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050, Washington, DC: World Bank Publications, 2018. Available: <https://datatopics.worldbank.org/what-a-waste/>.
- [8] United Nations, Sustainable Development Goals Report 2019, New York: United Nations Department of Economic and Social Affairs, 2019. Available: <https://unstats.un.org/sdgs/>.
- [9] Agency for Statistics and Surveys, "Urban Emissions Inventory for Major Cities", Local Report, 2023.
- [10] OECD, Reducing Emissions in Urban Areas: A Policy Perspective, Paris: OECD Publishing, 2021.
- [11] J. Smith and R. Brown, "Urban Sustainability and Carbon Footprint Reduction Strategies", *Journal of Environmental Studies*, vol. 35, no. 2, pp. 120-140, 2020.

MONITORING KVALITETA VAZDUHA U GRADU VRANJU AIR QUALITY MONITORING IN THE CITY OF VRANJE

Gordana Bogdanović, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Vranje, Filipa Filipovića 20, Vranje.*

Jelena Marković, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Vranje, Filipa Filipovića 20, Vranje.*

Matija Milošević, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Sadržaj - Zagađenje vazduha predstavlja prisustvo različitih supstanci i gasova u vazduhu, koje su rizične po zdravlje ljudi. Zagađivači vazduha rizični po zdravlje ljudi su: sumpor-dioksid, azotni oksidi (azot-monoksid, azot-dioksid), ugljen-dioksid, čestice čvrstih materija, isparljive organske supstance i toksične supstance. U cilju upravljanja kvalitetom vazduha na teritoriji grada Vranja uspostavljen je sistem praćenja i kontrole stepena zagađenja vazduha i održavanje baze podataka o kvalitetu vazduha u okviru Lokalne mreže sa 5 mernih mesta. Analize zagađujućih materija sumpor-dioksida, čađi i azot-dioksida, rađene su po standardnim metodama u akreditovanoj laboratoriji Zavoda za javno zdravlje Vranje, prema standardima SRPS ISO/IEC 17025. Zagađenje vazduha sumpor-dioksidom, čađi i azot-dioksidom tokom zimskih meseci potiče od sagorevanja fosilnih goriva, saobraćaja, blokovskih i industrijskih kotlova ali i meteoroloških uslova (temperatura vazduha, vlažnost vazduha, ruže vetrova). Zaštita zagađivanja vazduha u naseljima se može postići urbanističkim merama, tehničkim i tehnološkim postupcima.

Кljučне речи: Aerozagađenje. Sumpor-dioksid. Azot-dioksid. Čađ.

Abstract - Air pollution means the presence of various substances and gases in the air, which are risky for human health. Air pollutants that risk human health are: sulfur dioxide, nitrogen oxides (nitrogen monoxide, nitrogen dioxide), carbon dioxide, solid particles, volatile organic substances, and toxic substances. To manage air quality in the territory of the city of Vranje, a system for monitoring and controlling the degree of air pollution and maintenance was established. An air quality database within the local network with 5 measuring points was established. Analyzes of sulfur dioxide, soot, and nitrogen dioxide pollutants matter, were made according to standard methods in the accredited laboratory of the Institute for Public Health Vranje, according to SRPS ISO/IEC standards 17025. Sulfur dioxide, soot, and nitrogen dioxide air pollution during the winter months originates from fossil fuels, traffic, block, and industrial boilers burning, and also meteorological conditions (air temperature, air humidity, wind gusts). Air pollution protection in these communities can be achieved by urban planning measures, and also through technical and technological procedures.

Key words: Air pollution. Sulfur dioxide. Nitrogen dioxide. Soot.

1. UVOD

Čist vazduh je osnov za zdravlje i život ljudi i čitavog ekosistema. Vazduh je smeša gasova koja čini atmosferu, a sastoji se približno od 4/5 azota, 1/5 kiseonika i vrlo malih količina plemenitih gasova, ugljen dioksida, vodonika, ozona, vodene pare i raznih nečistoća.

U sastavu vazduha, posebno većih urbanih i industrijskih centara, kao osnovne zagađujuće materije koje su najčešće prisutne i široko rasprostranjene, javljaju se oksidi sumpora, azotni oksidi, suspendovane čestice (dim, čađ, prašina), ugljen monoksid i isparljiva organska jedinjenja. Pored ovih, u vazduhu se mogu naći i druge, specifične zagađujuće materije, koje pretežno nastaju kao rezultat određenih industrijskih procesa proizvodnje.

Zagađenje vazduha predstavlja prisustvo različitih supstanci i gasova u vazduhu, koje predstavljaju rizik za

zdravlje čoveka. Zagađivači vazduha rizični po zdravlje ljudi su: sumpor-dioksid, azotni oksidi (azot-monoksid, azot-dioksid), ugljen-dioksid, čestice čvrstih materija, isparljive organske supstance i toksične supstance [1].

2. MATERIJAL I METODE RADA

U cilju upravljanja kvalitetom vazduha na teritoriji grada Vranja uspostavljen je sistem praćenja i kontrole stepena zagađenja vazduha i održavanje baze podataka o kvalitetu vazduha u okviru Lokalne mreže mernih mesta koja čine fiksna merna mesta.

Mrežu monitoringa na teritoriji grada Vranja čine pet merna mesta koje pripadaju lokalnoj mreži mernih mesta na kojima se monitoring osnovnih zagađujućih materija vrši korišćenjem manuelnih metoda (za sumpor - dioksid, azot - dioksid, čađ): MM1- merno mesto u "Zavodu za javno

zdravlje” u Vranju, MM2 - merno mesto u OŠ “Svetozar Marković” u Vranju, MM3 - merno mesto u OŠ “Jovan Jovanović Zmaj” u Vranju, MM4 - merno mesto u PU “Neven” u Vranju i MM5 - merno mesto u OŠ “Predrag Devedžić” u Vranjskoj Banji.

Vrše se merenja koncentracija zagađujućih materija u vazduhu i to: sumpor - dioksida - SO₂, azot - dioksida - NO₂ i čađi.

Merno mesto (MM1) “Zavod za javno zdravlje” u Vranju se nalazi u blizini centra grada, kako bi rezultati pokazali kvalitet vazduha na koji utiču motorna vozila, kao i blokovske kotlarnice i individualna ložišta u grejnoj sezoni. Merno mesto se nalazi u krugu Zdravstvenog centra Vranje. U blizini je nekoliko frekventnih saobraćajnica. Na oko 500m severozapadno je jedna od gradskih kotlarnica koja koristi mazut, J.P. “Novi Dom”, iz koje se obezbeđuje grejanje za višespratne stambene objekte u okolini centra grada. Na oko 220m je kotlarnica na biomasu koja obezbeđuje grejanje za Zdravstveni centar Vranje i za višespratne objekte u okolini [2].

Merno mesto (MM2) u krugu Osnovne škole “Svetozar Marković” u Vranju nalazi se na periferiji grada. Ovo merno mesto je u pravcu dominantnog severoistočnog vetra u odnosu na industrijsku zonu kako bi rezultati odražavali uticaj industrijske zone za vreme strujanja ovog vetra, kao i uticaj lokalnih ložišta i lokalnih saobraćajnica. Škola je smeštena u stambenoj zoni gde dominiraju individualni stambeni objekti niske spratnosti i više stambenih zgrada od kojih su nekoliko još u izgradnji, tako da zagađenje vazduha pored industrije potiče i od individualnih ložišta i saobraćajnih sredstava [2].

Merno mesto (MM3) u Osnovnoj školi “Jovan Jovanović Zmaj” u Vranju nalazi se u stambenoj zoni u zapadnom delu grada, udaljeno od centra oko 600m. Škola se nalazi između dve paralelne frekventne ulice, Kosovska ulica na udaljenosti oko 140m i ulice Sime Pogačarevića na udaljenosti oko 100m. Aparat za uzorkovanje vazduha je instaliran u pomoćnom objektu škole. U blizini mernog mesta nalaze se individualni objekti niske spratnosti tako da na zagađenje vazduha pored motornih vozila utiču i individualna ložišta. Najbliža blokovska kotlarnica JP “Novi Dom” je kotlarnica “Blok pošta-banka” u centru udaljena oko 600m [2].

Merno mesto (MM4) u Predškolskoj ustanovi “Neven” u Vranju nalazi se u stambeno - poslovnoj zoni severno od centra grada, na udaljenosti oko 400m od centra. U blizini mernog mesta su stambeni objekti niske spratnosti i nekoliko stambenih zgrada tako da na zagađenje vazduha pored motornih vozila utiču i individualna ložišta. U blizini mernog mesta nalaze se nekoliko zgrada državnih ustanova (Gradska uprava, Osnovni sud, Viši sud, Okružni zatvor, RFZO, kao i Predškolska ustanova “Neven”) koje se zagrevaju iz blokovske kotlarnice “Blok pošta - banka” u centru koja je udaljena od mernog mesta oko 350m [2].

Merno mesto (MM5) u Osnovnoj školi “Predrag Devedžić” u Vranjskoj Banji nalazi se u krugu škole u pomoćnom objektu. Škola se nalazi u blizini centra Vranjske Banje na oko 280m. U neposrednoj okolini škole se nalaze Zdravstvena stanica, Predškolska ustanova i stambeno - poslovni objekti. Osnovna škola “Predrag Devedžić” u

Vranjskoj Banji, kao i većina objekata u okolini greju se toplom vodom iz termalnih izvora Vranjske Banje, tako da zagađenje vazduha uglavnom potiče od motornih vozila i delom od individualnih ložišta [2].

Analize zagađujućih materija sumpor-dioksida, čađi i azot-dioksida, rađene su po standardnim metodama u akreditovanoj laboratoriji Zavoda za javno zdravlje Vranje, prema standardima SRPS ISO/IEC 17025. Za određivanje koncentracije sumpor-dioksida korišćen je spektrofotometrijski metod sa torinom (barijum sa torinom gradi obojeni kompleks koji se spektrometrijski meri na talasnoj dužini od 520 nm), dok je za čađ korišćen reflektometrijski metod. Rezultati su izraženi u µg/m³/24h. Koncentracija azot-dioksida određivana je spektrofotometrijskom metodom na H (1-naftil) etilendiaminom. Rezultati su izraženi u µg/m³/24h [2].

Procena zagađenosti vazduha, odnosno granične vrednosti, tolerantne vrednosti, granica tolerancije i maksimalno dozvoljene vrednosti (MDK) imisije sumpor-dioksida, čađi i azot-dioksida regulisane su važećim zakonskim propisima Zakona o zaštiti vazduha („Sl. Glasnik R.S.”36/09) i Uredbi o uslovima za monitoring i zahtevima kvaliteta vazduha („Sl.gl.RS” br.11/2010, 75/2010, i 63/2013) [3].

3. REZULTATI I DISKUSIJA

Kontrola kvaliteta vazduha na teritoriji Grada Vranja vrši se na pet mernih mesta: ZZJZ Vranje, Osnovnoj školi “Svetozar Marković” u Vranju, Predškolskoj ustanovi “Naše dete-Vrtiću “Neven” u Vranju, Osnovnoj školi “J.Jovanović Zmaj” u Vranju i u Osnovnoj školi “Predrag Devedžić” u Vranjskoj Banji. Pri izboru mernih mesta vodilo se računa o rasporedu i vrsti izvora zagađivanja, gustine naseljenosti, specifičnosti terena i meteoroloških uslova. Na svim mernim mestima vrši se sistematsko dnevno merenje koncentracija osnovnih zagađujućih materija u vazduhu: SO₂, čađi i NO₂.

Granične vrednosti, tolerantne vrednosti, maksimalno dozvoljene vrednosti za pojedine zagađujuće materije baziraju se na važećim zakonskim propisima (Zakonu o zaštiti vazduha Sl. Glasnik R.S. 36/09, 10/13 i 26/21 Uredbi o uslovima za monitoring i zahtevima kvaliteta vazduha Sl.Glasnik R.S. br.11/10, i Uredbi o izmenama i dopunama Uredbe o uslovima za monitoring i zahtevima kvaliteta vazduha Sl.Glasnik R.S. br.75/2010 i 63/2013).

Izvori zagađenja vazduha su procesi sagorevanja fosilnih goriva u individualnim kućnim ložištima, kotlarnicama, procesi u industrijskim postrojenjima, izduvni gasovi saobraćajnih vozila i dr. U zimskim mesecima kada je sezona loženja dolazi do povećanih koncentracija zagađujućih materija. Tome doprinose i meteorološki uslovi: niska temperatura, povećana vlažnost i povećani atmosferski pritisak.

U radu su prikazane izmerene srednje i maksimalne mesečne vrednosti SO₂, čađi i NO₂ u vazduhu od januara do marta 2024.godine.

U Tabeli I prikazane su izmerene srednje mesečne vrednosti SO₂, čađi i NO₂ u vazduhu u µg/m³/dan u januaru 2024. po mernim mestima.

Tabela I Izmerene srednje mesečne vrednosti SO₂, čađi i NO₂ u vazduhu u µg/m³/dan u januaru 2024. po mernim mestima

Merno mesto	SO ₂	Čađ	NO ₂
MM1	42.5	17.6	33.1
MM2	40.2	33.8	24.8
MM3	70.5	15.7	36.9
MM4	52.0	9.6	47.1
MM5	39.8	11.4	14.2

U Tabeli II su prikazane izmerene maksimalne mesečne vrednosti SO₂, čađi i NO₂ u vazduhu u µg/m³/dan u januaru 2024. po mernim mestima.

Tabela II Izmerene maksimalne mesečne vrednosti SO₂, čađi i NO₂ u vazduhu u µg/m³/dan u januaru 2024. po mernim mestima

Merno mesto	SO ₂	Čađ	NO ₂
MM1	94.4	53.8	60.4
MM2	59.9	100.9	44.7
MM3	120.2	49.9	114.5
MM4	73.8	70.8	84.6
MM5	69.5	16.9	23.4

U januaru 2024.god. nivo SO₂ nije bio preko granične vrednosti za jedan dan, kao ni preko tolerantne vrednosti za jedan dan na svim mernim mestima po Uredbi o uslovima za monitoring i zahtevima kvaliteta vazduha Sl.Glasnik R.S. br.11/10, i Uredbi o izmenama i dopunama Uredbe o uslovima za monitoring i zahtevima kvaliteta vazduha Sl.Glasnik R.S. br.75/2010 i 63/2013. Granična vrednost, kao i tolerantna vrednost koncentracije SO₂ u vazduhu za jedan dan iznosi 125 µg/m³/dan [2].

Nivo čađi u januaru 2024.god. je bio preko maksimalno dozvoljene vrednosti za jedan dan na mernom mestu u ZZJZ Vranje 1 dan, na mernom mestu u Osnovnoj školi "Svetozar Marković" u Vranju 6 dana i u Predškolskoj ustanovi "Naše dete-Vrtiću "Neven" u Vranju 1 dan. Maksimalno dozvoljena vrednost koncentracije čađi u vazduhu za jedan dan iznosi 50 µg/m³/dan [2].

U januaru 2024.god. nivo NO₂ bio je 1 dan preko granične, kao i preko tolerantne vrednosti za jedan dan po važećoj Uredbi, na mernom mestu u Osnovnoj školi "J.Jovanović Zmaj" u Vranju. Granična vrednost, kao i tolerantna vrednost koncentracije azot dioksida u vazduhu za jedan dan iznosi 85 µg/m³/dan [2].

Nivo SO₂ u februaru 2024.god. nije bio preko granične vrednosti za jedan dan, kao ni preko tolerantne vrednosti za jedan dan na svim mernim mestima [4].

U februaru 2024.god. nivo čađi je bio preko maksimalno dozvoljene vrednosti za jedan dan na mernom mestu u Osnovnoj školi "Svetozar Marković" u Vranju 3 dana i u Osnovnoj školi "J.Jovanović Zmaj" u Vranju 1 dan [4].

Nivo NO₂ u februaru 2024.god. nije bio preko granične, kao ni preko tolerantne vrednosti za jedan dan na svim mernim mestima [4].

Tabela III Izmerene srednje mesečne vrednosti SO₂, čađi i NO₂ u vazduhu u µg/m³/dan u februaru 2024. po mernim mestima

Merno mesto	SO ₂	Čađ	NO ₂
MM1	34.0	10.8	31.4
MM2	36.7	25.5	24.5
MM3	36.0	15.0	28.3
MM4	43.4	9.1	42.0
MM5	28.9	10.5	14.3

Tabela IV Izmerene maskimalne mesečne vrednosti SO₂, čađi i NO₂ u vazduhu u µg/m³/dan u februaru 2024. po mernim mestima

Merno mesto	SO ₂	Čađ	NO ₂
MM1	53.2	41.3	44.4
MM2	58.6	104.9	42.9
MM3	87.4	92.9	50.2
MM4	65.7	43.9	68.2
MM5	50.8	12.5	28.0

Tabela V Izmerene srednje mesečne vrednosti SO₂, čađi i NO₂ u vazduhu u µg/m³/dan u martu 2024. po mernim mestima

Merno mesto	SO ₂	Čađ	NO ₂
MM1	29.7	6.2	30.4
MM2	24.9	10.6	20.1
MM3	29.9	7.7	27.7
MM4	31.7	6.5	33.6
MM5	17.5	6.0	7.4

Tabela VI Izmerene maskimalne mesečne vrednosti SO₂, čađi i NO₂ u vazduhu u µg/m³/dan u martu 2024. po mernim mestima

Merno mesto	SO ₂	Čađ	NO ₂
MM1	55.1	11.5	55.7
MM2	52.3	27.5	32.4
MM3	52.9	32.5	40.9
MM4	51.4	12.9	53.5
MM5	26.6	8.6	11.8

U martu 2024.god. nivo SO₂ nije bio preko granične vrednosti za jedan dan, kao ni preko tolerantne vrednosti za jedan dan na svim mernim mestima [5].

Nivo čađi u martu 2024.god. nije bio preko maksimalno dozvoljene vrednosti za jedan dan na svim mernim mestima po važećoj Uredbi [5].

U martu 2024.god. nivo NO₂ nije bio preko granične, kao ni preko tolerantne vrednosti za jedan dan, po važećoj Uredbi, na svim mernim mestima [5].

Zagađenje vazduha sumpor-dioksidom, čađi i azot-dioksidom tokom zimskih meseci potiče od sagorevanja fosilnih goriva, saobraćaja, blokovskih i industrijskih kotlova ali i meteoroloških uslova (temperatura vazduha, vlažnost vazduha, ruže vetrova).

Mere koje bi mogle smanje zagađenje vazduha su: pravilno planiranje i zoniranje naselja prema ruži vetrova i reljefu (pravilnom lokacijom stambenih naselja, industrije, saobraćaja); podizanje zelenih zaštitnih zona između naselja i industrije, zelenilo u naselju i oko naselja; gasifikacija naselja, industrijskih i blokovskih kotlarnica; poboljšanje zagrevanja u ložištima što se može postići ravnomernim loženjem i rekonstrukcijom ložišta; proširivanje sistema centralnog zagrevanja; pojačana i stalna kontrola tehničke ispravnosti vozila (kontrola izduvnih gasova pri tehničkom pregledu motornih vozila); kontrola kvaliteta fosilnih goriva; uvođenje i ugradnja uređaja za prečišćavanje vazduha za tehnološke procese i objekte koji su izvori zagađenja; koristiti obnovljive izvore energije; stalna kontrola kvaliteta vazduha; sprovođenje redovne kontrole emisije zagađivača.

4. ZAKLJUČAK

Kontrola kvaliteta vazduha na teritoriji grada Vranja u lokalnoj mreži vrši se na pet mernih mesta.

Analiza podataka o imisionim koncentracijama zagađujućih materija, ukazuje da je tokom januara, februara i marta 2024. godine zagađenost vazduha bila uslovljena povećanim koncentracijama aeropolutanata na dnevnom nivou

što prvenstveno potiče od loženja u zimskom periodu i rada motornih vozila.

Zaštita zagađivanja vazduha u naseljima se može postići urbanističkim merama, tehničkim i tehnološkim postupcima, kao i održavanjem čistoće ulica i javnih površina u naseljima.

Tehničke i tehnološke mere imaju za cilj poboljšanje sagorevanja u ložištima, smanjenje emisije aerozagađenja pri radu motornih vozila i usavršavanje tehnoloških postupaka proizvodnje u cilju smanjenja emisije zagađujućih materija u vazduhu.

LITERATURA

- [1] G. Bogdanović, *Air quality in the city of Vranje 2013*, International Scientific Conference “Knowledge – Capital of the Future”, October, 2015, Agia Triada, Greece, pp. 529–534, Vol. 10.1.
- [2] Izveštaj o kontroli kvaliteta vazduha na teritoriji grada Vranja za januar 2024
<https://vranje.org.rs/uploads/files/2237-5109-izvestaj-o-kontroli-kvaliteta-vazduha-na-teritoriji-grada-vranja-za-januar-2024-godine.pdf>
- [3] Уредба о условима за мониторинг и захтевима квалитета ваздуха (“Сл.гл.РС” бр.11/2010, 75/2010, и 63/2013), <https://www.paragraf.rs/propisi/uredba-uslovima-monitoring-zahtevima-kvaliteta-vazduha.html>
- [4] Izveštaj o kontroli kvaliteta vazduha na teritoriji grada Vranja za februar 2024,
<https://vranje.org.rs/uploads/files/2237-2004-izvestaj-o-kontroli-kvaliteta-vazduha-na-teritoriji-grada-vranja-za-februar-2024-godine.pdf>
- [5] Izveštaj o kontroli kvaliteta vazduha na teritoriji grada Vranja za mart 2024,
<https://vranje.org.rs/uploads/files/2237-3614-izvestaj-o-kontroli-kvaliteta-vazduha-na-teritoriji-grada-vranja-za-mart-2024-godine.pdf>

**PRIMENA INDEKSA ZAGAĐENJA
ZA PROCENU ZAGAĐENJA SEDIMENATA REKE TEŠKIM METALIMA
APPLYING POLLUTION INDICES
FOR ASSESSING HEAVY METAL POLLUTION IN THE RIVER SEDIMENTS**

Ljiljana Đorđević, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija – Odsek Vranje, Filipa Filipovića 20, Vranje.*
Jovana Džoljić, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija – Odsek Vranje, Filipa Filipovića 20, Vranje.*

Sadržaj – Procena zagađenja sedimenata Korbevačke reke (JI Srbija) urađena je primenom Kanadskih smernica za kvalitet sedimenta (ISQG), indeksa zastupljenosti (EF), geo-akumulacionog indeksa (Igeo) i indeksa opterećenosti zagađenjem (PLI). Korbevačka reka je glavni recipijent svih vrsta zagađujućih supstanci iz rudnika Pb-Zn „Grot“. U cilju procene zagađenja sedimenta rečni sedimenti su sakupljeni i analizirani na koncentraciju teških metala korišćenjem atomskog apsorpcionog spektrofotometra. Određena je koncentracija gvožđa, mangana, nikla, bakra, cinka, kadmijuma, olova, žive, arsena, hroma i barijuma. Rezultati su pokazali da: (1) sedimenti su zagađeni Pb, Cd, Zn i Cu iz antropogenih izvora i (2) izračunavanje geo-akumulacionog indeksa sugerise da sedimenti Korbevačke reke imaju referentnu koncentraciju Fe, Cr i Ni ($I_{geo} < 1$).

Ključne reči: Procena. Teški metali. Zagađenje. Sediment. Indeks zastupljenosti. Geo-akumulacioni indeks. Indeks obogaćenosti zagađenjem.

Abstract – The assessment of the sediment pollution of the Korbevačka River (SE Serbia) was performed using the Canadian guidelines for sediment quality (ISQG), enrichment factor (EF), geo-accumulation index (Igeo) and pollution load index (PLI). The Korbevačka River is the main recipient of all kinds of polluting substances from the Pb-Zn "Grot" mine. In order to assess sediment pollution river sediments were collected and analyzed for heavy metal concentration by using atomic absorption spectrophotometer. The concentration of iron, manganese, nickel, copper, zinc, cadmium, lead, mercury, arsenic, chromium and barium were determined. The results indicated that: (1) sediments have been polluted with Pb, Cd, Zn and Cu and have high anthropogenic influences; (2) the calculation of geo-accumulation index suggest that the Korbevačka river sediments have background concentration for Fe, Cr and Ni ($I_{geo} < 1$).

Keywords: Assessment. Heavy metals. Pollution. Sediment. Enrichment factor (EF). Geo-accumulation index (Igeo). Pollution load index (PLI).

1. UVOD

Među raznim zagađujućim supstancama, teški metali su od posebnog značaja zbog njihove postojanosti u životnoj sredini, biogeohemijskom kruženju i ekološkom riziku. Zagađenje vodenih ekosistema teškim metalima postaje globalni problem. Količine teških metala u tragovima su uvek prisutne u slatkim vodama iz terigenih izvora kao što je trošenje stena koje rezultira geohemijsko kruženje teških metala u ovim ekosistemima [1]. Elementi u tragovima mogu biti imobilisani unutar rečnih sedimenata i tako mogu biti uključeni u apsorpciju, koprecipitaciju i formiranje kompleksa [2]. Ponekad su adsorbovani sa drugim elementima kao oksidi, hidroksidi Fe, Mn ili se mogu pojaviti u obliku čestica. Teški metali mogu da uđu u vodene ekosisteme iz antropogenih izvora, kao što su ispuštanja industrijskih otpadnih voda, kanizacionih otpadnih voda, sagorevanja fosilnih goriva i atmosferskog taloženja [3]. Koncentracije elemenata u tragovima u delovima rečnog sedimenta mogu se koristiti za otkrivanje istorije i intenziteta lokalnog i regionalnog zagađenja [4]. Teški metali u sedimentima se javljaju u različitim geohemijskim oblicima, koji imaju promenljivu

pokretljivost, biološku toksičnost i hemijsko ponašanje. U ekološki očuvanim vodnim sistemima metali najčešće potiču iz sedimenata.

Otpadne vode bogate metalima koje nastaju kao rezultat rudarskih i flotacionih aktivnosti su jedan od najvažnijih potencijalnih opasnosti po životnu sredinu [5]. Uopšteno govoreći, zemljište i vode rudarskog područja pokazuju visok sadržaj toksičnih metala kao što su arsen, olovo, kadmijum itd.

Korbevačka reka je glavni recipijent svih vrsta zagađujućih supstanci iz Pb-Zn rudnika „Grot“. Od tri izvora zagađenja Korbevačke reke: zagađenja sa poljoprivrednog zemljišta, komunalnih otpadnih voda i industrijskih otpadnih voda iz rudnika olovo-cink „Grot“, poslednji je identifikovan kao glavni.

Rudnički i flotacioni objekat „Grot“ počeo je sa radom 1974. godine i od tada je iskopano 4.600.000 t Pb-Zn rude sa prosečnim sadržajem Pb-4,34%, Zn-4,45%, Cu-0,15%, Cd-0,032% i Ag-17,7 g/t. Hemijska analiza reprezentativnih uzoraka rude pokazala je da sadržaj SiO₂ i Al₂O₃ iznosi oko 62%, minerala sulfida oko 17%, oksida gvožđa oko 11% i

karbonata oko 10%. Među sulfidnim mineralima najzastupljeniji su bili: sfalerit 7%, pirit 5%, galenit 4%, sulfidi Cu, As, Sb, Cr i drugih metala do 1% [6].

2. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

2.1. Područje istraživanja i mesto uzorkovanja

Korbevačka reka sa slivom od 76,72 km² je desna pritoka Južne Morave u regionu Vranjske kotline u jugoistočnom delu Srbije. Njen gornji i srednji tok pripada planinskom regionu, dok donji tok pripada Vranjskoj kotlini gde su amplitude proticaja prilično velike i godišnji nanos reke prelazi 107000 m³ [6]. Korbevačka reka ima pH vrednost od prirodne do blago alkalne, što je bio uobičajeni raspon u rečnim vodama [7]. Vrednosti ostalih fizičko-hemijskih parametara rečne vode kao što su: električna provodljivost, ukupne rastvorene čvrste materije i suspendovane materije su u opsegu karakterističnom za kategoriju A2, a vrednost rastvorenog kiseonika je u opsegu karakterističnom za kategoriju A1 datom Council Directive 75/440/EEC (EEC, 1975) [8].

U ovom radu je prikazana procena kvaliteta površinskih sedimenata iz slatkovodnog regiona Korbevačke reke. Cilj ovog rada je utvrđivanje distribucije metala duž toka Korbevačke reke, procena kvaliteta sedimenta korišćenjem Kanadskih smernica za kvalitet sedimenta (ISQG) [9] i utvrđivanje stepena zagađenja. Uzorci sedimenta Korbevačke reke uzeti su sa tri pažljivo odabrane lokacije duž ove reke tokom 2009. godine (akumulacija metala u sedimentima reka je proces koji zavisi od mnogo faktora: pH, Eh, prisustva kompleksirajućih supstanci itd., zbog čega se koncentracija metala u sedimentima neznatno menja ili ne menja sa godinama naročito kod brzih planinskih reka). Lokacije uzorkovanja obuhvataju područja u blizini rudnika i ispuštanja otpadnih voda, poljoprivrednih područja i mesta turističkih aktivnosti. Uzorkovanje je vršeno tokom perioda minimalnog (septembar) i maksimalnog (april) vodostaja. Procena kontaminacije je urađena u skladu sa srednjim vrednostima koncentracija ova dva perioda [10].

2.2. Uzorkovanje sedimenta i hemijska analiza

Uzorci rečnog sedimenta prikupljeni su sa tri lokacije duž Korbevačke reke. Lokacije su prikazane kao: otpadne vode rudnika Grot – gornji tok (1), ušće Seleškog potoka u Korbevačku reku – srednji tok (2) i ušće Korbevačke reke u reku Južnu Moravu – donji tok (3). Uzorci I1 i I11 su uzeti sa lokacije uzorkovanja (1), uzorci I2 i I12 su uzeti u reonu lokacije uzorkovanja (2) ispod ušća Seleš potoka u Korbevačku reku, a uzorci I3 i I13 su uzeti sa mesta uzorkovanja (3). Svi uzorci su uzeti sa mesta gde je rečni tok bio miran, sa površinskih sedimenata od 0-10 cm, ručnom plastičnom lopaticom. Nakon sakupljanja, uzorci su stavljeni u dobro zatvorene plastične kese, a zatim transportovani u laboratoriju.

U laboratoriji, uzorci sedimenta su osušeni na vazduhu na sobnoj temperaturi do konstantne težine, mleveni u fini prah uz pomoć avana i tučka i prosejani na situ od 2 mm. Ukupni sadržaj metala je određen nakon digestije uzorka sedimenta sa koncentrovanom HNO₃ i 30% H₂O₂ [10]. Pet grama osušenog uzorka (trostruki uzorci za svaku lokaciju sedimenta) ekstrahovano je sa 20 mL konc. HNO₃ tokom 2 sata i dalje tretirano sa 3 mL 30% H₂O₂ na 80°C tokom ½h. Nakon digestije rastvor je filtriran (Vhatman br.40) da bi se odvojio

od sedimenta. Sadržaj metala je određen atomskom apsorpcionom spektroskopskom metodom (AAS) (AWWA 3111 (A-C)) i hidridnom tehnikom (AAHT) (JUS ISO 11969:2000). Za određivanje koncentracija metala korišćena je plamena atomska apsorpciona spektrometrija (Model: Perkin Elmer 1100B). Svi rezultati analize sedimenta su izraženi kao mg/kg (ili kao µg/kg) suve materije.

Svi reagensi korišćeni za analizu bili su čisti ili višeg kvaliteta. Sva staklena posuda je isprana kiselinom (0,2 M HNO₃), ultra čistom vodom i osušena pre upotrebe. Svi uzorci su više puta mereni (n=3) da bi se kontrolisala preciznost analitičkih instrumenata. Analitička preciznost je bila manja od 5% za sve metale.

2.3. Procena kontaminacije sedimenta

Procena zagađenja sedimenta urađena je korišćenjem tri parametra – indeksa zastupljenosti (EF), geo-akumulacionog indeksa (Igeo) i indeksa opterećenosti zagađenjem (PLI) u odnosu na referentne materijale. U ovom istraživanju kao referentni materijali uzeti su prosek svetskih površinskih stena i prosečne koncentracije škrljajaca [12].

Indeks zastupljenosti (EF) je korišćen za procenu stepena zagađenja i za razumevanje distribucije elemenata antropogenog porekla sa pomenutih lokacija duž toka reke [13]. Fe je izabran kao referentni element prilikom određivanja EF-vrednosti, pošto se u rekama uglavnom snabdeva iz sedimenata i jedan je od široko korišćenih referentnih elemenata. Drugi široko korišćeni referentni metalni elementi uključuju Al (Mn).

$$EF = (Cn/Fe)_{uzorak} / (Cn/Fe)_{background} \quad (1)$$

gde je Cn koncentracija teškog metala „n“, (Cn) background je koncentracija teškog metala u referentnom materijalu. Elementi prirodnog (nativnog) porekla imaju EF vrednost od skoro jedinice, dok elementi antropogenog porekla imaju EF vrednosti koje su podeljene u šest kategorija: ≤ 1 referentna koncentracija, 1-2 neznatno do minimalno zastupljen, 2-5 umereno zastupljen, 5-20 značajno zastupljen, 20-40 veoma mnogo zastupljen i > 40 ekstremno mnogo zastupljen [14].

Geo-akumulacioni indeks (Igeo) je korišćen za procenu akumulacije teških metala u sedimentima kako je uveo Muller (1969) [15].

$$Igeo = \log_2 (Cn/1,5Bn) \quad (2)$$

gde je Cn izmerena koncentracija teškog metala u rečnim sedimentima, Bn je koncentracija teškog metala u referentnom materijalu i faktor 1,5 se koristi za kompenzaciju mogućih varijacija referentnih podataka usled litogenih efekata. Klasifikacija geo-akumulacionog indeksa sastoji se od sedam klasa (0-6), u rasponu od nezagađenog do izuzetno zagađene: < 0 (klasa 0) nezagađen, 0-1 (klasa 1) nezagađen do umereno zagađen, 1-2 (klasa 2) umereno zagađen, 2-3 (klasa 3) umereno do jako zagađen, 3-4 (klasa 4) jako zagađen, 4-5 (klasa 5) jako do izuzetno zagađen, 5-6 (klasa 6) izuzetno zagađen [13].

Indeks opterećenosti zagađenjem (PLI) za svaku lokaciju je procenjen kako su ukazali Tomilson et al. [16].

$$(PLI) = (CF1 * CF2 * CF3 * ... * CFn)^{1/n} \quad (3)$$

gde je n broj metala (osam u ovom istraživanju), a CF je faktor zagađenja. Faktor zagađenja se može izračunati korišćenjem sledeće formule:

Faktor zagađenja = koncentracija metala u sedimentima / koncentracija metala u referentnom materijalu.

PLI vrednost > 1 je zagađena, dok PLI vrednost < 1 ukazuje da nema zagađenja [16].

3. REZULTATI I DISKUSIJA

3.1. Rasprostranjenost teških metala u sedimentima

Sadržaji metala, srednje koncentracije, za periode minimalnog i maksimalnog vodostaja, u rečnom sedimentu na tri proučavane lokacije, prikazani su u Tabeli I.

Tabela I Srednja koncentracija teških metala u sedimentima Korbevačke reke

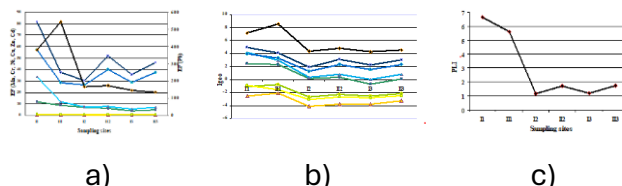
Sa mpl c	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Hg (µg/kg)	Cd (mg/kg)	As (µg/kg)	Ba (mg/kg)
<i>The Korbevačka River, the upper part of the river basin – sampling location No 1.</i>											
I ₁	26070.4	6035.6	25.2	40.4	859.9	3094.5	4340.0	60.0	13.9	238.6	32.3
II ₁	32244.8	5419.8	34.9	25.8	375.9	1894.0	7620.7	35.7	7.9	229.2	28.4
<i>The Korbevačka River, the middle part of the river basin – sampling location No 2.</i>											
I ₂	8565.6	1187.5	8.5	8.7	60.9	468.4	621.7	4.2	1.7	234.3	33.2
II ₂	11506.1	1396.9	10.7	11.8	85.7	954.3	862.9	1.4	3.9	258.2	24.4
<i>The Korbevačka River, the lower part of the river basin – sampling location No 3.</i>											
I ₃	9449.3	684.3	10.5	10.7	48.9	561.0	596.8	8.0	2.2	230.3	47.7
II ₃	12297.0	1157.1	15.4	13.4	84.9	951.6	719.4	5.5	3.7	229.5	69.9
<i>Interim fresh water sediment quality guidelines. ISQG – Canadian sediment quality guidelines. 2002.</i>											
ISQ G			37.3		35.7	123.0	35.0	170.0	0.6	5900	

Korbevačka reka je pod jakim uticajem rudnika Pb-Zn „Grot“. Sadržaj Cu, Pb, Zn i Cd je mnogo veći od onih navedenih u Kanadskim smernicama za kvalitet sedimenta (ISQG, 2002). Hg, As i Cr su ispod referentnih koncentracija za rečni sediment, dok granične vrednosti Fe, Mn, Ni i Ba nisu definisane u Kanadskim smernicama za kvalitet sedimenta. Teški metali, Cu, Pb, Zn i Cd, koji imaju koncentracije znatno veće od propisanih u dokumentu duž toka Korbevačke reke, potiču direktno iz rudnika. Uticaj rudnika na Korbevačku reku ogleda se u znatno većim koncentracijama Fe, Mn, Ni, Cr i Hg u sedimentu u gornjem toku u poređenju sa njihovim koncentracijama u sedimentu iz srednjeg i donjeg toka, iako su koncentracije Cr i Hg znatno niže od onih u Kanadskim smernicama za kvalitet sedimenta, dok granične vrednosti Fe, Mn i Ni nisu definisane istim smernicama. Najveće vrednosti sadržaja metala (osim As i Ba) zabeležene su u blizini rudnika (lokacija 1), ali su dokazi migracije metala nizvodno jasno evidentni duž Korbevačke reke. Dolazi do smanjenja koncentracije svih metala (osim As i Ba) u srednjem i donjem delu reke u odnosu na gornji deo toka, što je potvrdilo smanjenje antropogenih aktivnosti od gornjeg ka srednjem i donjem delu toka reke. Koncentracija As je ujednačena i mnogo niža od ovih u Kanadskim smernicama za kvalitet sedimenta, dok koncentracija Ba raste duž reke (granična vrednost Ba nije definisana u Kanadskim smernicama za kvalitet sedimenta). One mogu ukazivati na njihovo prirodno poreklo u sedimentu Korbevačke reke. Korbevačka reka u srednjem i donjem delu toka protiče kroz poljoprivredno

zemljište. Ovo može biti razlog za varijacije koncentracije metala između mesta uzorkovanja I2 i II2 ili od I3 do II3.

3.2. Zagađenje teškim metalima

Rezultati ispitivanja su pokazali da se zagađenje teškim metalima može proceniti u odnosu na proseke svetskih površinskih stena [10] ili široko korišćene prosečne škriljce [17]. Izvor zagađenja se stoga utvrđuje kroz normalizaciju vrednosti geoakumulacije na referentni element. Stepem zagađenja sedimenata reke procenjen je određivanjem indeksa zastupljenosti, geo-akumulacionog indeksa i indeksa opterećenosti zagađenjem. Varijacije EF, Igeo i PLI duž rečnog sliva su prikazane na Slici 1 a-c.



Slika 1. Varijacija indeksa zastupljenosti (EF) (a), geo-akumulacionog indeksa (Igeo) (b) i indeksa opterećenosti zagađenjem (PLI) (c) u sedimentima duž Korbevačke reke.

Vrednosti indeksa zastupljenosti (EF) izračunate u odnosu na prosečni škriljac prikazane su na Slici 2a. Vrednosti indeksa zastupljenosti su prilično promenljive za teške metale. Vrednosti EF za Cr i Ni su pokazale referentnu koncentraciju. EF za mangan je pokazao prilično visoku (>3) do veoma visoke vrednosti (>11). Kao rezultat toga, Cu je rangiran u klasama od značajne zastupljenosti do veoma visoke zastupljenosti, a Zn i Cd su rangirani od veoma visoke zastupljenosti do izuzetno visoke zastupljenosti. U sedimentima Korbevačke reke je izuzetno visoko zastupljeno Pb duž rečnog toka. EF za teške metale u rečnim sedimentima prati redosled Pb > Cd > Zn > Cu > Mn > Ni > Cr. Generalno, indeks zastupljenosti za sve teške metale opada nizvodno, što ukazuje na smanjenje zagađenja.

Vrednosti geo-akumulacionog indeksa (Igeo) izračunati na osnovu svetskog proseka površinskih stena prikazane su na Slici 1b. Igeo vrednost za Fe, Cr i Ni spada u klasu 0 što ukazuje na referentnu koncentraciju na svim mestima uzorkovanja. Igeo vrednosti Mn spadaju u tri klase, odnosno 0, 1 i 3, što ukazuje na različit kvalitet sedimenta i lokalnu kontaminaciju. Igeo vrednosti Cu spadaju u dve klase koje ukazuju na nezagađene do visoko/veoma zagađene sedimente. Igeo vrednosti za Zn i Cd spadaju u klasu 3 u srednjem i donjem delu rečnog sliva, što ukazuje na umereno do visoko zagađenje, dok gornji deo rečnog sliva pada u rasponu od 4-5, što ukazuje na visoko do veoma visoko zagađenje. Izračunate vrednosti geo-akumulacionog indeksa pokazuju da samo Pb ima veoma visoke pozitivne Igeo vrednosti duž rečnog toka koje su rangirane od veoma do veoma zagađene.

Vrednosti indeksa opterećenosti zagađenjem (PLI) izračunate za svako mesto uzorkovanja, na osnovu prosečnog škriljaca, prikazane su na Slici 1c. Utvrđeno je da su sva proučavana mesta zagađena (PLI > 1), što sugeriše unos iz antropogenih izvora. Najveće vrednosti PLI utvrđene su u okolini rudnika (lokacija 1), dok su značajno niže vrednosti PLI zabeležene u srednjem i donjem toku reke (lokacija 2 i 3).

Sedimenti su nezagađeni Fe, Cr i Ni i zagađeni Cu, Zn, Cd i Pb duž Korbevačke reke, s obzirom na izračunate vrednosti EF i Igeo. Veoma visoke EF i Igeo vrednosti za Cu, Zn, Cd i Pb i previsoka PLI vrednost u gornjem delu rečnog sliva pripisuju se uglavnom antropogenim aktivnostima kao što su efluenti rudnika Pb-Zn "Grot".

4. ZAKLJUČAK

Sediment Korbevačke reke aktivno akumulira teške metale, poboljšavajući kvalitet vodenog ekosistema. Ova zapažanja su u saglasnosti sa zaključcima u radu [18]. Međutim, ovaj fenomen predstavlja rizik od sekundarnog zagađenja vode teškim metalima promenama u sedimentu i/ili promenama u hemiji sedimenta. Rezultati ovog istraživanja mogu se koristiti za ispitivanje hemijskog kvaliteta rečnog sedimenta, kako bi se procenio mogući rizik za rečne ekosisteme ovog područja. Štaviše, ovi rezultati pružaju vredne informacije o sadržaju metala u sedimentu sa različitim lokacijama uzorkovanja duž Korbevačke reke. Teški metali prate redosled Hg < As < Cd < Cr < Ni < Ba < Cu < Zn < Pb < Mn < Fe u sedimentu Korbevačke reke. Utvrđeno je da sediment Korbevačke reke ima značajnu zastupljenost Pb, Zn, Cd i Cu usled unosa iz rudnika „Grot“. Najveće vrednosti sadržaja svih metala (osim As i Ba) u sedimentu Korbevačke reke otkrivene su ispod Pb-Zn rudnika (lokacija 1). Nizvodno od ove lokacije dolazi do postepenog smanjenja koncentracije proučavanih metala (lokacije 2 i 3), iako su koncentracije Pb, Zn, Cd i Cu povišene u poređenju sa Kanadskim smernicama za kvalitet sedimenta (ISQG, 2002). Indeks zastupljenosti (EF), geo-akumulacioni indeks (Igeo) i indeks opterećenosti zagađenjem (PLI) uspešno su primenjeni za procenu zagađenja teškim metalima sedimenata Korbevačke reke. Vrednosti EF, Igeo i PLI ukazuju na široko rasprostranjeno zagađenje Pb, Zn, Cd i Cu u sedimentima Korbevačke reke i pokazuju da ovi teški metali potiču iz antropogenih izvora – rudnika „Grot“. Iako su koncentracije Pb, Zn, Cd i Cu u rečnom sedimentu bile prilično visoke, usled neutralnih ili blago alkalnih i oksidacionih uslova u rečnoj vodi, rastvorljivost pomenutih teških metala je delimično sprečena [19]. U slučaju da se bilo koji trenutni ravnotežni uslov (pH, redoks potencijal) promeni, ovi sedimenti mogu postati dodatni izvor metala.

LITERATURA

- [1] C.M. Zvinowanda, J.O. Okonkwo, P.N. Shabalala, N.M. Agyei, „A novel adsorbent for heavy metal remediation in aqueous environments”, *Int. J. Environ. Sci. Tech.*, 6 (3), 425-434, 2009.
- [2] E.Ch. Okafor, K. Opuene, „Preliminary assessment of trace metals and polycyclic aromatic hydrocarbons in the sediments”, *Int. J. Environ. Sci. Tech.*, 4 (2), 233-240, 2007.
- [3] F.A. Idrees, „Assessment of trace metal distribution and contamination in surface soils of Amman”, *Jordan J. Chem.*, 4 (1), 77-87, 2009.
- [4] J.T. Nyangababo, E. Henry, E. Omutange, „Lead, cadmium, copper, manganese and zinc in wetland waters of Victoria Lake Basin, East Africa”, *Bull. Environ. Contam. Tox.*, 74 (5), 1003-1010, 2005.
- [5] J.E. Fergusson, *The Heavy Elements: Chemistry, Environmental Impact and Health Effects*, Pergamon Press, Oxford, 1990.
- [6] M. Arsenijević, „Prateći mikroelementi u galenitnim i nekim drugim mineralima Pb-Zn ležišta Sase (Osogovo)”, *Radovi Geoinstituta*, Beograd, knjiga 27, 101-120, 1969.
- [7] Lj. Djordjević, I. Gržetić, O. Cvetković, „Eco-chemical status of the Korbevačka River in South-Eastern Serbia”, *Fresen. Environ. Bull.*, 16 (11a), 1412-1417, 2007.
- [8] EEC, Council Directive 75/440/EEC of 16 June 1975 concerning the quality required of surface water intended for the abstraction of drinking water in Member State (OJ L 194, 25.7.75, p.26), 1975.
- [9] ISQG, Interim fresh water sediment quality guidelines. Canadian sediment quality guidelines, Environment Canada [EC], 2002.
- [10] M. Chakravarty, A.D. Patgiri, „Metal pollution assessment in sediments of the Dikrong River, NE India”, *J. Hum. Ecol.*, 27 (1), 63-67, 2009.
- [11] J. Zerbe, T. Sobczynski, H. Elbanowska, J. Siepak, „Speciation of heavy metals in bottom sediments of lakes”, *Pol. J. Environ. Stud.*, 8 (5), 331-339, 1999.
- [12] K.K. Turekian, K.H. Wedepohl, „Distribution of the elements in some major units of the earth's crust”, *Geo. Soc. Am. Bull.*, 72 (2), 175-192, 1961.
- [13] S.A. Simex, G.R. Helz, „Regional geochemistry of trace elements in Cheapeake Bay”, *Environ. Geo.*, 3, 315-323, 1981.
- [14] R.A. Sutherland, „Bed sediment associated trace metals in an urban stream Oahu, Hawaii”, *Environ. Geo.*, 39 (6), 611-627, 2000.
- [15] G. Muller, „Index of geo-accumulation in sediments of the Rhine River”, *Geo. J.*, 2 (3), 108-118, 1969.
- [16] D.C. Tomilson, D.J. Wilson, C.R. Harris, D.W. Jeffrey, „Problem in assessment of Heavy metals in estuaries and the formation of pollution index”, *Helgol. Wiss. Meeresunters.*, 33 (1-4), 566-575, 1980.
- [17] A.P. Karageorgis, I. Hatzianestis, „Surface sediment chemistry in the Olympic Games 2004 sailing center (Saronikos gulf)”, *Mediterranean Mar. Sci.*, 4 (1), 5-22, 2003.
- [18] A.C. Duran, A. Gonzalez, „Determination of lead, naphthalene, phenanthrene, anthracene and pyrene in street dust”, *Int. J. Environ. Sci. Tech.*, 6 (4), 663-670, 2009.
- [19] D.G. Brookins, *Eh-pH Diagrams for Geochemistry*, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, 1988.

PRIMENA PVGIS PLATFORME ZA ANALIZU POTENCIJALA SOLARNE ENERGIJE APPLICATION OF THE PVGIS PLATFORM FOR SOLAR ENERGY POTENTIAL ANALYSIS

Natalija Petrović, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*
Jovana Veljkov, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*
Veljko Stevanović, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Sadržaj - Ovaj rad analizira potencijal solarne energije na lokaciji Akademije tehničko-vaspitačkih strukovnih studija Niš pomoću PVGIS platforme. Fokus je na uporednoj proceni performansi slobodnostojećih i fiksiranih fotonaponskih panela. Na osnovu dostupnih podataka o solarnom zračenju i simulacija, procenjena je potencijalna količina električne energije oba sistema u realnim uslovima. Rezultati pokazuju da slobodnostojeći paneli pružaju veću efikasnost zahvaljujući boljoj ventilaciji, dok fiksirani paneli omogućavaju bolju arhitektonsku integraciju. Studija nudi smernice za optimalno postavljanje solarnih panela i maksimizaciju koristi od obnovljivih izvora energije.

Кljučне речи: *Solarna energija. PVGIS. Solarni paneli. Fotonaponski sistemi.*

Abstract - This paper analyzes the solar energy potential at the location of the Academy of Applied Technical and Preschool Studies Niš using the PVGIS platform. The focus is on a comparative assessment of the performance of free-standing and fixed photovoltaic panels. Based on available solar radiation data and simulations, the potential electricity generation of both systems under real conditions is evaluated. The results show that free-standing panels provide higher efficiency due to better ventilation, while fixed panels offer better architectural integration. The study provides guidelines for the optimal installation of solar panels and maximizing the benefits of renewable energy sources.

Keywords: *Solar Energy. PVGIS. Solar Panels. Photovoltaic Systems.*

1. UVOD

Obnovljivi izvori energije danas predstavljaju osnovu za održivi razvoj u savremenom društvu. Među njima, solarna energija ima posebno mesto kao neiscrpan i ekološki prihvatljiv resurs koji smanjuje zavisnost od fosilnih goriva i emisiju štetnih gasova [1,2]. Tehnologija fotonaponskih (Photovoltaic - PV) panela omogućava direktnu konverziju sunčeve svetlosti u električnu energiju, čineći je primjenjivom kako za komercijalne, tako i za individualne korisnike [3].

Uvođenje solarnih panela na različite lokacije postaje sve popularnije, ne samo radi smanjenja troškova energije, već i kao alat za podizanje svesti o značaju obnovljivih izvora energije [4,5]. Platforme poput PVGIS-a omogućavaju preciznu analizu potencijala solarne energije na određenim lokacijama, pružajući relevantne informacije o efikasnosti različitih tipova montaže panela, sezonskim varijacijama u proizvodnji energije i očekivanim rezultatima [6].

Dosadašnja istraživanja ukazuju na značajan potencijal solarne energije. Prema Međunarodnoj agenciji za obnovljive izvore energije (IRENA) [7], uvođenje solarnih tehnologija može značajno doprineti globalnom smanjenju emisija CO₂. Takođe, Međunarodna energetska agencija (IEA) daje uvid u potencijal solarne energije u Srbiji kao i na globalnom nivou [8].

Cilj ovog rada je primena PVGIS platforme za analizu potencijala solarne energije na konkretnoj lokaciji, uz uporednu procenu performansi slobodnostojećih i integrisanih panela. Ova analiza pruža smernice za optimalno postavljanje solarnih panela i njihovu primenu u realnim uslovima.

2. METODOLOGIJA

PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System) je online alat razvijen od strane Zajedničkog istraživačkog centra Evropske komisije (JRC), koji omogućava korisnicima da procene potencijal za proizvodnju solarne energije na određenoj lokaciji. PVGIS koristi podatke o sunčevoj radijaciji, temperaturi, oblačnosti i drugim meteorološkim faktorima kako bi izračunao potencijalnu proizvodnju električne energije iz fotonaponskih sistema [6].

PVGIS može pružiti podatke o solarnom zračenju, o količini sunčeve svetlosti koja doseže površinu na različitim geografskim lokacijama, koristeći baze podataka kao što su: SARAH3 i ERA5 [6]. Platforma se bavi proračunom proizvodnje energije na osnovu različitih parametara sistema kao što su tip panela, nagib i orijentacija panela i mogućih gubitaka, omogućavajući korisnicima da predvide koliko energije će fotonaponski paneli proizvesti tokom dana, meseca ili godine. PVGIS koristi opsežne klimatske podatke za

procene performansi solarnih panela u različitim geografskim regijama.

Pomoću PVGIS-a moguće je uraditi simulaciju različitih konfiguracija sistema. Portal podržava simulaciju sistema povezanih na mrežu – “on grid” kod kojih pruža mogućnost performansi za slobodnostojeće i fiksirane panele, kao i module koji prate sunčevu svetlost na više načina (po vertikalnoj osi, horizontalnoj osi i dvoosno kretanje). Podržava i simulaciju autonomnih sistema – “off grid” kod kojih dodatno može omogućiti unos podataka o skladištenju energije (baterijama). U Tabeli I prikazani su inicijalni parametri lokacije i tehnologije.

Tabela I Inicijalni parametri lokacije i tehnologije

Lokacija	Akademija tehničko vaspitačkih strukovnih studija Odsek Niš
Geografska širina	43°19'48.0"N
Geografska dužina	21°53'24.0"E
Orjentacija	Azimuth 37°
Nadmorska visina	200 m
Baza podataka o solarnom zračenju	PVGIS-SARAH3
PV tehnologija	Tehnologija kristalnog silicijuma

Pošto se odrede inicijalni parametri za analizu sistema, koji se tiču precizne lokacije, baze podataka i PV tehnologije, u programu se podešava parametar za detaljnu analizu sistema povezanog na mrežu – “on grid” sa dve varijacije [6]:

1. **Integrisane montažne pozicije**, gde su moduli potpuno ugrađeni u strukturu zida ili krova, sa malim ili bez strujanja vazduha iza modula i
2. **Slobodnostojeće motažne pozicije**, koja podrazumeva montiranje modula na stalak gde vazduh slobodno struji iza modula.

Vršna snaga je deklarirana snaga PV niza pod standardnim uslovima ispitivanja: 1000 W/m² solarnog zračenja, temperatura niza od 25°C. Ako vršna snaga modula nije poznata, može se izračunati pomoću površine modula (m²) i efikasnosti konverzije (%) koju daje proizvođač [6]:

$$\text{Snaga (kWp)} = 1 \text{ kW/m}^2 \times \text{površina} \times \text{efikasnost} / 100 \quad (1)$$

Procenjeni gubici sistema obuhvataju sve faktore zbog kojih je isporučena snaga manja od snage koju proizvode fotonaponski moduli. To uključuje gubitke u kablovima, pretvaračima, prljavštinu, sneg na modulima i degradaciju modula tokom vremena. Ukupni gubici se procenjuju na 14%, koja je primenjena i u ovoj analizi, ali se ova vrednost može prilagoditi u zavisnosti od efikasnosti sistema.

Nagib PV modula je ugao pod kojim je modul postavljen u odnosu na horizontalnu ravan, relevantan za fiksne instalacije (bez praćenja sunca). Ako su moduli montirani na postojeći krov, nagib i orijentacija su već određeni nagibom krova. Međutim, ako postoji sloboda izbora, PVGIS može izračunati optimalne vrednosti nagiba i orijentacije za maksimalnu proizvodnju energije tokom cele godine za datu lokaciju. Optimalni ugao u odnosu na horizontalnu ravan iznosi 25°[6], dok je u integrisanom primeru praćena kosina krova pod uglom do 14°, što predstavlja ugao krova analizirane lokacije.

Orjentacija (*Azimuth*) predstavlja ugao PV modula u odnosu na pravac prema jugu. -90° je istok, 0° je jug i 90° je zapad. Krov akademije je orjentisan na 59° iz pravca juga ka zapadu.

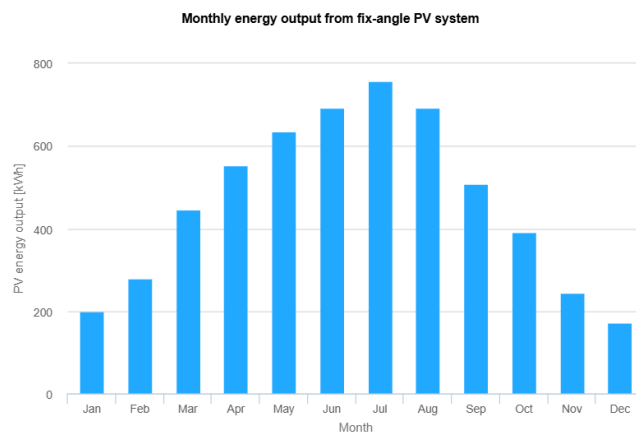
3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Rezultati dobijeni prilikom integrisanja panela u krov ili zid zgrade, sa gubitkom u sistemu od 14%, uglom nagiba od 14°, koji prati kosinu krova i orjentacijom (*Azimuth*) panela od 59° su predstavljeni u Tabeli II.

Tabela II Rezultati simulacije integrisanog PV sistema

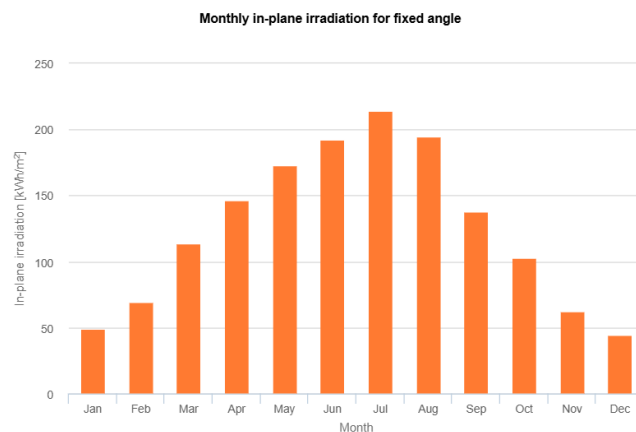
Godišnja proizvodnja PV energije	5571.84 [kWh]
Godišnje zračenje u ravni	1500.08 [kWh/m ²]
Promenljivost iz godine u godinu	197.90 [kWh]
Rezultati promena:	
Upadni ugao	-3.34 %
Spektralni efekti	0.94 %
Temperatura i nisko zračenje	-11.47%
Ukupan gubitak	-25.71 %

Na Slici 1 prikazana je količina energije iz integrisanog PV sistema na mesečnom nivou i prikazuje maksimum u julu 792,11 kWh i minimum u decembru od 176,1kWh.



Slika 1. Količina energije iz integrisanog PV sistema na mesečnom nivou.

Na slici 2 prikazana je količina solarnog zračenja u ravni za integrisani PV sistem na mesečnom nivou i prikazuje maksimum u julu od 213,89 kWh/m² i minimum u decembru od 44,03 kWh/m².



Slika 2. Količina solarnog zračenja u ravni za integrisani PV sistem na mesečnom nivou.

U Tabeli III prikazane su dobijene vrednosti fotonaponske energije i sunčevog zračenja za integrisani PV sistem.

Tabela III Mesečna proizvodnja električne energije i količina sunčevog zračenja integrisanog PV sistema

Mesec	E _m	H(i) _m	SD _m
Januar	202.6	49.4	38.0
Februar	285.9	69.0	59.6
Mart	461.3	113.8	72.7
April	573.7	146.5	68.1
Maj	661.0	173.0	70.6
Jun	723.5	192.6	66.2
Jul	792.1	213.9	52.7
Avgust	723.5	194.8	49.0
Septembar	528.6	138.2	52.5
Oktobar	403.2	102.5	64.6
Novembar	250.3	62.3	34.3
Decembar	176.1	44.0	31.9

E_m: Prosečna mesečna proizvodnja električne energije iz definisanog sistema [kWh].

H(i)_m: Prosečna mesečna suma globalnog zračenja po kvadratnom metru koju su primili moduli datog sistema [kWh/m²].

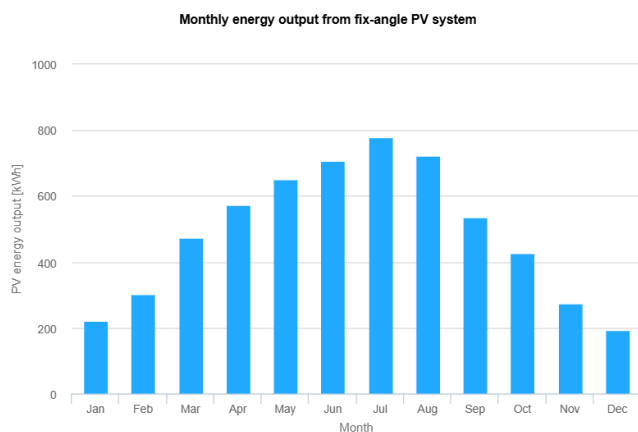
SD_m: Standardna devijacija mesečne proizvodnje električne energije iz godine u godinu varijacija [kWh].

Rezultati dobijeni prilikom postavljanja slobodnostojećih panela sa gubitkom u sistemu od 14%, optimalnim uglom nagiba od 25° i orijentacijom (*Azimuth*) panela od 59° koja prati orijentaciju krova su prikazane u Tabeli IV.

Tabela IV Rezultati simulacije slobodnostojećeg PV sistema

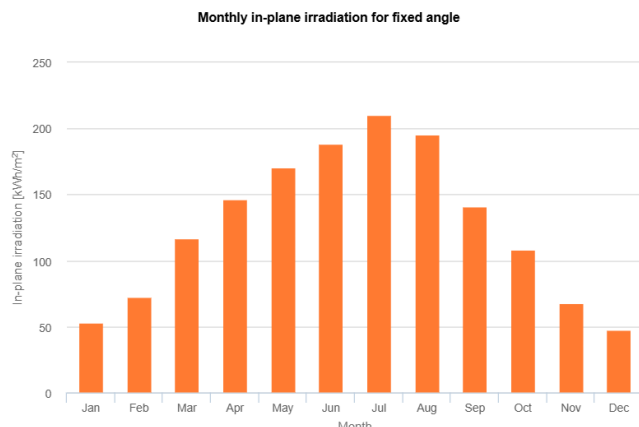
Godišnja proizvodnja PV energije	5856.19 [kWh]
Godišnje zračenje u ravni	1518.82 [kWh/m ²]
Promenljivost iz godine u godinu	208.42 [kWh]
Rezultati promena:	
Upadni ugao	-3.13 %
Spektralni efekti	0.97 %
Temperatura i nisko zračenje	-8.32%
Ukupan gubitak	-22.89%

Na Slici 3 prikazana je količina energije iz integrisanog PV sistema na mesečnom nivou i prikazuje maksimum u julu 777,84 kWh i minimum u decembru od 193,96 kWh.



Slika 3. Količina energije iz slobodnostojećeg PV sistema na mesečnom nivou.

Na slici 4 prikazana je količina solarnog zračenja u ravni za integrisani PV sistem na mesečnom nivou i prikazuje maksimum u julu od 210,62 kWh/m² i minimum u decembru od 47,71 kWh/m².



Slika 4. Količina solarnog zračenja u ravni za slobodnostojeći PV sistem na mesečnom nivou.

U Tabeli V prikazane su vrednosti fotonaponske energije i sunčevog zračenja za slobodnostojeći PV sistem na mesečnom nivou.

Tabela V Mesečna proizvodnja električne energije i količina sunčevog zračenja slobodnostojećeg PV sistema

Mesec	E _m	H(i) _m	SD _m
Januar	220.1	53.0	44.0
Februar	301.7	72.7	66.2
Mart	473.5	116.9	77.6
April	572.7	146.8	69.7
Maj	650.6	170.11	69.4
Jun	706.8	188.6	64.6
Jul	777.8	210.6	51.6
Avgust	722.8	195.4	48.3
Septembar	537.1	141.0	54.0
Oktobar	425.5	107.9	70.0
Novembar	273.5	67.6	40.4
Decembar	194.0	47.7	38.2

Tabela VI Rezultati uporedne analize integrisanog i slobodnostojećih PV sistema

	Integrisani PV	Slobodnostojeći PV
Godišnja proizvodnja PV energije	5571,84 [kWh]	5856,19 [kWh]
Godišnje zračenje u ravni	1500.08 [kWh/m ²]	1518.82 [kWh/m ²]
Promenljivost iz godine u godinu	197.90 [kWh]	208.42 [kWh]
Promene u izlazu zbog		
Upadni ugao	-3.34 %	-3.13 %
Spektralni efekti	0.94 %	0.97 %
Temperatura i nisko zračenje	-11.47%	-8.32%
Ukupan gubitak	-25.56%	-22.4%

Upoređivanjem rezultata može se zaključiti da postoji razlika u godišnjem stajaćem zračenju u ravni od 18,74 kWh/m² zbog ugla nagiba panela, gde je kod integrisanih panela godišnje zračenje u ravni 1500,08 kWh/m², dok je kod

slobodnostojećih 1518,82 kWh/m². Slobodnostojeći paneli pružaju veću proizvodnju električne energije na godišnjem nivou, i to 5856,19 kWh/m², u odnosu na integrisane koji osiguravaju proizvodnju električne energije na godišnjem nivou u iznosu od 5571,84 kWh/m². Razlika u rezultatima dobijena je i u ukupnim gubicima, kod slobodnostojećih 22,89%, naspram integrisanih gde je gubitak 25,71% na godišnjem nivou. Upporedna analiza obe varijacije solarnih panela predstavljeni su u Tabeli VI.

Uppoređivanjem rezultata prosečne mesečne sume globalnog zračenja po kvadratnom metru koju su primili moduli datih sistema, prikazani u Tabelama III i V, može se zaključiti da paneli integrisani u krov pod uglom od 14° imaju prosečno manje sume na godišnjem nivou, iako je maksimum u julu od 213,9 kWh/m² neznatno veći od maksimuma u julu kod slobodnostojećih od 210,62 kWh/m². Na to ukazuje i minimum u decembru, koji kod integrisanih panela iznosi 44,03 kWh/m², dok je kod slobodnostojećih 47,71 kWh/m². Ova razlika primetna je i u količini prosečne mesečne proizvodnja električne energije iz definisanih sistema, gde je maksimum veći kod integrisanog sistema i iznosi 792,11 kWh u julu, dok je kod slobodnostojećeg 777,84 kWh, dok je minimum u decembru ipak veći kod slobodnostojećeg u iznosu od 193,96 kWh, dok je kod integrisanog sistema 176,1 kWh. Rezultati uporedne analize integrisanog i slobodnostojeg PV sistema prikazani su u Tabeli VII.

Tabela VII Rezultati uporedne analize integrisanog (I) i slobodnostojeg (S) PV sistema prosečne mesečne sume globalnog zračenja po metru kvadratnom (E_m) i količine prosečne mesečne proizvodnje električne energije (H(i) m)

PV paneli	I	S	I	S
Mesec	E _m [kWh]		H(i) _m [kWh/m ²]	
Januar	202.6	220.1	49.4	53.0
Februar	285.9	301.7	69.0	72.7
Mart	461.3	473.5	113.8	116.9
April	573.7	572.7	146.5	146.8
Maj	661.0	650.6	173.0	170.11
Jun	723.5	706.8	192.6	188.6
Jul	792.1	777.8	213.9	210.6
Avgust	723.5	722.8	194.8	195.4
Septembar	528.6	537.1	138.2	141.0
Oktobar	403.2	425.5	102.5	107.9
Novembar	250.3	273.5	62.3	67.6
Decembar	176.1	194.0	44.0	47.7
Ukupno	5571,84	5856,19	1500.08	1518.82

Iako integrisani paneli imaju veći maksimum u proizvedenoj energiji, optimalni ugao slobodnostojećih panela daje bolju iskoristivost solarne energije tokom cele godine, pa je ukupna proizvedena električna energija kod slobodnostojećih panela pod optimalnim uglom od 25° na godišnjem nivou veća od integrisanih panela pod uglom krova od 14°.

4. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Rezultati istraživanja pokazuju da slobodnostojeći paneli pružaju veću efikasnost zbog bolje ventilacije i mogućnosti optimizacije ugla postavljanja. S druge strane, integrisani paneli, iako nude manju efikasnost zbog ograničenih mogućnosti ventilacije i fiksnog ugla, omogućavaju bolju arhitektonsku integraciju i estetski su prihvatljiviji.

Prednosti slobodnostojećih panela su jasno vidljive iz dobijenih rezultata u kontekstu veće proizvodnje energije. Oni omogućavaju adaptaciju postavke panela kako bi se optimalno iskoristila svetlost tokom različitih perioda godine, što rezultuje većom godišnjom proizvodnjom električne energije. Međutim, nedostatak ovog pristupa može biti veća inicijalna investicija i potreba za dodatnim prostorom za instalaciju.

Integrisani paneli, sa druge strane, pružaju estetski prihvatljiviju i manje invazivnu opciju, integracijom u postojeće strukture bez potrebe za dodatnim prostorom. Ova karakteristika čini ih idealnim za urbana okruženja ili za lokacije gde estetika prostora ima važnu ulogu. Ipak, ograničenja u efikasnosti mogu uticati na ukupnu isplativost ovog rešenja dugoročno.

Generalno, primena PV panela je strategija koja se sve više prihvata kao sredstvo za smanjenje zavisnosti od fosilnih goriva i emisije štetnih gasova. Osim neposrednih prednosti u smanjenju operativnih troškova energije, solarni paneli promovišu koncept održivog razvoja na pravi način i mogu biti značajan faktor u edukaciji i podizanju svesti o obnovljivim izvorima energije.

LITERATURA

- [1] N. Ali, R. Rajput, R. and A. Saeed, „An Exploration of Using Solar Photovoltaic Cells as a Sustainable Development Tool in Higher Education Institutions“, *Journal of Education and Practice*, vol 14, no. 20, pp. 56-65, 2023.
- [2] V. Gburčik, S. Mastilović, Ž. Vučinić, „Assessment of solar and wind energy resources in Serbia“ *J. Renewable Sustainable Energy*, vol. 5, no. 4, July 2013;
- [3] M. Victoria et al. „Solar photovoltaics is ready to power a sustainable future“ *Joule* 5, pp. 1041–1056, 2021.
- [4] N. S. Pérez, and J. A. Montesinos, „Economic and environmental solutions for the PV solar energy potential in Spain“. *J. Clean Prod.*, pp.4-13, 2023.
- [5] M. Šuri, T. Cebecauer, A. Skoczek. „SolarGIS: Solar Data And Online Applications For PV Planning And Performance Assessment“ *26th European Photovoltaics Solar Energy Conference*, September 2011, Hamburg, Germany. https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/
- [7] International Renewable Energy Agency, „*Delivering on the UAE Consensus: Tracking progress toward tripling renewable energy capacity and doubling energy efficiency by 2030*“, Abu Dhabi: IRENA, 2021.
- [8] International Energy Agency, *World Energy Outlook 2024*. Paris: IEA, 2024.

PRIMENA VEŠTAČKE INTELIGENCIJE ZA PREDVIĐANJE GENERISANOG PLASTIČNOG OTPADA

ARTIFICIAL INTELLIGENCE APPLICATION FOR PREDICTING GENERATED PLASTIC PACKAGING WASTE

Lidija Stamenković, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Vranje, Filipa Filipovića 20, Vranje.*

Tijana Milanović, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Vranje, Vranje.*

Sadržaj - U ovom radu radi predviđanja godišnjih količina generisanog plastičnog otpada, primenjene su veštačke neuronske mreže. Za razvoj modela zasnovanog na veštačkim neuronskim mrežama (ANN) korišćeni su dostupni podaci EUROSTAT-a, kancelarije Evropske unije zadužene za statistiku i to za dve države Evropske unije, Bugarsku i Hrvatsku, koje po nekim svojim karakteristikama, broju stanovnika i ekonomskim parametrima su slične Srbiji, budući da podaci o količinama generisanog plastičnog otpada za Srbiju nisu dostupni. Podaci od 2013. do 2022. su korišćeni za trening i testiranje neuronskih mreža, pri čemu su u radu primenjena dva tipa neuronskih mreža i to Multilayer Perceptron (MLP) i Radial Basis Function (RBF). Za razvoj modela odabrano je tri ulazna parametra za odabrane države: bruto domaći proizvod, broj stanovnika i generisani komunalni otpad na godišnjem nivou. Dobijeni rezultati su pokazali da model zasnovan na RBF pokazuje vrlo dobre rezultate predviđanja generisanog plastičnog otpada, sa vrednošću koeficijenta determinacije od 0,878 za RBF i 0,626 za MLP.

Ključne reči: Veštačka inteligencija. ANN. MLP. RBF. Plastični otpad.

Abstract - In this paper on forecasting annual quantities of generated plastic packaging waste, artificial neural networks (ANN) were applied. For the development of the model based on artificial neural networks, available data from EUROSTAT, the European Union's statistics office, were used for two EU countries, Bulgaria and Croatia, which share certain characteristics such as population size and economic parameters similar to Serbia, given that data on the quantities of generated plastic waste for Serbia are not available. Data from 2013 to 2022 were used for training and testing the neural networks, during which two types of neural networks were applied: Multilayer Perceptron (MLP) and Radial Basis Function (RBF). For the model development, three input parameters were selected for the chosen countries: gross domestic product, population size, and annual generated municipal waste. The results obtained showed that the RBF-based model showed very good prediction results for the generated plastic packaging waste, with a coefficient of determination 0.878 for RBF and 0.626 for MLP.

Keywords: Artificial Intelligence. ANN. MLP. RBF. Plastic packaging waste.

1. UVOD

Tokom proteklih decenija, kao rezultat industrijskih i antropogenih aktivnosti, količina generisanog otpada je u stalnom porastu. U tom smislu, veoma je značajno da društvo kao celina ima jasnu strategiju u razumevanju tog problema sa aspekta uticaja na kvalitet životne sredine i zdravlje ljudi. Plastični otpad, kao oblik čvrstog otpada, kome je potrebno više od hiljadu godina da se razgradi, predstavlja svakako jedan od velikih izazova u pristupu svakog društva za previlno i odgovorno upravljanje otpadom [1]. Zbog svojih karakteristika plastika i proizvodi od plastike smatrani su tokom proteklih decenija jednom održivom alternativom u odnosu na druge materijale. Međutim, intenzivna produkcija plastičnog otpada i karakteristike takvog materijala stavili su otpad od plastike u središte promocije novog pristupa ekonomije-cirkularne ekonomije, čiji je bazični koncept zasnovan na promociji

održivosti u kome se resursi koriste efikasnije i imaju duži životni vek u privredi. U tom smislu, plastika i otpad od plastike predstavlja jedan od vodećih izazova za ostvarivanje zacrtanih ciljeva cirkularne ekonomije [2]. Suočeni sa problemom upravljanja plastičnim otpadom na globalnom nivou se čine brojni naponi kako bi se našla povoljna rešenja za što efikasniju upotrebu ove vrste otpada. U tom smislu, Evropska unija (EU) je usvojila evropsku strategiju za plastiku 2018. godine. Ova strategija je deo akcionog plana EU za postizanje koncepta cirkularne ekonomije i deo je mera za redukciju plastičnog otpada i postizanje ciljeva održivog razvoja do 2030. godine, kao i ciljeva Pariskog klimatskog sporazuma EU [3,4]. U tom smislu, praćenje jednog od indikatora cirkularne ekonomije-plastičnog otpada i podataka o količinama generisanog otpada od plastike je od suštinskog značaja

za postizanje zadatih ciljeva i usmeravanje budućih razvojnih politika kako država članica EU tako i država koje pretenduju da postanu članice.

Primena alternativnih modela za predviđanje svih vrsta generisanog otpada je od suštinskog značaja, budući da može predstavljati, pored postojećih modela, jedan značajan alat u međunarodnom i nacionalnom nastojanju za rešenje problema produkcije otpada. Proteklih godina, primena veštačke inteligencije, i u tom smislu, veštačkih neuronskih mreža (ANN), za predikciju količina generisanog otpada, kao i plastičnog otpada je svakako zauzela značajno mesto [5–10].

Za modelovanje generisanog plastičnog otpada na godišnjem nivou u ovom radu su primenjena dve topologije neuronskih mreža i to Multilayer Perceptron (MLP) i Radial Basis Function (RBF).

2. IZVOR PODATAKA I RAZVOJ ANN MODELA

Podaci korišćeni za razvoj modela zasnovanih na ANN u ovom radu preuzeti su sa sajta Eurostat-a, kancelarije Evropske unije zadužene za statistiku [11]. Budući da podaci o generisanom plastičnom otpadu za Republiku Srbiju nisu dostupni, radi razvoja modela u ovom radu su korišćeni su dostupni podaci država Bugarske i Hrvatske, koje po svojim ekonomskim karakteristikama kao i broju stanovnika su slične Srbiji. Za trening i testiranje mreža korišćeni su podaci od 2013. do 2022. godine.

ANN, kao oblik veštačke inteligencije, uočava vezu među prezentovanim podacima i na osnovu "stečenog iskustva" kao što je to slučaj u biološkom nervnom sistemu, vrši predviđanje zadate promenljive. Za razvoj modela zasnovanih na ANN postoje različite topologije neuronskih mreža, koje se razlikuju po svojim karakteristikama. Više podataka o načinu funkcionisanja ANN mogu se naći u odgovarajućoj literaturi [12,13].

Za razvoj modela ANN u ovom radu korišćene su dve arhitekture neuronskih mreža i to: MLP i RBF.

Kao ulazne varijable za razvoj modela korišćeni su: bruto domaći proizvod (BDP-e pc), broj stanovnika (BS) i generisani komunalni otpad (GKO-kg pc) na godišnjem nivou. Dok je izlazna promenljiva generisan plastičan otpad (GPO-kg pc). Deskriptivna statistika svih promenljivih korišćenih za razvoj modela prikazana je u Tabeli I.

ANN modeli razvijeni su primenom softverskog paketa IBM SPSS Statistics 19.

Tabela I Deskriptivna statistika ulaznih i izlazne promenljive

	BS	BDP	GKO	GPO
Mean	5433577	9271,5 3050,57	438,45 26,7433	16,615 3,83553
St. Dev.	1430582 2,05E+1	6	7 715,207	1
Sam. Var.	2	9306013	9	14,7113
Kurtosis	-2,13363	-1,52563 0,22617	-0,64808 0,00601	-0,8095 0,53727
Skewness	0,034223	2	1	2
Min	3862305	5470	390	11,46
Max	7202556	14630	488	23,36

3. REZULTATI I DISKUSIJA

Modeli ANN koji su razvijeni u ovom radu zasnovani su na dva tipa neuronskih: standardna troslojna mreža sa jednim skrivenim slojem neurona i RBF. Detaljne informacije o parametrima ANN prikazani su u Tabelama II i III. Tokom razvoja modela primenom MLP arhitekture mreže 80% prezentovanih podataka je korišćeno za obuku mreže, dok je 20% podataka korišćeno za testiranje mreže. U slučaju RBF arhitekture 75% podataka je korišćeno za obuku mreže, dok je 25% podataka korišćeno za testiranje mreže.

Tabela II Parametri MLP

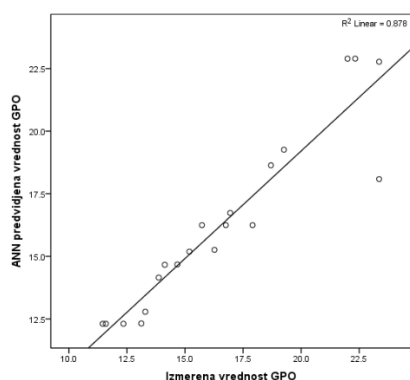
Input Layer	Covariates	1	BS
		2	BDP
		3	GKO
	Number of Units		3
	Rescaling Method for Covariates		Standardized
Hidden Layer(s)	Number of Hidden Layers	1	
		1	
		1	
	Number of Units in Hidden Layer 1		1
	Activation Function		Hyperbolic tangent
Output Layer	Dependent Variables	1	GPO
	Number of Units		1
	Rescaling Method for Scale Dependents		Standardized
	Activation Function		Identity
	Error Function		Sum of Squares

Dobijeni rezultati su pokazali da bolje performanse u predviđanju generisanog plastičnog otpada pokazuje RBF. Rezultati RBF modela prikazani su na Slici 1. Kao što se može videti vrednost koeficijenta determinacije (R^2) u slučaju RBF je 0.878, što su veoma zadovoljavajući rezultati predviđanja, imajući u vidu da su za razvoj modela korišćena samo tri ulazna parametra, dok je u slučaju MLP modela vrednost koeficijenta determinacije nešto niža 0.626 pa samim tim i predikcija nešto lošija.

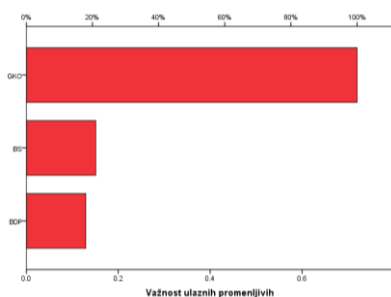
Prilikom razvoja modela izvršena je analiza važnosti ili značajnosti primenjenih ulaznih promenljivih. Rezultati analize su prikazani na Slici 2. Kao što se može videti, najveći uticaj na izlaznu promenljivu ima ulazna promenljiva GKO, dok ostale dve promenljive imaju nešto manji uticaj na GPO.

Tabela III Parametri RBF

Input Layer	Covariates	1	BS	
		2	BDP	
		3	GKO	
			Number of Units	3
	Rescaling Method for Covariates		Standardized	
Hidden Layer	Number of Units	9		
			Activation Function	Softmax
Output Layer	Dependent Variables	1	GPO	
			Number of Units	1
			Rescaling Method for Scale Dependents	Standardized
			Activation Function	Identity
			Error Function	Sum of Squares



Slika 1. Rezultati RBF modela.



Slika 2. Vaznost ulaznih promenljivih.

4. ZAKLJUČAK

Koncept cirkularne ekonomije i indikatori proistekli iz tog pristupa koji su od značaja i koji se prate na teritoriji EU podrazumevaju i merenje i praćenje generisanog plastičnog otpada. U tom smislu od suštinskog je značaja postojanje alternativnih modela koji bi pružili dodatnu mogućnost za procenu generisanog plastičnog otpada. To je posebno važno za države u razvoju koje nemaju dovoljno resursa kako bi pratile ovaj indikator cirkularne ekonomije.

Kako bi se ispitala mogućnost primene veštačke inteligencije za predviđanje generisanog plastičnog otpada, u ovom radu je primenjen jedan oblik veštačke inteligencije, veštačke neuronske mreže.

Razvijeni su modeli primenom MLP i RBF arhitektura neuronskih mreža i dostupnih podataka za dve države EU, Bugarsku i Hrvatsku, koje su po svojim karakteristikama slične Srbiji. Dobijeni rezultati su pokazali da ANN pokazuju zadovoljavajuće rezultate predviđanja sa vrednošću indikatora performansi modela-koeficijentom determinacije 0.878. Na osnovu dobijenih rezultata, može se zaključiti da se ANN modeli mogu koristiti za predviđanje generisanog plastičnog otpada za odabrane države i da bi prema performansama koje pokazuje model mogao biti primenjen i za predviđanja istog indikatora i u Srbiji.

LITERATURA

- [1] K.O. Babaremu, S.A. Okoya, E. Hughes, B. Tijani, D. Teidi, A. Akpan, J. Igwe, S. Karera, M. Oyinlola, E.T. Akinlabi, "Sustainable plastic waste management in a circular economy", *Heliyon* vol.8, no.7, pp.e09984, 2022.
- [2] J.N. Hahladakis, E. Iacovidou, S. Gerassimidou, "Chapter 4 - Plastic waste in a circular economy", *Environmental Materials and Waste: Elsevier*, pp. 99–134, 2024.
- [3] European Commission, "Plastics strategy - European Commission", 2018. https://environment.ec.europa.eu/strategy/plastics-strategy_en (accessed November 29, 2024).
- [4] European Union, "Communication From The Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions A European Strategy for Plastics in a Circular Economy", 2018. <https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/?qid=1516265440535&uri=COM:2018:28:FIN> (accessed November 29, 2024).
- [5] Z.X. Hoy, Z.X. Phuang, A.A. Farooque, Y.V. Fan, K.S. Woon, "Municipal solid waste management for low-carbon transition: A systematic review of artificial neural network applications for trend prediction", *Environ. Pollut.* vol.344, pp. 123386, 2024.
- [6] M. Abdallah, M. Abu Talib, S. Feroz, Q. Nasir, H. Abdalla, B. Mahfood, "Artificial intelligence applications in solid waste management: A systematic research review", *Waste Manag.* vol.109, pp. 231–246, 2020.
- [7] G. Coskuner, M.S. Jassim, M. Zontul, S. Karateke, "Application of artificial intelligence neural network modeling to predict the generation of domestic, commercial and construction wastes", *Waste Manag. Res.* vol.39, pp. 499–507, 2021.
- [8] O.O. Ayeleru, L.I. Fajimi, B.O. Oboirien, P.A. Olubambi, "Forecasting municipal solid waste quantity using artificial neural network and supported vector machine techniques: A case study of Johannesburg, South Africa", *J. Clean. Prod.* vol.289, pp.125671, 2021.
- [9] R. Pitakaso, T. Srichok, S. Khonjun, P. Golinska-Dawson, S. Gonwirat, N. Nanthasamroeng, C. Boonmee, G. Jirasirilerd, P. Luesak, "Artificial Intelligence in enhancing sustainable practices for infectious municipal

- waste classification”, *Waste Manag.* vol.183, pp. 87–100, 2024.
- [10] Z.X. Hoy, K.S. Woon, W.C. Chin, H. Hashim, Y.V. Fan, “Forecasting heterogeneous municipal solid waste generation via Bayesian-optimised neural network with ensemble learning for improved generalisation”, *Comput. Chem. Eng.* vol.166, pp.107946, 2022.
- [11] Eurostat, “Database - Eurostat”,
<https://ec.europa.eu/eurostat/web/main/data/database>
(accessed November 29, 2024).
- [12] K. Han, Y. Wang, “A review of artificial neural network techniques for environmental issues prediction”, *J. Therm. Anal. Calorim.* vol.145, pp.2191–2207, 2021.
- [13] Y.S. Park, S. Lek, “Chapter 7 - Artificial Neural Networks: Multilayer Perceptron for Ecological Modeling”, *Developments in Environmental Modelling: Elsevier*, pp. 123–140, 2016.

PRODUŽETAK VEKA TRAJANJA DEPONIJЕ GRADA NIŠA DO IZGRADNJE NOVE

EXTENDING THE LIFESPAN OF NIŠ CITY LANDFILL UNTIL THE NEW ONE IS BUILT

Matija Milošević, *Akademija tehničko-vaspitačkih струковних студија - Одсек Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*
Anica Milošević, *Akademija tehničko-vaspitačkih струковних студија - Одсек Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Sadržaj - *Strategija upravljanja отpadom Republike Srbije za period 2010–2019. godine predviđa uspostavljanje regionalnih centara za upravljanje отpadom kako bi se optimizovali troškovi i osig- urala zaštita životne sredine. U radu je predstavljeno trenutno stanje gradske deponije "Bubanj" u Nišu, s posebnim osvrtom na segment S4, koji ne ispunjava savremene standarde upravljanja отpa- dom. Analizirana je struktura i količina отpada, dok je predložen dvostepeni koncept sanacije de- ponije, obuhvatajući rekultivaciju postojećih površina i prilagođavanje prostora za privremeno daljnje odlaganje отpada do uspostavljanja regionalnog sistema. Posebna pažnja posvećena je tehničkim, ekološkim i bezbednosnim aspektima, uz detaljan prikaz faza implementacije projekta sanacije. Zaključeno je da sanacija i kontrolisano zatvaranje segmenta S4 predstavljaju ključne korake ka uspostavljanju održivog sistema upravljanja отpadom u skladu sa zakonodavnim i ekološkim standardima.*

Ključne reči: *Upravljanje отpadom. Deponija. Sanacija.*

Abstract - *The Waste Management Strategy of the Republic of Serbia for the period 2010–2019 envisions the establishment of regional waste management centers to optimize costs and ensure en- vironmental protection. This paper presents the current state of the "Bubanj" municipal landfill in Niš, with a specific focus on segment S4, which does not meet modern waste management standards. The structure and quantity of waste are analyzed, and a two-phase remediation concept for the landfill is proposed, encompassing the reclamation of existing areas and the adaptation of the site for temporary waste disposal until the regional system is operational. Particular attention is given to technical, environmental, and safety aspects, along with a detailed description of the remediation project phases. It is concluded that the remediation and controlled closure of segment S4 are essen- tial steps toward establishing a sustainable waste management system in compliance with legislative and environmental standards.*

Keywords: *Waste Management. Landfill. Remediation.*

1. UVOD

Strategija upravljanja отpadom za period 2010 - 2019. godine, koja predstavlja polazni dokument za integralno rešavanje problema upravljanja отpadom na teritoriji Republike Srbije, predviđa uspostavljanje regionalnih centara za upravljanje отpadom. Jedan od osnovnih principa prilikom formiranja regiona za upravljanje отpadom jeste minimizacija troškova tretmana i deponovanja отpada, odnosno racionalno ulaganje sredstava u izgradnju i eksploataciju regionalnog centra. Da bi se ovaj princip ispoštovao, potrebno je da region obuhvati najmanje 200.000 stanovnika. Definisane sanacije, zatvaranja i rekultivacije segmenta S4 gradske deponije „Bubanj“ na način koji je u saglasnosti sa domaćom regulativom i pravilima struke. Rešenje sanacije segmenta S4 obuhvata i rešenje daljeg odlaganja отpada u kraćem vremenskom periodu (minimalno dve godine), koji je zapravo prelazni period do početka realizacije regionalnog sistema.

2. DEPONIJA „BUBANJ“

2. Lokacija postojeće gradske deponije nalazi se na oko 6-7 km od centra Niša, na južnom obodu grada u граничном području sa opštinom Doljevac, a istočno od opštinskog puta Niš-Malošište-Doljevac, između naselja Pasi Poljana, Gabrovac i Čurlina.



Slika 1. Lokacija deponije „Bubanj“.

Deponija je u eksploataciji od 1968. godine, a segment S4 deponije puni se отpadom od juna 2010. godine. U celosti posmatrano, lokalitet gradske deponije nema mnogo potencijala

za dalje širenje prostora za odlaganje otpada. Udaljenost lokacije od najbližeg naselja zbijenog tipa (Pasi Poljana) je preko 1000 m, i ono je zaklonjeno od deponijetopografijom terena, prevojem i rastinjem. Udaljenost od pojedinačnih kuća u blizini deponije iznosi 200-300 m. Kuće su zaklonjene šumom i prevojem. Spomenički kompleks i park "Bubanj" nalaze se na udaljenosti većoj od 1,5 km. Od reke Južne Morave lokacija je udaljena oko 5 km, a visinski na oko 50 m iznad doline reke. Deponijom upravlja JKP "Mediana" iz Niša. Nova regionalna deponija planirana je na lokaciji "Keleš" južno od postojeće lokacije i ona treba dugoročno da reši probleme odlaganja otpada za sva naselja u okviru Grada Niša i opština koje formiraju region za upravljanje otpadom.

Deponija "Bubanj" služi za odlaganje otpada 250.000 stanovnika sa teritorije Grada Niša, kao i za odlaganje otpada iz opštine Doljevac na čijoj teritoriji živi 18.441 stanovnik. Približno 1/3 deponije locirana je na teritoriji Niša a 2/3 na teritoriji Doljevca. Segment S4 u potpunosti je lociran na teritoriji Grada Niša. Korišćenje gradske deponije Grada Niša na lokaciji "Bubanj", otpočelo je 1968. godine, a lokacija je Generalnim urbanističkim planom grada Niša iz 1971. godine i zvanično određena za tu namenu, pri čemu su elementi namene površina i organizacija prostora deponije komunalnog otpada u celosti inkorporirani u Generalni urbanistički plan. Predviđeno je da se odlaže komunalni i ostali neopasni otpad, pri čemu je planirano da se predmetna lokacija koristi u periodu od 25 do 30 godina. U oblasti tretmana otpada koncept razvoja u proteklom periodu bio je sanacija zapunjenih deponijskih polja i formiranje nove regionalne deponije, kao i izgradnja reciklažnog centra na prostoru rekultivisanih površina postojeće deponije. Deponija komunalnog otpada Bubanj je u procesu sanacije i potrebno je da ostane u eksploataciji do izgradnje regionalne deponije.

Segment S4 gradske deponije ne zadovoljava kriterijume savremenog upravljanja komunalnim otpadom, prostor nije infrastrukturno adekvatno opremljen, kapacitet (za primenjivanu tehnologiju deponovanja) je iscrpljen, zaštita životne sredine nije u potpunosti obezbeđena. Deponovanje otpada na segmentu S4 nije vršeno planski i na adekvatan način. Prekrivanje otpada inertnim materijalom nije vršeno na zadovoljavajući način i u intenzitetu u kome je to bilo potrebno. Otpad po površini deponije nije raspoređen na pravilan način, prisutne su izražene neravnomernosti u kotama deponovanog materijala. Generalno otpad u severnoj zoni segmenta S4 formiran je na višim kotama. Najviše kote otpada u ovom delu, a to su ujedno i najviše kote na čitavoj površini segmenta S4 iznose oko 292,50 mnv. Južni deo, koji je ujedno i prilazna zona izraženo je niži, sa kotama približno 286,50 mnv. Degazacija segmenta S4 u proteklom periodu je vršena, ali su uočeni brojni nedostaci na konstrukcijama biotrnova, od toga da se nalaze na samim rubovima otpadne mase, do toga da su konstrukcije biotrnova narušenog integriteta.

Segment S4 spada u nesantitarne deponije i u kategoriji je onih deponija za koje je u okviru Strategije upravljanja komunalnim otpadom, bio utvrđen rok od 5 godina u kome se mogu koristiti pod uslovom da se prethodno izvrši sanacija sa minimalnim merama zaštite i pripremi dokumentacija i uslovi za propisno zatvaranje po isteku

odobrenog eksploatacionog perioda. Neophodno je postizanje potrebnog nivoa bezbednosti i pretvaranje dosadašnjeg procesa odlaganja otpada u proces upravljanja otpadom, što će se ostvariti kroz postepeni prelazak na regionalni sistem za upravljanje otpadom i izgradnju regionalne deponije.

3. KARAKTERISTIKE I KOLIČINE OTPADA

Pod otpadom se podrazumeva svaki materijal ili predmet koji nastaje u toku obavljanja proizvodne, uslužne ili druge delatnosti. U otpad spadaju i predmeti isključeni iz upotrebe, kao i otpadne materije koje nastaju u potrošnji i koje sa aspekta proizvođača, odnosno potrošača nisu za dalje korišćenje i moraju se odbaciti. Podelu otpada moguće je izvršiti na osnovu:

- Sastava,
- Mesta nastanka,
- Toksičnosti.

Sastav otpada može biti takav da je pretežno sastavljen od sledećih komponenti: stakla, metala, organskih materija, papira i kartona, električnih i elektronskih uređaja, starih vozila, guma, otpadnih ulja i maziva, otpadnih hemikalija, baterija, boja, jalovine, tekstila, drveta, itd.

Prema mestu nastajanja otpad je moguće podeliti na:

- Komunalni otpad,
- Industrijski otpad,
- Ambalažni otpad,
- Poljoprivredni i baštenski otpad,
- Otpad iz eksploatacije i ekstrakcije ruda i mineralnih sirovina,
- Građevinski otpad,
- Medicinski i životinjski otpad,
- Muljevi, talozi, pepeo, šljaka i sl.
- Otpad takodje možemo da podelimo po toksičnosti:
- Opasan otpad,
- Neopasan otpad,
- Inertni otpad.

Opasan otpad je svaki otpad koji ima bar jedno od svojstava koje ga čine opasnim (eksplozivnost, zapaljivost, sklonost oksidaciji, akutna otrovnost, infektivnost, sklonost koroziji, u kontaktu sa vazduhom oslobađa zapaljive gasove, u kontaktu sa vazduhom ili vodom oslobađa otrovne supstance, sadrži toksične supstance sa odloženim hroničnim delovanjem, kao i ekotoksične karakteristike). U ovu vrstu otpada spada i ambalaža u kojoj je bio ili jeste spakovan opasan otpad. Sav otpad koji nema karakteristike opasnog otpada spada u neopasan otpad.

Inertan otpad nije podložan bilo kojim fizičkim, hemijskim ili biološkim promenama; ne rastvara se, ne sagoreva ili na drugi način fizički ili hemijski reaguje.

Postupanje sa otpadom na mestu nastanka pre odlaganja kao i stav prema prikupljanju otpada i njegovom odlaganju na deponije razlikuje se u zavisnosti od tipa naselja u kojima se otpad generiše. S obzirom na prisustvo organskih materija (otpaci od hrane i pripreme hrane – „zeleni otpad“) i njihovoj sklonosti ka truljenju, u gusto naseljenim gradskim sredinama ga je potrebno što brže transportovati, dok se u okviru prostranih seoskih površina uglavnom formiraju privremena odlagališta. Na postojećoj deponiji ubuduće treba sprečiti odlaganje bilo koje vrste toksičnog i opasnog otpada. Ovakav otpad koji nastane na teritoriji naselja će se odlagati pod

specijalnim režimom na posebnim, za to namenjenim i odobrenim lokacijama.

Tabela I Морфолошки састав комуналног отпада за Град Ниш

Komponenta	Maseni udeo u ukupnoj količini (%)
1. Укупан органски отпад	40,56
1.1. Баштенски отпад	10,00
1.2. Остали биоразградиви отпад	30,56
2. Папир	7,90
3. Staklo	4,74
4. Karton	6,12
5. Kompozitni materijal	1,33
6. Metal	1,95
6.1 Ambalažni i ostali	1,38
6.2 Aluminiјumske konzerve	0,57
7. Plastika	17,96
7.1 Plastične ambalaže	3,01
7.2 Plastične kese	9,18
7.3 Tvrda plastika	5,77
8. Tekstil	5,67
9. Koža	0,36
10. Pelene	4,08
11. Fini elementi	9,32
Komponenta	Maseni udeo u ukupnoj količini (%)
1. Укупан органски отпад	40,56
1.1. Баштенски отпад	10,00
1.2. Остали биоразградиви отпад	30,56
2. Папир	7,90
3. Staklo	4,74
4. Karton	6,12
5. Kompozitni materijal	1,33
6. Metal	1,95
6.1 Ambalažni i ostali	1,38
6.2 Aluminiјumske konzerve	0,57
7. Plastika	17,96
7.1 Plastične ambalaže	3,01
7.2 Plastične kese	9,18
7.3 Tvrda plastika	5,77
8. Tekstil	5,67
9. Koža	0,36
10. Pelene	4,08
11. Fini elementi	9,32

Na deponiji ubuduće treba onemogućiti i deponovanje otpadaka životinjskog porekla kao i medicinskog otpada. Otpad iz zdravstvenih ustanova koji ne sadrži toksične materije i patogene klice može se deponovati na deponiji ali se mora pre mešanja sa komunalnim otpadom prelitati dezinfekcionim sredstvom. Posle mešanja, otpad se mora sabiti i prekriti inertnim materijalom. Reprezentativna količina komunalnog otpada za teritoriju Grada Niša ustanovljena je na osnovu merenja koje je u dužem periodu obavljano od strane JKP "Mediana". Podaci dobijeni ovim merenjima pokazuju da se na godišnjem nivou generiše oko 70.000 t otpada.

4. KONCEPCIJA REŠENJA SANACIJE

Sanacija segmenta S4 gradske deponije predstavlja urgentnu potrebu sa stanovišta očuvanja životne sredine i vizuelnog aspekta, te je osnovni cilj ovog projekta, da polazeći od postojećeg stanja deponije, a uz korišćenje i primenu svih savremenih postupaka i iskustava stečenih u saniranju deponija komunalnog otpada, što je moguće više umanjiti sve štetne uticaje koji se mogu pojaviti u budućem periodu, i obezbedi uslove za dalje odlaganje otpada na prihvatljiviji način. Smisao ovoga jeste uređenje površina na segmentu S4 i definisanje postupka daljeg odlaganja otpada, u periodu od minimalno dve godine. Kao logičan korak u smislu ispunjenja postavljenih zadataka nameću se sledeće aktivnosti:

- Sakupljanje otpada odloženog na površini koju zauzima segment u nove granice koje obuhvataju pravilniju površinu;
- Formiranje tela deponije u novim granicama;
- Fazno zatvaranje novoformiranih površina tela deponije;
- Rekultivacija saniranih površina deponije i njihovo prilagođavanje budućoj nameni.

Minimiziranje štetnog uticaja deponije, podrazumeva preduzimanje najnužnijih mera zaštite životne sredine, odnosno maksimalne moguće intervencije koje će pre svega zaštititi stanovništvo i okolne površine od sledećih direktnih uzročnika zaraze i zagađenja:

- Deponijskih gasova koji se izdvajaju iz tela deponije, što može dovesti do samozapaljivanja deponije i razvejanja gustog, štetnog dima;
- Širenja neprijatnog mirisa otpada koji se pri hemijskim i biološkim reakcijama, a pod dejstvom toplote i atmosferskih padavina raspada, jer nije prekriven inertnim materijalom;
- Procednih voda koje nastaju u telu deponije i koje mogu da dovedu do zagađenja zemljišta,
- podzemnih i površinskih voda u široj okolini;
- Direktne kontakta ljudi, domaćih životinja i ptica sa otpadom koji je siguran prenosilac zaraze.

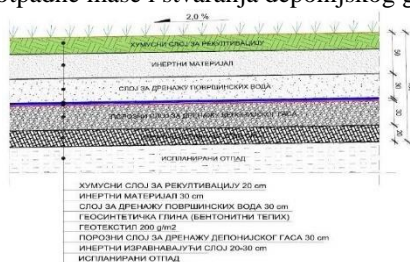
Način saniranja deponije uslovljen je zatečenim stanjem u kome se nalazi segment S4, prostornim mogućnostima i širim okruženjem. Postrojenje za kontrolisano spaljivanje otpada bi pored svih energetske benefita u velikoj meri pomoglo rasterećivanju deponije i upravljanju otpadom. Postojeće površine tela deponije potrebno je sanirati, formirati u projektom definisanim granicama, a dalje odlaganje otpada nastaviti na novoformiranim i prilagođenim površinama u novodefinisanim granicama.

Na ovoj lokaciji otpad se odlaže od 2010. godine, i do sada je zaposednuta površina od približno 2,5 ha, na kojoj je utvrđeno da maksimalna dubina smeća iznosi blizu 20 m. Konceptija rešenja bazirana je na sprovođenju mera koje obezbeđuju neophodni minimum zaštite životne sredine i zdravlja stanovništva, uz

maksimalno racionalno korišćenje prostora i racionalno ulaganje finansijskih sredstava, usklađeno sa postizanjem zadovoljavajućeg kvaliteta životne sredine. Na osnovu svih navedenih činjenica, projektanti su usvojili koncepciju rešenja koja je usmerena u pravcu formiranja postojećeg otpada, njegovo oblikovanje i prilagođavanje ovako dobijenih površina daljem deponovanju otpada. Radovi na sanaciji postojeće deponije podeljeni su na dve faze.

Faza I

Povećanjem visine novoformiranog tela deponije parametri filtriranja procednih voda kroz otpad će se dodatno povećati, što povećava sigurnost protiv zagađenja podzemnih voda. Umanjenje negativnih uticaja procednih voda zasnovano je na konceptu razblaživanja procednih voda filtriranjem kroz masu otpada, u kojoj će deo procednih voda biti vezan za masu postojećeg otpada, a deo će biti apsorbovan kroz procese razlaganja otpada i nastajanja deponijskog gasa. Zbog nepostojanja izolacije dna segmenta i sistema za prečišćavanje otpadnih voda, jedini način za umanjivanje zagađujućih karakteristika procednih voda je da se telo deponije tako koncipira da bude tampon između spoljašnjih površina i podine deponije. Što je visina tela deponije na koji dospevaju atmosferske vode veća, manja je količina i sadržaj negativnih sastojaka procedne vode koje dospevaju do dna deponije. Zagađujući sastojci i filtrat bivaju jednim značajnim delom apsorbovani u procesima razlaganja otpadne mase i stvaranja deponijskog gasa.



Slika 2. Slojevi zatvaranja spoljašnjih površina tela deponije.

Nove granice u kojima se formira telo deponije određene su iz uslova da telo deponije bude dovoljno udaljeno od postojećeg obodnog kanala, da bude omogućen neometan pristup platou za dalje odlaganje otpada, kao i da se obezbedi dovoljna površina platoa za nastavak odlaganja otpada u projektom predviđenom periodu. Telo deponije u fazi I biće tako oblikovano da bude formiran prostran plato površine 1,5 ha, namenjen za dalje odlaganje otpada. Ova površina biće prekrivena inertnim slojem međuprekrivke od 30 cm, koja treba da bude tako ugrađena da omogući prolazak mehanizacije za ravnanje otpada u okviru faze II. Kosine tela deponije treba izvesti u nagibu 1:3, a gornji planum tela deponije treba da ima pad od 0,3% radi sprečavanja prodora površinskih voda ka zoni pristupne saobraćajnice. U fazi I kosine tela deponije se oblažu nepropusnim slojem i ostalim slojevima zahtevanim prilikom zatvaranja deponije. Zbog sprečavanja izlivanja kontaminiranih atmosferskih voda na ivicama platoa Projektom su predviđeni nasipi visine 2 m.

Faza II

Plato za buduće odlaganje otpada na saniranoj deponiji treba da zadovolji potrebe za deponovanjem otpada u periodu od dve godine. Prikupljeni, deponovan i rasplaniran otpad mora se koncentrisati na manjim površinama, a zatim se mora

vršiti njegovo sabijanje kompaktorom i prekrivanje inertnim materijalom na dnevnom nivou.

U cilju zadovoljavanja potrebne zapremine za dalje odlaganje otpada usvojeno je da se u operativnoj fazi izgradnje deponije vrši odlaganje otpada u 5 etaža, ukupne visine oko 11 m. Svaka etaža je visine 2,2 m, odnosno 2,0 m je visina otpada, a 20 cm visina inertnog materijala za prekrivanje. Prilikom formiranja svake etaže plato će biti proširen prema brdu na koje se telo deponije naslanja. Biće izvršeno iskopavanje zemljanog materijala brda na planski način, po etažama. Ovaj materijal će biti upotrebljen za dnevno prekrivanje otpada inertnim materijalom.

Oblikovanjem tela deponije na ovakav način, planiranjem završnog planuma tela deponije, prekrivanjem formiranog tela deponije inertnim materijalom, nanošenjem završnih slojeva, tj. pripremom za sprovođenje tehničke i biološke rekultivacije, sprovedeće se kontrolisani proces sanacije deponije, čime se obezbeđuju i sprovode osnovne mere zaštite životne sredine usklađene sa postojećom zakonskom regulativom.

5. ZAKLJUČAK

Sanacija segmenta S4 deponije "Bubanj" u Nišu predstavlja neophodan korak ka unapređenju upravljanja otpadom i zaštiti životne sredine. Predloženi koncept obuhvata tehničke mere koje će minimizirati negativne uticaje otpada na okolinu, kao što su smanjenje emisije deponijskih gasova, kontrolisanje procednih voda i sprečavanje širenja zaraze. Faza I usmerena je na rekultivaciju postojećeg otpada i pripremu prostora za privremeno odlaganje, dok Faza II uključuje konačno zatvaranje i biološku rekultivaciju deponije. Implementacijom ovakvih projekata omogućuje se prelazak sa trenutnog sistema odlaganja otpada na integralni sistem upravljanja, čime će se obezbediti dugoročna održivost i unapređenje kvaliteta života građana Niša i okolnih opština.

LITERATURA

- [1] Strategija upravljanja otpadom Republike Srbije za period 2010–2019, Ministarstvo zaštite životne sredine, Republika Srbija, 2010.
- [2] Generalni urbanistički plan grada Niša, Urbanistički zavod Niš, 1971.
- [3] Institut „Kirilo Savić“ – Projekat sanacije segmenta S4 deponije „Bubanj“, Beograd, 2010.
- [4] Odluka Skupštine grada Niša br. 01-83/99-8, Grad Niš, 1999.
- [5] JKP „Mediana“ Niš – Izveštaji o merenju komunalnog otpada, Niš, 2010–2020.
- [6] Zakon o upravljanju otpadom, „Službeni glasnik RS“, br. 36/09, 88/10, 14/16, 95/18.
- [7] Pravilnik o vrstama otpada, testovima otpada i kriterijumima za određivanje statusa otpada, „Službeni glasnik RS“, br. 104/13, 56/10.
- [8] Evropska direktiva o deponijama otpada (Directive 1999/31/EC), Evropska unija, 1999.
- [9] Radošević, M, „Sanacija i rekultivacija nesantitarnih deponija u Srbiji – Tehnički i ekološki aspekti“, Zbornik radova, Građevinski fakultet, Univerzitet u Beogradu, 2015.

PROMENA SADRŽAJA VLAGE PRI SUŠENJU TRETIRANE I NETRETIRANE SVEŽE I SMRZNUTE VIŠNJE TRETIRANE SA I BEZ TRETMANA

CHANGE OF MOISTURE CONTENT DURING DRYING OF TREATED AND UNTREATED FRESH AND FROZEN CHERRIES TREATED WITH AND WITHOUT TREATMENT

Jelena Marković, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Vranje, Filipa Filipovića 20 Vranje.*
Gordana Bogdanović, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Vranje, Filipa Filipovića 20 Vranje.*

Sadržaj - Cilj rada je da se pokaže koliko se menja sadržaj vlage u višnji kao sirovini, svežoj i zamrznutoj, koja se tretira sa i bez tretmana pod uticajem temperature u procesu sušenja. Višnje koje su sušene, u seriji I bile su bez tretmana, dok su ostale serije II, III, IV i V tretirane različitim tretmanima, vitaminom C, limontusom, vinobranom i rastvorom gline, kako bi se pokazalo koji tretman je dao najbolje rezultate u pogledu brzine sušenja i smanjenja mase. Suvi prinos nije bio lepljiv i nije izgubio svoju boju, što pokazuje da je temperatura sušenja od 70°C bila odgovarajuća. Ispitivanje je pokazalo da sušene višnje koje su zamrzavane su promenile malo svoje osobine, za razliku od svežih. Sadržaj vlage na kraju sušenja iznosio je oko 16% od početne vrednosti sadržaja vlage.).

Ključne reči: Višnja. Metode tretiranja. Sadržaj vlage. Temperatura.

Abstract - The aim of the work is to show how much moisture content changes in cherries as raw material, fresh and frozen, which are treated with and without treatment under the influence of temperature in the drying process. Cherries that were dried, in series I were without treatment, while the other series II, III, IV and V were treated with different treatments, vitamin C, limontus, grapes and clay solution, in order to show which treatment gave the best results in terms of drying speed and mass reduction. The dry yield was not sticky and did not lose its color, indicating that a drying temperature of 70°C was adequate. The test showed that dried cherries that were frozen changed little of their properties, unlike fresh ones. The moisture content at the end of drying was about 16% of the initial moisture content value.).

Keywords: Cherry. Treatment methods. Moisture content temperature.

1. UVOD

Sušenje je proces oslobađanja izvesne količine vode iz nekog proizvoda ili sirovine. Sušenjem se čuvaju poljoprivredni i prehrambeni proizvodi od mogućnosti napada mikroba, kvarenja i propadanja [1]. Procesom sušenja dobijaju se proizvodi koji treba da ostanu sa dobrim organoleptičkim karakteristikama, da ne budu lepljivi i da vremenom ne uhvate buđ. To znači da i nakon procesa sušenja, pod dejstvom povišenih temperatura, povećane vlažnosti, ne dolazi do promena. Procesom sušenja menja se sadržaj vlage, dolazi do promene teksture, oblika, boje i nutritivne vrednosti [4]. Promene koje mogu da se dese u suvom prinosu su vezane uglavnom za sadržaj vlage. Sadržaj vlage u suvom prinosu može da bude posledica nedovoljnog sušenja, neadekvatne temperature, loše obrade pre sušenja ili neadekvatni uslovi prostorija u kojima se skladište i čuvaju suvi proizvodi.

Sadržaj vlage se može odrediti termogravimetrijskim metodama, koje mogu tačno pokazati koliki je procenat vlage u suvom prinosu. Sadržaj vlage može da ima i pozitivan efekat posmatrano sa ekonomskog aspekta. Što je sadržaj vlage veći

u suvom prinosu on je i teži i materijal je skuplji, ali to ne znači da će proizvod biti i kvalitetniji. Sadržaj vlage u suvom prinosu treba da bude minimalan kako bi se lakše skladištio i transportovao.

Postoje brojni načini kojima sadržaj vlage – ili suve težine – proizvoda utiče na kvalitet proizvoda, delujući ne samo na održanje karakteristika proizvoda, već i na njegov ukus.

2. METODOLOGIJA

Višnje su korišćene kao materijal za ispitivanje procenta vlage. Hemijski sastav se najjednostavnije izražava i najbrže određuje kao sadržaj suve materije. Sadržaj suve materije predstavlja sadržaj svih jedinjenja koja ulaze u sastav voća i povrća, osim vode. Polazeći od sadržaja suve materije pojedinih vrsta i sorti, kvalitetnijim se smatraju one sorte koje imaju veći sadržaj suve materije [3]. Veći sadržaj suve materije uslovljava i veći sadržaj pojedinih sastojaka, veću hranljivu vrednost i povoljnija organoleptička svojstva [5].

Višnje su sušene na temperaturi od 70°C, u konvektivnoj sušari. Tokom sušenja višnje su bile izložene tretmanu ili su

bile bez njega. Tretmani su vršeni vitaminom C, limunskom kiselinom vinobranom i bentonitnom glinom. Višnje koje su podlegle procesu sušenja bile su u svežem i zamrznutom stanju [2].

Sadržaj vlage u suvom prinosu višnje određivan je termogravimetrijskom metodom, kod koje se uočava razlika između neselektivnih i vodeno-selektivnih tehnika. Obe tehnike zasnivaju se na određivanju razlike između početne težine uzorka i težine nakon sušenja, s tim što kod neselektivne tehnike određivanje sadržaja vlage uključuje sve komponente date supstance koji dovode do gubitka težine supstance prilikom zagrevanja; dok kod vodeno – selektivne sadržaj vlage je jednak količini vode koja se oslobađa iz supstance, kao rezultat zagrevanja.

Višnje su sušene u konvektivnoj sušari, u kojoj struji vazduh temperature od 103 i 107°C, što najpre dovodi do isparavanja vlage iz slojeva na samom vrhu uzorka. Zatim se vlaga postepeno formira u uzorku i dovodi do širenja vlage iz dubljih slojeva do površine uzorka, ne samo voda, već i isparljive supstance isparavaju iz uzorka tokom testiranja. Procenat ovih supstanci u odnosu na procenat vode zavisi od uzorkovanog materijala i podložan je velikim odstupanjima.

Nakon sušenja u sušari bitno je ohladiti uzorak na sobnoj temperaturi, budući da vazduh na graničnom sloju između vrućeg uzorka i hladnog okruženja počinje da cirkuliše. Ovo podržava uzorak, dajući utisak manje težine. Razlika, čak i kada je neznatna, registruje se analitičkom ili poluanalitičkom vagom i iskrivljuje rezultate merenja. Dalje, vruć materijal za uzorkovanje zagreva delove mehaničke vage, što dovodi do pritiska u okviru mernog sistema, a time i do daljih izobličavanja mernih rezultata.

Efekat je poznatiji pod nazivom „temperaturno kretanje“ vlage. Nakon merenja posude za uzorkovanje i ohlađenog uzorka, proces sušenja se nastavlja, budući da postupkom ponovnog merenja ne može odrediti konstantna težina. Uzorak se ponovo postavlja u sušari, ovog puta na 30 minuta, ohlađen u eksikatoru i ponovo izmeren. Ovi koraci se ponavljaju sve dok se postupak merenja unazad ne pokaže identične rezultate tri puta uzastopno. Tek nakon što se to potvrdi, sigurno je da je dostignuta konstantna težina. Nakon poslednjeg postupka merenja, gubitak mase se izračunava na osnovu sledeće formule:

$$\frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100, \quad (1)$$

gde je:

m_1 - masa dela uzorka za ispitivanje pre sušenja u g,

m_2 - masa dela uzorka za ispitivanje posle sušenja u g.

Sadržaj vlage određuje se u % .

Masa uzoraka m_1 iz tabele uzimana je da bude oko 5g. Uzorci su sušeni u sušnici na temperaturi od 103°C tri sata i nakon toga su dobijene mase uzoraka m_2 . Pre merenja uzoci su stajali 30 minuta na sobnoj temperaturi. Rezultati koji su dobijeni za sadržaj vlage pokazuju da je sadržaj vlage različit. Kod nekih uzoraka sadržaj vlage je veći a kod nekih manji, bez obzira što su svi uzorci iste sorte višnje, u pitanju je oblačinska višnja. To znači da i pored sušenja u uzorcima serije I, II i V kod svežih uzoraka ima dosta vlage, kao i kod uzoraka II, III i

V zamrznutih uzoraka. Tretman sa vitaminom C sam po sebi daje veći sadržaj vlage, zato što se vitamin C rastvara u vodeni rastvor koji dodatno opterećuje već i onako uzorak višnje koji je bogat vodom (serija I). to isto važi i za ostale uzorke.

Tabela I Sadržaj vlage u sušenom prinosu (sušenim višnjama), nakon delovanja parametra temperature

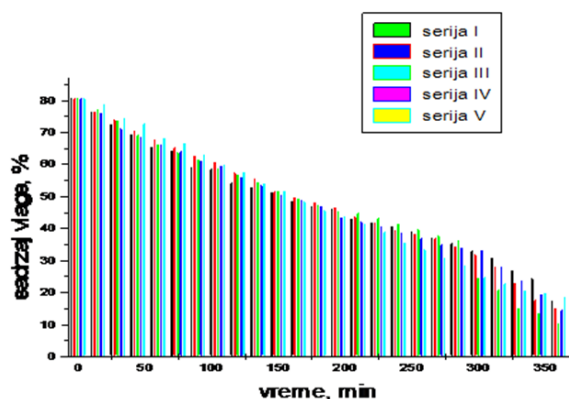
Vrste uzoraka	Serije tretiranih i netretiranih uzoraka	Masa uzoraka nakon konvektivnog sušenja	Masa uzoraka posle delovanja temperature	Masa uzoraka pre određivanja sadržaja vlage m_1	Masa uzoraka nakon sušenja na 103°C m_2	Sadržaj vlage (%)
Sveži uzorci	Serija I	56,3	17,7	5,3	3,8	28,3
	Serija II	48,1	12,5	5,3	3,3	37,7
	Serija III	34,4	12	5,05	4,7	6,93
	Serija IV	46,2	18	5,12	4,8	6,25
	Serija V	60	26,7	5,21	4,5	13,63
Zamrznuti uzorci	Serija I	56,2	21,4	5,14	4,9	4,67
	Serija II	56,3	20	5,05	3,9	22,77
	Serija III	56,1	24,6	5,03	3,8	24,45
	Serija IV	54	26,5	5	4,6	8
	Serija V	62,3	36,8	5,2	4,4	15,38

3. REZULTATI I DISKUSIJA

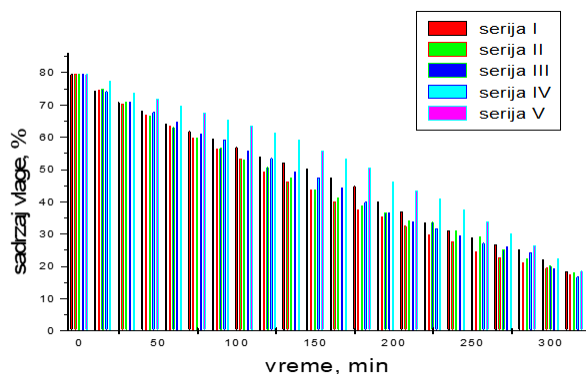
Rezultati istraživanja pokazuju da sadržaj vlage srazmerno opada u zavisnosti od izlaganja vremenu sušenja, na isti način kao što opada masa i prilikom sušenja svežih i prilikom sušenja zamrznutih višnji sa i bez tretmanima.

Na slici 1 prikazane su zavisnosti promene sadržaja vlage sa vremenom sušenja, kod višnje koje su bile u svežem stanju svih pet serija. Može se videti kako sadržaj vlage opada sa dužinom vremena sušenja. Što je vreme potrebno za sušenje duže, isparavanje vode sa površine višnje biće intezivnije. Isto tako i apsorpcija vodene pare sa površine višnje biće intezivnija ako je relativna vlažnost vazduha niža. Povećanjem brzine strujanja vazduha oko višnje, isparena voda se brže odstranjuje. Do premeštanja vlage iz unutrašnjih slojeva višnje ka spoljašnjim slojevima dolazi usled različite vlažnosti tih slojeva, koji su nastali kao rezultat isparavanja vlage i sušenja površinskog sloja [6]. Brzina premeštanja vlage iz unutrašnjih slojeva prema površini zavisi od: ukupne vlažnosti same višnje, razlike u vlažnosti pojedinih slojeva i temperature u višnjama. Pokazano je da temperatura vazduha znatno utiče na proces sušenja [7].

Na osnovu rezultata koji su dobijeni sušenjem zamrznutih višnji, može se reći da se sadržaj vlage zamrznute suve višnje smanjio sa 79,61% na 18,70% (prvi i poslednji stubić na grafikonu). Odnos gubitka vode je skoro 10:1. Na slici 2 vide se promene sadržaja vlage kod višanja koje su bile zamrznute. Ako se uporede rezultati sa slike 1 i 2 vidi se da nema velikih promena tokom vremena sušenja, odnosno promene sadržaja vlage, jedino je vreme kod sušenja zamrznutih kraće za 45 min.



Slika 1. Dijagram promene sadržaja vlage tokom vremena sušenja *sveže višnje bez tretmana*, (serija I), tretirane vitaminom C, (serija II), limontusom, (serija III), vinobranom (serija IV) i glinom (serija V).



Slika 2. Promena sadržaja vlage tokom sušenja *zamrznute višnje bez tretmana*, tretirane vitaminom C, limontusom, vinobranom i glinom.

Sušene *sveže* i *zamrznute* višnje su nakon sušenja izložene temperaturi spoljnih uslova, čuvane su na sobnoj temperaturi (bez izloženosti direktnoj svetlosti) koja je u letnjem periodu dostizala i 30°C. U takvim okolnostima je i vlažnost vazduha bila povećana. Kako su plodovi višnje isušeni na odgovarajućoj temperaturi, nije došlo do nikakvih promena na njima.

Tokom procesa sušenja moglo se videti da sušenje *sveže* višnje daje manju masu nakon izvesnog vremena, za razliku od *smrznute* koja za isto vreme ima veću masu. Takođe se može videti da *sveže* sušene višnje nisu lepljive i imaju jako tamnu boju, gotovo plavu, dok sušene *smrznute* višnje imaju jako crvenu boju i lepljive su. Iz tabele kao i sa dijagrama, može se videti kako se smanjuje masa, odnosno kako se menja sadržaj vlage *sveže* i *smrznute* sušene višnje. Može se zaključiti na osnovu tabelarnih podataka da se masa višnje smanjuje skoro 10 puta, tj odnos *svežih* i *suvih* je 10:1. Masa višnje linearno opada sa vremena, odnosno što je vreme sušenja duže masa kao i procenat vlage se smanjuju, tako da se na kraju dobija višnja sa sadržajem vlage, od 10,47 do 18,42%. Kao rezultat sušenja, može se reći, da nije došlo do bitnije promene organoleptičkih osobina, skoro da je postignuto zadržavanje prirodne boje.

Ako se uporede istraživanja u Srbiji sa istraživanjima u pogledu sušenja višnje, u Evropi, može se zaključiti da su vrednosti različite. Kvalitet višnje nije isti zato što je Srbija zemlja sa umereno kontinentalnom klimom, a to znači da je višnja sočnija, punija, pa je tokom sušenja dobijeni suvi prinos kvalitetniji sa manjim procentom sadržaja vlage. Promene sadržaja vlage u prinosu, tokom procesa sušenja prikazani su graficima na kojima se najbolje mogu uočiti promene koje se dešavaju.

Tabela II Grupno određivanje sadržaja vlage u uzorcima

Sadržaj vlage u %				
Uzorci višnje pre sušenja (<i>sveže</i>) grupa A				
Seriya I	Seriya II	Seriya III	Seriya IV	Seriya V
21,3	18,93	17,56	20,05	22,04
Uzorci višnje pre sušenja (<i>zamrznute</i>) grupa B				
Seriya I	Seriya II	Seriya III	Seriya IV	Seriya V
20,91	19,83	22,41	18,58	21,48
Uzorci <i>suvih</i> višanja posle sušenja, nakon 360 min. (grupa A)				
Seriya I	Seriya II	Seriya III	Seriya IV	Seriya V
17,5	15,27	10,47	14,55	18,42
Uzorci <i>suvih</i> višanja posle sušenja, nakon 315 min. (grupa B)				
Seriya I	Seriya II	Seriya III	Seriya IV	Seriya V
18,37	17,42	18,25	16,73	18,62
Uzorci <i>suvih</i> višanja posle sušenja, nakon delovanja parametra životne sredine. (grupa A)				
Seriya I	Seriya II	Seriya III	Seriya IV	Seriya V
28,3	37,7	6,93	6,25	13,63
Uzorci <i>suvih</i> višanja posle sušenja, nakon delovanja parametra životne sredine. (grupa B)				
Seriya I	Seriya II	Seriya III	Seriya IV	Seriya V
4,67	22,77	24,43	8	15,38

Razlike u vrednosti rezultata serija uzoraka, koje se pojavljuju u tabeli II, a vezane su za delovanje parametara životne sredine znači da neki uzorci višnje koja je sušena, je zadržala vlagu pa su zato i vrednosti veće, posebno u slučaju serije II koja je dodatno tretirana vitaminom C.

4. ZAKLJUČAK

Tokom procesa sušenja moglo se videti da sušenje *sveže* višnje daje manju masu nakon izvesnog vremena, za razliku od *zamrznute* koja za isto vreme ima veću masu. Takođe se može videti da *sveže* sušene višnje nisu lepljive i imaju jako tamnu boju, gotovo plavu, dok sušene *zamrznute* višnje imaju jako crvenu boju i lepljive su. Ovo znači da je proces *zamrzavanja* višnje uticao da se višnje nakon sušenja lepe u odnosu na višnje koje nisu *zamrzavane*. Niske temperature od -25°C razorile su strukturu samog ploda, pokidale opnu i učinile da su same višnje pre sušenja bile drugačije od *svežih*, pa je rezultat koji je dobijen očekivan. Rezultati dobijeni u tabelama pokazuju linearno opadanje mase tokom vremena na datoj temperaturi. Tokom sušenja masa višnje se smanjuje, zato što vlaga na temperaturi od 70°C brzo isparava, pa su rezultati sadržaja vlage na kraju u opsegu od 10,47 do 18,42%. Svaki predtretman ima svojih prednosti i mana u smislu da su osušeni plodovi dobrog kvaliteta osim *zamrznutih* koje su

lepljivije, ali se može reći, da nije došlo do bitnije promene organoleptičkih osobina, skoro da je postignuto zadržavanje prirodne boje. Ovo znači da je temperatura od 70°C bila odgovarajuća i da bi višnja samo sušenjem na ovoj temperaturi sačuvala sve svoje karakteristike bez nekih promena, osim smanjenog sadržaja vlage.

LITERATURA

- [1] S. Lahsasni, M. Kouhila, M. Mahrouz, A. Idlimam, A. Jamali, "Thin layer convective solar drying and mathematical modeling of prickly pear peel", *Energy*, 29 pp. 211–224, 2004.
- [2] J. Marković, "Uticaj predtretmana na kinetiku susenja sveze i smrznute visnje", st.1-85, Tehnološki fakultet Leskovic, Univerzitet Nis, 2009.
- [3] R. Radosavljević, „Hemijsko tehnološki priručnik“, V knjiga, Hemijsko inženjerstvo, Sušenje i sušare, Rad, Beograd, 2001.
- [4] I. N. Ramos, T.R. S. Brandão, C. L. M. Silva, "Structural changes during air drying of fruits and vegetables", *Int. Food Sci. Technol.*, 9 (3) pp. 201–206, 2003.
- [5] B. Stevanović, M. M. Janković, „Ekologija biljaka sa osnovama fiziološke ekologije biljaka“. NNK International, Beograd, 514 pp, 2001.
- [6] Y. Wang, Y. Li, S. Wang, L. Zhang, M. Gao, J. Tang, „Review of dielectric drying of foods and agricultural products“, *Int J Agric & Biol Eng.*, 2011.
- [7] İ. Doymaz, O. İsmail, "Drying characteristics of sweet cherry", *Food and Bioproducts Processing*, Volume 89, Issue 1, Pages 31–38, 2011.



RAZVOJ I OPTIMIZACIJA TEHNOLOŠKOG PROCESA U PROIZVODNJI PREFORMATORA PRIMENOM DFMA PRISTUPA U FIRMI „ALATNICA KRSTIĆ“

DEVELOPMENT AND OPTIMIZATION OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS IN THE PRODUCTION OF PREFORMERS USING THE DFMA APPROACH IN THE COMPANY "ALATNICA KRSTIĆ"

Milica Janković, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*
Gordana Jović, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Sadržaj – U ovom radu je izvršena analiza proizvodnje preformatora u kompaniji „Alatnica Krstić“. Preformator je specijalizovani alat za oblikovanje sirove gume u proizvodnji pneumatika. Prva faza u proizvodnji preformatora je kreiranje 3D modela u softverskom paketu SolidWorks. Tehnološki procesi u proizvodnji preformatora su gasno sečenje, glodanje, bušenje, erodiranje, graviranje, poliranje i završna kontrola, uz korišćenje naprednih CNC mašina. Analiza konkurentnosti proizvoda na tržištu, pokazala je da je potrebno primeniti DFMA metodologiju, koja optimizuje proizvodni proces smanjenjem složenosti i troškova. Rezultati analize su pokazali da je optimizacija proizvodnje primenom DFMA metodologije opravdana i da se kompanija „Alatnica Krstić“ pokazala kao pouzdan partner u saradnji sa kompanijom „Tigar Tyres“, pružajući visokokvalitetne proizvode u skladu sa tržišnim potrebama.

Ključne reči: Preformator. DFMA metodologija. Tehnološki proces. Optimizacija proizvodnje.

Abstract - In this paper, an analysis of the production of preformers in the company "Alatnica Krstić" is presented. A preformer is a specialized tool for shaping raw rubber in tire production. The first stage in the production of the preformer is the creation of a 3D model in the SolidWorks software package. Technological processes in the production of preformer are gas cutting, milling, drilling, eroding, engraving, polishing and final control, with the use of advanced CNC machines. The analysis of product competitiveness on the market showed that it is necessary to apply the DFMA methodology, which optimizes the production process by reducing complexity and costs. The results of the analysis showed that the optimization of production using the DFMA methodology was justified and that the company proved to be a reliable partner for Tigar Tyres company, providing high-quality products in accordance with market needs.

Keywords: Preformer. DFMA methodology. Technological process. Production optimization.

1. UVOD

Da bi se optimizovao proces proizvodnje, neophodno je razjasniti ključne faktore koji utiču na efikasnost i kvalitet procesa. Ovi faktori uključuju vrstu alata, brzinu okretanja alata, dubinu rezanja, određivanje pomaka, kao i potrebu za hlađenjem tokom procesa proizvodnje. DFMA metodologija (engl. Design for Manufacturing and Assembly) značajno doprinosi unapređenju efikasnosti u proizvodnom procesu, fokusiranje na projektovanje proizvoda u cilju unapređenja procesa proizvodnje i montaže, smanjenja broja potrebnih operacija i svođenje složenosti proizvodnje na minimum [1]. Ova metodologija omogućava inženjerima da već u fazi projektovanja identifikuju potencijalne probleme u proizvodnji i montaži, čime se obezbeđuje da se proizvodi mogu izraditi brzo, efikasno i sa minimalnim troškovima [1]. Pre nego što se započne sa izradom proizvoda, važno je pripremiti tehničko-tehnološku dokumentaciju koja definiše tehnološke procese izrade proizvoda, kao i režime rada za

svaku od operacija. Jedan od osnovnih dokumenata u tehničkoj pripremi je operacioni list, koji se izrađuje za svaki pojedinačni deo proizvoda. Ovaj dokument detaljno opisuje tehnički proces obrade, uključujući operacije, zahvate, mašine, alat i njihove radne režime. Izbor alata, brzine rezanja i drugih parametara zavisi od materijala obratka i alata, a preporučene brzine rezanja obično se nalaze u tabelama koje nude proizvođači alata. U procesu obrade, pri gruboj obradi koriste se niže brzine rezanja i veći pomaci, dok se pri finoj obradi primenjuju veće brzine rezanja i manji pomaci.

U ovom radu prikazane su tehničke karakteristike proizvoda i optimizacija izrade proizvoda. Osim toga, prikazane su i različite operacije koje igraju ključnu ulogu u oblikovanju finalnog proizvoda, uključujući gasno sečenje, glodanje, bušenje, erodiranje, montažu, graviranje, poliranje i brušenje. Pored tehničke analize, u radu je prikazana i tržišna analiza kompanije „Alatnica Krstić“ u odnosu na konkurentske kompanije.

2. OPIS PROIZVODA - PREFORMATORA

Sklop preformatora je specijalizovani alat koji se koristi u industriji proizvodnje gumenih proizvoda, kao što su pneumatici, gumene trake, zapeci i drugi proizvodi [2]. Osnovna funkcija preformatora u proizvodnji pneumatika je oblikovanje sirove gume u željeni oblik nakon čega se vrši njegova vulkanizacija. Geometrija preformatora može biti vrlo složena i specifična, zavisno od vrste proizvoda koji se izrađuje. Ključna karakteristika preformatora je njegova tačnost u izradi, jer je od presudnog značaja za postizanje doslednosti u proizvodnji i kvalitetu gotovih proizvoda, naročito kod proizvoda kao što su pneumatici koji moraju zadovoljiti stroge sigurnosne standarde [2].

U procesu proizvodnje preformatora, mala odstupanja u preciznosti mogu imati značajan uticaj na kvalitet finalnog proizvoda. Preformator mora biti projektovan i konstruisan tako da izdrži visoke temperature i pritiske, koji se javljaju tokom obrade gume, kao i da bude otporan na hemijska sredstva koja se koriste tokom proizvodnog procesa.

Sa druge strane, preformator mora biti projektovan u skladu sa specifičnim zahtevima proizvoda, što može podrazumevati složenu geometriju i različite dimenzije u zavisnosti od vrste i dimenzije pneumatika koji se izrađuje. Redovna kontrola je ključna za funkcionalnost i dugotrajnost preformatora, uz pravovremene korekcije delova koji su podložni habanju [3].

Specijalizovani preformator koji proizvodi kompanija „Alatnica Krstić“, predstavlja prilagođeni proizvod koji je u potpunosti usklađen sa specifičnim zahtevima kompanije „Tigar Tyres“. Preformator ima ključnu ulogu u proizvodnji pneumatika u kompaniji „Tigar Tyres“. Stoga svi tehnički parametri preformatora uključujući dimenzije i materijale, moraju biti prilagođeni kako bi alat radio optimalno unutar proizvodnih linija „Tigar Tyres“. Na ovaj način, kompanija „Tigar Tyres“, kao jedan od najvećih izvoznika u zemlji, ostvaruje veliku efikasnost u proizvodnji pneumatika. Na slici 1 je prikazan specijalizovani alat, preformator.



Slika 1. Preformator [3].

3. KONKURENTNOST NA TRŽIŠTU

Analizom tržišta utvrđeno je da postoji značajna potražnja za proizvodima koje nudi kompanija „Alatnica Krstić“, uključujući delove, alate i specijalizovane uređaje. Konkurencija u ovom sektoru je prisutna kroz veliki broj kompanija koje se bave sličnom delatnošću, međutim, održavanje visoke reputacije, primena savremenih tehnologija i optimizacija proizvodnih procesa omogućavaju kompaniji „Alatnica Krstić“ da zadrži konkurentnost na tržištu. Organizacija i korporativna kultura „Alatnice Krstić“ se temelje na visokom kvalitetu proizvoda, što je odraz stalne

inovacije, angažmana zaposlenih i kontinualnog razvoja timova za rešavanje problema. Ovaj način funkcionisanja kompanije, zajedno sa pažljivim upravljanjem troškovima i stalnim unapređenjem proizvodnih procesa, omogućava kompaniji da odgovori na rastuće konkurentske pritiske i obezbedi dugoročni rast.

Kvalitet proizvoda i usluga, konkurentne cene, kratki rokovi izrade i stvaranje partnerskih odnosa sa korisnicima usluga predstavljaju ključne faktore na kojima se bazira strategija konkurentnosti kompanije. Kompanija „Alatnica Krstić“ je uspeła da izgradi snažnu poziciju na tržištu zahvaljujući dugogodišnjem iskustvu, kvalifikovanoj radnoj snazi i visokom kvalitetu rada, što joj omogućava da zadovolji potrebe tržišta i zadrži konkurentsku prednost u odnosu na konkurente.

Pored domaće konkurencije, postoje i značajni konkurenti na međunarodnom tržištu, koji se takođe bave proizvodnjom i distribucijom proizvoda za gumarsku industriju. Ipak, blizina tržištu i specifičnost proizvodnje omogućavaju kompaniji „Alatnica Krstić“ da se pozicionira kao pouzdan partner za lokalne i regionalne potrebe, pružajući brzu reakciju u slučaju bilo kakvih problema ili potreba za modifikaciju proizvoda. Ova geografska bliskost i sposobnost brze adaptacije čine kompaniju konkurentnom u odnosu na veće međunarodne kompanije. Pored istaknutih kvaliteta kompanije i njenih dostupnih resursa, ona se kvalifikovala i dokazala kao najpogodniji izbor za proizvodnju preformatora za kompaniju „Tigar Tyres“. Kompanija „Alatnica Krstić“ poseduje savremeni mašinski park, kao i stručan i iskusen kadar koji može da odgovori na izazove savremene gumarske industrije. Sa druge strane kompanija je postigla značajne uspehe i poseduje veliko iskustvo u radu sa kompanijama iz gumarske industrije.

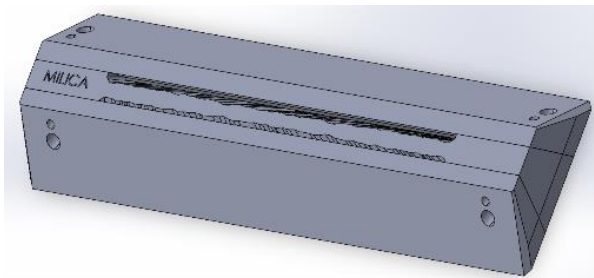
4. RAZVOJ PROIZVODA I IZRADA 3D MODELA PREFORMATORA

Razvoj preformatora počinje analizom zahteva kupca, u ovom slučaju kompanije „Tigar Tyres“. Na osnovu tih zahteva, razvija se koncept preformatora, koji se potom koristi za izradu 3D modela proizvoda. Proces izrade 3D modela uključuje kreiranje 3D modela svih komponenti, njihovo povezivanje u sklop preformatora pomoću odgovarajućih odnosa, analizu usaglašenosti sklopa, optimizaciju konstrukcije i funkcionalnosti preformatora, kao i izradu tehničke i tehnološke dokumentacije. Sledeći korak u razvoju proizvoda je kreiranje programskih kodova za CNC mašine, u skladu sa proizvodnim kapacitetima. Proizvodni proces obuhvata izradu sklopa preformatora, kontrolu kvaliteta finalnog proizvoda i pravovremenu distribuciju prema kupcu.

Važno je napomenuti da faza marketinga u ovom procesu razvoja proizvoda nije prisutna, jer je preformator specijalizovani alat koji je namenjen isključivo za potrebe kompanije „Tigar Tyres“. Iako se aspekti reciklaže i upravljanja otpadom uzimaju u obzir tokom razvoja proizvoda, kupac je odgovoran za sprovođenje tih aktivnosti. Svi navedeni koraci u procesu razvoja proizvoda fokusirani su na zadovoljavanje specifičnih zahteva kompanije „Tigar Tyres“, osiguravajući visok kvalitet i usklađenost sa postavljenim standardima.

3D modeliranje predstavlja proces kreiranja fizičkih ili virtuelnih modela proizvoda. Ovaj proces se zasniva na

razvoju matematičkog prikaza objekta, zasnovanog na koordinatama tačaka, linija, površina i zapremina koje definišu njegov oblik [4]. 3D modeliranje preformatora omogućava preciznu simulaciju i testiranje svih komponenti pre nego što počne izrada preformatora. Korišćenjem CAD programa kao što je SolidWorks, moguće je integrisati sve komponente u jedan funkcionalan sklop, što pomaže u otkrivanju potencijalnih problema u ranim fazama razvoja. Softverski paket SolidWorks je široko primenjen u industriji, jer omogućava kreiranje 3D modela i generisanje tehničke dokumentacije čime se ubrzava razvoj proizvoda i smanjuje broj grešaka u procesu projektovanja [4]. Kreiranje sklopa u softverskom paketu SolidWorks obuhvata spajanje 3D modela delova pomoću određenih geometrijskih relacija u jednu celinu. Na slici 2 prikazan je 3D model sklopa preformatora.



Slika 2. 3D model preformatora [3].

5. TEHNOLOŠKI PROCES PROIZVODNJE PREFORMATORA

Tehnološki proces obuhvata skup međusobno povezanih operacija na obradnim sistemima, uz upotrebu alata i merila, radi transformacije polaznog materijala u gotove delove i proizvode [1]. U procesu izrade preformatora, različite operacije imaju ključnu ulogu u oblikovanju finalnog proizvoda. Ove operacije se biraju u skladu sa specifičnim tehničkim zahtevima i standardima kvaliteta koje postavlja kupac. Za izradu mašinskih delova, čelik je najčešće korišćen materijal, jer poseduje izuzetne mehaničke karakteristike u poređenju sa drugim materijalima. Materijal od kojeg su izrađene sve komponente sklopa je konstrukcioni čelik S355 J2 G3. Ovaj čelik se odlikuje visokom otpornošću na temperaturne promene i koroziju, kao i velikom zateznom čvrstoćom. Takođe, poseduje dobru žilavost, što ga čini otpornim na lom pri niskim temperaturama [5]. Osim toga, čelik S355 J2 G3 je pogodan za različite vrste obrade, uključujući zavarivanje, sečenje, bušenje i savijanje, što ga čini pogodnim za izradu komponenti preformatora.

Prva operacija je gasno sečenje, proces koji se koristi za rezanje metala uz pomoć gasa kako bi se postiglo visoko temperaturno zagrevanje, do tačke topljenja metala. Električni luk se uspostavlja između netopive elektrode i materijala koji se seče. U ovoj operaciji se gasnim sečenjem dobija određeni oblik preformatora [6]. Grubo glodanje kao druga operacija je izuzetno efikasna i zastupljena metoda obrade rezanjem, i izvodi se uz pomoć alata glodala [7]. Čeono grubo glodanje se vrši kako bi se dobila kontura kalupa i smanjila masa radnog komada, pre nego što se pristupi sledećoj operaciji. Treća operacija je bušenje otvora uz pomoć alata burgije. Na preformatoru postoje četiri otvora koja treba izraditi, te se

najpre vrši zaibušivanje zaibušivačem prečnika $\varnothing 4$. U daljem procesu za bušenje konačnih otvora se koriste zavojne burgije prečnika $\varnothing 8$ i $\varnothing 15$. Operacija bušenje otvora se izvodi na mašini, CNC glodalicu HAAS VF5. Po završetku treće operacije pristupa se četvrtoj operaciji, fino glodanje. To je operacija koja se koristi za postizanje visoke preciznosti i za završnu obradu površina, a osnovni cilj finog glodanja je da se postigne precizna obrada i glatka površina. Ova operacija obavlja se na petoosnoj CNC glodalicu HAAS VM, koja se koristi za obradu delova složene geometrije iz razloga da se ne bi javila stepenasta struktura na površini, ali i kako bi se optimizovao proces [8]. Glodanje se obavlja uz pomoć glodala prečnika $\varnothing 25$, i dva loptasta glodala prečnika $\varnothing 8$ i $\varnothing 6$ [9]. Na preformatoru se nalaze dva kanala, koja služe za evakuaciju otpada i dodavanje rashladne tečnosti kako ne bi došlo do pregrevanja alata. Da bi izradili kanale na preformatoru potrebno je pristupiti petoj operaciji, erodiranje kanala. Erodiranje se koristi za obradu veoma tvrdih metala uz pomoć bakarne elektrode koja omogućava erodiranje kanala [1]. Na preformatoru se erodiraju dva kanala, na mašini CNC erozimat. Nakon erodiranja potrebno je montirati pozicije u sklop kako bi se pristupilo operaciji graviranja. Graviranje je proces koji uključuje stvaranje preciznih i detaljnih ureza na površini materijala. Ova tehnika se može koristiti u dekorativne, identifikacione ili funkcionalne svrhe [10]. U ovoj operaciji se urezuje šifra preformatora na CNC glodalicu, kako bi se preformator identifikovao i razlikovao od drugih preformatora. Nakon operacije graviranja, sklop treba da bude razdvojen na sastavne komponente, kako bi se izvršilo poliranje, kao šesta operacija. Ovaj postupak omogućava postizanje visokog kvaliteta obrade svakog dela uklanjanjem malih neravnina i nesavršenosti na površini, čime se poboljšava otpornost na koroziju i druge štetne faktore. Poliranje se obavlja na mašinama za poliranje pomoću specijalizovanih alata kao što su abrazivne paste i četke. Nakon poliranja, sastavni delovi se ponovo montiraju u sklop kako bi se pristupilo poslednjoj, osmoj operaciji brušenja. Cilj ove operacije je da dodatno obezbedi potrebnu preciznost i završnu obradu. Brušenje je metoda obrade koja se izvodi uz pomoć alata sa nedefinisanom reznom geometrijom [9]. Brušenje preformatora predstavlja poslednju operaciju, brusi se visina sklopa preformatora kako bi se dovela zadatu meru, zbog tačnosti izrade pneumatika. Površina nakon brušenja postaje glatka i zadovoljava estetske zahteve. Nakon završetka svih obradnih operacija, pristupa se završnoj kontroli

Završna kontrola predstavlja ključnu fazu u proizvodnom procesu, sprovodi se nakon završetka montaže ili obrade. Osnovni aspekti završne kontrole obuhvataju proveru dimenzija i kvaliteta, vizuelni pregled, testiranje performansi, kao i proveru usklađenosti sklopa sa standardima, ali i proveru dokumentacije [10]. Glavni cilj završne kontrole je da obezbedi da finalni proizvod u potpunosti ispunjava sve tehničke specifikacije, standarde kvaliteta i zahteve kupca pre nego što bude upućen na dalju obradu ili distribuciju.

Sa druge strane, za uspešno izvođenje svih navedenih operacija i zahvata, neophodno je da kompanija poseduje visokokvalitetnu i savremenu opremu. Korišćenje odgovarajućih mašina ključan je faktor u obezbeđivanju preciznosti, efikasnosti i kvaliteta proizvodnog procesa. U kompanijama koje se bave proizvodnjom alata, mašina i uređaja za gumarsku industriju, oprema ima ključnu ulogu u

obezbeđivanju kvaliteta i efikasnosti proizvodnih procesa. Takve kompanije obično raspoložu savremenim mašinskim parkom, koji uključuje širok spektar CNC mašina, alatnih mašina i specijalizovanih uređaja, projektovanih da zadovolje visoke standarde preciznosti i proizvodnje. CNC mašine čine osnovu savremenog proizvodnog procesa, omogućavajući visok nivo preciznosti i efikasnosti u izradi proizvoda.

Kompanija „Alatnica Krstić“ poseduje savremene CNC mašine sa tri, četiri i pet osa, kao i univerzalne mašine, koje omogućavaju izradu proizvoda vrhunskog kvaliteta, neke od CNC mašina koje kompanija poseduje su: CNC glodalica, „HAAS“, CNC glodalica, „Deckel Maxo“, strug za obradu profila do prečnika \varnothing 3600mm, CNC erozimat [2]. Kako bi se osigurao kvalitet gotovih proizvoda, kompanija implementira savremene sisteme za kontrolu kvaliteta proizvoda.



Slika 3. Glodalica, „HAAS“ [2].



Slika 4. CNC Glodalica „Deckel Maxo“ [2].

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu je prikazan opis preformatora, razvoj proizvoda, od analize zahteva kupaca do kreiranja programskih kodova za CNC mašine, kao i izrada 3D modela preformatora u softverskom paketu SolidWorks. Takođe, definisan je proizvodni proces sa implementiranom DFMA metodologijom, kao i ključni operativni zahvati, od gasnog sečenja do završne kontrole, čime se osigurava efikasnost i preciznost uz smanjenje troškova i vremena izrade. Naglasak je na primeni metodologije DFMA (engl. Design for Manufacturability and Assembly), koja optimizuje složenost proizvodnih procesa i unapređuje efikasnost u proizvodnji i montaži, čime se značajno povećava produktivnost.

Implementacija DFMA metodologije značajno doprinosi povećanju produktivnosti, smanjenju troškova i optimizaciji proizvodnog procesa u izradi preformatora. Kroz analizu i unapređenje svakog segmenta tehnološkog procesa u kompaniji „Alatnica Krstić“, ostvarena je visoka efikasnost u korišćenju resursa, smanjenje vremena obrade i poboljšanje kvaliteta proizvoda. Analizom tržišta utvrđeno je da „Alatnica Krstić“, svojom opremom i tehničkim kapacitetima, ispunjava sve potrebne uslove za izradu preformatora za kompaniju „Tigar Tyres“. Strategija kompanije potpuno je usklađena sa planom razvoja i ciljevima za pozicioniranje na tržištu, čime se osigurava ostvarivanje konkurentskih prednosti i dugoročnog rasta.

Nedostaci CNC tehnologije uključuju visoke početne investicije, jer je cena CNC mašina i opreme znatno veća u poređenju sa konvencionalnim mašinama. Takođe, složenost ovih mašina zahteva visoko kvalifikovane radnike sa specifičnim znanjima i iskustvom. S druge strane, prednosti uključuju izuzetnu preciznost i tačnost obrade, što je ključno za proizvode koji zahtevaju stroge tolerancije i optimizaciju procesa.

Savremeni CNC sistemi i alati značajno poboljšavaju preciznost obrade i efikasnost proizvodnje, dok alternativni postupci, kao što su konvencionalno glodanje i struganje, u poređenju sa njima, predstavljaju manje efikasna i skuplja rešenja, što ih čini nepovoljnim u kontekstu savremene industrijske proizvodnje.

LITERATURA

- [1] P. Stanković, „Mašinska obrada“, Izdavačko preduzeće građevinska knjiga, Beograd, 1997.
- [2] Literatura preuzeta iz firme „Alatnica Krstić“ iz Pirota.
- [3] M. Janković, Tehnološki postupak izrade proizvoda „Sklop predmatrice“ u firmi „Alatnica Krstić“, Završni master rad.
- [4] A. Bernik, „Vrste i tehnike 3D modeliranja“, Tehnički glasnik, Veleučilište u Varaždinu, Hrvatska.
- [5] H. Požar, „Tehnička enciklopedija“, Grafički zavod Hrvatske, 1987.
- [6] M. Radovanović, V. Marinković, R. Ječmenica, „Tehnologija mašinstva, obrada sečenjem“, Mašinski fakultet Univerziteta u Nišu, 2002.
- [7] M. Manić, D. Spasić, „Numerički upravljane mašine“, Mašinski fakultet i Viša tehnička škola, Niš, 1998.
- [8] Hass, sajt: www.haascnc.com, pristupljeno: 16.12.2024.
- [9] B. Tadić, „Alati i pribori“, Kragujevac, 2008.
- [10] M. Lazić, B. Nedić, S. Mitrović, „Tehnologija obrade metala sečenjem“, Jugoslovensko društvo za tribologiju, Mašinski fakultet Kragujevac, 2002.

ТЕХНО АНАЛИЗА ПОСТРОЈЕЊА ЗА ПЕЛЕТИРАЊЕ TECHNOLOGICAL ANALYSIS OF PELLETING PLANTS

Војислав Стојановић, Академија техничко-васпитачких струковних студија – Одсек Врање, Филипа
Филиповића 20, Врање

Садржај - У овом раду приказане су фазе у процесу производње пелета, од складиштења сировина до финалног паковања. Детаљно је објашњена важност сертификације пелета према ENplus стандарду, који обезбеђује квалитет и ефикасност пелета који се користе у домаћинствима и индустрији. Производња пелета представља еколошки прихватљив начин коришћења дрвеног отпада, чиме се доприноси смањењу угљеничног отиска и ефикаснијем коришћењу природних ресурса, овај рад доприноси подизању свести о већој употреби пелета и очувању животне средине.

Кључне речи: Пелет. Технолошки процес пелетирања. Дрвени чипс. Пиљевина.

Abstract - In this paper, provides a detailed overview of all stages in the pellet production process, from raw material storage to final packaging. The importance of pellet certification according to the ENplus standard, which ensures the quality and efficiency of pellets used in households and industry, is explained in detail. Pellet production is an environmentally friendly way of using wood waste, thereby contributing to reducing the carbon footprint and more efficient use of natural resources, this work contributes to raising awareness about greater use of pellets and environmental protection.

Keywords: Pellets, Technological process of pelletizing. Wood chips, Sawdust.

1. УВОД

Енергија на бази дрвета и биомасе је доминантан извор енергије за велики број људи широм планете, нарочито за земље у развоју. У развијеним земљама енергија на бази дрвета и биомасе, углавном за грејање и производњу електричне енергије, очела је нагло да се користи у последње две деценије као еколошки прихватљиви извор енергије. Повећање удела биомасе у енергетском миксу развијених земаља, нарочито у ЕУ, првенствено је подстакнуто веома стимулативном и субвенционисаном политиком. За производњу пелета у ЕУ најчешће се користе струговине, пиљевина и дрвени прах.

У раду се детаљно анализира поступак производње пелета и даје осврт на начин производње. Дат је детаљан приказ свих операција које су неопходне како би се од дрвеног материјала који у постројење доспева или у облику облог дрвета или у кабастом облику (дрвена сечка), на крају добио пелет који је спакован и спреман за дистрибуцију до крајњих корисника.

2. ПРОИЗВОДЊА ПЕЛЕТА

Главна идеја код производње пелета је коришћење сировина које представљају отпад из дрвне индустрије. Овде се пре свега мисли на дрвене остатке попут пиљевине, струготине, комадићи дрвета и другог дрвеног отпадног материјала. Ови остаци настају током процеса обраде дрвета, као што су сечење, брушење и обрада дрвне грађе у дрвној индустрији. На овај начин, пелети

доприносе ефикаснијем искоришћавању ресурса, јер се материјали који би иначе били одбачени, поново употребљавају за производњу енергије [1].

Најчешћа сировина за производњу пелета је пиљевина, која се добија током обраде дрвета у пиламама. Пиљевина је идеалан материјал јер има ситнозрнасту структуру, коју није неопходно посебно третирати и која се лако може компримовати у пелете.

Сировина, наравно поред поступка производње има кључни утицај на квалитет пелета који се добија на излазу из производног процеса. Процес сертификације пелета у ЕУ је од кључне важности како би се осигурао квалитет дрвених пелета који се користе за грејање у домаћинствима и индустрији. У Европској унији, стандардизација и сертификација пелета омогућавају да се производња, продаја и употреба пелета одвијају у складу са највишим техничким и еколошким захтевима. Ово је важно како би се осигурала висока енергетска ефикасност, смањиле емисије штетних гасова и продужио животни век опреме која користи пелете као гориво.

Главни систем сертификације пелета у Европској унији је ENplus, који осигурава да дрвени пелети испуњавају захтеве европског стандарда EN 14961-2 [9]. Овај стандард регулише квалитет и класификацију дрвених пелета и примењује се широм Европе, али и глобално. ENplus систем обухвата неколико класа квалитета пелета, а најзначајније класе су А1, А2 и В. Ове класе се разликују у погледу физичко-хемијских својстава

пелета, као што су садржај пепела, влага, механичка чврстоћа и калорична вредност.

Процес сертификације пелета по ENplus стандарду обухвата неколико корака, који осигуравају да произвођачи и дистрибутери пелета одржавају висок ниво квалитета, они су: контрола производног процеса, испитивање узорака, редовна контрола квалитета, ознаке и трагови порекла.

ENplus сертификација пружа бројне предности како произвођачима, тако и корисницима пелета. Произвођачи добијају приступ већем тржишту, јер су сертификирани пелети признати у целој Европи. С друге стране, корисници могу бити сигурни да купују производе који су тестирани и који испуњавају високе стандарде ефикасности и еколошке прихватљивости.

На жалост у Србији главна сировина за производњу пелета представља обло дрво што је у супротности са основном идејом производње пелета која се темељи на употреби отпадног дрвета за производњу пелета. Употреба облог дрвета (трупаца) за производњу пелета представља озбиљан проблем са еколошког аспекта, који има далекосежне последице на шумарство, одрживост природних ресурса и заштиту животне средине. Коришћење облог дрвета за производњу пелета доводи до директне сече здравих, често младих стабала, која би иначе наставила да расту и доприносе шумском екосистему. Сечење оваквих стабала не само да смањује укупну шумску површину, већ утиче и на биодиверзитет. Шуме су станиште многим врстама биљака и животиња, па њихово уништавање нарушава природне екосистеме. Ову праксу је потребно што хитније изменити [1].

У наставку су укратко описани побројани поступци, док се у наредним поглављима сваки од наведених поступака детаљно разматра. Ovom temom bavili su se mnogi autori, ipak znasniji uticaj na napredak u ovoj oblasti dali su Abdoli et all. [1], Jenkins [2], Routledge [3] i Doring [4]

3. СКЛАДИШТЕЊЕ И ГРУБО МЛЕВЕЊЕ

Складиштење сировине на почетку производног процеса представља кључну фазу у производњи пелета. Уколико се у овој фази начине грешке оне се консеквентно преносе на остале производне фазе [2].

Један од највећих изазова у складиштењу сировина је спречавање прекомерне влажности. Сировина која апсорбује превише влаге може довести до неравномерног сагоревања пелета и смањене калоричне вредности. Такође, током складиштења неопходно је обезбедити континуалну контролу квалитета. Све време сировина мора бити заштићена од загађења нечистоћама, као што су песак, земља или камење, који могу утицати на квалитет пелета. Редовне инспекције и мерења нивоа влаге и чистоће сировине су кључне за осигурање стабилног квалитета. Сировина се често складишти у великим силосима или бункерима, где је неопходно обезбедити ефикасну ротацију сировинског материјала како би се осигурала свежина сировине и спречила стагнација материјала која нужно доводи до губитка квалитета сировинског материјала током дужег периода складиштења. Уколико се различите врсте дрвета и биомасе користе за

производњу пелета, пожељно је да се складиште одвојено уколико имају различите карактеристике (нпр. садржај влаге или топлотну моћ). Ово омогућава да се пелети произведу од хомогене смеше сировина, што је важно за осигурање квалитета финалног производа. Коначно, уколико се складишти велика количина сировине, биолошког порекла (биомасе) постоји ризик од самозапаљивања услед топлоте која се генерише ферментацијом или труљењем влажног материјала. Ово захтева стално праћење температуре (нпр. термовизијском камером) у складишту и превентивне мере како би се избегли пожари. На слици 1.2 приказано је наткривено складиште сировинског материјала [2].



Слика 1. Наткривено складиште сировинског материјала.

Грубо мљење сировине је друга фаза у процесу пелетирања, која претходи фином мљењу и самом процесу пелетирања. Ова фаза подразумева механичко смањење величине комада дрвеног материјала или биомасе како би постали погодни за даље обрађивање. Циљ грубог мљења је да се сировина доведе до величине честица које се могу лако сушити и финално уситнити у каснијим фазама [2].

Пре мљења, сировина (обично дрвни отпад, пиљевина, струготине или мањи комади дрвета) пролази кроз систем за уклањање нечистоћа како би се уклонили материјали попут камења, песка, метала и слично који могу оштетити опрему за мљење. За грубо мљење се најчешће користе чипери или дробилица а конфигурација машине зависи од врсте сировине која се користи на улазу. Чипери сецају веће комаде дрвета у мање комаде, обично величине неколико центиметара. Ово је посебно корисно за сировине попут трупаца, грања или стабала [2].



Слика 2. Изглед млина чекићара.

Главни механизам мљења је ударна сила. Како чекићи ударају у материјал, велики делови дрвета се разбијају у мање комаде који се одбацују до зида коморе за мљење где се додатно уситњавају. Сила удара чекића

и брзина ротације одређују коначну величину честица. Када материјал достигне одговарајућу величину, пролази кроз сито и излази из млина. Уситњени материјал се затим удводи у следећу фазу процеса, обично кроз транспортне траке или пнеуматски систем. Финоћа млевеног материјала може се контролисати подешавањем величине отвора на сити и брзином ротације ротора. Брзина ротора и број чекића такође имају важну улогу у томе до које гранулације ће материјал бити уситњен [2].

4. СУШЕЊЕ

Сушење материјала је једна од најважнијих фаза у процесу пелетирања и има кључну улогу у припреми сировине за пресовање у пелете. Пошто дрвена сировина (пиљевина, чипс, струготине) обично има велику количину влаге, сушење је неопходно како би се постигла оптимална влажност која омогућава квалитетну компресију и формирање пелета. Прекомерна влага може утицати на ефикасност пресовања и квалитет самих пелета, па је правилно сушење од суштинског значаја.

Сировина која улази у процес пелетирања може имати садржај влаге од 30% до 60%, зависно од врсте дрвета, временских услова и услова складиштења. За пелетирање, идеална влажност материјала је између 10% и 12%. Ако је материјал превише влажан, пелети неће бити компактни и лако ће се распадати, док ће сувише сув материјал узроковати проблеме у пресовању. Пелети произведени од сувог материјала имају вишу топлотну моћ, што их чини ефикаснијим за сагоревање. Такође, пелети са мањим садржајем влаге стварају мање пепела и емитују мање штетних гасова приликом сагоревања, што их чини еколошки прихватљивијим. Адекватно сушење осигурава да пелети буду чврсти и компактни, што их чини погодним за транспорт и складиштење. Пелети са вишком влаге могу се деформисати током складиштења и постати неупотребљиви [3].

Температура у процесу сушења мора бити пажљиво контролисана како би се избегло прегревање и евентуално паљење материјала. У зависности од врсте сировине, температуре у сушарама су обично у опсегу између 100°C и 600°C. Количина и брзина протока ваздуха у сушари имају кључну улогу у процесу сушења. Довољан проток ваздуха осигурава да се влага ефикасно уклони из материјала. Након што материјал прође кроз сушару, потребно је измерити остатак влаге у њему. Ово се обично ради уз помоћ специјалних уређаја који мере садржај влаге и осигуравају да материјал има жељену влажност пре него што уђе у процес пресовања. Природно сушење материјала за пелетирање представља традиционални метод сушења који се ослања на природне климатске услове за уклањање влаге из сировине пре него што она уђе у процес пелетирања. Материјал се распоређује у растресите гомиле и редовно се окреће, чиме се подстиче испаравање воде. Принудно сушење подразумева коришћење специјализованих сушара које користе врућ ваздух, топлоту и механичке системе за брзо уклањање влаге из материјала. Принудно сушење је знатно брже од природног сушења. Процес сушења се драстично смањује. Код природног сушења, под идеалним условима трајао би недељама или месецима док код принудног сушења може трајати од неколико минута до неколико сати, у зависности од капацитета сушаре и почетне влажности

материјала. Принудно сушење омогућава прецизну контролу температуре, протока ваздуха и времена сушења, што резултира тачнијом контролом нивоа влаге у материјалу. Ово је посебно важно за производњу пелета, где је оптимална влажност (између 10% и 12%) кључна за квалитет финалног производа. Системи принудног сушења су ефикаснији и у погледу простора, јер не захтевају велике површине за сушење материјала, као код природног сушења [3].

5. ПЕЛЕТИРАЊЕ

Следећи корак након сушења и мљења је процес пелетирања у преси за пелетирање. Технологија пелетирања заправо потиче из индустрије за производњу хране за животиње и мали произвођачи и даље користе такав принцип. Пресе за пелетирање представљају кључну машину у процесу производње пелета, јер компримују биомасу у компактне, цилиндричне облике — пелете. Овај процес укључује примену велике силе како би се ситна дрвена биомаса, попут пиљевине, дрвеног чипса или других материјала, компримовала и претворила у пелете. Постоји више типова пелет преса у зависности од капацитета производње и врсте биомасе која се користи. Главне компоненте пелет пресе, без обзира да ли се ради о пресима са равном или прстенастом матрицом су матрица, ваљци и мотор за погон пелет пресе [3].

Централна компонента сваке пелет пресе је матрица. Она има рупе кроз које се материјал истичује компресује и загрева. Температуре током пелетирања обично достижу 90-130°C. Ова температура је довољна да лигнин (*који је*), омекша и постане флуидан. Температура није превише висока да би материјал почео да гори. Када се лигнин загреје, његова структура се мења — постаје вискозна и делује као природни лепак. Током компресије, честице дрвета се под утицајем топлоте и притиска лепе једна за другу. Загрејани лигнин испуњава празнине између честица, везујући их у компактне пелете. Након што су пелете компримоване и обликоване, потребно их је охладити. Како се пелете хладе, лигнин се поново учвршћује и кристализује, дајући пелетима стабилну, чврсту структуру [3].



Слика 3. CPM-Пелет пресе.

Пресе са прстенастом матрицом користе цилиндричну прстенасту матрицу, у којој се материјал компресује од унутрашњости према споља. Ваљци се окрећу унутар прстенасте матрице, гурајући биомасу кроз рупе у матрици. Ове пресе су дизајниране за индустријске погоне већих капацитета. Овај тип преса је веома ефикасан у производњи великих количина пелета. Материјал пролази кроз више рупа истовремено, што омогућава бржу и конзистентнију производњу. Пресе са прстенастом матрицом могу радити непрекидно током дужег временског периода, што је чини идеалним за велике индустријске погоне [3].

6. НАКНАДНА ОБРАДА

Након што пелете изађу из пелет пресе, оне су на високој температури и подложне су деформацијама. Као што је већ речено температура пелета може достићи од 90°C до 130°C током процеса компресије. У овом стању пелете су мекше и склоне ломљењу, па је неопходно да прођу кроз процес хлађења како би постале стабилни и погодне за складиштење и транспорт. Хлађење је кључна фаза у производњи пелета која осигурава чврстоћу и квалитет финалног производа. Након што пелети напусте пресу, потребно их је охладити на температуру околине како би лигнин, који делује као природни лепак, стврдно и ојачао структуру пелета. Хлађење пелета обично се врши коришћењем супротнострујних хладњака, који су најпопуларнији тип хладњака у индустрији пелета. Супротнострујни хладњаци функционишу тако што хладан ваздух пролази кроз пелете одоздо, док пелети силазе одозго ка дну хладњака. Овај супротни проток ваздуха осигурава ефикасно и равномерно хлађење пелета [4].



Слика 4. Супротносмерни хладњак за пелет.

7. ПАКОВАЊЕ ПЕЛЕТА

Паковање пелета је последња фаза у процесу производње пелета и важна је за њихову заштиту, транспорт и складиштење. Пелети се могу паковати у различитим форматима, укључујући мале вреће (обично 15-20 kg) за домаћу употребу или велике вреће (jumbo bags). Постоје три главне методе паковања пелета: ручно, полуаутоматско и аутоматско паковање. Ручно паковање је најосновнији начин паковања пелета и обично се користи у мањим погонима. У овом процесу, радници ручно пакују пелете у вреће користећи једноставне алате као што су мерни левци и ваге за тачно мерење тежине. Полуаутоматско паковање је комбинација ручног и механичког рада. У овом процесу, радници ручно стављају вреће на машину која их пуни пелетима, али се пуњење, мерење и затварање врећа врши уз помоћ аутоматизованих уређаја. Аутоматско паковање је најсавременији и најефикаснији метод паковања пелета. У овом процесу, машине обављају целокупни процес — од

пуњења до затварања врећа, без потребе за ручним радом. Овај систем је најпогоднији за велике индустријске погоне који производе велике количине пелета [4].

8. ЗАКЉУЧАК

У раду је сагледана техно анализа постројења за производњу пелета. Пелетирање представља ефикасан начин коришћења ресурса који би иначе били одбачени, чиме се доприноси заштити животне средине и смањењу угљеничног отиска. У Европској унији и другим развијеним земљама употреба пелета је подстакнута регулативама које фаворизују еколошки прихватљиве изворе енергије. Уз све већу глобалну потражњу за обновљивим изворима енергије, индустрија пелета има значајан потенцијал за даљи раст. Међутим, за успех на овом тржишту неопходно је континуирано унапређивати производне технологије и оптимизовати економске параметре, како би се обезбедила конкурентност и одрживост у условима растуће конкуренције и све строжих еколошких стандарда.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Abdoli, Mohammad Ali, Aboali Golzary, Ashkan Hoseini, and Pourya Sadeghi. "Wood Pellet as a Renewable Source of Energy." Tehran: Springer International Publishing (2018).
- [2] Jenkins, D. (2010). Wood pellet heating systems: The Earthscan expert handbook on planning, design and installation. Routledge.
- [3] Obernberger, Ingwald, and Gerold Thek. The pellet handbook: the production and thermal utilisation of pellets. Routledge, 2010.
- [4] Döring, Stefan. Power from pellets: technology and applications. Springer Science & Business Media, 2012.
- [5] <https://edgei.com/biomass-storage-solutions/>.
- [6] <https://bruks-siwertell.com/grinding-milling/hammer-mill-dry-materials>.
- [7] <https://www.cpmeurope.nl/en/products/pellet-mills>.
- [8] <https://www.andritz.com/products-en/group/feed-biofuel/counter-flow-cooler>.
- [9] https://iss.rs/sr_Cyrl/project/show/iss:proj:37147.

UTICAJ SEZONSKIH PROMENA NA KONCENTRACIJU AEROPOLENA U VRANJU TOKOM 2023. GODINE

THE IMPACT OF SEASONAL CHANGES ON THE CONCENTRATION OF AEROBIOTA IN VRANJE DURING 2023

Tijana Milanović, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Vranje, Filipa Filipovića 20, Vranje.*

Sadržaj - U ovom radu istražuje se uticaj sezonskih promena na koncentraciju polena u atmosferi grada Vranja tokom 2023. godine. Polen, kao glavni aeroalergen, ima značajan uticaj na zdravlje ljudi, naročito na osobe sa respiratornim alergijama i astmom. Kroz sistematsko praćenje i analizu koncentracije polena tokom četiri godišnja doba, cilj istraživanja je da se utvrdi povezanost između meteoroloških faktora (kao što su temperatura, vlažnost, brzina vetra) i promena u koncentraciji polena u vazduhu. Podaci su prikupljeni pomoću aerobioloških mernih uređaja i analizirani statistički kako bi se identifikovali ključni periodi kada je koncentracija polena najviša, kao i sezonske varijacije u njegovom prisustvu. Rezultati su pokazali da koncentracija polena u Vranju značajno varira tokom godine, sa najvišim nivoima u prolećnim i letnjim mesecima, dok zimski periodi karakterišu niske koncentracije. Ovi podaci mogu doprineti boljem razumevanju sezonskih promena u aeroalergenima, što je od posebne važnosti za javno zdravlje i prevenciju alergijskih reakcija.

Ključne reči: *Sezonske promene. Koncentracija polena. Vranje. Aeroalergeni. Zdravlje. Meteorološki faktori.*

Abstract - This study investigates the impact of seasonal changes on pollen concentration in the atmosphere of Vranje during 2023. Pollen, as a major aeroallergen, significantly affects human health, particularly individuals with respiratory allergies and asthma. Through systematic monitoring and analysis of pollen concentration over the four seasons, the aim of the research is to determine the relationship between meteorological factors (such as temperature, humidity, and wind speed) and changes in pollen concentration in the air. Data were collected using aerobiological measuring devices and statistically analyzed to identify key periods when pollen concentration is highest, as well as seasonal variations in its presence. The results showed that pollen concentration in Vranje varies significantly throughout the year, with the highest levels recorded in the spring and summer months, while the winter period is characterized by low concentrations. These data can contribute to a better understanding of seasonal changes in aeroallergens, which is of particular importance for public health and the prevention of allergic reactions.

Keywords: *Seasonal changes. Pollen concentration. Vranje. Aeroallergens. Health. Meteorological factors.*

1. UVOD

Polen, kao jedan od glavnih aeroalergena, igra značajnu ulogu u izazivanju alergijskih reakcija i respiratornih oboljenja kod osetljivih pojedinaca. Njegova koncentracija u atmosferi varira tokom godine, pri čemu sezonske promene imaju ključni uticaj na nivo polena, što može biti od velikog značaja za javno zdravlje. Alergije na polen postale su globalni javnozdravstveni problem, sa sve većim brojem osoba koje pate od respiratornih simptoma, kao što su kijanje, kašalj, otežano disanje i konjuktivitis, naročito u periodima kada je koncentracija polena u vazduhu na višem nivou [1].

Gradske sredine, kao što je Vranje, karakterišu specifični mikroklimatski uslovi koji mogu uticati na prisustvo polena u atmosferi. Meteorološki faktori, kao što su temperatura, vlažnost, padavine i brzina vetra, mogu značajno doprineti

varijacijama u koncentraciji polena, čineći je višom u određenim periodima godine, a nižom u drugim. S obzirom na to da su alergijske reakcije na polen uglavnom sezonske, važno je razumeti koji meteorološki faktori imaju najizraženiji uticaj na njegovu koncentraciju u atmosferi [2].

Ovaj rad se fokusira na analizu koncentracije polena u Vranju tokom 2023. godine, sa ciljem da se identifikuje povezanost između sezonskih promena i koncentracije polena, kao i da se istraži uloga meteoroloških faktora u ovom procesu. Kroz analizu podataka prikupljenih tokom svih godišnjih doba, istražuje se kako promena u temperaturi, vlažnosti i padavinama utiče na varijacije u prisustvu polena, što može doprineti boljoj prevenciji alergijskih reakcija i poboljšanju javnog zdravlja [3].

Razumevanje sezonskih varijacija u koncentraciji polena ima ključnu ulogu u planiranju preventivnih mera za

smanjenje izloženosti aeroalergenima, kao i u unapređenju metoda za monitoring i kontrolu kvaliteta vazduha u urbanim sredinama. Stoga, rezultati ovog istraživanja mogu pružiti važan doprinos u kreiranju efikasnih strategija za zaštitu osetljivih populacija, kao i za unapređenje javnog zdravlja u budućnosti [4].

2. SEZONSKE VARIJACIJE U KONCENTRACIJI POLENA U VRANJU

Tokom 2023. godine, koncentracija polena u Vranju značajno je varirala u zavisnosti od godišnjeg doba. Promene u koncentraciji polena usko su povezane sa klimatskim i meteorološkim faktorima kao što su temperatura, vlažnost vazduha, padavine i brzina vetra. Ovi faktori direktno utiču na fenologiju biljaka, tj. vreme cvetanja i proizvodnje polena, što dovodi do sezonskih fluktuacija u njegovoj koncentraciji u atmosferi. Kroz analizu podataka prikupljenih tokom svih godišnjih doba, moguće je identifikovati specifične obrasce koncentracije polena, kao i uporediti fluktuacije između sezona.

U istraživanju koncentracije polenovih zrna u Vranju tokom 2023. godine korišćene su savremene meteorološke metode i oprema za praćenje uticaja klimatskih faktora na promene koncentracije polena. Ove metode su omogućile prikupljanje tačnih i kontinuiranih podataka o vremenskim uslovima, što se pokazalo ključnim za analizu sezonskih promena nivoa polena. Primena automatizovanih mernih uređaja za praćenje koncentracije polena, uz precizno merenje parametara kao što su temperatura, vlažnost vazduha, brzina vetra i padavine, omogućila je izuzetnu preciznost u identifikaciji obrazaca fluktuacija polena. Ovi podaci su potom analizirani u kontekstu vremenskih varijacija i njihove korelacije sa proizvodnjom polena od strane različitih biljnih vrsta, kao i sa specifičnim meteorološkim uslovima koji pogoduju ili inhibiraju njegovu disperziju u atmosferi. Proleće (mart-maj) je period kada koncentracija polena dostiže svoj vrhunac, naročito tokom meseca aprila i maja. U ovom periodu dominiraju poleni drveća, kao što su breza, hrast, i topola, koji imaju specifične fenološke karakteristike, uključujući visoku produkciju polena u ovom periodu. Analizom podataka, zabeleženo je da je prosečna dnevna koncentracija polena u aprilu mogla dostići čak 1000 zrna/m³, što je značajno iznad proseka za ostale mesece. Ovaj period je karakterisan umerenom temperaturom (oko 15-20°C), koja je pogodovala širenju polena kroz atmosferu. Takođe, u maju, iako je zabeležen pad koncentracije, to je bilo posledica povećanih padavina koje su taložile polen i smanjile njegovu koncentraciju u vazduhu.

Fiziološki, visoke koncentracije polena tokom proleća mogu se objasniti procesima poput povećane fotosinteze i akumulacije hranljivih materija u biljkama, što podstiče masovnu proizvodnju polena. Tada, pod uticajem temperature, dolazi do otpuštanja polena u atmosferu, koji se prenosi na velike udaljenosti, naročito pod uticajem vetra.

Leto (jun-avgust) predstavlja period kada koncentracija polena trava, posebno pšenice i ambrozije, dostiže svoj vrhunac. Ambrozija je jedan od najvažnijih aeroalergena, koji je u ovom periodu izazivao visoke koncentracije u atmosferi, naročito tokom jula. U junu, koncentracija polena pšenice i ambrozije je bila značajno izražena, dok su visoke temperature, koje su prelazile 30°C, doprinosile širenju polena

kroz vazduh. U julu, ambrozija je dostigla svoju maksimalnu koncentraciju, sa pojedinačnim vrednostima koje su premašivale 2000 zrna/m³, što je bilo posledica sušnih uslova i visoke temperature. Suvi uslovi olakšavaju širenje polena, jer manja količina padavina ne omogućava slivanje polena sa površina biljaka, dok vrućina omogućava lakše širenje čestica u atmosferi.

Pored ambrozije, letnji period karakterišu i visoke koncentracije polena trava (*Poaceae*), koji tokom vrućih meseci može izazvati značajne probleme kod alergičara. Klimatske promene, posebno produženo sušno vreme, mogu dovesti do produžene sezone polena i povećane koncentracije u vazduhu.

Tokom jeseni, (septembar-novembar), koncentracija polena postepeno opada, ali je u početnim mesecima, posebno u septembru, još uvek prisutna značajna količina polena, prvenstveno od ambrozije, koja ostaje aktivna do kraja meseca. U ovom periodu, pad temperature i povećana vlažnost vazduha smanjuju efikasnost širenja polena u atmosferi, što dovodi do postepenog smanjenja koncentracije. U novembru, koncentracija polena se smanjuje na minimum, zbog smanjenja vegetacije i sve učestalijih padavina koje talože preostali polen.

Fiziološki, snižavanje temperatura dovodi do smanjenja aktivnosti biljaka, što smanjuje proizvodnju polena. Takođe, povećana vlažnost i padavine utiču na taloženje polena na tlo, što značajno smanjuje njegovu koncentraciju u atmosferi.

Zimski meseci (decembar-februar) predstavljaju period kada je koncentracija polena na najnižem nivou, sa vrednostima koje ne prelaze 50 zrna/m³, naročito u januaru i februaru. Ova sezona karakteriše se niskim temperaturama i odsustvom cvetanja, što dovodi do minimalne produkcije polena. Padavine i visoka vlažnost tokom zimskih meseci smanjuju prisustvo polena u atmosferi, dok snežni pokrivač dodatno zatvara tlo, sprečavajući oslobađanje polena u vazduh.

Zimski period je specifičan zbog niske fenološke aktivnosti biljaka, kada su procesi kao što je proizvodnja polena potpuno suspendovani. Ovaj period pruža olakšanje za osobe koje pate od sezonskih alergija, jer je izloženost polenu tokom zime minimalna.

3. ULOGA METEOROLOŠKIH FAKTORA U PROMENAMA KONCENTRACIJE POLENA

Meteorološki faktori predstavljaju ključne varijable koje direktno utiču na produkciju, disperziju i taloženje polena, čime se oblikuju sezonske varijacije u njegovoj koncentraciji u atmosferi. Polen je aeroalergen koji se prenosi kroz vazduh i ima značajan uticaj na zdravlje ljudi, posebno u pogledu respiratornih alergija. Zbog svoje prirode, koncentracija polena u atmosferi nije statična i zavisi od složenih interakcija između bioloških i meteoroloških faktora. Svaka promena u meteorološkim uslovima može dovesti do značajnih varijacija u količini polena prisutnog u vazduhu, što može imati direktan uticaj na alergijske reakcije stanovništva. Četiri ključna meteorološka faktora koji oblikuju koncentraciju polena su temperatura, vlažnost vazduha, padavine i brzina vetra [5].

1. Temperatura je jedan od najvažnijih faktora koji utiču na fenološke procese biljaka, uključujući vreme cvetanja i intenzitet proizvodnje polena. Biološki procesi u biljkama,

uključujući polinaciju, imaju specifične temperaturne pragove, što znači da temperaturne varijacije mogu direktno uticati na količinu polena koja se oslobađa u atmosferu.

U proleće i leto, kada su temperature u porastu, dolazi do ubrzanog cvetanja biljaka, što povećava proizvodnju polena. Optimalni temperaturni uslovi za cvetanje drveća (kao što su breza, hrast) i trava (*Poaceae*) obuhvataju temperature između 15°C i 25°C, dok za vrste poput ambrozije i drugih korova, koji cvetaju u letnjim mesecima, viša temperatura (iznad 30°C) favorizuje proizvodnju polena. Tokom letnjih meseci, viša temperatura može dovesti do ubrzanog otpuštanja polena u atmosferu, dok niže temperature tokom jeseni i zime smanjuju biološku aktivnost biljaka, što rezultira smanjenjem koncentracije polena [6].

Takođe, temperaturne fluktuacije tokom godine mogu imati dugoročne posledice na fenološke procese. Na primer, u godinama sa višim prosečnim temperaturama, može doći do ranijeg početka sezone polena, produžene polenske sezone, kao i povećane koncentracije polena tokom leta. S obzirom na klimatske promene, ovo je postalo predmet brojnih istraživanja koja ukazuju na mogućnost produžavanja sezone polena i povećanje alergijskih sezona [7].

2. Vlažnost vazduha utiče na sposobnost polena da opstane u atmosferi, kao i na njegovu sposobnost da se širi. S obzirom na to da polenove čestice imaju higroskopna svojstva (sklonost da apsorbuju vlagu), visoka vlažnost može izazvati aglomeraciju (slepljivanje) čestica polena, čime se smanjuje njihova koncentracija u vazduhu. Visoka vlažnost uslovljava veće taloženje polena na tlu i vegetaciji, dok niska vlažnost omogućava duže zadržavanje polena u atmosferi [8].

Niska vlažnost, koja je karakteristična za letnje mesece u sušnim periodima, može značajno doprineti povećanju koncentracije polena, jer polen postaje lakši za širenje kroz vazduh, čime se njegova disperzija povećava. U suprotnim uslovima, tokom vlažnih meseci sa čestim padavinama, polen se taloži na tlo, što smanjuje njegovu koncentraciju u atmosferi. Ovaj efekat je posebno izražen tokom proleća, kada visoka vlažnost u kombinaciji sa kišama može rezultirati smanjenjem koncentracije polena u vazduhu [9].

3. Padavine imaju direktan uticaj na koncentraciju polena u atmosferi, jer funkcionišu kao prirodni mehanizam za njegovo taloženje. Kiša, magla i rosa efikasno uklanjaju polen iz vazduha taložeći ga na tlo, čime smanjuju njegovu koncentraciju u atmosferi. U regionima sa čestim padavinama, koncentracija polena je obično niža tokom sezona kada su padavine učestalije, kao što su jesen i zima. Padavine mogu smanjiti koncentraciju polena u atmosferi za čak 30-50% u kišnim danima [10].

Međutim, kiša takođe može imati indirektan uticaj na proizvodnju polena, jer visoka količina padavina u proleće i leto može usloviti bogatiji i brži rast biljaka, što dovodi do intenzivnije proizvodnje polena. Sa druge strane, nedostatak padavina tokom sušnih letnjih meseci dovodi do povećanja koncentracije polena u vazduhu, jer nedostatak kiše onemogućava efikasno taloženje polena [11].

4. Brzina i smer vetra igraju ključnu ulogu u transportu polena, jer omogućavaju njegovu disperziju na velike udaljenosti. Vetar je primarni faktor za prenos polena iz biljnih izvora u atmosferu i njegovo dalje širenje. U oblastima sa

visokom brzinom vetra, polen se može prenositi na stotine kilometara, dok u područjima sa niskom brzinom vetra koncentracija polena ostaje lokalizovana.

Brži vetrovi mogu povećati koncentraciju polena u atmosferi, jer omogućavaju duže zadržavanje čestica u vazduhu. S obzirom na to da se vetrovi mogu kretati u različitim pravcima, smer vetra takođe igra važnu ulogu u određivanju oblasti u kojoj će polen biti koncentrisan. U urbanim sredinama sa slabim vetrom, polen može duže ostati u atmosferi i izazvati veće koncentracije, dok u ruralnim područjima, sa jačim vetrovima, polen se disperguje na šire geografske razmere [12].

4. ZDRAVSTVENI RIZICI POVEZANI SA POVEĆANOM KONCENTRACIJOM POLENA I PREVENCIJA ALERGIJSKIH REAKCIJA

Povećana koncentracija polena u atmosferi predstavlja značajan zdravstveni rizik, posebno za osobe koje pate od alergijskih bolesti, poput alergijskog rinitisa, astme i konjuktivitisa. Polen, kao primarni aeroalergen, izaziva imunološke reakcije kod osetljivih pojedinaca, pri čemu se kod njih aktiviraju specifična IgE antitela koja pokreću upalne procese u respiratornom i očnom sistemu. Najčešći simptomi uključuju kijanje, curenje nosa, začepljenje nosa, suvoću i svrbež u očima, kao i otežano disanje. U težim slučajevima, izloženost velikim koncentracijama polena može dovesti do exacerbacije astme, uključujući napade kašlja, piskanje pri disanju i otežano disanje, što može značajno smanjiti kvalitet života [13].

Uzimajući u obzir klimatske promene i očekivane promene u sezonskim varijacijama koncentracije polena, predviđa se povećanje učestalosti i intenziteta alergijskih reakcija. Podaci iz različitih studija ukazuju na to da se sezona polena produžava, a koncentracija polena u vazduhu raste, naročito u prolećnim i letnjim mesecima. Ova situacija stvara dodatni pritisak na zdravstveni sistem, jer povećava broj pacijenata koji traže medicinsku pomoć zbog alergijskih reakcija, što može dovesti do veće potrošnje resursa u zdravstvenim ustanovama [14].

Prevenција alergijskih reakcija usmerena je na smanjenje izloženosti polenu, što uključuje nekoliko strategija. Jedan od osnovnih pristupa je informisanje i edukacija građana o periodima kada su koncentracije polena najviše, kao i preporuke za smanjenje izloženosti, kao što su zatvaranje prozora tokom polenskih sezona, izbegavanje aktivnosti na otvorenom u najkritičnijim periodima i korišćenje zaštitnih maski i naočara. Farmakološka prevencija obuhvata upotrebu antihistaminika, kortikosteroida i dekongestiva koji pomažu u kontrolisanju simptoma alergijskog rinitisa i astme. Osim toga, imunoterapija (poznata kao vakcinacija protiv polena) pokazala se kao efikasan tretman za smanjenje alergijske preosetljivosti na polen, naročito kod pacijenata sa teškim oblicima alergijskih bolesti [15].

5. ZAKLJUČAK

Povećana koncentracija polena u atmosferi, koja je u velikoj meri uslovljena meteorološkim faktorima poput temperature, vlažnosti, padavina i brzine vetra, predstavlja ozbiljan izazov za zdravlje ljudi, posebno za osobe sa respiratornim alergijama. Sezonske varijacije u koncentraciji polena, koje su postale izraženije u poslednjim decenijama

zbog klimatskih promena, dovode do produženja i intenzifikacije polenskih sezona, čime se povećava rizik od alergijskih reakcija. Polen, kao glavni aeroalergen, uzrokuje širok spektar simptoma, od blagih oboljenja poput alergijskog rinitisa do ozbiljnijih stanja, kao što su astma i konjuktivitis, koja značajno ugrožavaju kvalitet života obolelih.

Prevenција alergijskih reakcija, zasnovana na smanjenju izloženosti polenu, adekvatnom farmakološkom lečenju i imunoterapiji, predstavlja ključnu strategiju za smanjenje negativnih zdravstvenih efekata. Takođe, edukacija i pravovremeno informisanje javnosti o periodima visokih koncentracija polena mogu značajno doprineti smanjenju broja obolelih. S obzirom na očekivane promene u klimatskim uslovima i sezonskim fluktuacijama koncentracije polena, potrebno je razviti sveobuhvatne javnozdravstvene strategije koje će uključivati prediktivne modele za identifikaciju visokih polenskih koncentracija, kao i implementaciju preventivnih mera na nivou zajednice.

Buduća istraživanja u oblasti aerobiologije i klimatskih promena, u kombinaciji sa unapređenjem metoda za praćenje polena u realnom vremenu, omogućiće efikasnije planiranje preventivnih i terapijskih intervencija. Samo uz integrisani pristup, koji uključuje naučna istraživanja, javnozdravstvene politike i individualnu odgovornost, može se smanjiti uticaj polena na zdravlje ljudi i obezbediti bolja zaštita od alergijskih bolesti u budućnosti.

LITERATURA

- [1] D'Amato, G., Holgate, S. T., Pawankar, R., et al., Meteorological conditions, climate change, new emerging factors, and asthma and related allergic disorders. A statement of the World Allergy Organization, *World Allergy Organ J*, 2015, 8(1): 25.
- [2] Haines, A., Ebi, K., The imperative for climate action to protect health, *N Engl J Med*, 2019, 380(3): 263-273.
- [3] Vardoulakis, S., Jalaludin, B. B., Morgan, G. G., Hanigan, I. C., Johnston, F. H., Bushfire smoke: urgent need for a national health protection strategy, *Med J Aust*, 2020, 212(8): 349–353.e1. doi: 10.5694/mja2.50511.
- [4] Cecchi, L., D'Amato, G., Annesi-Maesano, I., External exposome and allergic respiratory and skin diseases, *J Allergy Clin Immunol*, 2018, 141(3): 846-857.
- [5] United States Environmental Protection Agency (EPA), Overview of greenhouse gases, Accessed August 17, 2019.
- [6] The Earth Observatory from EOS Project Science Office at NASA Goddard Space Flight Center, <https://earthobservatory.nasa.gov/>, Accessed Jan 19, 2020.
- [7] Levetin, E., Effects of climate change on airborne pollen, *The Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 2001, 107(2): S172.
- [8] Agashe, S. N., Caulton, E., Pollen and spores: Applications with special emphasis on aerobiology and allergy, Florida, USA: CRC Press, 2019. doi: 10.1201/9780429063985.
- [9] Singh, A. B., Mathur, C., Climate change and pollen allergy in India and South Asia, *Immunol Allergy Clin*, 2021, 41(1): 33–52. doi: 10.1016/j.iac.2020.09.007.
- [10] Anenberg, S. C., Henze, D. K., Tinney, V., Kinney, P. L., Raich, W., Fann, N., et al., Estimates of the global burden of ambient PM2.5, ozone, and NO2 on asthma incidence and emergency room visits, *Environ Health Perspect*, 2018, 126(10): 107004. doi: 10.1289/EHP3766.
- [11] Poole, J. A., Barnes, C. S., Demain, J. G., Bernstein, J. A., Padukudru, M. A., Sheehan, W. J., et al., Impact of weather and climate change with indoor and outdoor air quality in asthma: a work group report of the AAAAI environmental exposure and respiratory health committee, *J Allergy Clin Immunol*, 2019, 143(5): 1702–1710. doi: 10.1016/j.jaci.2019.02.018.
- [12] Vardoulakis, S., Jalaludin, B. B., Morgan, G. G., Hanigan, I. C., Johnston, F. H., Bushfire smoke: urgent need for a national health protection strategy, *Med J Aust*, 2020, 212(8): 349–353.e1. doi: 10.5694/mja2.50511.
- [13] Vardoulakis, S., Jalaludin, B. B., Morgan, G. G., Hanigan, I. C., Johnston, F. H., Bushfire smoke: urgent need for a national health protection strategy, *Med J Aust*, 2020, 212(8): 349–353.e1. doi: 10.5694/mja2.50511.
- [14] Olsson, L., Barbosa, H., Bhadwal, S., Cowie, A., Delusca, K., Flores-Renteria, D., et al., Land degradation, in: Shukla, P. R., Skea, J., Calvo Buendia, E., Masson-Delmotte, V., Pörtner, H-O., Roberts, D. C., et al., editors, *Climate change and land: An IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*, Geneva, Switzerland: IPCC, 2019, p. 345–436.
- [15] Sharma, A. K., Air pollution and health: ever widening spectrum, *Indian Pediatr*, 2019, 56(10): 823–824. doi: 10.1007/s13312-019-1606-3.

UTICAJ SUSPENDOVANIH PM ČESTICA NA LJUDSKO ZDRAVLJE: ZNAČAJ UNAPREĐENJA MONITORINGA I IZVEŠTAVANJA U JUŽNOJ SRBIJI

HEALTH IMPACTS OF AIRBORNE PARTICULATE MATTER: THE NEED FOR ENHANCED MONITORING AND REPORTING IN SOUTHERN SERBIA

Jovana Džoljić, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Vranje, Filipa Filipovića 20, Vranje.*
Ljiljana Đorđević, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Vranje, Filipa Filipovića 20, Vranje.*
Vojislav Stojanović, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Vranje, Filipa Filipovića 20, Vranje.*

Sadržaj – Danas je sve veća pažnja javnosti usmerena na proučavanje uticaja zagađenja ambijentalnog vazduha, a posebno uticaja suspendovanih, PM čestica na ljudsko zdravlje. Dugotrajna izloženost organizma finim PM česticama ima negativan efekat na ljudsko zdravlje, naročito na respiratorni sistem. S toga se izveštavanju javnosti o kvalitetu vazduha posvećuje sve veća pažnja, a prednost imaju podaci koji se odnose na detektovanje koncentracije aeropolutanata u realnom vremenu, naročito PM čestica.

U Srbiji državna mreža automatskih mernih stanica (AMSKV) pruža informacije o dinamici kretanja koncentracija aeropolutanata u realnom vremenu, međutim ona ne pokriva čitavu teritoriju Srbije, niti sve aeropolutante na svim lokacijama. Zbog toga su indikativna merenja, koja su dostupna preko platformi i aplikacija od velikog značaja u cilju iniciranja proširenja ove mreže i na opštine koje nemaju automatske merače. Na jugu Srbije, automatski monitoring kvaliteta vazduha postoji u Nišu, Pirotu i od nedavno u Leskovcu (podaci nedostupni javnosti), međutim, Vranje nije deo ove mreže i u Vranju se ne meri koncentracija PM čestica. S obzirom na rezultate indikativnih merenja o koncentraciji PM čestica u vazduhu, a u cilju dobijanja pravovremenih informacija, trebalo bi što pre instalirati automatske merne stanice i u Vranju.

Ključne reči: PM čestice. Aerozagađenje. Izveštavanje. Javno zdravlje. Građanska nauka. Monitoring.

Abstract - Today, public attention is increasingly focused on the effects of ambient air pollution, particularly on the impact of suspended, particulate matter (PM) on human health. Prolonged exposure to fine PM particles has detrimental effects on health, particularly on the respiratory system. As a result, there is a growing emphasis on air quality public reporting, with priority given to real-time data on air pollutant concentrations, especially PM particles.

In Serbia, the national network of automatic measuring stations (AMSKV) provides real-time data on air pollutant concentrations. However, the network does not cover the entire country, nor does monitoring of all air pollutants at all locations. In this context, indicative measurements, available through platforms and mobile applications, are of crucial importance. They can provide the basic data and give the initiative to expand AMSKV. In southern Serbia, automatic air quality monitoring stations operate in Niš, Pirot, and, more recently, Leskovac (data from Leskovac is not yet publicly available). However, Vranje City is not part of this network, and PM concentrations are not measured. Considering the results of indicative measurements that reveal high PM levels in the air, it is crucial to establish national automatic measuring stations in Vranje to provide timely and accurate air quality information.

Keywords: PM. Air pollution. Reporting. Public Health. Citizen science. Monitoring.

1. UVOD

Danas se smatra da zagađenje vazduha predstavlja vodeći faktor životne sredine koji ima značajan uticaj na javno zdravlje, a i u vezi je sa značajnim zdravstvenim, ekonomskim i društvenim troškovima. Pod aerozagađenjem se podrazumeva promena kompleksne smeše gasova i čestica, čije poreklo i sastav variraju u vremenu i prostoru.

Tako SDG 3 (Zdravlje i blagostanje) ima za cilj da se obezbediti zdrav život i promoviše blagostanje za sve ljude svih generacija. SDG 13 (Klimatska akcija) prepoznaje važnost uticaja saobraćaja na kvalitet vazduha jer skoro četvrtina globalnih emisija gasova staklene bašte koje se odnose na energiju dolazi iz transporta. Vozila proizvode otprilike jednu trećinu ukupnog zagađenja vazduha u SAD i glavni su pokretač klimatskih promena [1]. SDG 11 (Održivi

gradovi i zajednice) odnosi se na kvalitet životnog stila i životne sredine u urbanim sredinama, gde urbana naselja treba da zadovolje ekološke potrebe nakon procesa ekološke tranzicije.

Ambijentalne koncentracije suspendovanih čestica (čestica atmosferskog aerosola, ili PM, *particulate mater*), koje su jedan od najštetnijih zagađivača vazduha, često su nekoliko puta veće u zemljama u razvoju nego u industrijalizovanim [2]. Najnovija istraživanja *Joint Research Center* pokazala su da je u zemljama zapadnog Balkana, smrtnost usled zagađenja česticama PM_{2.5} gotovo dvostruko veća nego u zemljama Evropske unije [3]. Takođe isto istraživanje pokazuje da je zagađenje vazduha u regionu, u gotovo svim mestima gde postoje merenja, izaziva zdravstvene posledice čija se ukupna cena meri u milijardama evra godišnje. Zagađenje vazduha može uticati na pojavu bolesti, alergijskih reakcija, ili čak dovesti do smrti, a takođe, negativan uticaj može ispoljiti i na sve ostale žive organizme i kao takvo oštetiti prirodno okruženje (npr. klimatske promene, oštećenje ozona ili degradaciju staništa) ili izgrađenu životnu sredinu (npr. kisele kiše) [4].

U Srbiji je primećen blagi porast zainteresovanosti javnosti o kvalitetu vazduha i načinu izveštavanja, ali i o procesima aerozagađenja. Smatra se da je razlog tome jačanje nezavisnog monitoringa kvaliteta vazduha na lokalnom nivou, kroz građansku nauku (engl. *citizen science*) odnosno kroz organizacije civilnog društva koje su podržale uvođenje indikativnih merenja i omogućile lakši pristup javnim podacima [5].

2. AEROZAGAĐENJE I MONITORING KVALITETA VAZDUHA

Gotovo sve grane industrije neraskidivo su povezane sa kvalitetom životnog stila, imaju ogroman uticaj na kvalitet životne sredine. Većina stanovnika na planeti izložena je vazduhu lošeg kvaliteta. Procenjeno je da je aerozagađenje doprinelo razvoju bolesti sa smrtnim ishodom kod 8,1 milion ljudi širom sveta, a takođe, označava se kao drugi vodeći razlog smrtnosti kod dece mlađe od pet godina [4]. U Evropskoj uniji zagađenje vazduha predstavlja jedan od glavnih problema ljudskog zdravlja. Zagađenje vazduha i loš kvalitet vazduha, s obzirom na to da su povezani sa rakom, astmom, kardiovaskularnim bolestima, dijabetesom, gojaznošću i demencijom, Svetska zdravstvena organizacija (SZO) je identifikovala kao „hitnu globalnu zdravstvenu situaciju“ [6]. S toga Evropska unija je razvila viziju o postzanju nulte zagađenosti do 2050. godine koja se zasniva standardima koji se odnose na kvalitet ambijentalnog vazduha, emisiju ključnih izvora zagađenja i na smanjenje emisija zagađenja vazduha.

U Republici Srbiji zaštita, monitoring i zahtevi o kvalitetu vazduha određeni su nacionalnom pravnom regulativom (pr. Zakon o zaštiti vazduha, Uredba o uslovima za monitoring i zahtevima kvaliteta vazduha i sl.). Ovim aktima uređeno je da se nivo zagađenosti vazduha prati merenjem koncentracija sumpor-dioksida, azot-dioksida i oksida azota, suspendovanih čestica (PM₁₀, PM_{2.5}), olova, benzena, ugljen monoksida, prizemnog ozona, arsena, kadmijuma, žive, nikla i benzo(a)pirena u vazduhu instrumentima za automatsko merenje i/ili uzimanjem uzoraka i njihovom analizom.

Automatske monitoring stanice pružaju podatke o kretanju koncentracija aeropolutanata u realnom vremenu te

omogućavaju i pravovremeno izveštavanje i reagovanje. Međutim, državna mreža automatskih mernih stanica ne pokriva čitavu teritoriju Srbije. Zbog toga, na lokacijama gde nema zvaničnih podataka o dinamici kretanja koncentracije aeropolutanata u realnom vremenu, velika pažnja posvećena je indikativnim merenjima kroz građanski aktivizam i građansku nauku. Oni doprinose u velikoj meri izveštavanju i skretanju pažnje javnosti na kvalitet vazduha, naročito kada su u pitanju PM čestice.

Pored zvaničnih, standardnih procedura za određivanje kvaliteta vazduha, radi lašeg razumevanja rezultata monitoringa kvaliteta vazduha u realnom vremenu razvijeni su sve popularniji indeksi kvaliteta vazduha (AQI). AQI indeks pruža precizne informacije o uslovima vazduha na određenoj lokaciji u realnom vremenu, ali istovremeno i o uticaju aerozagađenja na zdravlje ljudi. AQI se uglavnom koriste za svakodnevno izveštavanje o kvalitetu vazduha i moraju biti dostupni svima i u svakom trenutku. Podatke o koncentracijama aeropolutanata najčešće prikupljaju državne agencije ili privatne organizacije koristeći adekvatne merne stanice. Prikazivanje kvaliteta vazduha kroz AQI najčešće je na veb stranama ili preko aplikacija koje se koriste za lako praćenje promene dinamike i trendova kvaliteta vazduha tokom vremena.

Uopšteno, razumevanje podataka o kvalitetu vazduha u realnom vremenu omogućava praćenje efekata aerozagađenja na zdravlje tokom vremena. Utiče na donošenje odluka o politici životne sredine u skladu sa realnim stanjem na terenu (npr. propisi o industrijskim emisijama ili iz transporta). Takođe, kroz naučna istraživanja ovi podaci mogu se koristiti za proučavanje uzroka i efekata zagađenja vazduha, kao i za razvoj novih tehnologija i strategija za smanjenje i kontrolu zagađenja. Mogu pružiti korisne informacije za podizanje javne svesti o zagađenju vazduha i njegovim zdravstvenim efektima, kao i za podsticanje pojedinaca i zajednica da preduzmu mere za smanjenje zagađenja. Treba naglasiti da se ovakvi podaci mogu integrisati u sisteme pametnih gradova za praćenje i kontrolu kvaliteta vazduha i nivoa zagađenja u gradu i doprineti obezbeđivanju pravovremene reakcije.

3. KARAKTERISTIKE SUSPENDOVANIH PM ČESTICA

Suspendovane, PM čestice predstavljaju sve čestice u vazduhu bez obzira na njihovu prirodu. One uključuju i organske materije (npr. spore) i neorganske materije (npr. prašina), različite veličine. U zavisnosti od veličine PM čestica uticaj na zdravlje ljudi ali i životnu sredinu je različit. Uredba o uslovima za monitoring i zahtevima kvaliteta vazduha (“Sl. glasnik RS” br. 11/2010, 75/2010 i 63/2013) razlikuje dve vrste PM čestica:

- PM₁₀ predstavljaju frakciju koja prolazi kroz filter čiji su zahtevi utvrđeni u standardu SRPS EN12341;
- PM_{2.5} je frakcija suspendovanih čestica koja prolazi kroz filter čiji su zahtevi utvrđeni u standardu SRPS EN14907.

Najnoviji izveštaj Evropske agencije za zaštitu životne sredine (EEA) ukazuje da je 96% urbane populacije Evropske unije je izložena nebezbednim koncentracijama PM_{2.5} po zdravlje [7]. Kao primarni i direktni izvori PM čestica označena su: gradilišta, rudarske aktivnosti, neasfaltirani putevi, prirodna prašina, emisije iz vozila, požari, paljenje i seča kroz aktivnosti, individualna ložišta koja koriste drva ili uglj kao energent i dr. aktivnosti. Ukoliko PM čestice nastaju

u reakcijama drugih zagađivača u atmosferi (npr. amonijaka, isparljivih organskih jedinjenja, oksida sumpora i oksida azota) označavaju se kao sekundarni aeropolutanti. Smatra se da veći deo aerorozagađenja čini fina frakcija suspendovanih čestica ($PM_{2.5}$) iz sekundarnih izvora, zbog čega je izuzetno važno smanjiti sve oblike zagađenja vazduha.

Do sada je skoro 70.000 čestica prepoznato kao one koje mogu negativno da utiču na kvalitet vazduha. Suspendovane čestice (PM) sastoje se od ugljenika, primarnog organskog aerosola (POA) i sekundarnog organskog aerosola (SOA), koji predstavljaju visoko toksičnu komponentu izduvnih gasova vozila [8].

Ukoliko se posmatraju standardi i EEA i SZO, urbano stanovništvo EU izloženo je godišnjim koncentracijama $PM_{2.5}$ iznad $5 \mu g m^{-3}$, ali i godišnjoj koncentraciji PM_{10} iznad $15 \mu g m^{-3}$ [7]. U Srbiji, prema Uredbi o uslovima za monitoring i zahtevima kvaliteta vazduha granična vrednost suspendovanih čestica $PM_{2.5}$ je $25 \mu g m^{-3}$, indikativna $20 \mu g m^{-3}$, dok je tolerantna vrednost $30 \mu g m^{-3}$. Što se tiče granične vrednosti za PM_{10} dnevna koncentracija iznosi $50 \mu g m^{-3}$ i ne sme se prekoračiti više od 35 puta u jednoj kalendarskoj godini, dok je tolerantna vrednost $75 \mu g m^{-3}$.

3.1. PM čestice i uticaj na zdravlje

Prema procenama EEA, oko 240 000 smrtnih slučajeva u 2022. godini u EU može dovesti u vezu sa izloženošću stanovništva koncentraciji $PM_{2.5}$ većoj od preporučene vrednosti SZO, kao ključnom aeropolutantom [7]. Ovakva izloženost dovodi se u vezu sa ishemijskom bolesti srca, rakom pluća, hroničnom opstruktivnom bolesti pluća (COPD, *Chronic Obstructive Pulmonary Disease*), infekcijom donjih disajnih puteva (pr. pneumonija), moždanim udarom, dijabetesom tipa 2 itd. Zagađenje vazduha u domaćinstvima je takođe se može dovesti u vezu i sa razvojem katarakte [7].

Prema podacima istraživanja F. Forastiere, izloženost ljudi većoj koncentraciji $PM_{2.5}$ od $10 \mu g m^{-3}$ u vezi je sa povećanim rizikom od dobijanja astme kod dece za 34%, zatim hipertenzije za 17%, moždanog udara za 16%, hronične opstruktivne bolesti pluća (COPD, *Chronic Obstructive Pulmonary Disease*) za 16%, infarkta miokarda za 13%, dijabetesa tipa 2 za 10% i demencije za 46% [9].

Danas je sve više istraživanja koja ukazuju na postojanje veze između društvenog i ekonomskog faktora sa zagađenjem vazduha, posebno sa PM česticama. Budući da su autoputevi i drugi objekti koji doprinose zagađenju i emisiji PM čestica (fabrike, elektrane itd.) locirani blizu naselja i zajednica sa niskim prihodima, upravo su stanovnici ovih oblasti nesrazmerno mnogo izloženi negativnim efektima ovog tipa zagađenja [10].

3.2. Koncentracije PM čestica u vazduhu na teritoriji južne Srbije

Rezultati praćenja koncentracije $PM_{2.5}$ čestica u vazduhu pokazuju da više od 50% stanovništva u Srbiji živi u područjima gde prosečna godišnja koncentracija $PM_{2.5}$ čestica prevazilazi preporuke graničnih vrednosti SZO [5]. U Srbiji su kao glavni emiteri PM čestica označeni: energetski sektor i to sagorevanje uglja, odnosno sagorevanje čvrstih biogoriva (kao što su drva i drveni proizvodi), zatim poljoprivredni sektor, saobraćaj i transport itd. Sagorevanje fosilnih goriva je vodeći izvor emisije $PM_{2.5}$ na otvorenom prostoru i smatra se da ima

najveći pojedinačni doprinos ukupnom opterećenju zdravlja u Srbiji (36%, 2,841 smrtnih slučajeva godišnje u 2019.g.) [5].

U ovom radu pažnja će biti usmerena na prikaz podataka merenja koncentracije PM čestica i analizu izveštavanja u gradovima Južne Srbije, u kojima Akademija tehničko-vaspitaičkih strukovnih studija ima visokoškolske jedinice, tj. u Nišu, Pirotu i Vranju.

3.3. Metode praćenja koncentracije PM čestica u Srbiji

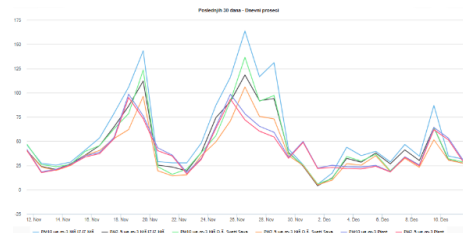
Monitoring koncentracija PM čestica u vazduhu u realnom vremenu na teritoriji Srbije obavlja Agencija za zaštitu životne sredine. Ona prezentuje rezultate objedinjenog prikaza podataka automatskog monitoringa kvaliteta vazduha iz državne mreže AMSKV (76 stanica) i lokalnih mreža na području Republike Srbije. Važno je naglasiti da nisu sve stanice automatske i ne pokazuju dinamiku promena koncentracije aeropolutanata u realnom vremenu. U državnu mrežu AMSKV uključeni su Niš (merna mesta: IZJZ Niš i OŠ "Sveti Sava") i Piroto.

U gore pomenutim gradovima se pored koncentracije PM čestica u gradskim zavodima za javno zdravlje (prema standardima SRPS EN1234 i SRPS EN14907) određuje i prati i koncentracija čađi u vazduhu. U Gradu Vranju se ne prati koncentracija PM čestica kroz AMSKV, već Gradski zavod za javno zdravlje prati samo koncentraciju čađi (filtriranjem određene koncentracije vazduha uređajem Proekos type AT-401 i uzimanjem uzoraka čađi sa filterpapira) i prikazuje rezultate merenja na mesečnom nivou.

Takođe, platforma *Sensor Community* predstavlja globalnu mrežu senzora koju učestvuje u kreiranju otvorenih podataka o životnoj sredini. Ova mreža (sa ukupno 11 988 aktivnih senzora širom sveta u decembru mesecu 2024) i pruža indikativne podatke o koncentraciji PM čestica (DIY sensori) u realnom vremenu.

3.4. Rezultati monitoringa PM čestica u Južnoj Srbiji

Na Sl. 1 prikazani su preliminarni podaci AMSKV o kretanju dnevnih koncentracija PM_{10} i $PM_{2.5}$.



Slika 1. Preliminarni rezultati praćenja dinamike promene koncentracije $PM_{2.5}$ i PM_{10} u Nišu i u Pirotu u periodu od 11.11. do 11.12.2024.godine [11].

U Tabeli I prikazani su zvanični rezultati merenja srednjih koncentracija PM_{10} i $PM_{2.5}$ u Nišu, s obzirom da podaci gradskih zavoda za javno zdravlje o kvalitetu vazduha za Piroto i Vranje nisu još uvek dostupni za prethodni mesec.

Tabela I Koncentracije $PM_{2.5}$, PM_{10} , čađi i ukupnih taložnih čestica u Nišu u novembru mesecu [12]

Merno mesto	$PM_{2.5}$ [$\mu g m^{-3}$]	PM_{10} [$\mu g m^{-3}$]	Uk. Taložne mat. [$mg m^{-2} dan^{-1}$]	Čađ [$\mu g m^{-3}$]
Niš - IZJZ	50,55	75,93	-	-
Niš - Trg Kneginje Ljubice	-	-	503	<6,0

Dobijeni podaci iz mreže senzora *Sensor Community* za pomenute tri lokacije predstavljene su u Tabeli II.

Tabela II Srednja vrednostu koncentracije PM čestica iz mreže građanskog monitoringa u 2024. godini (do decembra meseca 2024. godine) [13]

Opština	Br. Građanskih merača	PM _{2.5} sr GV [25 µg m ⁻³]	PM ₁₀ sr GV [40 µg m ⁻³]	Broj dana PM _{10dn} >G V [50 µg m ⁻³], [max.=35]
NIŠ – Crveni krst	2	26,2	29,8	65
NIŠ-Niška banja	1	20,2	23,9	41
NIŠ - Palilula	1	20,4	22,8	39
Pirot	1	42,0	48,5	106
Vranje	3	29,7	34,7	77

Na osnovu rezultata indikativnih merenja, prekoračenje koncentracije PM_{2.5} čestica zabeleženo je na tri merna mesta, Niš-Crveni krst, Pirot i Vranje. Indikativne vrednosti koncentracije PM₁₀ čestica nije prelazila srednju graničnu vrednost. Međutim, važno je naglasiti da su rezultati indikativnih merenja pokazali da je na svim lokacijama prekoračen broj dana kada je koncentracija PM₁₀ čestica na dnevnom nivou bila veća od granične vrednosti.

4. DISKUSIJA I ZAKLJUČAK

U Srbiji postoji nedovoljno razvijena svest o uticaju aerorozagađenja na zdravlje. Zbog toga je važno izveštavati o dinamici promene kvaliteta vazduha u realnom vremenu ali i o potencijalnom negativnom uticaju na zdravlje. Uključivanje građana, podsticanje građanskog aktivizma i razvijanje komunikacije naučnih sadržaja široj javnosti (*science communication*) sve više dobija na važnosti. Tako je sve popularniji pristup zvaničnim podacima kroz aplikacije i veb podatke, a posebno se to odnosi na kvalitet vazduha. Na ovaj način se pored informisanja građana o kvalitetu vazduha istovremeno pružaju i podaci o izloženosti i opasnosti po ljudsko zdravlje.

Indikativna merenja građanskog monitoringa koncentracije aeropolutanata u realnom vremenu takođe imaju veliki značaj posebno za lokacije gde nije uspostavljen zvaničan monitoring. Pored informisanja javnosti, mogu biti od velikog značaja za davanje inicijative za uključivanje neke lokacije u državnu mrežu AMSKV, kao što je na primer Vranje. Podaci zvaničnog monitoringa aerorozagađenja u Vranju ne pokazuju dinamiku kretanja koncentracije PM čestica u realnom vremenu te je i izveštavanje javnosti odloženo.

Na osnovu podataka zvaničnog i indikativnog monitoringa koncentracije PM čestica, posebno u zimskom periodu, kvalitet vazduha u Srbiji je narušenog kvaliteta. S obzirom da tek predstoji zimski period kada kvalitet vazduha opada prvenstveno kao posledica grejne sezone, očekuje se porast koncentracije PM čestica u vazduhu.

Od izuzetnog značaja je s toga, da se na osnovu rezultata indikativnih merenja dinamike kretanja koncentracije PM čestica, proširi državna mreža AMSKV i na lokacije gde nema

automatskih mernih stanica aeropolutanata u realnom vremenu (npr. u Vranju) u cilju preduzimanja adekvatnih mera kontrole zagađenja vazduha i unapređenja kvaliteta, s obzirom na negativne efekte koje aerorozagaenje ima na ljudsko zdravlje.

LITERATURA

- [1] NASA: Road Transportation Emerges as Key Driver of Warming. Retrieved from <https://www.giss.nasa.gov/research/news/20100218a/>, 25.11.2022
- [2] Gwilliam, K., Kojima, M., Johnson, T. Reducing Air Pollution from Urban Transport. Washington DC: World Bank, USA, 2004;
- [3] Belis, C. A., Matkovic, V., Ballocci, M., Jevtic, M., Millo, G., Mata, E., & Van Dingenen, R. (2023). Assessment of health impacts and costs attributable to air pollution in urban areas using two different approaches. A case study in the Western Balkans. *Environment International*, 182, 108347. DOI: 10.1016/j.envint.2023.108347
- [4] Howell, R., Pickerill, J.: *The Environment and Environmentalism. An Introduction To Human Geography* (5th ed.). Pearson, p. 134., London, 2016
- [5] Health Effects Institute. 2022. Trends in Air Quality and Health in the Republic of Serbia: A State of Global Air Special Report. Boston, MA: Health Effects Institut. ISSN 2578-6881
- [6] UTRAP Group. Urban Transport Related Air Pollution. Interim Report. p. 10-11, 43-51, Ireland, 2021.
- [7] EEA, 2024. Europe's air quality status 2024. Available at: <https://www.eea.europa.eu/publications/europes-air-quality-status-2024#:~:text=96%25%20of%20the%20EU's%20urban,ambitious%20than%20the%20current%20ones.> Last Assessed: 11/12/2024
- [8] Platt, S.M., El Haddad, I., Pieber, S.M. et al. (2017). Gasoline cars produce more carbonaceous particulate matter than modern filter-equipped diesel cars: Gasoline cars produce more carbonaceous particulate matter than modern filter-equipped diesel cars. *Scientific reports*, 7(1), p.4926. DOI: 10.1038/s41598-017-03714-9
- [9] WHO (2024). <https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/air-quality-and-health/videos/mosaic/burden-of-disease/health-impact-assessment#> Last Assessed:12/11/2024
- [10] Di, Q., Wang, Y., Zanobetti, A., Wang, Y., Koutrakis, P., Choirat, C., Dominici, F. and Schwartz, J.D.: Air Pollution and Mortality in the Medicare Population, *New England Journal of Medicine*, 376 (26) pp. 2513–2522, 2017; DOI: 10.1056/NEJMoa1702747
- [11] SEPA (2024). <http://77.46.150.215/pregledpodatakazbirni.php> Last Assessed: 11.12.2024
- [12] Institut za javno zdravlje Niš (2024). www.izjz-nis.org.rs/higijena/akt_vazduh.html, Last Assessed 14.12.2024.
- [13] BOŠ – Rezultati građanskog monitoring u 2024. godini. <https://www.bos.rs/rs/uploaded/Rezultati%20gradjansko%20monitoringa%20vazduha%202024.pdf> Last Assessed 29.12.2024.

UTICAJ ZAKONSKE REGULATIVE NA SMANJENJE KARBONSKOG OTISKA U REPUBLICI SRBIJI - PREGLED USKLAĐENOSTI I IZAZOVA

THE IMPACT OF LEGISLATIVE REGULATION ON REDUCING THE CARBON FOOTPRINT IN THE REPUBLIC OF SERBIA – AN OVERVIEW OF ALIGNMENT AND CHALLENGES

Sandra Stanković, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš*
Aleksandra Boričić, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš*

Sadržaj – U kontekstu klimatskih promena, smanjenje karbonskog otiska postaje jedno od merila održivog razvoja i ekološke ravnoteže. Ulogu u ovom procesu ima zakonska regulativa, koja oblikuje strategije i politike usmerene na smanjenje emisije gasova sa efektom staklene bašte. Ovaj rad analizira regulatorni okvir Republike Srbije, sa ciljem da se utvrdi stepen njegove usklađenosti sa međunarodnim konvencijama i evropskim direktivama, kao i da se identifikuju najveći izazovi u praksi. Analiza obuhvata pregled postojećih zakona i podzakonskih akata koji se odnose na emisije gasova sa efektom staklene bašte, kao i institucionalne mehanizme za praćenje i izveštavanje o efektima tih propisa. Posebna pažnja posvećena je procesu prilagođavanja pravnog sistema zahtevima EU i Pariskog sporazuma, uz isticanje prepreka i izazova poput ograničenih administrativnih kapaciteta, nedovoljnih podsticaja za ulaganja u tehnologije niske emisije i svest javnosti. Rezultati ukazuju na potrebu za dodatnom harmonizacijom relevantnih akata i jačanjem sprovođenja zakonskih odredbi, kako bi se omogućilo efikasnije ostvarivanje ciljeva smanjenja karbonskog otiska. Na osnovu izvedenih zaključaka, rad nudi preporuke za efikasniju implementaciju nacionalnih propisa u praksi, doprinosi razumevanju uloge zakonodavstva u smanjenju karbonskog otiska i pruža osnovu za dalja istraživanja i reforme.

Кljučне рећи: *Karbonski otisak. Klimatske promene. Održivi razvoj. Emisije gasova staklene bašte. Republika Srbija. Zakonska regulativa.*

Abstract - In the context of climate change, reducing the carbon footprint has become one of the benchmarks of sustainable development and ecological balance. Legislation plays a pivotal role in this process by shaping strategies and policies aimed at reducing greenhouse gas emissions. This paper examines the regulatory framework of the Republic of Serbia with the aim of determining its alignment with international conventions and European directives, as well as identifying the major challenges in practice. The analysis includes a review of existing laws and regulations related to greenhouse gas emissions, as well as institutional mechanisms for monitoring and reporting on the effects of these regulations. Special attention is given to the process of aligning the legal system with EU requirements and the Paris Agreement, highlighting obstacles and challenges such as limited administrative capacity, insufficient incentives for investments in low-emission technologies, and public awareness. The findings point to the need for further harmonization of relevant legislation and strengthening the enforcement of legal provisions to more effectively achieve carbon footprint reduction goals. Based on the conclusions drawn, the paper offers recommendations for the improved implementation of national regulations and practices, contributes to understanding the role of legislation in reducing the carbon footprint, and provides a foundation for further research and reforms.

Keywords: *Carbon footprint. Climate change. Sustainable development. Greenhouse gas emissions. Republic of Serbia. Legislative regulation.*

1. UVOD

Klimatske promene predstavljaju jedan od najurgentnijih globalnih izazova današnjice, s obzirom na to da njihove posledice postaju sve izraženije i sveobuhvatnije, utičući na ekosisteme, ekonomije i društva širom sveta [1]. Povećanje globalne temperature, topljenje glečera, ekstremne hidrološke

pojave i smanjenje biodiverziteta, samo su neki od simptoma koji ukazuju na ozbiljnost problema [2], [3]. Kao odgovor na ove izazove, smanjenje emisija gasova sa efektom staklene bašte (engl. *greenhouse gases* - GHG) postalo je ključna komponenta strategija za održivi razvoj, čija je svrha da se obezbedi balans između ekonomskog rasta i zaštite životne sredine [4], [5].

U tom kontekstu, koncept karbonskog otiska sve više dolazi u fokus kako naučne zajednice, tako i šire javnosti, kao koristan alat za kvantifikaciju uticaja ljudskih aktivnosti na emisije GHG [6]. Karbonski ili ugljenični otisak predstavlja ukupnu količinu emisije GHG, izraženu u ekvivalentima ugljendioksida (CO_{2e}), koje nastaju tokom životnog ciklusa proizvoda, usluga, organizacija ili pojedinaca [7]. Kao takav, on omogućava identifikaciju ključnih izvora emisija i pruža osnovu za implementaciju mera koje imaju za cilj njihovo smanjenje. Uvođenjem ovog indikatora u prakse odlučivanja na lokalnom, nacionalnom i globalnom nivou, moguće je postići značajan napredak u naporima za dekarbonizaciju ekonomije i dostizanje ciljeva iz Pariskog sporazuma.

Zakonska regulativa igra centralnu ulogu u oblikovanju politika i strategija za smanjenje karbonskog otiska, pružajući pravni okvir za implementaciju međunarodnih obaveza i postavljanje nacionalnih ciljeva. Republika Srbija, kao zemlja kandidat za članstvo u Evropskoj uniji, suočava se sa izazovima harmonizacije svojih zakona sa evropskom legislativom i međunarodnim standardima, uključujući obaveze iz Pariskog sporazuma [8]. Pored usklađenosti sa normama, ključni izazovi uključuju administrativne kapacitete, finansijske resurse i svest javnosti, koji značajno utiču na efektivnost sprovođenja propisa

Republika Srbija, prepoznajući značaj ovog globalnog izazova, aktivno radi na usklađivanju svog zakonodavstva sa međunarodnim standardima i evropskom legislativom u oblasti klimatskih promena. Ovo usklađivanje podrazumeva usvajanje i implementaciju propisa koji podstiču smanjenje emisija u ključnim sektorima, kao što su energetika, transport i industrija. Međutim, sama uspostava zakonskog okvira ne garantuje i njegovu efikasnu primenu u praksi. Stoga ovaj rad analizira regulatorni okvir Republike Srbije u kontekstu smanjenja karbonskog otiska, sa ciljem identifikacije stepena usklađenosti sa međunarodnim konvencijama i evropskim direktivama, kao i ključnih prepreka u praksi. Kroz metodološki pristup studije slučaja, istražuju se ključni zakonski instrumenti i propisi, kao i njihove praktične implikacije na sektore energetike, transporta i industrije. Poseban akcenat stavljen je na identifikaciju i analizu prepreka i izazova u implementaciji ovih propisa na nacionalnom i lokalnom nivou. Ovo uključuje razmatranje faktora kao što su administrativni kapaciteti, dostupnost finansijskih resursa i nivo svesti javnosti o značaju smanjenja karbonskog otiska.

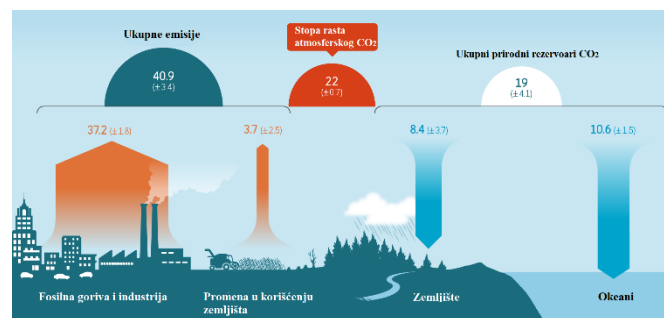
Cilj ovog rada je da pruži sveobuhvatnu analizu trenutnog stanja, identifikuje ključne izazove u implementaciji zakonske regulative i predloži preporuke za efikasniju implementaciju pravnih akata usmerenih na dekarbonizaciju ekonomije Republike Srbije. Istraživanje pokazuje da zakonska regulativa u Republici Srbiji pruža čvrst temelj za smanjenje karbonskog otiska, ali njena primena nailazi na ozbiljne prepreke zbog ograničenih institucionalnih kapaciteta i povremene neusaglašenosti s aktuelnim međunarodnim obavezama. Ova analiza, doprinosi boljem razumevanju kompleksnosti odnosa između zakonodavstva i borbe protiv klimatskih promena, i služi kao osnova za buduća istraživanja i potencijalne reforme u ovoj oblasti

2. KARBONSKI BUDŽET

Atmosferska koncentracija ugljen-dioksida (CO₂) dostigla je 419,3 ± 0,1 čestica na milion u 2023. godini, što je za oko

51% više od preindustrijskog nivoa i predstavlja najvišu koncentraciju u poslednjih 800.000 godina, a verovatno i u poslednja 2 miliona godina. Jednako bez presedana je i brzina akumulacije CO₂ u atmosferi tokom industrijske ere, koja je deset puta brža nego u bilo kom periodu u poslednjih 66 miliona godina [9].

Karbonski budžet predstavlja bilans svih emisija i uklanjanja CO₂ koji su direktno ili indirektno posledica ljudskih aktivnosti. Ključna komponenta ove antropogene perturbacije su emisije koje proizilaze iz sagorevanja fosilnih goriva, poput uglja, nafte i gasa, što čini približno 90% ukupnih emisija CO₂. Uz to, manji, ali značajan doprinos dolazi iz procesa industrijske proizvodnje, posebno proizvodnje cementa. Preostali deo emisija povezan je sa promenama u korišćenju zemljišta, kao što su deforestacija i degradacija šumskih ekosistema. Slika 1 ilustruje globalni karbonski budžet za 2023. godinu, sa fokusom na emisije i rezervoare CO₂ izražene u milijardama tona godišnje (Pg CO₂/yr). Narandžaste strelice prikazuju antropogene izvore emisija, dok plave predstavljaju trenutne rezervoare za proizvedene emisije. Glavni antropogeni izvori emisija uključuju sagorevanje fosilnih goriva i industriju, dok su prirodni rezervoari CO₂, poput kopnenih i okeanskih, ključni u ublažavanju ukupnog rasta atmosferskog CO₂ [9].



Slika 1. Globalni budžet za CO₂ za 2023. godinu [9]

Globalni karbonski budžet za 2023. godinu osvetljava ključne aspekte emisija i rezervoara CO₂ na globalnom nivou. Zahvaljujući prirodnim rezervoarima CO₂, kao što su vegetacija na kopnu koja apsorbuje CO₂ kroz proces fotosinteze i okeani koji uklanjaju gas putem difuzije, oko 50% emisija CO₂ se uklanja iz atmosfere. Ovi prirodni procesi imaju suštinsku ulogu u ublažavanju klimatskih promena, jer znatno smanjuju količinu CO₂ koja ostaje u atmosferi i doprinosi efektu staklene bašte. Bez ovih prirodnih rezervoara, intenzitet klimatskih promena bio bi značajno veći [9].

Međutim, kapacitet prirodnih rezervoara nije beskonačan i podložan je brojnim faktorima, uključujući promene u upotrebi zemljišta, degradaciju ekosistema i uticaj povišenih temperatura na apsorpcione procese. Stoga je od presudne važnosti kontinuirano praćenje, analiza i predviđanje dinamike prirodnih rezervoara CO₂. To ne samo da omogućava preciznije procene budućeg razvoja klimatskih promena, već i pruža osnovu za razvoj strategija i politika koje će obezbediti njihovo dugoročno funkcionisanje [9].

3. ZAKONSKA REGULATIVA U OBLASTI KARBONSKOG OTISKA

Pored naučnog pristupa upravljanju karbonskim budžetom, zakonska regulativa igra ključnu ulogu u oblikovanju politika koje se odnose na smanjenje emisija ugljen-dioksida i zaštitu

prirodnih rezervoara CO₂. Usvajanjem pravnih okvira na globalnom, regionalnom i nacionalnom nivou omogućava se koordinisano delovanje koje podstiče održivi razvoj i implementaciju efektivnih mera za ublažavanje klimatskih promena.

3.1. Međunarodni pravni okvir

Okvirna konvencija Ujedinjenih nacija o klimatskim promenama (UNFCCC) iz 1992. godine postavila je temelje za globalno delovanje protiv klimatskih promena, uvodeći koncept zajedničke, ali izdiferencirane odgovornosti.

Međunarodni Pariski sporazum, usvojen 2015. godine, predstavlja prekretnicu u međunarodnoj klimatskoj politici, sa ciljem da globalno zagrevanje ograniči na ispod 2°C u odnosu na preindustrijski nivo, uz napore da se temperatura dodatno smanji na 1,5°C. U sklopu Agende 2030, postavljen je imperativ za smanjenje globalnih emisija za 45% do 2030. godine. Ipak, ovaj cilj nije jednako dostižan za sve zemlje, s obzirom na njihove različite kapacitete i istorijsku odgovornost. Tako, dok se od razvijenih zemalja očekuje značajno smanjenje emisija, zemljama u razvoju pruža se podrška kako bi mogle da doprinesu globalnim naporima bez ugrožavanja svojih razvojnih potreba [8].

Poslednji samit svetskih lidera o klimatskim akcijama (COP29), održan u novembru 2024. godine u Bakuu, Azerbejdžan, istakao je hitnu potrebu za intenziviranjem globalnih napora u borbi protiv klimatskih promena. Ključni zaključci samita ukazuju na to da je, kako bi se obezbedila 50% šansa za ograničavanje globalnog zagrevanja na 1,5°C do 2100. godine, neophodno smanjiti emisije za 30 gigatona ekvivalenta ugljen-dioksida (GtCO_{2e}) do 2035. godine. Trenutne globalne ambicije predviđaju smanjenje emisija za samo 4 GtCO_{2e} do 2030. godine, što ukazuje na znatnu razliku između potrebnih i planiranih mera [10].

Globalni sporazumi, poput Pariskog, postavljaju osnovne ciljeve i smernice, dok specifični regionalni i nacionalni zakoni omogućavaju prilagođavanje ovih ciljeva lokalnim okolnostima.

3.2. Legislativni pristup Evropske unije

Evropski zeleni dogovor, predstavljen 2019. godine, oblikuje strategiju Evropske unije za postizanje klimatske neutralnosti do 2050. godine. Ovaj sveobuhvatni okvir pruža mapu puta za prelazak na čistu i cirkularnu ekonomiju, jačanje efikasne upotrebe resursa, mere adaptacije na klimatske promene, smanjenje zagađenja i obnovu biološke raznovrsnosti. Evropska unija je razvila dva ključna instrumenta za upravljanje GHG emisijama:

- Sistem trgovine emisijama EU (engl. *EU ETS*) i
- Mehanizam za prekogranično prilagođavanje cene ugljenika (engl. *Carbon Border Adjustment Mechanism - CBAM*).

EU ETS, pokrenut 2005. godine, predstavlja prvi i najveći međunarodni sistem trgovine emisijama u svetu. Ovaj tržišno orijentisan instrument funkcioniše prema principu „cap-and-trade“ (ograničenje i trgovina), gde se postavlja gornja granica ukupnih emisija, dok kompanije mogu trgovati kvotama emisija. Cilj ovog sistema je smanjenje emisija na način koji podstiče inovacije i ekonomsku efikasnost [11].

CBAM, usvojen 2021. godine, uveden je kao regulatorni mehanizam za sprečavanje „curenja ugljenika“ i osiguravanje poštenog tržišnog takmičenja između evropskih i neevropskih proizvođača. „Curenje ugljenika“ odnosi se na situaciju kada kompanije premeštaju proizvodne procese u zemlje sa nižim ekološkim standardima kako bi izbegle troškove emisija u EU. Implementacijom CBAM-a, EU teži da dodatno ojača svoje klimatske politike, istovremeno štiteći svoju industriju od nelojalne konkurencije [12].

Ova dva instrumenta, kao deo Evropskog zelenog dogovora, predstavljaju osnovu politike Evropske unije u borbi protiv klimatskih promena, obezbeđujući alatke za pravednu tranziciju ka klimatskoj neutralnosti.

3.3. Nacionalna regulativa u R

U Republici Srbiji, pravna regulativa u oblasti klimatskih promena razvija se u skladu sa međunarodnim obavezama i nacionalnim potrebama. Ključni zakonski okvir predstavlja Zakon o klimatskim promenama („Sl. glasnik RS“, br. 26/2021), koji definiše osnove za upravljanje emisijama gasova sa efektom staklene bašte i implementaciju mera za prilagođavanje klimatskim promenama [13].

Dodatno, Uredba o vrstama aktivnosti i gasovima sa efektom staklene bašte („Sl. glasnik RS“, br. 13/2022) precizira sektore i gasove koji podležu obavezama izveštavanja i monitoringa. Pravilnik o verifikaciji i akreditaciji verifikatora izveštaja o emisijama gasova sa efektom staklene bašte („Sl. glasnik RS“, br. 107/2021) i Pravilnik o monitoringu i izveštavanju o emisijama gasova sa efektom staklene bašte („Sl. glasnik RS“, br. 118/2023) postavljaju standarde za praćenje, izveštavanje i verifikaciju emisija.

Pravilnik o sadržini Nacionalnog inventara gasova sa efektom staklene bašte i Nacionalnog izveštaja o inventaru gasova sa efektom staklene bašte („Sl. glasnik RS“, br. 55/2023) reguliše strukturu i sadržaj dokumenata koji su ključni za nacionalno izveštavanje prema međunarodnim obavezama [14].

Pored pravnog okvira, implementacija standarda poput SRPS ISO/IEC 17011:2018, SRPS EN ISO/IEC 17029:2020, SRPS ISO 14065:2022 i SRPS EN ISO 14064-3:2019 obezbeđuje usklađenost sa međunarodnim praksama u oblasti validacije, verifikacije i ocenjivanja usaglašenosti u vezi sa gasovima staklene bašte [15].

Ovaj sveobuhvatni pravni i standardizovani okvir doprinosi efikasnijem sprovođenju mera za smanjenje emisija gasova sa efektom staklene bašte, istovremeno jačajući institucionalne kapacitete i osiguravajući transparentnost procesa.

4. ZAKLJUČAK

Smanjenje karbonskog otiska predstavlja ključni izazov za održivi razvoj i borbu protiv klimatskih promena u Republici Srbiji i globalno. Rad je ukazao na značaj zakonske regulative kao osnove za oblikovanje politika usmerenih na smanjenje emisija gasova sa efektom staklene bašte, istovremeno naglašavajući potrebu za usklađivanjem nacionalnih zakona sa međunarodnim standardima i evropskim direktivama. Analiza pravnog okvira i politika za smanjenje karbonskog otiska u Republici Srbiji pokazala je da postoje značajni pomaci u

usklađivanju sa međunarodnim standardima i evropskim direktivama, ali i izazovi koji usporavaju implementaciju. Zakon o klimatskim promenama i prateći pravilnici obezbeđuju osnovu za praćenje GHG emisija i unapređenje institucionalnih kapaciteta za sprovođenje mera dekarbonizacije. Međutim, analiza ukazuje na nedovoljnu harmonizaciju sa najnovijim zahtevima Evropske unije i Pariskog sporazuma, kao i na slabosti u oblasti administrativnih resursa i podsticaja za investiranje u zelene tehnologije.

Jedan od ključnih izazova je povećanje svesti javnosti o značaju smanjenja karbonskog otiska i uključivanje šireg spektra aktera, od industrije do lokalnih zajednica. Promovisanje zelenih inovacija i jačanje sistema trgovine emisijama, u skladu sa praksama Evropske unije, mogu dodatno doprineti efikasnijoj dekarbonizaciji. Takođe, neophodno je uvesti finansijske podsticaje i subvencije koje bi podstakle prelazak preduzeća i pojedince na niskougljenična rešenja.

Rezultati ovog rada istakli su potrebu za unapređenjem institucionalnog okvira i mehanizama implementacije, uključujući jačanje kapaciteta za monitoring i izveštavanje. Uvođenjem više sektorskih strategija i inkluzivnijim pristupom, Republika Srbija može efikasnije doprineti globalnim ciljevima smanjenja emisija i ostvarivanju održivog razvoja. Rad pruža sveobuhvatnu osnovu za dalja istraživanja i predlaže reforme koje bi mogle doprineti uspešnijem suočavanju sa izazovima klimatskih promena u Republici Srbiji.

LITERATURA

- [1] IPCC, "Climate change 2022 – impacts, adaptation and vulnerability: working group II contribution to the sixth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change", 1st ed. Cambridge University Press, 2023. doi: 10.1017/9781009325844.
- [2] NASA, "Effects - NASA science". Accessed: Dec. 25, 2024. [Online]. Available: <https://science.nasa.gov/climate-change/effects/>
- [3] WMO, "State of the global climate 2023", World Meteorological Organization. Accessed: Dec. 25, 2024. [Online]. Available: <https://wmo.int/publication-series/state-of-global-climate-2023>
- [4] IPCC, "Climate change 2021 - The physical science basis". Accessed: Oct. 2021. [Online]. Available: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM_final.pdf
- [5] UNFCCC, "The Paris Agreement | UNFCCC". Accessed: Dec. 25, 2024. [Online]. Available: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement>
- [6] I. Bolanca Mirkovic and Z. Bolanca, "Calculation of the carbon footprint of books and e-readers through the stages of the product life cycle", 2024, doi: 10.24867/GRID-2024-p70.
- [7] C. Cong, J. Page, Y. Kwak, B. Deal, and Z. Kalantari, "AI analytics for carbon-neutral city planning: a systematic review of applications", *Urban Science*, vol. 8, no. 3, 2024, doi: 10.3390/urbansci8030104.
- [8] M. Babović, "Progress report on the implementation of the sustainable development goals by 2030 in the Republic of Serbia", 2022. [Online]. Available: <https://sdg.indikatori.rs/media/1546/progress-report-on-the-implementation-of-sustainable-development-goals-by-2030-in-the-republic-of-serbia.pdf>
- [9] P. Friedlingstein et al., "Global carbon budget 2024", *Earth System Science Data Discussions*, [preprint], 2024, doi: 10.5194/essd-2024-519.
- [10] European Council, "COP29 world leaders climate action summit, Baku, Azerbaijan", Consilium. Accessed: Dec. 25, 2024. [Online]. Available: <https://www.consilium.europa.eu/en/meetings/international-summit/2024/11/12-13/>
- [11] European Commission, "EU emissions trading system (EU ETS)". Accessed: Dec. 26, 2024. [Online]. Available: https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets_en
- [12] European Commission, "Carbon Border Adjustment Mechanism". Accessed: Dec. 25, 2024. [Online]. Available: https://taxation-customs.ec.europa.eu/carbon-border-adjustment-mechanism_en
- [13] Zakon o klimatskim promenama („Sl. glasnik RS“, br. 26/2021
- [14] Pravilnik o sadržini Nacionalnog inventara gasova sa efektom staklene bašte i Nacionalnog izveštaja o inventaru gasova sa efektom staklene bašte („Sl. glasnik RS“, br. 55/2023
- [15] Pravilnik o verifikaciji i akreditaciji verifikatora izveštaja o emisijama gasova sa efektom staklene bašte („Sl. glasnik RS“, br. 107/2021



ИНВЕРЗИЈА У ПОЕЗИЈИ ЗА ДЕЦУ INVERSION IN POETRY FOR CHILDREN

Душица Потпић, *Академија техничко-васпитачких струковних студија Ниш – Одсек Пирот, Тирила и Методија 28, Пирот.*

Садржај – У овом раду разматрамо стилску фигуру инверзију те њену улогу у поезији за децу и у сфери детињства.

Кључне речи: *Инверзија. Поезија за децу. Детињство.*

Abstract – *In this paper we consider inversion, figure of speech, as well as it's function in poetry for children and in childhood.*

Key words: *Inversion. Poetry for children. Childhood.*

1. УВОД

Предмет овог рада јесте инверзија, фигура конструкције у поезији за децу. Обратиће се пажња на њена својства и функцију у тексту, али и на њену улогу у сфери детињства. Грађу за истраживање чини корпус песама у *Антологији књижевности за децу I Зоране Опачић*.³ [1]

Стилске фигуре можемо објаснити као средства којима се одваја од природног изражавања и свесно појачава језички израз новим изражајним могућностима. Оне су настале из механизма језика, који су тесно повезани принципима мишљења, као и унутрашњим, духовним светом човека.⁴ Многе од њих припадају самом начину на који размишљамо, на који себи организујемо и објашњавамо стварност. Прешавши из сфере мишљења у сферу језика, феномени које зовемо стилским фигурама најпре служе да ту исту стварност именујемо. Као изражајна средства, она су тек трећи степен употребе језика. Когнитивни аспект стилске фигуре, онај везан за принципе мишљења, и њена номинативна вредност, која припада механизмима језика, омогућују стилској фигури често и висок степен сазнајне вредности. Оне се заснивају на креативном односу према мишљењу, али и према језику. Ови поступци истражују могућности језика, али и конзервирају заборављена значења речи. Његови су изражајни потенцијали много већи од оних који су нам, већ примењени, познати. Те нове могућности не огледају се само у стварању нових речи, већ и у контекстуалној примени – у успостављању нових веза и односа међу њима, у потенцијално новим конотацијама речи чији су садржаји конвенционални. Стилске фигуре су онај стваралачки новим на коме почива песнички језик.

Говор детета се највише развија под утицајем говорних подстицаја његове околине, чији су битан део и васпитачи. Управо од квалитета тих подстицаја зависе владање језиком и степен лингвистичких вештина одраслог човека. Књижевност у том смислу има веома важну улогу јер обилује моделима који ће помоћи детету у процесу усвајања језика. Захваљујући и књижевности дете упознаје говор као средство личног израза. Она подстиче дете не само да овладава језиком у свакодневној комуникацији, већ је и да само ствара говорне игре и стилске фигуре [2], [3], [4], да развија своје говорно стваралаштво.

2. ИНВЕРЗИЈА

Фигуре конструкције се базирају на распореду или поретку речи унутар реченице због чега их одређујемо и као синтаксичке фигуре. Оне имају функцију да остваре ефекат тако што се поигравају синтаксичком конструкцијом, а у њих спадају: инверзија, елипса, асиндет, полисиндет, реторичко питање, апострофа, акумулација. Њихов основни учинак везује се за мелодијски слој исказа будући да сваки реченични склоп подразумева одређену интонацију. Делујући пре свега на акустичкој равни, која је кључна за перцепцију језика, ова језичка изражајна средства најпре привлаче пажњу мале публике, а затим успевају и да задрже њихову крхку концентрацију, без чега не би било ни перцепције ни разумевања изговореног и написаног. У зависности од типа фигуре и од контекста, фигуре конструкције могу развијати и друге функције.

Инверзија је стилска фигура која подразумева промену уобичајеног реда речи или реченице. Синтаксичку конструкцију која се гради као низ: субјекат – предикат – објекат инверзија стилски истиче променом позиције

³ Сви наводи у раду дати су по овом издању и на њега се више нећемо позивати.

⁴ Литература о стилским фигурама којом смо се користили је: [2], [3], [4].

речи, док распоред унутар синтагме изокреће. Самим тим мења се и интонација, што је базични ефекат овог поступка. Инверзија наглашава мелодијску линију поетског текста, а то је и један чинилац његовог уметничког домета. Ова фигура је у поезији веома честа и због захтева риме, док она умногоме доприноси мелодичности и акустичком утиску текста. На звук најпре реагујемо и у свакодневној комуникацији, па и када читамо или слушамо неко књижевно дело. Уколико нас језик не привуче својом чулном компонентом, до поруке коју шаље нећемо ни доћи. Њен значај је тим већи у сфери детињства, [5] периоду када усвајамо језик и тек почињемо да овладавају лингвистичким вештинама. При томе треба имати у виду да дете бели стих ни не прихвата као поезију. „Пролетња зора“ Војислава Илића само је једна од бројних песама која се готово у целини обликује посредством ове фигуре:

Са далеких гора поветарац леће;
У мирису цвећа, у бисерној роси,
Он вам свако здравље и весеље носи.

Изражена мелодичност карактеристика је Илићеве постике, засноване добрим делом на поигравању синтаксичким склопом и његовим иновативним токовима. Низ инверзија које се надовезују једна на другу, инверзија у инверзијама, узрокују звучно богатство овог поетског текста, али и фреквентнију узлазну интонацију доприносећи и емоционалности исказа.

Ако лексема подразумева скуп свих значења, конкретне речи значење добијају у зависности од њихове позиције у реченици, колико и од контекста. Уочавање и усвајање синтаксичког позиционирања битан је моменат у говорном развоју детета. Промена реда речи у реченици, редоследа главне и зависне реченице те редоследа синтагматских чланова води и ка значењском померању или нијансирању исказа зато што фокус ставља на инвертоване сегменте. Тако је на пример у Илићевој песми „Први снег“:

У освитку зоре, кроз сумрачан тавни,
Покривене снегом почивају равни.

Истакнута зависна реченица, постављена у први стих семантички битног иницијалног дистиха, скреће пажњу на аркадијску идилу мирног, белог зимског јутра, што смисаоно интензивира зора, митски зачетак дневног циклуса живота. Како је зима еквивалент краја годишњег круга, текст се на симболичкој равни развија на митском принципу опонирања, сугеришући да замирање природе, замирање живота, садржи заметак новог почетка. [6] Песничке слике, колико и њихова наглашена мелодијска линија посредују сложеније мисаоне садржаје, али тако што се прилагођавају малој публици и њеним когнитивним способностима. Оне се обраћају визуелним и акустичким потенцијалима малишана, који ће тек да развијају апстрактно мишљење. [7]

Померање може да се одвија и ка крају синтаксе или синтагме, што је структурно наглашена позиција такође. Инверзији се врло често прибегава ради испуњења захтева риме или метричког обрасца, као на пример у песми „Вида и златан сан“ Јована Суботића:

Да се мало поиграју,
И по цвећу повитлају.
Златан санак на праг стао,
Преко прага на нос пао.

Без обзира на формалне разлоге, она је увек стилогена и увек скреће пажњу на значење. Изразито мелодични стихови песме „И ја чујем како растем“ Пера Зупца у иницијалном се сегменту базирају се на инверзији:

Има птица златокљуна,
сребрнога, меког перја,
ја је видим и прећутим
и запишем у свој дневник
криомице:
видео сам перје птице
како пада изнад града
као када изненада
снег завеје.

Онеобичавањем израза обликује се онеобичена слика стварности, док је она тек видљиви, симболички пандан немира који расту у лирском субјекту. Инверзија, при томе, додатно оснажује експресивни придев: златокљуна активирајући и његову фолклорну и бајковиту конотацију, чудесност.

У песми „Вожња“ Десанка Максимовић постиже фину мелодичност и стилску динамичност смењујући инверзију с уобичајеним синтаксичким редом и повременим, звучно ефектним опкорачењем: Возимо се. Покрај пута

Разасута
села леже.
Ко потоци после буре
коњи јуре,
лете, беже. /.../
Гле, сеоске куће беле,
као стреле
тек пролете.
Поред пута стабла вита,
шибље, жита,
лете, лете.

Изразити темпо кратких стихова и ритмичност анафоре употпуњују акустички учинак, који провоцира пажњу детета уводећи га у сложеност модела света овог привидно једноставног поетског текста. Инверзија помера мотиве ка крају синтаксе и синтагме и на тај начин их значењски издваја. Почетак реченице фокусира се на вожњу и околину кроз коју се пролази. На њеном крају је илузија да се предметност креће – док је путник статичан – изазвана надраживањем перцепције. Игра вртоглавице [8] доводи до екстазе, која је и тема песме, док се она не

фокусира ни на радњу нити на предметни свет, већ на унутрашњи доживљај и стање усхићења лирског субјекта. Деца се сусрећу с два мотивска плана која обликују тему, што је за њих захтеван задатак, а њега смисаони импулси инверзије чине пријемчивијим и савладивијим.

Инверзија може да узрокује и херметичност израза, који се понекад среће и у књижевности за децу. Интонационо-мелодијски низ песме „На књижицу за новољетни дар“ Луке Милованова обликује се комбиновањем дужих инвертованих с краћим реченицама и интригантном насловном елипсом:

Птичар ја нисам
Дјеци да би сам
Ловом у пољу
Добио коју
Птичицу.
Воду не гацам,
Мреже не бацам,
Да има ја овим
Малу уловим
Рибицу.

Стилска динамичност песме делује подстицајно на децу пажњу, која је нужан услов за разумевање овог, не увек смисаоно проходног поетског текста, док значењем и обликом једноставнији синтаксички сегменти припремају контрапункт и његову сложеност. Ова песма није блиска деци, није им прилагођена језички и стилски. Песник остварује стихове високог стила, мелодијске раскоши и садржајне тежине, која тражи изванредан мисаони напор. Песма, стога, делује на интелектуални развој детета. Поред тога, она уводи децу у свет књижевности и припрема их за његово богатство и рефлексивну тежину. Ма колико захтевно, овакво штиво се својим акустичким ефектима ипак приближава начину на који деца перципирају језик, а то је и услов бољег разумевања текста.

Овај стилски поступак има још једну функцију како у поетском тексту, тако и у свакодневној комуникацији. Висином гласа изражавамо осећања, а инверзија је један од поступака који на њу утичу. Није, стога, неочекивана ни тврдња да је он и чинилац стилске тоталности. Алекса Шантић је један од оних песника који и посредством инверзије моделује емотивност стихова. У песми „Санак мале Виде“ она је експлицитнија: Међ' цвјетићи шаренкасти

Ја сам била.
Око њих је љепушкасти
Лептир лето
И крунице мирисаве
Љубећ крето.

Аркадијска слика моделује се стилогеним деминутивима: шаренкасти, љепушкасти и стилски маркираним обликом придева: мирисаве, који се

постављају иза именице, док сам избор мотива указује на осећања. Опкорачење: љепушкасти / лептир и инверзија: љубећ крето унеће додатне узлазне импулсе и њихов емоционални регистар. Иницијална идиличност први је степен мисаоне и структурне градиције, која сугерише значај општечовечанске љубави, а изнад ње поставља патриотизам. Поред тога што привлачи пажњу, мелодијски склоп песме прати ту поступност појачавања израза и доприноси укупној хармоничности целине.

У песми „Ведро деца“ Шантић тематизује веселу децу игру:

„С пута, с пута! Не видите
Како јури парип наш?
Лука кола цвећа вози,
А Миле је кочијаш!“
Тако кличу деца ведра –
Разлеже се цео круг.
Уз то Хектор гласно лаје
И на знање свима даје / Да је и он дечји друг!

Она емоционалност остварује превладавањем отвореног вокала: А, сталоженошћу узвичне и упитне реченице те изразитом инверзијом. Сви ти поступци наглашавају узлазну интонацију, која прати слике безбрижне игре и радости. На тај се начин сугерише не само слика детињства већ и емоционални однос лирског субјекта према њему. Наклоност и љубав за децу, као и став афирмације детињства, у поезији за децу често се моделују имплицитно, стилском тоналношћу. Тако се, између осталог, васпитно делује и на децу осећања, што је још један учинак овог, нимало занемарљивог аспекта инверзије и њених потенцијалних улога у поетском тексту, поготово ако се има у виду значај који у најмлађем узрасту има емоционална димензија личности.

3. ЗАКЉУЧАК

Синтакса представља највиши ниво језика. Значење речи не реализује се само као такво, већ зависи и од места које заузима у низу осталих. Та позиција је веома важна за синтаксички аспект развоја говора детета. Игре засноване на реченичним конструкцијама утичу и на сређивање његових мисли па имају значајну улогу у процесу усвајања језика и поспешивању његових говорних способности. Свака стилска фигура показују својство да постиже различите ефекте па их ваља сагледавати и тумачити на основу контекста. Усмеравање на контекст ангажује интелект малишана. Инверзија учествује у реализовању акустичких ефеката и говорног и писаног језика, а без њих нема ни разумевања поруке. Ако се поред тога има у виду и њен емоционални потенцијал, употпуниће се слика о томе колико може бити делотворна у духовном и говорном развоју деце те колико језички окретан васпитач, који овим стилским поступком вешто и умешно барата до њих лакше допире па може ефикасније да их подстакне и усмери њихов напредак. Испитујући психолошке аспекте формирања реченице код детета, Филип Малрије је истакао да формирање реченице није испољавање урођених структура него да „реченица

настаје из сплета неколико процеса: уласка у културу, формирања мишљења посредством језика, изградње личности – она је једна спона у мрежи изградње културних понашања“.

Бугарски истиче да се „усвајање матерњег језика не своди на механичко опонашање говора одраслих, него је увелико стваралачки процес“, [10] Књижевност за децу има веома важну улогу у свим аспектима развоја говора. Малишани тек усвајају језик и значења речи. Улога стилских фигура у делу које им је намењено је велика јер они и посредством звука и посредством слике сазнају поруку. Искуства књижевника нека су врста путоказа и васпитачима како да се начином употребе језика приближе својим малим васпитаницима. И васпитачи се, као и сви ми, стилским фигурама користе несвесно јер су оне сегменти самог језика, начин на који се он реализује. Свесна употреба ових поступака, њихова циљана примена у васпитно-образовном раду, ангажује и самог васпитача и његове интелектуални потенцијал, а његово професионално деловање и стручне компетенције подиже на већи степен.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Зорана Опачић, *Антологија књижевности за децу I*, Издавачки центар Матице српске, Нови Сад, 2018.

- [2] *Речник књижевних термина*, Нолит, Београд, 1985
- [3] Иво Тараља, *Теорија књижевности за средње школе*, ЗУНС, Београд, 2000.
- [4] Драгиша Живковић, *Теорија књижевности с теоријом писмености*, Драганић, Београд, 2001
- [5] Смиљка Васић, *Вештина говорења*, Бигз, Београд, 1980.
- [6] Мирча Елијаде, *Историја веровања и религијских идеја*, Бард-фин – Романов, Београд – Бања Лука, 2003.
- [7] Жан Пијаже и Бабаел Инхелдер, *Интелектуални развој детета*, ЗУНС, Београд, 1982.
- [8] Роже Кајоа, *Игре и људи*, Нолит, Београд, 1979.
- [9] Филип Малрије, „Психолошки аспекти формирања реченице код детета“, у: *Развој говора код детета – изабрани радови*, Завод за уџбенике и наставна средства, Београд 1997, стр. 218.
- [10] Ранко Бугарски, *Увод у општу лингвистику*, Чигоја штампа–XX век, Београд, 2003.

МОДАЛИТЕТИ ПОУЧНОГ ДИСКУРСА У ПОЕЗИЈИ ЗА ДЕЦУ

MODALITIES OF INSTRUCTIONAL DISCOURSE IN CHILDREN'S POETRY

Јелена Вељковић Мекић, Академија техничко-васпитачких струковних студија - Одсек Пирот, Тирила и Методија 29, Пирот.

Садржај - У раду су анализирани песнички примери српских песника за децу који илуструју позитивне и негативне модалитете поучног дискурса. Уочено је да се утилитарне тенденције у поезији за децу и заступљеност дидактичких песама смањују од традиционалног ка модерном песничству. Имајући у виду да је код дидактичке књижевности регистрована превага поучног дискурса у односу на естетски израз, испитивани су они песнички примери у којима се до поуке долази путем разноврсних игровних принципа. Закључује се да је дидактичка тенденција оправдана уколико је поука изнедрена из саме песничке структуре као сегмент који доприноси складу и кохерентности целине, као и да се у овим случајевима и поуци може признати квалитет „лепог”. Пошто је примарни реципијент испитиваних песама дете важно је истаћи да поука у њима мора бити изречена на детету пријемчив и разумљив начин, сходно његовим когнитивним способностима и психолошким одликама, као и опсегу његовог искуства.

Кључне речи: Дидактичка књижевност. Поезија за децу. Поука. Игра. Естетско вредновање. Дете-реципијент.

Abstract - The paper analyses various poetic examples by Serbian poets for children, the examples which illustrate both positive and negative modes of instructive discourse. It has been noticed that utilitarian tendencies in children's poetry are becoming reduced as one moves away from traditional towards modern poetry. This form of reduction is also observable in the representation of didactic poems. Although a predominance of instructive discourse over the aesthetic expression is a significant mark of didactic literature, it has been concluded that the existence of a poem is indubitably justified if the moral is embodied in the poetic structure as a segment which contributes to the harmony and coherence of the unity, as well as that in these cases even moral can be attributed with the quality of „beautiful“ and most frequently through the principles of play. Since the primary recipient of the examined poems for children is a child, it is important to emphasise that the moral in these poems should be expressed in a manner comprehensible and understandable to children, in accordance with their cognitive capacities and psychological characteristics, as well as with the range of their experience.

Keywords: Didactic literature. Poetry for children. Moral. Play. Aesthetic evaluation. Child recipient.

1. УВОД

Одувек су постојали афинитети ка томе да се животно искуство, одређена сазнања и моралне максиме пренесу читаоцима путем уметничке речи. Књижевност у којој се региструју поучне тенденције назива се дидактичком. Она се не везује за одређену литерарну форму, већ је њено битно обележје превага поучног дискурса у односу на естетски израз. Дидактичка књижевност се јавља код свих народа у почетном ступњу њиховог развоја, када још увек немају развијен и самосталан тип научног дискурса. Процват доживљава у епохи просветитељства у свим већим земљама Европе, па и код Срба са Доситејем Обрадовићем као њеним родоначелником.

У одређеним књижевним текстовима уочљиве су тенденциозност и дидактика, које се, донекле с правом, у савременој критици и естетици негативно вреднују. Ипак,

не треба у потпуности и без претходних проматрања одбацити „лепоту” поуке коју поједини књижевни текстови садрже. Уколико се не обелодањује сувише очигледно и није сведена нити на поучне расправе нити на нестварне личности пуне врлина, већ је интегрални и неизоставни сегмент структуре књижевног текста, поука ће се посматрати сасвим другачије. Тамо где је књижевност поучна, пише Хартман у својој *Естетици*, не мора бити речи о педагошкој тенденцији, а „тамо где нема никакве тенденције најпре се постиже дејство ове врсте” [1]. Суштина се огледа у поруци која ће бити пренета даље, у апелативном и поучном књижевном дискурсу, у *engagement*-у који се може схватити као превентивна мера, као упућивачки импулс, али не без хуманистичког дискурса који као продукт лепих уметности представља супротност сировим реалним околностима и сувопарним научним сазнањима.

2. ПОУЧНИ ДИСКУРС У ПОЕЗИЈИ ЗА ДЕЦУ

Поука у структури песме може бити обликована као забрана, прекор, упозорење, опомена или савет, док тон изрицања поуке варира у различитим нијансама од благог, добронамерног, пријатељског и родитељског до строгог, изричитог и искључивог. „Педагошко у књижевности се најчешће јавља у две равни: буквална и пренесена раван. Буквална раван се своди на педагошку констатацију о потреби да се дете понаша на одређен начин, да чини оно што старији мисле да треба да чини. Пренесена раван подразумева спонтан, шaljив, игрив и благо ироничан однос писца према детету и искључује наравоученије.” [2]

Да би указали на неки вид пожељног, корисног и похвалног понашања најранији српски песници за децу своје поетске ликове доводе у најразноврсније околности и ситуације. Најчешћи принципи којима се користе да би изrekli поуку у структури песмама јесу принципи награде и казне. Награде су намењене деци која се смерно и примерено владају, а казнама се прети непослушној и несташној деци. На сву срећу, дидактика која се служила искључиво застрашивањем, претњама батинама, приказом неких несрећних околности по „преступника” давно је одстрањена из песама за децу. Савремени песници за децу имају више слуха за природу детета и далеко већи степен толеранције за оно што дете и детињство јесте, те нити у својим песмама постављају високе моралне, утилитарне и педагошке захтеве, нити, уколико се одлуче да упуте неку поуку, то чине на строг и ауторитативан начин.

Када се разматрају начини упућивања поуке разликују се оне које се изричу непосредно и које се читају дословно из текста, понекад чак и у форми директног обраћања читаоцима или у отвореној критици поетског лика, као што чини Змај у песми *Диша*, од оних које су садржане имплицитно у песничкој структури, те се до њих долази накнадним промишљањем.

Нарочито негативан пример представљају поучне песме у којима се поука истиче издвајањем из контекста, насловом (Змај: *Пријатељ много вреди*, Радовић: *Одело не чини човека*) или завршним стихом, у виду пословице, чиме се још више отуђује од поетске структуре, а тиме и од естетског доживљаја читаоца. Наравоученије углавном читамо у завршним стиховима, као у песми Стевана Поповића (Чика Стеве) *Мрав*: „Лењо дете нек се стиди/ Када вредна мртва види!” [3], којима се поука упућује лењој деци и то уз покушај изазивања стида.

Негативан пример изрицања поуке налазимо у Змајевој песми *Како би*, иако је Чаленић сасвим другачијег мишљења. „Ево правога света детињства у песми. Ево и мале поуке. Јер не можемо рећи да Змај у овој изванредној песми није хтео да поучи дете, да му укаже на бесмисленост пушења у његовим годинама. Али он је то учинио тобож онако узгред, тек на крају песме, а претходно је дао неколико невероватних слика, које могу да се јаве у бујној дечјој машти.” [4] Слике одраслог човека на дрвеном коњу, деке који пије млеко пре ручка, баке која се враћа у ђачку клупу, гротескне су и Змај посредством њих нимало није успео да истакне вредности и благодети детињства. Четврта, последња, строфа представља поенту, опет у одбојној слици дечака Љубе са

цигаретом у зубима, која у изругивању резонера постаје још одбојнија. Још један изразито негативан пример изрицања поуке налазимо код Змаја у песми *Мали Јова*. Да свако доба има себи својствене вредности и да је све што искаче из колосека непримерено и неумесно, поручује Змај и овом песмом. Али, поред тога што експлицитно изриче поуку у стиховима „Што ј’ од Бога коме дато,/ Нек се тиме дичи” [5] и што уз помињање Бога упућује на хришћанску смерност, Змај у овој песми деградира дете и његову игру, што је уједно најпогубније за њен успех.

Постоје и другачији примери песама за децу који у себу садрже поучне ноте. Песник у случају имплицитног исказивања поуке не поучава отворено, већ пут ка поуци чини теже проходним и мање очигледним. Поука се схвата посредно, путем доживљаја поетских ликова, лепоте поетске слике, у изненађујућем и онеобичајеном казивању, у мудрој хумору који путем смеха наводи реципијента на запитаност, двозначним и вишезначним склоповима, семантичком слојевитошћу итд, што значи да се сазнање, закључак, поука, накнадно конструишу у читалачкој свести путем естетског учинка песме. Пошто је примарни реципијент испитиваних песама дете важно је истаћи да поука у њима мора бити изречена на детету пријемчив и разумљив начин, сходно његовим когнитивним способностима и психолошким одликама, као и опсегу његовог искуства.

У кратком осврту на Змајево *Песму о Максиму* циљ нам је да укажемо на принцип супостојања игре и поуке. На почетку песме Максим премишља о причама о вилењацима и то је увод у нестварни свет снова и бајки, увод у „варамте” стихове који следе. Прелаз у свет снова је готово неосетан, граница се једва назире, јер се ничим изричито не каже да старац који је скочио с дуда припада свету снова. Описан веома живописно, занимљивим и нестварним карактеристикама, старац дарује Максиму ковчег. Несрећа је у томе што Максим не зна да чита те чудновата хартија њему не може да донесе срећу. Песма се завршава поуком која осуђује оне који не знају да читају. Песнички субјект, уједно и резонер, сведок је старчевог смеха чиме се граница између стварног и нестварног још више доводи у питање. Тим поступком поука добија на тежини, док довођењем старца у везу са ђаволом игра додатно добија на значају. Међутим, не може а да се не примети делимична неусклађеност завршетка и стихова који му претходе. До потпуног прожимања игровних и поучних елемената у песми није дошло из разлога што је Змај пошто је постигао „мету” додао стихове који су донекле сувишни. Потреба песника да додатно истакне поуку и да тиме створи напрелине у јединству песничке структуре није изненађујућа за Змаја. С те тачке гледишта, много је вернији и убедљивији лик дечака Јове из песме *Мали Јова* него песнички лик из песме *Гушчар Штева*. Гушчар Штева ређа своје јаде и прижељкује полазак у школу, а песник се јавља на крају песме са утешним речима: „Чекај, чекај Штево, биће ваљда и то” [6], док се Јова у својој игри улога прерушава у деду и у овоме он подсећа на сву децу која прибегавају сличним играма. Ипак, и код Змаја има изузетака и позитивнијих примера као што је песма *Маџина школа* у којој девојчица Маџа у игри улога постаје учитељица својим луткама, стрпљива и смирена, која опомене

упућује узгред и ретко, док су речи хвале метод којим се чешће користи. Тиме је предочен пожељан вид понашања и васпитаника и педагога, а да оквири игре нису разбијени нереалним приказом стар-малог детета или интервенцијом одраслог резонера.

Код Момчила Тешића налазимо адекватан пример у песми *Држалица* која поучава преко позитивног делања старијих и указује на то да је лакше учити кроз игру. За разлику од Змајеве песме *Како би...* у којој свака слика трпи осуду, а понајвише последња, Тешићева песма *Какав је то* цела је шалозбиљна. У њој се смењују озбиљна и смешна питања са довитљивим и духовитим одговорима (нпр. „Какав је то врт без мирисног цвета? – *Суморан.*” или „Какав је то цин који сиса палац? – *Смешан.*” [7]), док последња строфа „Ко је онај ђак/ што не зна да чита? – *Почетник.*” у свом одговору не изриче критику, већ само износи тврдњу без икаквих негативних конотација.

Постоји више начина да се поука ненаметљиво утисне у поетски текст. Један од њих јесте предочавање позитивних осећања у делању поетског лика или изазивање позитивних осећања у реципијенту. Песник Гвидо Тартаља је својом песмом *Петица* отелотворио прву могућност у којој Перичино задовољство, понос и лична сатисфакција воде ка закључку да су ова позитивна осећања уследила због рада и труда који је уложио да би добио високу оцену. Игра се региструје у последњим редовима, у изокретаљки, односно, замени објекта субјектом, што у симболичкој равни значи да му је петица дала крила, моћ, занос.

Позитивни примери поучних песама налазе се далеко лакше код модерних и савремених песника за децу. Неколико песничких примера Душана Радовића потврђују претходно речено. Сасвим је погрешан став неких критичара да се Радовић остварио искључиво као песник игре и да код њега нема поучних песама. Између већег броја песама које у себи носе неки вид поуке поменућемо следеће: *Поука*, *Циљ*, *Кишобран*, *Живот*, *Коњ и сан*, *Други* и *О студи и срамоти*. Неке од поука које посредно појмимо из наведених песама су да је потребан труд да се нешто учини најбољим (најбоље јутро, најбољи петак, најбоље лето), што значи да је за одређивање појма *најбољег* условљено индивидуалним сагледавањем врлине и индивидуалном проценом квалитета; да је лепо кад се неко или нешто оствари кроз своју сврху; да постоји супротност између две природе: сањалачке и делатне, али да реципијент сам треба да одлучи којој ће се приклонити итд. Успех Радовићевих песама огледа се и у томе што он никад не губи из вида дете и што реално сагледава његове могућности, а то је и доказао у песмама *Важна питања* и *Када деца мисле*. Полазиште за тумачење његових песама проналазимо у децјем резонувању и децјој тежњи да се све активности одвијају кроз игру. Такође је веома важно да се оствари партнерство између детета и песника, а као репрезентативан пример песника који је у овоме успео критичари често се наводе управо Душана Радовића. У његовом свеукупном песничком стваралаштву присутна је вера у речи изговорене, као и поверење у читаоца. Заокруженост игре коју заговара Радовић својом поетском структуром не може се остварити у комуникацији са пасивним читаоцем: од реципијента се захтева

ангажовање и приликом „усвајања” по(р)уке и приликом „наставка” игре. Како би задобио поверење реципијента песник се користи убеђивачким маневрима као што су стил близак разговорном и честа присутност песничког субјекта као сведока или онога ко је укључен у догађаје из песме и тиме неког ко преноси своје непосредно искуство. Радовић није песник дидактичар, чак, није ни песник педагог у традиционалном смислу речи. Он не претендује да својом поезијом изврши утицај на читаоца у практично-делатном смеру који даје сврховите резултате, нити жели да у младу свест уграђује моралне ставове пре но што је њихова вредност у стању да се појми. Ипак, не сме се сметнути с ума ни песников став да је „игра само поступак, начин да се савременијим средствима дође до неке слике или мудрости” [8]. Без обзира на то што је Радовић изразито наклоњен игри, не може се рећи да он не поучава, већ то чини, за разлику од многих других песника, на један суптилан, ненаметљив, а ипак јако сугестибилан начин.

Песма *Мали гроф у трамвају* Драгана Лукића илуструје непристојно понашање дечака и његове мајке уз помоћ живописних ликова и језгровитих реплика. Песнички субјект се не јавља као резонер, нити се у песми експлицитно изриче прекор таквог понашања. Поука се открива у иронији стихова „Устао је дед/ да не квари ред”, дакле у семантичкој игри, чиме је остварено прожимање игровних и поучних принципа.

У Ршумовићевој песми *Досадно ми је* је пре свега истакнута моћ трансформације у игри, али песма није без поуке. Поука, да повратка, када је једном начињен избор, нема, назире се у завршном плану песме, а њен „положај” у структури песме само потврђује колико је сваки избор битан, чак и избор игре. Недовршеност и недореченост песме, такође, представља једну врсту игре која има неограничено поверење у реципијента. Песма као да се не завршава последњим стихом, већ упућује захтев за реконструкцијом у свести реципијента и рачуна да ће он сам доћи до поуке.

Готово сви поменути примери у којима се остварује принцип сједињавања и прожимања игре и поуке одликују се хуморном компонентом. Хумор као иманентна одлика детињства морао је наћи израза и у песми намењеној деци. „Смешно у животу деце сасвим је у складу са основним начелом игре материјалних, психичких и духовних сила.” [9] Хумором обликована поука јесте још један вид синтезе игровних и поучних сегмената поетске структуре. Неозбиљност и раздраганост хумора ублажавају озбиљност поуке. Ни једно друго средство комуникације нема тако добар одговор у слушаоцу и зато се у њему крије велика моћ. Хумор се може довести у уску везу са феноменима игре и лепоте, тако да је саопштавање поуке и озбиљних, недечјих садржаја путем *смешног* један од сигурнијих начина да дође до супостојања етичко-естетске вредности у стиховима.

За принцип прожимања игровних и поучних сегмената у поетском тексту може послужити као мото изјава Бранка В. Радичевића: „Хајде да се играмо! Па ћемо у игри рећи један другом и понешто паметно...” [10]

3. ЗАКЉУЧАК

Дидактичка књижевност је кроз историју писане речи доживљавала различите етапе, имала већу или мању заступљеност, процењивала се позитивно или негативно. Сасвим се супротстављени ставови јављају и приликом вредновања дидактичке поезије за децу. Кетинг износи свој крајње негативан став поводом уплива педагошких елемената у ову област уметничког стваралаштва: „Ко зна колико смо већ векова будуће историје спречили педагогијом! И то само зато јер смо унутар етичких норми, дакле унутар науке о границама и дозвољеностима, покушали да сместимо уметност, дакле науку о бескрају и лепоти” [11]. О покушајима да децу научимо нечему корисном уз помоћ поезије Голуб је изрекао свој суд: „Дидактика у стиховима, са становишта педагогије, може да буде ефикасна, јер дијете осјећа велику наклоност према рими и везаном стиху, али тада нема никаквог разлога да творевине те врсте вреднујемо унутар литературе” [12]. Ипак, морамо се сложити са Милинковићем да су у области литерарног стваралаштва за децу неизбежни педагошки принципи [13], што наравно не одређује све песме, приче, бајке намењене деци као дидактичне.

Евидентно је да се да се утилитарне тенденције у поезији за децу и заступљеност дидактичких песама смањују од традиционалног ка модерном песништву, а да се опсег игровних елемената у песмама за децу повећава и усложњава. Културна клима утиче на промене у односима према деци, те се мењају и идеали детета које песник преферира у свом стваралаштву: на пример, у крајње поједностављеним цртама, може се рећи да Змај заговара идеал *послушног детета*, Радовић дете *какво јесте*, Ршумовић *самосвесно дете*. Захтев за разумевање дечјег света код модерних и савремених песника постаје неприкосновен, а приоритет нове комуникације јесте дијалогска размена са дететом као себи равноправним. Разматрајући функције књижевности за децу почевши од друге половине XX века Ристић уочава да се савремени жанрови књижевности за децу крећу ка недидактичком занимљивом штиву које формира један нови читалачки укус. „Различитост књижевности за децу изгледа као алтернатива креативне свести, тражећи уточиште од стреса и флуидности савремене комуникације, од софистицираног урбаног живота и од нерешености појединца.” [14]

На крају ових разматрања могло би се закључити да уколико је писац нарочито инсистирао на некој идеји и уколико је његов стваралачки импулс руковођен ислучиво интенционалношћу и тенденциозношћу, поука ће се у структури поетског текста открити као вештачки и насилно имплантиран продукт. С друге стране, уколико је поука изнедрена из саме песничке структуре као сегмент који доприноси складу и кохерентности целине, њено постојање бива недвосмислено оправдано.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] N. Hartman, *Estetika*, Beograd: Dereta, 2004.
- [2] С. Обрадовић, *Књижевност за децу I*, Алексинац: Виша школа за образовање васпитача, 2005.
- [3] З Опачић, *Антологија српске поезије за децу предзмајевског периода*. „Антологија српске књижевности“ - пројекат дигитализације класичних дела српске књижевности Учитељског факултета Универзитета у Београду и компаније Microsoft®, 2009.
- [4] М. Чаленић, *Књижевност за децу*, Београд: Завод за уџбенике и наставна средства, 1977.
- [5] Ј. Јовановић, *Дечје песме*, Нови Сад: Матица српска, 1969.
- [6] Ј. Јовановић, *Ризница песама за децу*, Београд: „Вук Караџић”, 1988.
- [7] М. Тешић, *Падогранци и њихови знанци*, Титово Ужице: Вести, 1989.
- [8] Д. Радовић, *Антологија српске поезије за децу*, Београд: Српска књижевна задруга, 1991.
- [9] Н. Тахмишчић, *У лијепом кругу*, Крушевац: Багдала, 1963.
- [10] А. Нромadžић, *Дејчи pisci o sebi*, Sarajevo: Veselin Masleša, 1963.
- [11] Т. Ketig, *Literatura za decu — univerzalna metafora života, Tragom dečje pesme*, Novi Sad: Zmajeve dečje igre – Kulturni centar, str. 28-32, 1969.
- [12] Z. Golub, *Didaktika i artizam. Tragom dečje pesme*, Novi Sad: Zmajeve dečje igre – Kulturni centar, str. 58-62, 1969.
- [13] М. Милинковић, *Лепота поуке у књижевности за децу, Детињство, Часопис о књижевности за децу*, број 4. Нови Сад: Змајеве дечје игре, стр. 27-31, 1999.
- [14] Б. Ристић, *Савремени жанрови и тематске тенденције као основа утврђивања једног читалачког укуса и изазова за кретање ка недидактичком занимљивом штиву. Детињство, Часопис о књижевности за децу*, број 1, Нови Сад: Змајеве дечје игре, стр. 89-92, 2011.

Напомена: Рад садржи необјављене делове докторске дисертације под називом “Игра и поука као сегменти поетике поезије за децу.”

ZNAČAJ TPR METODE KOD UČENJA STRANOG JEZIKA NA RANOM UZRASTU THE SIGNIFICANCE OF TPR METHOD IN FOREIGN LANGUAGE INSTRUCTION AT EARLY AGE

Sanja Petrović, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Pirot, Ćirila i Metodija 29, Pirot*
Ivica Panić, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Pirot, Ćirila i Metodija 29, Pirot*

Sadržaj - Metoda *Total Physical Response (TPR)* igra značajnu ulogu u učenju stranog jezika, posebno na ranom uzrastu. Ovaj pristup je razvio psiholog Džejms Ašer, i on se zasniva na ideji da deca usvajaju strani jezik slušanjem, po modelu maternjeg. Prema ovoj metodi, deca uče strani jezik tako što reaguju na verbalne instrukcije odgovarajućim fizičkim pokretom. TPR podstiče prirodno angažovanje učenika i relaksiranu atmosferu u učionici što olakšava razvoj veština slušanja, razumevanja i produkcije kod učenika svih uzrasta. Metoda je naročito korisna za decu na ranom uzrastu, jer uključuje kinestetičko učenje, zadovoljavajući njihove razvojne potrebe i poboljšavajući pamćenje. Integracija TPR metode u nastavu stranog jezika stimuliše pamćenje, smanjuje jezičku anksioznost i podstiče pozitivnu, interaktivnu atmosferu među učenicima. Ova metoda jednako je primenljiva na sve učenike bez obzira na njihov stepen razvoja. 2000-ih se javlja i TPRS (*Total Physical Response Storytelling*) metoda koja ukazuje na potencijal potpunog fizičkog odgovora u nastavi stranog jezika i mogućnosti da se njime obuhvate i obimniji jezički sadržaji. Ovaj rad ima za cilj da sumira teorijske pretpostavke kao i rezultate postojećih istraživanja i ukaže na značaj TPR metode za učenje stranih jezika na ranom uzrastu ističući njenu efikasnost u unapređenju usvajanja jezika, poboljšanju kognitivnog razvoja i promovisanju zabavnog, ali strukturiranog iskustva učenja. Kroz analizu postojećih istraživanja i pedagoških praksi, rad naglašava vrednost TPR-a kao osnovnog alata za postavljanje čvrstih temelja u učenju stranih jezika na ranom uzrastu.

Ključne reči: TPR metoda. Učenje stranih jezika. Fizički pokret. Rani uzrast.

Abstract - The *Total Physical Response (TPR)* method plays a significant role in foreign language learning, especially at an early age. This approach was developed by psychologist James Asher and is based on the idea that children acquire a foreign language by listening, similar to how they learn their first language. According to this method, children learn a foreign language by responding to verbal instructions with corresponding physical movements. TPR encourages natural student engagement and a relaxed classroom atmosphere, which facilitates the acquisition and fosters the development of listening, comprehension, and production skills in students of all ages. The method is particularly beneficial for young children as it involves kinesthetic learning, it meets their developmental needs and improves retention of vocabulary and key structures. Integrating the TPR method into foreign language teaching stimulates memory, reduces language anxiety, and fosters a positive, interactive atmosphere among children. This method is equally applicable to all students regardless of their developmental stage. In the 2000s, the TPRS (*Total Physical Response Storytelling*) method emerged, highlighting the potential of total physical response in foreign language teaching and the possibility of encompassing more extensive language content. This paper aims to summarize theoretical assumptions and existing research results, emphasizing the importance of the TPR method for early foreign language learning, highlighting its effectiveness in enhancing language acquisition, improving cognitive development, and promoting a fun yet structured learning experience. Through the analysis of existing research and pedagogical practices, the paper underscores the value of TPR as an important tool for laying a solid foundation in early foreign language learning.

Keywords: TPR method. Foreign language learning. Physical movement. Early age.

1. UVOD

Metoda potpunog fizičkog odgovora ili *Total Physical Response (TPR)* javila se 1960-ih kao deo komunikativne metode učenja jezika, a pod uticajem tada najznačajnije teorije o usvajanju jezika, teorije o prirodnom pristupu (*The Natural Approach Theory*) Stivena Krašena [1]. Tvorac ove metode je

Džejms Ašer (*James Asher*), američki psiholog, koji je pošao od pretpostavke da deca usvajaju strani jezik po istom mehanizmu kao i maternji jezik [2]. Mala deca uče maternji jezik najpre samo slušajući i imitirajući, a zatim fizički odgovaraju na stimuluse iz sredine. Npr. kada roditelj detetu kaže: *Gde je zeka?* ili *Donesi mi knjigu*, itd. dete ove radnje obavlja uspešno i dobija pozitivni odgovor roditelja. Dakle,

slušanje i reakcija na verbalni stimulus je najznačajnija za početne faze učenja jezika [2], [3]. *TPR* metoda se zasniva na istim principima. Nastavnik daje deci instrukcije, a deca slušaju, gledaju pokrete nastavnika, a zatim ih prate izvršavajući zadate radnje, na primer: *Stand up, Touch your head*, i slično.

2. KONCEPTI I TEORIJE U OSNOVI *TPR* METODE

Teorija dvostrukog kodiranja (*Dual Coding Theory*) Alena Paivija [4], [5] govori o tome da se informacije u ljudskom mozgu procesuiraju putem dva različita kanala- verbalnog, putem kojeg se primaju verbalne informacije i neverbalnog koji koristi vizuelne slike ili fizičke reprezentacije. *TPR* metodom učenja jezika angažuju se oba kanala povezivanjem fizičkih radnji sa verbalnim komandama, što pomaže učenicima da kodiraju jezik lakše i efikasnije. Fizičke radnje predstavljaju oblik vizuelne reprezentacije, i uz verbalni input mogu služiti kao referentna tačka za prisećanje informacija. Ovakav dvostruki sistem kodiranja informacija doprinosi dužem i lakšem pamćenju jezičkih sadržaja. Teorija dualnog kodiranja uticala je na razumevanje mnogih kognitivnih fenomena, uključujući mnemoniku, rešavanje problema, učenje koncepata i jezika, a Paivio [6] njome objašnjava dvojezično procesuiranje kod bilingvalne dece. Klark i Paivio u svom kasnijem radu predlažu teoriju dualnog kodiranja kao opšti okvir za obrazovnu psihologiju [5].

Teorija kognitivnog opterećenja (*Cognitive Load Theory*) u osnovi ima pretpostavku da se kod učenja novih sadržaja aktivira radna memorija koja je ograničena, što znači da učenici mogu obraditi samo ograničenu količinu informacija u kraćem vremenskom intervalu. *TPR* metoda smanjuje kognitivno opterećenje integrišući fizičke radnje u proces učenja, što omogućava učenicima da jezik usvajaju lakše, bez preopterećenja svojih kognitivnih resursa. Ovo takođe doprinosi razumevanju i pamćenju novih jezičkih sadržaja [7], [8].

Ova metoda za učenje stranog jezika inkorporira kinestetičko učenje i naročito je korisna za učenike koji uče putem fizičkog pokreta. Fizički pokret olakšava pamćenje i to naročito važi kod učenja veština. Što se tiče učenja stranog jezika u učionici, kinestetički stil učenja bi podrazumevao upotrebu pokreta, igre, plesa, glume, kao i aktivnosti rukama. Ovakav fizički angažman kod *TPR* metode poboljšava koncentraciju, a emocije koje doživljavaju kinestetički učenici olakšavaju im dogoročno pamćenje jezika [9].

Bihevioristička teorija o učenju jezika nalaže da je za uspešno usvajanje jezika potrebno da učenici dobiju momentalni korektivni feedback od nastavnika [10]. Iako je ova teorija odbačena zbog negativnog uticaja na motivaciju učenika za učenjem stranih jezika i povećane jezičke anksioznosti, pozitivan feedback je ostao važna komponenta za uspešno učenje. Kod *TPR* metode, učenici mogu odmah da dobiju korektivni feedback samo posmatrajući radnje drugih učesnika u procesu učenja, što čuva njihov pozitivan obraz i pojačava motivaciju za učenje jezika.

TPR se takođe zasniva na principima Prirodnog pristupa (*The Natural Approach*) učenju jezika, koji su razvili Stiven Krašen i Trejsi Terel. Ovaj pristup naglašava važnost jezičkog inputa koji je razumljiv i kontekstualno relevantan. *TPR* je u skladu sa Krašenovom "hipotezom inputa," koja tvrdi da učenici

jezika najbolje usvajaju jezik kada su izloženi jeziku koji je nešto iznad njihovog trenutnog nivoa kompetencije ($i+1$) i koristeći radnje koje olakšavaju razumevanje [1], [10].

3. *TPR* I RANO UČENJE JEZIKA

Sticanje jezika u ranim fazama razvoja ima ključnu ulogu u kasnijem akademskom uspehu. Empirijska istraživanja potvrđuju da su prve godine života najvažniji period za razvoj jezika, jer su deca u ovoj fazi izuzetno receptivna na jezičke stimuluse [11]. U ranom detinjstvu, kada su deca u kritičnim fazama usvajanja jezika, *TPR* metoda podrazumeva holističko i interaktivno okruženje za učenje. Deca uče slušajući i odgovarajući na komande, čineći usvajanje jezika zabavnim i dinamičnim. Ova metoda je korisna za rani razvoj jezika jer podržava razvoj kako verbalnih, tako i neverbalnih komunikacijskih veština [12].

Upotreba metode potpunog fizičkog odgovora takođe smanjuje pritisak na decu da odmah koriste jezik u govoru, što je posebno korisno kod učenja stranog jezika, gde anksioznost ili strah od grešaka mogu ometati učenje. *TPR* podstiče samopouzdanje i pomaže deci da lakše zapamte jezičke obrasce kroz ponavljanje i aktivno učešće [13].

Dodatno, *TPR* metoda doprinosi razvoju drugih važnih aspekata dečijeg razvoja, kao što su socijalno-emocionalno učenje (*SEL*) i opšte motoričke veštine. Zajednički pokret i emocije doprinose građenju osećaja zajednice i pripadnosti određenoj grupi. Aktivnosti koje uključuju fizički pokret u grupi omogućavaju deci da razvijaju socijalne veštine kao što su saradnja, praćenje uputstava, i kontrola ponašanja u socijalnim situacijama [10], [12].

4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA EFIKASNOSTI *TPR* METODE

Istraživanja ove metode pokazala su da postoje višestruke prednosti njene upotrebe u učenju jezika na ranom uzrastu.

Veliki broj studija [12], [14], [15] pokazao je da *TPR* značajno poboljšava pamćenje vokabulara kod mladih učenika. Fizičke radnje povezane sa vokabularom jačaju proces učenja aktiviranjem mentalnih radnji i telesne akcije.

Istraživanje Smita i Tomasa objavljeno u *International Journal of Social Science and Human Research* naglašava da *TPR* stavlja slušanje u središte procesa usvajanja jezika, što je ključno u ranom učenju jezika [16]. Dok deca slušaju komande na ciljanom jeziku i odgovaraju putem fizičkog pokreta, ona razvijaju bolje veštine razumevanja slušanjem, što postavlja osnovu za kasniji razvoj govora i pismenosti.

Miler [17] u svom radu objašnjava kako *TPR* smanjuje strah od grešaka, jer deca ne moraju odmah da govore kako bi pokazala razumevanje. Na taj način se kod njih gradi samopouzdanje i podstiče aktivno učešće, što vremenom dovodi do poboljšanja govornih veština.

TPR je često razigrana i interaktivna metoda koja efikasno zadržava pažnju mladih učenika u poređenju sa tradicionalnim metodama. Deca uživaju u prilici da se kreću i koriste svoje telo, što povećava njihovu motivaciju da učestvuju i uče jezik na nenametljiv način [18].

Istraživanje Džonsa i Lija objavljeno u *Journal of Language and Linguistic Studies* [19] ukazuje da je *TPR* posebno efikasan za primenu i učenje jezika kod raznolikih

učenika, uključujući decu na različitim nivoima jezičke kompetencije, poteškoćama u učenju ili razvojnim poteškoćama. Činjenica da se u učenju jezika koristi fizički pokret omogućava svim učenicima, bez obzira na nivo jezičke kompetencije, da se uključe u smislena jezička iskustva.

5. NEDOSTACI TPR I POJAVA TPRS METODE

Iako je izuzetno efektivna i primenljiva u različitim kontekstima učenja jezika, ova metoda ima neka ograničenja i nedostatke. Najveći problem je što je teško upotrebljiva kod učenika na naprednom nivou jezičkog znanja jer je apstraktni vokabular i kompleksnije jezičke konstrukcije teško pratiti pokretima. Takođe, veliki nedostatak je to što je nastavnik u fokusu procesa učenja jezika, a učenici su pasivni akteri, pa se ovom metodom ne podstiče angažovanje i jezička kreativnost učenika [14]. Još jedan nedostatak je to što se učenici mogu brzo zamoriti od ovakvih aktivnosti, naročito na mlađem uzrastu, pa je potrebno kombinovati je sa drugim metodama za učenje stranih jezika.

2000-ih godina kao odgovor na ove nedostatke razvila se TPRS metoda (*Total Physical Response Storytelling*) koja je još uvek u povoju, ali nalazi primenu kod starijih učenika, kao i učenika na naprednijim nivoima jezičkog znanja. Ona se bazira na pripovedanju priča uz pokrete koji prate ceo narativ. Učenici se najpre upoznaju sa osnovnim vokabularom i pokretima, a zatim prate radnju priče koju izlaže nastavnik putem naučenih pokreta. U kasnijem stadijumu učenja, nakon više ponavljanja, učenici mogu samostalno da ispričaju priču prateći je pokretima tela koji je ilustruju. Takođe, učenici mogu i osmišljavati sopstvene priče ili graditi grupni narativ čime se prevazilazi ograničenje klasične TPR metode i podstiče jezička kreativnost, razvoj sintakse i pripovedačkih veština. Imajući u vidu da su priče ponekad kompleksnije kao i vokabular u njima, TPRS je pogodan i za jezički naprednije učenike, kao i za učenje jezika kod odraslih učenika [20], [21].

6. ZAKLJUČAK

Iako je davnih 1960-ih prvi put zaživela ideja o metodi potpunog fizičkog odgovora, njeni potencijali su odmah prepoznati. Do danas, ova metoda uspešno se koristi i kombinuje u svim nastavnim materijalima za učenje stranog jezika naročito na mlađem uzrastu. Kod mlađe dece ovaj holistički pristup učenju jezika je naročito svrsishodan jer nudi u isto vreme razvoj više integrisanih veština. Ona doprinosi razvoju opšte jezičke kompetencije kod dece i naročito je važna za razvijanje veština slušanja i razumevanja koje su osnova za dalji razvoj pismenosti. Takođe, fizički pokret podstiče motorički razvoj kao i opšti kognitivni razvoj dece na ranom uzrastu. Imajući u vidu da se aktivnosti rade u grupi TPR metoda podstiče i socio-emocionalni razvoj dece. Iako postoje ograničenja i manjkavosti ove metode, ona ne prestaje da se razvija u nastojanju da se prevaziđu ti nedostaci. Metoda potpunog fizičkog odgovora ima veliki značaj naročito u početnim fazama učenja stranog jezika na mlađem uzrastu. Učenje postaje zabavno, nenametljivo, dostupno svim učenicima. Učenici ne moraju odmah da govore, imaju osećaj uspeha i to motiviše deluje na njih. Da bi se uspešno primenjivala u nastavi stranog jezika na mlađem uzrastu, potrebno je kombinovati je sa ostalim metodama kako ne bi došlo do prezasićenja, a aktivnosti prilagoditi uslovima u učionici i broju učenika.

LITERATURA

- [1] S. D. Krashen, *Principles and Practice in Second Language Acquisition*, Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1989, 3rd impr.
- [2] J. J. Asher, *Learning Another Language Through Actions: The Complete Teacher's Guide to Total Physical Response (TPR)*, 6th ed. Sky Oaks Productions, 2000.
- [3] L. Cameron, *Teaching Languages to Young Learners*, Cambridge: Cambridge University Press, 2008.
- [4] A. Paivio, "Mental imagery in associative learning and memory," *Psychological Review*, vol. 76, no. 3, pp. 241–263, 1969.
- [5] J. Clark and A. Paivio, "Dual Coding Theory and Education," *Educational Psychology Review*, vol. 3, pp. 149–210, 1991. doi: 10.1007/BF01320076.
- [6] A. Paivio, *Mental Representations: A Dual-Coding Approach*, New York: Oxford University Press, 1986.
- [7] J. Sweller, "Cognitive Load Theory," *Psychology of Learning and Motivation*, vol. 55, pp. 37–76, 2011. doi: 10.1016/B978-0-12-387691-1.00002-8.
- [8] A. Skulmowski and G. D. Rey, "Measuring Cognitive Load in Embodied Learning Settings," *Frontiers in Psychology*, vol. 8, p. 1191, Aug. 2017. doi: 10.3389/fpsyg.2017.01191.
- [9] M. Sprenger, *Differentiation Through Learning Styles and Memory*, Sage Publications, 2008, pp. 113–. ISBN 978-1-4522-9504-6.
- [10] J. C. Richards and T. S. Rodgers, *Approaches and Methods in Language Teaching*, 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2003.
- [11] D. Dickinson, "Emergent Literacy: How Early Childhood Teachers Can Foster Language Development," *Ohio Striving Readers Literacy Academy*, 2019.
- [12] D. Larsen-Freeman, "Total physical response," *Basic Education Research of Foreign Language Teaching*, vol. 61, no. 1, pp. 28–35, 2000.
- [13] P. D. MacIntyre and R. C. Gardner, "The Subtle Effects of Language Anxiety on Cognitive Processing in the Second Language Learner," *Language Learning*, vol. 44, no. 2, pp. 283–305, 1994.
- [14] T. I. Celik, T. Cay, and S. Kanadli, "The Effect of Total Physical Response Method on Vocabulary Learning/Teaching: A Mixed Research Synthesis," *English Language Teaching*, vol. 14, no. 12, 2021.
- [15] L. T. Tuan, "Total Physical Response in Teaching English to Young Learners," *English Language Teaching*, vol. 5, no. 1, pp. 1–7, Jan. 2012.
- [16] N. K. Smith and P. L. Thomas, "The Role of Listening in Early Language Acquisition: Implications of TPR for

- Young Learners,” *International Journal of Social Science and Human Research*, vol. 8, no. 4, pp. 1023–1031, Aug. 2021.
- [17] E. J. Miller, “Building Confidence Through Action-Based Learning: Analyzing TPR’s Impact on Speaking Skills,” ERIC Document Reproduction Service No. EJ1324215, 2022.
- [18] R. L. Johnson and K. P. Davis, “Engaging Learners Through Movement: Motivation in TPR-Based Language Classrooms,” *Sanako Education Review*, vol. 5, no. 2, pp. 87–95, Apr. 2020.
- [19] P. H. Jones and S. K. Lee, “Inclusive Language Teaching Strategies: TPR and Its Benefits for Diverse Learners,” *Journal of Language and Linguistic Studies*, vol. 13, no. 1, pp. 45–60, Jan. 2019.
- [20] B. Decker, *Body Language: The Effectiveness of Total Physical Response Storytelling in Secondary Foreign Language Instruction*, 2009.
- [21] B. Slavic and S. Gross, *TPRS in a Year!* 4th ed. [The Author], 2008.

INTERAKTIVNI PRISTUP UČENJU KAO KLJUČ USPEHA

THE INTERACTIVE APPROACH TO LEARNING AS A KEY TO SUCCESS

Marija Boranijašević, *The Academy of Applied Technical and Preschool Studies Niš – Department of Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš*

Sadržaj – Predmet istraživanja u ovom radu je interaktivni pristup učenju u visokom obrazovanju. Autorka predstavlja teoretski pregled koncepata kooperativnog učenja, interaktivnog pristupa učenju i STEM koncepta u obrazovanju. U samoj analizi poredi se tradicionalni sa interaktivnim pristupom učenju. U istraživanju je korišćena metoda ispitivanja, upotrebljena tehnika je anketa, a instrument je upitnik. Ispitanici su popunjavali upitnik, dok su rezultati naknadno analizirani od strane autorke. Zaključak istraživanja je da je interaktivni pristup praćen kooperativnim učenjem daleko više vrednovan od strane studenata u poređenju sa tradicionalnim pristupom učenju. Kao takav, daje bolje rezultate i viđen je kao uspešniji način za sticanje novih znanja u poređenju sa tradicionalnim pristupom.

Ključne reči: *Interaktivni pristup. Kooperativno učenje. STEM. Podučavanje. Učenje.*

Abstract – The subject of research in this paper is the interactive approach to learning in higher education. The author presents a theoretical overview of the concepts of cooperative learning, interactive approach to learning and the STEM concept in education. In the very analysis, the traditional approach is compared to the interactive approach to learning. The method used in this research is the method of inquiry, the technique is a survey, while the instrument used is a questionnaire. The respondents had filled in a questionnaire, while the answers were subsequently analyzed by the author. The conclusion of the research is that the interactive approach accompanied by cooperative learning is highly preferred by students as compared to the traditional approach to teaching and learning. As such, it gives much better results and is seen as a more successful way of acquiring new knowledge as compared to the traditional approach.

Keywords: *Interactive approach. Cooperative learning. STEM. Teaching. Learning.*

1. INTRODUCTION

From the first classes attended at elementary school till university lectures, students are involved in the learning process which can be very different depending on the subject they attend and the very approach that teachers use in their lectures.

Back in history, during first classes, the teacher was an unquestionable source of knowledge. In the beginning the lectures used to be oral only, then came writing, and for a very long period of time the classic method of teaching was used. When this method is applied, teachers are the active participants during the lecture while students passively absorb the knowledge. This traditional method of teaching has a lot of disadvantages and the most prominent one is insufficient activity of students. In the traditional approach, there is a large number of students in class, and the opportunities for interaction are few. Therefore, unlike the traditional approach where the teaching patterns dominate, the active learning approach offers models of learning [1].

Teaching described as “a student-centered teaching” is characterized by forms of interaction, i.e. supportive relationships among students. This model of teaching is closely connected to cooperative learning. Research of the effects of this kind of teaching must provide the answers concerning the structure of a student-centered teaching and the

possibilities of success improvement, which can be achieved by means of usage of this kind of teaching as compared to other kinds of teaching [2].

Smaller groups are usually easier to organize and apply an interactive approach to. There are different criteria for formation, the most frequent ones being mutual interests and companionship, success in learning, as well as specificities of tasks to be performed. The most common groups in practice are the following [3]: groups formed according to special skills of students, groups formed according to a certain task, groups formed according to interests, groups for supporting students with difficulties in learning, groups formed according to mutual affinities, homogeneous groups. All the mentioned groups may be formed according to two general criteria – homogeneity and heterogeneity. Homogeneous groups would consist of students of similar skills and level of knowledge, while heterogeneous groups would be comprised of students who are on different levels of knowledge and skills, all this depending on the task to be solved. The number of students in one group depends on the task to be solved. Practice shows that the most efficient groups are those consisting of three or four students, while larger groups are harder to control.

The cooperation among students in larger groups is also limited as compared to smaller ones. Allocation of tasks in small groups leads to teamwork and highlights team spirit. As

compared to traditional teaching techniques, in small groups students do not stress their individual characteristics only but work together towards achieving a common goal. Group work is based on cooperation and interaction. Therefore, their synergy results in achieving a better end, since it is not a simple sum of energy but a much more powerful means of achieving a common end. "Well-trained and coherent groups succeed in a) motivating and activating every single member, b) developing self-confidence and safeness with all the members, c) developing empathic relationships and respect for different opinions, d) encouraging the members to freely and publicly present, explain and defend their opinions" [3].

2. INTERACTIVE AND COOPERATIVE LEARNING

The term interactive learning is usually associated with mutual interaction and activity as opposed to the traditional approach to teaching and learning. According to Jorgić "interactive learning is a lasting or relatively lasting and specific change of an individual which under certain conditions may be manifested in their behavior, and which is a result of the previous mutual influence of two or more individuals" [4]. While interacting people communicate, while communicating they cooperate. Cooperation is one of the most prominent human activities. "Elephants have survived as a species because of their size, cheetahs because of their speed, humans because of their ability to cooperate for the good of the group. In modern life, people who can organize as a group to accomplish a common end are likely to be successful in business, in sports, in the military, or in virtually any endeavor" [5].

Cooperative learning means the activity of both students and teachers. A teacher has greater knowledge which they are supposed to transfer to their students. Gillies and Boyle, after a conducted research, state that "while a number of teachers reflected positively on their experiences of CL and made the comment that it should be used more widely, others indicated it was a challenge and required commitment on the part of the teacher if it was to be implemented effectively" [6]. However, in cooperative learning, unlike the classic teaching method, students are far more active. The role of a teacher in this kind of teaching process is to guide students in the learning process and to value their achievements. Students should do their best while a teacher should help them give their best performance with as little interference as possible. Research says that involving students in the process of learning gives the best results. There are three ways in which students acquire knowledge: the method "tell me", the method "show me" and the method "involve me" [7]. Namely, when the method "tell me" is used, students forget 90% of what they have heard during the same day. The method "show me" besides verbal offers visual information as well. However, the process of learning is still very passive, so about 50% of the acquired knowledge is forgotten in a week's time. True involvement is accomplished by using the method "involve me". This way, when actively involved in the very process of learning, students happen to remember 90% of the acquired knowledge. The conclusion is therefore unambiguous: "A teacher should enable a student to talk and do as much as possible, and cooperative learning with its fruitful interaction is most suitable for this" [7].

Speaking of group work, Vilotijević states that a class should be divided into smaller groups each of which

individually solve the given tasks. Each member of the groups contributes to the total result, while in the end every group offers a report to the class. A teacher is active at the very beginning when the obligations are distributed and the instructions are given, and at the very end when the work of all the groups is synthesized [7].

Cooperation inside of these groups is a key priority and a sure way to success. The classroom environment where the traditional method of teaching is used is highly competitive. However "cooperation rather than competition is the predominant characteristic of human beings. People are bonded together by love and cooperation and it is this quality on which the survival of humankind is based. People develop their attitudes and values from social interaction" [8]. This human characteristic should be mirrored in small groups cooperation with the best results to be achieved. "In order to work well, cooperative learning *needs to be planned*, with consideration given to the appropriate size of the group, to each student's role within the group, and to how the results will be evaluated and used in the class session. Every student in a cooperative learning group should have a role or part to play in order to accomplish the task" [9]. Benefits of cooperative learning approach are also illustrated by these words: "Extensive research has shown that relative to traditional individual and competitive modes of instruction, properly implemented cooperative learning leads to greater learning and superior development of communication and teamwork skills (e.g. leadership, project management, and conflict resolution skills)" [10].

Speaking of the advantages of cooperative learning, Johnson and Johnson emphasize essential elements of cooperation in cooperative learning stating the following: "As a result of our research on and implementation of cooperation, we posited that five variables mediate the effectiveness of cooperation: positive interdependence, individual accountability, promotive interaction, the appropriate use of social skills, and group processing" [11]. Positive and negative interdependence result from a mutual goal. This positive interdependence binds the members of the group and creates responsibility. Therefore, individual accountability is manifested in group members completing their part of the task while helping the other members complete theirs. If they succeed towards a common goal, they are more motivated to continue cooperating and achieving some other goals afterwards. This way, positive interdependence results in promotive interaction which is manifested in group members encouraging and helping each other, and all this for the sake of accomplishing a common goal. In order to cooperate effectively social skills are necessary as well. "Students, therefore, must be taught the interpersonal and small-group skills needed for high-quality cooperation and be motivated to use them" [11]. Building up social skills not only contributes to higher achievements but also to better interpersonal relationships among students. In the final element of cooperative learning, called group processing, the group members analyze their achievement for the time being and emphasize the good practice as opposed to bad practice, so they can continue to implement more of the activities that had positive effects and try to avoid those that had negative effects, doing their best to achieve the best results towards completing a common goal. When group members are acknowledged for their hard work and devotion, they are motivated to put in a lot

of effort into their future assignments and it increases self-esteem. Team spirit is highlighted this way and cooperation is improved.

In the interactive approach to teaching and learning, the emphasis is put on mutual communication among students which is usually performed by means of language as a primary medium in human communication. However, besides language as a primary medium quite a few secondary media could be used in teaching and learning. We live in the era of modern technologies which are predominantly present in our lives, especially in the lives of young people, that is students in this research. This fact could be used as a means for achieving a positive goal – learning new things using new media. “The students actively participate in educational activity, simulate professional situations, perform creative and research tasks, engage in discussions with fellow students, learn to substantiate their point of view using arguments, discuss the strategies for effective behavior in conflict situations. The teacher’s activity gives way to the activity of students, and the task of the teacher is to create conditions for the students’ initiative” [12].

The STEM approach to learning has been present recently in research and practice. It is a common abbreviation that stands for science, technology, engineering and mathematics. “The STEM acronym, originally coined to represent an interrelated grouping of disciplines, and school and tertiary level subjects, has shifted towards advocacy of interdisciplinary curriculum practices built around authentic problems, involving some or all of science, technology, engineering and mathematics” [13]. This kind of approach to education develops critical thinking skills and improves problem-solving abilities necessary for participating in contemporary digital world and global competitiveness. “By embracing innovative pedagogical approaches and collaborative partnerships, educators can empower young learners with the skills and competencies needed to succeed in an increasingly complex and interconnected world” [14]. It is a new approach to teaching and learning hard disciplines. Moreover, there is a STEAM concept which is an educational approach that includes art, any visual or performing art such as dance, design, painting, photography and writing. Therefore, just as art is included in the STEM concept and broadens the area of its application and usage, this concept could be broadened to different fields of education. Digital, modern technologies could be used in teaching and learning in all the fields of education facilitating the process of knowledge acquisition.

The interactive approach to teaching has numerous advantages, the most significant of which being the constant participation of students in the teaching and learning process. “Active learning methods modify the role of the teacher from the translator of information to the organizer and coordinator of the educational process and make it possible to form complex competences in future professional specialties via student activities that manifest as closely as possible the content of professional work” [15].

3. METHODOLOGY OF RESEARCH

The subject of research in this paper is the interactive approach to teaching and learning as compared to the traditional *ex cathedra* approach. The initial hypothesis is that students prefer the interactive and cooperative way of learning

as compared to the classic one. The results of the research confirm the initial hypothesis.

The method used in this research is the method of inquiry, the technique is a survey, while the instrument used is a questionnaire. Two groups of students have filled in a questionnaire: a group of students at the Academy of Applied Technical and Preschool Studies in Niš, Serbia, and a group of international students at the Faculty of Education at Palacky University in Olomouc, the Czech Republic. The survey form used in this research consisted of twelve questions of a closed type. This means that students were supposed to choose between two or three offered answers. The respondents in the conducted research belonged to a stratified random sample. One group consisted of 10 students from the Academy of Applied Technical and Preschool Studies in Serbia, while the other consisted of 10 students from Palacky University in the Czech Republic. Demographically, these two groups of students are comparative. The group of students from Serbia consisted of 5 male and 5 female students, of 20 to 21 years of age, while the group of students from the Czech Republic consisted of 1 male and 9 female students of 20 to 24 years of age. The answers and the results of the questionnaire were later compared between the two groups questioned in order to find out if there is any difference in perspective between the domestic and international students.

4. DISCUSSION

For the sake of analysis we will name the group of Serbian students group 1, and the group of Czech international students group 2. The first question in the questionnaire was: “Are you acquainted with the concept of cooperative learning”? 80% of the students in group 1 answered with *yes*, while 20% said *no*. In group 2 a total of 100% students answered *yes*.

When they were asked which method of lecturing they preferred, the answers were identical. Namely, 100% of the students in both groups chose an interactive lecture (students involved) over a classic lecture (*ex cathedra*).

The next question was: “Are students encouraged to participate and give their feedback in lectures”? The results of the answers to this question were identical to the first question. That is, 80% of the students in group 1 answered with *yes*, while the rest 20% said *no*. All the students from group 2, 100% of them, answered with *yes* again.

The next in a row was a question: “Is cooperative learning present in lectures that you attend at the university”? 90% of the students in group 1 answered *yes*, while only 10 % said *no*. In group 2, 70% of the students’ answers were *yes*, while 30% were *no*. When it comes to practice classes, the answers to the question “Is cooperative learning present in practice classes at the university” were identical, with 90% of students in both groups answering *yes* and only 10% answering *no*.

The continuation of this question was presented in the following one stating: “If it is, do you enjoy these kinds of activities”? All the respondents, that is 100% of them, answered *yes*, just as they did in the next question: “If not, would you like these kinds of activities to be present in lectures and practice classes”?

Speaking of the way of gathering, and the question “Which exercises would you prefer to be involved in”?, the students were supposed to choose between *pair work* and *group work*. 30% of the respondents in group 1 chose *pair work*, while 70% of them gave the advantage to *group work*. In group 2, 50 %

of them chose *pair work*, while the other half chose *group work*. The conclusion that can be drawn is that there is a small advantage given to group cooperation.

The answers to the following question are also very similar in both groups. The students were supposed to choose which form of assignments they preferred. In group 1, 50% chose *discussions*, 20% *written assignments* and 30% chose *presentations*, while in group 2, 60% of them preferred *discussions*, 20% *written assignments* and another 20% *presentations*.

The question: "Do you think that interactive approach is sufficiently involved in classes that you attend?" was answered with *yes* by 60% of the respondents in group 1 and with *no* by 40% of them, while in group 2 the answers were divided in half with 50% of the students answering *yes* and the other 50% answering *no*. However, all of them, which is 100% in both groups, answered *yes* to the following question as a continuation of the previous one: "If not, would you like to see more exercises of this kind?"

The last question in the questionnaire was supposed to offer their perspective as potential future teachers. The question stated: "As a teacher, which approach would you apply in your lectures?" Only 10% of the students in group 1 said that it would be *classic lectures (ex cathedra)*, and 90% chose the *interactive approach*, while all the students in group 2, 100% of them, chose the *interactive approach*.

5. CONCLUSION

The results of the questionnaire show that the answers match in a high percentage, while the differences in the answers are slight. Namely, all the respondents, 100% of them in both groups, agreed that they preferred interactive methods of teaching and learning as compared to the classic *ex cathedra* method. Most of them said that cooperative learning is present at their university, both during lectures and in practice classes, while all of them said that they enjoyed these kinds of activities in class. More than half of the respondents stated that they preferred discussions over written assignments and presentations, while about half of them agreed that interactive approach was sufficiently present in classes they attended, and all of them said that they would like to see more exercises of this kind in class.

The conclusion is that the interactive approach accompanied by cooperative learning is the right way to success and it is highly preferred by students as compared to the traditional approach of teaching and learning. Therefore, teachers should include as many cooperative learning techniques as possible in their classes in order to achieve better results in transferring their knowledge to students, since the more satisfied students are, the more productive they will be.

REFERENCES

- [1] N. Suzić, "Aktivna nastava" In. Interaktivno učenje, Banjaluka: Ministarstvo prosvjete i UNICEF 1999.
- [2] P. Roeders, Interaktivna nastava: dinamika efikasnog učenja i nastave, Beograd: Institut za pedagogiju i andragogiju Filozofskog fakulteta 2003.
- [3] M. Vilotijević and N. Vilotijević, Modeli razvijajuće nastave, Beograd: Univerzitet u Beogradu, Učiteljski fakultet 2016.
- [4] D. Jorgić, Interaktivno stručno usavršavanje nastavnika, Banja Luka: Filozofski fakultet 2010.
- [5] R. Slavin, Cooperative Learning: Student Teams, Washington D.C.: National Education Association of the United States 1982.
- [6] R. M. Gillies and M. Boyle, "Teachers' reflections on cooperative learning: Issues of implementation", In. Teaching and Teacher Education, pp. 933-940, 2010. https://scholar.google.com/scholar?q=Teachers%27+reflections+on+cooperative+learning:+Issues+of+implementation&hl=sr&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholar.
- [7] N. Vilotijević, "Saradnička (kooperativna) nastava", In. Obrazovna tehnologija, 1-2, pp. 44-63, 2007.
- [8] J. P. Singh and A. Agrawal, "Introduction to Cooperative Learning", Indian Strams Research Journal, vol. 1, no. 2, 2011. https://www.researchgate.net/publication/270494960_INTRODUCTION_TO_COOPERATIVE_LEARNING.
- [9] M. Keyser, "Active learning and cooperative learning: understanding the difference and using both styles effectively", Research Strategies, vol. 17, no. 1, pp. 35-44, 2000. https://www.academia.edu/32411699/Active_learning_and_cooperative_learning_understanding_the_difference_and_using_both_styles_effectively.
- [10] R. M. Felder and R. Brent, Cooperative Learning, 2007. https://www.researchgate.net/publication/279336523_Cooperative_Learning.
- [11] D. W. Johnson and R. T. Johnson, "An Educational Psychology Success Story: Social Interdependence Theory and Cooperative Learning", Educational Researcher, vol. 38, no. 5, pp. 365-379, American Educational Research Association, 2009. https://www.researchgate.net/publication/228634517_An_Educational_Psychology_Success_Story_Social_Interdependence_Theory_and_Cooperative_Learning.
- [12] R. A. Kutbiddinova, A. A. Eromasova and M. A. Romanova, "The Use of Interactive Methods in the Educational Process of the Higher Education Institution", International Journal of Environmental and Science Education, vol. 11, no. 14, pp. 6557-6572, 2016. ERIC - EJ1115891 - The Use of Interactive Methods in the Educational Process of the Higher Education Institution, International Journal of Environmental and Science Education, 2016.
- [13] R. Tytler, STEM Education for the Twenty-First Century, 2020. (PDF) STEM Education for the Twenty-First Century (researchgate.net).
- [14] F. Bagnol, B. Gonzales, A. J. Lapada, K. De Luna, L. S. Pasang and M. Rebong, Examining Approaches in Integrated STEM Education: A Pedagogical Research Inquiry with Emphasis on Elementary Teaching, 2024. https://www.researchgate.net/publication/379227010_Examining_Approaches_in_Integrated_STEM_Education_A_Pedagogical_Research_Inquiry_with_Emphasis_on_Elementary_Teaching.
- [15] N. O. Yakovleva and E. V. Yakovlev, "Interactive Teaching Methods in Contemporary Higher Education", Pacific Science Review, vol. 16, no. 2, pp. 75-80, 2014. Interactive teaching methods in contemporary higher education - ScienceDirect.

OPŠTE NAPOMENE O ETICI INTERNET KOMUNIKACIJE

GENERAL REMARKS ON THE ETHICS OF INTERNET COMMUNICATION

Dejan Đorđević, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Pirot, Ćirila i Metodija 29, Pirot.*

Sadržaj – Cilj ovog rada je da se (primenom analitičko-empirijske filozofske metode) u kratkim crtama iznese prikaz filozofske discipline poznate pod nazivom etika internet komunikacije. Ovu disciplinu valja tretirati kao naročiti oblik primenjene etike. Stoga autor najpre izlaže definiciju i problemska područja navedene subdiscipline etike. Ukazuje se i na različite forme primenjene etike (poslovna etika, bioetika, etika vaspitačkog poziva dr.) Pritom se ukazuje na mnogostrukost opštih rešenja koju nudi ova tradicija (problem primene konsekvencijalističkih ili deontoloških kriterijuma moralnog ocenjivanja). Nakon toga autor ukratko izlaže problemska područja etike internet komunikacije (pravo na privatnost i dr.) .., kao i primere normativno-legislativne regulacije etičke dimenzije on-lajn komunikacije. Pritom se ukazuje i na probleme konsekvencijalističke analize ovakvih aktivnosti. Autor na kraju dolazi do zaključka da je potrebno da institucionalna recepcija etike internet komunikacije od strane akademske zajednice bude mnogo obuhvatnija nego što trenutno jeste. Potrebno je i da se korisnici interneta kroz proces formalnog obrazovanja osposobe za pravilno razmišljanje o etičkim dimenzijama on-lajn komunikacije.

Ključne reči: *Primenjena etika. Etika internet komunikacije. Konsekvencijalizam.*

Abstract The goal of this paper is a concise presentation (by means of analytical-empirical philosophical method) of the ethics of internet communication. This discipline should be viewed upon as being a particular form of applied ethics. Therefore the author firstly exposes the definition of applied ethics and explains away the questions tackled by this area of philosophy. Various forms of applied ethics (business ethics, bioethics, ethics of educational vocation) are also briefly described. After that the author points out to the variety of general solutions of the problem of moral judgment criteria (choosing between consequentialism and deontological normative ethics). Next chapter reveals the nature of ethics of internet communication as a special form of applied ethics, but also the problems it tackles (right to privacy, etc.) In the subsequent parts of the paper the author points out to the problems of consequentialism-oriented analysis of such problems. At the end the author comes up with the following conclusion: the institutional reception of the ethics of internet communication should be more comprehensive. The agents of on-line communication should receive proper training in that discipline during the process of formal education.

Keywords: *Applied ethics. Ethics of internet communication. Consequentialism*

1. UVOD

U radu koji sledi autor daje prikaz etike internet komunikacije kao zasebne filozofske discipline. Etiku internet komunikacije, pak, valja tretirati kao oblik *primenjene etike*. Stoga će autor najpre izložiti definiciju i kratak pregled problemskog područja ove subdiscipline *etike*.

2. POJAM PRIMENJENE ETIKE

Verovatno ne postoji oblast ljudske delatnosti koja ne može i ne treba da bude podvrgnuta procesu preispitivanja iz pozicije filozofske etike.

Sa druge strane, u skorije vreme je nastala potreba da se “opšti” uvidi koje je navedena tradicija iznedrila tokom svoje hiljadugodišnje istorije primene na “konkretne” probleme svakodnevnog života kao što su npr. problemi moralne opravdanosti abortusa, eutanazije, prinudnih psihijatrijskih intervencija i dr.

Stoga i ne čudi što je u toku poslednjih decenija dvadesetog veka došlo do stvaranja *primenjene etike*, kao subdiscipline filozofske etike. Jednu od značajnijih faza u akademskoj artikulaciji iste svakako predstavlja i antologija radova *Moralni problemi* koju je 1971. godine objavio američki filozof Džeјms Reјčels (James Rachels) [1]

U našoj zemlji je recepcija primenjene etike nastupila kasnije, sa postepenom afirmacijom analitičke filozofije na akademskoj pozornici Srbije. U tom smislu je, na primer, indikativan zbornik radova *Primenjena etika* koji je 2014. godine objavljen u Novom Sadu. [2]

Potreba za normativnom regulacijom etičke dimenzije raznih profesionalnih aktivnosti dovela je do stvaranja velikog broja tzv “etičkih kodeksa” (poznata su npr. kodeksi vaspitačke etike, poslovne etike, lekarske etike), itd.

Problem je, međutim, u tome što ovakvi normativni akti samo delimično odgovaraju na izazove etičkih dimenzija odgovarajućih područja ljudske aktivnosti. Isti, naime,

implicitno ili eksplicitno počivaju na deontološkoj poziciji unutar tradicije normativne etike, tačnije, na uverenju da se izvesni moralni imperativi moraju poštovati bez obzira na ukupnost pozitivnih i negativnih posledica koja ovakvo postupanje može proizvesti.

To bi u praksi značilo da se npr. lekari moraju uvek i po svaku cenu držati deontološkog načela “ne primaj mito!”, utvrđenog odgovarajućim kodeksima lekarske etike.

U praksi, međutim, lekari koji krivično odgovaraju zbog primanja mita u konkretnom slučaju se mogu npr. braniti tvrdnjom da je primanje mita proizvelo daleko više društveno pozitivnih, nego društveno negativnih posledica, te se stoga može u moralnom pogledu opravdati (da ne bude zabune, to ne znači da bi ovakav način odbrane doista počivao na istinitim tezama).

Takva strategija odbrane barem prećutno počiva na prihvatanju konsekvencijalizma kao pravca u tradiciji normativne etike. Konsekvencijalisti, kao što je poznato, tvrde da se prilikom moralnog ocenjivanja neke radnje mora uzeti u obzir ukupnost pozitivnih i negativnih posledica koje ista proizvodi. Na taj način se, po njihovom mišljenju, može izvršiti “prebijanje” ovih posledica i ustanoviti rešenje koje će u datim okolnostima predstavljati “manje zlo” (“lesser evil”).

Situacija se, naravno, i u ovom pogledu odlikuje izuzetnom složenošću. U praksi se, na primer, događa i to da konsekvencijalistički princip “manjeg zla” posluži kao racionalno opravdanje najdegradantnijih oblika nasilja nad pojedincima i određenim socijalnim grupama. Sa druge strane, ovaj princip implicitno ili eksplicitno počiva na prethodno prihvaćenim tezama o apsolutno prioritarnim vrednostima. Ne postoji, međutim, univerzalna saglasnost o vrednostima kojima treba dati prioritet.

3. ETIKA INTERNET KOMUNIKACIJE KAO OBLIK PRIMENJENE ETIKE

Navedena “opšta razmatranja” mogu se sasvim sigurno primeniti na svako područje primenjene etike. Nas ovom prilikom zanima isključivo *etika Internet komunikacije*

.Na ovom mestu valja napraviti kraću digresiju. Čitaocu svakako neće promaći da smo se opredelili za složenicu “etika Internet komunikacije”. Akademske korektnosti radi, moramo istaći da su u upotrebi i složenice kao što su “etika digitalne komunikacije” (koja je po predmetnom području obuhvatnija), “digitalna etika”, “Internet etika”, itd.

Kraj sve važnosti pitanja etičke prirode koja dolaze do izražaja tokom “on-lajn aktivnosti”, etika Internet komunikacija još uvek nema istaknuto mesto u radovima poslenika tzv “akademske” filozofije. Izuzetak u tom pogledu čini knjiga “Filozofsko preispitivanje digitalne komunikacije” (*A Philosopher looks at Digital Communication*) savremenog britanskog filozofa Onore O’Neil (Onnora O’Neil) [3]

Kao i u pogledu “disciplina” u okviru primenjene etike, i ovde se čine pokušaji da se rešavanje etičkih nedoumica olakša putem normativno-legislativne regulacije.

Jedna takva vrsta regulacije se sastoji u donošenju formalnih i neformalnih podzakonskih normativnih akata. Pritom imamo u vidu npr. kodekse on-lajn komunikacije koje uprave mnogih kompanija nameću svojim zaposlenima, ali i refleksije autora koji se interdisciplinarno bave fenomenom Internet komunikacije. Tako se npr. u knjizi *Uvod u upravljanje Internetom* Jovana Kurbalije utvrđuju deontološke norme koje treba poštovati u toku Internet komunikacije: ljudska prava, privatnost, zaštita podataka i dr.[4]

Naravno, kao i u većini drugih oblasti ljudske interakcije, i ovde nisu izostale aktivnosti usmerene kao legislativnoj regulativi, kao i tendencija izvesnih centara socijalne moći da nametnu svojevrstan “konsekvencijalistički” način razmišljanja u ovoj stvari. Tako je npr. u Ujedinjenom kraljevstvu 2023. godine izglasan Zakon o sigurnosti na Internetu (*Online safety bill*), kojim se utvrđuju izvesna ograničenja u pogledu navedenih prava.

Opet, kao što smo to već utvrdili u poglavlju br. 2, ovde dolaze do izražaja opšti problemi vezani za gore navedeni konsekvencijalistički način razmišljanja, kao što je npr. zloupotreba utilitarističkog “lesser evil” principa.

Otuda je, po našem mišljenju, potrebno da se elementarni oblici etike Internet komunikacije uvedu u programe opšteg obrazovanja. Ovo iz razloga što je on-lajn komunikacija u toku prethodnih decenija u velikoj meri zamenila “konvencionalne” oblike opštenja.

4. ZAKLJUČAK

Etika Internet komunikacije svakako spada u red “mladih” oblika primenjene etike. U tom smislu nam se čini razumnim zaključiti da joj tek predstoji odgovarajuća akademska “formalizacija”, u smislu produkcije većeg broja filozofskih radova. Time bi se dao određeni doprinos sprečavanju nastupanja apsolutne “moralne haotičnosti” u domenu on-lajn komuniciranja.

Sa druge strane, sasvim je razumno zaključiti da se akteri Internet komunikacije moraju blagovremeno upoznati sa osnovama navedene discipline kroz program formalnog obrazovanja. Mnoga pitanja iz ovog domena, kao što smo videli, nisu nimalo laka za rešavanje.

LITERATURA:

- [1] James Rachels: *Moral Problems*, “Harper&Row”, 1971, New York
- [2] *Primenjena etika*, zbornik radova, “Mediterran publishing”, Novi Sad, 2014.
- [3] Onnora O’Neil : *A Philosopher looks at Digital Communication*, “Cambridge University Press”, 2022, Cambridge
- [4] Jovan Kurbalija: *Uvod u upravljanje Internetom*, “Albatros press”, 2011, Beograd.

ANALIZA UTICAJA PARAMETARA IZRADE NA MEHANIČKA SVOJSTVA I GEOMETRIJU LINIJE SLOJA U FDM TEHNOLOGIJI 3D ŠTAMPE

ANALYSIS OF THE IMPACT OF MANUFACTURING PARAMETERS ON MECHANICAL PROPERTIES AND LAYER LINE GEOMETRY IN FDM 3D PRINTING TECHNOLOGY

Gordana Jović, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*
Milica Janković, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*
Miroslav Mijajlović, *Mašinski fakultet u Nišu, Aleksandra Medvedeva, Niš.*

Sadržaj - FDM tehnologija 3D štampe predstavlja jednu od ključnih tehnologija za izradu prototipova korišćenjem termoplastičnih polimera koji su u obliku tankog filameta. Prilikom izrade tehnologijom 3D štampe, mehaničke osobine materijala imaju značajan uticaj na geometriju poprečnog preseka niti, gde oblik niti zavisi od različitih parametara, kao što su temperatura, brzina, viskoznost materijala i debljina sloja. U ovom radu data je analiza uticaja temperature, geometrije poprečnog preseka linije sloja i interakcije između slojeva na različita mehanička svojstva. Takođe, izvršena je analiza karakteristika poput normalnih napona i adhezije između slojeva, kao i njihov značaj za kvalitet i pouzdanost izrađenih delova. Na osnovu sprovedene analize zaključeno je da parametri FDM tehnologije 3D štampe imaju ključan uticaj na geometriju poprečnog preseka linije sloja.

Ključne reči: FDM. 3D štampa. Parametri. Uticaj. Mehanička svojstva.

Abstract – FDM (Fused Deposition Modeling) 3D printing technology is one of the key methods for prototype fabrication using thermoplastic polymers in the form of a thin filament. During the 3D printing process, the mechanical properties of the material significantly influence the cross-sectional geometry of the extruded filament, where the filament shape depends on various parameters such as temperature, printing speed, material viscosity, and layer thickness. This study analyzes the influence of temperature, the cross-sectional geometry of the layer line, and interlayer interaction on various mechanical properties. Additionally, an assessment of characteristics such as normal stresses and interlayer adhesion was conducted, emphasizing their importance for the quality and reliability of fabricated parts. Based on the performed analysis, it was concluded that FDM 3D printing parameters have a crucial impact on the cross-sectional geometry of the layer line.

Keywords: FDM. 3D printing. Parameters. Influence. Mechanical properties.

1. UVOD

3D štampa predstavlja jednu od savremenih tehnologija brze izrade trodimenzionalnih objekata, nanošenjem sloj po sloj [1]. U poređenju sa drugim tehnologijama za proizvodnju prototipova, 3D štampa je uopšteno gledano brža, ekonomičnija i jednostavnija tehnologija izrade [1]. Tehnologija 3D štampe omogućuje izradu prototipova i finalnih proizvoda koristeći različite materijale, koji mogu imati različita mehanička i fizička svojstva [1].

FDM (Fused Deposition Modeling) tehnologija je jedna od najvažnijih metoda za izradu prototipova, pri čemu se koriste termoplastični polimeri u obliku tankog filameta [2]. Zbog svoje visoke tačnosti, niske cene i velikog izbora materijala, FDM tehnologija je jedna od najčešće korišćenih tehnologija 3D štampe u različitim industrijama [3].

Parametri 3D štampe imaju značajan uticaj na mehanička svojstva, uključujući zatezna svojstva i žilavost materijala.

Rezultati ispitivanja su pokazali da su ključni parametri 3D štampe orijentacija, debljina slojeva, vrsta štampača i boja filameta [4]. Horizontalno orjentisani uzorci pokazali su dobru zateznu čvrstoću, dok su vertikalno orjentisani uzorci pokazali veliku krutost [4].

Jayant Giri i ostali su u svom radu dali prikaz kako parametri 3D štampe i to debljina sloja, orijentacija izrade i hlađenje, utiču na mehanička svojstva i vreme izrade epruveta izrađenih tehnologijom 3D štampe [5]. Maksimalna zatezna čvrstoća postignuta je prilikom horizontalne orjentacije uz debljinu sloja od 0.2mm, povećanje debljine sloja dovelo je do smanjenja vremena izrade [5].

Autori su u radu [6] varijacijom geometrijskih parametara (debljina, dužina i širina sloja) i parametara 3D štampe (prečnik otvora brizgaljke, širina linije sloja, broj spoljnih linija i ugao rastera) postigli viši nivo kvaliteta izrađenih delova. Prilikom korišćenja većeg prečnika brizgaljke povećava se brzina izrade i smanjuju defekti zahvaljujući

boljoj adheziji slojeva i smanjenju mikro-praznina. Autori su uočili nedostatak materijala na četiri mesta na pojedinačnoj liniji sloja. Kod manjih delova, defekti su promenljivi zbog prisustva unutrašnjih praznina. Razvijen je model koji kvantifikuje četiri glavne vrste defekata: površinske defekte, defekte između linija, defekte unutrašnjih linija i praznine u ispuni [6].

U ovom radu dat je prikaz uticaja temperature, oblika poprečnog preseka niti i međuslojne interakcije na njihova mehanička svojstva. Razmatrana su mehanička svojstva, uključujući normalne napone i adheziju između slojeva, kao i njihov uticaj na kvalitet i pouzdanost izrađenih delova.

2. TEHNOLOGIJE 3D ŠTAMPE I MATERIJALI

Jedna od prvih primena aditivne proizvodnje bila je izrada plastičnih prototipova u obliku mreže, što je omogućilo izbegavanje troškova upotrebe skupih specijalnih alata [7]. Tehnologija 3D štampe se posebno istakla u proizvodnji složenih mrežastih struktura, koje je teško postići konvencionalnim metodama obrade. Tehnologija FDM 3D štampača stvara trodimenzionalni objekat ekstruzijom rastopljenog materijala u obliku niti, sloj po sloj kako bi se formirao željeni objekat. Ekstruder poseduje grejni element koji zagreva materijal do tačke topljenja, gde temperatura topljenja zavisi od vrste materijala. Pre početka nanošenja sloja, potrebno je radnu ploču zagrejati do određene temperature, kako bi se poboljšalo prijanjanje prvog sloja.

Veliki napredak u tehnologiji 3D štampe je nastao upotrebom materijala poput metala, keramike i kompozita. Međutim, i u polju karakteristika materijala je došlo do brzog napretka, na primer tako što su toksične akrilne foto-smole u SLA tehnologiji zamenjene smolama sa boljim karakteristikama [8]. Kod SLS tehnologije, postalo je moguće sinterovati metalne i keramičke materijale bez potrebe za upotrebom polimernih veziva. Pored materijala akrilonitril butadien stiren (ABS) u FDM tehnologiji, sada se može koristiti i najlon, PLA (polilaktid) sa udelom od 30% karbona, TPU i dr. Kod FDM tehnologije 3D štampe, materijale možemo podeliti u četiri kategorije: plastika, metali, keramika i kompoziti [9].

Najčešće korišćeni materijali u FDM tehnologiji 3D štampe su: ABS, PLA, TPU (termoplastični poliuretan), PETG (polietilentereftalat glikol), PA-12 (poliamid 12) i akril i propilen PP [3]. PLA je organska plastika proizvedena od obnovljivih izvora poput kukuruznog i krompirovog skroba. Ovaj materijal je biokompatibilan i jedan od najčešće korišćenih materijala. Termičke karakteristike materijala PLA su, da se temperatura topljenja kreće od oko 190°C do oko 220°C, dok do temperature od oko 60°C nema deformacije. Pogodan je za dalju obradu, lako se boji i moguća je dorada gotovih delova [10]. ABS je materijal koji je otporan na udarce, ali jedna od ključnih osobina je da ima visoku tačku topljenja koja se kreće između 220 i 250°C [11]. PETG je čvrst materijal i fleksibilan, što olakšava rukovanje sa izrađenim delovima i daje veliku otpornost na zatezanje [12]. Poliamid (PA), poznat i kao najlon, predstavlja polikristalni polimer čija se tačka topljenja obično nalazi iznad 200 °C. U zavisnosti od broja ugljenikovih atoma u monomeru, može se razlikovati više vrsta, kao što su poliamid 6, poliamid 12, poliamid 66, i drugi [12]. Navedeni parametri se mogu razlikovati, u zavisnosti od proizvođača materijala.

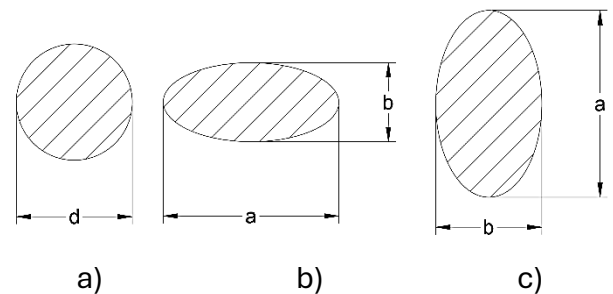
Tabela I Parametri prilikom 3D štampe [13,14]

	ABS	PLA	TPU	PETG
Temperatura topljenja	220-250 °C	190-220 °C	210 – 230 °C	230-250 °C
Temperatura radne ploče	95-110 °C	45-60 °C	Nije potrebno zagrevati	75-90 °C
Brzina štampe	60 mm/s	60 – 150 mm/s	20 mm/s	40 – 60 mm/s

U Tabeli I predstavljeni su ključni parametri četiri najčešće korišćenih materijala FDM tehnologije. Parametri uključuju temperaturu topljenja, temperaturu radne ploče i brzinu štampe. Temperatura topljenja filameta označava optimalan opseg u kojem se filament topi i pravilno deponuje na radnu ploču. Temperatura radne ploče je ključna za postizanje dobre adhezije između slojeva i minimizaciju deformacija. Brzina štampe se prilagođava materijalu kako bi se osigurala stabilnost i preciznost.

3. GEOMETRIJA POPREČNOG PRESEKA LINIJE SLOJA

Tokom izrade tehnologijom 3D štampe, mehaničke osobine materijala imaju značajan uticaj na geometriju poprečnog preseka niti, gde oblik zavisi od različitih parametara, kao što su temperatura štampe, brzina, viskoznost materijala i debljina sloja. Tokom ispitivanja materijala zatezanjem, javljaju se normalni naponi duž niti, gde značajan uticaj na rezultate ispitivanja imaju veze između slojeva [15]. Na slici 1. prikazane su geometrije poprečnog preseka niti, koje se najčešće javljaju tokom tehnologije 3D štampe.

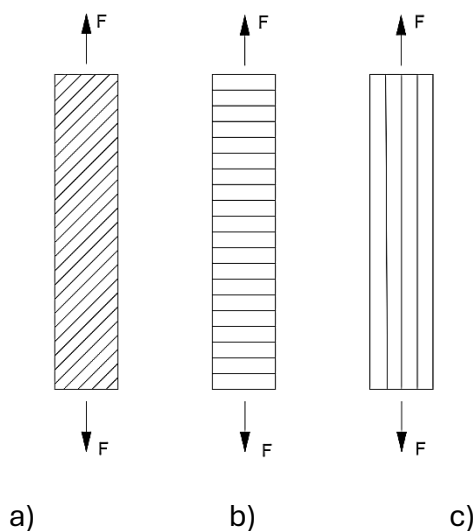


Slika 1. Geometrije poprečnog preseka niti a) kružni, b) i c) eliptični oblik

Na slici 1. a) dat je prikaz kružnog poprečnog preseka niti, u kome je prečnik d konstantan tokom štampe. Prilikom povećanja temperature štampe smanjuje se viskoznost materijala, što omogućuje formiranje eliptičnog oblika niti i promene dimenzije u horizontalnom pravcu - širenje, što je prikazano na slici 1. b). Pored toga, brzina štampe utiče na oblik poprečnog preseka i visinu sloja, gde pri većoj brzini dolazi do manje površine poprečnog preseka niti i promene dimenzije u vertikalnom pravcu, Slika 1 c). Kod smanjenja temperature javljaju se značajne praznine i loša adhezija između niti. Posledica navedenog jeste pojava nehomogenosti poprečnog preseka niti. Povećanjem debljine sloja smanjuje se vreme izrade, ali se i smanjuje čvrstoća. Sa druge strane viša stopa hlađenja negativno utiče na čvrstoću [4].

Preklapanje niti određuje međusobnu adheziju, gde prilikom preklapanja dolazi do povećanja unutrašnjeg napona.

Na taj način, određena nit može da izdrži veće opterećenje, što poboljšava mehanička svojstva proizvoda. Negativan uticaj na čvrstoću može prouzrokovati nedovoljno širenje niti ili niska temperatura štampe, što prouzrokuje mikro praznine između slojeva [16].



Slika 2. Tipovi ispune a) 45 stepeni, b) 0 stepeni c) 90 stepeni

Orijentacija i ugao štampe imaju značajan uticaj na zateznu čvrstoću [5]. Na slici 2 a) je dat prikaz kada je tip ispune od 45 stepeni i niti su u dijagonalnom kontaktu i time se stvaraju naponske koncentracije i smanjuje čvrstoća. Kod veza pri izradi od 0 stepeni (Slika 2 b)), veze između niti su slabije i u tom slučaju se lom javlja u međuslojnom kontaktu, dok je na slici 2 c) dat prikaz kada se sloj nanosi pod uglom od 90 stepeni – paralelno sa silom zatezanja, javlja se normalni napon. U tom slučaju je najveća koncentracija duž same niti [5].

4. MEHANIČKA SVOJSTVA

Mehanička svojstva materijala opisuju kako materijal reaguje na različite vrste sila i opterećenja [17]. FDM tehnologija 3D štampe je složen proces, gde različiti parametri imaju uticaj na mehanička svojstva materijala i na njegov kvalitet [17]. Među ključnim parametrima koji utiču na mehanička svojstva su: orijentacija tokom 3D štampe, temperaturni uslovi, parametri 3D štampe (tip ispune, brzina, debljina sloja, prečnik brizgaljke i dr.) [17].

Tabela II Prikaz mehaničkih svojstava materijala PLA [15]

	0°	45°	90°
Modul elastičnosti	3021±127 MPa	3161±102 MPa	2556±254 MPa
Zatezna čvrstoća	41.9±0.8 MPa	45.5±6.1 MPa	55.2±0.8 MPa
Izduženje	0.01709±0.00038	0.01857±0.0043	0.0213±0.0005735

U Tabeli II dat je prikaz mehaničkih svojstava materijala za tipove ispuna od 0, 45 i 90 stepeni. Na osnovu podataka može se uočiti da je najveći modul elastičnosti kod tipa ispune od 45 stepeni, dok su maksimalna zatezna čvrstoća i izduženje kod tipa ispune od 90 stepeni.

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu je prikazana analiza uticaja temperature, oblika poprečnog preseka linije sloja i međuslojne interakcije na mehanička svojstva, uključujući normalne napone i adheziju slojeva, kao i njihov efekat na kvalitet i pouzdanost izrađenih delova. Na osnovu sprovedene analize, zaključeno je da parametri FDM tehnologije 3D štampe imaju ključan uticaj na geometriju poprečnog preseka niti. Pored toga, parametri utiču na interakciju između slojeva i mehanička svojstva delova izrađenih tehnologijom 3D štampe. Temperatura štampe se pokazala kao jedan od najvažnijih parametara, jer direktno utiče na viskoznost materijala, oblik niti i adheziju između slojeva. Takođe, brzina štampe i debljina slojeva značajno utiču na homogenost i čvrstoću delova, dok su orijentacija i ugao štampe ključni za postizanje optimalne zatezne čvrstoće.

Ova istraživanja doprinose boljem razumevanju odnosa između procesnih parametara i performansi štampanih delova, čime se omogućuje optimizacija procesa za proizvodnju pouzdanih i kvalitetnijih izrađenih delova. Dalja istraživanja mogu obuhvatiti eksperimentalnu potvrdu ovih zaključaka, kao i razvoj novih materijala i tehnika koje će dodatno unaprediti FDM tehnologiju.

Tehnologija 3D štampe konstantno napreduje i nalazi široku primenu u raznim industrijama, posebno u automobilske, medicinske i avio industriji. Njena rastuća upotreba zahteva postizanje što boljeg kvaliteta površina štampanih delova i razumevanje mehaničkih svojstava, uključujući opterećenja koja svaka nit i njen kontakt sa susednim nitima mogu izdržati.

LITERATURA

- [1] A. Cekić, K. Muhamedagic, D. B. Hajdarevic, N. Djuzo, „Effect of Process Parameters on Dimensional Accuracy and Tensile Strength of FDM Printed Parts“, Proceedings of the 31st DAAAM International Symposium, pp.0066-0071, B. Katalinic (Ed.), Published by DAAAM International, ISBN 978-3-902734-29-7, ISSN 1726-9679, Vienna, Austria.
- [2] V. Kovan, T. Tezel, H.E. Camurlu, E.S. Topal, „Effect of printing parameters on mechanical properties of 3D printed PLA/CARBON fibre composites“, International scientific journal "Materials science. non-equilibrium phase transformations, WEB ISSN 2534-8477, ISSN 2367-749X.
- [3] S. D. Brovinaa, M. Yu. Guivana, E. E. Mastalyginaa, b, and A. A. Olkhova, „Polymer Materials for 3D Printing (Fused Deposition Modelling)“, Polymer Science, Series D, 2024, Vol. 17, No. 2, pp. 450–454. © Pleiades Publishing, Ltd., 2024. Russian Text © The Author(s), 2023, published in Vse Materialy, 2023, No. 10, pp. 33–39. doi: 10.1134/S199542122470076X.
- [4] L. Marşavina, C. Vălean, M. Mărghitaş, E. Linul, N. Razavi, F. Berto, R. Brighenti „Effect of the manufacturing parameters on the tensile and fracture properties of FDM 3D-printed PLA specimens“, Engineering Fracture Mechanics Volume 274, 15

October 2022, 108766,
<https://doi.org/10.1016/j.engfracmech.2022.108766>.

- [5] J. Giria, A. Chiwanda, Y. Gupta, C. Mahatma, P. Giri „Effect of process parameters on mechanical properties of 3d printed samples using FDM process“, *Materials Today: Proceedings* 47 (2021) 5856–586, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.04.283>.
- [6] P. Ferretti, C. Leon-Cardenas, Santi, G.M. Sali, M., Ciotti, L. Frizziero, G. Donnici, A. Liverani, „Relationship between FDM 3D Printing Parameters Study: Parameter Optimization for Lower Defects“. *Polymers* 2021, 13, 2190. <https://doi.org/10.3390/polym13132190>.
- [7] M. Pavlović, M. Ristić, N. Kostić, „IZRADA NOSAČA TEHNOLOGIJOM 3D ŠTAMPE“, Zbornik radova Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija – Odsek Niš, 2019.
- [8] H. Sharifi, A. Adib, Z. Ahmadi, E. Gemikonakli, M. Shahedi Asl, „Taguchi optimization of mask stereolithographic 3D printing parameters for tensile strengthening of functionally graded resins“, *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)* (2024) 18:4899–4910.
- [9] Chee Kai Chua, Chee How Wong, Wai Yee Yeong, Standards, Quality Control, and Measurement Sciences in 3D PRINTING AND ADDITIVE MANUFACTURING.
- [10] G. Jović, D. Ćirić, F. Pešić, M. Ivanović, M. Mijajlović „Deviation of the 3D solid model from the printed model“, 2023 22nd International Symposium INFOTEH-JAHORINA (INFOTEH), 15-17 March 2023, DOI: 10.1109/INFOTEH57020.2023.1009416
- [11] J. Zubrzycki, E. Quirino, M. Staniszewski, M. Marchewka, „Influence of 3D Printing Parameters by FDM Method on the Mechanical Properties of Manufactured Parts“, *Advances in Science and Technology Research Journal* 2022, 16(5), 52–63, <https://doi.org/10.12913/22998624/154024>.
- [12] C. Wanga, Y. Hea, Z. Linc, X. Zhaoa, C. Suna, R. Guob, X. Wangb, F. Zhoub, „Mechanical and tribological properties of FDM-printed polyamide“, *Tribology International*, <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2023.109198>.
- [13] 3D Market, link: <https://sn.rs/kvbs8>, pristupljeno: 26.01.2025. godine.
- [14] Simplify 3D, link: <https://www.simplify3d.com/resources/materials-guide/properties-table/>, pristupljeno: 24.01.2025. godine.
- [15] D’Andrea, D., Risitano, G., Raffaele, M., Cucinotta, F., Santonocito, D., „Damage assessment of different FDM-processed materials adopting Infrared Thermography“, *Frattura ed Integrità Strutturale*, 62 (2022) 75-90, DOI: 10.3221/IGF-ESIS.62.06.
- [16] J.R. Stojković., R. Turudija, N. Vitković, F. Górski, A. Pacurar, A. Plesa, A. Ianosi-Andreeva-Dimitrova, R. Pacurar, „An Experimental Study on the Impact of Layer Height and Annealing Parameters on the Tensile Strength and Dimensional Accuracy of FDM 3D Printed Parts“. *Materials* 2023, 16, 4574. <https://doi.org/10.3390/ma16134574>.
- [17] Camargo, J. C., Machado, Á. R., Almeida, E. C., & Silva, E. F. M. S. (2019). Mechanical properties of PLA-graphene filament for FDM 3D printing. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. doi:10.1007/s00170-019-03532-5.

IZBOR OPTIMALNE ADITIVNE TEHNOLOGIJE ZA IZRADU DELOVA SLOŽENE GEOMETRIJE PRIMENOM VIŠEKRITERIJUMSKE ANALIZE

SELECTION OF OPTIMAL ADDITIVE TECHNOLOGY FOR THE PRODUCTION OF COMPLEX GEOMETRY PARTS USING MULTI-CRITERIA ANALYSIS

Biljana Milutinović, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Petar Đekić, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Sadržaj - U ovom radu je izvršen je izbor optimalne aditivne tehnologije, u izradi delova složene geometrije na primeru cilindričnog zupčanika, primenom višekriterijumske analize, konkretno metode analitičkog hijerarhijskog procesa (AHP metode). Upoređivane su dve aditivne tehnologije, fuzionisano deponovanje materijala (FDM) i stereolitografija (SLA). Izbor optimalne aditivne tehnologije izvršen je na osnovu sedam izabranih kriterijuma: složenost postupka izrade dela, vreme štampanja, dimenziona stabilnost, tvrdoća materijala, žilavost materijala, zamor materijala i naknadna obrada dela. Rezultati analize ukazuju da se, na osnovu izabranih kriterijuma, stereolitografija (SLA) pojavljuje kao optimalna aditivna tehnologija za izradu delova složene geometrije.

Ključne reči: *Aditivne tehnologije. Fuziono taloženje. Stereolitografija, AHP metod.*

Abstract - In this paper, a selection of the optimal additive technology was made, in the production of complex geometry parts in the case of gears, using multi-criteria analysis, specifically the Analytical Hierarchy Process (AHP) method. Two additive technologies, Fused Deposition Modeling (FDM) and Stereolithography (SLA), were compared. The choice of the optimal additive technology was made based on seven selected criteria: complexity of the production process, printing time, dimensional stability, material hardness, material toughness, material fatigue, and the part postprocessing. The results of the analysis indicate that, based on the selected criteria, stereolithography (SLA) appears as an optimal additive technology to produce parts of complex geometry

Keywords: *Additive technologie. Fused Deposition Modeling. Stereolithography. AHP method.*

1. UVOD

Aditivne tehnologije su tehnologije koje podrazumevaju procese digitalne proizvodnje u kojima se materijali postepeno dodaju sloj po sloj da bi se direktno kreirali objekti iz digitalnog modela. Tokom protekle dve decenije, aditivne tehnologije su postale popularne, zahvaljujući brojnim prednostima, kao što su neograničena fleksibilnost dizajna i mogućnost da se brzo proizvedu isplativi i multifunkcionalni objekti složenih geometrija. Kao rezultat toga, aditivne tehnologije su se nametnule kao održiva proizvodna tehnika u brzom izradi prototipova i različitim inženjerskim domenima, uključujući mašinstvo, građevinarstvo, vazduhoplovstvo, elektroniku, biomedicinu itd. [1]. Proces izbora odgovarajuće aditivne tehnologije je složen i zahtevan, s obzirom na to da su do sada razvijene različite tehnologije, ne postoje jasni kriterijumi, a izbor adekvatne tehnologije zavisi od brojnih uticajnih faktora.

Prethodni naponi su učinjeni da se uporede različite aditivne tehnologije putem benčmarking studija koje su sprovele kompanije ili nezavisni istraživači [2]. Neki autori su se fokusirali na tri različite tehnologije: fuzionisano

deponovanje materijala (FDM), selektivno lasersko sinterovanje (SLS) i brizganje materijala (MJ). Svaka tehnologija je podvrgnuta testiranju, sa posebnim naglaskom na procenu tačnosti i rezolucije štampanih elemenata [3]. Drugi su upoređivali aditivne tehnologije sa aspekta preciznosti izrađenih delova [4]. Takođe, sprovedeno je istraživanje kako bi se identifikovale prednosti i slabosti tehnologija Fused Deposition Modeling (FDM) i Masked Stereolithography (MSLA), sa posebnim fokusom na procenu njihove prikladnosti za proizvodnju iz hobija [5]. Određeni autori vršili su poređenje da bi procenili da li modeli mandibule kreirani različitim aditivnim tehnologijama pokazuju uporedivu tačnost [6]. Da bi uporedili i odabrali različite aditivne tehnologije, autori su koristili različite alate za donošenje odluka [7]. Takođe, neki autori su razvili različite modele za odabir aditivnih tehnologije [8].

U ovom radu je izvršen je izbor optimalne aditivne tehnologije, u izradi delova složene geometrije na primeru cilindričnog zupčanika, primenom višekriterijumske analize, konkretno metode analitičkog hijerarhijskog procesa (AHP metode). Upoređivane su dve aditivne tehnologije, fuzionisano deponovanje materijala (FDM) i stereolitografija (SLA). Izbor optimalne aditivne tehnologije izvršen je na osnovu sedam

izabranih kriterijuma: složenost postupka izrade dela, vreme štampanja, dimenziona stabilnost, tvrdoća materijala, žilavost materijala, zamor materijala i naknadna obrada dela. U prvom delu rada izvršena je analiza raspoloživih aditivnih tehnologija, u drugom delu su opisane alternative, izabrani kriterijumi i određena je njihova vrednost za svaku alternativu. U trećem delu je, primenom AHP metode u skladu sa izabranim kriterijumima izvršen izbor izbor optimalne aditivne tehnologija, u izradi delova složene geometrije.

2. ADITIVNE TEHNOLOGIJE

Do sada su u svetu razvijene različite aditivne tehnologije, koje se razlikuju u procesima dodavanja materijala za izradu željenog 3D modela. Ove tehnologije koriste različite metode, različite materijale za topljenje, očvršćavajuće prahove ili tečene materijale. Osnovni procesi obuhvataju ekstruziju materijala, fuziju praškastog sloja, fotopolimerizaciju u kadi i laminaciju listova.

Ekstruzija materijala uključuje proces aditivne proizvodnje stvaranja sloja mehaničkim ekstrudiranjem rastopljenog termoplastičnog materijala na platformu za izgradnju. U Powder Bed Fusion, elektronski snop topi rasprostranjeni materijal na sloju praha. Fotopolimerizacija u kadi koristi ultraljubičasti laser za polimerizaciju UV smola, formirajući sloj očvrstlog materijala. Laminacija listova koristi kontrolisani laser za slajsovanje materijala na platformi [9]. Primarne prednosti korišćenja aditivnih tehnologija u odnosu na tradicionalne proizvodne tehnologije leže u mogućnosti izrade složenih, prilagođenih modela sa visokom preciznošću. Međutim, primetan nedostatak aditivnih tehnologija je njihov ograničeni potencijal za izradu modela velikih razmera [10].

Koristeći gore navedene principe, razvijene su različite aditivne tehnologije koje su najčešće korišćene:

Stereolitografija (SLA) koristi ultraljubičasti (UV) laser fokusiran na gornju površinu smole, izazivajući precizno očvršćavanje na udarnim tačkama lasera. Prednosti ove tehnologije su kraće vreme procesa, prilagođeno bojenje, mogućnost izrade složenih delova, visok kvalitet i fina rezolucija delova. Njihovi nedostaci su ograničenja u korišćenju materijala, mogućnost lomljenja komponenata, skupi procesi i zahtevanje potpornih konstrukcija za delove sa preputima.

Fused Deposition Modeling (FDM) koristi kontinuirani filament od termoplastičnog materijala. Sloj se nanosi zagrevanjem i ekstrudiranjem filameta kroz pokretnu, zagrejanu glavu. Prednosti upotrebe ove tehnologije su mogućnost izrade delova od različitih materijala raznih boja, jednostavnost i velika brzina. Njihovi nedostaci su: zahtevaju oslonce za složene strukture, slabe mehaničke osobine, ograničenu rezoluciju i lošu završnu obradu površine.

Selective Laser Sintering (SLS) koristi laser velike snage za sinterovanje malih delova praškastog materijala na određenim mestima preko sloja praha. Prednosti upotrebe ove tehnologije su mogućnost izrade velikih dimenzija, mogućnost izrade delova od različitih materijala, brza procedura, visoka čvrstoća i krutost. Njihovi nedostaci su: zahtevaju naknadnu obradu i skup proces.

Digital Light Processing (DLP) uključuje digitalni projektor koji istovremeno treperi jednu sliku svakog sloja na

celoj platformi. Prednosti upotrebe ove tehnologije su visoka tačnost, dobra rezolucija, mogućnost izrade delova od različitih materijala i brz proces. Njihovi nedostaci su skupi procesi i zahtevaju naknadnu obradu.

3. METODA ANALITIČKIH HIJERARHIJSKIH PROCESA (AHP METODA)

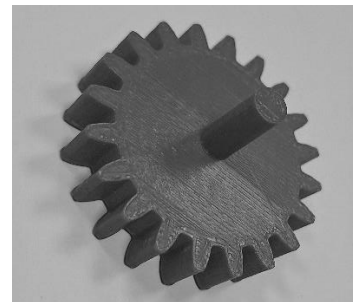
Metoda analitičkih hijerarhijskih procesa (AHP), koja se koristi kao metoda višekriterijumske analize, često se primenjuje u donošenju odluka i rešavanju problema iz različitih oblasti. Neki autori su koristili i AHP metodu za izbor jeftinih 3D štampača [11], kao i jedan od alata za donošenje odluka pri primeni FDM tehnologije [12]. Ova metoda se zasniva na principima višekriterijumskog odlučivanja, gde se iz grupe dostupnih alternativa bira najpovoljnija, na osnovu definisanih kriterijuma za odlučivanje.

AHP metoda se sastoji od četiri osnovna koraka:

1. definisanje problema i identifikovanje željenog znanja,
2. strukturiranje hijerarhije odlučivanja na osnovu cilja,
3. kreiranje skupa matrica poređenja u paru,
4. korišćenje prioriteta izvedenih iz ovih poređenja za određivanje prioriteta na sledećem nivou.

4. EKSPERIMENTALNO ISTRAŽIVANJE

Izbor optimalne aditivne tehnologija delova složene geometrije izvršeno je na primeru cilindričnog zupčanika sa modulom 1.75 koji je prikazan na slici 1.

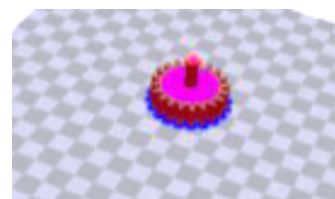


Slika 1. Cilindrični zupčanik.

4.1. Alternative

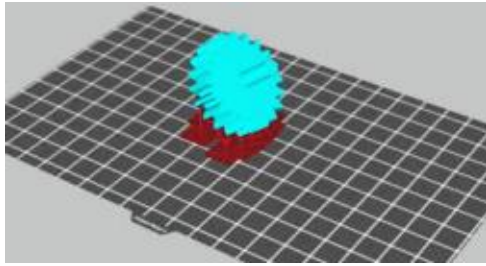
Za poređenje aditivnih tehnologija za proizvodnju delova složene geometrije korišćene su dve tehnologije (alternative):

Alternativa 1 – Tehnologija FDM na štampaču Sindoh DP200, kalibracija mašine je automatska, prečnik mlaznice 0,4 mm. Materijal za štampu je ABS. Parametri procesa su debljina sloja 0,2 mm, širina ekstruzije 0,4 mm, ispunja 70%, temperatura sloja 50 °C, temperatura mlaznice 220 °C i vreme štampe 1 h 17 min (slika 2).



Slika 2. Položaj štampanog dela u FDM štampaču.

Alternativa 2 – Tehnologija SLA na štampaču AnyCubic MONO X. Materijal za štampanje je smola (tough resin). Parametri procesa su: dubina očvršćavanja 70%, debljina sloja 0,2 mm, širina sloja 0,05 mm, naknadno očvršćavanje 5 min, vreme štampe 47 min (Slika 3).



Slika 3. Položaj štampanog dela u SLA štampaču.

4.2. Izbor kriterijuma

Kao kriterijumi za izbor optimalne aditivne tehnologije izabrani su: složenost postupka izrade dela, vreme štampanja, dimenziona stabilnost, složenost geometrije dela, tvrdoća materijala, žilavost materijala, zamor materijala i naknadna obrada dela.

Složenost postupka izrade dela – Uključuje uvoz CAD modela, slajsovanje, postavljanje nosača i podešavanje parametara štampanja.

Vreme štampanja – Predstavlja ukupno vreme štampanja.

Dimenziona stabilnost – Podrazumeva toleranciju oblika, položaja i dimenzija na CAD modelu. Izvršeno je merenje i poređenje karakterističnih prečnika, debljine i modula zupčanika sa nazivnim vrednostima.

Tvrdoća materijala – Tvrdoća materijala ispitivana je prema ASTM D2240 standardu.

Žilavost materijala – Žilavost materijala ispitivana je prema ISO 179-2 standardu.

Zamor materijala – Zamor materijala ispitivana je prema ASTM D7791 standardu

Naknadna obrada dela – Obuhvata uklanjanje podloge za štampanje, uklanjanje nosača i završnu obradu štampanih površina.

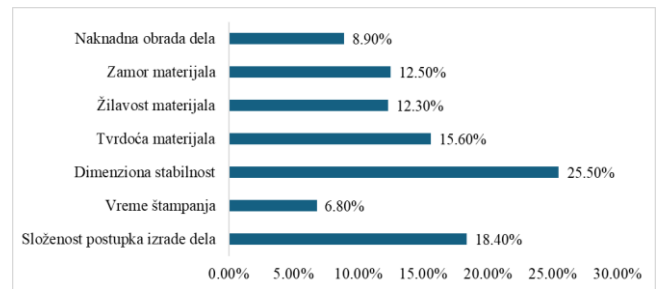
Vrednosti kriterijuma vreme štampe, stabilnost dimenzija, tvrdoća materijala, žilavost materijala i zamor materijala su određena merenjem, za kriterijume složenost postupka izrade dela, složenost geometrije dela i naknadna obrada delova, praktično iskustvo igralo je ključnu ulogu u određivanju vrednosti kriterijuma. Detalji evaluacije kriterijuma su navedeni u Tabeli I.

Tabela I Vrednosti kriterijuma

Kriterijumi	Alternativa 1	Alternativa 2
Složenost postupka izrade dela	50%	100%
Vreme štampanja	1 h 17 min	42 min
Dimenziona stabilnost	50%	100%
Tvrdoća materijala	80 Shore D	85 Shore D
Žilavost materijala	4,7 kJ/m ²	3 kJ/m ²
Zamor materijala	752 ciklusa	881 ciklus
Naknadna obrada	25%	75%

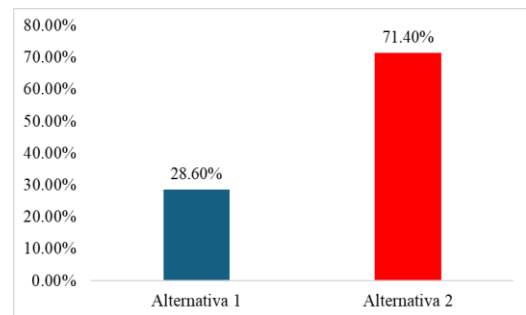
5. REZULTATI I DISKUSIJA

Određivanje prioriteta kriterijuma izvršili su stručnjaci koji se bave aditivnim tehnologijama, na osnovu čega je izvršeno poređenje parova i dobijeni su težinski koeficijenti kriterijuma koji su prikazati na slici 4.



Slika 4. Prioriteti kriterijuma u odnosu na cilj.

Na osnovu određenih težinskih koeficijenata kriterijuma, izvršeno je rangiranje alternativa koje je prikazano na slici 5.



Slika 5. Rangiranje alternativa.

Kako je SLA tehnologija zasnovana na procesu laserske polimerizacije, softver za podešavanje parametara SLA štampača zahteva mnogo više podataka i mnogo veće iskustvo operatera prilikom njegovog podešavanja, u poređenju sa softverom za za podešavanje parametara FDM štampača, gde se većina parametara automatski podešava zavisno od vrste materijala, prema kriterijumu složenost postupka izrade dela FDM tehnologija ima prednost.

Dimenziona stabilnost izrađenog dela je mnogo bolja kod SLA tehnologije, jer se deo dobija laserskom polimerizacijom, a ne unapred definisanim prečnikom mlaznice.

Postupak izrade dela FDM tehnologijom zasniva se na kontinuiranom nanošenju materijala od kojih su formirani slojevi, što značajno utiče na mehanička svojstva materijala (žilavost i zamor materijala), gde na svojstva materijala bitno ne utiču praznine i adhezija između slojeva. U slučaju SLA tehnologije, sloj se formira tačkastom laserskom polimerizacijom. U slučaju ispitivanja tvrdoće materijala, utiskivač dovodi do razdvajanja slojeva i propagaciju praznina (kod FDM tehnologije), dok se to ne dešava kod delova izrađenih SLA tehnologijom. Zbog prethodno navedenog, jasno je da delovi izrađeni SLA tehnologijom imaju bolja mehanička svojstva.

6. ZAKLJUČAK

U cilju izbora optimalne aditivne tehnologije između fuzionisanog štampanja filamentom (FDM) i stereolitografije (SLA), za izradu delova složene geometrije na primeru

zupčanika, korišćena je višekriterijumska analiza, konkretno AHP metoda.

Kriterijumi koji su korišćeni za izbor optimalne tehnologije uključuju: složenost postupka izrade dela, vreme štampanja, dimenziona stabilnost, složenost geometrije dela, tvrdoća materijala, žilavost materijala, zamor materijala i naknadnu obradu dela.

Rezultati višekriterijumske analize pokazuju da je SLA tehnologija na prvom mestu, što znači da je SLA tehnologija bolja od FDM tehnologije prema razmatranim kriterijumima.

LITERATURA

- [1] A. Kafle, E. Luis, R. Silwal, H. M. Pan, P. Shrestha, A. K. Bastola, "3D/4D Printing of Polymers: Fused Deposition Modelling (FDM), Selective Laser Sintering (SLS), and Stereolithography (SLA)", *Polymers*, vol.13 (18), 2021, pp. 3101.
- [2] Y. Wang, R. Blache, X. Xu, "Selection of additive manufacturing processes", *Rapid Prototyp. J.*, vol. 23(2), 2017, pp. 434–447.
- [3] E. Kluska, P. Gruda, N. Majca-Nowak, "The Accuracy and the Printing Resolution Comparison of Different 3D Printing Technologies", *Trans. Inst. Aviat.*, vol. 3 (252), 2018, pp. 69–86.
- [4] O. A. Naeem, S. Bencharit, I. H. Yang, S. C. Stilianoudakis, C. Carrico, E. Tufekci, "Comparison of 3-dimensional printing technologies on the precision, trueness, and accuracy of printed retainers", *Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.*, vol. 161(4), 2022, 582-591.
- [5] B. Orzeł, K. Stecuła, "Comparison of 3D Printout Quality from FDM and MSLA Technology in Unit Production", *Symmetry*, vol. 14, 2022, pp. 910.
- [6] B. Msallem, N. Sharma, S. Cao, F. S. Halbeisen, H. F. Zeilhofer, F. M. Thieringer, "Evaluation of the Dimensional Accuracy of 3D-Printed Anatomical Mandibular Models Using FFF, SLA, SLS, MJ, and BJ Printing Technology", *J. Clin. Med.*, vol. 9, 2020, pp. 817.
- [7] D.A. Roberson, D. Espalin, R.B. Wicker, "3D printer selection: a decision-making evaluation and ranking model", *Virtual. Phys. Prototyp.*, vol. 8(3), 2013, pp. 201-212.
- [8] Y. Zhang, A. Bernard, "An integrated decision-making model for multiattributes decision-making (MADM) problems in additive manufacturing process planning", *Rapid Prototyp. J.*, vol. 20(5), 2014, pp. 377–389.
- [9] G. Wei, Y. Zhang, D. Ramanujan, K. Ramani, Y. Chen; C. B. Williams, C. C. L. Wang, Y.C.; Shin, S. Zhang, P. D. Zavattieri, "The Status, Challenges, and Future of Additive Manufacturing in Engineering", *Comput. Aided Des.*, vol. 69, 2015, pp. 65-89.
- [10] M. Ntousia, I. Fudos, "3D Printing Technologies and Applications: An Overview", *Proceedings of CAD'19 conference*, Singapore, June 2019, pp. 243-248.
- [11] J. M. J. Netto, I. G. Ragoni, L. E. Frezzatto Santos, Z. C. Silveira, "Selecting low-cost 3D printers using the AHP method: a case study", *SN Applied Sciences*, vol 1, 2019, pp. 335.
- [12] J. Kumar Mondal, S. Das, R. Kumar, M. Maity, "Experimental study on FDM 3d printed object & position analysis using multicriteria decisionmaking process", *Materials Today: Proceedings* <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.02.29>



РАЗВОЈ I IZRADA GRIPER ALATA ZA HVATANJE DIODA DEVELOPMENT AND MANUFACTURING OF A GRIPPER TOOL FOR DIODE HANDLING

Milan Nikolić, *Akademija tehničko-vaspitačkih струковних студија - Одсек Ниш, Александра Медведева 20, Ниш.*
Milan Pavlović, *Akademija tehničko-vaspitačkih струковних студија - Одсек Ниш, Александра Медведева 20, Ниш.*

Sadržaj - U ovom radu biće opisan postupak razvoja i izrade alata za hvatanje diode. Sam alat se montira na električni griper koji je izvršni element koji se postavlja na robotskoj ruci. Kako su diode specifičnih dimenzija koje se rade po narudžbini potrebno je dimenzije alata prilagoditi dimenzijama dioda kako bi se one mogle uspešno hvatati i prenositi pomoću robotske ruke do špulne u kojoj se dioda postavlja na predviđeno mesto. Izrada alata zahteva veliku preciznost i izradjuje se na CNC glodalici.

Ključne reči: Griper. Alat za griper. Razvoj proizvoda. CAD.

Abstract - In this paper, the process of developing and manufacturing a tool for diode gripping will be described. The tool is mounted on an electric gripper, which is an actuator attached to a robotic arm. Since the diodes have specific dimensions and are made to order, the tool's dimensions must be adapted to match the diodes to ensure successful gripping and transfer by the robotic arm to the spool, where the diode is placed in its designated position. The manufacturing of the tool requires high precision, so it is produced using a CNC milling machine.

Keywords: Gripper. Gripper tool. Product development. CAD.

1. UVOD

Čovečanstvo je, od samih početaka tehnike, koristilo alate za hvatanje kako bi olakšalo i/ili omogućilo manipulaciju materijalima. Kao što je naveo M. Čekareli u [1]: „Alati za hvatanje su osmišljeni i razvijani još od praistorijskih vremena s ciljem da pomognu ljudima u hvatanju objekata koji su bili teški za rukovanje zbog svoje veličine, oblika, materijala i uslova“. Prema statističkim studijama, od 60 do 70% hvatanja objekata cilindričnog, paralelopipednog i piramidalnog oblika obavlja se samo sa dva prsta. Zbog toga je zahvat sa dva prsta široko rasprostranjen u industrijskim primenama, posebno u automatizovanoj montaži [2]. Griperi su mehanički ili električni uređaji koji omogućavaju robotima da hvataju, drže i manipulišu objektima. U industrijskoj automatizaciji, posebnu važnost imaju griperi dizajnirani za precizno rukovanje malim i osetljivim komponentama, poput dioda. Ovi alati moraju biti precizni, pouzdani i prilagodljivi kako bi omogućili efikasnu proizvodnju i montažu elektronskih sklopova. Meki griper je koncept koji se odnosi na efekat koji će zahvat imati na objekat koji se prenosi. Ovo se posebno primenjuje u prehrambenoj i zdravstvenoj industriji, gde su materijali osetljivi i lako se deformišu (bombone, kapsule).

Meka kinematika pronađena u ljudskoj ruci reprodukovana je na mekim griperima pomoću različitih tehnika, kao što su „3D štampa sa više materijala, meka litografija, proizvodnja

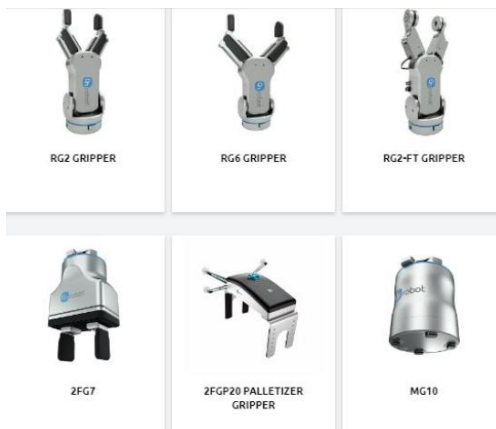
taloženjem oblika i integrisani višestruki proizvodni pristupi za kreiranje kompozitnih materijala“ [3].

Postoji nekoliko vrsta griper alata koji se koriste za hvatanje dioda, a mogu se klasifikovati prema principu rada:

1. **Mehanički griperi** – Ovi griperi koriste čeljusti koje se pomeraju mehanički pomoću elektromotora, pneumatskih ili hidrauličnih aktuatora. Najčešće se koriste u automatizovanim proizvodnim linijama gde je potrebna velika preciznost i ponovljivost.
2. **Vakumski griperi** – Koriste negativni pritisak (vakuum) za hvatanje dioda. Ovaj tip gripera je pogodan za komponente koje imaju glatku površinu i malu masu, ali može biti manje efikasan za hvatanje nepravilno oblikovanih ili poroznih elemenata.
3. **Magnetni griperi** – Primarno se koriste za hvatanje feromagnetnih komponenti, ali nisu pogodni za diode jer su izrađene od nemagnetnih materijala.

U ovom radu se koristi mehanički griper koji se pomera pomoću elektromotora. U ovom slučaju se on koristi zbog zahteva za velikom preciznošću kretanja i ponovljivošću.

Na Slikama 1 i 2 prikazane su različite vrste gripera koje se koriste kod automatizacije proizvodnje pomoću robota.



Slika 1. Vrste gripera [4].



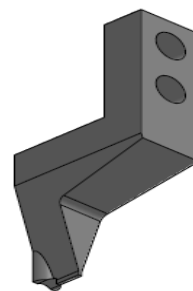
Slika 2. Vrste gripera [4].

2. RAZVOJ

Razvoj griper alata za diode zahteva detaljno planiranje i dizajniranje u CAD (*Computer-Aided Design*) softveru. Proces razvoja uključuje sledeće korake:

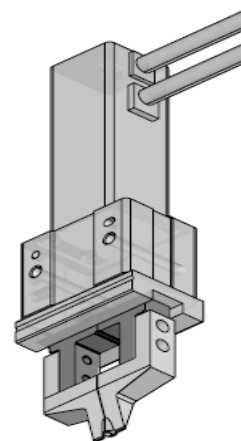
1. **Analiza zahteva** – Određivanje dimenzija i oblika dioda kako bi se dizajn prilagodio specifičnim potrebama.
2. **Modeliranje i simulacija** – Upotreba CAD softvera za kreiranje 3D modela i izvođenje simulacija kako bi se proverila funkcionalnost gripera.
3. **Izbor materijala** – Materijal mora biti lagan, ali čvrst, kako bi se osigurao dug vek trajanja alata i preciznost hvatanja.
4. **Izrada prototipa i testiranje** – Nakon izrade prototipa pomoću CNC mašina ili 3D štampača, gripper se testira u realnim uslovima rada.

Analizom zahteva pristupilo se određivanju dimenzija i oblika alata za hvatanje dioda (konstruisanju). Na slici 3. prikazan je 3D model alata izradjen u CAD softveru. 3D model je nastao nakon nekoliko iteracija i izrada simulacija kako bi se potvrdila funkcionalnost hvatanja i potvrda da prilikom kretanja alata nema koalicija sa drugim objektima u predviđenom prostoru za kretanje. Prikazani alat na slici 3. se montira na električnom griperu u paru sa identičnim alatom na drugoj strani gripera.



Slika 3. 3D model alata za hvatanje dioda.

Električni griper je proizvođača SMC sa oznakom LEHZ16K2 i odabran je na osnovu zahteva za velikom preciznošću, brzine hvatanje kao i težine alata koju treba da nosi zajedno sa diodom. Karakteristike električnog gripera su da ima hod od 6mm, silu hvatanja 6N i ima dva prsta za hvatanje. Brzina kretanja je 5-80mm/s.



Slika 4. 3D model električnog gripera sa alatom.

Na slici 4 je prikazan 3D model sklopa električnog gripera i alata za hvatanje dioda. Sklop prikazan na slici se montira na robotsku ruku koja vrši kretanje i pomeranje samog sklopa od mesta gde se preuzimaju diode do mesta insertovanja dioda. Sam električni griper je opremljen sensorima koji detektuju da li je dioda „uhvaćena“ i da li je sila kojom se ona drži u granicama (da nije prevelika i ošteti diodu ili premala da dioda ispadne prilikom kretanja).

Materijali koji se koriste za izradu gripera zavise od njegove namene, opterećenja i radnih uslova. Najčešće korišćeni materijali su:

1. Metali

- **Aluminijum (AlMgSi, Al 6061, Al 7075)** – Lagan, otporan na koroziju, pogodan za preciznu obradu CNC mašinama.
- **Čelik (nerđajući čelik, alatni čelik, legirani čelik)** – Visoka čvrstoća i otpornost na habanje, koristi se za teška industrijska okruženja.
- **Titanijum** – Izuzetno lagan i jak materijal, otporan na visoke temperature i koroziju, koristi se u specijalizovanim aplikacijama.

2. Polimeri (Plastike)

- **PA (Poliamid, Najlon)** – Visoka otpornost na habanje, niska težina i dobra hemijska otpornost.
- **PEEK (Polyether ether ketone)** – Odlična mehanička svojstva, visoka otpornost na temperaturu i hemikalije.
- **ABS (Akrilonitril-butadien-stiren)** – Koristi se za 3D štampane griper alate zbog dobre žilavosti i otpornosti na udarce.
- **TPU (Termoplastični poliuretan)** – Fleksibilan materijal za meke gripere, često korišćen u prehrambenoj i medicinskoj industriji.

3. Kompozitni materijali

- **Ugljenična vlakna (Carbon Fiber Reinforced Polymer - CFRP)** – Ekstremno lagan i čvrst materijal, koristi se za robote visoke brzine i preciznosti.
- **Staklena vlakna (Glass Fiber Reinforced Polymer - GFRP)** – Čvrst i lagan materijal, otporniji na udarce od karbonskih vlakana.

4. Elastomeri

- **Silikon** – Koristi se za meke gripere u prehrambenoj i medicinskoj industriji.
- **Guma (EPDM, NBR)** – Pruža dobar grip i sprečava oštećenje krhkih objekata.

Izbor materijala zavisi od primene gripera, opterećenja, radnih uslova i zahteva za preciznošću i trajnošću.

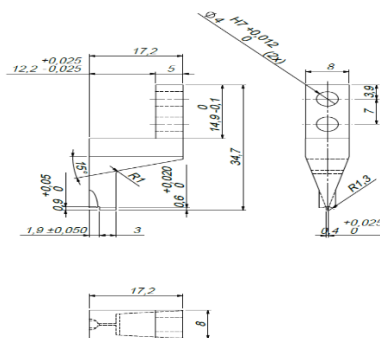
Materijal za izradu alata opisanom u ovom radu je legura aluminijuma AlMgSi.

3. PROIZVODNJA

Nakon procesa projektovanja i simulacije pristupa se izradi samog alata. Prvo se izradjuje prototip na 3D štampaču a zatim se vrši izrada na CNC mašini. Proces 3D štampanja sastoji se od nanošenja slojeva materijala jedan preko drugog kako bi se formirao objekat. Materijal nanosi ekstruder, deo 3D štampača koji je odgovoran za zagrevanje i primenu materijala. Nakon 3D modeliranja, 3D model gripera je eksportovan u .stl formatu, jedan od najčešće korišćenih formata za konverziju 3D CAD modela u reprezentaciju njegove površine za stereolitografiju.

Ovaj format je takođe poznat kao *Standard Triangle Language* (Standardni trougaoni jezik) i *Standard Tessellation Language* (Standardni teselacioni jezik). „STL format datoteke se generiše pomoću procesa teselacije, koji stvara trouglove za reprezentaciju CAD modela. Ovi trouglovi su opisani skupom X, Y i Z koordinata za svaku od tri tačke (temena) i jedinicom normalnog vektora koji pokazuje koja strana trougla sadrži masu“ [5].

Alat se izradjuje na CNC glodalici velike preciznosti. Pre izrade 3D model alata se uvozi u CAM (*Computer Aided Manufacturing*) softver, gde se geometrija modela koristi za programiranje CNC mašine, odnosno za zadavanje putanja alata i režima obrade.



Slika 5. Dimenzije alata.

Na slici 5 prikazani su crteži sa dimenzijama alata po kojima se isti izradjuje. Tolerancije definisane na crtežu ukazuju na potrebu izrade sa velikom tačnošću što je i razlog izrade na CNC mašini velike preciznosti.

4. ZAKLJUČAK

Razvoj i izrada gripera alata za hvatanje dioda predstavljaju ključni deo industrijske automatizacije, posebno u oblasti precizne montaže elektronskih komponenti. Kroz proces analize, dizajna i simulacije u CAD softveru, omogućeno je kreiranje alata koji odgovara specifičnim dimenzijama dioda i zahtevu za visokom preciznošću.

Korišćenje električnog gripera sa prilagođenim alatima omogućava sigurno i pouzdano hvatanje dioda bez oštećenja, čime se povećava efikasnost proizvodnog procesa. Proizvodnja alata na CNC glodalici osigurava visoku tačnost i ponovljivost, što je ključno za industrijsku primenu.

Zaključno, razvoj gripera alata zahteva interdisciplinarni pristup, uključujući mehanički dizajn, izbor materijala, primenu CNC tehnologije i testiranje u realnim uslovima. Dalja poboljšanja mogu uključivati primenu naprednih materijala i senzorskih sistema za još veću optimizaciju procesa hvatanja i manipulacije diodama.

LITERATURA

- [1] M. Ceccarelli, “Notes for a history of grasping devices”, in *Grasping in Robotics*, G. Carbone, Ed., 1st, London, England: Springer-Verlag London, 2013, isbn: 978-1-4471-4663-6.
- [2] P. O. Hugo, “Industrial grippers: State-of-the-art and main design characteristics”, in *Grasping in Robotics*, G. Carbone, Ed., 1st, London, England: Springer-Verlag London, 2013, isbn: 978-1-4471-4663-6.
- [3] R.Arumathanthri, B. Abeygoonawardana, I. Kumarasinghe, D. Chathuranga, T. Lalitharatne, and A. Kulasekera, “A soft robotic gripper with sensory feedback fabricated by latex using coagulant dipping process”, Dec. 2018, pp. 2082–2087. doi:10.1109/ROBIO.2018.8665091.
- [4] <https://modusystems.com/products/on-robot-grippers/>
- [5] M. Eragubi, “Slicing 3d cad model in stl format and laser path generation”, *International Journal of Innovation, Management and Technology*, vol. 4, 2013. doi:10.7763/ijimt. 2013.v4.431. (visited on 04/24/2020).



IZRADA DRŽAČA ZA KUHINJSKE NOŽEVE NA CNC GLODALICI MANUFACTURING A KNIFE HOLDER USING CNC MILLING MACHINE

Miloš Ristić, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*
Nikola Stojiljković, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Milan Nikolić, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Sadržaj – Proces dizajna, tehničke izrade i završne obrade držača za kuhinjske noževe korišćenjem CNC tehnologije stavlja u fokus kreiranje funkcionalnog i estetski privlačnog proizvoda. U ovom radu analizirane su sve faze proizvodnje, počev od konceptualnog dizajna u CAD softveru, preko programiranja CNC mašine, do završne obrade i testiranja gotovog proizvoda. Posebna pažnja posvećena je odabiru materijala, optimizaciji parametara obrade i proceni performansi kako bi proizvod zadovoljio savremene standarde kvaliteta. Proizvodni proces se oslanja na primenu naprednih tehnologija obrade na CNC mašinama, pri čemu razvoj CAD modela, glodanje i programiranje igraju ključnu ulogu u osiguravanju tačnosti i efikasnosti. Rezultati potvrđuju da primena CNC tehnologije omogućava visok stepen preciznosti, fleksibilnosti i ponovljivosti u proizvodnom procesu, uz smanjenje ljudskih grešaka.

Кljučне речи: *Držać za noževe. CNC obrada. Dizajn proizvoda. Glodanje. Tehnički proces.*

Abstract – The design, technical production, and final processing of a kitchen knife holder using CNC technology focus on creating a functional and aesthetically appealing product. This paper analyzes all stages of production, from conceptual design in CAD software, through CNC machine programming, to finishing and testing of the finished product. Special attention was given to material selection, optimization of processing parameters, and performance evaluation to ensure the product meets modern quality standards. The production process relies on the application of advanced CNC machining technologies, with CAD model development, milling, and programming playing a crucial role in ensuring accuracy and efficiency. The results confirm that the use of CNC technology enables a high degree of precision, flexibility, and repeatability in the production process while minimizing human errors.

Keywords: *Knife holder. CNC machining. Product design. Milling. Technical process.*

1. UVOD

Današnja računarom podržana proizvodnja u kompanijama mašinske industrije duguje veliku zahvalnost savremenim numerički upravljanim mašinama. Numerički upravljane mašine su poznate i po svom akronimu na engleskom jeziku i to kao CNC (engl. *Computer Numerical Control*) mašine [1]. Zahvaljujući unapred definisanom programskom kodu, automatizuje se proces kontrole mašine nad fizičkim modelom, tj. obratkom, pre svega u pogledu upravljanja kretanjem obratka i/ili alata, a ostvaruje se i značajno veća preciznost mašine i ušteda u vremenu izrade, posebno nad pomoćnim vremenima. Ova tehnologija je donela revoluciju u proizvodne procese u brojnim industrijama, omogućavajući visoku preciznost, ponovljivost i efikasnost [1]. Tako danas CNC mašine spadaju u brze proizvodne tehnologije koje se koriste za različite procese obrade materijala, uključujući glodanje, struganje, bušenje i rezanje. Njihova prednost ogleda se u obradi delova složene geometrije i povećane tačnosti, ostvarujući pri tom značajne uštede u resursima, posebno u vremenu i ljudima. Primena CNC tehnologije počinje kreiranjem modela u CAD (engl. *Computer-Aided Design*)

softveru, da bi nakon toga, bilo izvršeno generisanje G-koda u CAM (engl. *Computer-Aided Manufacturing*) softveru (ili modulu) [2], a konačno se obavlja sama obrada na CNC mašini.

Držači za kuhinjske noževe predstavljaju neophodan element svakodnevnog domaćinstva, omogućavajući organizaciju, sigurnost i efikasnost tokom rada u kuhinji. Kuhinjski noževi zahtevaju sigurno i pristupačno skladištenje, pa su držači noževa potrebni ne samo kao estetski elementi, već pre svega kao sigurnosno bezbednosni element koji smanjuje rizik od povreda. [3]

Savremeni zahtevi korisnika za estetskim i funkcionalnim rešenjima često prevazilaze mogućnosti tradicionalnih držača za noževe. Napredne tehnologije, poput CAD/CAM sistema i CNC mašina, pružaju mogućnost izrade preciznih i prilagodljivih rešenja koja kombinuju praktičnost i vizuelnu privlačnost, o čemu će biti reči u ovom radu.

Cilj rada je detaljno prikazati ključne faze proizvodnje i završne obrade držača za kuhinjske noževe, uz fokus na upotrebu CNC tehnologije koja omogućava visoku preciznost, ponovljivost i prilagodljivost u proizvodnji. Kroz optimizaciju

materijala i procesa obrade nastoji se postići proizvod koji je praktičan, siguran i estetski prilagođen savremenim kuhinjama. [3]

2. IZBOR MATERIJALA

Materijal igra ključnu ulogu u dizajnu, funkcionalnosti i izdržljivosti proizvoda. Za izradu držača za kuhinjske noževe odabrano je hrastovo drvo, poznato po svojoj čvrstoći, otpornosti na vlagu i prirodnoj estetici [4].

Ovaj materijal se pokazao idealnim za kuhinjske uslove, jer zadržava stabilnost i oblik čak i pri promenama temperature i vlage. Hrast je dodatno tretiran zaštitnim premazima, poput uljanih i poliuretanskih, koji ističu prirodnu teksturu drveta i pružaju dugotrajnu otpornost na habanje. Materijal za obradu dolazi u pločama koje su prethodno laminirane, čime su poboljšana mehanička svojstva i fizičke osobine obratka. Pored drveta, u dizajn su uključeni metalni elementi, poput štapa za oštrenje, koji povećavaju funkcionalnost i praktičnost proizvoda.

Prednosti korišćenja hrasta uključuju lakoću obrade, dugovečnost i održivost. Upotrebom ekološki prihvatljivih materijala dodatno se ističe značaj održivog pristupa u savremenom proizvodnji [4].

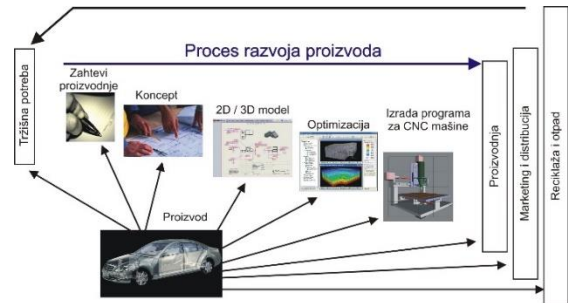
3. KREIRANJE VIRTUELNOG PROIZVODA

Proces izrade proizvoda sastoji se od 5 osnovnih faza. Bez obzira na to da li se faze odvijaju sukcesivno ili simultano, prva faza je uvek faza konstruisanja i projektovanja proizvoda. Dok termin konstruisanje podrazumeva definisanje geometrije, dimenzija, materijala, tolerancija i sl., pod projektovanjem se podrazumeva nalaženje naučno opravdanog tehničkog rešenja koje se može praktično realizovati a da pri tom zadovolji ekonomske kriterijume [5]. Projektovanje obuhvata definisanje tehničkog rešenja sa funkcionalnog, sadržajnog i konstruktivnog aspekta.

Pri razvoju nekog proizvoda, inženjeri primenom svog znanja (domensko znanje) uobličavaju geometrijski oblik i karakteristike proizvoda određujući skup podataka koji se odnose na tu geometriju proizvoda. Pri donošenju odluka u procesu projektovanja, koriste se tri osnovna entiteta: znanje, geometrija i podaci. Ranije verzije CAD sistema za projektovanje uglavnom rade sa dva od ova tri entiteta, tj. koriste geometriju i podatke, te je za njih karakterističan visok stepen obrade podataka, odnosno, razmene i eventualno deobe podataka. Zato su oni pogodni samo u završnim fazama procesa obrade gde ove aktivnosti završnog geometrijskog uobličavanja dolaze do izražaja. Da bi se primena računara pomerila ka ranijim fazama procesa projektovanja, kada se donose važne i odgovorne strateške odluke o konceptu proizvoda, neophodno je koristiti i treći entitet – znanje [6]. To podrazumeva primenu sistema koji koriste metode veštačke inteligencije u cilju obrade, razmene ili deobe znanja. Ovi inteligentni sistemi, pored deljenja i obrade znanja, moraju da omogućavaju grupni i paralelni (uporedni) rad projekatnata različitih specijalnosti (tzv. uporedno inženjerstvo, engl. *concurrent engineering*). Pod metodama veštačke inteligencije, pored *iMachining*-a, ovde se pre svega misli na izvesne genetske algoritme i mašinsko učenje, gde su u osnovi sistema pravila dobijena od eksperata koja doprinose sistemu prilikom odlučivanja ili pri definisanju određenih tehnoloških postupaka ili alata. Na primer, ako se u bazi dostupnih alata

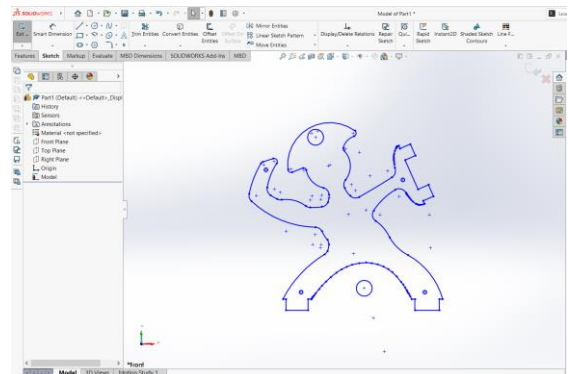
definišu njihovi parametri, CAD alat može da ograniči aktivnost konstruktora, tako što će ga usmeriti da bira i radi samo sa dostupnim alatima. Na taj način konstruktor neće moći da npr. izbuši otvor prečnika 1 mm, ako ne poseduju takvu burgiju, već će ga sistem usmeriti ili da nabavi alat ili da prilagodi prečnik otvora dostupnom alatu. U ovom radu neće biti govora o upotrebi ovakvih pravila i tehnoloških ograničenja, ali CAD model zasnovan na tehničkim elementima lako može da se nadogradi ovim (*if-then*) pravilima.

Iako troškovi procesa projektovanja/konstruisanja proizvoda učestvuju u malom delu ukupne cene proizvoda, odluke koje se donose tokom ovog procesa (Slika 1) utiču na značajan deo ukupnih troškova u stvaranju novog proizvoda i od suštinske su važnosti za tržišni uspeh ili neuspeh novog proizvoda. Zbog toga je važno da se uspostavi koncept projektovanja proizvoda u kome se istovremeno integriše široki spektar konstrukcionih, tehnoloških, ekonomskih i drugih zahteva, u cilju smanjenja vremena i troškova razvoja, ali i povećanja kvaliteta i vrednosti proizvoda.



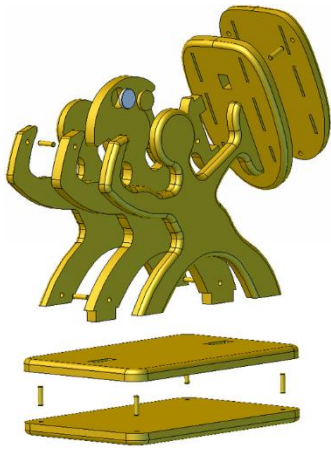
Slika 1. Proces razvoja proizvoda [7].

Proces razvoja virtuelnog proizvoda, nad kojim će se izvršiti analize i optimizacije pre nego se fizički proizvod i izradi, započinje modeliranjem u CAD softveru (Slika 2).



Slika 2. Modeliranje dela držača u SolidWorks-u.

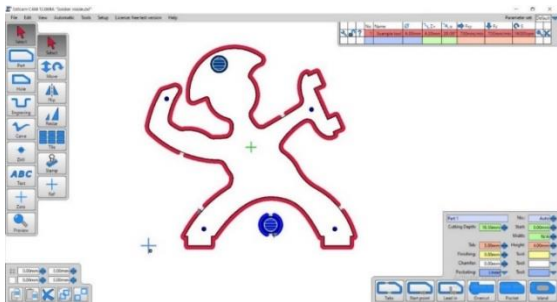
Započinje se kreiranjem osnovnog modela kako bi se definisale osnovne dimenzije i oblik proizvoda, a zatim se dodaju detalji i estetski elementi. Takođe važno je voditi računa i o ergonomiji i stabilnosti konstrukcije u realnim uslovima, za šta koristimo simulacije poput naponsko deformacione analize. Na kraju vršimo vizuelizaciju završnog virtuelnog modela proizvoda u CAD softveru kako bi pomogli pri završnim odlukama poput izbora boje, laka, tekstura i drugih specifičnosti (Slika 3) [3].



Slika 3. Prikaz modela držača za noževe iz pozicija.

Nakon toga, u CAM softveru se generiše CNC program koji obuhvata definisanje putanja alata, brzine rezanja i dubine obrade, omogućavajući preciznu obradu i optimizaciju parametara prikaznih slikom 4. Programiranje CNC mašine je složen proces koji uključuje više koraka kako bi se osiguralo da mašina može tačno i efikasno izvršavati zadate operacije [8]. Glavni koraci obrade uključuju:

1. Grubo glodanje – Uklanjanje viška materijala i oblikovanje osnovnih kontura.
2. Fino glodanje – Postizanje glatkih površina i preciznih detalja.
3. Završnu obradu – Brušenje, primenu zaštitnih premaza i montažu delova.



Slika 4. Generisanje i optimizacija G-koda za izradu delova držača.

Proces generisanja G-kodova, Slika 5, počinje kreiranjem 3D modela u CAD softveru, koji se zatim prenosi u CAM softver. CAM softver koristi ovaj model da bi generisao G-kodove, definišući putanje alata, brzine vretena, dubine rezanja i druge parametre obrade.

Definisanje parametara obrade poput brzine vretena tj. broja obrtaja glavnog vretena i posmak, uz prethodno pravilan izbor alata predstavljaju srž svake tehnologije i tehnološkog postupka. Pravilnim definisanjem parametara obrade može se značajno uštedeti na vremenu izrade ali i čuvati mašinu i alata od velikih opterećenja, vibracija i udara.

Na kraju, svaki proizvod prolazi kroz kontrolu kvaliteta, gde se proveravaju dimenzije, završna obrada i usklađenost sa specifikacijama.

(Project Unutrašnje telo)
(Created with Estlcam 12.069)
(Machining time about 00:18:45 hours)

(Required tools:)
(Example tool)

G90
G91.1
M03 S16000
G00 Z5.0000

(No. 1 Drill machining: Drill 1)
G00 X75.2526 Y41.9111 Z5.0000

Slika 5. Deo G koda za izradu dela držača [3].

4. IZRADA PROIZVODA

Kada je virtuelni 3D model proizvoda kreiran, i kada su nad njima izvršene potrebne simulacije i optimizacije, vrši se simulacija procesa izrade. Tako se podešeni parametri obrade, ali i izabrani alati i postupci još jednom proveravaju i na neki način se verifikuje tehnološki plan izrade proizvoda. Prikaz držača prikazan je na slici 6.



Slika 6. Izgled proizvoda držača za kuhinjske noževe.

Prvi postupak u procesu izrade je grubo glodanje gde se uklanjaju velika količina materijala kako bi se oblikovale osnovne konture držača za noževe. Korišćenjem alata za grubo glodanje, mašina sa zadatim parametrima skida slojeve materijala, kreirajući približan oblik gotovog proizvoda.

Alati prikazani na slici 7, korišćeni su u izradi ovog rada. Reč je o spiralnim glodalima prečnika 3,175 mm i 6 mm, koja su specifično dizajnirana za obradu materijala kao što su drvo i plastika.

Ova glodala imaju višestruke rezne ivice koje omogućavaju efikasno uklanjanje materijala i postizanje glatke završne obrade. Jedna od glavnih karakteristika ovih glodala je poseban premaz koji poboljšava njihove performanse, smanjujući trenje i produžavajući životni vek alata. Tokom ovog procesa, posebna pažnja se posvećuje brzinama i posmacima kako bi se optimizovala efikasnost obrade i smanjilo vreme rada.



Slika 7. Glodala korišćena za izradu stalka za noževe.

Nakon grubog glodanja, sledi fino glodanje čime se postiže visoka preciznost i zahtevan kvalitet površina. Tokom finog glodanja, CNC mašina radi pri višim brzinama i manjim posmacima. Ovaj korak uključuje i oblikovanje finih detalja i kontura koje su ključne za funkcionalnost i estetiku držača.

Iako CNC mašina obavlja većinu posla, ručna obrada je neizostavan deo procesa izrade. Ručna obrada podrazumeva korišćenje različitih alatki i tehnika za uklanjanje sitnih nedostataka koji mogu nastati tokom mehaničke obrade, poput ručnog brušenja i poliranje površina kako bi se postigla savršena glatkost i estetski izgled.

Završna obrada je ključna za dugotrajnost i estetski izgled proizvoda. Proces završne obrade uključuje poliranje i premazivanje zaštitnim slojem. Premazivanje zaštitnim slojem, kao što je lak, štiti drvo od vlage, prljavštine i habanja, čime se produžava vek trajanja držača.

5. ZAKLJUČAK

Primena CNC tehnologije u proizvodnji držača za noževe omogućila je postizanje visokog nivoa preciznosti, funkcionalnosti, estetike i kvaliteta u izradi držača za kuhinjske noževe. Zahvaljujući kvalitetnim materijalima, poput prirodnog drveta, i pažljivo optimizovanom procesu obrade, proizvod zadovoljava savremene standarde dizajna, praktičnosti i vizuelne privlačnosti.

Poseban akcenat stavljen je na sigurnost i ergonomiju, čime se osigurava jednostavno i bezbedno rukovanje, dok humanoidni oblik i mogućnost personalizacije završnih obrada i gravura dodaju posebnu vrednost ovom proizvodu, čineći ga ne samo korisnim već i estetski upečatljivim elementom svake kuhinje.

Ovaj rad ističe značaj primene inovativnih tehnologija i kreativnog dizajna u razvoju svakodnevnih proizvoda, što

otvara mogućnosti za dalji napredak u industriji. Kroz integraciju modernih tehnoloških rešenja i tradicionalnih materijala, postignuta je sinergija koja doprinosi ne samo funkcionalnoj već i emocionalnoj vrednosti proizvoda, čineći ga privlačnim za širu publiku.

ZAHVALNICA

Ovaj rad rezultat je završnog rada "Izrada držača za noževe na CNC glodalici". Rad je osmišljen i kreiran podrškom Laboratorije za mašine i materijale pri katedri za Industrijsko i mašinsko inženjerstvo Akademije [9]. Ovom prilikom autori iskazuju zahvalnost rukovodiocima laboratorija i kolegama na podršci.

LITERATURA

- [1] Pabla B.S., Adithan M., *CNC Machines*, New Age international Ltd., 1994. reprint: 2005.
- [2] Devedžić G., *CAD/CAM tehnologije*, Fakultet inženjerskih nauka Kragujevac, 2009.
- [3] Stojiljković N., *Izrada držača za kuhinjske noževe na CNC glodalici*, Završni rad, Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija, Niš, Niš, 2024.
- [4] Materijali i tehnologije u savremenom proizvodnom procesu, Priručnik za CNC obradu, 2023.
- [5] Manić M., Miltenović V., Stojković M., Banić M., "Feature Models in Virtual Product Development", *Strojišni vestnik*, 56 (3). 2010.
- [6] Ristić M., Manić M., Kosanović M., Pavlović M., *Parametrically Designed Product Manufacturability Analysis Using Knowledge Based System*, 13th MMA 2018 – Flexible Technologies, Novi Sad, Serbia, pp. 207-210., September 28-29, 2018
- [7] Ristić M., Pavlović M., *Projektovanje proizvoda sa aspekta tehnološkičnosti: primer zupčastog prenosiča snage*, Zbornik radova Akademije tehničko-vaspitačkih strukovnih studija – Odsek Niš, ATVSS Odsek Niš, 2019. god., str. 29-32. ISBN: 978-86-85391-41-5
- [8] CAD/CAM softveri u mašinstvu, Tehnička dokumentacija, 2022.
- [9] Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija, Odsek Niš. Laboratorija za mašine i materijale, <https://odseknis.akademijanis.edu.rs/laboratorija-za-masine-i-materijale/> Niš, 2024.

IZRADA ZAVRTNJA POMOĆU mSLA TEHNOLOGIJE 3D ŠTAMPE MANUFACTURING OF SCREW USING mSLA 3D PRINTING TECHNOLOGY

Branislav Dimitrijević, *Akademija tehničko-vaspitačkih струковних студија - Одсек Vranje, Filipa Filipovića 20, Vranje.*

Vladan Jovanović, *Akademija tehničko-vaspitačkih струковних студија - Одсек Vranje, Filipa Filipovića 20, Vranje.*

Damjan Stanojević, *Akademija tehničko-vaspitačkih струковних студија - Одсек Vranje, Filipa Filipovića 20, Vranje.*

Sadržaj - U ovom radu se govori o primeni mSLA (masked stereolitography) tehnologije 3D štampe za izradu zavrtnja dizajniranih za posebnu namenu. Proces počinje kreiranjem preciznog CAD modela u programu Autodesk Inventor Professional 2016, koji definiše oblik i dimenzije zavrtnjeva. Nakon toga 3D model se eksportuje u STL format koji se koristi za modifikaciju i pripremu za 3D tampu. MSLA tehnologija koristi lasersku polimerizaciju tečne smole sloj po sloj, omogućavajući izradu složenih i detaljnih delova. Zavrtnaj je dizajnirann tako da ispunjava određene zahteve konstrukcije i kako bi što bolje ispunio svoju funkciju. S obzirom na to da je reč o nestandardnom delu, 3D štampa se pokazala kao najprikladnije rešenje za njegovu izradu. Tekst takođe najavljuje detaljan prikaz postupka njihove izrade mSLA tehnologijom.

Ključne reči: mSLA. 3D štampa. Zavrtnaj.

Abstract - This paper discusses the application of mSLA (masked stereolitography) 3D printing technology for producing screw designed for specific purposes. The process begins with creating a precise CAD model in Autodesk Inventor Professional 2016, defining the screws' shape and dimensions. After that, the 3D model is exported in STL format, which is used for modification and preparation for 3D printing. MSLA technology utilizes laser-induced polymerization of liquid resin, building the object layer by layer, which enables the fabrication of complex and detailed parts. The screw is designed to meet specific construction requirements, ensuring optimal functionality. Given that this is non-standard part, 3D printing has proven to be the most suitable manufacturing solution. The text also announces a detailed overview of the production process using mSLA technology.

Keywords: mSLA. 3D printing. Screw.

1. UVOD

Trodimenzionalno (3D) štampanje ima značajan potencijal za primenu u oblasti lakih kompozitnih struktura zbog svoje superiorne proizvodne fleksibilnosti. Mogućnosti savremenih softverskih paketa omogućavaju kreiranje virtualnog modela proizvoda, dok aditivna tehnologija omogućuje brzu izradu prototipova, čime se olakšava razvoj lakih kompozitnih struktura.[1]

Veoma brzi razvoj industrije je uticao na potrebu za brzom izradom prototipa. Primena računara u razvoju proizvoda zajedno sa brzim proizvodnim tehnologijama omogućila je da se prototip proizvoda može izraditi u relativno kratkom roku. Razvojem aditivnih tehnologija, postupak brze izrade prototipa je dodatno unapređen kroz mogućnosti korišćenja različitih materijala, pri čemu je cena izrade veoma pristupačna.

MSLA je tehnologija 3D štampe koja koristi digitalni izvor svetlosti za brzo očvršćavanje fotopolimernih smola, omogućavajući izradu složenih i detaljnih objekata. Slična je SLA (Stereolitografija) tehnologiji, ali umesto lasera koji prati

konture svakog sloja, mSLA koristi projektor za osvetljavanje i očvršćavanje celog sloja odjednom, što rezultira bržim procesom štampe.

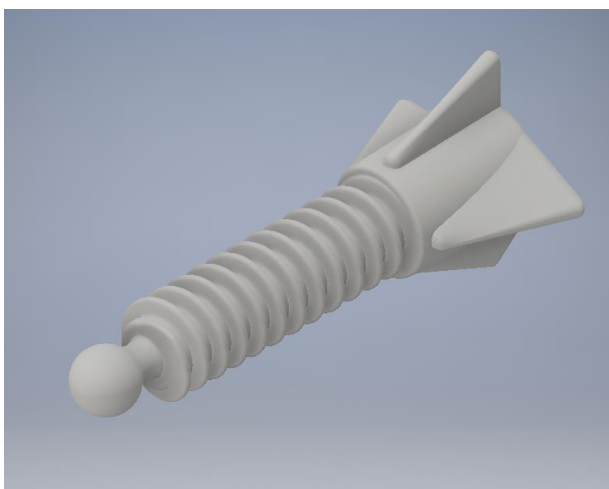
Princip rada mSLA 3D štampe se sastoji od pripreme digitalnog 3D modela koji se deli na tanke slojeve pomoću softvera, zatim sipanje rezina u posudu štampača koja očvršćava pod uticajem svetlosti, koju emituje projektor u obliku sloja modela na površinu smole, očvršćavajući je u željenom obliku i na kraju dolazi do formiranja objekta tako što se platforma pomera po Z osi. Nakon formiranja jednog sloja, omogućavajući formiranje narednog sloja dok se objekat ne završi.

U radu je prikazan postupak izrade delova najpre 3D geometrijskog modela pomoću programa AutoDesk Inventor Professional 2016, a zatim je izvršena priprema za izradu i generisanje programskog G koda za izradu prototipa korišćenjem softvera Anycubic Photon Workshop. Vizuelni pregled sklopa je pokazao da su ispunjeni projektni zahtevi. Predstavljena je i upotreba 3D štampe, kao aditivne tehnologije za izradu prototipa pomenutih zavrtnja.

2. IZRADA 3D MODELA

Proces modeliranja rezultira stvaranjem 3D modela, poznatog i kao prototip. Ovaj 3D model se formira kroz niz aktivnosti usmerenih ka kreiranju stvarnog sistema, što čini osnovu virtuelnog razvoja proizvoda.

Prilikom izrade 3D modela, procesom modeliranja dobijaju se podaci o proizvodu što predstavlja osnovu za razvoj virtuelnog razvoja proizvoda [2]. 3D virtuelni model izrađen je u softverskom paketu Autodesk Inventor Professional 2016. Ovaj softverski paket omogućava izradu prototipa bez fizičke izrade ili fizičkog testiranja, i promenu dimenzija i oblika, bez izrade novog modela. Kod izrade 3D modela, ovaj softver poseduje alate kako bi definisali geometriju, pored toga uključuje parametarski dizajn okruženja za razvoj proizvoda na konceptualnom nivou (skica) i kinematike delova kao i sklopova. Sam program pored izrade prototipa, daje mogućnost i izrade tehničke dokumentacije. 3D virtuelni model zavrtnja prikazan je na slici 1.



Slika 1. 3d model zavrtnja.

Virtuelni model zavrtnja prikazanog na slici za dalji rad treba konvertovati u STL. fajl format upotrebom istog softvera kako bi se dalje procesuirao i spremio za 3D štampu. Novonastali STL. fajl ubacuje se u AnycubicPhotonWorkshop i vrši priprema za štampu.

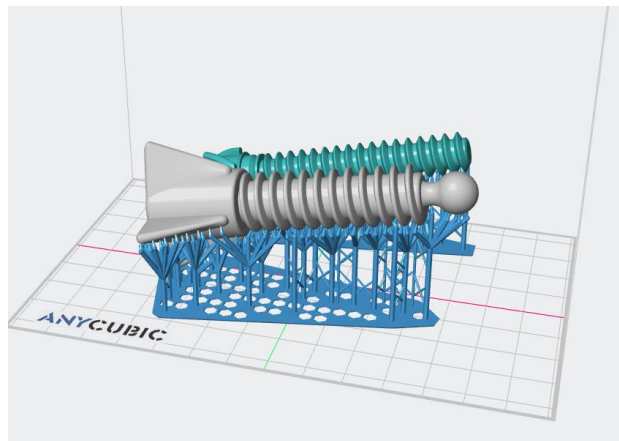
3. 3D ŠTAMPA MODELA

3D štampa omogućuje kreiranje raznovrsnih oblika bez upotrebe kalupa, koristeći samo potreban materijal. Ova tehnologija se razlikuje od konvencionalnih obradnih tehnologija jer ne zahteva upotrebu dodatnih alata, gde se samim tim dobija visok nivo fleksibilnosti u procesu proizvodnje [3].

Fizički objekat se formira dodavanjem slojeva materijala jedan po jedan, gde se svaki sloj sastoji od tečne smole koja se nanosi na radnu površinu. Nakon toga, sloj se izlaže ultravioletnom (UV) svetlu koje precizno definiše njegov oblik i učvršćuje smolu. Proces se ponavlja za svaki sledeći sloj, dok se radna površina spušta za visinu jednog sloja. Tečna smola se čuva u rezervoaru iznad ogledala, dok digitalni projektor osvetljava ogledalo koje reflektuje svetlost kroz sočivo na radnu površinu. Svetlost čini da smola postane čvrsta u obliku definisanom projektovanim slojem, a postupak se ponavlja sve dok se ne završi ceo objekat.

Ova metoda 3D štampe se izdvaja zbog svoje visoke preciznosti, odličnog kvaliteta površine, efikasne potrošnje energije i sposobnosti proizvodnje složenih oblika, posebno sitnih delova. Pored toga, proces ne zahteva skupu opremu i materijale. Kao i u drugim procesima obrade, prvi korak u proizvodnji proizvoda je izbor materijala, a u ovom slučaju korišćena je tečna smola bele boje (Anycubic standard resin). Ova smola ima nizak viskozitet, što omogućava veliku fluidnost i kraće vreme ekspozicije tokom štampe, što zauzvrat povećava brzinu procesa. Performanse 3D modela štampanih ovom smolom su stabilne, a prototipovi nisu krivi i manje su skloni pucanju. U mSLA 3D štampi postoji mnogo vrsta materijala, a tečna fotopolimerna smola se stvrdnjava kada je izložena svetlosti određene talasne dužine, obično 405 nm. [4]

Pre nego što počne štampanje, izvorni .ipt fajl mora se konvertovati u .STL format, što omogućava štampanje. Nakon konverzije 3D modela u STL formatu se uvozi u specijalizovani softver, u ovom slučaju to je Photon Workshop, koji zatim generiše G kod. Ovaj G kod sadrži detaljne instrukcije o svakom koraku izrade, uključujući način štampe, poziciju objekta i druge važne parametre. Pre nego što štampač počne rad, važno je postaviti parametre, koji zavise od dimenzija CAD modela i vrste korišćenog materijala.



Slika 2. Prikaz delova u softveru PhotonWorkshop.

Na slici 2 prikazan je specijalizovani softver Photon Workshop, u kojem se uvozi prethodno konvertovani .STL fajl. U ovom softveru, model se može postaviti u različite pozicije, a korisnik sam bira optimalnu poziciju objekta za štampanje. Na osnovu odabrane pozicije, softver automatski generiše G kod. Takođe, softver dodaje i noseću strukturu (engl. Support), koja služi kao pomoćna potpora tokom štampe kako bi objekat bio čvršći i precizniji. Ova struktura je dizajnirana sa malom gustinom materijala, čime omogućava da se lako ukloni mehaničkim putem nakon završetka štampe.

Za izradu delova je korišćen štampač Anycubic PhotonMono 2 na kome je preko USB-a prebačen fajl za štampu. Vreme izrade delova je 2 sata i 24 minuta, uz potrošnju 36,243 ml materijala, standardnog rezina bele boje, a bilo je potrebno 879 slojeva kako bi se dobio finalni deo.

Na slici 4 su prikazani delovi na platformi nakon završene 3D štampe.

Nakon što štampa završi, platforma se podiže iz rezervoara, a višak smole se uklanja. Model se zatim skida sa radne ploče a preostala smola se skida pomoću izopropil

alkohola u mašini Anycubic Wash and Cure. Nakon pranja, model se stavlja u istu mašinu, ali u UV pećnicu, gde se vrši konačno očvršćavanje, Slika 5. Ovaj proces očvršćavanja omogućava modelima da postignu maksimalnu čvrstoću i stabilnost. Na kraju, potrebno je izvršiti postprocesiranje u vidu uklanjanja nosećih struktura koje su bile korišćene tokom štampe.

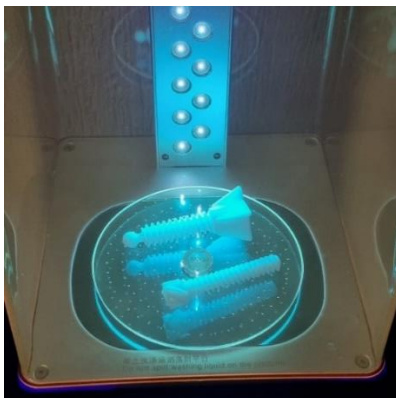
The screenshot shows the 'Edit Resin' interface with the following parameters:

Information			
Resin Name	Custom_1	Resin Volume(ml)	1000.000
Resin Type	Standard Resin+	Resin Price	0.000 \$
Slice Parameter			
Layers Thickness(mm)	0.050	Control Type	Basic
Normal Exposure Time(s)	2.500	Z Lift Distance(mm)	6.000
Off Time(s)	0.500	Z Lift Speed(mm/s)	4.000
Bottom Exposure Time(s)	20.000	Z Retract Speed(mm/s)	6.000
Bottom Layers	5		
Anti-alias	1		
Use Random Erode Shell	<input type="checkbox"/>		

Slika 3. Prikaz parametara štampe.



Slika 4. Delovi nakon završetka štampe.



Slika 5. Proces UV zračenja.

4. ZAKLJUČAK

Današnji softverski paketi omogućavaju dizajniranje virtualnih modela proizvoda, dok aditivne tehnologije omogućavaju brzu izradu prototipova. Prednost mSLA štampe je njena sposobnost da pruži visok nivo preciznosti i detalja, što je posebno korisno za male i složene geometrije. Ova tehnologija se često koristi za izradu prototipova i proizvodnju delova sa složenim dizajnom. Zbog svoje visoke rezolucije i relativno malih vremena štampe, mSLA štampa se koristi u mnogim industrijama. Iako 3D štampanje omogućava brzu proizvodnju prototipova koji se direktno kreiraju u digitalnom okruženju, njegov glavni nedostatak je visoka cena u serijskoj proizvodnji.

U radu je dat postupak i process izrade zavrtnja pomoću mSLA tehnologije 3D štampe. Da bi postupak bio završen bilo je potrebno da se uradi 3D model dela, u ovom slučaju pomoću Autodesk Inventora, zatim izveze u obliku STL fajla koji koristimo da bismo u softveru Photon Workshop dobili G kod u kom se nalaze svi potrebni podaci za štampu. Ubacivanjem novonastalog fajla u 3D štampač i pokretanjem štampe, posle 2 sata i 24 minuta dobili smo gotove delove koje smo oprali izopropil alkoholom i osvetlili UV svetlom sa ciljem poboljšanja karakteristika.

Ovaj postupak pokazao se kao veoma dobar za izradu ovakvih delova.

LITERATURA

- [1] M. Trajanović, N. Grujović, J. Milovanović, V. Milivojević, (2008), Računarski podržane brze proizvodne tehnologije, Mašinski fakultet u Kragujevcu, Centar za informacione tehnologije.
- [2] G. Jović, M. Pavlović, "Primena 3D skenera prilikom određivanja odstupanja solid modela od odštampanog modela", Zbornik radova Akadmeija tehničko vaspitačkih strukovnih studija Niš, pp.70-73, Decembar 2022.
- [3] G. Jović, D. Ćirić, F. Pešić, M. Ivanović, M. Mijajlović, (2023) „Influence of objects’s color and topology on precision of 3D scanning process and quality of obtained cad model“ XXII međunarodni simpozijum INFOTEH-JAHORINA 2023, doi: 10.1109/INFOTEH57020.2023.10094160.
- [4] G. Jović, M. Janković, M. Nikolić, „MANUFACTURING A FISHING CHEAT USING SLA 3D PRINTING TECHNOLOGY “ Zbornik radova Akadmeija tehničko vaspitačkih strukovnih studija Niš, pp.53-56, Decembar 2023.

PRIMENA REVERZNOG INŽENJERSTVA I 3D ŠTAMPE U OPTIMIZACIJI KONSTRUKCIJE NOSAČA NASLONA RADNE STOLICE

APPLICATION OF REVERSE ENGINEERING AND 3D PRINTING IN OPTIMIZATION OF THE DESIGN OF THE BACKREST CARRIER OF WORK CHAIR

Milan Pavlović, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Miloš Ristić, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Miloš Velojić, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Sadržaj - U ovom radu je prikazana primena reverznog inženjerstva i 3D štampe u cilju optimizacije konstrukcije nosača naslona radne stolice. Tokom eksploatacije radne stolice, došlo je do trajnog oštećenja nosača, te je izvršena analiza kako bi se identifikovali uzroci oštećenja. Analizom je utvrđeno da popravka nosača nije moguća. Izvršeno je merenje dimenzija nosača kako bi se izradio 3D model u softverskom paketu SolidWorks, uz optimizaciju konstrukcije promenom određenih dimenzija i dodavanjem zaobljenja i ojačanja. Nosač je izrađen tehnologijom 3D štampe, nakon čega je montiran i testiran u eksploatacionim uslovima. Testiranje je obuhvatilo test opterećenja naslona, dinamičke testove i vizuelni pregled nosača. Rezultati testova su pokazali da na izrađenom nosaču ne postoje oštećenja u vidu pukotina, loma niti odvajanja delova nosača, što pokazuje da je unapređenje proizvoda kroz optimizaciju konstrukcije uz odabir odgovarajuće tehnologije izrade dalo zadovoljavajuće rezultate.

Ključne reči: *Reverzno inženjerstvo. 3D štampa. Optimizacija. Konstrukcija.*

Abstract - This paper presents the application of reverse engineering and 3D printing in order to optimize the design of the backrest carrier of the work chair. During the operation of the work chair, the carrier was permanently damaged, and it was analyzed in order to identify the causes of the damage. The analysis determined that the repair of the carrier is not possible. The dimensions of the supports were measured in order to create a 3D model in the SolidWorks software package, while optimizing the design by changing certain dimensions and adding rounding and reinforcement. The carrier was made using 3D printing technology, after which it was assembled and tested in operational conditions. The testing included a load test of the backrest, dynamic tests and a visual inspection of the carrier. The results of the tests showed that there is no damage in the form of cracks, breaks or separation of the carrier, which shows that the improvement of the product through the optimization of the design with the selection of the appropriate manufacturing technology gave satisfactory results.

Keywords: *Reverse engineering. 3D printing. Optimization. Design.*

1. UVOD

Reverzno inženjerstvo i Industrija 4.0 predstavljaju važne elemente savremenog pristupa projektovanju, razvoju i unapređenju proizvoda. Iako se obično koristi u procesu razvoja proizvoda, reverzno inženjerstvo nalazi primenu i u proizvodnji i održavanju, ekstrahujući podatke iz fizičkih objekata ili sistema i pretvarajući ih u digitalne formate [1]. Reverzno inženjerstvo omogućava analizu postojećeg proizvoda sa ciljem razumevanja njegovog izgleda, funkcionalnosti i korišćenih tehnologija za izradu proizvoda [1]. Ovo je posebno značajano prilikom poboljšanja postojećih proizvoda jer pored dobijanja digitalnog modela originalnog proizvoda, ova tehnika omogućava identifikaciju slabih tačaka u konstrukciji proizvoda. To dalje vodi ka generisanju mogućnosti za poboljšanja, kako bi se postojeći proizvod unapredio.

Industrija 4.0 se bazira na primeni digitalnih tehnologija i automatizacije, omogućavajući viši nivo fleksibilnosti i produktivnosti u odnosu na konvencionalne metode. U kontekstu razvoja proizvoda, primena 3D štampe u kombinaciji sa reverznim inženjerstvom i tehnologijama Industrije 4.0 donosi značajne prednosti. Tehnologija 3D štampe omogućava brzu i ekonomičnu proizvodnju prototipa i finalnih proizvoda, što je od ključnog značaja za proces razvoja proizvoda i pojedinačnu proizvodnju. Dok konvencionalne metode kao što je tehnologija prerade plastičnih masa brizganjem, zahtevaju više vremena i resursa, tehnologija 3D štampe omogućava fleksibilniju i pristupačniju izradu, posebno u ranim fazama razvoja proizvoda [2]. Implementacija Industrije 4.0 uz primenu reverznog inženjerstva i 3D štampe doprinosi stvaranju pametnih fabrika koje se brzo prilagođavaju tržišnim zahtevima i unapređuju proces inovacija.

U ovom radu je prikazana primena reverznog inženjerstva i 3D štampe za optimizaciju konstrukcije nosača naslona radne stolice. S obzirom da je došlo do trajnog oštećenja nosača naslona radne stolice, izvršena je analiza originalne konstrukcije radi identifikacije uzorka oštećenja i zaključeno da se isti ne može popraviti. Stoga se pristupilo izradi 3D modela u softverskom paketu SolidWorks, pri čemu je izvršena optimizacija konstrukcije promenom određenih dimenzija i dodavanjem zaobljenja i ojačanja. Za izradu finalnog proizvoda nosača, korišćena je FDM tehnologija 3D štampe. Zatim je izvršena montaža finalnog proizvoda nosača i njegovo testiranje u eksploatacionim uslovima.

2. ANALIZA OŠTEĆENJA NOSAČA

Radna stolica predstavlja sastavni deo kancelarijskog inventara i radnog prostora. Kao takva, svakodnevno se koristi tokom realizacije poslovnih aktivnosti. Međutim, radne stolice su tokom eksploatacije izložene različitim mehaničkim naprezanjima. U zavisnosti od konstrukcionog izvođenja, različiti delovi stolice su tokom statičkih i dinamičkih opterećenja podložne trajnim oštećenjima. Uzroci i mesta oštećenja značajno zavise od konstrukcije stolice, načina eksploatacije, materijala izrade i dr. Kod radnih stolica sa rukonaslonima koji su na dve strane povezane zavrtnjevima sa sedalnim delom i naslonom, česta mesta otkaza su upravo rukonasloni u predelu otvora za vijake gde vremenom dolazi do stvaranja zazora ili loma materijala usled njegovog zamora. Kod radnih stolica složenijih konstrukcija koje imaju više položaja, česta mesta otkaza su zglobovi naslona, kod kojih dolazi do stvaranja zazora i blokade pokretnih delova, kao i loma materijala usled njegovog zamora. Takođe, jedan od češćih kvarova kod radnih stolica jesu točkovi koji su konstantno opterećeni masom stolice i korisnika, kao i otporom koji se stvara tokom kretanja po različitim vrstama podloge.

Nosač naslona radne stolice model QZY-G2B (Slika 1) predstavlja deo koji spaja naslon stolice sa držačem naslona. Nosač je izrađen od materijala akrilonitril-butadien-stiren (ABS), koji je poznat po svojoj čvrstoći, otpornosti na udarce i dugotrajnosti. Ovaj materijal se često koristi u industriji nameštaja zbog svoje sposobnosti da se oblikuje u složenije oblike dok zadržava mehaničke osobine koje su neophodne za sigurnost i funkcionalnost. Nosač je izrađen tehnologijom prerade plastičnih masa brizganjem, što je opravdano sa stanovišta količine i cene pojedinačnog komada, jer se izrađuje u serijskoj proizvodnji. Veza se ostvaruje pomoću dva vijaka koji spajaju naslon, nosač i držač naslona, sprečavajući pomeranje naslona stolice u svim pravcima.



Slika 1. „QZY-G2B“ – model radne stolice [3].

Trajno oštećenje nosača naslona radne stolice je nastalo usled dinamičkog oscilatornog opterećenja na desni deo

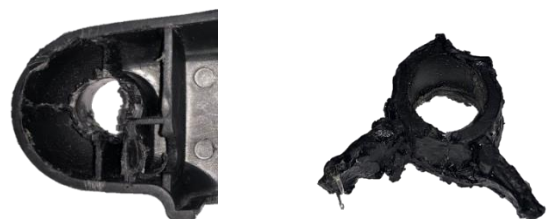
naslona stolice u dugom vremenskom periodu. Navedeno oštećenje je u obliku pukotine na kritičnoj tački nosača – oko otvora za vijak. Oštećenje je inicijalno nastalo kao pukotina malih dimenzija, ali je zbog stalnog ponavljanja dinamičkog naprezanja došlo do njenog proširenja kroz materijal nosača, sve do tačke loma. Ova vrsta oštećenja tipična je za situacije u kojima je deo ili sklop izložen silama čiji su intenziteti van projektovanih granica, zamora materijala, ali i zbog neadekvatne konstrukcije i lošeg izbora materijala proizvoda.

Mesto trajnog oštećenja, odnosno loma jeste otvor za vijak na držaču naslona radne stolice. S obzirom na konstrukciju nosača i radne stolice, otvor predstavlja mesto koncentracije napona. Analizom je utvrđeno da su nedostaci u geometriji u delu otvora za vijak uzrok loma, a zatim i odvajanja dela nosača (Slika 2). Naime, usled navedenih dinamičkih naprezanja je došlo do prenosa naprezanja na zidove otvora za vijak, a zatim i potpornih ojačanja (rebara). Međutim, usled nedovoljne debljine materijala na ovim delovima koji su mesta koncentracije napona, došlo je do tečenja materijala, zatim plastičnih deformacija, i na kraju do trajnog oštećenja (Slika 3).



Slika 2. Trajno oštećen nosač naslona radne stolice [3].

Oštri uglovi u konstrukciji nosača dodatno su doprineli koncentraciji napona, jer deluju kao fokusne tačke za naprezanje, čineći materijal podložnijim plastičnoj deformaciji i lomu. Kada se deluje silom na materijal sa oštrim uglovima, naponi se lokalno povećavaju u tim oblastima, što značajno smanjuje otpornost materijala na savijanje, smicanje i druge vrste naprezanja. Pojava oštrog uglova bez zaobljenja je posledica neadekvatnog projektovanja i nedostataka tehnologije kojom je nosač izrađen.



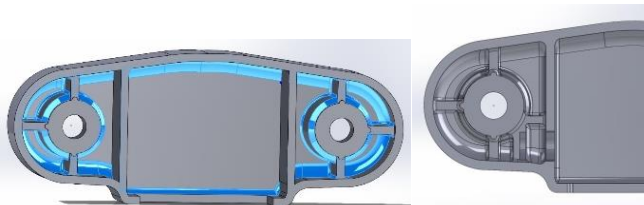
Slika 3. Detalj oštećenja naslona (levo), odvojeni deo nosača (desno) [3].

3. IZRADA 3D MODELA NOSAČA

Rezultati analize su pokazali uzroke trajnog oštećenja nosača naslona radne stolice. Analizom rezultata i vizuelnim pregledom nosača, utvrđeno je da isti ne može biti popravljen jer je došlo do loma i odvajanja jednog dela nosača (Slika 3 (desno)). Pored toga, rezultati analize su pokazali da postoje i nedostaci u geometriji nosača u vidu male debljine materijala u ključnim delovima nosača, kao i nedostatak zaobljenih ivica koje bi uticale na naponsko stanje. Stoga, zaključeno je da je potrebno izraditi nosač koji treba biti poboljšani proizvod sa većom debljinom materijala, poboljšanom geometrijom i

dodatnim ojačanjima u delovima koji će tokom eksploatacije biti izloženi statičkim i dinamičkim naprezanjima.

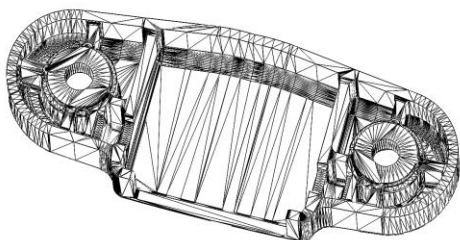
Prva faza u izradi nosača je merenje svih dimenzija postojećeg nosača u cilju kreiranja 3D modela postojećeg proizvoda. Korišćenjem odgovarajućih merila (merna traka, kljunasto pomično merilo i dr.) izvršeno je merenje i kreiran je 3D model nosača u softverskom paketu SolidWorks. U drugoj fazi je izvršeno unapređenje proizvoda izmenom debljine materijala na zidovima otvora za vijke, rebara, kao i dodavanje zaobljenih ivica na ključnim delovima spajanja površina (Slika 4).



Slika 4. 3D model unapređenog nosača: sa naglašenim zaobljenim ivicama (levo), detalj (desno) [3].

4. IZRADA NOSAČA TEHNOLOGIJOM 3D ŠTAMPE

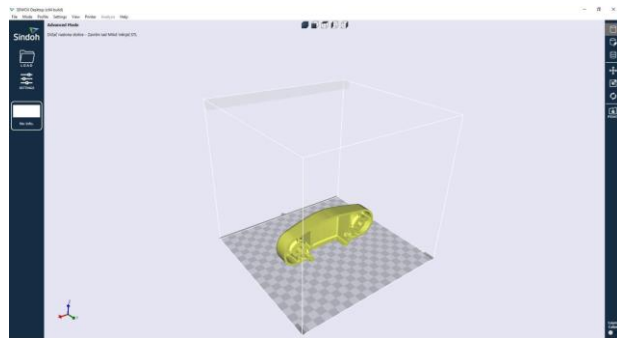
U trećoj fazi izrade nosača je izabrana tehnologija 3D štampe za izradu finalnog proizvoda. Iako je nosač izrađen tehnologijom prerade plastičnih masa brizganjem, za tu tehnologiju je potrebna izrada kalupa, što je u pogledu cene i potrebnog vremena ekonomski neopravdano za pojedinačne proizvode. 3D štampa omogućava izradu proizvoda direktno iz digitalnog 3D modela, a FDM tehnologija (engl. Fused Deposition Modeling) omogućava nisku cenu izrade pojedinačnog komada proizvoda [4]. Sa druge strane, ova tehnologija pruža mogućnost da se u relativno kratkom vremenskom periodu izradi finalni proizvod i izvrši funkcionalno testiranje kompletnog sklopa [5, 6]. Tokom pripreme za izradu nosača, izvršena je konverzija 3D modela u .STL format fajla putem CAD-STL interfejsa koji je integralni deo softverskog paketa SolidWorks. Tokom konverzije u fazi triangulacije, kreirano je 52652 trouglova kako bi se površine modela aproksimirale (Slika 5).



Slika 5. Kreiranje STL fajla putem CAD-STL interfejsa.

Zatim, STL fajl je uvezen u softver 3DWox, kako bi se odredila orijentacija modela, izabrao materijal, podesili parametri izrade, noseće konstrukcije i generisao programski kod za izradu nosača. S obzirom na pravac naprežanja tokom eksploatacije, izabrana je takva orijentacija modela koja obezbeđuje sprečavanje pojave raslojavanja i pukotina tokom eksploatacije (Slika 6) [7]. Tokom odabira orijentacije, potrošnja materijala i estetski izgled proizvoda nisu bili primarni parametri. Izabrani materijal je PLA (polilaktid, engl. *Polylactic Acid*), biorazgradivi termoplastični alifatski poliester proizveden od obnovljivih biljnih resursa [5, 6].

Shodno mehaničkim karakteristikama materijala - gustina 1.24 g/cm^3 , zatezna čvrstoća oko 60 MPa, podešena je popunjenost od 100% i izrada sa nosećom konstrukcijom [8].



Slika 6. Podešavanje parametara izrade 3D štampom u softveru 3D Wox [3].

Nakon podešavanja svih parametara, generisan je programski kod za izradu na 3D štampaču Sindoh DP200. Estimirano vreme izrade nosača je 11 sati i 15 minuta, sa potrošnjom od 116,6 grama materijala PLA dužine 39 metara.

Na izrađenom delu su bile prisutne noseće konstrukcije radi postizanja bolje tačnosti geometrije i dimenzija. U postupku postprocesiranja nosača, noseće konstrukcije su mehanički uklonjene i time je dobijen finalni proizvod (Slike 7 i 8). Vizuelnom kontrolom, a zatim i kontrolnim merenjem debljine materijala, prečnika otvora za vijke i dimenzija nosača, utvrđeno je da je nosač izrađen u skladu sa kreiranim 3D modelom.



Slika 7. Nosač naslona radne stolice – pogled sa zadnje strane [3].



Slika 8. Nosač naslona radne stolice – pogled sa prednje strane [3].

5. MONTAŽA I TESTIRANJE

Faza 4 je obuhvatala montažu izrađenog nosača na radnu stolicu i njegovo testiranje u eksploatacionim uslovima. Nosač naslona je montiran na držač naslona (Slika 9), koji je sa druge strane spojen sa sedalnim delom stolice. Zatim je izvršeno pozicioniranje naslona uz nosač naslona stolice tako da se otvori na nosaču poklope sa otvorima na naslonu. Nakon što je naslon pozicioniran, kroz otvore nosača naslona postavljeni su vijci, koji su zavrnuti u naslon. Time je proces montaže završen. Pozicija nosača naslona radne stolice nakon montaže je prikazana na slici 10.



Slika 9. Nosač naslona radne stolice – pogled sa prednje strane [3].



Slika 10. Pozicija nosača naslona radne stolice [3].

Testiranje stolice je izvršeno sa ciljem utvrđivanja stabilnosti, izdržljivost i sigurnosti kompletnog sklopa u eksploatacionim uslovima. Testove je vršio korisnik telesne mase od 70 kg, i obuhvatili su:

1. test opterećenja naslona. Opterećivanjem naslona u različitim pozicijama sedenja i naslanjanja, simulirana je svakodnevna upotreba stolice kako bi se utvrdilo ponašanje nosača pri uobičajenim i ekstremnim opterećenjima. Test je obuhvatio postavljanje korisnika u određeni položaj, pri čemu su njegova leđa bila u kontaktu sa naslonom stolice i petominutno zadržavanje u tom položaju.
2. Dinamički testovi: Stolica je podvrgnuta dinamičkim opterećenjima koja simuliraju svakodnevne pokrete korisnika. Tokom testova, korisnik se “navaljivao” na naslon stolice različitim intenzitetima i u različitim pozicijama, uključujući i nagle pokrete i kontakt sa naslonom.
3. Vizuelni pregled nosača: Nakon završetka svih testova, izvršen je detaljni vizuelni pregled nosača naslona, kako bi se utvrdilo da li postoji oštećenje i u kojoj meri.

Rezultati testova su pokazali da ne postoji oštećenje nosača u vidu pukotina, loma niti odvajanja delova nosača. Testiranje je realizovano u eksploatacionim uslovima, a rezultati su pokazali da nosač naslona može izdržati svakodnevna opterećenja. Stoga, zaključuje se da je unapređenje nosača izvršeno u skladu sa potrebama korisnika, te je kompletan sklop radne stolice pouzdan, stabilan i spreman za redovnu upotrebu.

6. ZAKLJUČAK

Radne stolice predstavljaju jedan od ključnih delova kancelarijskog nameštaja. Kao neizostavni deo radnog prostora, svakodnevno su u upotrebi tokom realizacije poslovnih aktivnosti. Međutim, često su tokom eksploatacije

izložene mehaničkim naprezanjima, te dolazi do oštećenja i loma delova čime upotreba stolice nije više moguća.

U radu je prikazana primena kombinacije reverznog inženjerstva i FDM tehnologije 3D štampe u cilju optimizacije konstrukcije nosača naslona radne stolice. Trajno oštećenje nosača je nastalo tokom eksploatacije stolice, usled dinamičkog oscilatornog opterećenja na desni deo naslona. Naslon je bio izložen navedenom opterećenju u dugom vremenskom periodu, te je došlo do pojave pukotine na kritičnoj tački nosača – oko otvora za vijak. Oštećenje u vidu pukotine se tokom dalje eksploatacije širilo, te je došlo do loma dela naslona, čime radna stolice više nije bila u upotrebi. Analizom nosača je utvrđeno da nosač nije moguće popraviti. Takođe, utvrđeni su i uzroci oštećenja u vidu nedostataka u dizajnu. Na osnovu izmerenih dimenzija nosača, kreiran je 3D model uz optimizaciju konstrukcije promenom određenih dimenzija i dodavanjem zaobljenja i ojačanja. Zatim je nosač izrađen FDM tehnologijom 3D štampe, nakon čega je izvršeno testiranje u eksploatacionim uslovima. Rezultati testova su pokazali da je unapređenje nosača kroz optimizaciju konstrukcije uz odabir odgovarajuće tehnologije izrade dalo zadovoljavajuće rezultate jer ne postoje oštećenja u vidu pukotina, loma niti odvajanja delova nosača.

LITERATURA

- [1] W. Wang, *Reverse Engineering Technology of Reinvention*, New York: CRC Press Taylor & Francis Group 2011.
- [2] A. Gilchrist, *Industry 4.0 The Industrial Internet of Things*, Apress Berkeley, CA 2016.
- [3] M. Velojić, *Razvoj i izrada nosača radne stolice*, Master završni rad, 2024.
- [4] M. Montez, K. Willis, H. Rendler, C. Marshall, E. Rubio, D. K. Rajak, Md H. Rahman, P. L. Menezes, “5 -Fused deposition modeling (FDM): processes, material properties, and applications”, *Tribology of Additively Manufactured Materials Fundamentals, Modeling, and Applications, Elsevier Series on Tribology and Surface Engineering*, pp. 137-163, 2022.
- [5] A. Vučina, M. Obad, N. Rašović, *Dizajn proizvoda predviđenih za proizvodnju aditivnim tehnologijama*, Sveučilište u Mostaru, 2015.
- [6] S. Wickramasinghe, T. Do, P. Tranm, “FDM-Based 3D Printing of Polymer and Associated Composite: A Review on Mechanical Properties, Defects and Treatments”, *Polymers*, vol. 12, no. 7, pp. 1-42, 2020.
- [7] M. Pavlović, S. Stošović, M. Ristić, "Određivanje optimalne orijentacije modela za tehnologiju 3D štampe: primer poklopca kućišta", *Zbornik radova Akademije tehničko-vaspitačkih strukovnih studija*, 2020. god., str. 33-36.
- [8] S. Prajapati, J. K. Sharma, S. Kumar, S. Pandey, M. Kumar Pandey, “A review on comparison of physical and mechanical properties of PLA, ABS, TPU, and PETG manufactured engineering components by using fused deposition modelling”, *Materials Today: Proceedings*, 2024.

UTICAJ RAZGRADNJE POLIMERA U ZAVISNOSTI OD NJIHOVIH FIZIČKO-HEMIJSKIH OSOBINA

POLYMERS DEGRADATION IN DEPENDING ON THEIR PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

Slobodan Stefanović, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Vranje, Filipa Filipovića 20, Vranje.*

Dragana Trajković, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Vranje, Filipa Filipovića 20, Vranje.*

Sadržaj - U ovom radu opisane su neke loše strane korišćenja plastičnih masa. Plastične mase po svojim osobinama mogu da nadmaše papir, drvo, kožu, staklo, metale. To je omogućilo široku primenu plastičnih masa u svim domenima ljudske delatnosti. Dobre karakteristike plastike poput male specifične težine oko 1g/cm^3 , dobra otpornost na udar, slabija apsorpcija vode, otpornost prema hemijskim agensima, ne korodiraju, odlični su izolatori toplote, zvuka i elektriciteta, netoksični su za normalne uslove rada, itd. Jedna od glavnih stavki očuvanja ekološke prirodne ravnoteže predstavlja pravilno rukovanje plastičnim otpadom. S obzirom da je prirodna razgradnja plastičnih masa jako duga i može da traje od sto do hiljadu godina, neophodno je naći način njihove brze razgradnje. Prirodni mikroorganizmi mogu da razgrade određene grupe plastike. Drugi način je paljenje otpada, zatim reciklaža i degradacija plastičnih masa. Koji će od navedenih načina biti u funkciji, zavisi od vrste i sastava plastične mase. Lek za smanjenje potrošnje je cirkularna ekonomija, tj. popravke i ponovne upotrebe i sortiranje otpada od samih građana.

Ključne reči: Reciklaža. Plastične mase. Ekologija.

Abstract - One of the main points of preserving the ecological natural balance is the proper handling of plastic waste. Plastics can surpass paper, wood, leather, glass, and metals, which enabled the wide application of plastics in all domains of human activity. Good characteristics of plastic such as low specific gravity of about 1g/cm^3 , good impact resistance, weaker water absorption, resistance to chemical agents, do not corrode, are excellent insulators of heat, sound and electricity, are non-toxic under normal working conditions, etc. The natural decomposition of plastics is very long and can last from a hundred to a thousand years, it is necessary to find a way to quickly decompose them. Natural microorganisms can decompose certain groups of plastics. Another way is to burn waste, then recycle and degrade plastics. Which of the above methods will be in operation depends on the type and composition of the plastic. The circular economy, repairs and reuse and sorting waste by the citizens help for reducing environmental degradation problems.

Keywords: Recycling. Plastic waste. Ecology.

1. UVOD

Sa porastom primene plastične mase, (dvadeset puta više od 1960. godine), u industriji, građevinarstvu, poljoprivredi, ambalaži, itd., javlja se problem odbačene plastične mase koji po proceni iznosi blizu 53 000 tona u Srbiji ili 28 kg po osobi.

Velika količina plastičnog otpada remeti ekološku ravnotežu jer polimerni otpadi predstavljaju najteže rešiv problem. Otpad od plastičnih masa zbog velike toplotne moći (približno $10\,000\text{ Kcal/kg}$) i visokih sadržaja osnovnih petrohemijskih sirovina (metana, etana, propena, butena, benzola, ciklopentena, itd.) predstavlja ekološki problem zbog dugog vremenskog perioda razlaganja i toksičnog sadržaja koji nastaje pri sagorevanju i degradaciji plastične mase.

2. RECIKLAŽA I DEGRADACIJA POLIMERA

Plastika se razgrađuje pod uticajem toplotne, hemijske, energije zračenjem. Može se regenerisati i koristiti kao

reciklažna plastika lošijeg kvaliteta. Razgradnjom se dobijaju tečna i gasovita goriva, petrohemijske sirovine i hlorovodonične kiseline. Glavni izvor polimernog otpada prema istraživanjima je ambalaža, zatim industrijski otpad, aparati za domaćinstvo, igračke, obuća, aparati, sledi transport, novi artikli, žice i kablovi, konstrukcije.

Tabela I Procenat otpada plastičnih masa

Vrsta poliamida	Miliona[kg]	Otpad [%]
Poliolefini	1911	66,9
Stirol polimeri	450	15,7
PVC	496	17,4
Vrsta poliamida	Miliona[kg]	Otpad [%]
Poliolefini	3296	66,1
Stirol polimeri	829	16,6
PVC	864	17,3
Vrsta poliamida	Miliona[kg]	Otpad [%]
Poliolefini	5383	66
Stirol polimeri	1416	17,7
PVC	1330	16,3

Najveći procenat otpadnih plastičnih masa, više od 60%, čini ambalaža za pakovanje. Dominantnu ulogu u otpadu imaju poliolefini.

Polimerni otpad koji se reciklira može se podeliti u tri kategorije:

- 1) Sagorevanje – polimerni otpad sagoreva u pećima i dobija se toplotna energija i otpad čađ i šljaka. Zapremina otpada se smanjuje od 70 do 80%, a težina od 60 do 80%. Plastične mase koje imaju ugljenik i vodonik, oksidiraju do ugljendioksida i vode. Zagrevanjem otpad omekšava, dok na temperaturama od 150 - 200°C plastični otpad postaje fluid. S obzirom na to su razne plastične mase izmešane pri sagorevanju, dolazi do oslobađanja velike kalorijske vrednosti toplote i sagorevanje je jednostavno. Loše kod sagorevanja je zagađenje vazduha i vode, dobijanje hlorovodonične kiseline, pojava visoke temperature.
- 2) Metod regeneracije – plastični otpad se ponovo topi i koristi kao visoko polimerni material ili se pretvara u prah i ponovo topi da bi se dalje koristio. Metod nema prethodnu pripremu, nema sekundarnog zagađenja, a proizvodi dobijeni od reciklirane plastike imaju svoja ograničenja, dok je škart čist otpad.
- 3) Metod degradacije – plastični otpad se razgrađuje i dobijaju se energetske ili petrohemijske sirovine od koje je napravljen. Otpad se koristi bez zagađenja, a sam process može biti složen i skup. Kidanje polimernog lanca vrši se pomoću: toplotne, hemijske, biološke i energije zračenja.

Sagorevanjem plastičnog otpada oslobađa se veća količina toplote od gradskog otpada. Kalorijska vrednost sagorevanja gradskog otpada iznosi 700 do 2000 Kcal/kg, kod polietilena 11 080 Kcal/ kg.

3. EKOLOŠKE PROMENE PRI SAGOREVANJU OTPADNIH PLASTIČNIH MASA

Zavisno od oblasti primene, neophodno je izvršiti ispitivanje na svetlost i atmosferu. Ispitivanje se vrši metodom atmosferskih uslova kao i veštačkih brzih atmosferskih uslova (simulacije zračenja ksenom lampom sa filterom i orošavanjem), iste simulacije se koriste i za proveru posojanosti na svetlost. Dejstvo atmosfere se ogleda promenom boje, manjim sjajem, deformacijom, razaranjem, smanjenjem elastičnosti i čvrstoće na kidanje.

Na stanje polimera znatno utiče sunce. Sunce sadrži spektar od nevidljivih UV zraka i nevidljivih infracrvenih zračenja. Globalno zračenje obuhvata talasne dužine od 298-830 nm i utiče na promenu boje šarenog plastičnog materijala i razlaganje plastike.

Otpad od poliolefina lako gori i razvija otrovne gasove i skloni su kapanju. Kapljice poliolefina sagorevaju nezavisno od mase.

Polistirol ima tačku topljenja od 2900°C, gori žutim plamenom na otvorenom i razvija se gust dim.

PVC otpad (od polivinil hlorida), sklon promeni boje-žučenju pod dejstvom sunca, teško gori pa se koristi sagorevanje iz drugog izvora. Pri sagorevanju PVC prvo omekša, a potom se ugljeniše. Sagorevanjem PVC otpada oslobađa se 26,27 kg hlorovodonika HCl, na 45,3 kg polimera, što izaziva koroziju u pećima, zbog čega je neophodno ubaciti uređaj za otklanjanje hlorovodonika.

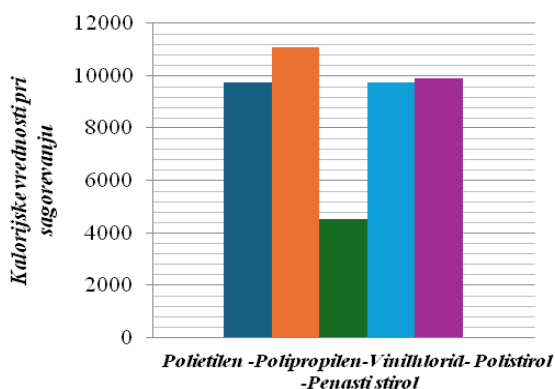
Polistiren-purpena izaziva žučenje, kidanje lanca i dolazi do degradacije, tj. razlaganja.

Polietileni i polipropilen koriste se u poljoprivredi za staklene bašte usled fotolize izaziva degradaciju materijala, tj. dovodi do hidroperoksidacije.

U gradskim sredinama vrši se sagorevanje više od 35% ukupnog otpada.

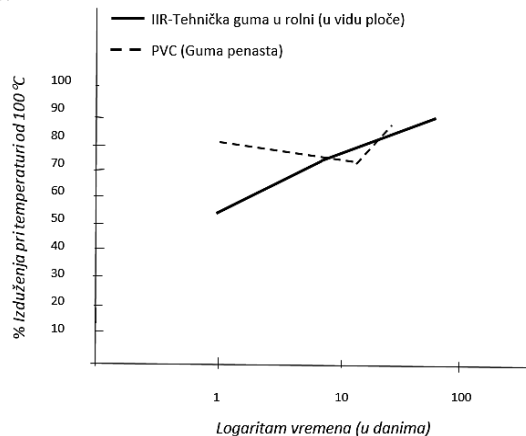
Tabela II Kalorijska vrednost pri sagorevanja raznih vrsta plastičnih masa

Vrste plastičnih masa	Kalorična vrednost pri sagorevanju (Kcal/kg)
Polietilen	11 080
Polipropilen	11 070
Vinilhlorid	4 530
Polistirol	9 750
Penastistirol	9 900



Slika 1. Zavisnost kalorijske vrednosti pri sagorvanju datih vrsta plastičnih masa.

Opasnost od plastičnog otpada obuhvata i njihovu osetljivost na UV zrake. Zavisno od molekulske strukture i aditive koje sadrže, određene vrste plastičnih masa apsorbuju UV do 320 µm. Kada se apsorbuje dovoljna količina energije, veze između ugljenika i vodonika se raskidaju i oslobađaju se radikali koji reaguju sa kiseonikom. Slobodni radikali reaguju sa kiseonikom i obrazuju perokside i hidroperokside koji se kasnije razlažu na karbonilne grupe, hidroksilne grupe, vodu i ugljen dioksid. U plastične mase koje se uspešno razgrađuju pod uticajem ultra violetnog zračenja spadaju: polietilen, polistirol, polipropilen, polibuten, polibutadien, polivinilhlorid.



Slika 2. Izduženje plastičnih masa usled starenja na temperature od 100 °C u zavisnosti od logaritma vremena datog u danima.

Razlaganje polimera se vrši i mikroorganizmima s tim što je razlaganje dugo i traje više od deset godina. Aditivi i punila imaju manju masu od polimera i predstavljaju izvor hrane mikroorganizmima, a polimerni materijal se raspada u niskomolekularna jedinjenja. Pojedini materijali poput polietilena, polipropilena, polivinil hlorida, polistirola su rezistentni na mikroorganizme.

Hidrolitička razgradnja otpada predstavlja jedan od načina da se polimeri degradiraju. Sam proces je spor. Prvi korak je da rastvarač prodire u polimer i stvara nabubreli gel. Drugi korak je da se gel razlaže i prelazi u rastvor. Rastvorljivost polimera zavisi od strukture, temperature rastvorljivosti, koncentracije rastvarača i vrste rastvarača. Na veliku nesreću, ekonomični rastvarač polimera predstavlja na žalost voda. Sam proces rastvaranja traje od 100 do 1000 godina. Plastične mase poput polivinil alkohola, hidroksipropil celuloza, rastvaraju se u vodi u potpunosti.

Sanitarnim deponovanjem obezbeđuje se lako rukovanje otpadom, može doći do bio razgradnje. Loše strane sanitarnog deponovanja polimernog otpada je zagađenje vode i zemljišta.

4. ZAKLJUČAK

Razgradnja plastičnih masa zavisi od fizičko-hemijskog sastava. Usled razlaganja radikali se vezuju sa kiseonikom i obrazuju perokside i hidroperokside koji se kasnije razlažu na

karbonilne grupe, hidroksilne grupe, vodu i ugljendioksid, što loše utiče na ekološku sredinu. Mikroorganizmi delimično razlažu plastične mase, koristeći ih, zavisno od sastava kao hranu.

LITERATURA

- [1] S. Dev i R. Srivastava, „Optimization of fused deposition modeling (FDM) process parameters for flexural strength“, Mater. Today Proc., sv. 44, str. 3012–3016, 2021, doi: 10.1016/j.matpr.2021.02.436.
- [2] K. Park, G. Kim, H. No, H. W. Jeon, i G. E. O. Kremer, „Identification of optimal process parameter settings based on manufacturing performance for fused filament fabrication of CFR-PEEK“, Appl. Sci., sv. 10, izd. 13, str. 1–23, 2020, doi: 10.3390/app10134630.
- [3] Državna recizorska institucija, „Izveštaj o reviziji vrsishodnosti poslovanja - Upravljanje plastičnim otpadom“, Broj: 400-743/2020-04/48, Beograd, 14. decembar 2020. godine .
- [4] Zakon o postupanju sa otpadnim materijama ("Sl. glasnik RS" br. 25/96).

MODELOVANJE EKSPRESIJE GENA PRIMENOM MATLAB-A GENE EXPRESSION MODELING USING MATLAB

Nataša Savić, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Dragan Jovčev, *Biološki fakultet, Univerzitet u Beogradu*

Miloš Nikolić, *Organizacija za popularizaciju bioloških nauka 'Biologijakp'.*

Lazar Bosić, *Organizacija za popularizaciju bioloških nauka 'Biologijakp'.*

Sadržaj - U ovom radu prikazan je matematički model ekspresije gena. Za model su korišćene obične diferencijalne jednačine. Primenom MATLAB-a uz korišćenje Symbolic toolbox-a određeno je analitičko rešenje modela. Na osnovu matematičkog modela kreiran je Simulink model. Rešenja su prikazana i grafički.

Кljučне речи: Diferencijalne jednačine. Ekspresija gena. Matlab. Simulink. Simulacioni model.

Abstract - This paper presents a mathematical model of gene expression. The model is based on ordinary differential equations. Using MATLAB with the Symbolic Toolbox, an analytical solution to the model was determined. A Simulink model was created based on the mathematical model. The solutions are also presented graphically.

Keywords: Differential equations. Gene expression. Matlab. Simulink. Simulation model.

1. UVOD

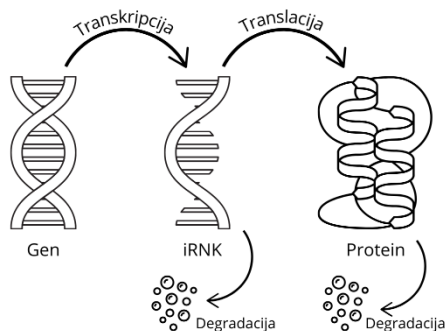
Biološki sistemi su izuzetno složeni, te se za potrebe njihovog proučavanja pribegava značajnom pojednostavljivanju kroz izradu različitih modela [1]. Modeli predstavljaju pojednostavljenje stvarnosti i dizajnirani su tako da se fokusiraju na određene aspekte predmeta proučavanja, dok se ostali apstrahuju. Višekomponentni dinamički sistemi koji se vremenski razvijaju mogu biti predstavljeni modelom diferencijalnih jednačina [2], [3]. Ovi modeli obično uključuju varijable zavisne od vremena, kao što su koncentracija proteina i *iRNK*. Modeli diferencijalnih jednačina mogu se podeliti u dve glavne grupe: 1) Modeli koji koriste obične diferencijalne jednačine (ODE) i 2) modeli koji koriste parcijalne diferencijalne jednačine (PDE). Kod mnogih modela, teško je naći analitičko rešenje, tj. eksplicitnu funkciju koja izražava rešenje, te se koriste numeričke simulacije kao glavni alat za analizu [4].

U ovom radu prikazan je matematički model koji se koristi za razumevanje dinamike sinteze proteina, uključujući procese transkripcije i translacije kao i raspad *iRNK* i proteina. Modelovanje transkripcije - translacije bazirano je na dve pretpostavke: 1) translacija je proporcionalna koncentraciji *iRNK* 2) raspad *iRNK* i proteina je prvog reda, što znači da brzina raspada zavisi od njihove trenutne koncentracije. Analitičko rešenje modela određeno je rešavanjem diferencijalnih jednačina primenom MATLAB-a tj. korišćenjem njegovog Symbolic toolbox-a. Kreiran je model sistema u Simulink-u.

Dalja organizacija rada je sledeća: U sekciji 2 opisana je ekspresija gena. Matematički model prikazan je u sekciji 3. Sekcija 4 sadrži numeričke rezultate i analizu rezultata, sekcija 5 je zaključak.

2. EKSPRESIJA GENA

Centralna dogma molekularne biologije opisuje protok genetičke informacije kroz generacije i kroz ćeliju. Gen je segment molekula *DNK* koji se transkribuje u *RNK* i koji je zasebno regulisan. Pojam ekspresije gena obuhvata procese koji omogućavaju da od gena nastane funkcionalni genski produkt (proteini ili molekuli *RNK*). Ključni procesi u ekspresiji gena su transkripcija i translacija [5]. Prema centralnoj dogmi molekularne biologije tokom transkripcije sintetišu se molekuli *RNK* koji predstavljaju kopije gena. Sintetisana *iRNK* u procesu transkripcije služi kao matrica na kojoj će se tokom translacije sintetisati proteini. Kod prokariota molekuli *iRNK* imaju kratko vreme poluraspada, koje je reda veličine od nekoliko minuta, tako da je ekspresija gena skoro u potpunosti regulisana na nivou transkripcije. Proces transkripcije i translacije su kuplovani kod prokariota, dok su kod eukariota prostorno i vremenski razdvojeni. Na slici 1 dat je šematski prikaz centralne dogme molekularne biologije. U zavisnosti od mehanizma regulacije ekspresije gena razlikuju se: 1) konstitutivno i 2) inducibilno ekspimirani geni. Konstitutivno ekspimirane gene karakteriše konstantni nivo ekspresije. Njihovi produkti su obično neophodni za održavanje osnovnih ćelijskih funkcija. Inducibilne gene karakteriše ekspresija indukovana određenim signalom iz spoljašnje ili unutrašnje sredine [6].



Slika 1. Protok genetičke informacije kroz ćeliju.

3. MATEMATIČKI MODEL EKSPRESIJE GENA

Matematički model ekspresije gena omogućava, da se na osnovu matematičkog izraza reši kako svaka vrsta biomakromolekula (*iRNK* i proteini) varira u vremenu, kao i sagledavanje kako različiti parametri utiču na dinamiku ekspresije. Ekspresija konstitutivno ekspimiranih gena kod prokariota, može se predstaviti modelom sistema diferencijalnih jednačina:

$$\begin{aligned} \frac{dy}{dt} &= k_1 - d_1 y \\ \frac{dz}{dt} &= k_2 y - d_2 z \end{aligned} \quad (1)$$

gde je sa $y = y(t)$ označena koncentracija *iRNK* molekula, a sa $z = z(t)$ koncentracija proteinskog produkta gena. Parametar k_1 zavisi od niza faktora i predstavlja brzinu sinteze *iRNK* molekula iz *DNK* u jedinici vremena. Parametar k_2 takođe zavisi od niza faktora i predstavlja brzinu sinteze proteina iz *iRNK* u jedinici vremena. Parametri d_1 i d_2 opisuju degradaciju molekula *iRNK* i proteina respektivno i predstavljaju brzinu razgradnje *iRNK* molekula u jedinici vremena, odnosno brzinu razgradnje proteinskih molekula u jedinici vremena.

Primenom MATLAB-a, određena su rešenja sistema (1).

Simboličke promenljive kreirane su pomoću naredbe *syms*. Nakon toga formirani su izrazi za sistem diferencijalnih jednačina (1). Rešenja sistema diferencijalnih jednačina dobijena su naredbom *dsolve* i dodeljena su varijablama $y(t)$ i $z(t)$. Pomoću naredbe *simplify* rešenja su uprošćena, a zatim korišćenjem naredbe *pretty* prikazana u matematičkom formatu.

```

1. syms y(t) z(t) k1 d1 k2 d2 C4 C5
2.
3. eqn1 = diff(y,t) == k1 - d1*y;
4. dsolve(eqn1)
5.
6. ode1 = diff(y) == k1 - d1*y;
7. ode2 = diff(z) == k2*((k1 - C5*exp(-d1*t))/d1)-d2*z;
8. y(t)= dsolve(ode1)
9. z(t)= dsolve(ode2)
10. yy(t)= simplify(y(t))
11. zz(t)= simplify(z(t))
12. pretty(yy(t))
13. pretty(zz(t))
14.

```

Nakon izvršenja programa dobijeno je opšte rešenje sistema jednačina (1):

1. $yy(t) = (k_1 - C_6 \exp(-d_1 t)) / d_1$
2. $zz(t) = C_7 \exp(-d_2 t) + (k_1 k_2) / (d_1 d_2) + (C_5 k_2 \exp(-d_1 t)) / (d_1 (d_1 - d_2))$
3.
$$\frac{k_1 - C_6 \exp(-d_1 t)}{d_1}$$
4.
$$C_7 \exp(-d_2 t) + \frac{k_1 k_2}{d_1 d_2} + \frac{C_5 k_2 \exp(-d_1 t)}{d_1 (d_1 - d_2)}$$

Konstante C_6 i C_7 iz opšteg rešenja mogu se izabrati tako da se analitička rešenja modela diferencijalnih jednačina mogu predstaviti u obliku:

$$\begin{aligned} y(t) &= \frac{k_1}{d_1} (1 - e^{-d_1 t}) \\ z(t) &= \frac{k_1 k_2}{d_1 d_2} \left(1 - \frac{d_1 e^{-d_2 t} - d_2 e^{-d_1 t}}{d_1 - d_2} \right) \end{aligned} \quad (2)$$

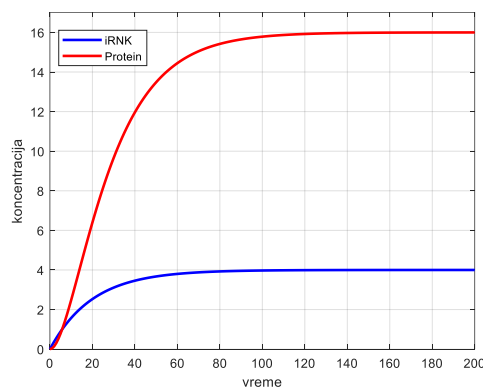
4. NUMERIČKI REZULTATI I ANALIZA

Za dalju analizu modela razmatraju su vrednosti parametara prikazane u Tabeli I.

Tabela I Parametri sinteze i razgradnje

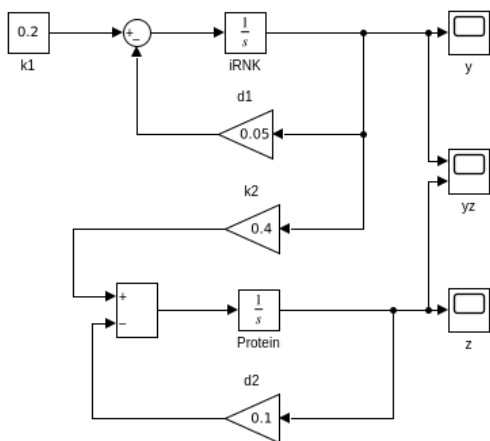
k_1	k_2	d_1	d_2
0.2	0.4	0.05	0.01

Na slici 2 je grafički prikaz rešenja (2) za vrednosti parametara iz Tabele 1.

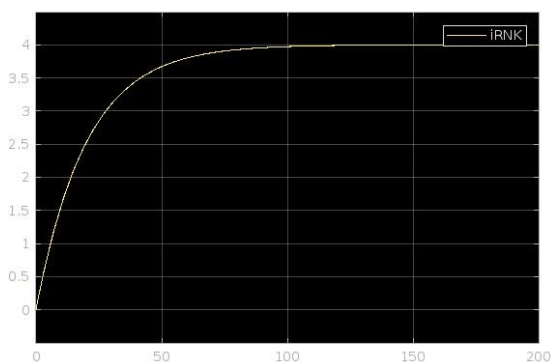


Slika 2. Dinamika koncentracije *iRNK* i proteina tokom vremena.

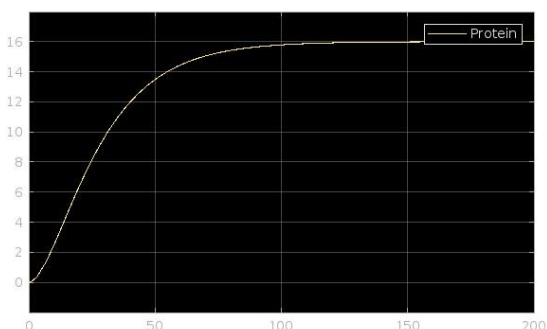
Kreiran je Simulink model. Blok dijagram je kreiran na osnovu jednačine (1). Simulink model prikazan je na slici 3. Model je formiran tako da se mogu posmatrati izlazi sistema $y = iRNK$ i $z = Protein$. Izlazi $y = iRNK$ i $z = Protein$ prikazani su na Slikama 4 i 5. Uporedni prikaz izlaza $y = iRNK$ i $z = Protein$ prikazan je na slici 6.



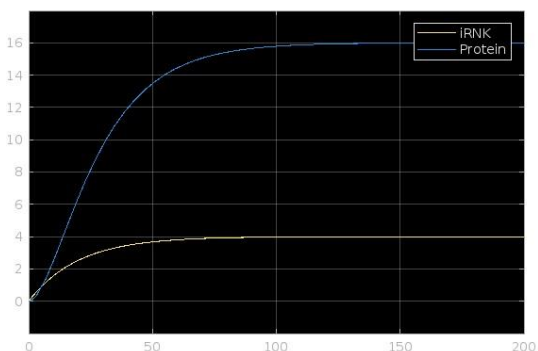
Slika 3. Blok dijagram ekspresije gena kreiran u Simulinku.



Slika 4. Dinamika koncentracije iRNK tokom vremena



Slika 5. Dinamika koncentracije Proteina tokom vremena.



Slika 6. Uporedni prikaz dinamike promene koncentracija iRNK i Proteina tokom vremena.

Na osnovu grafikona koncentracije *iRNK* (Slika 4) i proteina (Slika 5), može se utvrditi da se koncentracija *iRNK* brzo stabilizuje, tj. dostiže svoj plato, dok koncentracija proteina pokazuje sporiji, ali postepen porast ka stabilnom stanju. Dakle, kada se dostigne ravnoteža između sinteze i razgradnje, koncentracija *iRNK* i proteina se stabilizuje na konstantnoj vrednosti - stabilno stanje sistema. Proteini imaju dodatni faktor degradacije, pa je njihovo stabilno stanje proporcionalno stabilnoj koncentraciji *iRNK*, ali umanjeno razgradnjom proteina. Takođe, uporedni prikaz koncentracija *iRNK* i proteina (Slika 6) dodatno potvrđuje direktnu proporcionalnost između dinamike ova dva procesa, pri čemu proteini prate fluktuacije u *iRNK* s vremenskim kašnjenjem. Koncentracija *iRNK* raste brže jer je njen model jednostavniji, a razgradnja je brža (kratak poluživot *iRNK*) u poređenju sa razgradnjom proteina. Proteini se sintetišu kao odgovor na prisutnost *iRNK*, ali njihova koncentracija raste sporije zbog razlike u parametrima brzine i degradacije.

5. ZAKLJUČAK

Simulacija matematičkog modela ekspresije gena, kao i njegova analiza pružila je značajne uvide u dinamiku koncentracija *iRNK* i proteina tokom vremena. Grafički prikazi dobijeni simulacijom sistema omogućili su detaljno razumevanje međusobne povezanosti procesa transkripcije i translacije, kao i uticaja ključnih parametara modela na izlaze sistema.

Dobijeni rezultati potvrđuju očekivano ponašanje modela i ukazuju na njegovu pogodnost za simulaciju bioloških sistema ovog tipa. Ovo ukazuje na efikasnu regulaciju sinteze i razgradnje *iRNK*, koja direktno utiče na nivo proteina, što je u saglasnosti za centralnom dogmom molekularne biologije u kontekstu prokariotske ćelije.

LITERATURA

- [1] B. Ingalls, *Mathematical Modelling in Systems Biology: An Introduction*, MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 2013.
- [2] M. A. Marchisio, *Introduction in Synthetic Biology, About Modeling, Computation, and Circuit Design*, Springer, 2018.
- [3] T. Chen, H. He, G. Church, "Modeling Gene Expression with Differential Equations" *GC-main*, 1999
- [4] R. Tariq Ahmad Hamdi, Mahdi A. Abdul-Hussain, "Using Matlab-Simulink for Solving Differential Equations", *Journal of Scientific and Engineering Research*, pp. 307-314, June 2018.
- [5] S. Velazco, D. Kambo, K. Yu, A. Saha, E. Beckman, N. Mysore and G. Cauwenberghs, "Modeling Gene Expression: Lac operon", *43rd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society*, pp.1086-1091, 2021.
- [6] D. Savić-Pavićević, G. Matić, *Molekularna biologija*, NNK international, 2020.

POREĐENJE METODA ISPITIVANJA MONOTONOSTI FUNKCIJE U ZAVISNOSTI OD MATEMATIČKOG PREDZNAJANJA POJEDINCA**COMPARISON OF METHODS FOR EXAMINING MONOTONICITY OF A FUNCTION DEPENDING ON INDIVIDUAL'S MATHEMATICAL BACKGROUND**

Dunja Stojanović, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*
Milica Cvetković, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Sadržaj - U ovom radu opisane su dve metode ispitivanja monotonosti funkcije. Dato je njihovo poređenje i prednosti, ali i ograničenja u smislu matematičkog predznanja pojedinca. Ovo poređenje potkrepljeno je primerima.

Ključne reči: *Funkcija. Monotonost. Izvod.*

Abstract - In this paper, two methods for examining monotonicity of a function are described. Their comparison alongside advantages and limitations in terms of individual's mathematical background is given. This comparison is supported by examples.

Keywords: *Function. Monotonicity. Derivative.*

1. UVOD

Monotonost funkcije je svojstvo funkcije da njene vrednosti rastu ili opadaju sa porastom vrednosti argumenta, odnosno da budu rastuće ili opadajuće funkcije na nekom intervalu unutar njene oblasti definisanosti [1]. Postoji više metoda za ispitivanje monotonosti funkcije, od kojih su dve najčešće korišćene metode metoda zasnovana na definiciji i metoda zasnovana na prvom izvodu funkcije [2]. Definicija monotonosti zasnovana je na međusobnom odnosu vrednosti funkcije u dvema tačkama, dok metoda prvog izvoda nudi analitički pristup ispitivanjem znaka prvog izvoda posmatrane funkcije. Iako obe ove metode za cilj imaju utvrđivanje da li funkcija raste ili opada, značajno se razlikuju u tehnici, interpretaciji i primeni. Naime, dok je metoda zasnovana na definiciji intuitivna i pogodna za početnike, pristup zasnovan na prvom izvodu je efikasniji i brži kod složenijih funkcija.

Metoda prvog izvoda posebno je važna u STEM disciplinama (nauka, tehnologija, inženjerstvo i matematika), gde je ključ u preoblikovanju tradicionalnih pedagoških pristupa i rešavanju stvarnih problema kroz nastavu [3]. Na primer, u fizici, prvi izvod se koristi za određivanje brzine promena fizičkih veličina poput brzine i ubrzanja [4]. Takođe, upotreba metode prvog izvoda podstiče razvoj analitičkog razmišljanja i veština rešavanja problema kod studenata, što je ključno za njihovu pripremu za karijere u STEM. Zbog svoje široke primene i efikasnosti, metoda prvog izvoda ne samo da omogućava dubinsku analizu funkcija, već i povezuje matematičku teoriju sa praktičnim izazovima u stvarnom svetu. Zbog toga, iako učenici u ranom uzrastu stiču neki vid poimanja monotonosti, ono bi, kroz školovanje, trebalo dalje da se razvija u složeniju svestraniju strukturu [5].

Ovaj rad će istražiti ključne razlike između dve navedene metode, ističući njihove prednosti i ograničenja, kao i analizirati na koji način oni pružaju uvid u prirodu

monotonosti funkcije. Kroz ovo poređenje, cilj nam je da ponudimo dublje razumevanje matematičkih alata koji su dostupni za analizu ponašanja funkcija.

2. ISPITIVANJE MONOTONOSTI FUNKCIJE NA OSNOVU DEFINICIJE

Metoda zasnovana na definiciji monotonosti funkcije je direktna i intuitivna jer se oslanja na poređenje vrednosti funkcije, što je čini jednostavnom za razumevanje, posebno za učenike i studente sa slabijim predznanjem iz diferencijalnog računa. Ovaj pristup je primenljiv na sve funkcije, uključujući i one koje nisu diferencijabilne, odnosno čiji prvi izvod ne postoji na njihovom celom domenu.

Sa druge strane, ispitivanje monotonosti na osnovu definicije može biti složeno i vremenski zahtevno kod neprekidnih funkcija definisanih na velikim intervalima, jer eventualno može zahtevati upoređivanje vrednosti u tačkama više podintervala posmatranog intervala. Ovo je čini manje efikasnim u poređenju sa metodom prvog izvoda. Takođe, kod glatkih funkcija, ovaj pristup može biti manje precizan jer su suptilne promene u ponašanju funkcije teže uočljive bez detaljne podele intervala.

Definicija. *Neka je funkcija f definisana na nekom intervalu I . Za nju kažemo da je*

1. *monotono rastuća na tom intervalu ako*

$$(\forall x_1, x_2 \in I)(x_1 < x_2 \Rightarrow f(x_1) \leq f(x_2)); \quad (1)$$

2. *monotono opadajuća na tom intervalu ako*

$$(\forall x_1, x_2 \in I)(x_1 < x_2 \Rightarrow f(x_1) \geq f(x_2)). \quad (2)$$

Ukoliko u prethodnim definicijama umesto znakova nejednakosti \leq i \geq stoje znakovi stroge nejednakosti $<$ i $>$, tada govorimo o strogo monotono rastućoj i strogo monotono opadajućoj funkciji, respektivno.

U nastavku navodimo primere ispitivanja monotonosti funkcije na osnovu prethodno navedene definicije.

Primer1. Ispitati monotonost funkcije $f(x) = 3 - \sqrt{4 - x^2}$ na njenom domenu.

Oredimo najpre oblast definisanosti zadate funkcije.

Potkorena veličina mora biti nenegativna, odnosno mora važiti $x \leq 2 \wedge x \geq -2$.

Odavde zaključujemo da je domen date funkcije $D = [-2, 2]$.

Koristeći da je funkcija $y = x^2$ strogo monotono rastuća na intervalu $[0, +\infty)$, a strogo monotono opadajuća na intervalu $(-\infty, 0]$, zaključujemo da ćemo monotonost date funkcije ispitivati na intervalima $[0, 2]$ i $[-2, 0]$.

Neka su x_1 i x_2 proizvoljne tačke iz intervala $[0, 2]$ za koje važi $0 \leq x_1 < x_2 \leq 2$. Sledi da je

$$\begin{aligned} 0 &\leq x_1^2 < x_2^2 \leq 4 \\ 0 &\geq -x_1^2 > -x_2^2 \geq -4 \\ 4 &\geq 4 - x_1^2 > 4 - x_2^2 \geq 0 \\ 2 &\geq \sqrt{4 - x_1^2} > \sqrt{4 - x_2^2} \geq 0 \\ -2 &\leq -\sqrt{4 - x_1^2} < -\sqrt{4 - x_2^2} \leq 0 \\ 1 &\leq 3 - \sqrt{4 - x_1^2} < 3 - \sqrt{4 - x_2^2} \leq 4. \end{aligned}$$

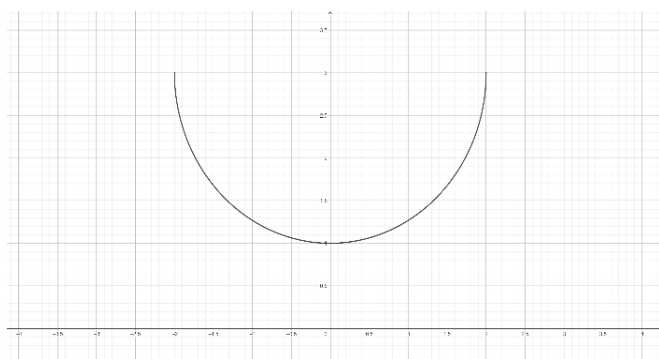
Dakle, kako je

$$(\forall x_1, x_2 \in [0, 2])(x_1 < x_2 \Rightarrow f(x_1) < f(x_2)),$$

zaključujemo da je zadata funkcija strogo monotono rastuća na intervalu $[0, 2]$.

Na potpuno analogan način dolazimo do zaključka da je data funkcija strogo monotono opadajuća na intervalu $[-2, 0]$, odnosno da važi

$$(\forall x_1, x_2 \in [-2, 0])(x_1 < x_2 \Rightarrow f(x_1) > f(x_2)).$$



Slika 1. Grafik funkcije $f(x) = 3 - \sqrt{4 - x^2}$.

Primer2. Ispitati monotonost funkcije $f(x) = \sqrt{\log_{\frac{1}{2}}(x - 1)}$ na njenom domenu.

Kao i u prethodnom primeru, odredimo najpre domen funkcije f . Kako znamo da argument logaritamske funkcije mora biti pozitivan, kao i da potkorena veličina kvadratnog korena mora biti nenegativna, sledi da

$$x - 1 > 0 \wedge \log_{\frac{1}{2}}(x - 1) \geq 0$$

$$x > 1 \wedge \log_{\frac{1}{2}}(x - 1) \geq \log_{\frac{1}{2}}1$$

$$x > 1 \wedge x - 1 \leq 1$$

$$x > 1 \wedge x \leq 2.$$

Dakle, domen date funkcije je $D = (1, 2]$.

Da bismo odredili monotonost funkcije, koristićemo činjenicu da je logaritamska funkcija opadajuća u slučaju kada je osnova logaritma manja od jedinice, već korišćenu u određivanju domena date funkcije.

Za proizvoljne $x_1, x_2 \in (1, 2]$ važi

$$1 < x_1 < x_2 \leq 2$$

$$0 < x_1 - 1 < x_2 - 1 \leq 1$$

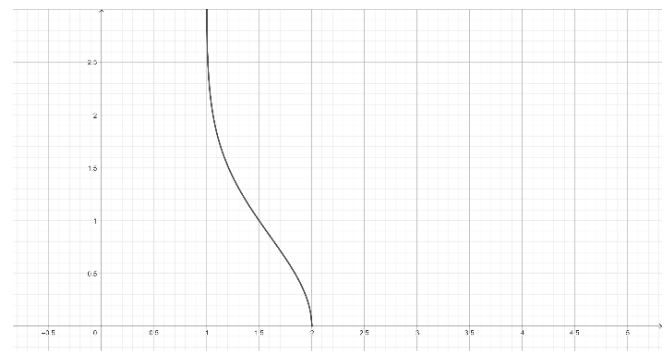
$$\log_{\frac{1}{2}}(x_1 - 1) > \log_{\frac{1}{2}}(x_2 - 1) \geq 0$$

$$\sqrt{\log_{\frac{1}{2}}(x_1 - 1)} > \sqrt{\log_{\frac{1}{2}}(x_2 - 1)} \geq 0.$$

Zaključujemo da je

$$(\forall x_1, x_2 \in (1, 2])(x_1 < x_2 \Rightarrow f(x_1) > f(x_2)),$$

Odnosno, da je data funkcija strogo monotono opadajuća na svom domenu.



Slika 2. Grafik funkcije $f(x) = \sqrt{\log_{\frac{1}{2}}(x - 1)}$.

3. ISPITIVANJE MONOTONOSTI FUNKCIJE KORIŠĆENJEM PRVOG IZVODA

Metoda zasnovana na prvom izvodu funkcije pruža efikasnost i preciznost pri ispitivanju monotonosti funkcija, što je čini posebno korisnim za studente više matematike i kasnijih faza studija.

Ova metoda omogućava ispitivanje ponašanja funkcije kroz analizu znaka prvog izvoda date funkcije, čime se brzo utvrđuju intervali rašćenja i opadanja. Iako zahteva diferencijabilnost i neprekidnost funkcije, analitička priroda ove metode omogućava primenu na šire klase funkcija. Postupak ispitivanja monotonosti funkcije na osnovu prvog izvoda izložen je kroz sledeći primer.

Primer3. Ispitati monotonost funkcije $f(x) = \frac{x^2+3}{x^2+1}$ na njenom domenu.

Data funkcija je racionalna funkcija, za koju, da bi bila definisana, mora važiti da je njen imenilac različit od nule.

Dakle, mora biti

$$x^2 + 1 \neq 0,$$

što važi za svaki realnu vrednost x , na osnovu čega zaključujemo da je oblast definisanosti date funkcije $D = \mathbb{R}$.

Monotonost date funkcije ispitujemo na osnovu određivanja znaka prvog izvoda. Odredimo najpre prvi izvod ove funkcije.

$$y' = \frac{2x \cdot (x^2 + 1) - (x^2 + 3) \cdot 2x}{(x^2 + 1)^2}$$

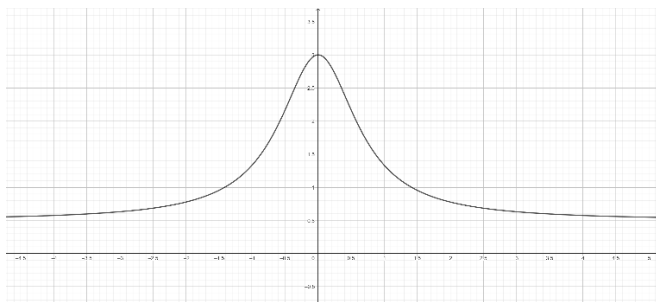
$$y' = \frac{2x \cdot (x^2 + 1 - x^2 - 3)}{(x^2 + 1)^2}$$

$$y' = \frac{-4x}{(x^2 + 1)^2}$$

Sada, na osnovu znaka prvog izvoda određujemo intervale monotonosti date funkcije.

$+\infty$	0	$-\infty$
$-4x$	+	-
$(x^2 + 1)^2$	+	+
y'	+	-
y	↗	↘

Zaključujemo da je data funkcija strogo monotono rastuća na intervalu $(-\infty, 0)$, dok je strogo monotono opadajuća na intervalu $(0, +\infty)$.



Slika 3. Grafik finkcije $f(x) = \frac{x^2+3}{x^2+1}$.

4. ZAKLJUČAK

Za učenike sa manjim matematičkim predznanjem, metoda zasnovana na definiciji jednostavnija je i intuitivno jasnija zbog toga što je povezana sa osnovnim konceptima, dok je metoda prvog izvoda pogodnija za studente, jer omogućava efikasniju i dublju analizu neprekidnih i diferencijabilnih funkcija. Kako studenti napreduju u matematičkom razumevanju, metoda prvog izvoda postaje prirodni izbor zbog svoje preciznosti, efikasnosti i mogućnosti da pruži uvid u osobine složenijih funkcija, što je od suštinskog značaja za uspešno rešavanje problema u inženjerstvu, fizici, biologiji i drugim naukama.

LITERATURA

- [1] R.G. Bartle, D.R. Sherbert, Introduction to Real Analysis – 4th Edition, Illinois: John Wiley & Sons, 2011.
- [2] G. V. Milovanović, R. Ž. Đorđević, Matematička analiza I, Univerzitet u Nišu, Elektronski fakultet, 2005.
- [3] H-S. Siller, J. Just, The Role of Mathematics in STEM Secondary Classrooms: A Systematic Literature Review, Education Sciences, 2022. 12. 10.3390/educsci12090629.
- [4] D. Stojanović, M. Cvetković, Integrated Approach in STEM Education: Challenges and Opportunities in Mathematics Teaching and Learning, Четврта меѓународна конференција за образованието по математика, физика и сродни науки, КОМФСН, ПМФ, Скопје, 2023.
- [5] T. Tossavainen, P. Haukkanen, M. Pesonen, Different aspects of the monotonicity of a function. International Journal of Mathematical Education in Science and Technology, 2013. 44. 10.1080/0020739X.2013.770088.

**UPOREDNA ANALIZA PROJEKTNIH ALTERNATIVA
ENERGETSKOG UNAPREĐENJA STAMBENOG OBJEKTA U SRBIJI I EU****COMPARATIVE ANALYSIS OF THE PROJECT ALTERNATIVES
OF THE RESIDENTIAL BUILDING ENERGY IMPROVEMENT IN SERBIA AND EU**

Milica Cvetković, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*
Dunja Stojanović, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*
Ana Mitrović, *“Atelje AD”, Jug Bogdanova 17, Niš.*

Sadržaj - U ovom radu prikazana je uporedna analiza dve projektne alternative, nakon izrade Elaborata energetske efikasnosti za postojeći objekat, višeporodičnu stambenu zgradu, izgrađenu 1950. godine. Projektne alternative date su sa različitih pozicija termičkog omotača, sa ciljem poboljšanja energetske unapređenja objekta. Takođe, u radu je obavljena uporedna analiza uštede energije za grejanje, kao i ekonomske opravdanosti uloženi sredstava za energetske unapređenje referentnog objekta sa istim intervencijama projektne alternative za tržište Srbije i zemalja EU na primeru Savezne Republike Nemačke. Obrada podataka izvršena je u programskom paketu “Statistica”.

Ključne reči: Energetska efikasnost. Stambene zgrade. Softver “Statistica”.

Abstract - This paper presents a comparative analysis of two project alternatives, after the preparation of the Energy Efficiency Elaboration for the existing building, a multi-family residential building, built in 1950. Project alternatives were given from different positions of the thermal envelope, with the aim of improving the energy efficiency of the building. Also, in the paper, a comparative analysis of energy savings for heating, as well as the economic justification of the invested funds for the energy improvement of the reference building with the same interventions of project alternatives for the market of Serbia and EU countries, using the example of the Federal Republic of Germany, was performed. Data analysis was done in package “Statistica”.

Keywords: Energetic efficiency. Residential buildings. Software “Statistica”.

1. UVOD

Neizvesnost u pogledu povraćaja investicija, konkurentni prioriteti, niski i često nevidljivi troškovi potrošnje energije zgrada, podele u podstacajima s jedne strane vlasnika a sa druge zakupaca stanova, kao i opšti nedostatak svesti samih korisnika, samo su neki od razloga nedovoljnog ulaganja u energetske efikasnost stambenih zgrada.

Energetski efikasno projektovanje zgrada i stambenih zgrada razmatrano je u radovima [1] i [2], uticaj zaptivenosti fasadnih otvora na energetske bilans stambenih zgrada analiziran u radu [3], a optimizacija oblika zgrade i njene orijentacije, kao i primena geometrije u energetske efikasnoj arhitekturi opisivani su u radovima [4] i [5]. Optimizacija mera obnove stambenih zgrada u cilju poboljšanja energetske efikasnosti primenom softvera “KnaufTerm2” prikazana je u radu [6]. Uporedna analiza ekonomske isplativosti energetske unapređenja stambenog objekta data je u radu [7].

U ovom radu, nakon izrade Elaborata energetske efikasnosti za konkretan postojeći objekat, višeporodičnu stambenu zgradu koja je izgrađena 1950. godine, koji tretiramo kao referentno rešenje - bez intervencija, kao i još dva Elaborata energetske efikasnosti, alternativa “A” i alternativa “B”, gde su u svakom od njih promenjena različita

pozicija termičkog omotača, koja utiče na poboljšanje energetske efikasnosti objekta, urađena je uporedna analiza.

Na konkretnom primeru višeporodične, stambene zgrade, spratnosti Po+P+4+Pk, u Beogradu u ul. Ljubomira Stojanovića br. 30, na k.p.br. 832, K.O. Palilula, koja se sastoji od podruma, koji se nalazi ispod čitave površine objekta, prizemlja, četiri tipske etaže i potkrovlja koje je naknadno dograđeno, urađena je uporedna analiza energetske unapređenja još dve projektne alternative. Objekat je izgrađen oko 1950., a potkrovlje dograđeno između 1955.-1960. godine.

Alternativa “A” uključuje oblaganje fasadnih zidova termoizolacijom tj. kamenom mineralnom vunom tipa *Knaufinsulation FKD-S*, $d = 15\text{cm}$ i cementnim malterom $d = 2\text{cm}$.

Alternativa „B“ predstavlja promenu fasadnih otvora tj. prozora, krovnih prozora i balkonskih vrata, novim, savremenijim elementima boljih performansi.

Analizom rezultata dobijenih promenom parametara, dobijen je uvid kako oni utiču na potrebnu količinu energije za grejanje objekta, odnosno energetske razred objekta a samim tim i na ekonomsku opravdanost uloženi sredstava.

U radu je obavljena dvostruka uporedna analiza uštede energije za grejanje, alternativa „A“ i alternativa „B“ za tržište Republike Srbije i Savezne Republike Nemačke.

2. UPOREDNA ANALIZA PARAMETARA

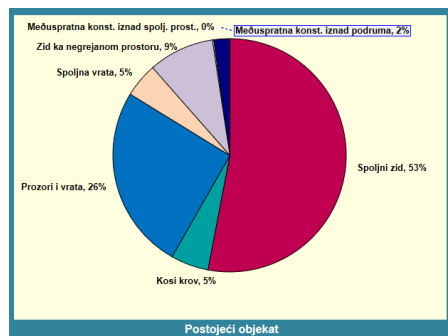
Termički omotač predmetnog objekta čine spoljni zidovi, kosi krov iznad grejanog prostora (stanova), fasadni otvori (prozori, krovni prozori i balkonska vrata), unutrašnji zidovi ka negrejanom hodnicima, međuspratna konstrukcija ka spoljnom prostoru (eker) i međuspratna konstrukcija ka negrejanom podrumu.

Za analizu, prvo je izrađen Elaborat energetske efikasnosti postojećeg stanja tj. referentnog rešenja - bez intervencija u softveru „Knauf Term2“.

Na osnovu dobijenih podataka, svaki od sklopova termičkog omotača ne zadovoljava koeficijent prolaza toplote.

Što se tiče letnje stabilnosti i kondenzacije, kosi krov iznad grejanog prostora ne zadovoljava.

Transmisioni gubici postojećeg objekta kroz termički omotač i procentualni udeo u odnosu na ukupne gubitke, dati su grafikom na Sl. 1.

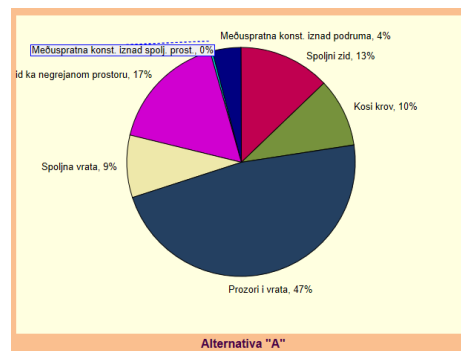


Slika 1. Transmisioni gubici sklopova i njihov udeo u ukupnim gubicima omotača, postojeći objekat.

Za referentni objekat u postojećem stanju, potrebna godišnja potrošnja energije iznosi 186,65 kWh/m², što znači da objekat pripada „G“ energetskom razredu. Na osnovu koeficijenata prolaza toplote, može se videti da nijedna pozicija termičkog omotača ne zadovoljava minimalne vrednosti zadate Pravilnikom o energetske efikasnosti objekata. Što se tiče vrednosti temperature na unutrašnjim pozicija, takođe nisu zadovoljavajući. Više od polovine ukupnih transmisionih gubitaka (52,88%) su kroz spoljne zidove, dok četvrtinu ukupnih gubitaka čine gubici kroz fasadne otvore (25,61%).

Zbog toga je izbor, na osnovu količine transmisionih gubitaka kroz pojedine pozicije, da se u prvoj alternativu „A“ izvede termoizolacija fasadnih zidova a u drugoj alternativu „B“ promene fasadni otvori elementima boljih performansi.

Iz primera projektne alternative „A“, tj. postavljanjem termoizolacije od kamene mineralne vune u debljini od 15cm na postojeće fasadne zidove objekta, postignuto je da se transmisioni gubici kroz ovu poziciju znatno smanje od 170468,05 kWh, što je činilo 52,88% od ukupnih transmisionih gubitaka, na 22563,64 kWh tj. 12,93% , koliki je sada udeo u odnosu na ukupne transmisione gubitke termičkog omotača, (Sl. 2).

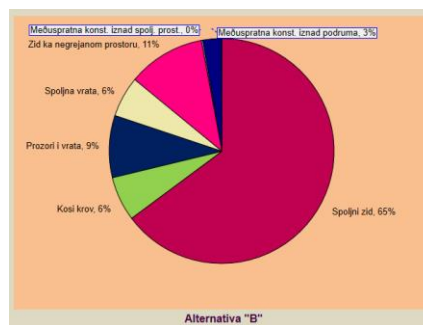


Slika 2. Transmisioni gubici sklopova i njihov udeo u ukupnim gubicima omotača, alternativa „A“.

Smanjenjem transmisionih gubitaka, došlo je do pozitivnih rezultata, odnosno smanjenja godišnje potrebne energije za grejanje koja je iznosila 393 217,50 kWh a nakon intervencije iznosi 245 313,10 kWh što znači da je umanjena potreba za 147 904,40 kWh na godišnjem nivou. Na osnovu potrebne godišnje potrošnje umanjena je i specifična godišnja potreba energije za grejanje koja je iznosila 186,65 kWh/m², a sada iznosi 116,44 kWh/m², što je za 70,21 kWh/m² manje nego u referentnom primeru.

Kao rezultat značajnog umanjivanja potrebne energije za grejanje, objekat iz alternative „A“ ima energetski razred „E“ što znači da je referentni objekat ovakvom intervencijom unapređen za dva energetska razreda.

Alternativa „B“ odnosi se na promenu fasadnih otvora tj. prozora, krovni prozora i balkonskih vrata, novim, savremenijim elementima boljih performansi. Transmisioni gubici kroz ovu poziciju znatno su smanjeni od 82 550,97 kWh što je činilo 25,61% od ukupnih transmisionih gubitaka, na 23605,34 kWh tj. 9,17% koliko sada imaju udela u odnosu na ukupne transmisione gubitke termičkog omotača, (Sl. 3).



Slika 3. Transmisioni gubici sklopova i njihov udeo u ukupnim gubicima omotača, alternativa „B“.

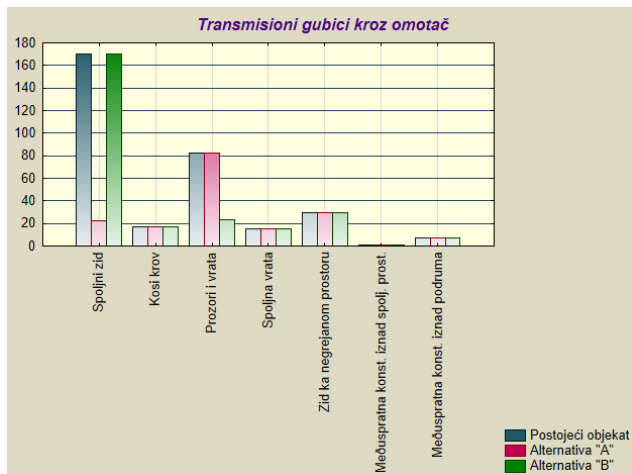
Od velikog značaja jeste i dobra zaptivenost novih elemenata kao i njihove performanse, kvalitet stakala, karakteristike ramova i sl., tako da su ventilacioni gubici umanjeni sa 134 762,53 kWh na 74 868,07 kWh, dok su solarni dobitci upola smanjeni i to od 48 282,60 kWh na 21 123,60 kWh.

Smanjenjem navedenih gubitaka, kao i solarnih dobitaka, došlo je do pozitivnih rezultata, odnosno smanjenja godišnje potrebne energije za grejanje koja je iznosila 393 217,50 kWh a nakon intervencije iznosi 295 823,52 kWh što znači da je umanjena potreba za 97393,98 kWh.

Na osnovu potrebne godišnje potrošnje umanjena je i specifična godišnja potreba energije za grejanje koja je iznosila $186,65 \text{ kWh/m}^2$, a sada iznosi $140,21 \text{ kWh/m}^2$ što je za $46,44 \text{ kWh/m}^2$ manje nego u referentnom primeru.

Kao rezultat značajnog umanjnja potrebne energije za grejanje, objekat iz alternative „B“ ima energetske razred „F“ što znači da je referentni objekat ovakvom intervencijom unapređen za jedan energetske razred.

Uporedna analiza transmissionnih gubitaka izražena u 10^3 kWh postojećeg objekta i dve projektne alternative data je Sl. 4.



Slika 4. Uporedni prikaz transmissionnih gubitaka sklopova i njihov udeo u ukupnim gubicima omotača.

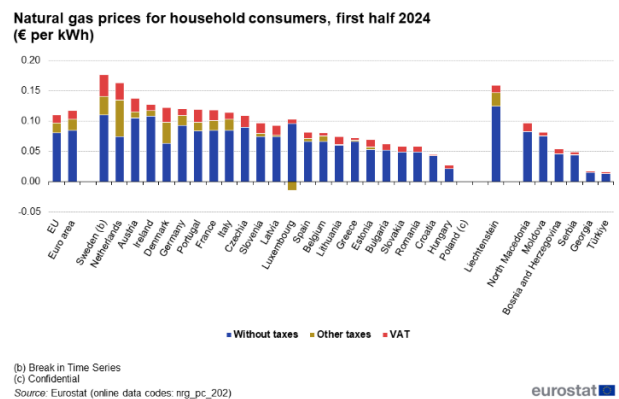
S obzirom da predmetni objekat koristi daljinsko grejanje na prirodni gas, a takva vrsta dobijanja energije za grejanje je i najpovoljnija, u ovom radu nisu rađene alternative promene energenta.

Međutim, na osnovu činjenice da je u Srbiji ovo najekonomičiji način grejanja, dalje nas zanimaju uporedne analize cena daljinskog grejanja na prirodni gas na evropskom tržištu.

Na osnovu izvora „Eurostat“ možemo videti cene daljinskog grejanja na prirodni gas u zemljama Evrope, (Sl. 5). Najviše cene daljinskog grejanja u prvoj polovini 2024. godine bile su u Švedskoj, Holandiji i Austriji, a najniže u Mađarskoj, Hrvatskoj i Rumuniji. Cena prirodnog gasa za domaćinstva u Švedskoj, ($0,1760 \text{ €/kWh}$), bila je više od šest puta veća nego u Mađarskoj, ($0,0275 \text{ €/kWh}$), i 59% više od prosečne cene u EU, ($0,1104 \text{ €/kWh}$).

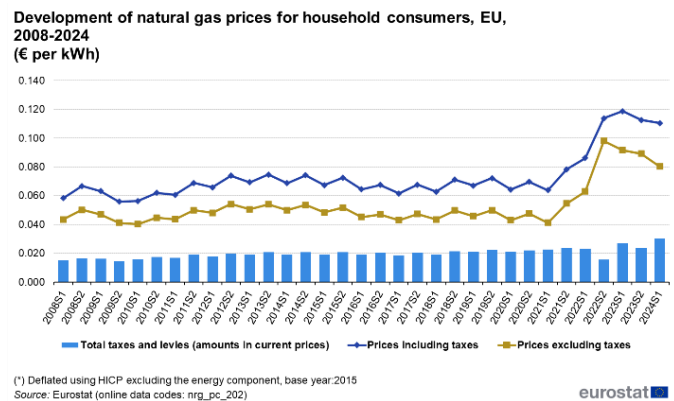
Na Sl. 6, prikazan je rast cena prirodnog gasa u zemljama EU u periodu 2008-2024., gde se uočava da je drugoj polovini 2022. cena prirodnog gasa za kućne potrošače značajno porasla na $0,1137 \text{ €/kWh}$, sa $0,0782 \text{ €/kWh}$ godinu dana ranije, dostižući najviši nivo od kada je ovo prikupljanje podataka počelo.

Cena energije u EU zavisi od različitih uslova ponude i potražnje, uključujući geopolitičku situaciju, nacionalni energetske interes, diverzifikaciju uvoza, troškove mreže, troškove zaštite životne sredine, teške vremenske uslove ili nivo akciza i poreza.



Slika 5. Cene daljinskog grejanja na prirodni gas u prvoj polovini 2024 u EU.

Cene navedene u ovom dijagramu (Sl. 6), uključuju poreze i PDV za potrošače u domaćinstvima, ali isključuju povratne poreze i dažbine i PDV za potrošače koji nisu domaćinstva.



Slika 6. Rast cena prirodnog gasa od 2008- 2024 u EU.

3. UPOREDNA ANALIZA U RS I SR NEMAČKOJ

Iz podataka preuzetih sa internet stranice „Eurostat“, gde su prikazane cene prirodnog gasa kao energenta za daljinsko grejanje stambenih prostora u Evropi, možemo videti da je cena ovog energenta u Srbiji izuzetno niža u odnosu na cene u ostalim evropskim državama.

Za uporednu analizu u ovom radu primenjeni su podaci cene daljinskog grejanja na prirodni gas u Saveznoj Republici Nemačkoj, koja je članica Evropske unije. Razlog zbog kog je analiza vršena u odnosu na Saveznu Republiku Nemačku je i to što su građevinski elementi, koji su analizirani i primenjeni u projektnim alternativama ovog rada, proizvedeni ili pak nose licence proizvođača iz ove zemlje.

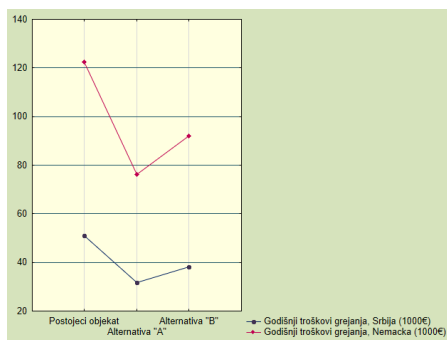
Cena prirodnog gasa u SR Nemačkoj je 2.4 puta veća u odnosu na cenu u RS. Takođe, za projektnu alternativu „A“ u kojoj je planirano postavljanje termoizolacije od mineralne kamene vune debljine 15 cm na fasadnim zidovima sa materijalom i svim radovima, na našem tržištu iznosi $56,01 \text{ €/m}^2$, dok u Nemačkoj ovakva intervencija iznosi 175 €/m^2 , što je tri puta više nego u Srbiji.

Za projektnu alternativu „B“ gde je planirana zamena postojeće drvene stolarije novom, PVC stolarijom sa šestokomornim profilima, troslojnim staklima i termo paketom, u Srbiji iznosi 188 €/m^2 , dok u Nemačkoj ovaj tip

investicije košta 350 €/m², što je dva puta više od cene uzete u obračun u prethodnim poglavljima.

S obzirom da su za projektne intervencije u oba slučaja primenjivani građevinski elementi i materijali proizvedeni od Nemačkih proizvođača a izvođenje vrše licencirana lica od strane njih, period garancije ostaje isti.

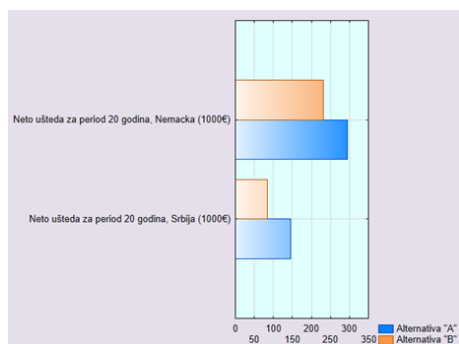
Uporedna analiza godišnjih troškova sve tri analizirane varijante u RS i SR Nemačkoj, predstavljena je na Sl. 7.



Slika 7. Godišnji troškovi prirodnog gasa u RS i Nemačkoj.

Kumulante aktuelizovanog perioda isplativosti intervencija, uporedo u Srbiji i Nemačkoj, pokazuju da se projektna alternativa "A" u Srbiji isplati posle 6 a u Nemačkoj posle 8 godina, dok se projektna alternativa "B" u Srbiji isplati posle 7 a u Nemačkoj posle 6 godina.

Uporedna analiza neto uštede u aktuelizovanom periodu od 20 godina projektnih alternativa "A" i "B" u Srbiji i Nemačkoj prikazana je dijagramom na Sl. 8.



Slika 8. Neto ušteda projektnih alternativa u RS i Nemačkoj.

4. ZAKLJUČAK

Na osnovu dobijenih rezultata u ovom radu možemo doneti zaključak da su obe alternative energetskog unapređenja postojećeg višeporodičnog stambenog objekta, ekonomski opravdane.

Iz proračuna Elaborata energetske efikasnosti, intervencijom u alternativni "A" možemo unaprediti objekat od energetskog razreda "G" u energetski razred "E".

U drugoj investicionoj alternativni "B" energetski razred postojećeg objekta je unapređen i nakon intervencije je "F".

Analizom rezultata dobijenih za iste alternative intervencija na postojećem predmetnom objektu ali sa ekonomskim parametrima za SR Nemačku, dolazimo do zaključka da su takođe ekonomski efikasne.

Projektna alternativa "A" povoljnije je rešenje i ima kraći period povraćaja sredstava. Ono što stavlja alternativu "A" na prvo mesto, jeste i pretpostavka da je lakše usaglasiti veći broj investitora tj. stanara da se složi za ovakvu vrstu investicije, ne samo zbog vremena povraćaja sredstava, već i zbog građevinskih radova koji se obavljaju sa spoljne strane objekta a ne u stanovima, čime ne bi bio ugrožen komfor stanara.

Pitanje koje se na kraju uvek postavlja je: Koliko investicija košta i šta se njom postiže? Izradom ovakvih uporednih analiza različitih alternativa dobija se odgovor sa nepobitnim činjenicama.

LITERATURA

- [1] R. Pacheco, J. Ordóñez, G. Martínez, "Energy efficient design of building: A review", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 16, Iss 4, pp.3559-3573, 2012.
- [2] D. M. Šumarac, M. N. Todorović, M. D. Đurović-Petrović, N. R. Trišović, "Energy efficiency of residential buildings in Serbia", *Thermal Science* 14, p.p.97-113, 2010.
- [3] A. Mitrović, M. Protić: "Influence of the Sealing of Facade Openings on the Energy Balance of a Multi-Family Residential Building", *42nd International Scientific Conference the Power of Knowledge*, vol. 60, 2023.
- [4] R. Fallahtafi, M. Mahdavinejad, "Optimisation of building shape and orientation for better energy efficient architecture", *International Journal of Energy Sector Management*, Vol. 9, Iss 4, pp.593-618, 2015.
- [5] M. Cvetković, A. Mitrović, "Primena geometrije u energetske efikasnosti zgrada", *Zbornik radova ATVSS Niš*, pp. 129-132, 2022.
- [6] A. Mitrović, M. Cvetković, "Optimizacija mera obnove stambenih zgrada u cilju poboljšanja energetske efikasnosti primenom softvera "KnaufTerm2"", *Zbornik radova ATVSS Niš*, pp. 126-129, 2023.
- [7] M. Cvetković, A. Mitrović, "Uporedna analiza ekonomske isplativosti energetskog unapređenja stambenog objekta", *Zbornik radova ATVSS Niš*, pp. 134-137, 2023.

IZAZOVI I FAKTORI KOJI UTIČU NA USPEŠNOST INOVACIJA CHALLENGES AND FACTORS AFFECTING THE SUCCESS OF INNOVATIONS

Ljiljana Stošić Mihajlović, *Akademija tehničko-vaspiatačkih strukovnih studija - Odsek Vranje, Filipa Filipovića 20, Vranje.*

Marija Mihajlović, *Ministarstvo građevinarstva, saobraćaja i infrastrukture Republike Srbije, Nemanjina 22-26, Beograd.*

Sadržaj - U savremenim uslovima dinamičnog poslovnog okruženja, kada se potrebe tržišta brzo menjaju, a borba za opstanak na tržištu postaje imperativ poslovanja, inovacije postaju glavni faktor rasta i razvoja poslovnih sistema. Inovacije vode ka novim idejama i rešenjima, novim načinima poslovanja. Orijentacija preduzeća ka inovacijama rezultira prednošću nad konkurencijom, a stečena konkurentna prednost obezbeđuje povećanje profita, što je glavni cilj svakog modernog preduzeća. U stvari, inovacije su ključni preduslov preduzeća za kontinuirano poboljšanje konkurentne pozicije na tržištu. Cilj rada je da ukaže na značaj inovacija u poslovanju savremenih organizacija uz posebno apostrofiranje izazova i faktora koji utiču na uspešnu implementaciju inovacija, pogotovo u uslovima kada postoji i problem otpora na promene.

Ključne reči: *Inovacije. Menadžment inovacija. Promene. Konkurentna prednost.*

Abstract - In the modern conditions of a dynamic business environment, when market needs change rapidly, and the struggle for survival on the market becomes a business imperative, innovations become the main factor in the growth and development of business systems. Innovations lead to new ideas and solutions, new ways of doing business. The company's orientation towards innovation results in an advantage over the competition, and the acquired competitive advantage ensures an increase in profits, which is the main goal of every modern company. In fact, innovation is a key prerequisite for a company to continuously improve its competitive position on the market. The goal of the work is to point out the importance of innovation in the business of modern organizations, with a special apostrophization of challenges and factors that influence the successful implementation of innovation, especially in conditions where there is also a problem of resistance to change.

Keywords: *Innovations. Innovation management. Changes. Competitive advantage.*

1. UVOD

Inovacije predstavljaju ključni pokretač ekonomskog razvoja i konkurentnosti kako na nivou organizacija, tako i celokupnih društava. Međutim, proces inovacija nosi sa sobom značajne izazove i zahteva pažljivo upravljanje različitim faktorima koji utiču na njihov uspeh. U ovom radu razmatraju se ključni izazovi i faktori koji određuju uspešnost inovacija, kao i strategije za njihovo prevazilaženje. U izveštaju Organizacije za ekonomsku saradnju i razvoj (Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD) se navodi da je "inovacija ključna za poboljšanje životnog standarda i može uticati na pojedince, institucije, čitave ekonomske sektore i zemlje na više načina". Inovaciona metrika ima za cilj da objasni raznovrsne procese u različitim sektorima savremenog ekonomskog i društvenog sistema koji bi trebalo da se zasnivaju na znanju i novim tehnologijama. Metodologije za merenje tehnoloških i inovacionih procesa grupisane su u tri kategorije: ankete o inovacijama, pojedinačni inovacioni i tehnološki indikatori, kompozitni indikatori. Merenje uspešnosti inovacija i korišćenje podataka o inovacijama u istraživanju mogu pomoći kreatorima politike da bolje razumeju ekonomske i društvene promene, procene doprinos (pozitivan ili negativan) inovacija društvenim i

ekonomskim ciljevima i prate i procenjuju efektivnost i efikasnost svojih politike. Ključne komponente koncepta inovacije uključuju ulogu znanja kao osnove za inovaciju, novinu i korisnost, i stvaranje ili očuvanje vrednosti kao pretpostavljeni cilj inovacije. Zahtev za implementacijom razlikuje inovaciju od drugih konceptata kao što je pronalazak, jer inovacija mora biti implementirana, tj. stavljena u upotrebu ili dostupna drugima za upotrebu [1].

U literaturi postoje mnogobrojne broj deficiije inovacija koje se po pravilu razlikuju u obuhvatu i vrstama inovacija. Garcia i Calantone nude jednu od univerzalnih definicija tako što inovacije u poslovnom okruženju opisuju kao aktivnosti koje su nove ili drugačije od postojećih [2].

Drugi aspekt kod definisanja inovativnosti jeste razlikovanje između pojmova invencija (nove ideje) i inovacije. Inovacije su proces transformacije ideja u praktičnu upotrebu. U svakom slučaju, definicije inovacija mogu se razlikovati, ali sve naglašavaju važnost razvoja i praktične upotrebe novih saznanja, a ne samo izum odnosno invenciju (Tidd i Bessant) [3].

Inovacija je upotreba novih tehnoloških i tržišnih znanja kako bi se ponudio novi proizvod ili usluga koje će potrošači želeti da kupe. Nov proizvod ima poboljšane karakteristike

koje pre nije imao ili čak nikad nisu postojale na tržištu [4]. Inovacija često biva zamenjena sa invencijom, međutim između ta dva pojma postoji bitna razlika. Invencija je samo prvi korak dugog procesa koji vodi do rasprostranjivanja i efikasne upotrebe dobre ideje. Da bi inovacija postala inovacija, invencija se mora konvertovati u proizvod ili uslugu koje potrošači žele. Dakle, inovacija podrazumeva invenciju i komercijalizaciju ili drugim rečima uspešnu konceptualizaciju i plasman novih proizvoda i usluga na tržište [5].

2. IZAZOVI U PROCESU INOVACIJA

Van de Ven navodi da "put razvoja inovacije počinje nasumično, prelazi u haotično i završava se u uređenim obrascima ponašanja" [6]. Menadžment inovacija susreće se sa brojnim izazovima od kojih će se u radu obraditi samo neki od važnijih:

- **Organizacioni izazovi** - Organizaciona struktura i kultura mogu predstavljati prepreku inovacijama. Kompanije koje favorizuju hijerarhijski pristup ili otpor prema promenama često imaju poteškoća u implementaciji novih ideja. Takođe, nedostatak interne komunikacije i saradnje među odeljenjima može dovesti do neuspeha u inovativnim projektima.
- **Finansijski izazovi** - Nedostatak sredstava ili neadekvatno planiranje budžeta često ograničavaju sposobnost organizacija da ulažu u istraživanje, razvoj i testiranje novih proizvoda ili usluga. Pored toga, investitori mogu pokazati skepsu prema projektima visokog rizika.
- **Tehnološki izazovi** - Brz tehnološki napredak može stvoriti problem prilagođavanja, naročito za organizacije koje nemaju odgovarajuće tehničke resurse ili stručnjake. Takođe, zastarevanje tehnologije može uzrokovati gubitke ukoliko inovacija nije implementirana na vreme.
- **Regulatorni i pravni izazovi** - Regulatorne prepreke, uključujući složene zakone i standarde, mogu usporiti ili potpuno onemogućiti realizaciju inovacija. Inovacije često dolaze u sukob s postojećim zakonodavnim okvirom. Nepoznavanje pravnih aspekata, kao što su zaštita intelektualne svojine ili poštovanje standarda kvaliteta, može dovesti do pravnih problema i dodatnih troškova.
- **Očekivanje korisnika** - Korisnici sve više očekuju personalizovane, visokokvalitetne proizvode i usluge. Nepoznavanje potreba ciljne grupe ili promašaj u razumevanju tržišta mogu rezultirati inovacijom koja neće biti prihvaćena.

3. FAKTORI USPEŠNOSTI INOVACIJA

Kao što postoje brojni izazovi sa kojima se susreće menadžment inovacija, takođe postoje i brojni faktori koji utiču na uspešnost:

- **Kreativna organizaciona kultura**- Organizacije koje podstiču kreativnost i otvorenost prema novim idejama imaju veće šanse za uspeh u inovacijama. Ovakva kultura omogućava zaposlenima da slobodno predlažu rešenja i eksperimentišu bez straha od neuspeha.
- **Pravilno upravljanje timovima**- Raznovrsni timovi koji kombinuju različite veštine i perspektive često dolaze do boljih rešenja. Ključni faktor je efikasno upravljanje timom, uključujući komunikaciju,

postavljanje jasnih ciljeva i obezbeđivanje podrške za implementaciju ideja.

- **Investicije u istraživanje i razvoj (R&D)** - Organizacije koje kontinuirano ulažu u R&D stiču prednost na tržištu. Ovo podrazumeva ne samo finansiranje istraživačkih projekata, već i saradnju s akademskim institucijama i inovativnim partnerima.
- **Tehnološka spremnost** - Uspešne inovacije često zavise od spremnosti organizacije da usvoji nove tehnologije. Ovo uključuje investiranje u alate i obuku zaposlenih kako bi se postigla efikasna primena inovacija.
- **Praćenje tržišnih trendova** - Razumevanje potreba i preferencija korisnika ključno je za stvaranje inovacija koje će biti prihvaćene. Organizacije koje prate tržišne trendove i koriste podatke za donošenje odluka povećavaju svoje šanse za uspeh.

4. OTPOR INOVACIJAMA I PROMENAMA

Promene su neizbežan deo razvoja organizacija i društava, dok su inovacije ključni pokretači tih promena. Međutim, često se susrećemo sa otporom prema promenama, bez obzira na njihove potencijalne koristi. Otpor inovacijama i promenama može se pojaviti na individualnom, grupnom ili organizacionom nivou i predstavlja značajan izazov za menadžere, lidere i kreatore politika. Otpor prema inovacijama i promenama može se razumeti kao nesvesna ili svesna reakcija pojedinaca ili grupa protiv implementacije novih ideja, tehnologija ili procesa. Iako je otpor često percipiran kao prepreka, on takođe može pružiti vredne povratne informacije o mogućim rizicima ili nedostacima planiranih promena.

Važni uzroci otpora inovacijama i promenama su:

- **Strah od nepoznatog** - ljudi često osećaju nesigurnost kada se suoče sa nepoznatim tehnologijama, procesima ili načinima rada.
- **Gubitak kontrole ili moći** - inovacije mogu promeniti tradicionalne hijerarhije i procese, što može dovesti do osećaja ugroženosti kod pojedinaca ili grupa.
- **Nedostatak poverenja** - ako zaposleni ne veruju menadžmentu ili ne razumeju ciljeve promena, otpor će biti izraženiji.
- **Kulturološki faktori** - organizacione kulture koje vrednuju status quo često odbacuju inovacije kao nepotrebne ili rizične.
- **Nedostatak veština i kompetencija** - strah od nemogućnosti prilagođavanja novim zahtevima rada može izazvati otpor, posebno među zaposlenima starije generacije.
- **Trošak i napor prilagođavanja** - inovacije često zahtevaju značajna ulaganja vremena, energije i resursa, što može obeshabriti pojedince.

Takođe, treba praviti razliku između različitih vrsta otpora kako prema inovacijama tako i prema promenama

1. Aktivni otpor- očigledne akcije poput sabotiranja promena, odbijanja učešća u projektima ili javnog kritiziranja.
2. Pasivni otpor- suptilniji oblici otpora, kao što su odlaganje, neaktivnost ili selektivno prihvatanje novih procedura.

3. Kognitivni otpor- očituje se kroz neslaganje sa idejom inovacije, skepticizam ili nedostatak poverenja u njenu vrednost.
4. Emocionalni otpor- reakcije poput stresa, frustracije ili anksioznosti usled percepcije promene kao pretnje.

Mogu se razlikovati nekoliko vrsta posledica otpora inovacijama i promenama:

- Smanjenje efikasnosti implementacije- kašnjenja u realizaciji promena mogu povećati troškove i smanjiti efikasnost inovativnih inicijativa.
- Narušavanje timske dinamike- otpor može izazvati sukobe između zaposlenih i menadžmenta ili među samim timovima.
- Gubitak poverenja- epostojanje poverenja u lidere ili procese može narušiti organizacionu kulturu.
- Izgubljene prilike- prekomerni otpor može dovesti do propuštanja prilika za rast i konkurentsku prednost.

Imajući u vidu sve navedeno, menadžeri inovacija u preduzeću definitivno moraju da razvijaju specifične tehnike i alate za prevazilaženje otpora. Neke od mogućih opcija su:

- **Komunikacija i transparentnost-** Jasno objašnjenje ciljeva i koristi promena smanjuje nesigurnost i povećava poverenje.
- **Uključivanje zaposlenih-** Kada su zaposleni uključeni u proces donošenja odluka, oni se osećaju vrednovano i odgovornije prema implementaciji promena.
- **Edukacija i obuka-** Investiranje u obuku zaposlenih smanjuje njihov strah od neadekvatnosti i povećava poverenje u sopstvene sposobnosti.
- **Postepena implementacija-** Uvođenje promena u fazama omogućava ljudima da se postepeno prilagode novim uslovima.
- **Sistem nagrađivanja-** Nagrade i priznanja za prilagođavanje promenama mogu motivisati zaposlene.
- **Prilagođavanje organizacione kulture-** Negovanje kulture inovativnosti i otvorenosti prema promenama ključno je za dugoročan uspeh.

5. STRATEGIJE ZA PREVAZILAŽENJE IZAZOVA

Menadžment inovacija mora da koristi snagu pozitivnih faktora uz istovremeno suprotstavljanje faktorima koji negativno deluju na inovacione aktivnosti, uz prevazilaženje otpora na inovacije. Da bi preduzeće bilo uspešno u svojoj grani, mora imati adekvatno definisanu i implementiranu strategiju inovacija. U savremenoj poslovnoj praksi, preduzeća koja ovo ne učine rizikuju da budu u zaostatku u odnosu na svoje konkurente. Takođe je bitno definisati i efikasnu strategiju otvorenih inovacija koja će doprineti većoj konkurentskoj prednosti preduzeća. Ipak, ne postoje generalizovane strategije koje preduzeća mogu implementirati, već su date smernice koje preduzeća moraju pratiti i prilagoditi sopstvenim karakteristikama, snagama i slabostima [7].

Karaktersistike strategije za prevazilaženje izazova kod sprovođenja inovacija jesu:

- **Jasna vizija i strategija inovacija-** Definisanje ciljeva i prioriteta u oblasti inovacija pomaže organizacijama da usmere svoje resurse na ključne projekte. Ova strategija

treba da bude fleksibilna kako bi se prilagodila promenama u okruženju.

- **Otvorena inovacija-** Saradnja s eksternim partnerima, kao što su startapi, univerziteti i druge organizacije, može omogućiti brži razvoj inovacija. Ovo posebno važi za industrije koje se brzo menjaju.
- **Podrška liderstva-** Aktivna podrška lidera ključna je za prevazilaženje otpora prema promenama i motivisanje zaposlenih. Lideri koji inspirišu timove da prihvate inovacije stvaraju pozitivno okruženje za razvoj novih ideja.
- **Uvođenje agilnih metoda rada-** Agilni pristup omogućava fleksibilnost i brzinu u implementaciji inovacija. Kroz iterativni proces razvoja, organizacije mogu brzo testirati ideje i prilagoditi se povratnim informacijama.
- **Kontinuirano obrazovanje i razvoj-** Investiranje u razvoj zaposlenih kroz obuke i kurseve pomaže organizacijama da izgrade interni kapacitet za inovacije. Zaposleni s ažuriranim znanjima bolje reaguju na izazove i prilike.

Pored navedenog, menadžment inovacija veliki deo svojih aktivnosti usmerava na kreiranje prilika i preporuka za budući inovacioni razvoj, od kojih su najvažnije:

- **Povećanje ulaganja u edukaciju i obuku-** Inovacije zavise od kvalitetne radne snage koja poseduje veštine potrebne za rad u dinamičnom okruženju. Vlade i organizacije treba da ulažu u obrazovanje koje promovise kreativnost, kritičko razmišljanje i tehničke kompetencije.
- **Razvoj javno-privatnih partnerstava-** Saradnja između vlada, privatnog sektora i akademskih institucija ključna je za stvaranje okruženja pogodnog za inovacije. Ova partnerstva mogu obezbediti resurse, stručnost i pristup tržištima neophodnim za uspešne inovativne projekte.
- **Podrška startup ekosistemima-** Kreiranje inkubatora, akceleratora i fondova rizičnog kapitala pomaže startapima da razviju svoje ideje i prošire poslovanje. Ove inicijative podstiču preduzetništvo i doprinose diversifikaciji ekonomije.
- **Jačanje regulative koja podržava inovacije-** Vlade treba da uspostave pravne okvire koji podstiču istraživanje, zaštitu intelektualne svojine i primenu inovacija. Fleksibilni zakoni omogućavaju bržu adaptaciju na nove tehnologije i olakšavaju ulazak inovacija na tržište.

6. ZAKLJUČAK

Inovacije nisu samo tehnički izazov, već i društveni, ekonomski i kulturni fenomen koji zahteva multidisciplinarni pristup. Prepoznavanje i prevazilaženje izazova, uz istovremeno ulaganje u faktore koji podstiču inovacije, ključni su za postizanje održivog razvoja i konkurentске prednosti.

Poslovni sistemi, organizacije i društva koja su spremna da ulažu u istraživanje, saradnju i obrazovanje osiguraće svoju poziciju u budućnosti ispunjenoj izazovima i mogućnostima.

Proces inovacija suočava se s nizom izazova, od finansijskih i tehnoloških, do organizacionih i regulatornih prepreka. Uspešnost inovacija zavisi od sposobnosti

organizacije, odnosno menadžmenta inovacija da identifikuje ključne faktore uspeha i implementira strategije za prevazilaženje prepreka. Takođe, u procesima vezanim za inovacijsku delatnost, organizacija vrlo često nailazi na otpor promenama koje inovacija redovno uvodi. U tom slučaju menadžment inovacija mora da kreira specifične tehnike i alate za suzbijanje ili izbegavanje situacija koje se često identifikuju kao otpor inovacijama.

Kombinacija kreativne kulture, podrške liderstva i adekvatnog upravljanja resursima može omogućiti organizacijama da razvijaju inovacije koje transformišu tržište i donose dugoročne koristi. Ovo naglašava potrebu za strateškim pristupom inovacijama, koji uključuje integraciju internih kapaciteta i eksternih prilika u svrhu postizanja održivog razvoja i konkurentske prednosti.

LITERATURA

- [1] Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation, 4th Edition. Dostupno na: https://www.oecd.org/en/publications/oslo-manual-2018_9789264304604-en.html. Datum pristupa: 01.12.2024.
- [2] R. Garcia, R. Calantone, "A Critical look at Technological Innovation Typology and Innovativeness Terminology: A Literature Review", *The Journal of Product Innovation Management*, 19, pp. 110-132, 2022.
- [3] J. Tidd, J. Bessant; "Managing innovation: Integrating technological, market and organizational change" Chichester: J. Wiley and Sons, 2009.
- [4] A. Afuah, "Innovation Management Strategies, Implementation and Profits", Oxford University Press, 2002.
- [5] N. D. Cakar, A. Erturk, "Comparing Innovation Capability of Small and Medium-Sized Enterprises: Examining the Effects of Organizational Culture and Empowerment," *Journal of Small Business Management*, 48 (3), pp. 325-359, 2010.
- [6] A. Van de Ven, "The innovation journey: you can't control it, but you can learn to maneuver", *Innovation*. 19. Pp. 1-4, 2016.
- [7] B. Krstić, M. Jovanović Vujatović, "Strategija otvorenih inovacija kao determinanta održive konkurentnosti preduzeća", *Economics of Sustainable Development*, vol. 6, br. 1, pp. 25-34, 2022.

STRATEGIJE ZA PREVAZILAŽENJE IZAZOVA PRI IMPLEMENTACIJI ISO 9001 STANDARDA U VISOKOOBRAZOVNIM USTANOVAMA

STRATEGIES FOR OVERCOME CHALLENGES IN THE IMPLEMENTATION OF THE ISO 9001 STANDARD IN HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS

Miona Boričić, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Sadržaj – Sadržaj rada, usmeren je na ključne prepreke i predlage strategija za implementaciju ISO 9001 standarda u akademskom okruženju. ISO 9001 standard pruža okvir za unapređenje procesa i podizanje kvaliteta obrazovnih usluga, ali njegova primena često nailazi na specifične izazove, kao što su otpor prema promenama, visoki troškovi i nedostatak stručnog kadra. U radu se analiziraju osnovni principi standarda, uključujući fokus na korisnike (studente), liderstvo, angažovanje zaposlenih, procesni pristup, kontinuirano poboljšanje, odlučivanje na osnovu dokaza i upravljanje odnosima. Pored toga, razmatraju se koristi implementacije, kao što su povećanje zadovoljstva studenata i zaposlenih, poboljšanje efikasnosti procesa i jačanje konkurentnosti institucija. Rad se oslanja na studije slučaja sa Univerziteta u Tuluzu i Univerziteta u Melburnu, gde su implementacija standarda i primena strateških pristupa rezultirali unapređenjem kvaliteta obrazovanja, smanjenjem birokratije i povećanjem zadovoljstva studenata. Takođe, predložene su konkretne strategije za prevazilaženje izazova, uključujući kontinuiranu obuku zaposlenih, efikasno planiranje resursa, angažovanje konsultanata i sprovođenje redovne evaluacije procesa.

Ključne reči: ISO 9001. Podizanje kvaliteta. Jačanje konkurentnosti institucija.

Abstract - The content of the paper focuses on key obstacles and proposes strategies for implementing the ISO 9001 standard in the academic environment. The ISO 9001 standard provides a framework for improving processes and enhancing the quality of educational services; however, its application often encounters specific challenges, such as resistance to change, high costs, and a lack of qualified personnel. The paper analyzes the fundamental principles of the standard, including a focus on users (students), leadership, employee engagement, a process-based approach, continuous improvement, evidence-based decision-making, and relationship management. Furthermore, it examines the benefits of implementation, such as increased satisfaction among students and employees, improved process efficiency, and enhanced competitiveness of institutions. The paper relies on case studies from the University of Toulouse and the University of Melbourne, where the implementation of the standard and the application of strategic approaches resulted in improved education quality, reduced bureaucracy, and greater student satisfaction. Additionally, specific strategies are proposed to overcome challenges, including continuous employee training, efficient resource planning, engaging consultants, and conducting regular process evaluations.

Keywords: ISO 9001. Quality enhancement. Strengthening institutional competitiveness.

1. UVOD

U današnjem dinamičnom obrazovnom okruženju, standardi kvaliteta igraju ključnu ulogu u osiguravanju konkurentnosti i zadovoljstva studenata.

ISO 9001 standard za sistem menadžmenta kvalitetom (SMK) pruža okvir za unapređenje procesa rada i podizanje nivoa kvaliteta usluga koje visokoobrazovne ustanove pružaju [1]. Ipak, implementacija ovog standarda u akademskom okruženju često nailazi na specifične izazove koji mogu usporiti ili otežati njegovu primenu [3].

Ovaj rad istražuje glavne prepreke pri implementaciji ISO 9001 standarda u visokoobrazovnim ustanovama i nudi strategije za njihovo prevazilaženje.

2. PREGLED ISO 9001 STANDARDA

2.1. Ključni principi standarda

ISO 9001 standard temelji se na sedam osnovnih principa menadžmenta kvalitetom [1], [2], koji služe kao osnovni vodič za visokoobrazovne ustanove u postizanju održivog kvaliteta svojih obrazovnih usluga.

Prvi princip tiče se korisnika, u ovom slučaju studenata. U visokoobrazovnim ustanovama ovaj princip podrazumeva razumevanje potreba studenata i kontinuirani rad na njihovom zadovoljstvu. To uključuje poboljšanje nastavnih programa, bolje pružanje administrativnih usluga i proaktivno rešavanje problema studenata, poput kašnjenja u izdavanju diploma ili neadekvatne komunikacije sa administracijom.

Drugi princip odnosi se na liderstvo. Rukovodstvo ustanove treba da demonstrira posvećenost unapređenju kvaliteta kroz jasno definisanje misije, vizije i strategije za podizanje obrazovnih standarda. Primer je menadžerski tim koji inicira redovne procene kvaliteta nastavnog procesa.

Angažovanje ljudi podrazumeva uključivanje svih zaposlenih, od nastavnog do administrativnog osoblja, a to je ključno za uspešnu primenu standarda. Organizacija treninga i radionica može doprineti boljem razumevanju uloge svakog zaposlenog u procesu unapređenja kvaliteta.

Visokoobrazovne ustanove mogu primeniti procesni pristup kroz analizu i optimizaciju akademskih i administrativnih procesa, poput prijema studenata, akreditacije programa i upravljanja finansijama. To omogućava identifikaciju i uklanjanje uskih grla u sistemu.

Kontinuirano poboljšanje se neprestano unapređuje i može se ostvariti redovnim evaluacijama nastavnog procesa, sprovođenjem anketa o zadovoljstvu studenata i primenom njihovih povratnih informacija u poboljšanje usluga.

Odlučivanje na osnovu dokaza: Obrazovne ustanove mogu koristiti podatke, poput stope diplomiranja i zadovoljstva studenata, za donošenje informisanih odluka i postavljanje prioriteta u unapređenju svojih usluga.

Upravljanje odnosima je princip koji se odnosi na izgradnju održivih odnosa sa studentima, partnerima iz privrede i akademskom zajednicom, kako bi se osigurao kvalitet obrazovanja i povezivanje sa tržištem rada.

2.2. Koristi implementacije ISO 9001 u obrazovnim ustanovama

Primena ISO 9001 standarda u visokoobrazovnim ustanovama donosi brojne prednosti, uključujući:

- Povećanje zadovoljstva studenata i zaposlenih.
- Unapređenje efikasnosti administrativnih i nastavnih procesa.
- Poboljšanje konkurentnosti kroz međunarodno priznate standarde.
- Olakšavanje akreditacije i usklađenosti sa regulatornim zahtevima.

3. LEGISLATIVNI PRISTUP EVROPSKE UNIJE

U akademskom okruženju, otpor prema promenama često je prisutan zbog duboko ukorenjenih tradicionalnih pristupa radu i skepticizma prema novim sistemima upravljanja [3].

Profesori i administrativno osoblje često smatraju da ISO standardi nisu dovoljno prilagođeni specifičnostima obrazovnih ustanova, što može otežati njihovu prihvaćenost. Pored toga, visoki troškovi prilagođavanja postojećih sistema zahtevima ISO 9001 često predstavljaju prepreku za visokoobrazovne ustanove [4].

Obuka osoblja, prilagođavanje postojećih procesa i troškovi sertifikacije mogu biti značajan izdatak, što je posebno problematično za institucije sa ograničenim budžetom. Takođe, nedostatak internog stručnog kadra za implementaciju standarda često usporava proces, čineći ustanove zavisnim od eksternih konsultantskih usluga.

Na kraju, održavanje sistema menadžmenta kvalitetom zahteva kontinuirano praćenje i unapređivanje, što može biti izuzetno izazovno u okruženju sa velikim brojem zaposlenih i raznovrsnim aktivnostima, jer zahteva ozbiljnu posvećenost, resurse i disciplinu. Ova dva instrumenta, kao deo Evropskog zelenog dogovora, predstavljaju osnovu politike Evropske unije u borbi protiv klimatskih promena, obezbeđujući alatke za pravednu tranziciju ka klimatskoj neutralnosti.

4. STRATEGIJE ZA PREVAZILAŽENJE IZAZOVA

4.1. Uključivanje zaposlenih i obuka akademskog i administrativnog osoblja

Organizovanje redovnih treninga za profesore i administrativno osoblje predstavlja ključni korak u procesu implementacije ISO standarda u obrazovnim ustanovama. Ovi trenuci nisu samo prilika za usvajanje novih znanja o kvalitetu i sistemima menadžmenta, već i način za povećanje svesti o važnosti standarda [5]. Kroz obuku, zaposleni postaju svesni kako njihove svakodnevne aktivnosti utiču na ukupni kvalitet usluga i obrazovnog procesa [6]. Pored toga, obuka pomaže u smanjenju otpora prema promenama, jer omogućava osoblju da se upozna sa prednostima koje standardi donose, kao što su efikasniji procesi, bolja organizacija i poboljšana komunikacija [2].

Implementacija ISO standarda ne bi bila uspešna bez angažovanja svih zaposlenih, stoga je važno u njihov razvoj ulagati kontinuirano, kroz različite formate edukacije, od radionica do specijalizovanih kurseva [5], [6].

4.2. Efikasno planiranje resursa

Jedan od ključnih faktora uspeha pri implementaciji ISO standarda je efikasno planiranje resursa. Precizno određivanje potrebnih resursa – uključujući ljudske resurse, tehnologiju, vreme i finansijska sredstva – omogućava da se proces implementacije izvrši unutar postavljenih rokova i budžeta. Kroz postavljanje prioriteta za aktivnosti, obrazovne ustanove mogu da se fokusiraju na najkritičnije oblasti, smanjujući rizik od rasipanja resursa [3]. Planiranje resursa takođe podrazumeva unapređenje raspodele budžeta, kao i racionalizaciju vremena i angažmana osoblja.

Na ovaj način, organizacije mogu da ostvare optimalnu raspodelu resursa i minimiziraju potencijalne prepreke koje mogu usporiti implementaciju.

4.3. Korišćenje konsultantskih usluga

Angažovanje stručnjaka sa iskustvom u implementaciji ISO standarda u obrazovnim ustanovama može značajno ubrzati proces i obezbediti usklađenost sa zahtevima.

Konsultantske usluge nude ekspertsku podršku u svim fazama implementacije, od početne procene trenutnog stanja do konačne sertifikacije. Stručnjaci mogu pružiti savete u vezi sa specifičnostima koje obrazovne ustanove moraju uzeti u obzir prilikom prilagođavanja svojih postojećih procedura i procesa novim standardima. Takođe, konsultanti mogu pomoći u obuci zaposlenih, postavljanju ciljeva i praćenju napretka. Korišćenje eksternih stručnjaka može značiti i uštedu vremena i resursa, jer omogućava obrazovnim ustanovama da izbegnu greške koje bi se mogle dogoditi tokom samostalnog pokušaja implementacije.

4.4. Praćenje i evaluacija implementacije

Redovno praćenje implementacije kroz interne audite i analize omogućava identifikaciju problema i pravovremeno preduzimanje korektivnih mera.

Kontinuirani nadzor omogućava da se svaki deo procesa implementacije ISO standarda prati i procenjuje, kako bi se obezbedila usklađenost sa postavljenim ciljevima i zahtevima. Interni auditi pomažu u utvrđivanju slabih tačaka i neusklađenosti koje mogu uticati na kvalitet usluga, dok analize prikupljenih podataka omogućavaju donošenje informisanih odluka [4].

Praćenje implementacije takođe doprinosi stalnom unapređenju sistema menadžmenta kvalitetom, jer omogućava da se procesi koriguju i poboljšaju, stvarajući osnovu za dugoročni uspeh u održavanju visokog nivoa kvaliteta u obrazovnim ustanovama.

5. STUDIJE SLUČAJA USPEŠNE IMPLEMENTACIJE ISO 9001 U OBRAZOVNIM USTANOVAMA

Na osnovu analize uspešnih primera implementacije ISO 9001 standarda u visokoobrazovnim institucijama, uz isticanje strategija koje su primenjene za prevazilaženje izazova tokom implementacije interesantan je primer Univerziteta u Tuluzu (Francuska) koji je uspešno implementirao ISO 9001 standard u nekoliko svojih fakulteta.

Kroz proces implementacije, univerzitet je koristio sveobuhvatan pristup obuke zaposlenih i angažovanja svih interesnih grupa, što je rezultiralo smanjenjem nesuglasica i otpora prema promenama [4]. Takođe, primenjena je efikasna raspodela resursa, s posebnim fokusom na optimizaciju administrativnih procesa, što je dovelo do smanjenja birokratije i povećanja brzine obrade studentskih zahteva.



Slika 1. Studenti sa Univerziteta u Tuluzu, Francuska.

Drugi primer dolazi sa Univerziteta u Melburnu (Australija), gde je implementacija ISO 9001 standarda pomogla u poboljšanju kvaliteta obrazovanja i usluga studentima. U ovom slučaju, ključ uspeha bio je u uspostavljanju jasnih procedura za praćenje i evaluaciju akademskih programa, uz kontinuiranu obuku i razvijanje interne ekspertize. Rezultat je bio povećanje zadovoljstva studenata i smanjenje broja pritužbi na obrazovni proces.

U oba slučaja, obrazovne ustanove su se suočile sa izazovima kao što su otpor prema promenama i visoki troškovi implementacije, ali su primenom strateškog planiranja, obuka, i angažovanjem eksternih konsultanta uspele da poboljšaju svoje procese, povećaju kvalitet obrazovanja i ostvaruju veću efikasnost u radu. Ovi primeri pokazuju da, iako implementacija ISO 9001 u obrazovnim ustanovama može biti

izazovna, pravi pristup i posvećenost mogu dovesti do značajnih poboljšanja u kvalitetu i organizaciji.



Slika 2. Naslovna strana sajta na Univeritetu u Melburnu.

6. ZAKLJUČAK

Implementacija ISO 9001 standarda u visokoobrazovnim ustanovama donosi značajne prednosti, uključujući poboljšanje efikasnosti procesa, povećanje kvaliteta obrazovanja, i veću usklađenost sa potrebama studenata i drugih interesnih grupa.

Iako ovaj proces zahteva pažljivo planiranje, resurse i angažovanje svih učesnika, pravilno upravljanje implementacijom može značajno unaprediti rad obrazovnih institucija. Predložene strategije, kao što su obuka zaposlenih, efikasno planiranje resursa, korišćenje konsultantskih usluga i stalno praćenje implementacije, pružaju snažan okvir za prevazilaženje prepreka i izazova na putu ka uspešnoj primeni ISO standarda.

Kroz konkretne primere iz prakse, jasno je da se uz pravi pristup mogu postići značajna poboljšanja u organizaciji i kvalitetu obrazovnog procesa, što dugoročno doprinosi konkurentnosti i održivosti obrazovnih ustanova.

LITERATURA

- [1] ISO 9001:2015, International Standard for Quality Management Systems, Geneva: International Organization for Standardization, 2015. Available: <https://www.iso.org/standard/62085.html>.
- [2] Juran, J. M., Juran's Quality Handbook, New York: McGraw-Hill, 1999.
- [3] Deming, W. E., Out of the Crisis, Cambridge: MIT Press, 1986.
- [4] ISO, Annual Survey of ISO Certifications, Geneva: International Organization for Standardization, 2017. Available: <https://www.iso.org/iso-9001-quality-management.html>.
- [5] Rahmisafa binti Hamid, Hasmadi bin Hassan, & Muzafar bin Mat Yusof, 2021, ISO 9001 certification and service quality delivery in Malaysian higher education institutions: A conceptual model, International Journal of Humanities Technology and Civilization, 6(1), 60–65. <https://doi.org/10.15282/ijhtc.v6i1.6671>
- [6] Vorobyova, O., Horokhova, M., Iliichuk, L., Tverezovska, N., Drachuk, O., & Artemchuk, L, 2022, ISO Standards as a Quality Assurance Mechanism in Higher Education, Revista Romaneasca Pentru Educatie Multidimensionala, 14(2), 73-88. <https://doi.org/10.18662/rrem/14.2/567>

УТИЦАЈ ИМПЛИЦИТНЕ ПЕДАГОГИЈЕ НА ВАСПИТНО ОБРАЗОВНИ РАД ВАСПИТАЧА THE INFLUENCE OF IMPLICIT PEDAGOGY ON THE EDUCATIONAL WORK OF EDUCATORS

Петра Јанковић, Академија техничко-васпитачких струковних студија - Одсек Пирот, Ђурила и Методија
29, Пирот.

Татјана Марковић, Академија техничко-васпитачких струковних студија - Одсек Пирот, Ђурила и
Методија 29, Пирот.

Садржај - У овом раду разматра се имплицитна педагогија као скуп несвесних уверења, вредности и ставова васпитача који утичу на њихов професионални рад. Посебна пажња посвећена је начину на који ова уверења обликују однос васпитача према деци, методе подучавања и сарадњу са родитељима. Имплицитна педагогија се формира кроз лична искуства и културни контекст, што је чини отпорном на промене.

Кључне речи: Имплицитна педагогија. Васпитачи. Уверења. Образовање. Развој детета.

Abstract: This paper discusses implicit pedagogy as a set of educators' unconscious beliefs, values, and attitudes that influence their professional work. Special attention is paid to how these beliefs shape educators' relationships with children, teaching methods, and cooperation with parents. Implicit pedagogy is formed through personal experiences and cultural context, which makes it resistant to change.

Keywords: Implicit pedagogy. Educators. Beliefs. Education. Child development.

1. УВОД

Имплицитна педагогија представља скривене, најчешће несвесне системе веровања, вредности и ставова које васпитачи носе у себи и које утичу на њихове професионалне поступке. Та педагогија, иако није експлицитно изражена, обликује начин на који васпитачи разумеју децу, њихове потребе, као и начине на које се приступа образовно-васпитном раду. Имплицитна педагогија дубоко је повезана са личним искуствима, културним контекстом и обрасцима који су се формирали током живота појединца, што их чини веома отпорним на промене.

Један од основних утицаја имплицитне педагогије огледа се у погледу васпитача на дете и дететову способност да учи и развија се самостално. Васпитач који види дете као активно, способно биће, биће отворенији за омогућавање слободног избора у активностима и пружаће детету прилике за изражавање и истраживање. Супротно томе, васпитач који у детету види биће које је зависно од одраслих и подложно грешкама, чешће ће преузимати контролу над активностима и ограничавање дететову аутономију.

Имплицитна педагогија такође утиче на доживљај родитељске улоге у васпитном процесу. Васпитач који родитеље види као партнере вероватно ће настојати да их укључи у процес васпитања, док васпитач који родитеље сматра само посматрачима може бити затворенији за њихове предлоге и сугестије. Разумевање и промишљање

о сопственој имплицитној педагогији кључно је за васпитаче који желе да развију професионалан и рефлексиван приступ свом раду, чиме могу значајно унапредити квалитет васпитно-образовног процеса у установама за рано и предшколско образовање.

2. ПОЈАМ ИМПЛИЦИТНЕ ПЕДАГОГИЈЕ

Имплицитна педагогија представља вредносну оријентацију која утиче на различите облике социјалног понашања – однос појединца према себи, групи и друштву, укључујући и одгој деце и младих. Овај појам обухвата прихваћен животни смисао који обликује понашање и активности на индивидуалном и социјалном нивоу [1]. Имплицитне педагогије обухватају уверења и претпоставке које нису нужно свесне и често их је тешко дефинисати, али упркос томе могу значајно утицати на свакодневно понашање. За разлику од научних теорија, имплицитне педагогије се не сматрају научно доказаним, па могу бити у супротности са званичним педагошким приступима [2].

Имплицитне педагогије се формирају у раном периоду живота, укључујући уверења о природи знања, успесима и објашњењу задатака. Систем вредности одраслих има важан утицај на васпитну праксу и представља основу за њихов однос према детету [1]. У овом контексту, уверења васпитача о детету и васпитању имају важну улогу у формирању односа са децом, постављајући темеље за скривени курикулум у раној и предшколској едукацији.

3. ОДНОС ИМПЛИЦИТНЕ И ЕКСПЛИЦИТНЕ ПЕДАГОГИЈЕ ВАСПИТАЧА

Позната су два аспекта у вези са настанком имплицитних педагогија. Први аспект подразумева да се имплицитне педагогије сматрају самосталним конструкцијама индивидуалног искуства, што указује на то да су оне резултат личног искуства појединца и да су стога подложне промени, без обзира на сличност социјалног и културног порекла. Други аспект имплицитних педагогија сматра их као колективну мудрост или културне сценарије, што указује на повезаност између социјалних и културних заједница, без обзира на различите представе о детету унутар појединих култура [1]. Тумачење настанка имплицитних педагогија може се објаснити као редукција интеракцијске природе развоја личности на искључиво трансмисијску природу, у којој су улоге онога који подучава и онога који се подучава унапред задате и стриктно дефинисане.

Лично искуство родитеља, васпитача и учитеља из детињства има значајан утицај на стварање моделске слике о себи и другима, односно на развој унутрашње менталне репрезентације. Различите особине личности делују као филтер кроз који васпитачи и родитељи одговарају на понашање деце. Због тога је често приметно да се искуство васпитача из његовог детињства поново појављује у његовом раду са децом у предшколским установама. Могуће је закључити да су имплицитне педагогије тесно повезане са искуствима васпитача из његовог детињства, што обликује његову унутрашњу менталну репрезентацију. Модел који васпитач има постаје део његове индивидуалне структуре личности, што доводи до тенденције поновног понављања сопственог искуства у васпитно-образовном раду са децом [1].

Сваки појединац има одређена уверења, ставове и претпоставке које су аутоматске и о којима особа не размишља свесно. Ове претпоставке утичу на његово понашање и снажно обликују његово деловање. Уопштено, имплицитне теорије настају у раним фазама живота. Дете формира своје идеје о томе како свет функционише и која понашања су пожељна, а родитељи, васпитачи и учитељи имају кључну улогу у овом процесу [2].

За разлику од имплицитних, експлицитне теорије су формалне научне тврдње које настају на основу научних метода истраживања. Према Мијатовићу [3], научна теорија представља уређени систем потврђених тврдњи који садржи описе или исказе о научним законима. Док су експлицитне теорије основане на научним принципима, имплицитне теорије садрже вредности које се налазе у одгојном колективу и у самој васпитној групи у којој васпитач ради [3]. Slunjski сматра да имплицитна теорија представља личну теорију васпитача која има највећи утицај на његову педагошку праксу. Имплицитне теорије су основа за квалитетан рад васпитача у предшколским установама. Сваки васпитач улази у образовни систем са својом имплицитном педагогијом, која се развија кроз његово искуство и знања, али такође може бити у несагласју са експлицитним, званичним педагошким принципима. У тим случајевима јавља се несагласност

између онога што васпитач ради у пракси и онога што сматра да ради. Имплицитна педагогија има велику вредност у васпитном раду и значајно утиче на квалитетну праксу због своје разноврсности и традиционалног утицаја. Имплицитне теорије васпитача представљају теорију у акцији, односно контекст у којем се развија васпитно-образовни рад [4].

Ретко који васпитач може самостално да постане свестан неслагања између онога што мисли да ради и онога што заправо остварује у пракси. Чак и када уочи потребу за другим приступом васпитању, не значи да ће тај приступ примењивати. На пример, може се сложити о потреби развоја самосталности деце, али ће у свом раду радити супротно [5]. Тешко је да васпитач уочи своје стварно понашање јер су навике, рутина и брза дешавања у пракси велики изазов за објективно сагледавање сопственог рада. За разлику од тога, често је потребан неко други, као посматрач или рефлексивни практичар, који помаже васпитачу да примети несагласности између његових намера и стварних поступака у васпитном процесу [6].

Још један проблем који се јавља је неслагање у разумевању задовољавања потреба деце. У васпитном раду важно је познавати свако дете у групи и његове индивидуалне развојне потребе. Међутим, важан је и самопознање васпитача, како би био свестан када и како он у вртићу задовољава потребе деце, понекад их не рационализујући са стварним потребама деце. На пример, васпитач може показивати нежност када он то жели, а не када то дете заиста треба [7]. Такође, неретко се дешава да васпитач покреће активности које он лично воли, уверењем да то желе деца, али у стварности то ради из својих афинитета. Зато је важно разликовати сопствене потребе од потреба деце, како би васпитач подржао квалитетан развој и васпитање.

4. ТРАДИЦИОНАЛНА И САВРЕМЕНА СЛИКА О ДЕТЕТУ

Традиционално схватање детета често га дефинише као „малог човека“, односно као пасивног учесника сопственог учења и развоја, коме су неопходни одрасли како би га припремили за будуће изазове. Дете се посматра као празна плоча која учи кроз понављање и репродукцију, што додатно потврђује мишљење да је развој детета зависан од одраслих и њихове укључености у окружење детета. У таквом схватању, дете се сматра малим и неспособним да самостално доноси одлуке; није му дозвољено да бира шта ће се играти, у којем простору ће боравити, нити колико дуго ће то трајати.

Према Бабићу и сарадницима, дете је схваћено као незрело, некомпетентно и асоцијално биће под контролом одраслих. Деца су била лишена моћи и искључена из могућности да самостално доносе одлуке о питањима која се директно тичу њиховог живота. Одрасли су над њима вршили социјалну контролу, третирајући их као „будућим људима“ [1]. Веревање је било да ће уз помоћ институција за васпитање и образовање дете бити обликовано у „потпуног човека“ [1]. Гућ и сарадници наглашавају да је у таквом схватању процес васпитања и образовања строго конструисан и унапред планиран, без обзира на индивидуалност и јединственост сваког детета [8].

Васпитачи који следе традиционална уверења подржавали су идеју о васпитању од стране компетентних одраслих. Основна мисао родитељства и улоге породице била је преношење знања и вештина са генерације на генерацију. Одрасла особа је требало да научи дете разликовању пожељних и непожељних облика понашања, као и основним животним вештинама за самосталан живот у одраслом добу. У традиционалном приступу васпитању и образовању, васпитачи су се посматрали као они који обесхрабрују децу кроз трансмисијски начин преношења знања. Према Петровић-Сочо, традиционални васпитачи су са децом спроводили вођене активности, окупљајући их у већем броју, дајући им упутства шта и како да раде [9].

Савремено виђење детета знатно се разликује од традиционалног, које га је видело као пасивног учесника у васпитању и образовању. Прелаз ка модерном приступу настајао је током година, уз допринос разних педагошких истраживања и нових сазнања из различитих научних области. У 20. веку почиње да се развија мишљење да је дете важно у процесу образовања, као и схватање потребе да му се омогући активно учествовање и поштовање његових права, уз праћење његових индивидуалних потреба и развојних могућности.

Према истраживањима, савремени приступ види дете као свесно и активно биће које треба бити укључено у процес васпитања. Детету се придаје могућност да самостално учествује у породичном животу и изрази своје ставове. Улога одраслих, према овом приступу, јесте да помогну детету у његовом личном развоју, а не да га обликују по својим мерилима. Дете се више не сматра истим као будући одрастао човек, већ као посебан индивидуа у процесу развоја, који се одвија у зависности од његових карактеристика и способности [4].

Савремени педагошки приступ наглашава дете као јединствену особу са правом на самосталне одлуке у вези са својим животом. Ово виђење подразумева да је развој детета резултат утицаја околине и животних искустава. У том контексту, дете добија могућност за самоиницијативне активности и откривање сопствених потенцијала [10]. За разлику од традиционалног, савремени васпитачи креирају подстицајно окружење које омогућава детету самостално учење, истраживање и развој у складу са његовим интересима и потребама. Они подржавају децу аутономију и подстичу сарадњу, уместо да доминирају и контролишу активности.

5. УТИЦАЈ ИМПЛИЦИТНЕ ПЕДАГОГИЈЕ НА ДИЗАЈН ПРОСТОРА, СТРУКТУРА ВРЕМЕНА, РАСПОРЕД УЛОГА И СТИЛ КОМУНИКАЦИЈЕ СА ДЕЦОМ

Социокултурна теорија учења коју је развио Vygotski посебну пажњу поклања физичком обликовању простора, истичући значај квалитета окружења за заједничко стварање знања. Учење се посматра као социјална конструкција, дубоко усађена у културни, историјски и социјални контекст [9]. На пример, Reggio педагогија, један од најпознатијих курикулума, извлачи своју снагу из заједничког креирања курикулума свих учесника васпитно-образовног процеса, прилагођавајући га потребама детета и сарадњи са заједницом, а само окружење посматра као важан фактор, називајући га

„трећим васпитачем.“ Нажалост, школе и васпитачи имају ограничен утицај на физичке димензије окружења, попут распореда просторија, опреме, материјала, броја деце у одељењу и нивоа образовања особља [9].

Скривени курикулум, путем личних уверења васпитача, шаље деци поруке о томе шта се од њих очекује. Када једном усвоје друштвено прихваћена правила понашања, деца их уграђују у своје вредности. Дисциплиновање појединца такође се остварује ригорозним временским распоредом који свакодневно прекида школско звоно, сугеришући да је све прекидиво. Овакав курикулум спречава развој целовите личности, јер раздвајање структуре рада разара природни ток учења [10].

Деца, према Конвенцији УНЕСКО-а о правима детета, имају право на одмор и рекреацију. Међутим, у пракси петоминутни одмори су само трчање између учионица, након чега следи домаћи задатак и низ ваннаставних активности, а време за игру готово не постоји. Скривени курикулум на тај начин „краде“ детету време, ограничавајући му могућност да сам открије своје интересе. Такође, у школи деца углавном проводе време са вршњацима, што додатно ограничава развој емпатије према старијима и још више продубљује међугенерациски јаз. [10].

Васпитач који подржава поделу школе и живота у заједници шаље поруке у складу са својим уверењима и ставовима. Очигледно је да глобални утицаји обликују услове живота у свим заједницама, и то се одражава у вредностима које наставници преносе ученицима. Позитивне законске одредбе омогућавају учешће детета у одлукама у школи, али се право на учешће тешко остварује. Скривени курикулум кроз стереотипне улоге које школа преноси, појачава друштвене норме, при чему се зна који су начини понашања и облачења прикладни за дечаке, а који за девојчице. Деца тако усвајају одређене друштвене улоге, које осигуравају континуитет друштвеног поретка [10].

6. ЗАКЉУЧАК

Васпитно-образовни рад се у великој мери ослања на имплицитне теорије које се развијају у току студија, а потом и током професионалног рада као васпитачи. Нема ничег лошег у томе да појединац развије личну теорију или став, под условом да је у стању да јасно разликује личне од професионалних ставова и да има ваљане аргументе који подржавају такве ставове. Међутим, проблем настаје када се имплицитне теорије шире без довољно јасних разлога или аргумената који би их оправдали.

Лична уверења, ставови и стилови могу, у неким случајевима, имати позитиван утицај на рад, али исто тако могу изазвати озбиљне проблеме који постају очигледни у пракси, нарочито у раду са децом. Стога је од пресудне важности да васпитачи стално преспитују своја имплицитна уверења, размењују мишљења са колегама и прихватају те теорије са одређеном резервом. Као што лекар не може да преписује лекове на основу својих личних уверења, већ мора да се ослања на научно заснована сазнања, исто тако васпитач не би требало да примењује своје имплицитне теорије без дубље

рефлексије и темељних професионалних основа. На пример, став „Нећу да радим по новим основама јер мене тако нису васпитавали и учили“ није прихватљив у контексту професионалног рада. Из свог искуства могу тврдити да имплицитне теорије, уколико се не преиспитују и не развијају, могу довести до негативних ефеката који нас удаљавају од есенцијалног циља васпитања и образовања—рад са децом. То суштински представља претњу не само квалитету образовања, већ и целокупном развоју детета, који би требао да буде у центру сваког васпитно-образовног процеса.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Babić, N., Irović, S. i Krstović, J. (1997). Vrijednosni sustav odraslih, odgojna praksa i razvojni učinci. Društvena istraživanja Zagreb, 4-5 (30-31), 551-575.
- [2] Dow, W. (2007). *Implicit theories & pedagogy* U: Barlex, D. (2007). *Design & Technology: For the Next Generation : a Collection of Provocative Pieces, Written by Experts in Their Field, to Stimulate Reflection and Curriculum Innovation*. Velika Britanija: Clifffeco Limited. 253-265
- [3] Mijatović, A. (1999), *Osnove suvremene pedagogije*. Zagreb: Hrvatski pedagoško-književni zbor.
- [4] Slunjski, E. (2011) *Kurikulum ranog odgoja – istraživanje i konstrukcija*. Zagreb: školska knjiga.
- [5] Miljak, A. (1996). *Humanistički pristup teoriji i praksi predškolskog odgoja: Model Izvor*. Velika Gorica-Zagreb: Persona.
- [6] Радуловић, Р.Л. (2011) *Образовање наставника за рефлексивну праксу*. Београд: Филозофски факултет, Универзитета у Београду.
- [7] Slunjski, E. (2003). *Devet lica jednog odgajatelja/roditelja*. Zagreb : Mali profesor
- [8] Guć, M., Barbir, J., Kovačević, S. (2021). *Implicitne pedagogije odgajatelja*. U: *Unapređenje kvaliteta života djece i mladih*. Banja Luka: Centar modernih znanja.
- [9] Petrović Sočo, B. (2011), *Nova paradigma shvaćanja konteksta ustanova ranoga odgoja*. U: Maleš, D. (ur.), *Nove paradigme ranoga odgoja*. Zagreb: Filozofski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za pedagogiju, str. 237 – 264.
- [10] Pavičić Vukičević, J. (2013). *Uloga implicitne teorije nastavnika u skrivenom kurikulumu suvremene škole*. *Pedagoška istraživanja*, 10(1), 119-131.
- [11] Bašić, S. (2011), *(Nova) slika djeteta u pedagogiji djetinjstva*. U: Maleš, D. (ur.), *Nove paradigme ranoga odgoja*. Zagreb: Filozofski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za pedagogiju, str. 19 – 37.
- [12] Breneselović, R.,D. (2015.) *Gde stanuje kvalitet. Istraživanje sa decom prakse dečjeg vrtića*. Beograd: Filozofski fakultet.
- [13] Jančec, L., Lepičnik-Vodopivec J.,(2017). *Hidden curriculum determinates in kindergartens and in schools*. Hamburg: Verlag Dr. Kovač.
- [14] Kamenov, E. (1989). *Predškolska pedagogija*. Beograd: Zavod za udžbenike: nastavna sredstva
- [15] Malašić, A. (2015). *Rekonstruiranje SDB u funkciji unapređenja kvalitete odgojnoobrazovnog procesa*. *Dijete, vrtić, obitelj*, 21 (79), 29-30.
- [16] Marković, T. (2014) *Razlike između savremenih i mogućih tendencija u institucionalnom vaspitanju predškolske dece*. *Pirot, Holipri* str. 109-120
- [17] Mušanović, M. (2001), *Odgojno-obrazovne filozofije učitelja i akcijska istraživanja*. U: *Teorijsko-metodološka utemeljenost pedagoških istraživanja*. Rijeka: Filozofski fakultet u Rijeci, str. 133 –143
- [18] Nedimović, T., Božin, A., & Milić, S.N. (2014). *Procena značajnosti kompetencija za profesiju vaspitača studenata - budućih vaspitača u Srbiji i Rumuniji*. *Istraživanja u pedagogiji*, 4(1), 108-120.
- [19] Slunjski, E. (2008). *Dječji vrtić zajednica koja uči: mjesto dijaloga, suradnje i zajedničkog učenja*. Zagreb: Spektar Media.
- [20] Миљковић, М.(2023) *Концепција године узлета – промена парадигме у контексту начина учешћа и поступака васпитача као креатора програма*. Зборник радова са Прве научно-стручне конференције, Академија струковних студија Јужна Србија, Одсек Висока школа за васпитаче Бујановац, стр. 69–80.

INKLUZIVNO OBRAZOVANJE U SRBIJI INCLUSIVE EDUCATION IN SERBIA

Andelina Stefanović, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Vranje, Filipa Filipovića 20, Vranje.*

Sadržaj - *Образовно-васпитни систем у Србији обавезује се да за све ученике (децу и одрасле) обезбеди једнако и свима доступно право на образовање које се базира на „социјалној правди и принципу једнаких шанси без дискриминације,“ при чему се посебна пажња посвећује омогућавању приступа свим нивоима образовања и васпитања како ученицима са сметњима у развоју, инвалидитетом или специфичним теškoћима у учењу, односно ученицима из осетљивих група, социјално угрожених категорија или неразвијених подручја, тако и ученицима са посебним способностима (талентовани и даровити), а све то „у складу са принципима инклузивног и интеркултуралног образовања и васпитања.“ Циљ овог рада је најпре да размотри примену инклузивног образовања и могућности школског Система, као и улози школских библиотека у том процесу, а потом и да, на основу тих информација, понуди конкретне смернице за рад у инклузивном окружењу.*

Кључне речи: *Образовно-васпитни систем. Инклузивно образовање. Школске библиотеке. Принципи примена.*

Abstract – *The educational system in Serbia is committed to providing all students (children and adults) with an equal and accessible right to education based on "social justice and the principle of equal opportunities without discrimination," with special attention being paid to enabling access to all levels of education and upbringing both for students with disabilities, disabilities or specific learning difficulties, i.e. students from sensitive groups, socially vulnerable categories or underdeveloped areas, as well as students with special abilities (talented and gifted), all "in accordance with the principles of inclusive and intercultural education and upbringing." The goal of this paper is to first consider the application of inclusive education and the possibilities of the school system, as well as the role of school libraries in that process, and then, based on this information, to offer specific guidelines for working in an inclusive environment.*

Keywords: *Educational system. Inclusive education. School libraries. Principles. Application.*

1. UVOD

Образовно-васпитни систем у Србији обавезује се да за све ученике (децу и одрасле) обезбеди једнако и свима доступно право на образовање које се базира на „социјалној правди и принципу једнаких шанси без дискриминације,“ при чему се посебна пажња посвећује омогућавању приступа свим нивоима образовања и васпитања како ученицима са сметњима у развоју, инвалидитетом или специфичним теškoћима у учењу, односно ученицима из осетљивих група, социјално угрожених категорија или неразвијених подручја, тако и ученицима са посебним способностима (талентовани и даровити), а све то у складу са принципима инклузивног и интеркултуралног образовања и васпитања. Наиме, инклузија сама по себи подразумева укључивање ученика са посебним потребима и способностима у све аспекте школског живота, где, наравно, спада и коришћење свих школских ресурса и просторија [1].

2. INKLUZIVNO OBRAZOVANJE U SRBIJI I ZNAČAJ ŠKOLSKE BIBLIOTEKE

Инклузивно образовање подразумева да се сва деца, без обзира на специфичности у развоју, равноправно укључују у редован образовно-васпитни систем. Закон о основима

система образовања и васпитања [1] у овом аспект у потпуности је у складу са низом међународних иницијатива, правних аката и законских регулатива. На међународном плану документи којима се регулише ова област укључују, између осталог и Конвенцију против дискриминације у образовању [2], Конвенцију о правима детета [3], коју је nekadašnja Југославија ратификовала већ 1990, а према којој сви нивои образовања, од основног до вишег, морају бити доступни свима, Општу декларацију о људским правима [4], чији Члан 26 propisuje да свако има право на образовање, те међународну иницијативу „Образовање за све“ [5] коју подржавају Унеско и Svetska banka, а која се од 1990. залаже да се образовање омогући „svakom грађанину svakog друштва“. У Србији је, дакле, на снази позитивна и опсежна законска регулатива везана за процес инклузије, према којој је право на образовање без икакве дискриминације загарантовано свој deci. Ипак, постојане закона, нажалост, није и гаранција њихове доследне примене [6]. Наиме, иако су procedure у proteklih deset godina „у приличној мери utvrđene, а механизми за ostvarenje инклузивног образовања relativно јасни и lako доступни,“ и dalje не постоји објединјена база података о deci која су isključena из образовања [6]. Šто се toga tiče, procene nisu nimalo optimistične: smatra се да је van образовно-vaspitanog

sistema između 60 i 85 procenata dece sa smetnjama u razvoju i jedna do dve trećine dece iz siromašnih, odnosno pravno nevidljivih porodica (najčešće Romi), a ništa bolje stanje nije ni u drugim marginalizovanim grupama (deca bez roditeljskog staranja, sa hroničnim bolestima tipa HIV/AIDS, deca ulice i u sukobu sa zakonom i dr.), kojima je pristup obrazovanju ili znatno otežan ili čak u potpunosti onemogućen [6]. Zabeležen je, takođe, i niz poteškoća u praktičnoj primeni inkluzivnog obrazovanja, uključujući, između ostalog, probleme posvećivanja dovoljno pažnje detetu sa posebnim potrebama u odeljenju sa većim brojem učenika, izostanka vršnjačke podrške, koja se smatra presudnom za prihvatanje i uključivanje svakog deteta u svakodnevni školski život, ali i javno izraženog otpora roditelja kako dece sa posebnim potrebama i sposobnostima, tako i ostalih učenika [7].

Kao mesto koje objedinjuje bibliotečko-informacionu, kulturnu i obrazovno-vaspitnu delatnost, u savremenoj školi školska biblioteka ima značajnu i kompleksnu ulogu. Njeni zadaci ne samo da razvija i neguje čitalačke navike već i da se aktivno uključuje u ostvarivanje nastavnog plana i programa, obezbeđuje slobodan pristup informacijama i učestvuje u razvoju informacione pismenosti učenika. Ova njena uloga u skladu je i sa Manifestom za školske biblioteke Međunarodne federacije bibliotečkih udruženja ustanova i Uneska, po kome biblioteka „pruža svoje usluge podjednako svim učesnicima obrazovnog procesa u školi, bez obzira na uzrast, rasu, pol, veru, nacionalnost, jezik, profesionalni ili društveni status,“ i to u skladu sa Opštom deklaracijom Ujedinjenih nacija o ljudskim pravima [8].

Kao što je već istaknuto, jedna od najznačajnijih uloga školske biblioteke jeste rad sa učenicima sa posebnim potrebama, a nikako se ne sme zanemariti ni njen značaj u radu sa darovitom decom. Što se učenika sa posebnim potrebama tiče, „dete sa teškoćama u razvoju je dete sa posebnim potrebama, a dete sa posebnim potrebama je dete,“ [9] poremećaj u razvoju, dakle, ne sme da uslovi bilo kakav vid diskriminacije niti različit tretman ni od strane bibliotekara niti od ostalih korisnika biblioteke. Naprotiv, školska biblioteka mora da bude „mesto gde će se afirmisati pozitivni stavovi . . . mesto gde će se ta deca osećati prijatno, gde će se prema njima odnositi sa poštovanjem i prihvatanjem, mesto koje će biti podsticajno za njihov dalji razvoj [9]. Dalje, za pravilan razvoj kritičkog i kreativnog mišljenja učenika sa natprosečnim sposobnostima, od izuzetne je važnosti uloga biblioteke u obezbeđivanju informacija, usluga i materijala koji odgovaraju njihovim mentalnim i kreativnim sposobnostima [10]. Takođe, nadarena deca više čitaju i više se interesuju za čitanje od svojih vršnjaka pa su za njih programi čitanja, jezičkih veština, pisanja ili recitovanja, individualni ili grupni, koji se realizuju u školskoj biblioteci i uz aktivno učešće bibliotekara, odličan način ne samo za držanje pažnje već i savladavanje gradiva [11].

Prema tome, u radu sa učenicima sa posebnim potrebama i posebnim sposobnostima, između ostalog, uloga školske biblioteke ogleda se u sledećem:

- obezbeđivanje odgovarajućeg materijala za učenje koji odgovaraju učeničkim potrebama i pospešuju njihov individualni razvoj;
- pomoć pri usvajanju informacionih kompetencija, korak po korak, tempom koji odgovara individualnim učenicima i

omogućuje im da ovaj aspekt funkcionalne pismenosti što uspešnije savladaju;

- podrška učeničkoj samoafirmaciji: bibliotekar prihvata učenike onakve kakvi jesu, saoseća sa njima i nudi bezrezervno razumevanje;
- podrška učeničkoj socijalizaciji i vršnjačkom prihvatanju [12].

Da bi se ovi zadaci na najbolji način ostvarili, presudno je kreiranje inkluzivne atmosfere. Podrazumeva se da biblioteka najpre mora da raspolaze resursima i edukativnim materijalima koji odgovaraju različitim sposobnostima učenika, od onih sa smetnjama u razvoju do onih sa natprosečnim sposobnostima. Od presudne je važnosti i dobro obučen i kompetentan bibliotekar koji je sposoban ne samo da pruži potrebnu podršku i jednima i drugima već i da osmisli i plasira sadržaje koji će pospešiti socijalizaciju ove dece i time im omogućiti što potpuniju integraciju u redovan obrazovno-vaspitni sistem.

3. INTEGRACIJA UČENIKA SA POSEBNIM POTREBAMA I SPOSOBNOSTIMA

Ipak, jako je ohrabrujuće to što napretka definitivno ima. Naime, sa donošenjem ZOSOV-a 2009. [1] prestala je da se primenjuje „dugogodišnja praksa ispitivanja gotovosti deteta za polazak u školu“ što je odmah dovelo do toga da se broj dece iz romskih porodica i sa smetnjama u razvoju upisane u prvi razred poveća za oko 8,5 procenata [7]. Dalje, najnoviji rezultati, prezentovani novembra 2018. na konferenciji Inkluzivno obrazovanje – put razvoja obrazovanja Srbije, pokazali su da su, usled intenzivne podrške, kapaciteti institucija ojačani, da je broj učenika u školama, odnosno odeljenjima za decu sa smetnjama u razvoju konstantno u padu, da je školske 2017/18. preko 11.500 učenika radilo po individualnom obrazovnom planu, da se sve veći broj dece iz osetljivih grupa uključuje u obrazovno-vaspitni sistem i da su se mere afirmativne akcije pokazale kao naročito delotvorne kod dece romske nacionalnosti [13]. Po svemu sudeći, školski sistem u Srbiji polako ali sigurno prevazilazi prepreke za potpunu i doslednu integraciju učenika sa posebnim potrebama i sposobnostima u regularan nastavni proces, čime se ostvaruju njihova zakonom zagarantovana prava na ravnopravno i kvalitetno obrazovanje.

Da bi se kompleksan sistem inkluzije u obrazovanju u potpunosti sagledao, potrebno je razmotriti i koje su sve kategorije njime obuhvaćene i kako se njima pristupa. ZOSOV [1], naime, predviđa da se „otklanjanje fizičkih i komunikacijskih prepreka, prilagođavanje načina ostvarivanja školskog programa i izrada, donošenje i ostvarivanje individualnog obrazovnog plana“ obezbeđuje učenicima kojima je „usled socijalnih uskraćenosti, smetnji u razvoju, invaliditeta, teškoća u učenju, rizika od ranog napuštanja školovanja i drugih razloga potrebna dodatna podrška u obrazovanju i vaspitanju,“ ali i učenicima koji postižu „rezultate koji prevazilaze očekivani nivo obrazovnih postignuća,“ a donošenje individualnog obrazovnog plana (IOP-a) povereno je timu za inkluzivno obrazovanje, tj. pružanje dodatne podrške učeniku (vaspitač / nastavnik razredne nastave / nastavnik predmetne nastave, razredni starešina, stručni saradnik, roditelj/staratelj), odnosno pedagoškom kolegijumu. Međutim, u zakonu konkretne klasifikacije dece sa posebnim potrebama i sposobnostima – nema. Jednu od opsežnijih i sveobuhvatnijih podela ovog

termina donosi Jaranović [14], koja ove učenike deli u sledeće kategorije:

- učenici sa različitim smetnjama u razvoju (telesni, mentalni i senzorni poremećaji, pre svega sluha i vida, mentalna retardacija, cerebralna paraliza, epilepsija i dr.);
- učenici sa teškim hroničnim oboljenjima (pre svega HIV);
- učenici sa emocionalnim poremećajima (neuroze, psihoze i sl.);
- „deca pod rizikom“
- učenici sa poremećajem ponašanja (agresivno, antisocijalno i dr.);
- učenici iz kulturno, materijalno i socijalno ugroženih sredina (npr. Romi);
- deca bez roditeljskog staranja;
- učenici koji su zlostavljani, ometeni ratom, raseljeni, izbegli;
- nadarena deca (i to ne samo učenici sa natprosečnom inteligencijom, odnosno izraženim sposobnostima, već i deca sa nekim od navedenih hendikepa koja u određenoj oblasti ispoljavaju izuzetan potencijal.

Iz ove podele vidi se da deca sa posebnim potrebama i sposobnostima ne obuhvataju samo učenike sa teškoćama u razvoju već i one koji iz različitih razloga zaostaju u redovnom školovanju, ali i one koji se po nečemu izdvajaju iznad proseka. Uz to, Jaranović [14] insistira da je za sve njih zajedničko to što su marginalizovani ili čak segregirani. Pored toga, sve ove kategorije zahtevaju izradu IOP-a i poseban pristup u obrazovno-vaspitoj praksi.

4. SMERNICE I UPUTSTVA

Na osnovu navedenog, smatramo da je neophodno definisati sledeće smernice i uputstva za optimalno funkcionisanje i korišćenje školskih resursa u inkluzivnom okruženju:

- Donošenje odgovarajuće zakonske regulative i obezbeđivanje materijalnih sredstava. Rad sa decom sa posebnim potrebama i sposobnostima previše je značajan da bi se sveo na par redova u pravilniku o radu, pa da bi bilo kakav napredak bio moguć i da bi škole mogle da ostvare svoj puni potencijal u edukaciji ne samo dece sa posebnim potrebama i sposobnostima već i svih ostalih učenika, potrebna je odgovarajuća zakonska regulativa, kao i sistematska ulaganja u ovu oblast, koja su u ovom trenutku takođe neadekvatna.
- Obezbeđivanje odgovarajućih prostorno-kadrovskih mogućnosti.
- Nabavka i korišćenje odgovarajućih sredstava za rad. Školske biblioteke predstavljaju jedan od veoma bitnih činilaca u sistemu školstva, pa samim tim takođe igraju veoma bitnu u implementiranju inkluzije u školstvo. Jedna od obaveza školskih bibliotekara jeste i da ostvare saradnju sa nastavnicima kako bi blagovremeno obezbedili ne samo podršku obrazovno-vaspitoj procesu već i odgovarajuća nastavna sredstva [15]. Ovde spadaju asistivne tehnologije i softver: knjige štampane velikim fontom, audio knjige, knjige prilagođene učenicima sa gubitkom sluha i

disleksijom, slušni i komunikacioni uređaji, čitači teksta, programi za prepoznavanje glasa i sl. [16]. Podrazumeva se da je biblioteka pre svega tehnički opremljena za korišćenje ovih sredstava u svakodnevnom radu, a da bibliotekar zna kako da ih pravilno i na najbolji mogući način upotrebi.

- Potpuno i sistematsko uključivanje u obrazovno-vaspitoj proces. Ovo podrazumeva saradnju sa nastavnicima i realizovanje nastavnih sadržaja uz pomoć bibliotekara i/ili u okviru biblioteke.

U procesu praćenja inkluzivnog obrazovanja izazove još uvek predstavljaju međusektorska koordinacija u praćenju i izveštavanju o inkluzivnom obrazovanju, to što različiti resori koji prikupljaju podatke o deci i učenicima iz osetljivih grupa koriste različite klasifikacije i disagregacije podataka, kao i to što podaci često nisu razvrstani po relevantnim socio-ekonomskim karakteristikama i nema disagregiranih podataka o osetljivim grupama dece (pre svega o deci romske nacionalnosti i deci sa smetnjama u razvoju i invaliditetom).

5. ZAKLJUČAK

U Srbiji je inkluzija učenika sa posebnim potrebama i posebnim sposobnostima prepoznata kao jedan od strateških ciljeva obrazovno-vaspitoj sistema; shodno tome, škole imaju obavezu da upišu svako dete, prilagode način ostvarivanja školskog programa njegovim potrebama, najčešće putem individualnog obrazovnog plana, i otklone sve fizičke i komunikacijske prepreke njegovoj punoj integraciji u svakodnevni školski život.

Školska biblioteka, između ostalih faktora, kao središte informacione, kulturne i obrazovno-vaspitoj delatnosti škole, trebalo bi da ima značajnu ulogu u kreiranju inkluzivne atmosfere putem ne samo obezbeđivanja pristupačnog i prijatnog prostora i adekvatnih nastavnih sredstava već i direktnog, aktivnog uključivanja u rad sa decom sa posebnim potrebama i sposobnostima.

LITERATURA

- [1] Zakon o osnovama sistema obrazovanja i vaspitanja. (2019). https://www.paragraf.rs/propisi/zakon_o_osnovama_sistema_obrazovanja_i_vaspitanja.html
- [2] Konvencija protiv diskriminacije u obrazovanju. (1960). <http://cpd.org.rs/projects/odabrani-medjunarodni-instrumenti/konvencija-protiv-diskriminacije-obrazovanju/>
- [3] Konvencija o pravima deteta. (1989). https://www.unicef.org/serbia/media/3186/file/Konvencija_o_pravima_deteta.pdf
- [4] Opšta deklaracija o ljudskim pravima. (1948). [http://www.unhcr.rs/media/Opsta_deklaracija_o_ljudskim_pravima_\(1948\).pdf](http://www.unhcr.rs/media/Opsta_deklaracija_o_ljudskim_pravima_(1948).pdf)
- [5] Education for All. (2014). <https://www.worldbank.org/en/topic/education/brief/education-for-all>

- [6] Jovanović, M. (2014). Inkluzivno obrazovanje. Peščanik. <https://pescanik.net/inkluzivno-obrazovanje/>
- [7] Dug put od teorije do prakse. (2013). Vreme. <https://www.vreme.com/cms/view.php?id=1143206>
- [8] IFLA/UNESCO manifest za školske biblioteke. (2005). Glasnik NBS, 1, 419–422.
- [9] Danić Grbić, B. (2009). Rad u biblioteci sa decom sa razvojnim teškoćama. Beležnica, 13. <http://www.biblioteka-bor.org.rs/2009/05/razvojne-teskoce/>
- [10] Ali, M. E. A. (2018). School and public libraries and its role in supporting gifted students: Field study. *Life Science Journal*, 15(10), 101–111. doi: 10.7537/marslsj151018.12
- [11] Mulhern, J. D. (2003). The gifted child in the regular classroom. *Roeper Review*, 25(3), 112–115. doi: 10.1080/02783190309554211
- [12] Matsudo, H. (2008). School librarians' anticipated support for students with SEN: Using a Modified Ground Theory approach.
- [13] Inkluzivno obrazovanje – put razvoja obrazovanja Srbije. (2018). <http://www.mpn.gov.rs/inkluzivno-obrazovanje-put-razvoja-obrazovanja-srbije/>
- [14] Jaranović, K. (2017). Inkluzija dece sa posebnim potrebama u obrazovni sistem Srbije (diplomski rad). <https://fedorabg.bg.ac.rs/fedora/get/o:16447/bdef:Content/get>
- [15] Allen, K. L., & Hughes-Hassell, S. (2010). Meeting the needs of students with disabilities. *School Library Monthly*, XXVII(1), 52–54.
- [16] Janavicius, M. (2011). Special needs in the school library. https://margaretjanavicius.weebly.com/uploads/1/0/8/8/10884654/special_needs.pdf

LIKOVNO-EKOLOŠKE RADIONICE ZA DECU PREDŠKOLSKOG UZRASTA KAO SINTEZA UČENJA KROZ IGRU, LIKOVNOG I EKOLOŠKOG VASPITANJA

ENVIRONMENTAL ART WORKSHOPS FOR PRESCHOOLERS AS SYNTHESIS OF LEARNING THROUGH PLAY, ART AND ENVIRONMENTAL EDUCATION

Vera Virijević Mitrović, Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija, Odsek Pirot, Ćirila i Metodija 29, Pirot.

Sadržaj - U ovom radu predstavljen je značaj likovno-ekoloških radionica za decu predškolskog uzrasta kao dosad nedovoljno primenjen način integrisanja likovnih aktivnosti, fizičke aktivnosti na otvorenom, iskustvenog učenja, učenja kroz igru i sticanja osnova ekološkog vaspitanja kroz neposredan boravak u prirodi i dodir sa prirodnim ili reciklažnim materijalima. Rad nas uvodi u sintezu savremenih stavova o umetnosti okruženja i njenog pozitivnog uticaja na formiranje društvene svesti o ekološkim problemima današnjice, a potom analizira načine na koje se umetnost okruženja može sprovoditi kroz radionice sa decom predškolskog uzrasta. Prednost ovih radionica je prepoznavanje i primena prostornih celina i potrebe dece u vrtićima za slobodom kretanja i boravkom na otvorenom, onako kako je to predviđeno projektom „Godine uzleta“, dakle saobraznost predviđenim perspektivama razvoja predškolskih ustanova. U praksi razvijenih zemalja javlja se model radionice koju vodi afirmisani umetnik ove oblasti, prenoseći svoje pristupe na rad sa decom. Međutim, u cilju što većeg osvešćenja ekoloških pitanja i akcentovanja značaja ekološkog vaspitanja u vrtićima kroz praktične aktivnosti, u interesu našeg društva i akademske zajednice je da za ovu vrstu radionica pripremimo i praktično osposobimo što veći broj budućih vaspitača kao autore i vodiče tih radionica. Početni impuls dobijen kroz predavanja i vežbe na nastavi predmeta Likovno-ekološke radionice, studenti vaspitači će u budućoj praksi pretvarati u podrazumevani i nezaobilazni deo dečjih aktivnosti u prirodi.

Кljučне речи: Umetnost okruženja za decu. Likovno vaspitanje. Ekološko vaspitanje.

Abstract - This paper presents the importance of art-environmental workshops for preschool children as an underutilized way of integrating art activities, outdoor physical activity, experiential learning, learning through play and acquiring the basics of environmental education through direct stay in nature and contact with natural or recycled materials. The paper introduces us to the synthesis of contemporary views on environmental art and its positive influence on the formation of social awareness of today's ecological problems, and then analyzes the ways in which environmental art can be implemented through workshops with preschool children. The advantage of these workshops lies in the recognition and application of spatial units and the need of children in kindergartens for freedom of movement and being outdoors, as foreseen by the "Years of Ascension" project, thus in line with the foreseen perspectives for the development of preschool institutions. In the practice of developed countries, there is a model of a workshop led by an established artist in this field, transferring his approaches to work with children. However, in order to raise awareness of environmental issues and emphasize the importance of environmental education in kindergartens through practical activities, it is in the interest of our society and the academic community to prepare and practically train as many future educators as authors and guides of these workshops. The initial impulse received through the lectures and exercises during the Ecological Art Workshop course will be transformed by the student teachers in future practice into a default and inevitable part of children's activities in nature.

Keywords: Environmental art for children. Art education. Ecological education.

1. UVOD

Osnovi ekološkog vaspitanja u programu rada predškolskih ustanova u Srbiji sežu do smernica koje su se pojavile još 1975. godine Rezolucijom o ciljevima i zadacima vaspitno-obrazovnog rada na zaštiti i unapređenju životne sredine, da bi jasnije bile definisane do preporuka izraženih u programu Zelena planeta koje je razradio i klasifikovao u

nekoliko pravaca delovanja Emil Kamenov u istoimenoj knjizi 2006. god.[1] Suštinu tog savremenog pristupa ekološkom vaspitanju predškolaca u Srbiji objasnili bismo sledećim stavom: "Cilj ekološkog vaspitanja i obrazovanja u predškolskoj ustanovi ne odnosi se samo na sticanje znanja o životnoj sredini, već i na razumevanje prirodnih procesa koji se u njoj odvijaju i njihove uzajamne zavisnosti, razvijanja pozitivnog stava prema okolini, kao i ekološkog ponašanja.

Uloga i značaj vaspitača u savremenoj predškolskoj ustanovi ogledaju se u obezbeđivanju raznovrsnog životnog prostora, stvaranju podsticajne sredine za spoznavanje, razumevanje i razvijanje ekološke svesti kod dece i buđenju dečjih interesovanja za očuvanje prirodne sredine.“ [2] Polazeći od dosad prihvaćenih stavova o uticaju najpre porodice, a potom vaspitača u predškolskoj ustanovi na razvoj ekoloških stavova kod dece, nadograđujemo ih pretpostavkom da je najpogodniji pristup ekološkom vaspitanju i obrazovanju, vaspitanje kroz umetnost i učenje kroz igru. „Ekološka paradigma preobratala se od naučnog pozitivizma ka estetskoj paradigmi o disbalansu u prirodi i stalnim promenama koje imaju svoju paralelu u savremenoj umetnosti. Analogno promenama u savremenoj ekološkoj misli, prilazimo ekološkom vaspitanju dece ranog uzrasta kroz koncept vaspitanja putem umetnosti kao delatnosti koja se obraća afektivnom u čoveku.“[3] Sledimo princip po kome je „najprikladniji način za dubinsko i dalekosežno razvijanje ekološke svesti kod najmlađih, prihvatanje vrednosnih sistema očuvanja prirode kroz emotivnu, afektivnu sferu, putem metoda likovnog vaspitanja i izražavanja kroz praktično delovanje na polju ekološke umetnosti za decu.“[3]

Osmišljena kao niz praktičnih umetničkih aktivnosti na otvorenom, integrisana kroz umetnost, sinteza umetnosti i ekološkog vaspitanja pojavila se kao novina u nastavi na visokim školama za vaspitače u Srbiji počev od 2023. godine kada je ustanovljena kao izborni predmet Likovno-ekološke radionice oblasti Likovno vaspitanje akreditacijom aktuelnog programa osnovnih strukovnih studija smera strukovni vaspitač za rad sa decom predškolskog uzrasta ATVSS, Odsek Piroto. Ovaj predmet objedinjuje ekološko vaspitanje dece predškolskog uzrasta sa njihovim umetničkim aktivnostima, likovnim stvaralaštvom. Prethodno je oblast ekološkog vaspitanja na visokoškolskim ustanovama postojala kao deo metodike upoznavanja okoline, porodičnog vaspitanja – pedagogije, metodike fizičkog vaspitanja, što sve govori o integrativnosti ekološkog vaspitanja sa mnogim drugim oblastima, naročito, u predškolskom obrazovanju, umetnostima i veštinama.

2. POJAM UMETNOSTI OKRUŽENJA I NJEN VASPITNI POTENCIJAL KOD DECE PREDŠKOLSKOG UZRASTA

Ekološka umetnost (eko-umetnost, umetnost okruženja – *environmental art*) je umetnost sa svrhom, koju stvaraju umetnici koji se bave stanjem kako lokalne tako i globalne ekološke situacije. Umetnost okruženja možemo podeliti na nekoliko grana. *Umetnost u prirodi* – oblik umetnosti koji se uglavnom koristi u Evropi, podrazumeva stvaranje od prirodnih materijala koji se nalaze na licu mesta. Kao umetnička forma, umetnost u prirodi se više fokusira na estetiku nego na ekološki sadržaj. *Lend art (zemljana umetnost)* je rođen 60-ih i 70-ih godina dvadesetog veka i podrazumeva dela stvorena na otvorenom: na zemljinom tlu, vodi, snegu, stenama, reljefnim strukturama. Smatra se da je land art bio rana preteča eko-umetnosti koju danas poznajemo. *Eko-umetnost u zajednici* može pomoći u zbližavanju pojedinaca ili entiteta u zajednici kroz njihovo zajedničko poštovanje i ljubav prema svom okruženju; njome zapušteni i napušteni prostori dobijaju novi život i namenu. *Ekonvenšn*, termin skovan 1999. godine spaja reči *ekologija* (eco) i *pronalazak* (invention), kao grana umetnosti okruženja,

opisuje umetničke projekte koji fizički menjaju, transformišu lokalnu sredinu često primenjujući obnovljive izvore energije.

U praksi razvijenih zemalja zapadne Evrope likovne radionice eko-umetnosti za decu predškolskog uzrasta organizuju i vode umetnici koji već imaju ostvarenih dela u ovoj oblasti u pratnji i uz pomoć pedagoga i vaspitača. Radionice se organizuju tokom višednevnog boravka dece u prirodi. Realizuju se kroz sakupljanje i klasiranje prirodnog materijala, pronalaženje lokacije pogodne za nastanak lend-art struktura i organizovanje dece u kolektivnom radu. Njihov pozitivni učinak je mnogostruk jer deca boraveći u prirodi, razvijaju svoje fizičko i mentalno zdravlje, kroz organizovanu likovnu igru u kojoj formiranje likovne strukture, građenje i međusobna saradnja, doprinose razvoju motorike, spacijalne inteligencije, socio-emotivnoj stabilnosti, samopouzdanju, učvršćivanju odnosa u grupi [4]. Istovremeno u dodiru sa prirodom razvijaju pozitivne emocije i svest o značaju očuvanja čovekovog prirodnog okruženja. Ovaj rad teži da afirmiše razvoj kompetencija predškolskih vaspitača kao mentora dečjih likovno-ekoloških radionica.



Slika 1. Lend-art struktura od kamena, studentski rad.



Slika 2. Primer lend-art igre od kamena, studentski rad.

3. UČENJE KROZ IGRU I USVAJANJE MORALNIH I EKOLOŠKIH VREDNOSTI

„Igre pružaju mogućnost za unapređivanje i vežbanje skoro svih sposobnosti, od perceptivno-motoričkih (koordinacija oka i ruke, kretanja, spretnosti, i dr.), intelektualnih (npr. pamćenje, predviđanje, zaključivanje, rešavanje problema itd.), socio-emocionalnih (društenost, volja, empatija, obuzdavanje agresije i dr.), kao i sposobnosti komunikacije i stvaralaštva (u svim vidovima uz korišćenje medijuma svih umetnosti).“ tvrdi Kamenov [5]. „Razvoj kreativnih

sposobnosti u mlađem uzrastu (do 6. godine), nešto je brži od razvoja inteligencije. Sinkretičko mišljenje, sposobnost simboličkog predstavljanja, unutrašnja motivacija igre, objedinjena omnipotencijom dece predškolskog uzrasta – nepoznavanjem sopstvenih ograničenja, predstavljaju povoljne predušlove za njihovo aktivno i rado učeće u samostalnim i kolektivnim aktivnostima na polju ekoumetnosti. Zbog toga je potrebno ekološko vaspitanje u predškolskom uzrastu fundirati na dečjoj spontanoj igri i sposobnosti stvaralačkog izražavanja i rešavanja problema.”[3]

Likovno-ekološke igre pripadaju području oblikovanja i preoblikovanja prirodnih, poluoblikovanih i reciklažnih materijala i samom tehnikom i postupkom svrstavaju se u konstruktorske igre; pritom, konstruktorske igre u kojima ima mnogo mogućnosti za kombinatoriku i improvizaciju sa oblicima, za razliku od igara sa gotovim industrijskim kompletima. Konstruktorske igre prepoznajemo i u programu *Godine uzleta* kao otvorene igre i proširene igre, pri kojima se deca drže početne ideje, ali u sam tok igre unose i nove elemente, obogaćujući konstrukt igre. Konstruktorske igre u grupi doprinose moralnom vaspitanju dece jer od njih zahtevaju da međusobno saraduju i dele, usaglase različite želje ka istom cilju, da samim tim budu tolerantna i dobronamerna, nesebična i strpljiva, uporna i istrajna.[6] Pritom, ističemo značaj razvoja etičkog odnosa prema drugoj deci, kao i emocionalnog odnosa koje dete razvija prema prirodi boraveći i igrajući se u njoj. ”Sve što dete uči ili radi na ranom uzrastu pokrenuto je i obojeno nekom emocijom, tj. emocije su osnovni pokretači svake vrste delanja i od njih zavisi i krajnji ishod aktivnosti. Stoga za sam koncept održivosti nije toliko značajno samo šta će dete naučiti i usvojiti na kognitivnom planu, već kako će se osećati i koje će vrednosti usvojiti putem socijalnih interakcija koje ga okružuju.”[7] U pokretanju ideja za dečje likovno-ekološke aktivnosti i razvijanju ovog pozitivnog emocionalnog odnosa prema prirodi, ali i saigračima u grupi, ulogu preuzima kompetentan – ekološki nastrojen i likovno obrazovan vaspitač.

4. PRIMERI LIKOVNIH AKTIVNOSTI

Na časovima predavanja i vežbi Likovno-ekoloških radionica, prateći silabus, studenti su provedeni kroz veći broj tema, pristupa i praktičnih zadataka koji su inspirativni za rad sa decom predškolskog uzrasta. Uvedeni su u pojam i oblike ekološke umetnosti, primere efemerne umetnosti u pejzažu, radove u zemlji, blatu, kamenu i snegu, strukture sa grančicama, lišćem, cvećem i plodovima, na tlu ili u prostoru, trodimenzionalne graditeljske igre u pesku, kamenu, sa poluoblikovanim elementima od drveta i drugih prirodnih materijala, minijatura staništa i modele primitivnih kuća, zamišljajući dom za lutka, čovečuljka ili ljubimca (Slika 3). Otvoreno je pitanje benefita od baštovanstva u vrtiću, gde je izazov i uzor za likovne igre sa sadnjom cveća i povrća tradicionalna seoska bašta. Tema baštovanstva u vrtićima čeka na razradu u daljoj teoriji i praksi zbog višestruke koristi u vaspitanju dece, zbog jačanja dečjeg imuniteta igranjem i kopanjem po tlu, praktičnog upoznavanja sa korisnim jestivim biljkama i principima zdrave ishrane, uvođenja dece u radnu naviku staranjem o podlozi i zasadu i svim mogućim korelacijama koje se u ovoj temi otvaraju: sa metodikom poznavanja okoline, negom i ishranom dece, uvodom dece u

preduzimački i proizvodni način razmišljanja. U pogledu kulturno-istorijskih korena ekološke umetnosti i lend-arta, zašlo se do istraživanja ogromnih geoglifa, kao i drugih *šara na zemlji* koje su ostavili tzv. primitivni narodi, a koji će studentima i deci biti inspiracija za njihove šare na tlu, u pesku, nizanje kamenčića i ostale prostorne igre na otvorenom. Takođe, istraživali smo i ugledali se na staništa praistorijskih ljudi kao podsticaj za gradnju kućica od prirodnog materijala. U savremenoj umetnosti, osim veze sa savremenim lend-artistima, upoznali smo se sa tzv. siromašnom umetnošću, *arte povera*, kao i instalacijama koje na javnim prostorima savremeni umetnici ekološke orijentacije prave od reciklažnog materijala, pozivajući nas na razmišljanje o problemu nedovoljne reciklaže, gomilanja plastičnog i drugog otpada, klimatskih promena i dr. Poseban segment u projektima predviđenih radionica za decu posvećen je spoju ekološke umetnosti i nauke, pri čemu se naučno-tehnološka dostignuća u oblasti primene obnovljivih izvora energije: vetra, vode, sunca, predstavljaju deci u onom obliku i obimu koji deca mogu da shvate na jednostavnim primerima. U ovom segmentu radionica, deca prave jednostavne makete tih izuma – vetrenjača, zmaj, jedrenjak, kućica sa solarnom svetiljkom i sl, postavljaju ih u prostor i isprobavaju, da bi na primeru svog likovnog rada, tj. konstrukcije primenili usvojeno znanje o čistim izvorima energije. Svi primeri i teorija predstavljeni kroz predavanja izvedeni su u praktičnim individualnim ili grupnim radovima, koje možemo po načinu izvođenja i korišćenom materijalu da podelimo u dve grupe: a) radovi na otvorenom, izvedeni pronađenim i prikupljenim prirodnim materijalima, b) radovi izvedeni u kabinetu, oblikovanje od reciklažnog ili poluoblikovanog materijala.



Slika 3. Primer primitivnog minijaturnog staništa od prirodnih materijala, studentski i dečji rad.

5. ZAKLJUČAK: INTEGRATIVNOST LIKOVNO-EKOLOŠKIH RADIONICA I MOGUĆNOSTI PROJEKTOG PRISTUPA U RADU VASPITAČA

U radu Likovno-ekoloških radionica su, kao što se vidi iz navedenog, ispoštovani osnovni principi eko-umetnosti:

- 1) upotreba održivih materijala (prirodni materijali, reciklirani materijali),
- 2) veza između stvaralaca i sveta prirode,
- 3) umetnost kao medij koji podstiče ljude na promene od koristi za životnu sredinu,
- 4) ponovna upotreba i prenamena materijala koji bi inače bili odbačeni,
- 5) saradnja sa naukom.

Budućim vaspitačima preostaje da dečje likovno-ekološke aktivnosti prezentuju javnosti kao jedan oblik ekološkog aktivizma najmlađih, putem foto-dokumentovanja i izlaganja fotografija, učešćem u javnim projektima od značaja za društvenu zajednicu i plasiranjem radionica u javnom medijskom prostoru (lokalni časopisi, blog vrtića, društvene stranice, tv i radio).

Poredeći premise dobre organizacije prostora i materijala za rad likovno-ekoloških radionica za decu predškolskog uzrasta, uočavamo saobraznost sa preporukama za uređenje prostora u predškolskim ustanovama predviđenim aktuelnim programom *Godine uzleta* Ministarstva prosvete Republike Srbije pod pokroviteljstvom UNICEF-a.[8] Rad na otvorenom omogućava deci da se oslobode osećaja teskobe u zatvorenom prostoru vrtića, dozvoljava im preko potrebnu slobodu kretanja i mogućnost da napolju improvizuju, nadograđuju i menjaju igru. Prikupljanje i organizacija materijala na likovno-ekološkim radionicama identična je organizaciji prostorne celine za konstruisanje po *Godinama uzleta*; takođe, produkti likovno-ekoloških radionica mogu sasvim logično da budu primenjeni u bilo kojoj od prostornih celina savremenog vrtića: prostornoj celini za vizuelno izražavanje, za muziku i pokret (instrumenti od plodova i reciklažnih materijala), senzornoj, celini za osamljivanje i skrivanje, kinestetičkoj itd. Najevidentnije poklapanje koncepta Likovno-ekoloških radionica sa ovim programom je preporuka da deca u igri umesto gotovih igračaka koriste improvizovane materijale, plodove, lišće, grančice, poluoblikovane materijale, da se u vrtiću nalaze elementi prirode: biljke, teksture kore, kamena, organski oblici, da postoji kutak za baštovanstvo u dvorištu vrtića itd. Koncept Likovno-ekoloških radionica prati zahteve savremenog pristupa vaspitanju predškolske dece i tendenciju reintegracije prirode u čovekovo životno okruženje, život po ekološkim standardima razvijenih zemalja sveta, pri čemu se poklapa sa preporukama UNICEF-a jer neguje odnos prema zdravom razvoju deteta kroz okrenutost igri, spontanim aktivnostima, uvažava detetov avanturistički i istraživački duh, detetovu začudnost i divergentno stvaralačko mišljenje u graditeljskim strukturama ekološke umetnosti.

Po mogućnosti povezivanja sa drugim oblastima dečjeg vaspitanja i obrazovanja, Likovno-ekološke radionice pružaju vaspitaču mogućnost integrisanja više oblasti u multidisciplinarnе projekte, poštujući i u potpunosti otelotvoravajući holistički pristup vaspitanju dece predškolskog uzrasta. Preporuka je dolazećim generacijama vaspitača da u svojoj praksi iskoriste potencijal Likovno-ekoloških radionica za projekte u vaspitno-obrazovnim ustanovama i istovremeno povećaju vidljivost i značaj svog rada, dečjeg likovnog stvaralaštva i dečjeg ekološkog aktivizma u široj društvenoj zajednici.



Slika 4. *Studenti u procesu rada u reciklažnom materijalu.*

LITERATURA

- [1] E. Kamenov, *Zelena planeta*, Novi Sad: Dragon, 2004.
- [2] V. Minić, “Ekološke aktivnosti predškolske dece u funkciji očuvanja prirode”, *Zbornik radova Učiteljskog fakulteta Leposavić*, 14, pp. 229-239, 2020.
- [3] V. Virijević Mitrović, “Ekološko vaspitanje dece predškolskog uzrasta kroz umetnost”, *Zbornik XXVII Međunarodne eko-konferencije Zaštita životne sredine gradova i prigradskih naselja*, Novi Sad: Ekološki pokret Novog Sada, 2023, pp. 230-238.
- [4] V. Virijević Mitrović, “Izazovi likovnog vaspitanja dece predškolskog uzrasta u izolaciji tokom pandemije COVID-19; studija slučaja dece koja su period izolacije provela u prirodi”, *Niš: Zbornik radova ATVSS*, 2022, pp. 224-227.
- [5] E. Kamenov, *Dečja igra*, Beograd: Zavod za udžbenike, 2009, pp. 29.
- [6] I. Apostolović, “Dečja igra u predškolskim programima /kurikulumima u R Srbiji i R Hrvatskoj u funkciji moralnog razvoja i vaspitanja dece ranog uzrasta”, *Krugovi detinjstva*, 1, Novi Sad: Visoka škola strukovnih studija za obrazovanje vaspitača Novi Sad, 2022, pp. 28-38.
- [7] S. Marić Jurišin, *Implikacije ekoloških programa na socioemocionalni razvoj dece predškolskog uzrasta iz perspektive održive zajednice*, doktorska disertacija, Novi Sad: Univerzitet u Novom Sadu, Filozofski fakultet, 2014, pp. 22.
- [8] D. Pavlović Breneselović, Ž. Krnjaja, S. Backović, *Vodič za uređenje prostora u dečjem vrtiću*, Beograd: Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja, 2022.

TEORIJSKI I PRAKTIČNI АРЕКТИ ЕКСPLICITNOG I IMPLICITNOG PODUČAVANJA I UČENJA

THEORETICAL AND PRACTICAL ASPECTS OF EXPLICIT AND IMPLICIT TEACHING AND LEARNING

Maja Stanojević Gocić, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Vranje, Filipa Filipovića 20, Vranje.*

Sadržaj - Rad predstavlja teorijski i praktičan uvid u eksplicitno i implicitno učenje i nastavu stranog jezika, uz naglašavanje primera iz nastavne prakse. Posebno se ističe distinkcija između učenja i usvajanja stranog jezika, kao i činjenice da se u tom smislu eksplicitno učenje stranog jezika posmatra kao proces koji se odvija svesno, dok se implicitno učenje, s druge strane, odvija na nesvesnom, odnosno podsvesnom nivou. Uz to se u mnogim društvenim naukama, poput pedagogije i ekonomije, podvlači razlika između eksplicitnog znanja i implicitnog ili nemog znanja. U tom pogledu, podučavanje ili nastava stranog jezika može biti organizovana u vidu direktnog, eksplicitnog prezentovanja nastavnih sadržaja ili na indirektan način, implicitno, u okviru date nastavne aktivnosti. Poseban osvrt u radu dat je eksplicitnom i implicitnom podučavanju strategija učenja jezika.

Кljučне речи: Učenje. Eksplicitno. Implicitno. Podučavanje. Nastava. Strategije učenja.

Abstract - This paper is concerned with both theoretical and practical insight into explicit and implicit learning and teaching of a foreign language, emphasizing the examples from educational practice. The distinction between learning and acquisition of a foreign language is particularly highlighted, as well as the fact that in this sense, explicit learning of a foreign language is seen as a process that takes place consciously, while implicit learning, on the other hand, takes place at an unconscious or subconscious level. In addition, in many social sciences, such as pedagogy and economics, the difference between explicit knowledge and implicit or tacit knowledge is also outlined. In this regard, instruction or foreign language teaching could be organized in the form of a direct, explicit presentation of the content, or in an indirect way, i.e., implicitly, by means of the given educational activity. A special insight in the paper is given to explicit and implicit teaching of language learning strategies.

Keywords: Learning. Explicit. Implicit. Teaching. Instruction. Learning strategies.

1. UVOD

Učenje (eng. *learning*) i podučavanje (eng. *teaching*) mogu se odvijati na eksplicitan i implicitan način. Eksplicitno i implicitno predstavljaju kompleksne teorijske konstrukte koji prožimaju kako proces učenja (eng. *learning*), tako i proces usvajanja (engl. *acquisition*) ne samo stranog jezika ili drugog jezika (engl. *Second Language Acquisition - SLA*), već i engleskog jezika struke (engl. *English for Specific Purposes - ESP*). Pomenuti koncepti impliciraju primenu različitih metoda i pristupa u nastavi (eng. *instruction*), a međusobno se razlikuju po načinu na koji se znanje usvaja i primenjuje.

Teorijski i praktični aspekti primene različitih metoda eksplicitnog i/ili implicitnog podučavanja stranog jezika (engl. *Foreign Language Teaching - FLT*) mogu značajno uticati na uspeh studenata, i stoga je razumevanje ovih razlika ključno za organizaciju i planiranje nastavnih aktivnosti. S tim u vezu, u ovom radu biće razmotreni kako teorijski, tako i praktični koncepti eksplicitnog i implicitnog učenja u kontekstu nastave stranog jezika, sa osvrtom na njihove prednosti, nedostatke i mogućnost međusobnog nadovezivanja, odnosno

dopunjavanja. U tom pogledu, kako bi omogućili uvid u pojmove eksplicitne i implicitne nastave, neophodno je postaviti teorijski okvir eksplicitnog i implicitnog znanja.

2. ЕКСPLICITNO I IMPLICITNO ZNANJE

U pedagoškim naukama posebno se potencira postojanje eksplicitnog i implicitnog (tacitnog, prećutnog) znanja u okviru teorije profesionalnog znanja nastavnika, koje se definiše na sledeći način. U radu [1] se objašnjava da je eksplicitno znanje formalno i sistematizovano, da se relativno lako prenosi, odnosno deli sa drugim ljudima, jer ga čine podaci koji se mogu jasno definisati i preneti, kao što su uputstva ili teorijska znanja. S druge strane, tacitno znanje je neformalno, bazirano na ličnom iskustvu, veštinama i tehnikama stečenim kroz praksu, često kroz pokušaje i greške. Ovo znanje je teško objašnjivo i stoga pomalo nejasno, pa je njegov prenos izuzetno težak. U suštini, tacitno znanje je subjektivno i teško se verbalizuje, dok je eksplicitno znanje objektivnije, te je samim tim lako deljivo i prenosivo [1]

Eksplicitno i implicitno jezičko znanje pominju se u kontestu ne samo pedagogije, već i ekonomije i menadžmenta.

U nastavi stranih jezika eksplicitno jezičko znanje je ono koje se dobija eksplicitnim učenjem, dok se implicitno znanje po pravilu generiše implicitnim usvajanjem jezika.

3. UČENJE I USVAJANJE JEZIKA

Dok je eksplicitno učenje vezano za formalno učenje jezika, implicitno učenje se prvenstveno odnosi na usvajanje jezičkih veština koja se odvija spontano i nesvesno, na osnovu izloženosti jezičkom inputu bez formalnih instrukcija.

Harmer [2] navodi da je Krašen [3] osamdesetih godina prošlog veka, sugerisali postojanje dihotomije između usvajanja i učenja. Usvajanje se odvija na podsvesnom nivou, a na tom istom principu deca usvajaju svoj maternji jezik. Nasuprot njemu, učenje je svestan proces u toku kojeg se različiti delovi jezika najpre izučavaju i analiziraju, a zatim i uvežbavaju kroz praksu. [2]

Pomenuta dihotomija se objašnjava na sledeći način [4]. Naime, podela na učenje i usvajanje bazirana je na ideji da usvajanje jezika nastaje iz prirodne upotrebe jezika, potpuno nesvesno i spontano. Kada se jezik usvaja iz različitih jezičkih izvora i komunikativnih situacija, usvajaju se i njegova pravila na slučajan način. Kod usvajanja fokus je na razumevanju poruke, a ne na jezičkoj formi. U tom pogledu, u spontanim jezikim kontekstima jezik se usvaja na gotovo identičan način na koji izvorni govornici usvajaju svoj maternji jezik.

Prema tome, usvajanje rezultira implicitnim jezičkim znanjem, koje je uz to nesvesno, jer proizilazi iz prirodnog, implicitnog učenja, koje je intuitivno i podsvesno, a rezultira sposobnošću da se jezik koristi spontano, i po tome se razlikuje od eksplicitnog učenja koje počiva na principima formalnog učenja i svesnog poznavanja pravila [4].

4. EKSPPLICITNO UČENJE I PODUČAVANJE

Eksplicitno učenje podrazumeva svesno i analitičko usvajanje jezičkih pravila, putem prezentovanja nastavnih sadržaja, davanja direktnih objašnjenja i formalnih instrukcija, uključujući i korigovanje grešaka. U kontekstu stranog jezika, to znači da studenti direktno uče gramatička pravila, vokabular i sintaksu uz svesnu pažnju usmerenu na jezičke norme i njihovu primenu. Eksplicitno učenje je često povezano s tradicionalnijim metodama podučavanja, kao što su direktna, detaljna objašnjenja i uputstva iz oblasti gramatike, poput upotrebe vremena, ili vežbe prevođenja. U tom smislu, eksplicitna nastava je u tesnoj vezi sa formalnim učenjem jezika u učionici, kao što je to slučaj, na primer, sa eksplicitnim učenjem izgovora reči. U formalnim nastavnim okvirima, eksplicitno učenje vokabulara podrazumeva davanje eksplicitnih definicija koje objašnjavaju značenje termina i njihovih prevodnih ekvivalenata.

Uvežbavanje jezičkih struktura uključuje svest o pravilima i direktno upoznavanje sa njima. Pošto su studenti upoznati kako jezik funkcioniše i kako da pravilno koriste jezičke oblike, ispravljanje njihovih grešaka predstavlja svojevrsan odgovor na napore studenata da proizvedu ciljani oblik. Prema tome, kada student napravi grešku, nastavnik će je korigovati i objasniti pravilnu upotrebu, kao na primer pravilnu upotrebu vremena. Na taj način student dobija direktne (eksplicitne) povratne informacije (engl. *feedback*). Korektivne povratne informacije mogu biti i indirektno (implicitno), kada nastavnik predočava pravilnu strukturu studentu, bez davanja direktne indikacije da je načinjena greška [5].

U prednosti eksplicitnog učenja ubrajamo brze rezultate, kao i jasne, direktne i precizne povratne informacije o

greškama, što može ubrzati proces učenja. Na taj način studenti mogu brzo naučiti određena pravila, što im omogućava i da neposredno primene ispravne jezičke oblike.

S druge strane, fokus eksplicitne nastave nije na komunikaciji. Iako se pravila mogu brzo naučiti, eksplicitne metode učenja mogu biti manje efikasne u govornim situacijama koje zahtevaju spontanost i fleksibilnost. Ograničena primena u stvarnim situacijama, kao što su razgovori sa izvornim govornicima, ukazuje na činjenicu da eksplicitno učenje može dovesti do memorisanja pravila, ali ne nužno i do usvajanja jezika u komunikativnim kontekstima koji zahtevaju pragmatičku kompetenciju. S tim u vezi, eksplicitno učenje može dovesti do bržeg usvajanja određenih jezičkih struktura, posebno na početnim nivoima, kada učenici nemaju dovoljno iskustva sa učenjem jezika da bi neposredno shvatili i usvojili jezička pravila na spontan način [5].

5. IMPLICITNO UČENJE I PODUČAVANJE

Dok se eksplicitno učenje bazira na formalnom učenju, implicitno učenje se zasniva na nesvesnom usvajanju jezika u najširem smislu, a realizuje se kroz upotrebu jezika u prirodnim, komunikativnim kontekstima. Ono se zasniva na svakodnevnom korišćenju drugog ili stranog jezika, u prirodnom jezičkom okruženju, putem izlaganja (engl. *exposure*), kao što je razgovor sa izvornim govornicima, čitanje tekstova na stranom jeziku ili slušanje audio materijala. U tom smislu, studenti uče bez potrebe za svesnim razmišljanjem o pravilima. S druge strane, implicitno učenje podrazumeva da se vokabular usvaja nenamerno (engl. *incidental vocabulary learning*), kada prilikom slušanja ili čitanja student pogađa značenja nepoznatih reči iz konteksta, analize delova reči ili drugih raspoloživih indicija i informacija koje postoje u tekstu ili van njega, kada se koristi opšte, odnosno prethodno znanje da bi se došlo do značenja [4].

Implicitno učenje predstavlja indikaciju za nesvesno usvajanje jezičkih struktura i obrazaca pomoću jezičkog inputa. Izlaganje stranom jeziku i upotreba jezika u stvarnim situacijama se promovise kroz ovaj proces, koji je često prirodniji i spontaniji jer svesna pažnja nije usmerena na gramatička pravila. Studenti, naime, usvajaju jezik kroz praksu, imitaciju ili izlaganje u jezičkom okruženju, slušanjem audio materijala, gledanjem video sadržaja, čitanjem stranica na internetu, itd. Pored toga, nastavnici ih mogu podsticati da koriste jezik u kontekstu, poput simulacija, igranja uloga (engl. *role-playing*), korišćenja igara i drugih aktivnosti koje omogućuju primenu jezika u realnim životnim situacijama. Na primer, igranje specifičnih uloga u engleskom jeziku medicinske struke može dovesti do uvežbavanja tipičnih dijaloga i opštih komunikacijskih procesa koji se odvijaju na relaciji medicinska sestra – lekar, kao i medicinska sestra – pacijent.

Međutim, iako je ovaj vid učenja na prvi pogled prirodniji, implicitno učenje može se odvijati sporije i biti manje efikasno za učenje specifičnih jezičkih veština, koje podrazumevaju precizno korišćenje gramatičkih struktura, te ovaj pristup može biti izazovan za studente koji nemaju dovoljno prilika da koriste jezik u realnim situacijama.

Važna odlika implicitnog učenja je nedostatak eksplicitnih gramatičkih pravila i struktura, pošto studenti jezik usvajaju intuitivno, kroz izlaganje verbalnom ili pisanom inputu, a ne kroz svesnu analizu jezika. U nedostatku formalnih instrukcija, studenti se, po pravilu, oslanjaju na osećaj. U tom procesu ne razmišljaju o pravilima, već jednostavno uče kroz ponavljanje

i imitaciju. U pogledu vokabulara, oni implicitno sami otkrivaju značenja reči pomoću strategija otkrivanja značenja. Implicitno učenje karakteriše i činjenica da omogućava studentima da razviju tečnost i fleksibilnost u komunikaciji, što je ključno za postizanje visokog nivoa jezičke kompetencije, naročito u govoru [6], [7].

Pošto se neizbežno nameće pitanje koje je učenje efikasnije i u kojim segmentima, najčešće se u nastavnoj praksi pribegava njihovoj kombinaciji.

Harmer [2] naglašava da je Krašen smatrao da se nastavnici moraju usredsrediti na usvajanje u većoj meri nego na učenje. U skladu s tim, treba da obezbede da studenti budu izloženi jeziku u dovoljnoj meri, a naročito u formi tzv. razumljivog inputa (engl. *comprehensible input*), koji predstavlja jezik koji studenti u najvećoj meri razumeju, a koji je neznatno iznad jezičkog znanja koje poseduju.

Izloženost jeziku koja doprinosi njegovom usvajanju jedan je od principa komunikativnog pristupa u nastavi. To je savremeni pristup koji se zasniva na implicitnom učenju kao prirodnoj sposobnosti koju poseduje svaki čovek da jednostavno, putem komunikacije, usvoji jezik bez eksplicitne nastave ili bilo kakvih instrukcija, i to pomoću slušanja i čitanja materijala kao oblika izloženosti jeziku. Uz postojanje mogućnosti da jezik koriste u pisanoj i usmenoj komunikaciji u dovoljnoj meri, studenti će na taj način implicitno apsorbovati jezik i njegove jezičke zakonitosti [2].

Prema tome, komunikativni pristup u nastavi (engl. *Communicative Language Teaching - CLT*) se fokusira na jezičke funkcije, a ne na učenje gramatičkih struktura, obrazaca i vokabulara, pošto u njemu nema gramatički kontrolisanog jezika, već prenošenja poruka i stvarnih komunikativnih aktivnosti [8].

6. KOMBINACIJA EKSPPLICITNE I IMPLICITNE NASTAVE

Harmer [2] potencira da korigovanje grešaka kao tipičnu odliku eksplicitnog učenja treba koristiti da bi se prostudiralo neko pravilo i analizirala njegova upotreba, jer je njegov primarni cilj pojašnjenje. Harmer dalje navodi da se ispravljanje grešaka ne može koristiti pri govornim vežbama, u konverzaciji ili grupnoj diskusiji. Tada neposredno i nametljivo ispravljanje postaje ne samo netaktilno, već i grubo prekida tok nastavne aktivnosti i uglavnom proizvodi inhibirajuće dejstvo na studente u trenutku kada svim silama pokušavaju da aktiviraju svoje jezičko znanje. Takođe, ovaj autor ističe da treba biti oprezan u pogledu ispravljanja jer to može uticati na samopouzdanja studenata ili na kontrolu njihovih emocija, može ih čak uznemiriti i imati negativno dejstvo u većoj meri nego što predstavlja oblik pomoći koju pruža nastavnik.

Prema tome, iako eksplicitno i implicitno učenje imaju svoje prednosti i mane, mnogi istraživači i nastavnici smatraju da kombinacija oba pristupa može biti ujedno i najefikasnija i najpraktičnija. Po pravilu, mogu se koristiti eksplicitne metode za uvođenje osnovnih jezičkih obrazaca, a nakon toga implicitne tehnike koje omogućavaju primenu tih pravila u stvarnom jezičkom kontekstu.

U tom pogledu, za uspostavljanje balansa između eksplicitnog i implicitnog učenja, Spada [8] naglašava da je potrebno uspostaviti ravnotežu unutar komunikativnog pristupa, i to onu koja omogućava integraciju direktnije nastave jezika (uključujući gramatičke, leksičke i socio-pragmatičke karakteristike) sa komunikativnim veštinama.

Takođe, autor ukazuje na to da bi nastavnici trebalo da koriste eksplicitno učenje za objašnjenje gramatičkih pravila i struktura, ali da se istovremeno poveća izlaganje jeziku kroz komunikativne aktivnosti koje podstiču implicitno usvajanje. U tom smislu, Elis [5] smatra da nastava mora biti prevashodno usmerena na razvijanje implicitnog znanja o drugom ili stranom jeziku, ne zanemarujući pritom eksplicitno znanje.

Primeru radi, nastavnici mogu započeti čas objašnjenjem gramatičkog pravila (eksplicitno učenje), a zatim studente uputiti na aktivnosti koje im omogućavaju da koriste to pravilo u praktičnim situacijama (implicitno učenje). Takođe, konverzijske vežbe, simulacije i samostalni projektni zadaci mogu pružiti studentima priliku da razvijaju jezičke veštine kroz implicitno učenje, dok im eksplicitna objašnjenja pomažu da razjasne sve nesigurnost i jezičke dileme.

Kombinacija eksplicitne i implicitne nastave uspostavlja svojevrsan balans između svesti o pravilima i procesa korišćenja tih pravila po automatizmu. Eksplicitna uputstva mogu pomoći studentima da postanu svesni jezičkih pravila, dok implicitne aktivnosti omogućavaju automatsko, odnosno nesvesno korišćenje tih pravila u govoru i pisanju. Ovaj balans može omogućiti studentima da postanu precizni i kreativni u pogledu jezika, dok istovremeno zadržavaju prirodnu sposobnost za njegovu spontanu upotrebu.

Eksplicitno učenje je korisno za razumevanje formalnih aspekata jezika, dok implicitno učenje doprinosi tečnosti (engl. *fluency*), razumevanju i primeni jezika u svakodnevnim situacijama, pa samim tim i poboljšanju jezičkih veština. Kombinovanjem oba pristupa, studenti mogu razviti sveobuhvatan jezički repertoar.

7. EKSPPLICITNO I IMPLICITNO UČENJE I PODUČAVANJE STRATEGIJAMA UČENJA JEZIKA

Ne postoji jedinstvena i opšteprihvaćena definicija strategija učenja jezika zbog njihove kompleksnosti i raznovrsnosti. One su deo strategije učenja kao šir eg pojma i posmatraju se kao specifični koraci koje učenik preduzima ko bi olakšao i unapredio proces učenja. Strategije učenja su posebni alati koji se koriste u učenju da bi ga učinili lakšim, bržim, jednostavnijim, efikasnijim i primenljivijim na nove situacije, dok strategije učenja jezika studenti koriste da bi unapredili, pospešili i olakšali rešavanje jezičkih zadataka [9].

Strategije mogu biti posebne misli, ili oblici ponašanja svesne ili podsvesne mentalne operacije, uključujući i razvoj kritičkog mišljenja, posebne tehnike, poput onih koje se koriste prilikom čitanja, postupci ili radnje, uključujući i fizičke aktivnosti, poput zapisivanja nove reči ili traženja njenog značenja u rečniku, štampanom ili elektronskom.

Strategije učenja jezika se dele na kognitivne, metakognitivne i socio-afektivne [9], a na osnovu jezičkih veština mogu se podeliti i na strategije čitanja, pisanja, slušanja, govora, i strategije učenja vokabulara.

Podučavanje studenata strategijama učenja jezika u cilju razvoja njihove metakognitivne svesti doprinosi tome da studenti kasnije stečena znanja mogu primenjavati samostalno; a s obzirom da je učenje jezika kontinuirani proces, sa razvojem jezičkih veština i komunikativne kompetencije treba nastaviti i van učionice, odnosno nakon položenog ispita [10]. Studenti mogu biti podučavani strategijama učenja jezika eksplicitno ili implicitno, u okviru date nastavne aktivnosti, ali su istraživanja pokazala da je eksplicitno podučavanje efikasnije [11].

Studenti koji su metakognitivno svesni svog strateškog ponašanja znaju kako ono utiče na ishode učenja [10]. Podučavanje studenata strategijama učenja, odnosno strateška obuka (engl. *strategic training*) kao termin koji koristi Oksford [12], implicira efikasnu primenu strategija u različitim kontekstima u kojima bi one ostvarile svoju svrhu. Studentima bi to omogućilo da uspešno koriste dostupne informacije za laže svaladavanje gradiva, kao i za prevazilaženje specifičnih problema u učenju. Uz to, strateški input može da postane i sastavni deo kurikuluma [11].

Ovakve ciljane strateške intervencije od strane nastavnika potencijalno mogu pomoći u optimizaciji upotrebe strategija na osnovu potreba studenata, poboljšavajući ishode učenja. Nastavnici treba da uzmu u obzir specifične potrebe i karakteristike svojih učenika kada planiraju čas. Na primer, stariji učenici ili oni sa višom jezičkom kompetencijom mogu imati koristi od strategija koje podstiču dublju obradu informacija i zaključivanje, dok će ostalima pružati više podrške kod osnovnih strategija, kao što su tehnike brzog pregledanja teksta u potrazi za ključnim podacima, odnosno bitnim informacijama, ili za razumevanja opšte poruke teksta.

Koraci eksplicitnog podučavanja koje predlaže Oksford [12] su: određivanje potreba studenata i dostupnog vremena; adekvatan odabir strategija; integrirani pristup podučavanju strategija; podsticanje motivacije; priprema materijala i aktivnosti za sprovođenje; sprovođenje podučavanja, i, na samom kraju, evaluaciju podučavanja i obnavljanje naučenog.

8. ZAKLJUČAK

Efikasnost eksplicitnog i implicitnog učenja zavisi od ciljeva nastave i stepena veština koje studenti poseduju. Eksplicitno učenje je efikasno za učenje jezičkih pravila, naročito na početnim nivoima, kao i za razvijanje pismenih veština. Implicitno učenje je efikasnije za razvijanje jezičkog instinkta, spontanosti i tečnosti, naročito u govoru. Idealno bi bilo koristiti oba pristupa u sinergiji, kako bi se obuhvatili različiti aspekti učenja u cilju postizanja visokog nivoa jezičke kompetencije.

Prema tome, kompleksno pitanje efikasnosti eksplicitnog i implicitnog učenja zavisi od nekoliko faktora, uključujući ciljeve nastave, tip jezika koji se uči, starosti učenika, njihove jezičke kompetencije, kao i specifičnih veština koje se žele razviti. Iako oba pristupa imaju svoje prednosti i slabosti, efikasnost učenja zavisi prvenstveno od konteksta primene metoda i tehnika, kao i specifičnih ciljeva nastave.

U okviru celoživotnog učenja, studenti moraju biti osposobljeniji da znaju kako da uče, kako da organizuju sopstveno učenje i primenjuju adekvatne strategije učenja u posebnim situacijama, uključujući poznavanje osnova eksplicitnog i implicitnog učenja, koji predstavljaju dva različita, ali komplementarna pristupa učenju i podučavanju

Dok eksplicitno učenje omogućava studentima da brzo usvoje jezička pravila i strukture, implicitno učenje ih usmerava ka razvijanju intuitivnog jezičkog osećaja i spontanosti. Kombinovanjem oba pristupa, nastavnici mogu stvoriti efikasan nastavni okvir koji studentima omogućava da

razviju sveobuhvatne jezičke veštine, koje su ključne za uspešno korišćenje stranog jezika ili jezika struke u svakodnevnoj komunikaciji.

LITERATURA

- [1] P. Živković, "Tacitno znanje nastavnika - prolegomenski pristup". In Zbornik radova Filozofskog fakulteta u Prištini, 43-2, pp. 41-62, 2013.
- [2] J. Harmer, *How to teach English*, Pearson Longman, 2007.
- [3] S. D. Krashen and T. D. Terrell, *The natural approach: Language acquisition in the classroom*. Oxford: Pergamon, 1983.
- [4] M. Stanojević Gocić, *Strategije učenja i usvajanja vokabulara u funkciji razvijanja veštine čitanja u nastavi engleskog jezika struke*, doktorska disertacija. Kragujevac: Univerzitet u Kragujevcu, 2017.
- [5] R. Ellis, "Instructed Second Language Acquisition: A Literature Review", *Language Teaching Research*, vol. 9, no. 1. pp. 1-32. 2005.
- [6] R. M. DeKeyser, "Implicit and explicit learning". In C. Doughty & M. Long (Eds.), *The Handbook of Second Language Acquisition*, Oxford: Blackwell, pp. 313-348, 2003.
- [7] P. Robinson, Individual differences and the fundamental similarity of implicit and explicit adult language learning, *Language Learning*, 47, 45-99, 1997.
- [8] N. Spada, "Communicative language teaching: Current status and future prospects. In J. Cummins & C. Davison (Eds.), *International handbook of English language teaching* 22 Boston, MA : Springer Science & Business Media, pp. 271-288, 2007.
- [9] J. M. O'Malley and A. U. Chamot, *Learning Strategies in Second Language Acquisition*, Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
- [10] M. Stanojević Gocić i D. Trajković, "Savremeni koncepti u nastavi i učenju u visokom obrazovanju: opšti pregled", Zbornik radova, Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija, pp. 199-202, 2023.
- [11] M. Stanojević Gocić, "The use of language learning strategies by the students of English for Specific Purposes aimed at improving their knowledge of English", *Knowledge, International Journal*, vol. 4, pp. 481-485, 2014.
- [12] R. L. Oxford, *Language Learning Strategies: What Every Teacher Should Know*, New York: Newbury House /Harper & Row, 1990.



PRAVNE POSLEDICE NEZAKONITOG OTKAZA UGOVORA O RADU

LEGAL CONSEQUENCES OF ILLEGAL TERMINATION OF THE EMPLOYMENT CONTRACT

Aleksandar Petković, *Akademija tehničko-vaspitačkih струковних студија - Одсек Вranje, Filipa Filipovića 20, Vranje.*

Sadržaj - U ovom radu prikazane su pravne posledice prestanka radnog odnosa bez pravnog osnova. Prvi deo rada analizira vraćanje na rad zaposlenog, dok se u drugom delu definiše i pojašnjava naknada štete. Treći deo obrazlaže uplatu doprinosa za obavezno socijalno osiguranje nakon nezakonitog prestanka radnog odnosa.

Ključne reči: Otkaz ugovora o radu. Vraćanje na rad – reintegracija. Naknada štete. Prava zaposlenih.

Abstract - This paper presents the legal consequences of termination of employment without a legal basis. The first part of the paper analyzes employee's return to work, while the second part defines and explains compensation for damages. The third part describes the payment of contributions for mandatory social security after the illegal termination of employment.

Keywords: Termination of employment contract. Return to work – reintegration. Compensation for damages. Employees' rights.

1. UVOD

Prestanak radnog odnosa bez pravnog osnova, odnosno nezakonit otkaz je situacija u kojoj poslodavac prekida radni odnos radnika suprotno zakonskim odredbama koje uređuju radnopravne odnose. Materija radnopravnih odnosa je delikatna jer je radnik slabija strana, te bi pravda i pravičnost trebalo da budu ideali prilikom regulisanja.

U Srbiji, ova tema je regulisana Zakonom o radu, i to pre svega odredbama koje regulišu osnove odnosno razloge za otkaz ugovora o radu, postupak za otkaz, pravo na otkazni rok kao i posledice nezakonitog otkaza. Dalje, Zakon o parničnom postupku reguliše postupke pred sudovima u radnim sporovima, a Ustav kao najviši pravni akt garantuje pravo na rad i pravično suđenje. Takođe, Srbija je članica Međunarodne organizacije rada (ILO) čime se obavezala na primenu konvencija o zaštiti radnika.

Na prvi pogled, deluje da je zaposleni po više osnova zaštićen i da je zaštita zaposlenih osigurana, međutim praksa nam govori da je to oblast koja bi trebalo da se stalno unapređuje sa sveprisutnom nejednakošću između poslodavaca i radnika.

Iako Zakon o radu precizno propisuje osnove prestanka pravnog odnosa, dešava se da poslodavac učini grešku, te da dođe do materijalnopravne ili procesnopravne nezakonitosti. U tom slučaju zaposleni se može obratiti sudu, te zaštititi svoja prava pravnosnažnom sudskom odlukom u svoju korist, kada i nastaju pravne posledice nezakonitog otkaza [1].

2. RAZLOZI ZA OTKAZ UGOVORA O RADU

Prema članu 179. Zakona o radu, razlozi za otkaz ugovora o radu postoje u sledećim slučajevima:

- ako za to postoji opravdani razlog koji se odnosi na radnu sposobnost zaposlenog i njegovo ponašanje (zbog neostvarivanja rezultata rada ili ako nema potrebna znanja i sposobnosti za obavljanje poslova na kojima radi; pravosnažno je osuđen za krivično delo na radu ili u vezi sa radom; zaposleni se ne vrati na rad kod poslodavca u roku od 15 dana od dana isteka roka mirovanja radnog odnosa, to jest neplaćenog odsustva),
- zaposleni svojom krivicom učini povredu radne obaveze (nesavesno ili nemarno izvršava radne obaveze; ako zloupotrebi položaj ili prekorači ovlašćenja; ako sredstva rada koristi necelishodno i neodgovorno; ukoliko ne koristi, nenamenski koristi obezbeđena sredstva ili opremu za ličnu zaštitu na radu; kad zaposleni učini drugu povredu radne obaveze utvrđenu opštim aktom, odnosno ugovorom o radu),
- zaposlenom koji ne poštuje radnu disciplinu (neopravdano odbije da obavlja poslove i izvršava naloge poslodavca u skladu sa zakonom; zaposleni ne dostavi potvrdu o privremenoj sprečenosti za rad; ako zloupotrebi pravo na odsustvo zbog privremene sprečenosti za rad; dolazak na rad pod dejstvom alkohola ili drugih opojnih sredstava, odnosno upotrebljava alkohol ili druga opojna sredstava u toku radnog vremena, a koje ima ili može imati uticaj na obavljanje posla; ukoliko njegovo ponašanje predstavlja radnju izvršenja krivičnog dela

učinjenog na radu i u vezi sa radom, nezavisno od toga da li je protiv zaposlenog pokrenut krivični postupak za krivično delo; dao je netačne podatke koji su bili odlučujući za zasnivanje radnog odnosa; ukoliko zaposleni koji radi na poslovima sa povećanim rizikom, gde je kao poseban uslov za rad predviđena posebna zdravstvena sposobnost, odbije da se podvrgne oceni zdravstvene sposobnosti; zaposleni ne poštuje radnu disciplinu koja je propisana aktom poslodavca, to jest ako je ponašanje zaposlenog takvo da ne može nastaviti rad kod poslodavca; ako odbije da se odazove pozivu poslodavca da izvrši analizu u ovlašćenoj zdravstvenoj ustanovi na okolnosti zloupotrebe prava u slučaju bolesti i utvrđivanja alkoholisanosti ili korišćenja opojnih droga)

- kada postoji opravdani razlog koji se odnosi na potrebe poslodavca (kad zbog ekonomskih, tehnoloških ili organizacionih promena prestane potreba za obavljanjem određenog posla ili dođe do smanjenja obima posla; ako odbije zaključenje aneksa ugovora) [2].

3. REINTEGRACIJA ZAPOSLENOG

Odluka kojom je pravnosnažno poništeno rešenje o otkazu deluje retroaktivno, te se tako zaposleni nalazi u radnog odnosu kod poslodavca – tuženog prema prvobitno zaključenom ugovoru o radu. Sporno rešenje ne utiče na važenje ugovora o radu te tako poslodavac može samo aneksom rasporediti zaposlenog – tužioca na odgovarajuće radno mesto, bez zaključivanja novog ugovora o radu [3].

U praksi, formalno sprovođenje izvršenja pravnosnažne sudske odluke može da se ostvariti i donošenjem bilo kog akta upućenog zaposlenom kao što su poziv zaposlenom, odluka ili rešenje.

Vraćanje zaposlenog na rad povlači sa sobom mnogo pitanja, a pre svega pitanje na koje se radno mesto zaposleni može rasporediti. Zakon o radu predviđa vraćanje na odgovarajuće radno mesto, odnosno radno mesto koje odgovara stepenu i vrsti stručne spreme zaposlenog.

Međutim, sudska praksa ukazuje da sud ne može obavezati poslodavca da zaposlenog rasporedi na poslove koji odgovaraju njegovoj stručnoj spremi i sposobnosti. Takva odluka bi predstavljala bitnu povredu odredaba parničnog postupka jer se radi o odlučivanju o zahtevu koji nije u nadležnosti suda. Ovakvo odlučivanje spada u domen isključivog odlučivanja poslodavca, u zavisnosti od potreba procesa i organizacije rada [4].

3.1. Procesnopravna nezakonitost otkaza

U slučaju procesnopravne nezakonitosti, kada sud utvrdi da je postojao osnov za prestanak radnog odnosa, ali da je poslodavac postupio suprotno odredbama zakona kojima je propisan postupak za prestanak radnog odnosa, sud će odbiti zahtev zaposlenog za vraćanje na rad i dosudiće zaposlenom na ime naknade štete iznos do šest zarada zaposlenog.

Postoje mišljenja da se novim zakonskim rešenjem pogoduje poslodavcu, te da se praktično podržava njegovo nezakonito ponašanje [5]. U zakonu nisu određeni kriterijumi na osnovu kojih će se sud u budućnosti rukovoditi prilikom dosuđivanja naknade štete, odnosno da li će dosuditi jednu ili šest zarada. Sve to potencijalno može da izazove pravnu nesigurnost [6].

Ukoliko nije postojao osnov za prestanak radnog odnosa, ali u toku postupka poslodavac dokaže da postoje okolnosti koje opravdano ukazuju da nastavak radnog odnosa, uz uvažavanje svih okolnosti i interesa obe strane u sporu nije moguć, sud će odbiti zahtev zaposlenog da se vrati na rad i dosudiće mu naknadu štete u iznosu od 36 zarada zaposlenog.

4. NAKNADA ŠTETE

Šteta koju je zaposleni pretrpeo jeste šteta zbog neostvarivanja zarade zbog otkaza koji nije bio zakonit. Naknada štete u smislu Zakona o radu ima za cilj da uspostavi pređašnje imovinsko stanje za zaposlenog, pre nego što je šteta nastupila.

Naknada štete je pre svega propisana Zakonom o obligacionim odnosima, dok je naknada štete zbog nezakonitog otkaza regulisana Zakonom o radu. Iako je izvorni princip odštetnog prava integralna naknada štete, Zakon o radu pravi odstupanje pribegavanjem insitutu paušalne naknade.

U slučaju nezakonitog otkaza zaposleni ima pravo na naknadu štete u visini izgubljene zarade a koja u sebi sadrži pripadajući porez i doprinose u skladu sa zakonom.

U ovu naknadu ne ulazi naknada za ishranu u toku rada, regres zbog korišćenja godišnjeg odmora, bonusi, nagrade i druga primanja po osnovu doprinosa poslovnom uspehu poslodavca. Ova naknada se zaposlenom isplaćuje u visini izgubljene zarade, umanjene za iznos poreza i doprinosa obračunatim po osnovu zarade u skladu sa zakonom. Takođe, ovako obračunata naknada se umanjuje za iznos prihoda koji je radnik ostvario po osnovu rada, po prestanku radnog odnosa, kao i za iznos naknade koju je zaposleni u utuženom periodu primao preko Nacionalne službe za zapošljavanje [7].

Međutim, presudom Apelacionog suda u Beogradu iz 2019. godine utvrđeno je da naknada za slučaj privremene nezaposlenosti koju je zaposleni primao od Nacionalne službe za zapošljavanje posle dobijanja nezakonitog otkaza do vraćanja na rad ne može biti osnov za umanjenje štete koju zaposleni trpi po osnovu izgubljene zarade. Ovo stoga što se to ne smatra prihodom ostvarenim radom, i to bez obzira da li je taj iznos vraćen NSZ ili nije [8].

4.1. Naknada štete umesto reintegracije

Zaposleni ima pravo izbora. On može tražiti da se ne vrati na rad, a da mu poslodavac umesto toga naknadi štetu u iznosu od 18 zarada zaposlenog, tzv. supstitucionu naknadu. Sud u toku postupka može utvrditi da je radni odnos prestao bez pravnog osnova, te na osnovu zahteva zaposlenog da se ne vrati na rad obavezati poslodavca da zaposlenom isplati naknadu štete u iznosu od 18 zarada zaposlenog. Sud će ceniti vreme provedeno u radnom odnosu kod poslodavca, godine života i broj izdržavanih članova porodice. U ovom slučaju zaposleni mora priložiti odgovarajuće dokaze. Neki autori ovu naknadu smatraju „cenom za odustanak od reintegracije” [9].

Naknada štete umesto reintegracije supstituiše pravo radnika na vraćanje na rad, te tako nema za cilj uspostavljanje imovinskog stanja zaposlenog pre nego što je šteta nastala. Ovakva naknada oslobađa poslodavca od vraćanja zaposlenog na rad ako zaposleni ne insistira na tome.

Jedan vid naknade štete ne uslovljava niti ograničava drugi, te tako naknada štete zbog izgubljene zarade u punom obimu

ne utiče na mogućnost traženja i paušalan iznos naknade štete umesto reintegracije.

Pojedini autori smatraju nelogičnim da se i naknada štete usled izgubljene zarade i supstituciona naknada umanjuju za iznos prihoda koji je zaposleni ostvario po osnovu rada nakon prestanka radnog odnosa, jer se može desiti da se zaposlenom po istom prihodu obe naknade mogu umanjiti [10].

4.2. Naknada nematerijalne štete

Pravna priroda odluke poslodavca za koju je utvrđeno da je nezakonita nema značaja u radnom sporu za naknadu štete, to jest da li je odluka o prestanku radnog odnosa nezakonita iz formalnih ili materijalnopravnih razloga. Međutim, kod nematerijalne štete je stepen krivice poslodavca ipak bitan.

Naime, po članu 200 Zakona o obligacionim odnosima, ako je radni odnos prestao nezakonito i to tako što je poslodavac zloupotrebio prava da odlučuje o statusu zaposlenog i to iz šikanoznih razloga odnosno motiva, a to je dovelo do trajnijeg narušavanja psihičke ravnoteže zaposlenog, isti može ostvariti i pravo na naknadu nematerijalne štete [11].

5. DOPRINOSI ZA OBAVEZNO SOCIJALNO OSIGURANJE

Prema članu 191 st. 2 i 4 Zakona o radu, porez i doprinos za obavezno socijalno osiguranje za period u kome zaposleni nije radio obračunava se i plaća na utvrđeni mesečni iznos izgubljene zarade zaposlenog kome je nezakonito prestao radni odnos [12].

Postavlja se kao pitanje i šta je sa kamatom na poreze i doprinose? Porezi i doprinosi za obavezno socijalno osiguranje za vremenski period u kome zaposleni nije radio se obračunavaju i plaćaju na utvrđeni mesečni iznos izgubljene zarade. Ovi iznosi su javni prihod, te ih poslodavac ne sme isplaćivati zaposlenom, već isključivo na račun za uplatu javnih prihoda.

Kada bi zaposleni u svom tužbenom zahtevu obuhvatio ove iznose, sud bi takav zahtev odbio kao neosnovan, jer je uplata doprinosa za penzijsko i invalidsko osiguranje javni prihod i javno-pravno potraživanje, a ne obligaciono-pravni zahtev [13].

6. ZAKLJUČAK

Zaštita zaposlenih princip je koji je u srži namere zakonodavca prilikom regulisanja ove delikatne materije. Radnici su istorijski neravnopravna strana te je uvek potrebno težiti uspostavljanju ravnoteže između zaposlenog i poslodavca. Pravna regulacija ovih odnosa utiče i na socijalnu stabilnost društva u celini.

Radni sporovi traju dugo i nose veliku neizvesnost za zaposlenog koji je otkazom već ostao bez prihoda. Takvi

sporovi se iz mnogo razloga prolongiraju, te zaposleni koji je tužilac u sporu tek nakon okončanja spora u svoju korist može osetiti neku satisfakciju. Uz pravilno regulisanje instituta naknade štete, zaposlenom se pored satisfakcije obezbeđuje i naknada za izgubljeno. Uređivanje ove problematike zahteva obazriv pristup koji treba da uzima u obzir i širi socijalni kontekst.

Takođe, presuda kojom bi se utvrdilo da je poslodavac doneo nezakonito rešenje o otkazu potencijalno može da utiče i na reputaciju kompanije, u uslovima kada je fluktuacija zaposlenih sve izraženija. Tako je i za poslodavca od velike važnosti da je upoznat sa svim posledicama donošenja takve presude, da bi istu izbegao.

Ispravnim regulisanjem ove materije i sagledavanjem svih pravnih posledica nezakonitog otkaza uporedo se štite obe strane u ovom pravnom odnosu.

LITERATURA

- [1] V. Marković, *Pravo i privreda* 2015, vol. 53, br. 4-6, str. 853.
- [2] Zakon o radu, član 179.
- [3] Presuda Vrhovnog kasacionog suda, Rev2 168/2021 od 23. juna 2021. god.
- [4] Presuda Apelacionog suda u Beogradu br. Gž1 99/2019 od 13. februara 2019. god.
- [5] Komentar izmena i dopuna Zakona o radu („Sl. Glasnik RS”, br 24/2005, 61/2005, 54/2009, 32/2013, 75/2014).
- [6] V. Marković, *Pravo i privreda* 2015, vol. 53, br. 4-6 str. 864
- [7] Zakon o radu, čl. 191 st. 2, 3 i 9.
- [8] Presuda Apelacionog suda u Beogradu br. Gž1 413/2017 od 23. maja 2019. god.
- [9] Zoran Ivošević, Milan Ivošević, *Komentar Zakona o radu*, Beograd, 2007, str. 391.
- [10] Bojana Simonović – sudija Osnovnog suda u Kragujevcu, <https://www.otvorenavratapravosudja.rs teme/ostalo/naknada-stete-zbog-nezakonite-odluke-o-prestanku-radnog-odnosa>
- [11] Zakon o obligacionim odnosima, čl. 200.
- [12] Zakon o radu čl. 191 st. 2 i 4
- [13] Presuda Apelacionog suda u Beogradu, Gž1 858/2019 od 23. januara 2020. god.

PREDNOST MIRNOG REŠAVANJA INDIVIDUALNOG RADNOG SPORA ADVANTAGE OF PEACEFUL RESOLUTION OF INDIVIDUAL LABOR DISPUTE

Milica Mladenović, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija, Beogradska br. 18 Niš.*

Sadržaj - U ovom radu prikazana je prednost i značaj mirnog rešavanja individualnog radnog spora. Rad podeljen je u dve glavne celine. U prvom delu rada definisan je teorijski i zakonodavni okvir radnog spora i individualnog radnog spora kao deo radnog spora. U drugom delu rada analizirana je pravno ekonomski značaj mirnog rešavanja individualnog radnog spora.

Ključne reči: Radni spor. Metod za rešavanje radnih sporova. Zaposleni.

Abstract - This paper shows the advantage and importance of a peaceful resolution of an individual labor dispute. The paper is divided into two main parts. In the first part of the paper, the theoretical and legislative framework of the labor dispute and individual labor dispute as part of the labor dispute is defined. In the second part of the paper, the socio-economic importance of the peaceful resolution of individual labor disputes is analyzed.

Keywords: Labor dispute. The method for an individual labor dispute settlement. Employees.

1. UVOD

Radni odnos predstavlja posebnu vrstu društveno – ekonomskih i svojinskih odnosa koji nastaju povodom upotrebe živog (tekućeg) rada i kapitala.

Rad je važan deo života svakog ljudskog bića. On daje suštinsku dimenziju kvalitetu života, pre svega zbog vremena koje čovek provede radeći (pretežni deo životnog veka), zatim zbog socijalne integracije i samopoštovanja pojedinca koji se radom ostvaruje. Prema Hegelu, rad je „osnovno zbivanje čovekovog života, kao zbivanje koje trajno i stalno vlada celim bićem čoveka, pri čemu se menja i samo njegovo biće“. Rad je *sine qua non* svim radno angažovanim licima, i osnovni, egzistencijalni cilj radno sposobnim licima koja su u voljnoj ili nevoljnoj nezaposlenosti. Globalno, ekonomska i socijalna sigurnost na radu i u životu je univerzalna težnja [1].

Sa aspekta pozitivnog prava, radni odnos je dobrovoljni pravni odnos zaposlenog i poslodavca, sa pravima, obavezama i odgovornostima utvrđenim zakonom, kolektivnim ugovorom ili drugim aktom [2].

Vršenjem prava iz radnog odnosa, poslodavac i zaposleni mogu doći u situaciju da među njima dodje do spora.

2. RADNI SPOROVI

2.1. Pojam spora

Termin „spor“ potiče od reči „sporiti se“ što znači: ne slagati se sa nekim o nečemu i nastojati da sopstveno mišljenje ili tvrdjenje nametne drugome nametne kao jedino tačno i ispravno. Spor je naslaganje dva subjekta u jednom životnom odnosu od kojih jedan nešto tvrdi, a drugi nastoji da njegovo tvrdjenje opovrgne.

Spor, kao životna situacija, nije regulisan pravom. U običnom životu sporovi se rešavaju najčešće verbalno, u

skladu sa pravilima pristojnosti, mada nisu retke situacije da se sporovi rešavaju i fizičkim obračunavanjem [3].

Da bi spor dobio atribut „pravni“, potrebno je da nastane prilikom zasnivanja, tokom trajanja, ili prilikom prestanka pravnog odnosa. S obzirom na prirodu predmeta spora, oni mogu biti raznovrsni, te tako spor može biti građanskopravni, upravni, krivični, radnopravni, premda postoje i drugi sporovi. Bez obzira na raznovrsnost sporova, neposredni predmet svakog od njih će biti ili činjenično pitanje (kada postoji sporna činjenica odnosno, postoji nesaglasnost strana o postojanju ili značaju neke činjenice), ili pravno pitanje (kada se radi o nespornoj činjenici ali među stranama u sporu postoje kontradiktorna shvatanja o tome kakvo dejstvo ona proizvodi [4].

2.2. Pojam i vrste radnog spora

Radni spor je spor koji proističe iz radnog odnosa, i do njega može doći između zaposlenog i poslodavca ili sindikata i poslodavca, to jest udruženja poslodavaca, povodom povrede prava ili interesa, odnosno neizvršavanja obaveza iz radnog odnosa.

Podela radnih sporova se vrši i s obzirom na materijalna i formalna obeležja radnog spora [5].

S obzirom na materijalna obeležja, a to su stranke i predmet spora, mogu se podeliti na individualne i kolektivne radne sporove, dok se s obzirom na formalna obeležja, odnosno organe koji će rešavati, kao i sam postupak rešavanja radnog spora, mogu se podeliti na radne sporove koji su podobni da ih rešava sud i one koji su podobni da se rešavaju u postupku mirnog rešavanja radnih sporova (mirenja, posredovanja ili arbitraže).

Kolektivnim ugovorom kod poslodavca se uređuju prava, obaveze i odgovornosti iz radnog odnosa i međusobni odnosi učesnika kolektivnog ugovora [6].

Osnovne karakteristike kolektivnog radnog spora su:
a) nastaju povodom povrede ili ugrožavanja, odnosno uređivanja, primene ili tumačenja kolektivnih prava, obaveza ili interesa iz rada i po osnovu rada;

b) subjekti kolektivnog radnog spora mogu biti sindikat, organizovana grupa radnika na jednoj i poslodavac, ili udruženje poslodavaca na drugoj strani;

v) rešavaju se mirnim putem, u postupku pred sudom ili upotrebom radikalnih sredstava radne borbe [7].

Individualni radni spor predstavlja spor koji je nastao u vezi sa radom i koji može nastati između zaposlenog i poslodavca odnosno između dvoje zaposlenih [6].

3. INDIVIDUALNI RADNI SPOR

3.1. Pojam

U teoriji i praksi ne postoji jedna opšteprihvaćena definicija individualnog radnog spora. Tako, po jednom shvatanju, pod individualnim radnim sporom se podrazumeva spor između zaposlenog i poslodavca u vezi sa zaključivanjem, postojanjem ili prestankom individualnog ugovora o radu, koji se rešava pred nadležnim sudom ili drugim organom u zakonom uređenom postupku [8].

Prema drugom shvatanju, individualni radni spor je spor između zaposlenog i poslodavca, povodom povrede zakonom priznatog individualnog prava iz radnog odnosa i po osnovu rada tokom njegovog trajanja, po njegovom prestanku, kao i u vezi sa njegovim zasnivanjem, koji se vodi pred nadležnim sudom u utvrđenom postupku, a po tužbi zaposlenog [9].

Po trećem shvatanju, individualni radni spor je onaj spor koji nastaje između pojedinog radnika i preduzeća, odnosno poslodavca povodom utvrđivanja ili ostvarivanja i zaštite individualnog, pojedinačnog i ličnog prava, interesa, odnosno obaveze iz radnog odnosa [1].

Dakle, individualni radni spor je uvek pravni spor jer suprotstavlja pojedinog poslodavca i zaposlenog u vezi sa predmetom individualnog ugovora o radu, i sastoji se u isticanju kontradiktornih zahteva stranaka, a povodom zaštite i ostvarivanja pojedinačnog prava, interesa ili obaveze iz radnog odnosa [10].

3.2. Subjekti individualnog radnog spora

Osnovni subjekti radnog spora jesu zaposleni i poslodavci. S obzirom na činjenicu da radni spor nastaje zbog povrede prava iz radnog odnosa koji se zasniva između zaposlenog i poslodavca, samim tim suprotstavljene strane u sporu jesu zaposleni i poslodavac. Imajući u vidu materijalnu stranu radnog spora, tj. činjenicu da konflikt nastaje zbog prava iz radnog odnosa, i smisao radnog odnosa da se zasniva između radnika i poslodavca radi trajnog vršenja rada, sve upućuje da se kod radnog spora mora raditi o sukobu dve ugovorne strane radnog odnosa radnika i poslodavca. Dakle, subjekti radnog spora u pravom smislu reči su jedino suprotstavljene socijalni partneri zaposleni i poslodavac [12].

3.3. Metod rešavanja individualnog radnog spora

Rešavanje individualnih radnih sporova je kao što je opštepoznato od izuzetnog značaja za očuvanje socijalnog mira samim tim i za funkcionisanje radnih odnosa i radne sredine.

Radnici su se pojedinačnim putem borili za zaštitu i ostvarivanje svojih prava iz radnog odnosa i to najpre pred redovnim sudovima, a početkom 19. veka pojavljuju se i prvi socijalizovani organi za to – radni sudovi (u Francuskoj je prvi radni sud formiran 1806. godine, a ubrzo su slični organi organizovani i u Belgiji, Holandiji, Luksemburgu, delovima Nemačke i nekim Švajcarskim kantonima) [11].

Istovremeno razvijaju se i autonomne (vansudske) procedure za mirno rešavanje ovih sukoba (u Francuskoj, Engleskoj, Holandiji). Interesantno je da su u to vreme sudovi sporadične kolektivne sporove svodili na individualne, tako što je svaki radnik učesnik kolektivnog spora morao da se individualnim zahtevom obrati sudu [12].

U rešavanju sporova između poslodavaca i zaposlenih koriste se različiti metodi. Način rešavanja zavisi od toga za koji se od postojećih metoda strane opredele.

Dva osnovna načina za rešavanje radnih sporova jesu:

- Sudsko rešavanje radnih sporova i
- Vansudsko (mirno) rešavanje radnih sporova.

U Republici Srbiji u skladu s pozitivnim radnim materijalnim i procesnim zakonodavstvom individualni radni sporovi se mogu rešavati na dva načina:

- 1) U prethodnom (predsudskom) postupku na miran način;
- 2) U sudskom postupku.

Prethodni postupak se odvija i okončava kroz metod posredovanja, mirenja ili arbitraže pred Republičkom agencijom za mirno rešavanje radnih sporova.

Sudski postupak se vodi pred sudovima opšte nadležnosti.

4. (MIRNO) REŠAVANJE RADNIH SPOROVA

Iako se veruje da je sudsko rešavanje radnih sporova najsigurniji metod rešavanja radnih sporova, alternativni odnosno vansudski način rešavanja danas dobija sve više na značaju.

Metodi mirnog (dobrovoljnog i prinudnog) rešavanja kolektivnih radnih sporova imaju dugu tradiciju. Potvrdili su svoju efikasnost i vodili smanjenju troškova, a učešće stranaka u rešavanju spora učinilo ih je prihvatljivijim od sudskog rešavanja.

U okviru metoda mirnog rešavanja radnih sporova postoje sledeći metodi rešavanja radnih sporova mirnim putem. To su:

- a) mirenje,
- b) posredovanje, i
- v) arbitraža.

Posebni značaj u pogledu mirnih metoda ima institucionalizacija, odnosno osnivanje javnih službi za mirenje, od kojih je posebno značajna Republička Agencija za mirno rešavanje radnih sporova koja je osnovana Zakonom o mirnom rešavanju radnih sporova o kome će se svakako govoriti u toku rada.

Republika Srbija spada u države u kojima za rešavanje radnih sporova nema posebno specijalizovanih (radnih) sudova, već iste rešavaju sudovi opšte nadležnosti. Potreba za ustanovljavanjem radnih sudova i posebnog zakona o

postupku u radnim sporovima je u više navrata argumentovano od strane naučnih i stručnih radnika koji se bave radnim materijalnim i procesnim pravom. I dalje je aktuelna inicijativa Ministra za rad, boračka i socijalna pitanja da se uvedu radni sudovi za koje se smatra da bi brže i efikasnije rešavali nastale konflikte povodom rada između poslodavaca i zaposlenih.

Zakonom o mirnom rešavanju radnih sporova podrazumevaju sporovi povodom:

- 1) otkaza ugovora o radu;
- 2) radnog vremena;
- 3) ostvarivanja prava na godišnji odmor;
- 4) isplate zarade/plate, naknade zarade/plate i minimalne zarade u skladu sa zakonom;
- 5) isplate naknade troškov za ishranu u toku rada, za dolazak i odlazak sa rada, regresa za korišćenje godišnjeg odmora i druge naknade troškova u skladu sa zakonom;
- 6) isplate otpremnine pri odlasku u penziju, jubilarne nagrade i drugih primanja u skladu sa zakonom;
- 7) diskriminacije i zlostavljanja na radu
- 8) otkaza ugovora o radu;
- 9) radnog vremena;
- 10) ostvarivanja prava na godišnji odmor;
- 11) isplate zarade/plate, naknade zarade/plate i minimalne zarade u skladu sa zakonom;
- 12) isplate naknade troškova za ishranu u toku rada, za dolazak i odlazak sa rada, regresa za korišćenje godišnjeg odmora i druge naknade troškova u skladu sa zakonom;
- 13) isplate otpremnine pri odlasku u penziju, jubilarne nagrade i drugih primanja u skladu sa zakonom;
- 14) diskriminacije i zlostavljanja na radu [13].

5. PRAVNO-EKONOMSKI ZNAČAJ MIRNOG REŠAVANJA RADNOG SPORA

Mirno rešavanje individualnih radnih sporova, odnosno postupak arbitraže, nesporno ima niz prednosti naspram sudskog načina rešavanja radnih sporova. Da bi se govorilo o njoj kao jednom uspešnom mehanizmu rešavanja određenog individualnog radnog spora, neophodno je ukazati na činjenice koje su uslov uspešne arbitraže a to su:

- 1) dobrovoljnost-strane u sporu su slobodne da odluče o pristupanju arbitraži,
- 2) dostupnost –arbitražni sistem rešavanja radnih sporova dostupan strankama bez velikih troškova;
- 3) efikasnost –arbitražni postupci fleksibilni i adekvatni za konkretno pitanje;
- 4) nepristrasnost – donosioci odluka jednako postupaju prema strankama prilikom odlučivanja;
- 5) smanjenje konflikata, odnosno ceo postupak dovodi do prijateljskih odnosa među stranka i doprinosi njihovom uzajamnom poštovanju;
- 6) konačnost – u slučaju postignutog dogovora, postupak je jednostepen, konačan i izvršan [14]

Arbitraža je najekonomičniji i najefikasniji pristup pravdi, posebno imajući u vidu da ne postoje radni sudovi. Zbog toga bi trebalo bi sistemski i kontinuirano afirmisati prednosti mirnog rešavanja radnih sporova i najširu javnost upoznati sa jednostavnom i pristupačnom procedurom mirnog rešavanja radnih sporova.

Postupci pred arbitračom su znatno brži, efikasniji i manje koštaju strane u sporu. Ključ za pokretanje ovakvog postupka je dobrovoljnost strana u sporu. Za državu bi takođe bilo važno da se radni sporovi reše pred Agencijom jer se mogu uštedeti nepotrebni troškovi. Ovde sve vreme postoji i traju pregovori, razgovori i ne prekidaju se. Nastoji se da se dođe do mirnog rešenja spora i na kraju, kada se dođe do rešenja spora nema poraženog ili pobednika kao što je slučaj sa sudskom presudom.

Nadalje jedna od jako bitnih i velikih prednosti je konačnost i izvršnost isprave kojom se okončavaju pregovori pred Arbitražom [15].

Primenom metoda mirnog rešavanja radnost spora dolazi do ušteda na vremenu, finansijama i povećava se pravna sigurnost jer vrlo često sprovodi pred sudom znaju da potraju i po nekoliko godina uprkos načelu hitnosti u postupanju.

Upuštanjem u mirno rešavanje radnog spora, nijedna strana u sporu nema obavezu predujma troškova, dok bi pokretanjem postupka pred sudom strana koja pokrene spor morala da plati sudsku taksu za podnošenje tužbe.

Ukoliko bi tužbu podneo zaposleni i platio predviđene troškove on bi i time sebe i svoju porodicu dovela u finansijski nezavidniju situaciju. Iz tih razloga, kao i od strana od odmazde od strane poslodavca, zaposleni vrlo često odustaju od sudske zaštite svojim prava.

S druge strane poslodavac takođe ima finansijske izdatke ukoliko podnete tužbu protiv zaposlenog kako bi ostvario svoja prava.

Pored ekonomskog, ne tako zanemarljiv je i pravni značaj mirnog rešavanja radnog spor, koji se ogleda u povećanju pravne sigurnosti, brzog i jednostavnijeg pristupa sistemu zaštite, izbora arbitra koji će voditi postupak, efikasnijoj zaštiti ljudskih prava sa posebnim osvrtom na pravo na zaštitu dostojanstva, jer vrlo često zbog skupa subjektivnih i objektivnih okolnosti, zaposleni nisu u mogućnosti da zaštite svoja prava i iz tog razloga se otvara prostor za različitim vidovima zloupotrebe i mobinga od strane poslodavca.

S druge strane i poslodavac može da zapadne da u situaciju da zbog nedostatka radne snage, nema mogućnosti adekvatnog izbora radnika, kao ni zaštite protiv radnika koji nesavesno i protiv zakonito obavlja svoj posao i iz tog razloga ne podiže tužbu protiv zaposlenog kako ne bi prekinuo proces rada i sebe doveo u blokadu.

Iz svih napred navedenih razloga, mirno rešavanje radnih sporova ima višestruke prednosti nad sudskih, ponajviše zbog neposrednosti i mogućnosti da se u kratkom vremenskom periodu nastali spor reši.

6. ZAKLJUČAK

Radni sporovi između zaposlenog i poslodavca, zauzimaju značajno mesto u pravnom sistemu Republike Srbije.

Samim tim što postoji mogućnost da nastali spor reše mirnim putem, i zaposleni i poslodavac olakšavaju sebi pravni put do rešenja spora.

Ukoliko se uzmu u razmatranje statistički podaci koji ukazuju da se u resavanje radnih sporova pred sudom upuštaju zaposleni i poslodavci koji uglavnom nemaju pravničko znanje, da su sudske takse visoke i vrlo često finansijski nedostižne za slabiju stranu u sporu, odnosno zaposlenog, neophodno je povećati kako znanje tako i svest kod obe strane da će mirnim resavanjem spora doći do efikasnije i pravednije primene prava.

Mirno rešavanje radnih sporova ima višestruke prednosti, počevši od toga da obe strane pristaju na pregovore u kojima pred nepristrasnim organom (arbitrom) mogu slobodno da iznesu sve svoje probleme i nedoumice koje su dovele do spora, do toga da neće snositi troškove postupka i samim tim ni poslodavac ni zaposleni neće dovoditi sebe u egzistencijalnu opasnost, odnosno potencijalnu insolventnost zbog sudskih troškova.

Nadalje, prednost mirnog rešavanja individualnih radnih sporova ogleda se i u brzini realizacije spora, kao i izvršenja odluke.

Postupak karakteriše dobrovoljnost, nepristrasnost, stručnost i efikasnost, što znatno utiče da se sve veći broj radnih sporova vode i uspešno rešavanju u postupku mirnog rešavanja radnog spora.

LITERATURA

- [1] P. Jovanović, *Radno pravo*, Novi Sad, 2012, str. 158
- [2] Z. Ivošević, *Radno pravo*, Beograd, 2006, str. 57
- [3] G. Stanković, V. Boranijašević *Građansko procesno pravo*, Beograd, 2023, str. 39.
- [4] N. Petrušić, *Sporovi u pravnim odnosima i medijacija*, Zbornik radova Pravnog fakulteta u Nišu, broj 38/39, Niš, 1998, str. 116..
- [5] B. A. Lubarda, *Radno pravo - rasprava o dostojanstvu na radu i socijalnom dijalogu*, Beograd, 2012, str. 765.
- [6] *Zakon o radu*
- [7] Ž. Kulić, S. Perić, *Radno pravo*, Beograd, 2016, str. 408.
- [8] D. Paravina, *Radno pravo*, Beograd, 1998, str. 552
- [9] Z.Ivošević, *Radno pravo, treće dopunjeno i izmenjeno izdanje*, Beograd, 2007, Pravni fakultet Univerziteta Union i Službeni glasnik, str. 98
- [10] Ivero, J. Savatier, *Droit du travail*, Presses Universitaires de France, Paris, 1987, str. 410
- [11] Šunderić Borivoje, *Rešavanje sporova povodom zaključivanja i primene kolektivnih ugovora, Zaštita prava u sporovima iz radnog odnosa, Sudska i upravna praksa stalne tematske publikacije*, Beograd, br.3., 1994 str. 645.
- [12] Jašarević Senad, *Rešavanje radnih sporova mirnim putem u teoriji i praksi*, doktorska disertacija, Pravni fakultet, Novi Sad, 2000
- [13] *Zakon o mirnom rešavanju radnih sporova*
- [14] M. Dragičević, *Pravo i privreda*, Udruženje pravika u privredi Srbije, Časopis za privrednopravnu teoriju i praksu, Beograd LVI Broj 79, 2018.god. str 548.
- [15] O. Kićanović, *Prednost vansudskog rešavanja radnih sporova, zakonske i potencijalne mogućnosti*, *Radno i socijalno pravo – Časopis za teoriju i praksu radnog i socijalnog prava*, Udruženje za radno pravo i socijalno osiguranje Srbije, Broj 1/2014, Beograd, 2018., str. 26



INKLUZIVNI PRISTUP U PREDŠKOLSKIM USTANOVAMA INCLUSIVE APPROACH IN PRESCHOOL INSTITUTIONS

Mirjana Stanković Đorđević, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Pirot, Ćirila i Metodija 29, Pirot.*

Emilija Popović, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Pirot, Ćirila i Metodija 29, Pirot.*

Danijela Vidanović, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Pirot, Ćirila i Metodija 29, Pirot.*

Sadržaj - *Savremena društva na osobe sa razvojnim smetnjama gledaju kao na resurs. Kada su u pitanju deca sa razvojnim smetnjama, zakonska regulativa u Srbiji priznaje pravo svakog deteta na vaspitanje i obrazovanje u redovnim školama i predškolskim ustanovama. U proteklih petnaestak godina deca sa razvojnim smetnjama su ušla u redovne vaspitne grupe, čime je formalna strana procesa obrazovne inkluzije ispunjena. Nove osnove programa predškolskog vaspitanja i obrazovanja – Godine uzleta (2018) kao osnovni cilj imaju podršku dobrobiti sve dece, pa i dece sa razvojnim smetnjama, i time daju veliku šansu inkluziji u predškolskim vaspitanju i obrazovanju. U ostvarivanju pozitivnih ishoda u primeni inkluzije u vaspitno-obrazovnim ustanovama istaknuto mesto ima vaspitač kao posrednik između vaspitno-obrazovnih sadržaja i dece i njegove višestruke kompetencije kao ličnosti i profesionalca.*

Кljučне речи: *Образовна инклузија. Деца са развојним сметњима. Предшколска установа. Васпитачи.*

Abstract - *Modern societies view individuals with developmental disabilities as a resource. When it comes to children with developmental disabilities, the legal framework in Serbia recognizes the right of every child to get education in regular schools and preschool institutions. Over the past fifteen years, children with developmental disabilities have been integrated into regular educational groups, thereby fulfilling the formal aspect of the educational inclusion process. The new curriculum framework for preschool education – Years of Ascent (2018) – has as its main goal the support of the well-being of all children, including those with developmental disabilities, thus providing a great opportunity for inclusion in preschool education. In order to achieve positive outcomes in the application of inclusion in educational institutions, the role of a pre-school teacher as a mediator between educational content and children is prominent, along with his/her multiple competencies both personal and professional.*

Key words: *Educational inclusion. Children with developmental disabilities. Preschool institution. Pre-school teachers.*

1. UVOD

Savremeno postmoderno i globalistički orijentisano društvo traži efikasne i kompetentne delatnike, otuda i interes za osobe (deca) sa razvojnim smetnjama kao resurse savremenog društva koji će biti osposobljeni da brinu o sebi i da budu korisni članovi društva. Paradigma inkluzije doživljava svoj procvat poslednjih decenija upravo na ovoj premisi. Naša zemlja je potpisnica Konvencije UN o pravima deteta [1], koja u svojim osnovnim postulatima sadrži pravo svakog deteta na pun i kvalitetan život, kao i pravo na obrazovanje pod jednakim uslovima (čl. 23 i čl. 28). Puno priznanje u našoj zemlji inkluzija doživljava pre petnaestak godina kada je doneto niz zakona i pravilnika koji operacionalizuju prava dece sa razvojnim smetnjama – Zakon o osnovama sistema vaspitanja i obrazovanja [2], Zakon o predškolskom vaspitanju i obrazovanju [3], Pravilnik o bližim uputstvima za utvrđivanje prava na individualni obrazovni plan, njegovu primenu i vrednovanje [4].

S obzirom na to da predškolska ustanova predstavlja značajnu osnovu za dalji formativni razvoj deteta, u ovom radu pažnja će se posvetiti razvoju obrazovne inkluzije, pri čemu će se ukazati na razliku između integracije i inkluzije. Tom prilikom će se analizirati značaj predškolske ustanove i vaspitača, odnosno njihova uloga u procesu uključivanja dece sa potrebom za posebnom društvenom podrškom u predškolsku ustanovu, posebno u svetlu Novih osnova programa predškolskog vaspitanja i obrazovanja – Godine uzleta [4].

2. POJAM INKLUZIJE U VASPITANJU I OBRAZOVANJU

Tumačeno sa etimološkog aspekta, inkluzija je pojam koji znači „uključenost, obuhvatanje, sadržavanje u sebi, uračunavanje...” [5]. Inkluzija se može definisati kao sistem zajedništva dece sa smetnjama u razvoju i dece redovne populacije. Ta definicija obuhvata sledeće aspekte: sva deca aktivno učestvuju; sva deca imaju neophodnu podršku; podršku pružaju stručnjaci; procena napretka se odvija na

adekvatan način [6]. Pojam inkluzije može da se definiše i kao proces ili pristup u kome se odnos pojedinca i društva posmatra kao deo sistema [7]. Inkluzivno vaspitanje i obrazovanje podrazumeva aktivnosti individue i društva i proces učenja i poučavanja u uslovima simedonijske i socijalne uključenosti [8].

Inkluzivna praksa najpre je bila zasnovana na pokušaju priključivanja dece sa razvojnim smetnjama institucijama, odnosno na integraciji. Termin obrazovna integracija podrazumeva uključivanje deteta u postojeći sistem institucionalnog vaspitanja i obrazovanja, a da pri tom sistem nije prilagođen individualnim potrebama deteta. Socijalna integracija je jedan vid „pridruživanja” deteta redovnom obrazovnom sistemu, u kome se podrazumeva pružanje podrške deci sa razvojnim smetnjama u redovnim grupama/odeljenjima, ali je i dalje prisutna izolacija od dece tipičnog razvoja [9].

Sušтина inkluzivne vaspitno-obrazovne prakse u osnovi je prožeta humanizmom. Strategija inkluzije omogućava podsticanje i negovanje prosocijalnog ponašanja pojedinaca, čime se stvara podsticajno okruženje. Takvo okruženje pruža priliku da svako bude ravnopravan član zajednice, svima je omogućen pristup svim aktivnostima, bez obzira na specifične potrebe [10]. Često se govori o sintagmi „škola po meri deteta” koja potiče od Klapareda, koja podrazumeva skup pedagoških uslova koje formira ustanova koji omogućavaju svakom detetu da napreduje u skladu sa ličnim potencijalima i mogućnostima, i pri tom se oseća dobrodošlo [11]. U dokumentu Usluge usmerene deci ranog uzrasta - razvijanje evropskog pristupa naglašava se prepoznavanje i uvažavanje dečijih potreba u svim dimenzijama i oblicima [12].

Osnovni cilj inkluzije u obrazovanju je prilagođavanje vaspitno-obrazovnog sistema (ili/i društva u celini) specifičnim potrebama pojedinaca, odnosno deci koja zahtevaju posebnu društvenu podršku [13]. S obzirom na to da se inkluzija odnosi na proces reagovanja na raznovrsnost potreba sve dece, kroz uključivanje u institucionalni oblik redovnog vaspitanja i obrazovanja, neophodno je uneti promene i u vaspitno-obrazovne sadržaje [14].

Kad su u pitanju predškolske ustanove autori Miloš i Vrbic [15] govore u prilog tome da je predškolska ustanova mesto koje odgovara specifičnim potrebama dece i gde se svako dete oseća prihvaćeno. Shodno tome, neophodno je da se krene od procene i planiranja strategije vaspitanja i obrazovanja, zatim da se obezbedi profesionalni kadar koji će raditi sa decom, potom da se uspostavi saradnja predškolske ustanove sa drugim podsistemima značajnim za vaspitanje i obrazovanje dece, uz negovanje demokratskih vrednosti [16]. Profesionalno osposobljavanje, kao i podizanje svesti o značaju inkluzije kroz umrežavanje svih društvenih institucija bi doprinelo uspešnijem uključivanju dece sa razvojnim smetnjama u proces obrazovne, ali i u ukupne društvene tokove.

3. PREDŠKOLSKA USTANOVA I GODINE UZLETA

Prema navodima UNESKO [14], zadatak vaspitno-obrazovnih ustanova jeste da se prilagode svoj deci, bez obzira na njihovo fizičko, intelektualno, socijalno i emocionalno stanje. S obzirom na to da je predškolski uzrast period najznačajnijih formativnih promena i rasta, proces inkluzije u obrazovanju nužno treba da krene od predškolskih ustanova.

Inkluzivna praksa u predškolskoj ustanovi podrazumeva praktične aktivnosti zasnovane na inkluzivnoj kulturi i inkluzivnoj politici. Inkluzivna kultura podrazumeva negovanje duha prihvatanja, poštovanja i uvažavanja svih koji saraduju sa ustanovom, dok inkluzivna politika znači da ustanova u svojim dokumentima i metodologiji rada poštuje principe inkluzije [17].

U našim predškolskim ustanovama do 2018. godine uporedo su egzistirala dva modela vaspitno-obrazovnog rada – tkz. Model A i Model B [18]. I jedan i drugi model nisu bili naklonjeni deci sa razvojnim smetnjama, tačnije oba modela su podrazumevala integraciju – fizičko prisustvo dece sa razvojnim smetnjama u vaspitnim grupama, pod uslovom da se adaptiraju, pri tom ni vaspitač, ni vršnjaci nisu činili ništa da tu adaptaciju olakšaju.

Razvoj inkluzije u domenu predškolskog vaspitanja i obrazovanja unapređen je stupanjem na snagu dokumenta Osnove programa predškolskog vaspitanja i obrazovanja: Godine uzleta [4]. Ovaj program pripada kognitivno-razvojnim i srednje strukturisanim programima, zbog toga što se u njima definišu teorijsko-vrednosne osnove, opšti i na dete usmereni dugoročni ciljevi, principi i strategije razvoja deteta.

Teorijsko-vrednosni postulati od kojih polaze Osnove programa [4]. su sociokulturna teorija L.S. Vigotskog, sociologija detinjstva i poststrukturalizam. „Njima je zajedničko sagledavanje detinjstva kao po sebi vredne i vidljive društvene kategorije. Time se u razumevanju deteta akcenat pomera sa pitanja individualnog razvoja na pitanje društveno-kulturne konstrukcije detinjstva i pitanje položaja deteta kao socijalnog aktera u datom kontekstu“ [19]. Učenje i podučavanje, kao transformativni procesi se grade u kontekstu svakodnevnog življenja. Deca uče kroz tri dimenzije: dobrobit, delanje i odnose.

Podrška dobrobiti deteta se sagledava kroz razvoj sposobnosti ličnog i socijalnog funkcionisanja i potencijala za razvoj i napredak [4]. Delanje podrazumeva učenje kroz sopstvene akcije i interakcije sa drugima u igri, životnim situacijama i situacijama planiranog/namernog učenja. Igra je, kao „vodeća aktivnost“ predškolskog uzrasta, prema Vigotskom - „osnov razvijanja i ispoljavanja dobrobiti deteta... omogućava detetu da bude srećno i zadovoljno, da uživa u svojim aktivnostima i interakcijama sa drugima, da razvija otvorenost za nova iskustva i otkriva nove sopstvene potencijale i potencijale sveta oko sebe“ [19]. Tokom igre dete rekonstruiše značenja, stvara simbole, gradi identitet i odnose sa drugima. Uspostavljavajući i razvijajući odnose dete doživljava svet, odnosi su pokretači razvoja i učenja kroz podršku njegovoj dobrobiti i delanju.

Razvoj i učenje deteta se odvija kontekstualno - u okruženju porodice, vršnjaka, vaspitača, lokalne zajednice, fizičkom okruženju. Svaki kontekst na specifičan i jedinstven način podstiče situacije učenja i doprinosi razvoju deteta.

Specifično je to što Program nije jasno definisao sadržaje i aktivnosti za decu i vaspitače, ni metode i oblike rada, sredstva i vremene realizacije [20], tako da vaspitač ima slobodu da vaspitno-obrazovne sadržaje prilagođava specifičnim potrebama dece. Ukoliko se ustanovi da postoje fizičke, intelektualne, socijalne ili druge prepreke koje nepovoljno utiču na razvoj deteta, na njegovo vaspitanje i obrazovanje,

pristupa se prikupljanju dokumentacije kako bi se detetu pružila odgovarajuća podrška.

Prilagođavanje prostora i uslova, metoda rada i materijala, izmena sadržaja i aktivnosti u vaspitnoj grupi predstavlja tkz. mere individualizacije [21]. U slučaju da je za ostvarivanje mera individualizacije potrebna finansijska podrška, roditelji imaju mogućnost da podnesu zahtev interesornoj komisiji za odobravanje sredstava i dodelu ličnog pratioca [22]. U zavisnosti od vrste smetnje/teškoće/specifičnosti deteta i opšteg psiho-fizičkog stanja, vaspitač u saradnji sa roditeljima i stručnim timom pristupa izradi individualnog obrazovnog plana (IOP), kojim definiše realne i objektivne vaspitno-obrazovne ciljeve za pojedinačno dete.

4. DETE SA RAZVOJNOM SMETNJOM I PREDŠKOLSKA USTANOVA

Sa aspekta dece sa razvojnim smetnjama Godine uzleta [4] sagledavaju dete kao nosioca prava – „svako dete ima pravo na kvalitetno detinjstvo i obrazovanje, aktivno učešće, kao i na uvažavanje različitosti u pogledu ličnog, kulturnog, jezičkog i porodičnog identiteta“ [19].

U radu sa decom sa razvojnim smetnjama vaspitač uz individualizovan pristup, deluje “Zoni narednog razvoja” prema Vigotskom [4] - podstiče sve aspekte detetovog psihomotornog razvoja u saradnji sa porodicom i svim lično i profesionalno zainteresovanim za dete. Fizička sredina – prostorno-vremenska organizacija i odnosi koji iz nje proističu su neposredna sredina za učenje deteta koja treba da podstiče saradnju, pozitivnu međuzavisnost, inicijativnost i učešće, istraživanje, građenje značenja, pripadnost, personalizovanost, estetski doživljaj.

Praćenje i vrednovanje programa rada dece sa potrebom za posebnom društvenom podrškom u predškolskoj ustanovi odvija se uz pomoć individualnog i projektnog portfolia. Individualni portfolio sadrži priče za učenje, crteže, audio-vizuelne zapise, skale procene uključenosti deteta, beleške vaspitača, pedagoga, i drugih aktera. Projektni portfolio obuhvata podatke o tome da li su deca saradivala na projektu, kako reaguju na različitost, da li pokazuju interesovanje za aktivnosti, o tome da li su roditelji bili uključeni i slično. Procena dobrobiti za dete i uključenosti deteta sa potrebom za posebnom društvenom podrškom vrši se posmatranjem, skaliranjem, sociometrijom, korišćenjem odgovarajućih instrumenata.

Da bi se inkluzija u predškolskoj ustanovi u našoj zemlji ostvarivala na propisan način i uz to omogućavala očekivane i pozitivne efekte, značajno je u njenu organizaciju i realizaciju uključiti sve aktere koji doprinose obuhvatnijem ostvarivanju vaspitno-obrazovnog procesa. Vaspitač u saradnji sa roditeljima i stručnim saradnicima predstavlja značajan resurs socijalne podrške, koji umnogome doprinosi napredovanju deteta u skladu sa mogućnostima i potrebama.

5. ULOGA VASPITAČA U RADU SA DECOM SA RAZVOJNIM SMETNJAMA

Uporedo sa promenama u društvu, menjaju se i ljudske vrednosti, a samim tim i potrebe svakog pojedinačnog deteta. Zbog toga je neophodno razumeti pojam i suštinu kontinuiranog stručnog usavršavanja vaspitača, kao i ostalih saradnika u procesu obrazovanja. Vaspitači i saradnici moraju

da budu osposobljeni za rad sa decom u skladu sa njihovim individualnim specifičnostima, kroz proces inicijalnog obrazovanja, ali i dodatne edukacije i stručno usavršavanje, što bi trebalo da bude kontinuirana praksa škola za vaspitače, ali i svih ostalih profesionalaca koji se bave decom sa razvojnim smetnjama. Taj proces iziskuje saradnju sa drugim akterima i institucijama, što doprinosi stvaranju adekvatne podsticajne sredine za vaspitanje i obrazovanje dece koja su još uvek na margini.

Uspeh inkluzije u predškolskoj ustanovi zavisi od kvalitetnog programa i organizacione strukture, ali pre svega, od vaspitača. Kvalitetan vaspitač mora da poseduje profesionalne kompetencije - visok nivo obrazovanja i obučenost za rad sa decom sa razvojnim smetnjama; interpersonalne i personalne – entuzijazam, upornost, doslednost, fleksibilnost, partnerski odnos sa roditeljima i decom, veštinu podsticanja prosocijalne vršnjačke interakcije[6].

Uloga vaspitača kao organizatora usmerena je na stvaranje inkluzivne kulture, inkluzivne politike i inkluzivne prakse. U procesu stvaranja inkluzivne kulture, on vrši procenu parametara kao što su: osećaj dobronamernosti u ustanovi, pozitivna dobrodošlica, kooperativnost, saradnja sa roditeljima i drugim stručnim saradnicima. U domenu inkluzivne politike, u saradnji sa stručnim saradnicima, vaspitač procenjuje angažovanost ustanove, kako bi svako dete sa smetnjama u razvoju ili potrebom za posebnom društvenom podrškom dobilo obrazovnu intervenciju, pomoć i podršku. Inkluzivna praksa procenjuje se sagledavanjem načina planiranja rada, podsticanjem saradnje i komunikacije, obezbeđivanjem dostupnosti sredstava za igru i učenje svoj deci.

Specifičnost procesa uključivanja dece kojoj je potreban inkluzivni pristup u predškolskoj ustanovi ogleda se u adekvatno pripremljenoj socijalnoj, odnosno vršnjačkoj sredini. Uloga vaspitača jeste da podstakne interakciju dece tipičnog razvoja sa decom koja imaju smetnje u razvoju [23]. Značajno je uvideti koja su interesovanja dece sa smetnjama u razvoju i uvrstiti ih u svakodnevne aktivnosti koje se realizuju u predškolskoj ustanovi. Prirodna interesovanja mogu u velikoj meri delovati stimulišuće na pozitivnu vršnjačku interakciju.

Vaspitač ima ulogu moderatora, koji će nastojati da uspostavi i neguje adekvatnu socijalnu klimu u vrtiću. Značajna je motivacija i volja vaspitača da podstiče i neguje saradnju, prijateljske odnose i prosocijalno ponašanje prema deci sa razvojnim smetnjama. Vaspitač kao savetnik treba da nastoji da neguje saradnju sa roditeljima sve dece i sa okruženjem, jer će time podsticati svest o tome da je vaspitanje i obrazovanje sve dece odgovornost svih nas.

Vaspitač je posrednik između vaspitno-obrazovnih sadržaja i dece, tako da je njegova uloga u realizaciji vaspitno-obrazovnih ciljeva od velikog značaja. Shodno tome, od vaspitača se očekuje motivisanost za permanentnim stručnim usavršavanjem, što podrazumeva razvijene kompetencije za učenje kao što su otvorenost, spremnost i sposobnost celoživotnog učenja.

6. ZAKLJUČAK

Inkluzija u obrazovanju predstavlja kompleksan fenomen koji je zasnovan na brojnim međunarodnim zakonskim dokumentima i aktima koji su implementirani i u naš vaspitno-obrazovni sistem. Od ideje o inkluziji do njene savremene primene u praksi bilo je puno lutanja, dok se nije ostvarilo formalno-pravno potpuno uključivanje dece sa smetnjama u razvoju u redovni institucionalni vaspitno-obrazovni sistem.

Inkluzivna praksa u predškolskoj ustanovi i danas nailazi na povremene neuspehe, koji se često ogledaju u neadekvatnim uslovima za ostvarivanje aktivnosti i u nezadovoljavajućim socijalnim odnosima.

Nove osnove programa predškolskog vaspitanja i obrazovanja – Godine uzleta predstavljaju značajan poduhvat inoviranja vaspitno-obrazovne prakse u predškolskoj ustanovi. Radi unapređenja procesa inkluzije potrebno je raditi na podizanju svesti vaspitača o značaju inkluzije i razvijanju motivacije za celoživotno učenje i stručno usavršavanje.

LITERATURA

- [1] Službeni list SFRJ, Zakon o ratifikaciji Konvencije UN o pravima deteta. br. 15/90.
- [2] Službeni glasnik Republike Srbije, Zakon o osnovama sistema vaspitanja i obrazovanja. Br. 88/17.
- [3] Službeni glasnik Republike Srbije, Zakon o osnovama predškolskog vaspitanja i obrazovanja. Br. 18/10.
- [4] Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, Osnove programa predškolskog vaspitanja i obrazovanja: Godine uzleta. Beograd: Službeni glasnik RS, br. 16/18.
- [5] M. Vujaklija, Leksikon stranih reči i izraza. Beograd: Prosveta: 1980.
- [6] M. Sakač i M. Marić, Dimenzije kvaliteta inkluzivnog rada vaspitača. Beogradska defektološka škola, Vol.22, No.2, str.93– 109, 2010.
- [7] J. Bronfenbrenner, Ekologija ljudskog razvoja. Beograd: Zavod za udžbenike i nastavna sredstva: 1998.
- [8] N.Suzić, Uvod u inkluziju. Banja Luka: XBS: 2008.
- [9] J. Allan, The repetition of exclusion. International Journal of Inclusive Education, 10(2–3), pp. 121–133: 2006.
- [10] D. Bouillet, Inkluzivno obrazovanje: odabrane teme. Zagreb: Sveučilište u Zgrebu, Učiteljski fakultet: 2019.
- [11] S. Hrnjica, Roditeljstvo dece sa ometenošću. Izazovi i teškoće u njenoj realizaciji. U: M. Mitić, (Ur). Deca sa smetnjama u razvoju, potrebe i podrška. Beograd: Republički zavod za socijalnu zaštitu: 2011.
- [12] D. Bouillet i L. Mišeljin, Model razvoja uvažavanja različitosti u ranoj i predškolskoj dobi. Croatian Journal of Education, 19(4),1265–129, 2017. <https://doi.org/10.15516/cje.v19i4.2567>
- [13] R. Arsić & L. Isaković, Special pedagogy and its development in Serbia, 2019.
- [14] UNESCO, The Salamanca Statement and framework for action on special needs education: Adopted by the world. In Proceedings of the Conference on Special Needs Education; Access and Quality: Salamanca, Spain, 1994.
- [15] I. Miloš i V. Vrbić, Stavovi odgajatelja prema inkluziji. Dijete, vrtić, obitelj: časopis za odgoj i naobrazbu predškolske djece namijenjen stručnjacima i roditeljima. str. 60 – 63, 2015.
- [16] D. Alispahić, G. Livazović i E. Terović, Inkluzivni odgoj i obrazovanje – priručnik. Preuzeto 13.9.2024., 2015. http://www.unicef.org/bih/ba/Prirucnik_web.pdf
- [17] M. Stanković – Đorđević, Sva naša deca. Pirot: VŠSSOV Pirot: 2013.
- [18] Ministarstvo prosvete SR Jugoslavije, Pravilnik o Osnovama programa predškolskog vaspitanja i obrazovanja dece uzrasta od tri do sedam godina. Beograd: Prosvetni glasnik, br.6/96.
- [19] D. Pavlović Breneselović i Ž. Krnjaja, Kaleidoskop – Osnove diversifikovanih programa predškolskog vaspitanja i obrazovanja. Beograd: Filozofski fakultet: 2017.
- [20] I. Tasić i S. Raspopović, Inkluzivno obrazovanje dece predškolskog uzrasta sa smetnjama u razvoju po godinama uzleta. Krugovi detinjstva-časopis za multidisciplinarna istraživanja detinjstva, 9(2), 2021.
- [21] Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, Pravilnik o bližim uputstvima za utvrđivanje prava na individualni obrazovni plan, njegovu primenu i vrednovanje. Beograd: Službeni glasnik RS, br. 74/2018.
- [22] Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, Pravilnik o dodatnoj obrazovnoj, zdravstvenoj i socijalnoj podršci detetu, učeniku i odraslom, Beograd: Službeni glasnik RS, br. 88/17.
- [23] M. Moran, Inkluzivno predškolsko vaspitanje i obrazovanje-Stručni priručnik. UNICEF: 2014

**КАПАЦИТЕТ ЗА МЕНТАЛИЗАЦИЈУ
КАО ПРЕДИКТОР САМОЕФИКАСНОСТИ АДОЛЕСЦЕНАТА
CAPACITY FOR MENTALIZATION
AS A PREDICTOR OF SELF-EFFICACY IN ADOLESCENTS**

Жана Живковић Ранчић, Академија техничко-васпитачких струковних студија - Одсек Пирот,
Ђурића и Методија 29, Пирот.

Садржај - Циљ истраживања био је да проверимо да ли су димензије капацитета за ментализацију статистички значајни предиктори самоефикасности адолесцената. Пригодан узорак чинило је 187 пунолетних адолесцената (102 дечака). Коришћени су Упитник за процену ментализације и Упитник самоефикасности за децу. Резултати вишеструке регресионе анализе указују да капацитет за ментализацију представља значајан предиктор самоефикасности адолесцената при чему, када је реч о социјалној самоефикасности, статистичку значајност показују димензије Ментализација других и Мотивација за ментализацију, обе димензије са позитивним предзнаком β коефицијента. Када посматрамо емоционалну и академску самоефикасност, статистичку значајност показују димензије Ментализација себе и Мотивација за ментализацију, обе димензије са позитивним предзнаком β коефицијента. Главни закључак истраживања је да димензије капацитета ментализације значајно доприносе самоефикасности на адолесцентном узрасту.

Кључне речи: Ментализација. Самоефикасност. Адолесценција.

Abstract - The aim of the research was to check whether the dimensions of mentalizing capacity are statistically significant predictors of adolescent self-efficacy. The convenient sample consisted of 187 full-aged adolescents (102 boys). The Mentalization Questionnaire and the Self-Efficacy Questionnaire for Children were used. The research results of multiple regression analysis indicate that the capacity for mentalization is a significant predictor of adolescent self-efficacy, where, when it comes to social self-efficacy, the dimensions Other-Related Mentalization and Motivation to Mentalize show statistical significance, both dimensions with a positive direction of the β coefficient. When it comes to emotional and academic self-efficacy, the dimensions Self-Related Mentalization and Motivation to Mentalize, both dimensions with a positive direction of the β coefficient, show statistical significance. The main conclusion of the research is that the dimensions of mentalizing capacity significantly contribute to self-efficacy at the adolescent age.

Keywords: Mentalization. Self-efficacy. Adolescence.

1. УВОД

Капацитет ментализације, као способност појединца да разуме себе, властите жеље, намере, поступке, али и ментална стања и понашање других, чини се суштински значајном за ментално здравље, интелектуални развој, социјално функционисање и живот уопште. Са друге стране, самоефикасност представља личну процену особе о томе колико добро може да искористи сопствене ресурсе и оствари циљеве и може се рашчланити на социјалну, емоционалну и академску самоефикасност. Ментализација се доводи у везу са социјалним когницијама и емпатијом [1], те је смислено да се запитамо у каквој је вези капацитет за ментализацију са социјалном, емоционалном и академском самоефикасношћу адолесцената. Наиме, циљ истраживања јесте да се испита да ли се на основу капацитета ментализације адолесцената може предвидети њихова самоефикасност.

2. МЕНТАЛИЗАЦИЈА

Ментализација подразумева ментални процес током којег особа тумачи смисао својих или туђих реакција на основу интенционалних менталних стања као што су жеље, потребе, осећања и намере [2]. Ментализација нам помаже да разумемо зашто се људи понашају на одређени начин, да предвидимо њихова понашања и да, из низа менталних репрезентација, активирамо ону која најбоље одговара одређеном социјалном контексту. Омогућава нам да осмислимо сопствено искуство, чиме значајно утиче на регулацију афеката, контролу импулса и надгледање сопственог понашања [3]. Иако је капацитет за ментализацију специфично људска карактеристика, он није дат рођењем, већ представља развојну функцију која детету омогућава да одговори на понашање других, али и на своју идеју о туђим намерама и плановима.

Иако развој капацитета за ментализацију почиње у најранијем детињству, у оквиру односа сигурне афективне везаности [4], упоредо са прогресијом когнитивног развоја, вештине ментализације настављају да се развијају током адолесценције и надаље у одраслом добу [5].

3. САМОЕФИКАСНОСТ

Самоефикасност је веровање у сопствене вештине и способност да се вештине спроведу у дело у одређеним ситуацијама [6] [7]. Особа са израженом самоефикасношћу сматра да може утицати на дешавања у свом животу и да, улагањем напора и труда, може успешно савладати различите изазове. Уверења о сопственој самоефикасности одређују нашу мотивацију, начин на који мислимо, како се осећамо и како се понашамо [8]. **Емоционална самоефикасност** огледа се у веровању о сопственој способности адекватне регулације емоција, у разумевању сопствених и туђих емоционалних стања и реакција [8]. Сматра се виталним фактором за постизање доброг менталног здравља и еластичности у суочавању са негативним емоцијама током адолесценције [9]. **Социјална самоефикасност** одражава се у социјалној смелости у групи [8], развијању пријатељских и романтичних веза и успешном решавању конфликта [10]. Сматра суштинским елементом који доприноси благостању адолесцента [9]. **Академска самоефикасност** представља веровање појединца да ће умети да се успешно носи са радним задацима и постигне оптимални учинак на радном месту и сарадњу са колегама [8].

4. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Предиктивни допринос капацитета за ментализацију за објашњење варијансе самоефикасности адолесцената испитан је поступком вишеструке регресионе анализе, при чему су предиктори биле димензије капацитета за ментализацију, док су критеријумске варијабле представљале димензије самоефикасности (социјална, емоционална и академска самоефикасност). Модел у коме капацитет за ментализацију представља предиктор социјалне самоефикасности статистички је значајан и објашњава 48% варијансе ове критеријумске варијабле ($R^2=0,48$; $F(3, 183) = 56,54$; $p=0,00$). Значајан предиктор представљају димензије *Ментализација других* ($\beta=0,38$, $p=0,00$) и *Мотивација за ментализацију* ($\beta=0,27$, $p=0,00$), обе димензије са позитивним предзнаком регресионог коефицијента. Када је у питању емоционална самоефикасност, модел који чине димензије капацитета ментализације значајан је и објашњава 41% ове варијабле ($R^2=0,41$; $F(3, 183)=42,93$; $p=0,00$). Предиктивни потенцијал показују димензије *Ментализација себе* ($\beta=0,33$; $p=0,00$) и *Мотивација за ментализацију* ($\beta=0,28$; $p=0,00$), обе димензије са позитивним предзнаком регресионог коефицијента. Резултати вишеструке регресионе анализе указују, такође, да су димензије капацитета за ментализацију значајан предиктор академске самоефикасности адолесцената објашњавајући 48% варијансе ове критеријумске варијабле ($R^2=0,48$; $F(3, 183)=56,22$; $p=0,00$). Предиктивни потенцијал показују димензије *Ментализација себе* ($\beta=0,27$; $p=0,00$) и *Мотивација за ментализацију* ($\beta=0,31$; $p=0,00$), са позитивним предзнаком регресионог коефицијента.

Табела I Вишеструка регресиона анализа – димензије капацитета за ментализацију као предиктори социјалне, емоционалне и академске самоефикасности

	Социјална самоеф.		Емоционална самоеф.		Академска самоеф.	
	β	p	β	p	β	p
Мент. себе	0,14	0,12	0,33	0,00	0,27	0,00
Мент. других	0,38	0,00	0,17	0,07	0,14	0,07
Мотив. за мент.	0,27	0,00	0,28	0,00	0,31	0,00
	$R^2 = 0,48$; $F(3, 183) = 56,54$; $p = 0,00$		$R^2 = 0,41$; $F(3, 183) = 42,93$; $p = 0,00$		$R^2 = 0,48$; $F(3, 183) = 56,22$; $p = 0,00$	

Напомена: Мент.себе = ментализација себе; Мент. других = ментализација других; Мотив. за мент. = Мотивација за ментализацију; Социјална самоеф. = социјална самоефикасност; Емоционална самоеф. = емоционална самоефикасност; Академска самоеф. = академска самоефикасност

5. ДИСКУСИЈА

Циљ овог истраживања био је проверити да ли су димензије капацитета за ментализацију статистички значајни предиктори самоефикасности адолесцената. Када посматрамо капацитет за ментализацију, значајним предикторима емоционалне и академске самоефикасности показале су се димензије *Ментализација себе* и *Мотивација за ментализацију*, док код социјалне самоефикасности значајност показују димензије *Ментализација других* и *Мотивација за ментализацију*. Претпостављамо да су адолесценти са већим потенцијалом за разумевање менталних стања других, њихових жеља, намера и понашања, социјално вештији су у интеракцији и комуникацији са другим људима. Позитиван допринос капацитета ментализације предикцији опажене социјалне самоефикасности је очекиван, узимајући у обзир да ментализација представља облик социјалне когниције [11]. Наиме, ментализација представља јединствени капацитет појединца да развије свест о сопственим и туђим поступцима на мета нивоу, односно могућност да замисли и протумачи позадину спољних манифестација поступака других људи [12]. Ментализација се доводи у релацију са социјалним когницијама и емпатијом [1], и са мањом израженошћу социјалних проблема [13], док се нижи капацитет ментализације доводи у релацију са лошијим социјалним релацијама и потенцијалом за насилно понашање [14]. Како се емоционални аспект самоефикасности огледа у веровању о сопственој способности адекватне регулације емоција, у разумевању сопствених и туђих емоционалних стања и реакција [8], сасвим је очекивано да предиктор емоционалне самоефикасности буде ментализација себе – способност појединца да разуме сопствена ментална стања. Можемо претпоставити да адолесценти са вишим степеном ментализације радије размишљају о својим менталним стањима, жељама и начинима реаговања у одређеној ситуацији, промишљајући самим тим и о начинима регулације и контроле сопствених емоција.

6. ЗАКЉУЧАК

Резултати истраживања показују да се на основу капацитета за ментализацију адолесцената може предвидети њихова самоефикасност. На основу димензија *Ментализација себе* и *Мотивација за ментализацију* могу се предвидети емоционална и академска самоефикасност, док се социјална самоефикасност може предвидети на основу димензија *Ментализација других* и *Мотивација за ментализацију*. У светлу постојеће теоријске грађе, овакав налаз је очекиван. Док емоционална и академска самоефикасност захтевају већи ниво саморефлексије, адолесценти са већим капацитетом за ментализацију других су склони темељнијем промишљању о намерама и поступцима других људи, те су, самим тим, и вештији у социјалним интеракцијама, што се, посредно, може одразити и на академска постигнућа. Практичне импликације овог рада односе се на развијање програма за подстицање капацитета ментализације код адолесцената, што би посредно, могло доприносити како развоју самоефикасности, тако и свеукупном социоемоционалном и когнитивном развоју младих.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] C. I. Hooker, S. C. Verosky, L. T. Germine, R. T. Knight and M. D'Esposito, "Mentalizing about emotion and its relationship to empathy", *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, vol. 3, no. 3, pp. 204-217, 2008.
- [2] A. W. Bateman and P. Fonagy, Mentalization-based treatment of BPD. *Journal of personality disorders*, vol. 18, no. 1, pp. 36-51, 2004.
- [3] P. Fonagy, *Attachment theory and psychoanalysis*, New York: Other Press, 2001.
- [4] J. G. Allen, P. Fonagy and A. Bateman, *Mentalizing in clinical practice*, American Psychiatric Pub, 2008.
- [5] I. Dumontheil, I. A. Apperly and S. J. Blakemore, "Online usage of theory of mind continues to develop in late adolescence", *Developmental Science*, vol. 13, 331-338. 2010.
- [6] A. Bandura, "Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change", *Psychological Review*, vol. 84, no. 2, pp.191-215, 1977.
- [7] J. E. Maddux, and J. T. Gosselin, "Self – efficacy", *Handbook of Self and identity*, pp. 218-237, 2003.
- [8] N. Radojević, i B. Dinić, "Relacije agensnog i komunalnog narcizma sa samoeфикасношћу u različitim životnim domenima", *Primenjena psihologija*, vol. 13, no. 1, str. 91-117, 2020.
- [9] P. Armum and K. Chellappan, „Social and emotional self-efficacy of adolescents: measured and analysed interdependencies within and across academic achievement level”, *International journal of adolescence and youth*, vol. 21, no. 3, pp. 279-288, 2016.
- [10] M. Pavićević, *Osobine ličnosti i vaspitni stilovi roditelja kao prediktori samoeфикаsности, subjektivnog blagostanja i psihopatskih tendencija adolescenata*, Doktorska disertacija, Univezitet u Nišu, Filozofski fakultet, 2019.
- [11] J. Connolly, "Social self-efficacy in adolescence: relations with self-concept, social adjustment, and mental health", *Canadian Journal of Behavioural Science/Revue canadienne des sciences du comportement*, vol. 21, no. 3, pp. 258, 1989.
- [12] P. Fonagy and P. Luyten, "A developmental, mentalization-based approach to the understanding and treatment of borderline personality disorder", *Development and Psychopathology*, vol. 21, no. 4, pp. 1355-1381, 2009.
- [13] A. Bateman and P. Fonagy, *Handbook of Mentalizing in Mental Health Practice*. London; New York, NY: American Psychiatric Publishing, 2019.
- [14] A. Venta and C. Sharp, "Mentalizing mediates the relation between attachment and peer problems among inpatient adolescents", *Journal of Infant, Child, and Adolescent Psychotherapy*, vol. 14, no. 3, pp. 323-340, 2015.
- [15] S. Taubner, L. Zimmermann, A. Ramberg and P. Schröder, "Mentalization mediates the relationship between early maltreatment and potential for violence in adolescence", *Psychopathology*, vol. 49, no. 4, pp. 236-246, 2016.

RADNA ETIKA I SINDROM BURN-OUT-a

WORK ETHIC AND A BURN OUT SYNDROME

Danica Milošević, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Sadržaj – Menjanjem društvenih prilika kroz istoriju, ujedno se menjao i koncept radne etike, budući da posao predstavlja važan segment života svake radno sposobne jedinice. Zadovoljstvo poslom se svakako može identifikovati kao jedna od ključnih odrednica dobrobiti pojedinca, budući da vreme provedeno na poslu okupira značajan deo dnevnih aktivnosti. Međutim, u užurbanom svetu današnjice, stalan pritisak i stres u poslovnom okruženju dovode do suprotnog fenomena, koji se može čitati kao burn out sindrom, odnosno izgaranje na poslu. Ovaj rad razjašnjava pojam burn out-a, i predstavlja njegove uzroke, posledice, kao i moguće načine razrešavanja.

Ključne reči: Radna etika. Burn out sindrom. Obaveza. Opterećenje.

Abstract – As societal norms had its alterations throughout the course of history, the concept of work ethic also experienced changes, as work represents an important aspect of life of each working individual. Job satisfaction can be identified as one of the key determiners of one's well-being, since time spent at work occupies a significant part of the daily activities. However, in the hustle and bustle of today, constant pressure and stress in the working environment lead to the opposite phenomenon, which can be interpreted as a burn out syndrome. This paper clarifies the notion of burn out, draws attention to its causes and consequences, as well as the possible ways to tackle it.

Key words: Work ethic. Burn out syndrome. Obligation. Work load.

1. UVOD

Savremeno doba svojim zahtevima diktira neophodnost stalnog protoka informacija i nameće brz tempo rada, uz načelo da je vreme novac, i da bi ga trebalo efektivno koristiti. Neo-liberalni kapitalizam za svoje primarne vrednosti postavlja profit, ciljeve i rezultate, a u takvoj mašineriji, da bi opstao, pojedinac mora stalno da bude angažovan, prisutan i posvećen, kako bi odgovorio svim izazovima društva i radnog okruženja, svestan da može lako da bude zamenjen poput zupčanika u mehanizmu. Rad pod pritiskom okoline, konstantan stres, stalan osećaj borbe za egzistenciju i zadovoljenje primarnih potreba kod čoveka, dovodi do sve masovnijeg psihološkog stanja među zaposlenima, a tiče se preopterećenosti, zasićenosti, i izgaranja na poslu (*burn-out* sindrom). Ovaj psihološki problem ima i svoju telesnu manifestaciju, pa se negativno odražava ne samo na psihičko, već i na telesno zdravlje čoveka, budući da su ova dva aspekta zdravlja međusobno usko povezana., , Ono što za jednu osobu počinje kao važno, značajno i što je izazov radnog mesta, vremenom za njega postaje neprijatno, neispunjavajuće i beznačajno. Tada se energija pretvara u iscrpljenost, posvećenost u cinizam, efikasnost u neefikasnost, odnosno sve tri prvobitne dimenzije radnog angažovanja pretvaraju se u svoju suprotnost i dobijaju karakteristike sindroma sagorevanja na radu”, a radnik ispoljava sve veće nezadovoljstvo radnim obavezama [1]. Radna etika, koja se bazira na četiri osnovna principa, a to su: integritet, pravednost, poštovanje i odgovornost, urušava se pojavom *burn out* sindroma i to pre svega urušavanjem integriteta zaposlenog, manjka samo-poštovanja, ali i poštovanja kolega,

kao i prevelike odgovornosti koja se nameće kao teret. To ne znači da osobe podložne ovom sindromu imaju lošu radnu etiku, naprotiv, „osobe koje poseduju radnu etiku preuzeće svoje poslovne obaveze na odgovoran način, uz svesnost da rad sam po sebi donosi zadovoljstvo, mogućnost napredovanja, razvoj ličnih potencijala i slično”, međutim do problema dolazi zbog osećaja pojačane odgovornosti usled povećanja obima posla, kratkog roka za izvršenje, ali i brojnih drugih razloga, koji dovode do gubitka ostalih navedenih aspiracija u poslu [2].

Istraživanja pokazuju da je problem sveprisutan u modernom društvu. Prema studiji iz 2021. koju je sprovedla Američka psihološka asocijacija, troje od petoro radnika je pogođeno ovim problemom, kod 26% se on ispoljava kao nedostatak interesovanja, motivacije ili energije, kod 32% kao emotivna iscrpljenost, a kod 44% kao izuzetno visoka fizička iscrpljenost. Studije iz velike Britanije iz iste godine ukazuju da 46% radnika oseća visoku sklonost ka stresu, dok jedna u pet osoba navodi nemogućnost da se izbori sa stresom i pritiskom na poslu [3]. Sa druge strane, očigledno svesne problema, pojedine vlade su redefinisale Zakon o radu u korist radnika, kao što je to slučaj sa vladom Francuske koja je skratila radno vreme na sedam sati efektivnog rada. Kraće radno vreme podrazumeva veću posvećenost poslu, ali i efikasniji rad, i ujedno obezbeđuje dodatno slobodno vreme, koje je svakom radniku neophodno kako bi se nakon radnog procesa odmorio i obnovio snagu za nove radne zadatke. Sa takvim radnim elanom, menja se odnos prema poslu, podstiče se radna etika, a radnik dobija mogućnost da zaista uživa u poslu kojim se bavi, nasuprot osećaju da posao doživljava kao teret i obavezu, koju repetativno sprovodi iz dana u dan.

Burn out sindrom može se dovesti u korelaciju sa mobingom (*mobbing*), odnosno (verbalnim, fizičkim ili seksualnim) uznemiravanjem, omalovažavanjem, neprekidnom kritikom, neraelnim zahtevima, prebacivanjem odgovornosti, kratkim rokovima, preopterećenošću radnim obavezama, i drugim oblicima manipulacije i eksploatacije radnika, kojima radno okruženje tako postaje sredina u kojoj se osećaju nelagodno i neadekvatno, nesprenni da odgovore očekivanjima i nametima uz „gubitak osećaja sposobnosti i gubitka postignuća i produktivnosti u radu” [1]. U tom smislu, važno je prepoznati simptome *burn-out* sindroma, kako bi se oni prevenirali, otklonili u svom začetku, i na taj način onemogućili da progresivno deluju na zaposleno lice.

2. BURN OUT SINDROM

Sindrom *burn-out*-a se po prvi put spominje 1974. godine od strane Frojdenberga (*Freudenberg*). Pre svega može se definisati kao konstantna iscrpljenost radnim obavezama. To je nesklad između tuđih očekivanja i mogućnosti pojedinca da u datom trenutku odgovori na zahteve, uprkos svojoj prvobotnoj želji da se dokaže u poslu. Ukoliko taj nesklad persistira duži vremenski period, pretvara se u hroničan stres, koji ograničava zaposlenog i umanjuje značajno njegov radni učinak. Stručnjaci tvrde da „konflikti vezani za profesionalnu ulogu stvaraju emocionalni zamor, i ambivalentan odnos prema poslu”, dok „smanjena podrška saradnika i niska poslovna sposobnost stvaraju osećaj sniženog samovrednovanja i niskog ličnog postignuća” [1].

Osećaj umora, letargije, usporenost u izvršavanju radnih obaveza, neispunjavanje radnih zadataka na vreme, ili pričinjavanje velikog broja grešaka u procesu rada, neki su od jasnih pokazatelja da je radnik preopterećen, odnosno da pati od ovog sindroma današnjice. Ovoj listi je moguće pridodati apatičnost, indiferentnost, odsustvo fokusa i koncentracije, poremećaj pažnje, gubitak motivacije, sniženo raspoloženje. Neki od najčešćih telesnih simptoma su glavobolja, bol u leđima, stomačne tegobe, povišen krvni pritisak, ili nesanica. Usled potiskivanja emocija kao odbrambenog mehanizma, stres se taloži, akumulira i uzima kontrolu, pa ga je nemoguće savladati. Erić navodi: „Konceptija o potiskivanju kao odbrani otvorila je i nov pogled na najvažnije mehanizme nastanka psihičkih poremećaja, posmatrajući ih kroz psihološke mehanizme odbrane koji osobe koriste u savladavanju svojih životnih problema, koji mogu da budu nekonstruktivni i osiromašujuć i da dovode osobu u bolesno stanje” [4].

U pozadini problema moguće je uočiti nepravilno postavljene međuljudske odnose u kolektivu, loš stil komunikacije, i neuspešno postavljanje granica po pitanju ličnog integriteta zaposlenog. Atmosfera u kojoj se obavlja radni proces nije prijatna, a kao posledica toga izostaju zadovoljavajući rezultati u radu. Radnik sve više gubi motivaciju za posao, i nailazi na sve manje razumevanja, čime se otuđuje od kolektiva. Problemi sa posla se prenose i kući, gde postaju predmet razmišljanja i analize, tako da nema pravog odmora, ni pripreme za novi radni dan.

Izmeštanje iz balansa na ličnom planu, dovodi do remećenja i dehranionizacije odnosa i radnih aktivnosti na širem planu, odnosno na nivou kolektiva kao zajednice. Pojedinaac koji se suočava sa ovim problemom može imati negativan uticaj i na ostale radnike, otežavati timski rad, biti nepouzdan u donošenju odluka, i predstavljati kolektiv u

javnosti na nepovoljan način. Prema tome, to nije samo problem pojedinca, već i kolektiva koji takav problem treba da prepozna, da se sa njime suoči, a zatim i primeni odgovarajuće mere kako bi se isti otklonio. Služba za ljudske resurse, uzbuñjivači i medijatori imaju značajnu ulogu u posredovanju između zaposlenog i kolektiva, i razrešavanju ove simpotomatologije. Međutim, svaki pojedinac koji se suočava sa ovim sindromom treba da bude svestan problema, deluje odgovorno po sebe, i aktivno pristupi modifikaciji rada i redefinisaniu svoje uloge u radnom procesu. Galić [5] kaže: „Svakodnevi život i rad ljudi u mikro i makro kolektivima jedini je uslov za pravu afirmaciju integralne ličnosti, za stvarno ispoljavanje stvaralačkih kvaliteta većine ljudi, i pun razvoj svake društvene zajednice u celini. Sam pojam integralnosti ličnosti dobija svoj pravi smisao tek u životu u kolektivu, gde se sučeljavaju – kolektivno i lično, udruženo i pojedinačno, zajedničko i privatno. Život u određenom kolektivu je danas i jedini način života“. Budući da *burn out* sindrom nastaje u sprezi kolektiva i pojedinca, on se na ovoj relaciji mora i razrešiti, uz korigovanje navika, načina razmišljanja i pristupa radu samog zaposlenog, ali i radnih metoda i tehnika samih nadodavaca, tj. adaptacijom radne etike koja će obuhvatiti i ove situacije u poslu.

3. NAČINI PREVAZILAŽENJA SINDROMA

Dedić [1] sugerise da postoje dve značajne strategije u borbi protiv *burn out* sindroma: ona koja je fokusirana na kognitivne funkcije, i one koja je usmerena na fizičke aktivnosti i relaksaciju. Istovremeno se mora raditi na sticanju individualnih veština za prevazilaženjem problema (nove tehnike komunikacije, metode opuštanja, relaksacije i meditacije, uz dovoljno odmora nakon posla u skladu sa obimom odradenog zadatka), ali i situacione i organizacione tehnike koje uključuju saradnju sa ljudima u kolektivu, kreiranje novih stilova komunikacije i odnosa, jer one imaju veći efekat na pojedinca pri kreiranju negativnog odgovora u vidu izgaranja na poslu.

Burn out sindrom jeste posledica prevelike odgovornosti pojedinca i njegove potrebe da svojim zalaganjem ostvari najbolje rezultate i afirmiše se u onome što radi, kako bi bio uvažan i pohvaljen. Perfekcionizam u tom smislu može biti samo-destruktivan, ukoliko se ističe kao osnovni kvalitet u radu. Delegiranjem obaveza na poslu, zaposleni se obavezuje da će odraditi svoj deo radnog zadatka, ali ukoliko mu zadato vreme, uslovi, sredstva, dostupni materijali, zdravstveno stanje, lične kompetencije, etička načela i moralne obaveze to dozvoljavaju. Svako kršenje ovih ličnih prava, loše utiče na dostojanstvo radnika kao takvog, što se negativno očitava u njegovom radu, kao nezadovoljstvo statusom, mogućnostima, i potrebama za ličnim i profesionalnim doprinosom i razvojem u kolektivu čiji je sastavni deo.

Neki od praktičnih saveta stručnjaka su, kako Dedić [1] objašnjava i samo-pomoć, osnaženje i ohrabrenje, kao i jačanje ličnog samopouzdanja koje je narušeno lošim odnosima u kolektivu, i smanjenom produktivnošću i kvalitetom rada zaposlenog. Radne obaveze treba ravnomerno raspodeliti, utvrditi njihove prioritete i hitnost, obavljati sistematično uz toleranciju na frustraciju, a pre svega neophodno je odrediti objektivne i realno ostvarive ciljeve u njihovom izvršavanju. Veći obim posla treba da bude praćen i češćim pauzama u radu, povremenim preumseravanjem na trivijalne aktivnosti u cilju filtriranja emocija, i obnavljanja energije za ključni zadatak.

Produženi vikend odmori, ili odmor od nekoliko slobodnih dana, a ne isključivo bolovanje kada problem eskalira, mogu poslužiti kao izdumni ventil i prilika za relaksaciju i dopunjavanje radnog elana.

Takođe, potrebno je obezbediti prostor zaposlenima u kojem se može ostvariti neformalna interakcija i komunikacija, u cilju jačanja međuljudskih odnosa i međusobnog poverenja, pa čak i sigurnog prostora gde se mogu izneti nedoumice, poteškoće, i izazovi vezano za poslovne zadatke. Ipak, pre svega, ključna je otvorena, asertivna komunikacija na svim nivoima, pri kojoj zaposleni treba realno da sagleda svoje mogućnosti u konkretnoj poslovnoj situaciji i postupi u skladu sa njima, poštujući svoje lične granice. Poručilac posla i izvršilac treba da naprave jasan dogovor oko zajedničkih termina i uslova koji će se poštovati, uz obostrani pristanak i kompromis, jer kako Pavlik tvrdi u [2], za dobru radnu etiku potrebna je doborovoljnost, obe strane.

4. ZAKLJUČAK

Budući da radna etika podrazumeva skup pravila koja reba poštovati u jednoj radnoj organizaciji, ali i odgovornosti pojedinca na poslu koja je utemeljena na ličnim moralnim vrednostima, jasno je da do konflikta može doći na realciji pravila i odgovornosti.

To su dve oblasti koje se mogu unapređivati u skladu sa iskustvima iz prakse, a u toj jednačini potrebno je pronaći

pravu meru. Novi aspekti radne etike, prema istraživanju koje je sproveo Mann [2], ukazuju da su osnovne komponente radne etike danas: „timski rad, kontinuirano učenje/ samo usavršavanje, zabrinutost za kvalitet posla, socijalna odgovornost, lojalnost, vođstvo i inicijativa, upornost i balans”, pa je možda ključna reč balans, odnosno ravnoteža između obaveza, odgovornosti i slobodnog vremena za odmor, na čemu treba raditi timski u kolektivu uz saradnju svih činilaca radnog procesa, uključujući i kadrovsku, odnosno službu ljudskih resursa.

LITERATURA

- [1] Dedić, G. (2005). Sindrom sagorevanja na radu, *Vojnosanitetski pregled*, br.11, str.851-855.
- [2] Šabanović, B. (2023). Radna etika zaposlenih u Novom pazaru, *Ekonomski izazovi*, Year 12, no.24, pg.119-133.
- [3] Taylor, H. (2021). 50+ Burn out statistics that will shock you into action, <https://www.runn.io/blog/burnout-statistics#how-common-is-employee-burnout>.
- [4] Erić, Lj. (2021). Psihoterapija. Beograd: Službeni glasnik.
- [5] Galić, M. (2006). Pedagogija sporta. Beograd: SIA.

ANALIZA ČETVOROKRAKE RASKRSNICE ULICE RADNIČKE, BULEVARA PAVLA PATRIJARHA I BULEVARA NIKOLE TESLE U VRANJU

REORGANIZATION OF THE FOUR-LINE INTERSECTION OF STREETS RADNIČKA, PAVLA PATRIJARHA AND NIKOLA TESLA IN VRANJE

Jovan Mišić, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*
Vladimir Popović, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*
Milan Stanković, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*
Stefan Mihajlović, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Sadržaj - Raskrsnica predstavlja mesto na saobraćajnoj mreži gde se javljaju konflikti između saobraćajnih tokova, koji dolaze sa dva ili više različitih pravaca. U okviru ovog istraživanja izvršena je analiza uslova odvijanja saobraćaja, i to u vremenskom intervalu od 07h do 19h, u sredu, na individualnoj četvorokrakoј raskrsnici koja predstavlja mesto ukrštanja ulice Radničke, Bulevara Pavla Patrijarha i Bulevara Nikole Tesle u gradu Vranju. Na osnovu dobijenih podataka sa terena, dat je predlog mera, a potom i funkcionalno vrednovanje predloženog rešenja, a sve u cilju poboljšanja uslova odvijanja saobraćaja.

Ključne reči: Ukrštanje saobraćajnih tokova. Regulisanje saobraćajnih tokova. Četvorokraka raskrsnica.

Abstract - An intersection is a place on the traffic network where conflicts occur between traffic flows, which come in two or more different directions. As part of this research, an analysis of traffic conditions was conducted on Wednesday from 7am to 7pm, which is the intersection of Radnička Street, Pavla Patrijarha Street and The Street of Nikola Tesle in Vranje. Based on the data obtained from the field, a proposal of measures was made and then a functional evaluation of the proposed solutions, all to improve existing traffic conditions.

Keywords: Intersection Traffic flow. Regulation of Traffic flow.

1. UVOD

Jedan od osnovnih problema u oblasti regulisanja i upravljanja saobraćajem, koji predstavlja, koliko značajan, toliko i složen problem savremenog društva, jesu uslovi odvijanja saobraćaja na raskrsnicama. Raskrsnica predstavlja mesto na saobraćajnoj mreži gde se javljaju konflikti između saobraćajnih tokova, koji dolaze sa dva ili više različitih pravaca. Može se reći da raskrsnica predstavlja prostor na čije korišćenje polažu pravo različiti saobraćajni tokovi, koji to pravo ne mogu realizovati istovremeno [1].

Kada intezitet saobraćaja u periodima vršnog opterećenja pređe objektivni kapacitet raskrsnice, vremenski gubici počinju da rastu, pa se iz tog razloga, način regulisanja saobraćaja na raskrsnicama menja. Ove promene mogu se izvršiti kroz postavljanje vertikalne saobraćajne signalizacije, proširivanje prilaza, značajne građevinske intervencije, denivelaciju saobraćajnih tokova na raskrsnici, rekonstrukciju u raskrsnici sa kružnim tokom saobraćaja, postavljanje svetlosne signalizacije i sl. [3].

U okviru ovog rada izvršena je analiza uslova odvijanja saobraćaja u periodu od 12h i to u vremenskom intervalu od 7h do 19h, u sredu dana 21. 6. 2023. godine, a potom i dat predlog mera za optimizaciju saobraćajnog opterećenja na individualnoj četvorokrakoј raskrsnici koja predstavlja mesto

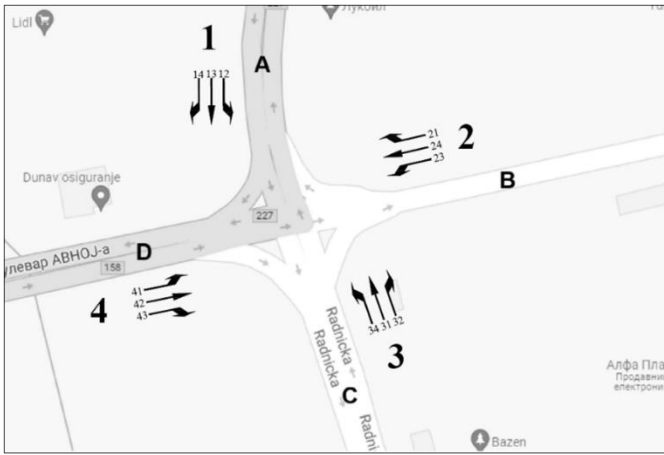
ukrštanja ulice Radničke, Bulevara Pavla Patrijarha i Bulevara Nikole Tesle u gradu Vranju.

2. KARAKTERISTIKE ANALIZIRANE RASKRSNICE

Raskrsnica koja je predmet ove analize nalazi se na području grada Vranja, u široj centralnoj zoni grada. Raskrsnica se nalazi u blizini Carinske ispostave Vranje, Alfa Plama, Tržnog centra Zona, Lidla, Sportske hale, Autobuske stanice i EKO benzinske stanice, pa zbog značajnosti mesta produkcije, predstavlja značajno gradsko čvorište na području grada Vranja. Raskrsnica je od užeg centra grada udaljena oko 1,5 kilometar.

Na predmetnoj četvorokrakoј nesignalisanoј raskrsnici ukrštaju se ulica Radnička, Bulevara Pavla Patrijarha i Bulevara Nikole Tesle.

Na analiziranoј četvorokrakoј raskrsnici dozvoljeno je odvijanje saobraćaja u oba smera na svim prilazima. Za potrebe analize, prilazi su posebno označeni brojevima od 1 do 4, na kojima su obeleženi i smerovi kretanja (Slika 1). Smerovi su numerisani sa dva broja, gde broj koji se nalazi na levoj strani predstavlja broj prilaza na kom vozač odlučuje da li će nastaviti kretanje pravo ili će izvršiti manevar skretanja. Drugi broj označava prilaz nakon prestrojavanja i prolaska kroz središte raskrsnice.



Slika 1. Ulivna grla i smerovi kretanja na analiziranoj raskrsnici.

3. ANALIZA SAOBRAĆAJNOG OPTEREĆENJA

Za potrebe analize uslova odvijanja saobraćaja na predmetnoj raskrsnici, prikupljeni su podaci o saobraćajnom opterećenju na osnovu sistemskog brojanja saobraćaja koje je realizovano u sredu 21. 6. 2023. godine, gde je za merodavni vršni sat odabran period posle podnevnog vršnog opterećenja od 14.00 – 15.00 časova. Brojanje saobraćaja je izvršeno metodom ručnog brojanja na osnovu jednostavnog brojačkog obrasca, u vremenskom periodu od 7h do 19h u koji se unosi određena oznaka ili broj nakon prolaska vozila kroz zamišljeni presek na ulivnom i izlivnom grlu raskrsnice.

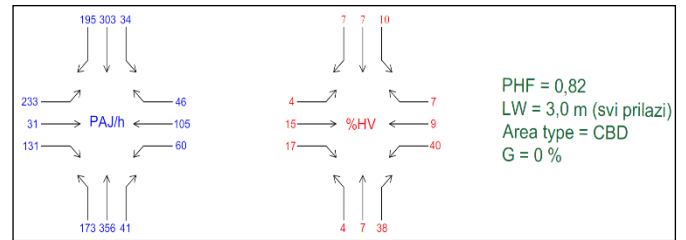
Prevođenjem saobraćajnog opterećenja u PAJ dolazi se do zaključka da je u periodu posle podnevnog vršnog opterećenja, veličina saobraćajnog toka najizraženija u smeru „31” kod koga veličina protoka iznosi 356 PAJ/h, dok je najmanje izražena u smeru „42” kod koga veličina protoka iznosi 31 PAJ/h. Isto tako, veličina toka najizraženija je na Prilazu 3 (570 PAJ/h), dok je najmanje izražena na Prilazu 2 (211 PAJ/h), kao što je i prikazano u tabeli I.

Tabela I Saobraćajno opterećenje u PAJ po smerovima po petnaestominutnim intervalima

Prilaz	Smer	Intervali u toku jednog časa (PAJ)				Ukupno (PAJ/h)
		0-15	15-30	30-45	45-60	
1	12	13	4	12	5	34
	13	88	82	60	73	303
	14	50	43	45	57	195
	Ukupno	151	129	117	135	532
2	23	20	16	19	5	60
	24	56	28	14	7	105
	21	26	8	3	9	46
	Ukupno	102	52	36	21	211
3	34	76	46	29	22	173
	31	100	117	73	66	356
	32	9	21	7	4	41
	Ukupno	185	184	109	92	570
4	41	45	71	60	57	233
	42	3	8	10	10	31
	43	38	29	30	34	131
	Ukupno	86	108	100	101	395
Ukupno (PAJ/h)		524	473	362	349	1708

4. PREDLOG MERA ZA POBOLJŠANJE USLOVA ODVIJANJA SAOBRAĆAJA NA ANALIZIRANOJ RASKRSNICI

Reorganizacije postojeće četvorokrake raskrsnice, ogleda se prvenstveno u postavljanju svetlosne saobraćajne signalizacije sa optimalnim plana tempiranja. U analiziranom slučaju raskrsnica je razmatrana individualno, tako da je istraživanje u cilju prikupljanja ulaznih podataka, vršeno konkretno u njenoj zoni. Ulazni podaci potrebni za utvrđivanje kapaciteta i nivoa usluge (Slika 2), kao i ostalih pokazatelja uslova odvijanja saobraćaja, dobijeni su na osnovu merenja i posmatranja na terenu.



Slika 2. Prikaz ulaznih podataka kod dejnog rešenja.

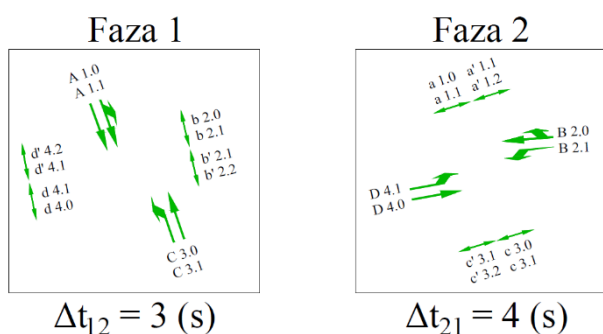
Konkretno, izvršeno je sistemsko brojanje saobraćaja, merenje i posmatranje geometrije konkretne raskrsnice i načina odvijanja saobraćaja u zoni raskrsnice. Na slici 3, predstavljena je matrica zaštitnih vremena predloženog rešenja, koja bi se koristila pri izradi programa rada osnovnih vozačkih i pešačkih signala, kao i direkcionih vozačkih signala.

SG	A	B	C	D	a	a'	b	b'	c	c'	d	d'
A		3		3	5					5		
B	3		3				6					6
C		3		4	5			5				
D	3		4					5			5	
a	7											
a'			9									
b		8										
b'				8								
c			7									
c'	8											
d				8								
d'	7											

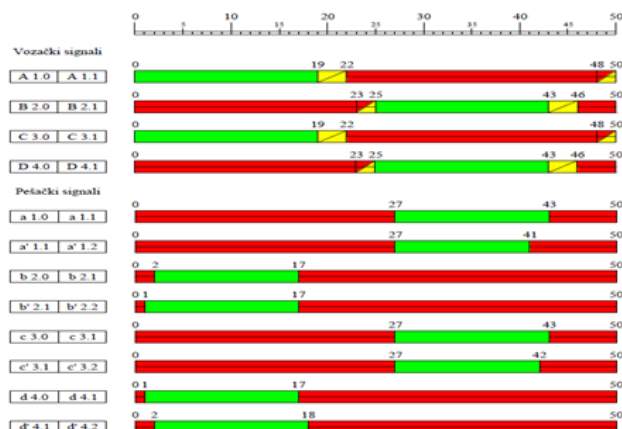
Slika 3. Matrica zaštitnih vremena.

Uz pomoć aplikativnog softvera HCS dobijena je optimalna dužina trajanja ciklusa od 50 sekundi. Režim rada kod predložene Varijante sastojao bi se od 2 karakterističnih stanja, tj. od 2 faze. Vremensko trajanje pojedinih faza, sa periodom „sve crveno” (zaštitna vremena Δt_{12} i Δt_{21}), prikazani su na slici 4. Na osnovu matrice zaštitnih vremena i faznog plana, pristupa se izradi plana tempiranja svetlosnih signala (Slika 5), na kome je grafički prikazan režim rada za sve signalne grupe u toku vremenskog trajanja ciklusa na analiziranoj raskrsnici.

Uz pomoć aplikativnog softvera HCS dobijena je optimalna dužina trajanja ciklusa od 50 sekundi. Režim rada, kod analizirane raskrsnice sa svetlosnom saobraćajnom signalizacijom, sastojao bi se od 2 karakterističnih stanja, tj. od 2. faze.



Slika 4. Fazni plan.



Slika 5. Plan tempiranja.

Izlazni rezultati za predloženu varijantu, odnosno raskrsnicu regulisanu pomoću svetlosne saobraćajne signalizacije, predstavljani su u tabeli II.

5. ZAKLJUČAK

Na četvorokrakoj raskrsnici ulice Radničke, Bulevara Pavla Patrijarha i Bulevara Nikole Tesle u gradu Vranju, izvršena je analiza gde su utvrđeni veliki vremenski gubici kod vozila, pogotovo kod levih skretanja. Nakon toga, izvršeno je sistemsko brojanje pomenute raskrsnice, gde je predloženo regulisanje raskrsnice svetlosnom saobraćajnom signalizacijom, sa planom tempiranja koji je vrednovan u aplikativnom softverskom paketu HCS.

U slučaju projektovanja ove varijante predloženog rešenja, odnosno reorganizacijom plana tempiranja svetlosne saobraćajne signalizacije, u zoni raskrsnice bi vladali uslovi bliski slobodnom saobraćajnom toku (LOS=B), sa jako povoljnom veličinom vremenskih gubitaka (16,2 s/voz).

Najpovoljniji uslovi bili bi na severnom prilazu, gde bi brzine bile jednake uslovima slobodnog saobraćajnog toka (LOS=A), dok bi na zapadnom i istočnom prilazu brzine bile bliske ili jednake uslovima slobodnog toka (LOS=B), a na južnom prilazu bi vladali uslovi stabilnog saobraćajnog toka (LOS=C).

Regulisanje pomenute četvorokrake raskrsnice svetlosno saobraćajnom signalizacijom, doprinelo bi smanjenju vremenskih gubitaka kod vozila i imalo bi veliki uticaj na bezbednost odvijanja saobraćaja.

Tabela II Prikaz izlaznih rezultata kod predložene Varijante

KAPACITET, VREMENSKI GUBICI I NIVO USLUGE										
Prilazi	Istočni			Zapadni		Južni			Severni	
	L	P	D	L	PD	L	P	D	LP & P	D
Grupe traka										
Kapacitet c (voz/h)	355	500	1159	301	506	298	567	983	944	1268
Stepen zasićenja X (v/c)	0,8	0,08	0,14	0,24	0,36	0,71	0,77	0,05	0,44	0,19
Vremenski gubici d (s/voz)	31,4	10,8	0,1	13,1	13,8	26,4	23,1	0,1	13,0	0,1
Nivo usluge LOS	C	B	A	B	B	C	C	A	B	A
d na prilazu (s/voz)	19,4			13,6		22,4			8,3	
LOS na prilazu	B			B		C			A	
d na raskrsnici (s/voz)	16,2									
LOS na raskrsnici	B									

LITERATURA

- [1] R. Akçelik, *Roundabout Metering Signals: Capacity, Performance and Timing*. In Proc. 6th International Symposium on Highway Capacity and Quality of Service. Stockholm, Sweden, pp. 686-696. 2011.
- [2] R. Akçelik, *Capacity and Performance Analysis of Roundabout Metering Signals*. In TRB National Roundabout Conference, Vail, Colorado, USA. 2005.
- [3] A. Azhar, B. Svante, *Signal Control of Roundabouts*. In Proc. 6th International Symposium on Highway Capacity and Quality of Service, Stockholm, Sweden, pp. 729-738. 2011.

- [4] V. Bogdanović, Z. Papić, N. Ruškić, D. Dragić, *Regulisanje saobraćaja na kružnim raskrsnicama. Savetovanje sa međunarodnim učešćem na temu: Saobraćajne nezgode*, Zlatibor, pp. 189-196. 2016.
- [5] V. Bogdanović, Izvodi sa predavanja iz predmeta Regulisanje i upravljanje saobraćajem i Vrednovanje projekata. Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad.
- [6] W. Brilon, B. Stuwe. *Capacity and Design of Traffic Circles in Germany*. In Transportation Research Record 1398, TRB, National Research Council, Washington, D.C., pp. 61-67. 1993.
- [7] M. Čabarkapa, S. Vukanović, *Kontrola ulaza eliminiše konflikt vozila na izlazu iz dvotračne kružne raskrsnice*. Tehnika – Saobraćaj 62, Beograd, pp. 839-844. 2015.
- [8] PTV, Vistro 6 (Student) User Manual, Karlsruhe, Germany. 2018.
- [9] C. Stevens, Signals and Meters at Roundabouts. In Mid-Continent Transportation Research Symposium, Ames Iowa, United States. 2005.
- [10] M. Tracz, J. Chodur, *Performance and Safety of Roundabouts with Traffic Signals*. In Proc. SIV – 5th International Congress – Sustainability of Road Infrastructures, pp. 789-800. 2012.
- [11] M. Tracz, J. Chodur et al. *The method of calculating the capacity intersections with traffic lights*, GDDKiA, Warsaw, Poland. 2004.
- [12] R. J. Troutbeck, *Capacity and Design of Traffic Circles in Australia*. In Transportation Research Record 1398, TRB National Research Council, Washington, D.C., pp. 68-74. 1993.

INFORMACIONI TOKOVI I TEHNOLOGIJE U LOGISTICI INFORMATION AND TECHNOLOGIES IN LOGISTICS

Milan Stanković, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*
Jovan Mišić, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Sadržaj - U ovom radu će biti predstavljena detaljna analiza transportnih upravljačkih sistema (TMS) kao integralnog podsistema logističkih informacionih sistema (LIS). U radu će biti istraženi osnovni informacioni tokovi koji se javljaju u logistici, kao i različite informacione tehnologije i sistemi koji podržavaju ove tokove. Takođe, akcenat će biti stavljen na platforme za prikupljanje i razmenu informacija koje igraju ključnu ulogu u modernizaciji logističkih procesa. Rad će se fokusirati na unapređenje informacionih tokova kroz primenu savremenih informacionih tehnologija, što će dovesti do povećanja efikasnosti, smanjenja troškova i poboljšanja transparentnosti u logistici. Istraživaće se i mogućnosti primene različitih sistema, kao što su sistemi upravljanja porudžbinama (OMS), sistemi upravljanja skladišnim aktivnostima (WMS) i sistemi upravljanja transportnim aktivnostima (TMS), kao i integracija sa ERP sistemima.

Ključne reči: Logistika. Informacioni sistemi. Savremene tehnologije.

Abstract - This paper will present a detailed analysis of transportation management systems (TMS) as an integral subsystem of logistics information systems (LIS). The paper will investigate the basic information flows that occur in logistics, as well as the various information technologies and systems that support these flows. Also, emphasis will be placed on platforms for collecting and exchanging information, which play a key role in the modernization of logistics processes. The work will focus on improving information flows through the application of modern information technologies, which will lead to increased efficiency, reduced costs and improved transparency in logistics. The possibilities of applying different systems, such as order management systems (OMS), warehouse activity management systems (WMS) and transport activity management systems (TMS), as well as integration with ERP systems, will also be explored.

Keywords: Logistics. Information systems. Modern technologies.

1. UVOD

Informacije imaju ključnu ulogu u upravljanju logističkim procesima upravo iz razloga što je koordinacija između pojedinih elemenata logističkog sistema ostvariva jedino pomoću efikasne razmene informacija. Prava informacija, u pravo vreme i na pravom mestu pruža mogućnost pravovremenog i adekvatnog reagovanja na stroge zahteve tržišta, kako u proizvodnom tako i u uslužnom sektoru. Razvojem savremenih informacionih tehnologija informacioni sistemi postaju odgovorni ne samo za tokove informacija, već i za tokove kapitala i tokove elektronskih formi pojedinih proizvoda.

U prošlom veku i do pojave interneta i platformi za razmenu informacija, razmena se vršila u formi papirnih dokumenata, što je veoma sporo i zahteva dosta vremena i komunikacija nije ostvariva u realnom vremenu. Danas se informacije prosleđuju u realnom vremenu i prava informacija stiže u pravo vreme čime se postiže lakše planiranje i kontrola svih logističkih aktivnosti duž kompletnog logističkog lanca.

Tri faktora su značajno doprinela u shvatanju značaja informacija [1]:

- Zadovoljavanje zahteva korisnika - realizacija korisničkih zahteva postala je ključni faktor

konkurentnosti preduzeća, ali i njen značajan generator troškova;

- Smanjenje troškova - sa tog aspekta, može se reći da informacioni tokovi imaju ključnu ulogu u strateškom logističkom planiranju;
- Razmena informacija u cilju informacione integracije - doprinosi da podizanju konkurentnosti kako pojedinačnih preduzeća, tako i čitavih lanaca u kojima se posmatrano preduzeće nalazi.

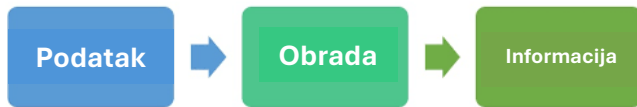
Informacione tehnologije predstavljaju tehnologiju obrade informacija sa više aspekata:

- prikupljanje;
- skladištenje;
- manipulacija;
- prenos.

Prikupljanje podataka se vrši primenom različitih sistema za identifikaciju. Skladištenje informacija podrazumeva njihovo čuvanje na odgovarajućim medijima u cilju budućeg korišćenja. Manipulacija informacijama predstavlja obradu ulaznih podataka u cilju generisanja odgovarajućih izlaza. Prenos informacija podrazumeva njihov transfer s jedne na drugu lokaciju u cilju njihove razmene (zajedničkog korišćenja).

Informacioni sistemi (IS), sastoje se iz tri komponente: ulaz, obrada i izlaz. Ovde se ulazni podaci i informacije obrađuju u cilju dobijanja odgovarajućih izlaznih informacija, na osnovu kojih se, kroz povratnu vezu obavlja podešavanje ulaza, formirajući proces.

Na osnovu izlaznih informacija o budućoj potražnji moguće je korigovati ulazne parametre u cilju unapređenja celokupnog sistema.



Slika 1. Tri osnovne komponente IS

Informacioni sistemi (IS) mogu se posmatrati iz različitih perspektiva, uključujući tehničku i menadžersku. Dok tehnička perspektiva definiše IS kao tehnološki sistem, menadžeri su više zainteresovani za to kako IS može poboljšati poslovne procese i konkurentnost organizacije. Kombinovanjem ovih perspektiva, IS se može opisati kao trodimenzionalni koncept koji obuhvata organizacionu, menadžersku i tehnološku dimenziju [2].

Primena informacionih sistema u logistici zahteva uključivanje različitih delova preduzeća i koordinaciju među brojnim partnerima u lancu snabdevanja. Prilikom uvođenja IS, neophodno je identifikovati potencijalne izazove, kao što su promene u radnoj snazi, poslovnim procesima i tehničkim resursima.

IS u logistici podrazumevaju upotrebu hardvera i softvera koji transformišu podatke u informacije i omogućavaju njihovu razmenu u okviru logističkog lanca. Od ranih računarski podržanih sistema do savremenih sistema za upravljanje resursima, IT imaju značajan uticaj na informacione tokove i logističke aktivnosti. Savremeni IS mogu podržati različite logističke procese, smanjiti troškove i povećati ukupnu dobit preduzeća. Osim što unapređuju postojeće metode, IS omogućavaju razvoj novih načina upravljanja logističkim procesima.

U prvom delu rada date su osnovne karakteristike informacionih tokova u logistici, kao i savremene tehnologije koje su takođe nezaobilazan deo logističkih procesa. U drugom poglavlju detaljno su analizirane postojeće platforme koje služe za prikupljanje i razmenu informacija. Treće poglavlje odnosi se na logistički informacioni sistem i njegove podsisteme, a u poslednjem poglavlju data su zaključna razmatranja.

2. PLATFORME ZA PRIKUPLJANJE I RAZMENU INFORMACIJA

Platforme za prikupljanje i razmenu informacija igraju ključnu ulogu u savremenom poslovanju, omogućavajući efikasnu komunikaciju i upravljanje podacima između različitih učesnika u lancu snabdevanja. Ove platforme su dizajnirane da integrišu različite izvore podataka, obezbeđujući jedinstvenu bazu informacija koja može biti lako dostupna svim korisnicima.

2.1. EDI (Electronic Data Interchange)

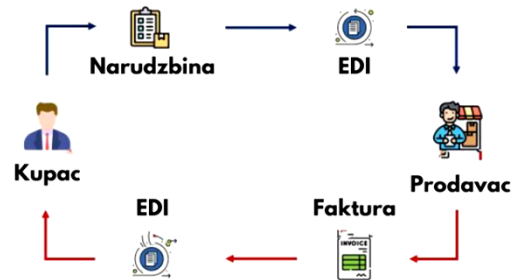
Elektronska razmena podataka (EDI) predstavlja proces koji omogućava razmenu informacija između računarskih

sistema različitih organizacija, bez potrebe za ljudskim posredovanjem. Ova tehnologija omogućava preduzećima da automatizuju svoje poslovne procese i poboljšaju efikasnost.

EDI koristi standarde za formatiranje podataka, što omogućava razmenu različitih tipova dokumenata, kao što su narudžbe, računi, izveštaji o isporuci i drugi poslovni dokumenti. Ovi dokumenti se šalju u elektronskom formatu, čime se smanjuje vreme potrebno za obradu i smanjuju šanse za greške [3]. Prednosti su:

- smanjenje troškova - elektronska razmena podataka smanjuje potrebu za papirnom dokumentacijom, poštanskim uslugama i ručnom obradom;
- poboljšanje efikasnosti - automatizacija razmene podataka omogućava bržu obradu porudžbina i plaćanja, što poboljšava radne procese i ubrzava vreme isporuke;
- smanjenje grešaka - podaci se razmenjuju elektronski, tako se smanjuje mogućnost ljudskih grešaka u unosu i obradi informacija;
- poboljšana komunikacija - EDI olakšava komunikaciju između partnerskih organizacija, čime se poboljšava saradnja i transparentnost u poslovnim odnosima.

EDI predstavlja ključni alat za moderna preduzeća koja žele da poboljšaju svoje poslovne procese, smanje troškove i unaprede komunikaciju. Uz stalni napredak u tehnologiji, očekuje se da će EDI i dalje igrati značajnu ulogu u budućnosti poslovanja, podržavajući efikasnije i brže obavljanje poslova.



Slika 2. Princip rada EDI

2.2. Bar-kod tehnologije

Bar-kod tehnologija je jedna od najrasprostranjenijih i najduže korišćenih metoda automatske identifikacije i praćenja proizvoda i informacija. Ova tehnologija je razvijena u cilju bržeg i preciznijeg obračuna i upravljanja proizvodima u maloprodaji, ali je vremenom našla primenu u gotovo svim industrijama [4].

Bar-kodovi su vizuelni prikazi podataka koji se sastoje od niza paralelnih linija različite debljine i razmaka, koje predstavljaju numeričke ili alfanumeričke podatke. Ovi podaci se mogu brzo i lako čitati uz pomoć bar-kod skenera, koji pretvaraju vizuelne informacije u digitalni oblik i šalju ih u računarski sistem za dalju obradu.

Postoje različite vrste bar-kodova, ali najčešće korišćeni su jednodimenzionalni (1D) i dvodimenzionalni (2D) bar-kodovi:

- **jednodimenzionalni (1D) bar-kodovi** - Ovo su klasični bar-kodovi koji sadrže linije i prostore različite širine. Primeri uključuju UPC (Universal Product Code) i EAN

(European Article Number) kodove, koji se najčešće koriste u maloprodaji za identifikaciju proizvoda.

- **dvodimenzionalni (2D) bar-kodovi** - Ovi bar-kodovi mogu da skladište više podataka na manjem prostoru, koristeći matrični format, kao što je QR kod.



Slika 3. 1D i 2D bar-kodovi

Kod 39 s alfanumeričkim oznakama se primenjuje u industriji. Kod 128 se često koristi u transportnim sistemima na paletama i kutijama, kao i za identifikaciju skladišnih pozicija i pomoćnih utovarnih sredstava.

Bar-kod tehnologija je od izuzetnog značaja u logistici, gde igra ključnu ulogu u praćenju i upravljanju robom kroz ceo lanac snabdevanja. Od prijema robe u skladište, preko njene obrade i skladištenja, do isporuke krajnjem korisniku, bar-kodovi omogućavaju brz i tačan prenos informacija, čime se poboljšava efikasnost i smanjuju troškovi poslovanja.

Prilikom prijema robe u skladište, bar-kodovi se koriste za brzo skeniranje i evidentiranje proizvoda. Svaki artikal ima svoj jedinstveni bar-kod, koji sadrži informacije o proizvodu, kao što su njegov naziv, količina, serijski broj i datum proizvodnje. Skenerom se odmah čitaju podaci sa bar-koda i automatski se upisuju u sistem, što omogućava precizno i brzo evidentiranje robe.



Slika 4. Primeri očitavanja kodova

Nakon prijema, roba se skladišti na odgovarajuće mesto u skladištu, a bar-kodovi omogućavaju lako praćenje njene lokacije. Sa svakim pomeranjem robe, novi položaj se evidentira skeniranjem bar-koda, čime se obezbeđuje ažurnost podataka u sistemu. Ovaj proces smanjuje vreme potrebno za pronalaženje proizvoda, čime se optimizuje rad skladišta i smanjuje rizik od grešaka.

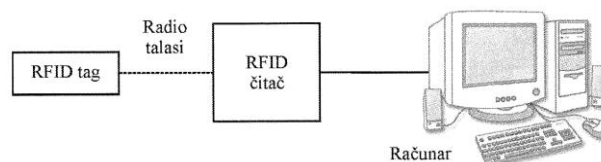
Kada je roba spremna za isporuku, bar-kodovi su jako bitni. Skeniranjem bar-koda omogućava se automatsko kreiranje otpremnih listova i etiketa, što ubrzava proces pakovanja i isporuke.

2.3. RFID (Radio Frequency Identification)

Radio frekventna identifikacija (RFID) predstavlja savremenu tehnologiju koja omogućava beskontaktnu identifikaciju i praćenje objekata putem radio talasa. U

logistici, RFID tehnologija igra ključnu ulogu u poboljšanju efikasnosti, tačnosti i brzine u svim fazama upravljanja robom, od prijema i skladištenja do distribucije i isporuke [5],[6].

RFID sistem se sastoji od tri osnovna elementa: RFID oznake (ili taga), čitača i softvera za upravljanje podacima. RFID oznaka sadrži mikročip koji skladišti informacije, i antenu koja omogućava prenos tih informacija do čitača. Čitač prima signal od oznake i prenosi podatke u softverski sistem, gde se podaci obrađuju i koriste za praćenje i upravljanje robom.



Slika 5. RFID sistem

U procesu prijema robe, RFID omogućava istovremeno skeniranje više artikala bez potrebe za direktnim vidom, što značajno ubrzava proces. RFID oznake se mogu čitati na udaljenosti od nekoliko metara, čak i kroz materijale poput kartona ili plastike, čime se olakšava evidentiranje robe prilikom njenog ulaska u skladište.

Kada je roba smeštena u skladište, RFID tehnologija omogućava precizno praćenje njenog položaja. Svaki put kada se roba premesti, nova lokacija se automatski ažurira u sistemu, što smanjuje vreme potrebno za pronalaženje artikala i poboljšava tačnost inventara.

Prilikom pripreme robe za isporuku, RFID omogućava brzo i efikasno pakovanje i označavanje proizvoda. RFID oznake omogućavaju praćenje robe u realnom vremenu, od skladišta do krajnjeg korisnika. Ovo omogućava brže reagovanje na potencijalne probleme, kao što su kašnjenja ili izgubljena roba.

Bar kodovi su idealni za situacije gde je potrebna ekonomična i jednostavna tehnologija za praćenje i upravljanje robom. Oni se najčešće koriste u maloprodaji, osnovnim skladištima i manjim kompanijama gde troškovi igraju veliku ulogu.

RFID je pogodan za složene logističke operacije, kao što su velika skladišta, lanci snabdevanja sa visokim obimom robe i mesta gde je potrebno praćenje u realnom vremenu. Iako je skuplja za implementaciju, RFID tehnologija nudi veće prednosti u pogledu efikasnosti i preciznosti.

3. LOGISTIČKI INFORMACIONI SISTEM

Logistički informacioni sistem predstavlja informaciono rešenje koje omogućava komunikaciju, ne samo između funkcionalnih oblasti unutar jednog preduzeća, već i između svih učesnika koji prate tok materijalnih dobara kroz čitav logistički lanac.

Glavne funkcije LIS obuhvataju planiranje transporta, upravljanje zalihama, praćenje i upravljanje narudžbinama, kao i planiranje i optimizaciju lanaca snabdevanja. Logistički informacioni sistemi takođe pružaju podršku za analizu podataka, što omogućava organizacijama da donose informisane odluke na osnovu relevantnih i tačnih podataka. Tri osnovna podsistema LIS-a su [1]:

1. Sistem upravljanja porudžbinama (OMS)
2. Sistem upravljanja skladišnim aktivnostima (WMS)
3. Sistem upravljanja transportnim aktivnostima (TMS)



Slika 6. Podsystemi LIS-a

Sistem za upravljanje porudžbinama (Order Management System - OMS) je softversko rešenje koje pomaže preduzećima u upravljanju čitavim procesom ispunjavanja narudžbina, od unosa narudžbina do isporuke proizvoda. OMS je ključna komponenta logističkih informacionih sistema, posebno u kontekstu e-trgovine, maloprodaje i proizvodnje.

Sistem upravljanja skladišnim aktivnostima (WMS) povezan je sa OMS, kako bi se u svakom trenutku raspolagalo informacijama o tačnoj količini proizvoda raspoloživih za prodaju. Ovaj sistem predstavlja informacioni podsistem koji podržava upravljanje tokovima materijalnih dobara unutar čvorova u logističkoj mreži.

Sistem upravljanja transportnim aktivnostima je podsistem LIS-a koji razmenjuje informacije sa njegovim ostalim podsistemima. Ovde je cilj da se efikasnije realizuju sve logističke aktivnosti. Uloga TMS-a je u podršci planiranju i kontroli transportnih aktivnosti u preduzeću.

4. ZAKLJUČAK

Savremene informacione tehnologije, poput bar-kod sistema i komunikacionih tehnologija, kao što je EDI, postale su ne samo ekonomski dostupne, već i suštinski deo poslovanja. Njihova primena više nije luksuz već neophodnost, jer ove tehnologije omogućavaju značajno poboljšanje u brzini i preciznosti donošenja poslovnih odluka, kao i u efikasnosti procesa pripreme i isporuke porudžbina.

Integracija ovih tehnologija u poslovne procese donosi brojne prednosti, uključujući unapređenje komunikacije između različitih organizacija i smanjenje mogućnosti grešaka u razmeni podataka. Ključna karakteristika razmene informacija putem savremenih informacionih i komunikacionih tehnologija je u tome što se podaci unose samo jednom, čime se izbegavaju dupliranja i greške u naknadnom unosu.

Razmena informacija između računarskih sistema danas se obavlja gotovo potpuno automatizovano, sa minimalnom potrebom za ljudskom intervencijom. Ova automatizacija značajno smanjuje vreme i troškove povezane sa obradom porudžbina, ali i smanjuje rizik od grešaka koje mogu nastati usled ručne obrade podataka. Standardizacija formata i definicija podataka omogućava jednostavniju i bržu integraciju različitih informacionih sistema, bez potrebe za dodatnim prilagođavanjem ili modifikacijom za različite poslovne partnere.

Uz sve ove prednosti, savremene informacione i komunikacione tehnologije igraju ključnu ulogu u modernizaciji i optimizaciji poslovnih procesa, osiguravajući brže, preciznije i efikasnije poslovanje u sve složenijem i konkurentnijem tržišnom okruženju.

LITERATURA

- [1] S. Nikoličić, Đ. Stojanović, M. Maslarić, *Osnovi logistike: principi, sistemi i procesi*, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2016.
- [2] J.J. Liu, *Supply Chain Management and Transport Logistics*, London and New York: Routledge-Taylor and Francis Group, 2012.
- [3] D. Simchi-Levi, P. Kaminsky, E. Simchi-Levi, *Design and Managing the Supply Chain*. USA: McGraw-Hill, 2003.
- [4] R.H. Ballou, *Business Logistics/Supply Chain Management*. 5th ed. New Jersey USA: Pearson Education International, Prentice Hall, 2004.
- [5] M. Georgijević, *Tehnička logistika*. Beograd: Zadužbina Andrejević, 2011.
- [6] S. Nikoličić, *Logistika lanaca snabdevanja i informacione tehnologije*, Beograd: Zadužbina Andrejević, 2012.

MODEL REGIONALNE INTEGRACIJE SISTEMA JAVNOG PREVOZA PUTNIKA IZMEĐU TERITORIJA OPŠTINA NIŠAVSKOG, PIROTSKOG, TOPLIČKOG I JABLANIČKOG OKRUGA

MODEL OF THE INTEGRATED REGIONAL PUBLIC TRANSIT SYSTEM BETWEEN THE TERRITORIES OF THE MUNICIPALITIES OF NIŠ, PIROT, TOPLICA AND JABLANICA DISTRICTS IN THE REPUBLIC OF SERBIA

Stefan Đorđević, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Vranje, Filipa Filipovića 20, Vranje.*

Sadržaj - Lokalni (regionalni) autobuski prevoz između teritorija opština Nišavskog, Pirotskog, Topličkog i Jablaničkog okruga povezuje okolne opštine i gradove sa teritorijom grada Niša. On ima značajnu društveno-ekonomsku funkciju jer služi stanovnicima koji žive u manjim opštinama, tj gradovima a rade i školuju se u Nišu. Kao takav, lokalni prevoz u ovoj regiji je izražen i ima isti karakter kao i prigradski javni prevoz koji povezuje naselja sa užim gradskim područjem. Dakle, može se posmatrati kao javni prigradski prevoz u većim gradovima.

Ključne reči: Integracija. Regionalni javni prevoz.

Abstract - Regional public transit between the municipalities of Niš, Pirot, Toplica and Jablanica districts connects the surrounding municipalities and cities with the territory of the city of Niš. It has a significant socio-economic function because it serves residents who live in smaller municipalities, i.e. cities, and work and study in the city of Niš. As such, regional public transit in this region is very present and has the same character as suburban public passenger transport that connects settlements with the inner city area.

Keywords: Integration. Regional Public Transit.

1. UVOD

Razvoj urbanih sistema u Republici Srbiji ima izuzetno izražen monocentrični karakter. To znači da jedan ili nekoliko većih gradova u okviru regiona dominiraju svojom veličinom, funkcijama i sadržajem, dok ostale manje opštine i gradovi imaju usporen razvoj ili čak nazaduju.

Kada se sa geopolitičkog i društveno-ekonomskog aspekta posmatra položaj grada Niša, može se zaključiti da on na jednom širem geografskom području predstavlja regionalni centar kom gravitira lokalno stanovništvo. Kao savremeni univerzitetski grad, istovremeno je prirodni, društveni, privredni, obrazovni, zdravstveni, kulturni i sportski centar jugoistočne Srbije [3]. Na području Grada Niša, prema popisu iz 2022. godine živi 249.501 stanovnik, dok u samom naseljenom mestu živi 178.976 stanovnika [2].

Osnovno gravitaciono područje grada Niša čine teritorije upravnih okruga koji ga okružuju i to Nišavski, Pirotski, Toplički i Jablanički (Slika 1). Prostire se na površini od 10490 km². Prema popisu iz 2022 godine ovde živi 682.493 stanovnika, od toga 56% u gradskim naseljima. U odnosu na podatke iz 2011 godine beleži se pad u broju stanovnika od 12,6% [2].

Grad Leskovac koji je ujedno i drugi grad po veličini i značaju posle Niša, sedište je Jablaničkog UO. Nalazi se u Leskovačkoj kotlini i prostire se na površini od 1025 km². Obuhvata 144 naseljenih mesta, od kojih su tri gradskog tipa

(Leskovac, Vučje i Grdelica), što ovu teritoriju čini najrazuđenijom u Republici Srbiji. Od Niša je udaljen 50 km.



Slika 1. Geografski položaj grada Niša u odnosu na njegovo osnovno gravitaciono područje.

Grad Pirot je sedište Pirotskog UO. Prema podacima sa popisa iz 2022. godine u Pirotu živi 49.601 stanovnika, što ga po broju stanovnika svrstava u treći najveći grad na posmatranoj teritoriji (Slika 1). Od Niša je udaljen 75 km. Kroz okrug prolazi državni put IA reda, koji je deo evropskog E80 i panevropskog putnog koridora 10. Povezuje grad Niš tj. Niški sa Pirotskim upravnim okrugom i sa Bugarskom.

Grad Prokuplje sedište je Topličkog UO. Prema podacima sa popisa iz 2022. godine u Pirotu živi 34.942 stanovnika [2]. Od Niša je udaljen 50 km. Kroz okrug prolazi važna magistrala, tj put E80, koji od Jadranskog mora i Prištine vodi prema Dimitrovgradu, Sofiji, Istanbulu i dalje ka Bliskom istoku. Značaj Topličkog UO posebno se ogleda kroz turizam jer su na njegovoj teritoriji tri izuzetno posećene banje i to Lukovska, Kuršumlijska i Prolom Banja. U Prokuplju postoje dve funkcionalne autobuske stanice kojima nezavisno upravljaju dva različita autoprevoznika. Između ovih autobuskih stanica iako su lokacijski jedna pored druge, ne postoji nikakva usaglašenost u informacijama i uslugama koje se pružaju korisnicima.

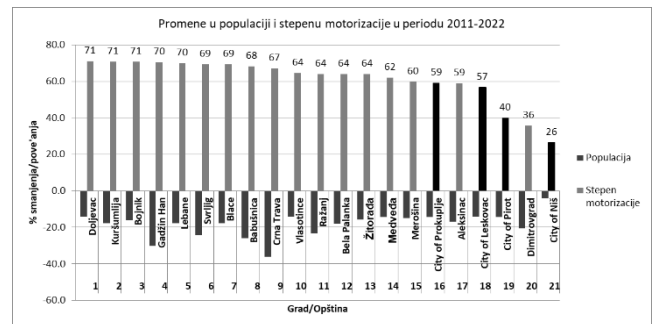
2. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA

Sistem lokalnog tj. regionalnog javnog prevoza putnika između teritorijalnih jedinica u okviru definisanog gravitacionog područja grada Niša, odnosno između grada Niša i drugih opština i gradova unutar gravitacione zone, trenutno se bazira na konceptu deregulacije i oslanja uglavnom na jedan vid prevoza – autobuski prevoz. U tom sistemu, dnevne migracije stanovnika realizuju se korišćenjem međumestnih i opštinskih autobuskih linija različitih “lokalnih” privatnih prevoznika. Ove autobuske linije prate svakodnevni životni ritam lokalnog stanovništva i često se održavaju po posebnom režimu, odnosno u skladu sa školskim smenama, smenama zaposlenih, pijačnim ili određenim danima u nedelji ili mesecu, sezonskim poslovima i sl.

Uzimajući u obzir način organizacije, zakonski okvir, političko okruženje i trenutne uslove na tržištu, uticajni faktori koji utiču na kvalitet lokalnog (regionalnog) javnog prevoza putnika između teritorija Nišavskog, Pirotskog, Topličkog i Jablaničkog okruga, mogu se klasifikovati u sedam cirkularno zavisnih kategorija, i to:

1. *Prirodne migracije i devastiranost područja* - Na primer Gadžin Han, opština u Nišavskom upravnom okrugu, je u periodu između dva popisa ostala bez nešto više od 8000 stanovnika, što je pad od 30,3%.
2. *Izrazito konkurentski odnosi između privatnih prevoznika* - nefer konkurencija i vertikalno integrisane autobuske stanice, konkurencija na liniji na terenu, tzv “redovi vožnje u fioci”,
3. *Individualna motorizacija (Slika 2.) i nelegalni vidovi prevoza* (linijski taksi prevoz, zloupotreba „blabla car“ aplikacije i sl.),
4. *„Poseban linijski prevoz“* – poseban oblik linijskog prevoza koji je ugovoren samo za određenu kategoriju putnika,
5. *Tarifna politika i politika cena* - visoke cene karata, cene karata kao osnovno sredstvo za osvajanje tržišta i sl,
6. *Realni operativni troškovi poslovanja* koji sve više opterećuju privatnog prevoznika (potrošnja goriva, troškovi održavanja vozila, nedostatak vozača i zarade zaposlenih itd.) na uštrb kvaliteta pružene usluge prevoza,
7. *Nekordinisane i međusobno neusklađene usluge javnog prevoza* – redovi vožnje, mreža linija, presedačke tačke, informacije.

Na posmatranom području samo u poslednjih deset godina broj registrovanih putničkih automobila veći je za 30,8% dok je broj stanovnika koji žive na ovom području manji za 12,1% (Slika 2)



Slika 2. Promene u populaciji u odnosu na stepen motorizacije u periodu 2011-2022.

U ovakvim uslovima, gde konstantan pad stanovnika utiče istovremeno i na pad broja korisnika javnog prevoza, privatni autobuski prevoznici su primorani da povećavaju cene voznih karata, smanjuju kvalitet usluge (pre svega smanjujući kvalitet voznog parka) i ukidaju polaske kako bi osigurali rentabilnost. Onog trenutka kada i pored redukcija više nema ekonomske opravdanosti prevoznik se povlači sa određenog područja. U tom slučaju građani se sami organizuju koristeći alternativu a to je uglavnom privatni automobil. Ukoliko postoji pritisak na lokalnu samoupravu, pogotovu za prevozom đaka, ona je onda primorana da, ukoliko joj to budžet omogućava, ili sama nabavi prevozno sredstvo određenog kapaciteta i u svojoj režiji organizuje prevoz (što je recimo slučaj sa Opštinom Gadžin Han) ili da preko škole raspiše javnu nabavku i organizuje prevoz đaka po modelu „poseban linijski prevoz“ (kao npr. Opština Bojnik i Merošina).

Budžeti pojedinih lokalnih samouprava nisu dovoljni da bi se omogućilo finansiranje, odnosno subvencionisanje usluga javnog prevoza pa je česta pojava da javnog prevoza do određenih mesta uopšte i nema ili je isti redukovano sa tendencijom potpunog povlačenja i ukidanja linija od strane prevoznika.

3. KONCEPT REGIONALNE INTEGRACIJE JAVNOG PREVOZA

Regionalna integracija javnog prevoza podrazumeva uspostavljanje zajedničkog operativnog okruženje u kojem međusobno povezani prevoznici (javnog i privatnog sektora) i podsistemi funkcionišu prema jedinstvenoj organizaciji prevoza na definisanom geografskom području.

Osnovni elementi integrisanog sistema su jedinstvena mreža linija i redovi vožnje, jedinstven tarifni sistem, sistem karata i sistem naplate, jedinstven informacioni sistem. U skladu sa tim, regionalna integracija se može sprovoditi na četiri nivoa: fizička, tarifna, informaciona i šira planska integracija [1].

Fizička ili integracija mreža podrazumeva usklađeno planiranje i modelovanje mreža i linija koje se sastaju istovremeno ili u definisanim vremenskim intervalima, na jednoj ili više presedačkih tačaka, nezavisno od podsistema i vlasničke strukture prevoznika. Vrlo je bitan hijerarhijski pristup u projektovanju mreža, odnosno u zavisnosti od postojećih sistema, određuju se glavne i napojne linije.

Tarifna integracija predstavlja veoma važan segment za postizanje potpune regionalne integracije transportne ponude. Tri osnovne promenljive procesa modeliranja integrisanog tarifnog sistema su tarifna podela područja, struktura karata i visina cene.

Jedinstven sistem karata, bez obzira na podsisteme i vlasničku strukturu, omogućava putnicima da koriste različite prevozne modalitete, kupovinom samo jedne karte koja može da važi kratak period (nekoliko časova, dnevna karta) ili da ima dužu vremensku validnost (nedeljna, mesečna, godišnja). Kao takva, integrisana putna isprava, omogućava putnicima, da prilikom planiranja putovanja uzmu u obzir celokupan sistem javnog prevoza u određenoj regionalnoj oblasti.

Informacija je ključni, uticajni faktor na kvalitet prevozne usluge. Na osnovu informacije o stanju sistema i o saobraćajnim zahtevima koje treba opslužiti donose se važne upravljačke odluke. Sa druge strane, dostupnost informacija koje se putnicima pružaju pre ulaska u sistem, kao i unutar samog sistema, čine javni prevoz pogodnijim i atraktivnijim izborom i pojačavaju osećaj doživljenog kvaliteta pružene prevozne usluge.

Pri tom, potrebno je izvršiti adekvatnu selekciju informacija koje će se na odgovarajući način prezentovati nosiocima prevoznih usluga – prevoznicima, dispečerima, voznom osoblju i putnicima.

Koncept šire planske integracije podrazumeva analizu međusobnog uticaja namene površina, saobraćajnog sistema i šireg društvenog interesa. Ovo se prvenstveno odnosi na razmatranje sledećih aspekata: uticaj korišćenja zemljišta i namene površina na generisanje putovanja, socijalnu integraciju i zaštitu životne sredine.

4. UTICAJ ZAKONSKE REGULATIVE NA USPOSTAVLJANJE REGIONALNE INTEGRACIJE

Zakonska regulativa u oblasti javnog prevoza prva je prepreka regionalnoj integraciji javnog prevoza. Tamo gde linija prolazi kroz dve različite katastarske opštine ona se mora registrovati kao međumesna bez obzira na njenu namenu.

„*Zakon o prevozu putnika u drumskom saobraćaju*“ definiše uslove za uspostavljanje javnog prevoza i, u tom smislu, propisuje nadležnosti i odgovornosti lokalne, regionalne i državne uprave. Resorno ministarstvo zaduženo za saobraćaj vrši registraciju i verifikaciju međumesnih autobuskih linija i redova vožnje.

Prevoznici podnose prijavu za registraciju međumesnih linija jednom godišnje, a predloženi redovi vožnje za međumesni autobuski prevoz putnika usklađuju se i odobravaju od strane komisije. Za odobrene redove vožnje, tj autobuske linije prevoznik sam propisuje cenu i strukturu karata, kvalitet i kapacitet vozila kao i sve ostalo što je u njegovom domenu odlučivanja.

Registracija i verifikacija redova vožnje za javni gradski i prigradski prevoz putnika poverena je nadležnosti opštinske ili gradske uprave. Lokalna samouprava, na osnovu „*Odluke o javnom prevozu putnika*“, propisuje način organizovanja, uslove obavljanja i uslove korišćenja javnog prevoza na određenoj teritoriji, kao i sva druga pitanja od značaja za sistem javnog prevoza putnika.

Uzimajući u obzir ovakav zakonski okvir može se zaključiti da regulativa na državnom nivou ne uzima u obzir širi kontekst i ne sagledava urbani i komunalni karakter registrovanih autobuskih linija već ih isključivo posmatra dvodimenzionalno (međumesni ili opštinski). Sa druge strane, regulativa na lokalnom nivou ne može nikako uticati na integraciju prevozne usluge.

„*Zakon o komunalnim delatnostima*“ predvideo je mogućnost zajedničkog obavljanja komunalne delatnosti potpisivanjem sporazuma između dve ili više jedinica lokalne samouprave. Međutim ukoliko se ova mogućnost sagleda iz konteksta javnog prevoza, postavlja se niz pravnih i operativnih pitanja. Nejasno je da li je zajedničko obavljanje komunalne delatnosti javnog prevoza putnika isto što i regionalna integracija, kako će se ona sprovesti, po kojim prioritetima, na koji način će se vršiti raspodela finansijskih sredstava i u čijoj će to nadležnosti biti.

Već pomenutim „*Zakonom o prevozu putnika u drumskom saobraćaju*“, definisan je i poseban oblik ugovorenog prevoza, tzv. *poseban linijski prevoz*, koji se organizuje kao prevoz radnika iz mesta stanovanja na posao i sa posla, kao i đaka i studenata iz mesta stanovanja do škole i iz škole. Dakle, ugovara se za određenu kategoriju putnika (određenog privrednog subjekta, određene organizacije, određene ustanove i dr.), uz isključenje ostalih putnika, prema ugovorenoj učestalosti i na ugovorenom prevoznom putu.

Iako ovakav model organizovanja javnog prevoza ima dosta prednosti u praksi se to pokazalo drugačije. Naime, poseban linijski prevoz daje neograničenu mogućnost određenim ustanovama, organizacijama ili privrednim subjektima da organizuju prevoz svojih zaposlenih, đaka, članova i sl. Međutim uspostavljanje posebnog linijskog prevoza tamo gde redovni linijski prevoz već postoji, on biva ugrožen jer se prevozniku koji ga obavlja stvara legalna a nefer konkurencija. Česta je situacija gde privatni prevoznik i sam sebi konkuriše apliciranjem na javni poziv, upravo sa ciljem zaštite svog tržišta, stvarajući na taj način sebi dodatne operativne troškove (npr. posao koji je obavljao sa jednim autobusom, sada se obavlja sa dva iako to nije neophodno).

Poseban linijski prevoz je potpuno izolovan sistem sa nemogućnošću integracije.

Železnica, kao javno državno preduzeće, čiji je rad definisan „*Zakonom o železnici*“ funkcioniše kao potpuno nezavisan sistem u odnosu na druge sisteme javnog prevoza. Način rada, red vožnje, struktura karata, visina cena i sve ostale ključne odluke u sistemu se donose nezavisno i u nefer konotaciji u odnosu na autobuski podsistem.

Podsticanje integracije, modernizaciju javnog prevoza i sagledavanje linija sa aspekta opšteg javnog interesa Evropska Unija je prepoznala još davne 1969. godine donošenjem „*Uredba Saveta (EEZ) br. 1191/69*“. Ovom uredbom prvi put je napravljena razlika između prevoza koji se obavlja na komercijalnoj osnovi i prevoza u javnom interesu. Danas, zakonski i regulatorni okvir na nivou EU čine više dokumenata kao što su Bela i Zelena knjiga, kao i „*Regulativa (EZ) 1370/2007* Evropskog parlamenta i Saveta od 23. oktobra 2007. o javnim službama željeznicom i putevima i ukidanje Uredbe Saveta (EEZ). I No 1191/69.1107/70.”

5. ZAKLJUČAK

Zaključak je da lokalni (regionalni) javni prevoz, slično ostalim komunalnim delatnostima nema standardne ekonomske karakteristike i ne može da funkcioniše na komercijalnoj osnovi, pogotovu na teritorijama devastiranih područja. Privatni prevoznik ukoliko nema obavezu obavljanja javnog prevoza i uz to određenu finansijsku nadoknadu izbegavaće nerentabilne usluge.

Nišavski, Pirotski, Toplički i Jablanički okrug predstavljaju jedinstvenu društvenu-ekonomsku celinu. Dnevne migracije stanovnika u lokalnu, između ova četiri okruga realizuju se korišćenjem autobuskih linija koje održavaju različiti lokalni privatni prevoznici. Ove linije, kada njihove trase prolaze kroz dve različite katastarske opštine, moraju se registrovati kao međumesne bez obzira na potrebe stanovnika, izvorno-ciljna kretanja i komunalni karakter. Tarifni sistem i sistem karata različiti su među prevoznicima, pa čak i među polascima istog prevoznika. Autobuske stanice u zavisnosti od vlasničke strukture, kao i od definisanih ugovora sa prevoznicima nude različite, neusklađene informacije i usluge. Dakle, tržište javnog „lokalnog“ prevoza putnika u okviru ova četiri okruga je u potpunosti deregulisano i njegovo delovanje može se okarakterisati kao defanzivno i neodrživo jer građani zbog nejednostavnog sistema nisu u mogućnosti da koriste ukupnu ponudu.

Uzimajući u obzir prethodno navedeno, može se zaključiti da je potrebno razvijati model regionalne integracije javnog

prevoza koji bi ova četiri okruga povezao u jednu celinu i povećao kvalitet prevozne usluge. Integracija se može razvijati i sprovesti na nekoliko različitih nivoa, i to fizička, tarifna, informaciona i šira planska.

Stvaranje pravne osnove i formiranje direkcije ili agencija za regionalni javni prevoz predstavlja prvi korak u započinjanju uspostavljanja koncepta regionalne integracije javnog prevoza.

LITERATURA

- [1] Đorđević S., *Bachelor thesis „Multimodalni sistemi prevoza“*, (mentor Doc. Dr. Milan Simeunović), *Novi Sad, 2016.*
- [2] Statistical Office of the Republic of Serbia *“Municipalities and regions of the Republic of Serbia”*, Belgrade, 2022.
- [3] Grad Niš, *“Studija javnog gradskog i prigradskog prevoza putnika na teritoriji grada Niša”*, April 2019.
- [4] "Sl. glasnik RS", 68/2015, 41/2018, 44/2018, 83/2018, 31/2019 i 9/2020. *“Zakon o prevozu putnika u drumskom saobraćaju”* JP Službeni glasnik, Beograd.
- [5] "Sl. glasnik RS", 88/2011, 104/2016, 95/2018 i 94/2024.. *“Zakon o komunalnim delatnostima”* JP Službeni glasnik, Beograd.

POSTUPCI PUNJENJA BATERIJA KOD HIBRIDNIH VOZILA

BATTERY CHARGING PROCEDURES IN HYBRID VEHICLES

Stefan Mihajlović, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*
Dušan Radosavljević, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija-Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Sadržaj - U ovom radu je prikazan značaj korišćenja hibridnih vozila, osnovne komponente hibridnih vozila i njihova podela po konfiguraciji. Hibridna vozila poseduju motor sa unutrašnjim sagorevanjem i električni motor pri čemu u zavisnosti od režima vožnje, vozilo koristi snagu jednog ili oba motora. U radu su predstavljeni punjači koji se koriste za punjenje baterija hibridnih vozila kao i načini punjenja baterija hibridnih vozila koja su trenutno u primeni. Pozitivan uticaj na očuvanje životne sredine i alternativne izvore energije daje snažan podsticaj razvoju i unapređivanju hibridnih vozila, kao i načine punjenja baterija hibridnih vozila. Razvojem autoindustrije očekuje se povećanje u proizvodnji hibridnih i električnih vozila.

Ključne reči: Hibridna vozila. Punjači. Načini punjenja hibridnih vozila.

Abstract - This paper shows the importance of using hybrid vehicles, the basic components of hybrid vehicles and their division by configuration. Hybrid vehicles have an internal combustion engine and an electric motor, and depending on the driving mode, the vehicle uses the power of one or both engines. The paper presents the chargers used for charging the batteries of hybrid vehicles as well as the methods of charging the batteries of hybrid vehicles that are currently in use. The positive impact on environmental protection and alternative energy sources gives a strong incentive to the development and improvement of hybrid vehicles, as well as ways of charging hybrid vehicle batteries. With the development of the auto industry, an increase in the production of hybrid and electric vehicles is expected.

Keywords: Hybrid vehicles. Chargers. Ways of charging hybrid vehicles.

1. UVOD

Sve veća zagađenost životne sredine i ograničenost energije iz fosilnih goriva stvaraju sve veći negativni uticaj na život ljudi na Zemlji. Multidisciplinarna istraživanja su usmerena na pronalaženje adekvatnih rešenja koja bi umanjila ili potpuno rešila ovaj problem. Automobilska industrija ima značajnu ulogu u ekonomskom rastu svake države i značajno utiče na celokupnu populaciju. Zbog toga automobilska industrija prolazi kroz jednu od najznačajnijih transformacija u svom postojanju, koja se ogleda u prelasku sa motora sa unutrašnjim sagorevanjem na alternativne izvore energije. Razvoj električnih i hibridnih vozila poslednjih decenija doživeo je ekspanziju i ogroman napredak, zbog sve veće zabrinutosti za zaštitu životne sredine, održivost energetske resursa, kao i zbog tehnoloških inovacija koje su omogućile veći domet, sigurnost i pristupačnost samih vozila. Ipak, smatra se da proizvođači automobila do sada još uvek nisu dovoljno iskoristili potencijal tehnologija koje koriste električna i hibridna vozila. Jedan od razloga za takav pristup je maksimalno iskoriscenje uložene investicije u tehnologije koje koriste fosilna goriva [1]. Sa druge strane, zbog svoje funkcionalnosti u zaštiti životne sredine sve više država u svetu daju podsticaje za kupovinu i korišćenje električnih i hibridnih vozila. U ovom radu su prikazane komponente hibridnih vozila, njihova konfiguracija, kao i vrste punjača za punjenje baterija hibridnih vozila i načini punjenja tih baterija.

2. HIBRIDNA ELEKTRIČNA VOZILA

Hibridna električna vozila (HEV) evoluirala su iz svog početnog stanja i pokazala se kao obećavajuće rešenje ozbiljnog egzistencijalnog problema koji se postavlja pred planetom Zemljom. HEV ne obezbeđuje samo bolju ekonomičnost goriva i niže emisije štetnih gasova u skladu sa zakonima o zaštiti životne sredine, već i prigušuju efekat rasta cena goriva na potrošače [2]. HEV kombinuju pogonske snage motora sa unutrašnjim sagorevanjem i električne mašine.

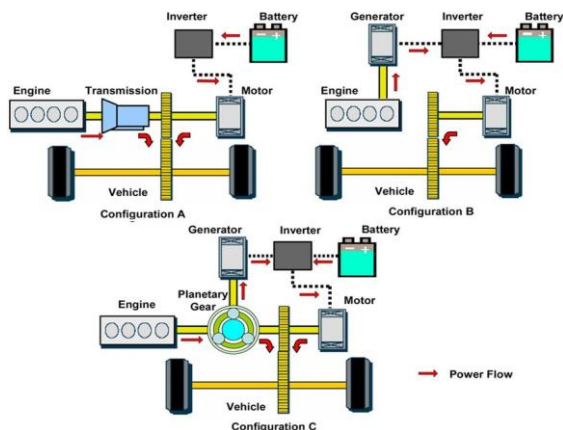
Glavne komponente HEV-a su sistem za skladištenje energije, motor sa unutrašnjim sagorevanjem, dvosmerni konvertor i uređaji za praćenje maksimalne snage. Performanse HEV-a u velikoj meri zavise od ovih komponenti i njegove arhitekture [3].

Osnovni principi rada HEV uključuju kombinaciju motora sa unutrašnjim sagorevanjem (ICE) i električnog motora, kako za pokretanje vozila, tako i za kretanje vozila u različitim režimima. Konfiguracije se razlikuju u zavisnosti od marke i modela HEV-a, ali tipični dizajni za većinu današnjih HEV-a su kategorisani kao serijski, paralelni ili kombinacija serijsko-paralelni (Slika 1).

Serijski hibridni dizajni koriste električni motor kao mehaničku strujnu vezu sa pogonom sa ICE-om koji pomaže u pogonu ili regeneriše bateriju tokom kočenja vozila.

Paralelni hibridni pogoni su povezani i na ICE i na električni motor. Zajedno oba sistema istovremeno daju pogon vozilu.

Serijski paralelni dizajn (okvir C) je kombinacija serijskog i paralelnog hibridnog dizajna, optimizujući prednosti veće brzine, uslova na autoputu u paralelnom režimu i zaustavljanja i kretanja, gradskih uslova u serijskom režimu. Kao rezultat toga, serijski paralelni dizajn generalno ima potpuno električni pogon, režim u kome radi i optimizuje tokom rada pri malim brzinama sa nizom zaustavljanja, kretanja i mirovanja [4].



Slika 1. Konfiguracija HEV-a: A-paralelni, B-serijski; C-serijsko-paralelni [5].

3. POREĐENJE HIBRIDNIH I ELEKTRIČNIH VOZILA

Hibridna vozila kombinuju prednosti motora sa unutrašnjim sagorevanjem i električne energije, obezbeđujući veću autonomiju u odnosu na električna vozila. Ova autonomija je jako bitna za vozače koji često putuju na dugim relacijama, pružajući im sigurnost i smanjujući potrebu za čestim punjenjem, samim tim putovanje traje kraće. Sa druge strane, električna vozila ne emituju štetne gasove i doprinose značajnom smanjenju ugljeničnog otiska. Električna vozila imaju niže troškove vožnje, jer električna energija obično manje košta od goriva.

Ekonomska isplativost igra ključnu ulogu u ovom poređenju. Hibridna vozila imaju niže početne troškove od električnih vozila, što ih čini privlačnim izborom za mnoge kupce. Takođe, vlasnici hibridnih vozila često imaju pristup ekonomskim olakšicama kao što su subvencije i poreske olakšice, što dodatno čini ove automobile ekonomski prihvatljivim. Izbor između hibridnih i električnih vozila zavisi od potreba i stavova vozača. Dok hibridna vozila nude veću autonomiju i brže punjenje, električna vozila su ekološki prihvatljivija i često imaju niže operativne troškove. Svaki od ovih tipova vozila ima svoje prednosti i izazove, što vozačima omogućava da odaberu ono što najbolje odgovara njihovim potrebama i stilu vožnje.

4. PUNJAČI ZA PUNJENJE BATERIJA HIBRIDNIH VOZILA

Hibridna vozila za pokretanje koriste motor sa unutrašnjim sagorevanjem, dok se tokom vožnje koristi električna energija iz baterije ugrađene na vozilu. Da bi se izvršilo punjenje baterije, koriste se punjači nivo 1 i nivo 2.

Ova podela je nastala iz zahteva korisnika da svoja vozila pune na kućnim punjačima, kao i faktor vremena punjenja koji je dosta bitan većini korisnika. Osnovna razlika između ovih punjača jeste brzina punjenja baterije i veličina snage potrebne za punjenje baterije.

4.1. Nivo 1

Nivo 1 je najjednostavniji i najosnovniji tip punjenja. Uključuje korišćenje standardne električne utičnice sa električnim napajanjem od 120 volti koja daje prosečnu izlaznu snagu od 1,3 kW do 2,4 kW za punjenje baterije automobila. Ova vrsta punjenja je obično spora, potrebno je oko 8-14 sati da se baterija potpuno napuni, u zavisnosti od veličine i kapaciteta baterije vozila [6].



Slika 2. Punjači nivo-a 1 [7].

4.2. Nivo 2

Nivo 2 punjenja je brži i efikasniji tip punjenja. Potrebna je stanica za punjenje od 240 volti, koja se može instalirati u kućnu ili javnu stanicu za punjenje. Punjenje nivoa 2 može napuniti bateriju za samo 2-4 sata, što ga čini mnogo pogodnijom opcijom za vozače koji moraju brzo da pune svoje automobile. U zavisnosti od tipa baterije, konfiguracije punjača i kapaciteta vozila, punjenje nivoa 2 dodaje oko 22-56 km dometa na sat vremena punjenja [6].



Slika 3. Punjači nivo-a 2 [8].

5. TEHNOLOGIJE HIBRIDNOG PUNJENJA VOZILA

Tehnologija hibridnih automobila prešla je dug put otkako je prvi hibridni automobil predstavljen kasnih 1990-ih. Poslednjih godina napredak u tehnologiji hibridnog punjenja automobila učinio je punjenje bržim, praktičnijim i efikasnijim.

5.1. Bežično punjenje

Jedan od najznačajnijih napretka u tehnologiji hibridnog punjenja automobila je bežično punjenje. Ova tehnologija omogućava punjenje hibridnih automobila bez upotrebe kabla za punjenje. Umesto toga, automobil je parkiran iznad podloge za punjenje, a proces punjenja počinje automatski. Ova tehnologija je još uvek u ranoj fazi, ali ima potencijal da revolucionariše način na koji se određuje cena hibridnih automobila u budućnosti [9].



Slika 4. Bežično punjenje [10].

5.2. Brzo punjenje

Tehnologija brzog punjenja je promenila vreme punjenja u svetu hibridnog punjenja automobila. Ova tehnologija omogućava brže punjenje, a neke stanice za punjenje mogu u potpunosti da napune bateriju hibridnog automobila za samo 30 minuta. Ovo čini hibridne automobile pogodnijim za vozače koji moraju brzo da pune svoje automobile dok su u pokretu [8].

5.3 Pametno punjenje

Tehnologija pametnog punjenja omogućava efikasnije punjenje hibridnih automobila. Ova tehnologija može pratiti proces punjenja i podesiti brzinu punjenja kako bi se osiguralo da je baterija napunjena do željenog nivoa uz minimiziranje količine energije koja se koristi. Ovo može pomoći u smanjenju vremena punjenja i uštedi troškova energije [9].



Slika 5. Pametno punjenje [11].

5.4 Prenosno punjenje

Tehnologija prenosnog punjenja omogućava hibridno punjenje automobila u pokretu. Ove prenosive jedinice za punjenje mogu se nositi u prtljažniku automobila i uključiti u

običnu električnu utičnicu za punjenje akumulatora automobila. Iako je prenosno punjenje sporije od drugih metoda punjenja, može biti korisno u hitnim situacijama ili za punjenje u oblastima gde stanice za punjenje nisu dostupne [9].



Slika 6. Prenosno punjenje [12].

5.5 Punjenje na solarnu energiju

Tehnologija punjenja korišćenje solarne energije koristi fotonaponske solarne panele za proizvodnju električne energije za punjenje hibridnih automobila. Ova tehnologija je još uvek u ranoj fazi, ali ima potencijal da revolucionariše način punjenja hibridnih automobila u budućnosti obezbeđujući obnovljiv i održiv izvor energije [9].



Slika 7. Punjenje na solarnu energiju [13].

6. ZAKLJUČAK

Hibridni automobili su postaju sve popularniji poslednjih godina zbog svoje efikasnosti goriva i ekološke prihvatljivosti. Usavršavanje tehnologija punjenja hibridnih vozila dovešće do povećane kupovine i upotrebe ovih vozila, koja omogućavaju veću autonomiju kretanja, skraćuju zadržavanja tokom putovanja radi punjenja baterije vozila, ekološki i ekonomski su isplativa, ujedno i čuvaju životnu sredinu i izvore obnovljivih resursa energije. Od bežičnog punjenja do punjenja na solarni pogon, na raspolaganju je mnogo različitih opcija koje odgovaraju potrebama svakog vlasnika hibridnog automobila.

U budućnosti će hibridna vozila sigurno igrati značajniju ulogu u autoindustriji. Najznačajniji svetski proizvođači još uvek kriju potencijal ove tehnologije, jer žele da i dalje eksploatišu postojeće rezerve nafte i drugih fosilnih goriva, kao i da do maksimuma iskoriste uložene milijarde dolara u razvoj SUS motora. Do tada će se hibridna vozila i dalje razvijati ali će korisnici dobijati priliku da uživaju u svim pogodnostima koje donosi ova tehnologije budućnosti.

LITERATURA

- [1] K. C. Prajapati, R. Patel, R. Sagar, "Hybrid Vehicle: A Study on Technology", *International Journal of Engineering Research & Technology*, vol.3, pp. 1076-1082, Decembar2014
- [2] M. Ehsani, K. V. Singh, H. O. Bansal, R. T. Mehrjardi, "State of the Art and Trends in Electric and Hybrid Electric Vehicles", *Proceedings of the IEEE*, vol. 109, no. 6, pp. 967-984, June 2021
- [3] K. V. Singh, H. O. Bansal, D. Singh, "A comprehensive review on hybrid electric vehicles: architectures and components", *Journal of Modern Transportation*, pp. 77-107, Mart 2019.
- [4] B. Holmen, M. Robinson, "Light-Duty Gasoline Hybrid-Electric and Conventional Vehicle Tailpipe Emissions Under Real-World Operating Conditions", *Transportation Research Center Research Reports*, 2014.
- [5] J. Liu, H. Peng, "Modeling and Control of a Power-Split Hybrid Vehicle", *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, vol. 16, no. 6, pp. 1242-1251, Decembar 2008
- [6] M. Aziz, "Advanced Charging System for Plug-in Hybrid Electric Vehicles and Battery Electric Vehicles", pp. 63-81, from the edited volume "Hybrid Electric Vehicles", Rijeka 2017
- [7] <https://uber.energy/charge-hybrid-cars-at-home/>
- [8] <https://evocharge.com/resources/how-does-ev-charging-work/>
- [9] <https://chargingoption.com/can-you-charge-a-hybrid-car/>
- [10] <https://proauto.ba/electreon-bezicno-punjenje-baterija/>
- [11] <https://expleo.com/global/en/insights/blog/smart-charging-to-power-the-electric-vehicle-revolution/>
- [12] <https://springwise.com/climate-change/a-portable-ev-charger-to-eliminate-range-anxiety/>
- [13] <https://www.greensun.rs/-Solarni-paneli/Solarni-sistemi-za-punjenje-elektricnih-automobila/>

PROPUSTI PRILIKOM PROJEKTOVANJA I IZGRADNJE RASKRSNICA SA KRUŽNIM TOKOM SAOBRAĆAJA

COMMON FAILURES DURING THE DESIGN AND CONSTRUCTION OF CROSSROADS

Dejan Bogičević, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*
Dušan Kocić, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Sadržaj - U ovom radu, autori su sagledali postojeće probleme na raskrsnicama sa kružnim tokom saobraćaja, svetska iskustva i najbolju praksu pri projektovanju i izgradnji ovih raskrsnica, te na osnovu analize ponudili jasne predloge koji bi trebalo da unaprede postupak projektovanja i izgradnje raskrsnica.

Ključne reči: Kružne raskrsnice. Propusti. Projektovanje. Izgradnja.

Abstract - In this paper, the authors reviewed the existing problems at roundabouts, world experiences and best practices in the design and construction of these intersections, and based on the analysis offered clear proposals that should improve the process of designing and building intersections.

Keywords: Crossroads. Culverts. Design. Construction.

1. UVOD

Istorijski razvoj kružnih raskrsnica prošao je kroz tri faze. U prvoj fazi razvoja kružnih raskrsnica stručnjaci nisu odmah prepoznali značaj kružnih raskrsnica u smislu unapređenja odvijanja saobraćaja. Prve kružne raskrsnice su projektovale arhitekti, u cilju ulepšavanja prostora, prvenstveno trgova. U vreme izgradnje prvih kružnih raskrsnica nije se vodilo računa o optimalnom regulisanju prvenstva prolaza, odnosno na prilazima raskrsnici nije bilo saobraćajne signalizacije pa su vozila koja ulaze u raskrsnicu imala prvenstvo prolaza.

Na prvim kružnim raskrsnicama zabeležena su brojna negativna iskustva, a posebno česti zastoji i blokade kružnih raskrsnica. Pored toga, projektanti su se trudili da omoguće tangencijalni prolazak vozila kroz raskrsnicu velikim brzinama, što je doprinelo povećanju broja nezgoda sa težim posledicama u ovim raskrsnicama [1].

Drugu fazu razvoja kružnih raskrsnica činile su mere i aktivnosti u cilju otklanjanja prethodno navedenih nedostataka. Problem blokade kružnih raskrsnica rešen je tek 1966. godine, kada je, u Velikoj Britaniji, uvedeno pravilo da prvenstvo imaju vozila u kružnom toku, što je regulisano odgovarajućim saobraćajnim znakom za vozila koja ulaze u kružni tok ("obrnuti trougao"). Na ovim kružnim raskrsnicama nisu postavljani saobraćajni znakovi "obavezno zaustavljanje" ("STOP"), niti znakovi "put sa prvenstvom prolaza", na njima, po pravilu, nema semafora (mada su zabeleženi uspešni primeri sa svetlosnim signalima u kružnoj raskrsnici). Saobraćaj se, na savremenim kružnim raskrsnicama, reguliše horizontalnom signalizacijom i znakovima ustupanja prvenstva prolaza, sa usporavanjem, ali bez obaveznog zaustavljanja vozila.

Treću fazu razvoja kružnih raskrsnica predstavlja nastavak razvoja kružnih raskrsnica, na način da savremene kružne raskrsnice imaju znak "trougao" na svim prilazima, a geometrija raskrsnice je takva da usporava vozila koja ulaze u kružni tok (veća defleksija - zakrivljenje ulazne putanje i ulaz pod pravim uglom i manji radijusi ulaznih krivina), omogućava veće brzine vozila koja izlaze iz kružnog toka (veći radijusi izlaznih krivina), sprečava tangencijalna kretanja itd.

Nakon 2000. godine, savremene kružne raskrsnice u celom svetu se prihvataju kao dokazano bezbednije rešenje, zbog čega počinje njihova masovna gradnja. Razvijaju se brojne modifikacije kružnih raskrsnica, kao što su turbo kružne raskrsnice i mini kružne raskrsnice. Turbo buster raskrsnice podrazumevaju fizički odvojene saobraćajne trake koje vozači biraju u zavisnosti od željene trase kretanja, tako da nema preplitanja u kružnom toku [2], [3].

2. UTICAJ KRUŽNIH RASKRSNICA NA BEZBEDNOST SAOBRAĆAJA

Raskrsnice (u opštem smislu) predstavljaju veliki bezbednosni problem u saobraćaju, jer se na njima tokovi vozila, kao i pešaka ukrštaju, što dovodi do brojnih konflikata [4]. Sa druge strane, prilikom prolaska kroz raskrsnicu, znatno se povećava radno opterećenje vozača i pešaka. Zato se, na raskrsnicama događa značajan broj saobraćajnih nezgoda [5]. Na primer, u Srbiji se svaka četvrta nezgoda sa povređenim licima i svaka deseta nezgoda sa poginulim događa na raskrsnicama [6].

Mnoge studije su dokazale da savremene kružne raskrsnice, po pravilu, imaju prednosti u odnosu na ostale tipove raskrsnica: smanjuju zaustavljanja vozila ispred raskrsnice, smanjuju broj zastoja u saobraćaju, smanjuju

emisiju izduvnih gasova i zagađivanje vazduha, unapređuju preglednost u raskrsnici, smanjuju emisiju buke u zoni raskrsnice, smanjuju brzine prolaska kroz raskrsnicu na prihvatljiv način, ujednačavaju brzine prolaska vozila kroz raskrsnicu, smanjuju broj konflikata u saobraćaju, eliminišu najteže saobraćajne nezgode, smanjuju broj nezgoda (posebno nezgoda sa nastradalim licima), smanjuju težinu saobraćajnih nezgoda itd.

2.1. Uticaj kružnih raskrsnica na brzine saobraćajnog toka

Savremene kružne raskrsnice su odlična mera upravljanja brzinama, jer omogućavaju kontrolisano smanjivanje i ujednačavanje brzina vozila u zoni raskrsnice i na raskrsnici. U današnje vreme vozači odlično prihvataju primenu kružnih raskrsnica, za razliku od početka njihove primene kada je bilo puno problema. Kod dobro projektovanih i pravilno signalisanih savremenih kružnih raskrsnica, veliki je procenat poštovanja, ali i veliki procenat prihvatanja ograničenja brzine. Danas je smanjivanje brzine vozila na ulazu u raskrsnicu i pri prolasku kroz raskrsnicu najčešći razlog za izgradnju savremenih kružnih raskrsnica [1], [7].

2.2. Uticaj kružnih raskrsnica na broj konfliktnih tačaka

Konflikti motornih vozila. Opšte je poznato da kružne raskrsnice imaju manji broj konfliktnih tačaka u poređenju sa drugim raskrsnicama. Prilikom rekonstrukcije četvorokrake raskrsnice u savremenu kružnu raskrsnicu, smanjenje broja i težine konflikata je još izraženije. Klasična četvorokraka raskrsnica ima 32 konfliktna tačke, dok kružna raskrsnica sa četiri kraka ima svega 8 konfliktnih tačaka.

Sprovedena istraživanja pokazuju da saobraćajne nezgode sa najtežim posledicama u raskrsnicama su najčešće izazvane realizacijom zabranjenih skretanja [1]. Savremene kružne raskrsnice, svojom geometrijom, onemogućavaju većinu zabranjenih kretanja vozila i konflikata pri nepravilnim kretanjima vozila [1].

Međutim, usled većeg broja saobraćajnih traka povećava se i broj konfliktnih tačaka i konflikata. Kružne raskrsnice eliminišu teške konflikte (konflikti ukrštanja), jer sve manevre svode na skretanje udesno. U poređenju sa jednostranim kružnim raskrsnicama, na višestranim kružnim raskrsnicama, javljaju se dodatni konflikti, koji ne postoje kod jednostranih raskrsnica, i to: dodatni konflikti prilikom ulaska u kružni tok i izlaska iz njega, kao i konflikti prilikom promene saobraćajne trake u samom kružnom toku.

Konflikti vozilo-pešak. Prilikom prelaska jednog kraka kružne raskrsnice, pešaci imaju samo dva potencijalna konflikta, i to jedan sa vozilima koja izlaze iz kružnog toka i jedan sa vozilima koja ulaze u kružnu raskrsnicu (slično kao na pešačkom prelazu na putu van raskrsnice). Za razliku od četvorokrake raskrsnice, na kružnoj raskrsnici ne postoje konflikti pešaka sa vozilima koja skreću (levo ili desno). Pored toga, potencijalni konflikti pešaka i vozila na kružnim raskrsnicama su, po pravilu, manjeg stepena opasnosti, nego na četvorokrakim raskrsnicama (zbog manjih brzina). Izgradnjom pešačkih ostrva na prilazima kružnoj raskrsnici, još više se pojednostavljuje prelazak kolovoza na obeleženom pešačkom prelazu.

Konflikti sa biciklima. Konflikti biciklista na raskrsnicama zavise od načina regulisanja kretanja biciklista kroz kružnu raskrsnicu. Pojavljuju se i novi konflikti prilikom preplitanja biciklista koji se kreću desnom stranom kolovoza sa motornim vozilima.

2.3. Uticaj kružnih raskrsnica na broj i težinu saobraćajnih nezgoda

Veći broj sprovedenih istraživanja pokazao je da se rekonstrukcijom klasičnih raskrsnica u nivou u kružne raskrsnice smanjuju broj i težina saobraćajnih nezgoda na raskrsnici. Čak i kada broj saobraćajnih nezgoda nije smanjen, broj nezgoda sa povređenim licima se značajno smanjuje, a poginulih, po pravilu, nema. Istraživanja su pokazala da su jednostrane kružne raskrsnice sa malim i srednjim radijusima, bezbednije od kružnih raskrsnica sa većim radijusima i sa većim brojem traka. U različitim zemljama su zabeležena različita smanjenja broja saobraćajnih nezgoda posle rekonstrukcije konvencionalne raskrsnice u nivou u savremenu kružnu raskrsnicu.

3. PROPISI KOJI SE ODOSE NA PROJEKTOVANJE RASKRSNICA SA KRUŽNIM TOKOM SAOBRAĆAJA

U skladu sa razvojem atraktivnosti implementacije kružnih raskrsnica i prihvatanjem takvog načina regulisanja saobraćaja u Republici Srbiji razvijana je i regulativa kojom se uređuju postupci i projektne metode za projektovanje i izgradnju takvih sadržaja putne mreže. Iz početka se projektantska praksa suočavala sa nedostatkom smernica u pogledu tretmana, oblika i izgleda kružnih raskrsnica u domaćim uslovima, pa su korišćeni različiti strani i domaći izvori, koji su dovodili do izostanka uniformnosti primenjenih projektnih rešenja. Situacija je danas umnogome drugačija jer su već neko vreme na domaćoj sceni prisutni propisi koji daju jasna uputstva o tome kakve uslove treba da zadovolje kružne raskrsnice. Za ovaj pregled izdvojena su dva regulativna akta koji su u pogledu projektnih elemenata možda i najdetaljniji, a to su:

- Pravilnik o uslovima koje sa aspekta bezbednosti saobraćaja moraju da ispunjavaju putni objekti i drugi elementi javnog puta („Službeni glasnik RS“, br. 41/09 i 53/10), koji u Prilogu 3, Poglavlje 4, obrađuje uslove za projektovanje i izgradnju kružnih raskrsnica (dalje: Pravilnik); i
- Priručnik za projektovanje puteva u Republici Srbiji, izdat od strane JP-a „Putevi Srbije“, u Beogradu 2012. godine (SRDM5), revizija od 30.04.2012. godine (dalje: Priručnik). U poglavlju 5.3 detaljno je obrađena problematika kružnih raskrsnica i definisani su uslovi o postupanju prilikom projektovanja i izgradnje takvih elemenata putne mreže.

Propisani su kako uslovi za utvrđivanje opravdanosti izvođenja kružne raskrsnice tako i za primenu geometrijskih i regulativnih mera na njoj. Priručnikom je definisana lista kriterijuma na osnovu kojih se donosi odluka o izvođenju kružne raskrsnice:

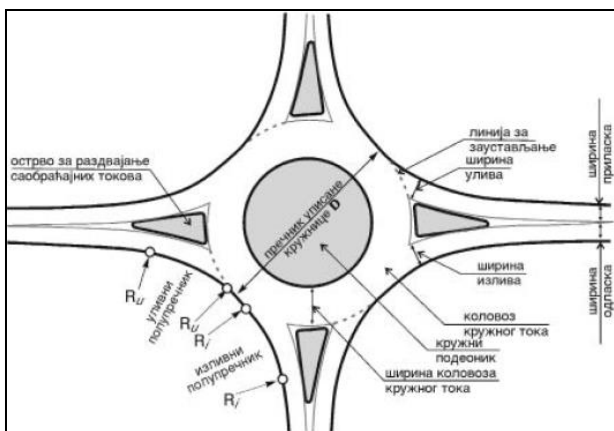
- Kriterijum funkcionalnosti;
- Kriterijum propusnosti;
- Prostorni kriterijum;
- Projektno-tehnički kriterijum;
- Kriterijum saobraćajne bezbednosti;

- Ekonomski kriterijum.

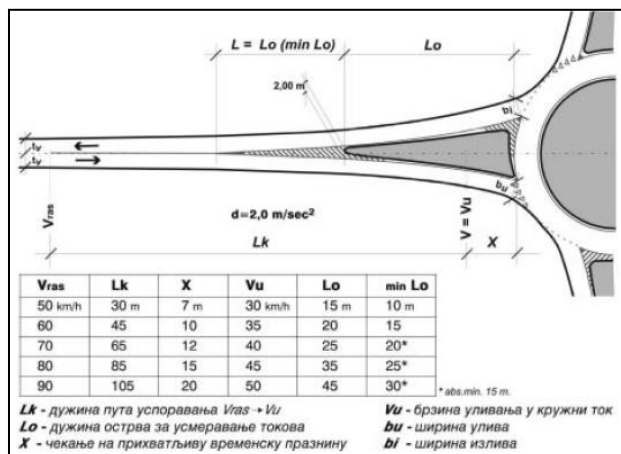
Pravilnikom su utvrđeni detalji kružnih raskrsnica i njihove geometrije, kao što su:

- osnovni elementi i pojmovi za kružne raskrsnice,
- uslovi oblikovanja priključaka,
- elementi situacionog i nivelacionog plana kružnih raskrsnica,
- uslovi dimenzionisanja kružnog podeonika,
- konfiguracije saobraćajnih traka,
- poprečni nagibi i vitoperenja kružnog kolovoza,
- uslovi prohodnosti i preglednosti,
- tretman pešaka i biciklista,
- saobraćajna i putna oprema i dr.

Ilustracija zahteva za projektovanje kružnih raskrsnica, koji proističu iz Pravilnika data je slikama u nastavku (Slika 1 do Slika 4).



Slika 1. Osnovni elementi i pojmovi za kružne raskrsnice.

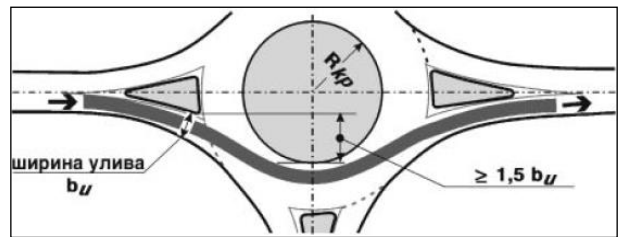


Slika 2. Uslovi oblikovanja priključaka kružnih raskrsnica.

	једнотрачне	двотрачне	
пречник D (m)	28	40 (35)	44
минимум	35-45	50-55 (40-45)	55-60
нормално	50	60 (50)	70
максимум	1	2	2
број трака улива	3,50-4,00	6,50-7,00	6,50-7,00
ширина улива b_u (m)	12-16	14-16 (12-16)	14-16
полупречник улива R_u (m)	1	1	2
број трака излива	3,75-4,50	3,75-4,50	7,00-7,50
ширина излива b_i (m)	14-18	16-18 (14-18)	16-18
полупречник излива R_i (m)			

напомена: вредности () за тип 1:2-1:2 где је двотрачни улив на једном од прикључних праваца формиран проширењем двотрачног двосмерног колвоза у подручју улива

Slika 3. Elementi situacionog plana kružne raskrsnice.



Slika 4. Diskontinuitet toka vozila kroz kružnu raskrsnicu i granični uslovi za poluprečnik kružnog podeonika.

Međutim, i pored detaljnih propisa kojima danas raspoložemo, dešavaju se slučajevi da se kružne raskrsnice izvedu na način da nisu ispoštovani svi uslovi koji su definisani važećom regulativom. Pretpostavka je da se takvi slučajevi dešavaju zbog još uvek nedovoljne empirijske „ukorenjenosti“ propisa, pa se preporučuje intenzivnije upoznavanje stručne javnosti sa potrebom uniformnog pristupa problematici projektovanja i izgradnje raskrsnica sa kružnim tokom saobraćaja.

4. UOČENI PROPUSTI NA TERENU

Projektantska praksa u oblasti projektovanja i izgradnje kružnih raskrsnica danas je značajno unapređena u odnosu na same početke masovnije primene takvih elemenata na putnoj mreži i to pre svega zahvaljujući propisima i pozitivnoj pravnoj regulativi kojom je regulisana predmetna oblast. Međutim, uočeno je da postoje mogućnosti za poboljšanje, te se skreće pažnja da ima prostora za dalje delovanje na unapređenju stanja u oblasti tretmana kružnih raskrsnica.

Za potrebe ovog rada identifikovano je nekoliko karakterističnih slučajeva na raskrnicama sa kružnim tokom saobraćaja:

- Neprecizni uslovi korišćenja leve saobraćajne trake izlaznog kraka na dvotračnim kružnim raskrnicama.
- Primena kružnih raskrsnica bez prethodno sprovedene analize opravdanosti.
- Izostanak mera projektne geometrije propisane važećom pozitivnom regulativom.
- Neujednačen tretman primene saobraćajno tehničkih mera.

4.1. Uslovi korišćenja kružnih raskrsnica

Problematika korišćenja leve saobraćajne trake izlaznog kraka na dvotračnim kružnim raskrnicama, objašnjena u poglavlju 3 ovog rada, ne spada direktno u propuste projektantske prakse, ali jeste posredno vezana za nju pa je i ona istaknuta. Ukoliko propisima nisu jasno definisani uslovi korišćenja leve trake tada ta činjenica može uticati na proračun kapaciteta kružne raskrsnice, te dovesti do pogrešnih pretpostavki u njenom tretmanu prilikom donošenja odluke o primeni mere u vidu kružne raskrsnice. Zato se preporučuje dorada propisa u smislu jasnijeg definisanja uslova korišćenja raskrsnica sa kružnim tokom saobraćaja.

4.2. Analiza opravdanosti

Kružne raskrsnice imaju niz prednosti u odnosu na klasične površinske raskrsnice ali se ne sme zaboraviti da one imaju i nedostatke, te se i o jednoj i o drugoj stvari treba voditi računa prilikom odabira načina upravljanja. Karakteristika kružnih

raskrsnica je da imaju ograničenu propusnu sposobnost koja je diktirana brojem i namenom saobraćajnih traka. Zato se preporučuje obavezno sprovođenje saobraćajnih analiza koje neće uključiti samo postojeće obime saobraćajnih tokova nego i prognoziranje veličine. Pri tome, u obzir je potrebno uzeti prognoze koje proističu iz generisanja saobraćajnih tokova izazvanih budućim sadržajima kojima će raskrsnica gravitirati, a ne samo linearnim uvećanjem postojećih saobraćajnih opterećenja.

4.3. Projektna geometrija

Kontrola brzine predstavlja jedan od osnovnih motiva za primenu raskrsnica sa kružnim tokom saobraćaja. Ukoliko se ne primeni odgovarajuća defleksija (Slika 5) tada se gubi efekat smanjenja brzine kretanja vozila kroz koliziono područje, što se smatra bitnim zahtevom savremenih kružnih raskrsnica.

Na kružnim raskrsnicama koje su izvedene u vreme predonošenja domaće regulative primetan je izostanak napora da se definiše odgovarajući diskontinuitet saobraćajnih tokova. Međutim, postoje i primeri kružnih raskrsnica izvedenih u novije vreme na kojima nisu primenjene sve mere važećih propisa. Jedan takav je primer kružne raskrsnice kod Bačkog Jarka na deonici državnog puta IIA reda br. 102, deonica 10210 Temerin – Novi Sad, gde u smeru sever – jug geometrijom raskrsnice praktično nije obezbeđena defleksija (Slika 5).



Slika 5. Kružna raskrsnica na državnom putu.

U postupku planiranja, projektovanja i izvođenja raskrsnica sa kružnim tokom saobraćaja nameću se ograničenja iz različitih oblasti, koja determinišu uslove u kojima će kružna raskrsnica biti eksploatisana. Međutim, ne sme se zaboraviti njen osnovni smisao i svrha, te se preporučuje intenzivnija edukacija svih aktera u procesima odlučivanja o plasiranju kružnih raskrsnica.

4.4. Tretman primene saobraćajno tehničkih mera

Pored postojanja propisa, primećen je različit tretman kružnih raskrsnica u pogledu primene oznaka na kolovozu u vidu strelica za obeležavanje namene saobraćajnih traka i obaveznog smera kretanja vozila. Jedan pristup zastupa opciju u kojoj se primenjuju takve strelice, dok drugi izostavlja takve oznake na kolovozu kao nepotrebne. Nedorečena regulativa podrazumeva da su oba pristupa dozvoljena i moguće ih je primeniti u praksi. Međutim, nedosledan pristup toj materiji ostavlja prostor za različita tumačenja i uopštavanja pravila, pa se preporučuje revidiranje postojeće regulative u toj oblasti u smislu definisanja jasnih uputstava u pogledu tretmana saobraćajno tehničkih mera na kružnim raskrsnicama.

5. ZAKLJUČAK

Iako je od vremena u kome se započelo sa masovnijom primenom raskrsnica sa kružnim tokom saobraćaja na putnoj mreži Republike Srbije regulativna, projektantska i izvođačka praksa značajno napredovala i dalje postoji prostor za poboljšanja i unapređenja.

Problem koji je prepoznat u ovom radu odnosi se na nedovoljnu disperziju saznanja o merama koje treba primeniti na kružnim raskrsnicama. Zato se preporučuje nastavak edukacije stručne javnosti i upoznavanje sa merama, uslovima i zahtevima koji se postavljaju pred takvu vrstu raskrsnica. Seminari, stručni skupovi ali i pojedinačne prezentacije mogu biti pogodni načini za ostvarenje takvih ciljeva.

Drugi aspekt problema jeste unapređenje postojećih pravnih akata, pravilnika, uputstava i priručnika kako bi se doprinelo uklanjanju dilema u pogledu projektovanja, izvođenja i korišćenja kružnih raskrsnica. Stoga se preporučuje intenzivnije korišćenje empirijskih iskustava u primeni i eksploataciji kružnih raskrsnica prilikom inoviranja postojećih propisa.

LITERATURA

- [1] Rodegerdts, L., Bansen, J., Tiesler, C., Knudsen, J., Myers, E. (2010). Roundabouts: An informational guide. Report 672 - Second Edition. Transportation Research Board – National Cooperative Highway Research Program. Washington DC, USA.
- [2] Mauro, R., & Branco, F. (2010). Comparative Analysis of Compact Multilane Roundabouts and Turboroundabouts. Journal of Transportation Engineering 136, pp. 316–322.
- [3] Bastos Silva, A., Vasconcelos, L., Santos, S. (2014). Moving from Conventional Roundabouts to Turbo-Roundabouts. Procedia - Social and Behavioral Sciences 111, 137 – 146.
- [4] Gross, F., Lyon, C., Persaud, B., Srinivasan, R. (2013). Safety effectiveness of converting signalized intersections to roundabouts. Accident Analysis and Prevention 50, pp. 234-241.
- [5] Neuman, T. R., Pfefer, R., Slack, K. L., Hardy, K. K., Harwood, D. W., Potts, I. B., Torbic, D.J., Kohlman Rabbani, E. R. (2003). NCHRP Report 500: Guidance for Implementation of the AASHTO Strategic Highway Safety Plan, vol. 5: A Guide for Addressing Unsignalized Intersection Collisions. Transportation Research Board, Washington DC, USA.
- [6] Priručnik za seminar unapređenje znanja licenciranih kadrova - saobraćaj na raskrsnici, ABS, 2017.
- [7] Bassani, M., Sacchi, E. (2011). Experimental investigation into speed performance and consistency of urban roundabouts: an Italian case study. Presented at the 3rd International Conference on Roundabouts, Transportation Research Board, Carmel, Indiana (US), May 18–20.

RIZICI U TRANSPORTU OPASNE ROBE I MERE PREVENCIJE, PRIPRAVNOSTI I ODGOVORA NA INCIDENTNU SITUACIJU

RISKS IN THE TRANSPORT OF DANGEROUS GOODS AND PREVENTION, PREPAREDNESS MEASURES AND RESPONSE TO AN INCIDENT SITUATION

Aleksandar Gošić, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Vranje, Filipa Filipovića 20, Vranje.*

Aleksandar Petković, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Vranje, Filipa Filipovića 20, Vranje.*

Sadržaj - Rizik podrazumeva verovatnoću nastanka štetnih ishoda proizašlih interakcijom između hazarda, ranjivosti zajednice i prirodne sredine (elementa izloženog riziku). Pod pojmom incidentne situacije podrazumeva se nekontrolisani događaj nastao prilikom procesa proizvodnje, transporta ili skladištenja, u kojem je došlo do oslobađanja određenih količina hemijskih opasnih materija u vazduh, vodu ili zemljište, i to na različitom teritorijalnom nivou, što za posledicu može imati ugrožavanje života i zdravlja ljudi, materijalnih dobara i posledice po životnu sredinu. Upravljanje rizikom predstavlja sistemsku primenu politika, iskustava i resursa u proceni i kontroli rizika koji ugrožava zdravlje i bezbednost stanovništva i negativno deluje na životnu sredinu. Značaj ove faze upravljanja rizikom ogleda se i u normativnom uređenju oblasti. U radu je dat prikaz metodologije upravljanja rizikom u drugoj fazi, osnovnih normativnih dokumenata u oblasti prevencije, pripravnosti i odgovora na incident i obaveze nadležnih službi u incidentnoj situaciji.

Кljučне речи: *Opasna roba. Rizik. Prevencija. Incidentna situacija.*

Abstract - Risk implies the probability of occurrence of harmful outcomes resulting from the interaction between hazard, vulnerability of the community and the natural environment (the element exposed to risk). The term "incident situation" means an uncontrolled event that occurred during the process of production, transport or storage, in which certain quantities of chemical hazardous substances were released into the air, water or soil, at different territorial levels, which may result in the endangerment of life and human health, material goods and the consequences for the environment. Risk management represents the systematic application of policies, experiences and resources in the assessment and control of risks that threaten the health and safety of the population and have a negative impact on the environment. The importance of this phase of risk management is also reflected in the normative regulation of the area. The paper presents the methodology of risk management in the second phase, the basic normative documents in the field of prevention, preparedness and response to an incident and the obligations of the competent services in an incident situation.

Keywords: *Dangerous goods. Risk. Prevention. Incident situation.*

1. UVOD

Pod rizikom se podrazumeva verovatnoća nastanka štetnih ishoda proizašlih interakcijom između hazarda, ranjivosti zajednice i prirodne sredine (elementa izloženog riziku). Pod pojmom incidentne situacije podrazumeva se nekontrolisani događaj nastao prilikom procesa proizvodnje, transporta ili skladištenja, u kojem je došlo do oslobađanja određenih količina hemijskih opasnih materija u vazduh, vodu ili zemljište, i to na različitom teritorijalnom nivou, što za posledicu može imati ugrožavanje života i zdravlja ljudi, materijalnih dobara i posledice po životnu sredinu.

Upravljanje rizikom od nastanka incidentne situacije u transportu opasne robe predstavlja veoma složen proces koji se sastoji iz više podprocessa (faza) koji se nalaze u

međusobnoj zavisnosti. Metodologija upravljanja rizikom od nastanka incidentne situacije primenjuje se pri proceni opasnosti od rada i korišćenja objekata, postrojenja, uređaja, instalacija, opreme, saobraćajnih sredstava i drugih sredstava rada u kojima se proizvode, prerađuju, prevoze, skladište ili na drugi način koriste opasne materije koje mogu izazvati incidentnu situaciju, radi zaštite ljudi, prirodnih i materijalnih dobara i drugih objekata u okolini opasnih aktivnosti, odnosno u okviru zone uticaja opasne robe.

Upravljanje rizikom od nastanka incidentne situacije sastoji se od sledećih faza [1]:

- I faza – Analiza opasnosti od nastanka incidentne situacije: Identifikacija opasnosti, Analiza posledica i Procena rizika;

- II faza – Mere prevencije, pripravnosti i odgovora na incident: Prevencija, Pripravnost i Odgovor na incident;
- III faza – Sanacija: Izrada plana sanacije i Izrada izveštaja o incidentnoj situaciji.

U radu je dat prikaz metodologije upravljanja rizikom u drugoj fazi, osnovnih normativnih dokumenata u oblasti prevencije, pripravnosti i odgovora na incident i obaveze nadležnih službi u incidentnoj situaciji.

2. MERE PREVENCIJE – PREVENTIVA

Prema Zakonu o zaštiti životne sredine [2] udes je definisan kao iznenadni i nekontrolisani događaj koji nastaje oslobađanjem, izlivanjem ili rasipanjem opasnih materija, obavljanjem aktivnosti pri proizvodnji, upotrebi, preradi, skladištenju, odlaganju ili dugotrajnom neadekvatnom čuvanju. Termin koji se takođe koristi u ovom zakonu pod istim značenjem jeste i hemijski udes. Prema Pravilniku o sadržini politike prevencije udesa i sadržini i metodologiji izrade Izveštaja o bezbednosti i Plana zaštite od udesa [3] prevencija udesa je definisana kao skup mera i postupaka na nivou postrojenja, kompleksa i šire zajednice, koji imaju za cilj sprečavanje nastanka udesa, smanjivanje verovatnoće nastanka udesa i minimiziranje posledica. U skladu sa Zakonom o smanjenju rizika od katastrofa i upravljanju vanrednim situacijama [4] prevencija obuhvata skup mera i aktivnosti za ublažavanje postojećih rizika kao i smanjenje rizika od nastanka novih posledica katastrofe.

Prema Lavell [5] preventiva se zasniva na merama projektovanim da spreče da prirodni i socio/politički događaji i procesi prerastu u nesreću praćenu rušenjem, razaranjem i gubicima. Sa ovom definicijom, prevencija se jasno upotrebljava kao pojam koji se odnosi na smanjenje ranjivosti, ali ne uključuje aktivnosti koje modifikuju ili smanjuju pojavu opasnih događaja ili modifikuju izloženost stanovništva, proizvodnje ili infrastrukture njima. Pored ove dve definicije pojma preventive, Wilches-Chaux [6] dao je najjednostavnije objašnjenje ove aktivnosti gde on navodi da je preventiva „reći ne hazardima“. Prema njemu, preventiva se odnosi na aktivnosti ili akcije sa ciljem da eliminišu, smanje ili izmene hazarde u pozitivan oblik po zajednicu (društvo).

Mere i postupci preventive određuju se na osnovu podataka dobijenih procenom rizika od nastanka incidentne situacije, i sastoje se u [1]: adekvatnom prostornom planiranju i zoniranju naselja; izradi analize opasnosti od incidentne situacije i davanju mišljenja i saglasnosti na njih; izboru onih tehnologija koje manje zagađuju životnu sredinu i obezbeđuju veći stepen zaštite i onih tehnologija koje smanjuju potrebe transporta opasnih roba; blagovremenom otklanjanju svih uočenih tehničko-tehnoloških nedostataka; održavanju radno-tehnološke discipline na potrebnom nivou; urednom održavanju prohodnosti svih puteva i prolaza unutar opasnih instalacija; primeni tehničkih sredstava i opreme detekcije i zaštite; kontroli i nadzoru monitoringa i sistema bezbednosti; informisanju i uključivanju javnosti u odlučivanje o svim pitanjima značajnim za bezbednost stanovništva.

U Tabeli I dat je prikaz primera hijerarhije upravljačkih mera, kao i njihovo objašnjenje [1].

Tabela I Primer hijerarhije upravljačkih mera

Hijerarhija	Objašnjenje
Eliminacija	Upravljačke mere koje u potpunosti uklanjaju, odnosno eliminišu opasnost. Premda je jasno da je ova najefikasnija vrsta upravljačkih mera, često nije praktično eliminisati opasnosti.
Supstitucija	Korišćenje manje opasnih materija koje isto mogu da zadovolje potrebe kao i opasne materije sa višim stepenom opasnosti.
Prevencija	Upravljačka mera koja sprečava da se desi neki od scenarija incidentne situacije ili značajno smanjuje verovatnoću.
Redukcija	Upravljačke mere koje smanjuju težinu posledica, obično detektovanjem nepoželjnih uslova i delujući tako da zaustave odvijanje scenarija. Ne bore se direktno sa posledicama incidentne situacije.
Ublažavanje	Upravljačke mere koje se direktno bore sa posledicama incidentne situacije tako što smanjuju njihov efekat na ljude, objekte i životnu sredinu. Premda su najmanje omiljena vrsta upravljačkih mera, dobro projektovane upravljačke mere za ublažavanje su ključne za bezbedan rad, pošto predstavljaju apsolutno poslednju liniju odbrane.

U Tabeli II dat je primer vrsta faktora koji se koriste pri odabiru ili odbacivanju pojedinih upravljačkih mera [1].

Tabela II Faktori koji se koriste pri odabiru ili odbacivanju pojedinih upravljačkih mera

Faktor	Pitanja
Postojeće upravljačke mere	Da li su mere jasno povezane sa svakom opasnošću ili da li neke opasnosti nemaju definisane (ili ih nemaju u dovoljnom broju) upravljačke mere? Da li broj upravljačkih mera realno odražava veličinu potencijalnih incidentnih situacija?
Efektivnost alternativa	<p>Funkcionalnost Da li je dovoljno upravljati opasnostima na definisan način? Da li postojeće upravljačke mere u potpunosti otklanjaju opasnost, sprečavaju eskalaciju ili jednostavno ublažavaju efekte?</p> <p>Pouzdanost Da li pouzdanost alternative, kao i svih upravljačkih mera u kombinaciji, odgovara nivou rizika vezanim za opasnost? Može li testiranje funkcije da otkrije otkaze i da li otkriveni otkazi mogu brzo biti otklonjeni?</p> <p>Dostupnost Da li je upravljački sistem van radnog režima dostupan za testiranje, kalibraciju ili održavanje u toku neprihvatljivog perioda vremena?</p> <p>Održivost Da li upravljačke mere mogu da funkcionišu po propisu tokom onih incidentnih situacija za koje su namenjene da ih smanje ili ublaže?</p>
Hijerarhija upravljačkih mera	Da li su upravljačke mere, koje eliminišu opasnosti, usvojene na prvom mestu zato što su praktične, praćene merama za supstituciju, intenzifikaciju, prevenciju, redukciju, a zatim za ublažavanje?
Balansiranje upravljačkih mera	Da li za svaku opasnost postoji određeni balans različitih vrsta upravljačkih mera (tj. Hardverske i softverske mere)? Da li su upravljačke mere, vezane za pojedinačne uzroke, nezavisne jedna od druge ili se neke od njih ili sve mogu onesposobiti istim mehanizmom?

Nakon sprovedenih mera prevencije, odnosno preventivnih mera, neophodno je sprovesti mere koje se odnose na pripravnost od nastanka incidentne situacije.

3. PRIPRAVNOST

Pripravnost je stanje koje se postiže pripremom svih nadležnih subjekata, opreme i tehnike radi najadekvatnijeg odgovora na incidentnu situaciju uz najmanje moguće posledice, a obezbeđuje se donošenjem Planova zaštite. Planovi zaštite donose se za svako mesto i svaki deo teritorije Republike na kome postoje opasne aktivnosti koje mogu izazvati incidentnu situaciju u preduzeću – plan zaštite na mestu incidentne situacije, u opštini, odnosno gradu za područje opštine, odnosno grada, kao i Republici u celini. Planovi zaštite međusobno su usklađeni i oslanjaju se jedan na drugi (planovi zaštite od elementarnih i drugih većih nepogoda, zaštite u vanrednim i ratnim uslovima i dr). Metodologija izrade planova zaštite propisana je Pravilnikom

o sadržini politike prevencije udesa i sadržini i metodologiji izrade Izveštaja o bezbednosti i Plana zaštite od udesa [3].

U okviru svakog Plana zaštite razrađuju se pojedini aspekti odgovora na incidentnu situaciju, koji se odnose na [1]: uspostavljanje sistema za uzbuñivanje i obaveštavanje lica koja učestvuju u odgovoru na incident i građana koje je potrebno zaštititi; uspostavljanje planova zbrinjavanja povređenih i intoksikovanih (prva pomoć, trijaža, transport, dalje lečenje, primena antidota, lekova i sl.); uspostavljanje planova evakuacije stanovništva, osnovni pravci kretanja, reoni razmeštaja i dr; određivanje sredstava lične i kolektivne zaštite stanovništva, kao i korišćenje priručnih sredstava; uspostavljanje planova zaštite domaćih životinja, hrane, stočne hrane i vode za piće; upoznavanje stanovništva sa svim potencijalnim opasnostima i predviđenim merama zaštite, vežbi i edukacije; i program vrednovanja, testiranja i inoviranja planova.

U okviru ove faze upravljanja rizikom od izuzetnog značaja je praćenje stanja bezbednosti koje se vrši preko kritičnih radnih parametara. Kritični radni parametri su promenljive procesa ili druge promenljive koje se mogu skoro trenutno meriti, za razliku od pokazatelja performansi koji se obično prate tokom određenog perioda vremena. Kritični radni parametri definišu bezbedni okvir rada za postrojenje ili vozilo, a prelazak izvan ovog okvira odmah se prikazuje operateru kao prekoračenje kritičnih nivoa jednog ili više parametara [1].

Dakle, kritični radni parametri imaju kritične vrednosti koje se ne smeju prekoračiti. Jedan kritični radni parametar može imati i lakšu (soft) i težu (hard) kritičnu vrednost. Soft vrednosti treba da definišu normalni okvir rada. Prelazak soft vrednosti daje upozorenje da jedna ili više upravljačkih mera ne uspeva da upravlja radnim aktivnostima u tom okviru. Kritične vrednosti se posmatraju kao soft kada postoje dodatne upravljačke mere kojima se proces može vratiti u bezbedno stanje, iako je proces još uvek bezbedan, ali u vanrednoj i nepoželjnoj radnoj zoni. Hard kritične vrednosti treba definisati iznad nivoa soft kritičnih vrednosti, ali još uvek moraju biti ispod nivoa bilo koje nebezbedne ili neizvesne radne zone. Ne bi trebalo dozvoliti da se ikad pređu hard kritične vrednosti, čak i kada postoje dodatne upravljačke mere kojima se proces može vratiti u bezbedno stanje.

4. ODGOVOR NA INCIDENTNU SITUACIJU

Odgovor na incidentnu situaciju započinje onog trenutka kada se dobije prva informacija o incidentnoj situaciji, koja sadrži podatke: o mestu i vremenu nastanka incidentne situacije; vrsti opasnih materija koje su prisutne; proceni toka incidentne situacije; proceni rizika no okolinu; i druge značajne podatke za odgovor na incidentnu situaciju. U postupku odgovora na incidentnu situaciju, pored poslova koji proizlaze iz Plana zaštite vrši se i: procena obima incidentne situacije (ugrožene zone ili zone uticaja); procena veličine posledica; uspostavljanje neprekidnih merenja i osmatranja na prostoru gde je nastala incidentna situacija (požara, eksplozije, oslobađanja opasnih materija) i karakterističnih parametara (koncentracija opasnih materija, kretanje kontaminacionog oblaka, meteoroloških podataka: pravac i brzina vetra, vertikalna stabilnost vazduha); obaveštavanje o incidentnoj situaciji i davanje uputstava o daljem postupanju; donošenje odluke o eventualnoj evakuaciji stanovništva, načinu

evakuacije i pravcu kretanja, na osnovu veličine incidentne situacije, stepena ugroženosti stanovništva i procene vremena trajanja opasnosti, raspoloživog vremena za evakuaciju itd; koordinaciji rada službe civilne zaštite, zdravstvenih organizacija, vatrogasnih službi, službi tehničke pomoći; informisanje nadležnih republičkih organa i davanje procene o mogućnosti da se sopstvenim snagama odgovori na incidentnu situaciju.

Subjekti odgovora na incidentnu situaciju na osnovu usklađenih Planova zaštite, su: službe organa unutrašnjih poslova, službe sredstava veze, transportna preduzeća, komunalne službe, vatrogasne službe, centri za obaveštavanje, specijalizovane tehničke ekipe, ekipe za sanaciju, (eko) toksikološke laboratorije, analitičke laboratorije; hidrometeorološki zavodi i meteorološke stanice; ekipe hitne medicinske pomoći, zavodi za zaštitu zdravlja, instituti i zavodi za medicinu rada, stacionirane zdravstvene ustanove sa odeljenjima za toksikologiju; organi, službe, jedinice, ekipe vojske, na osnovu uspostavljene saradnje i usklađenih planova zaštite (specijalizovane jedinice za atomsko-biološko-hemijsku odbranu, tehničke službe itd); štabovi i jedinice civilne zaštite, na osnovu usklađenih planova civilne zaštite.

Odgovor na incident na opasnim instalacijama odvija se u skladu sa planom zaštite na mestu incidenta i u skladu sa trenutnom situacijom na terenu. Odgovor na incident I nivoa – nivoa opasnih instalacija i odgovor na incident II nivoa – nivoa industrijskog kompleksa realizuje se u preduzeću. Odgovorom na incident I i II nivoa rukovodi tim za koordinaciju odgovora na incident u preduzeću. Ukoliko se proceni da usled nastale incidentne situacije mogu nastupiti štetne posledice no širu okolinu, aktivira se plan zaštite opštine, odnosno grada i države.

Mere prevencije i bezbednosti prevoza opasne robe preduzimaju se u skladu sa propisima o transportu opasne roba. U prevozu opasnih roba donosi se plan zaštite i sprovodi odgovor na incidentnu situaciju shodno prethodno navedenim procedurama.

5. SMANJENJE RIZIKA OD KATASTROFA I UPRAVLJANJE VANREDNIM SITUACIJAMA

Pojam katastrofe definisan je prema Zakonu o smanjenju rizika od katastrofa i upravljanju vanrednim situacijama [4] i predstavlja elementarnu nepogodu ili tehničko-tehnološku nesreću čije posledice ugrožavaju bezbednost, život i zdravlje većeg broja ljudi, materijalna i kulturna dobra ili životnu sredinu u većem obimu, a čiji nastanak ili posledice nije moguće sprečiti ili otkloniti redovnim delovanjem nadležnih organa i službi.

Tehničko-tehnološka nesreća je iznenadni i nekontrolisani događaj ili niz događaja koji je izmakao kontroli prilikom upravljanja određenim sredstvima za rad i prilikom postupanja sa opasnim materijama u proizvodnji, upotrebi, transportu, prometu, preradi, skladištenju i odlaganju, kao što su požar, eksplozija, havarija, saobraćajni udes u drumskom, rečnom, železničkom i vazdušnom saobraćaju, udes u rudnicima i tunelima, zastoj rada žičara za transport ljudi, rušenje brana, havarija na elektroenergetskim, naftnim i gasnim postrojenjima, akcidenti pri rukovanju radioaktivnim i nuklearnim materijama, teško zagađenje zemljišta, vode i vazduha, posledice ratnog razaranja i terorizma, a čije posledice mogu da ugroze bezbednost, život i zdravlje većeg

broja ljudi, materijalna i kulturna dobra ili životnu sredinu u većem obimu.

Vanredna situacija je stanje koje nastaje proglašenjem od nadležnog organa kada su rizici i pretnje ili nastale posledice po stanovništvo, životnu sredinu i materijalna i kulturna dobra takvog obima i intenziteta da njihov nastanak ili posledice nije moguće sprečiti ili otkloniti redovnim delovanjem nadležnih organa i službi, zbog čega je za njihovo ublažavanje i otklanjanje neophodno upotrebiti posebne mere, snage i sredstva uz pojačan režim rada.

Zakonom o smanjenju rizika od katastrofa i upravljanju vanrednim situacijama [4] su, takođe, definisana prava i dužnosti subjekata sistema smanjenja rizika od katastrofa i upravljanja vanrednim situacijama. Subjekti sistema smanjenja rizika i upravljanja vanrednim situacijama su Vlada RS, Ministarstvo unutrašnjih poslova, Ministarstvo odbrane, ali i ostala ministarstva i organi državne uprave i lokalne samouprave. Pored obaveza državnih organa, definisane su prava i dužnosti privrednih subjekata, udruženja i samih građana. Na osnovu odredbi ovog zakona, može se zaključiti da je smanjenje rizika regulisano na svim nivoima i uključuje veliki broj subjekata.

Za praćenje aktivnosti na smanjenju rizika od katastrofa i koordinaciju i rukovođenje u vanrednim situacijama obrazuju se štabovi za vanredne situacije i to na svim nivoima upravljanja od teritorije opštine do teritorije Republike Srbije. Posebnim propisom [8] uređen je sastav i način rada štabova za vanredne situacije.

Civilna zaštita je organizovan sistem čija je osnovna delatnost zaštita, spasavanje i otklanjanje posledica elementarnih nepogoda, tehničko-tehnoloških nesreća i drugih većih opasnosti koje mogu ugroziti stanovništvo, materijalna i kulturna dobra i životnu sredinu u miru i vanrednom i ratnom stanju. Posebnim propisom [9] uređeni su namena, zadaci i način upotrebe jedinica civilne zaštite.

6. ZAKLJUČAK

Upravljanje rizikom od nastanka incidentne situacije u transportu opasne robe predstavlja veoma složen proces koji se sastoji iz više podprocesa (faza) koji se nalaze u međusobnoj zavisnosti. Metodologija upravljanja rizikom od nastanka incidentne situacije primenjuje se pri proceni opasnosti od rada i korišćenja objekata, postrojenja, uređaja, instalacija, opreme, saobraćajnih sredstava i drugih sredstava rada u kojima se proizvode, prerađuju, prevoze, skladište ili na drugi način koriste opasne materije koje mogu izazvati incidentnu situaciju, radi zaštite ljudi, prirodnih i materijalnih dobara i drugih objekata u okolini opasnih aktivnosti, odnosno u okviru zone uticaja opasne robe. Druga faza upravljanja rizikom od nastanka incidentne situacije, nakon analize opasnosti od nastanka incidentne situacije, predstavljaju mere prevencije, pripravnosti i odgovora na incident.

Ova faza uređena je i regulisana propisima o zaštiti životne sredine, o zaštiti od jonizujućeg zračenja i nuklearnoj

sigurnosti, o smanjenju rizika od katastrofa i upravljanju vanrednim situacijama, kao i propisima o radu vatrogasno-spasilačkih jedinica. U procesu smanjenja rizika, odnosno prevencije, pripravnosti, odgovora na incident i upravljanja vanrednim situacijama uključen je veliki broj subjekata sa angažovanjem svih raspoloživih sredstava.

Cilj preduzimanja mera i aktivnosti u oblasti upravljanja vanrednim situacijama i generalno rizikom jeste bezbednost i zaštita zdravlja ljudi i životinja, zaštita od požara i zaštita životne sredine od negativnih uticaja opasnih materija. U daljim istraživanjima bilo bi potrebno posebnu pažnju posvetiti obuci i osposobljavanju ljudstva koje je neposredno uključeno u primenu mera definisanih planovima zaštite i odgovora na incident.

LITERATURA

- [1] B. Milovanović, V. Jovanović, *Kontrola i preventiva u prevozu opasne robe*, Beograd: Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu, 2016.
- [2] *Zakon o zaštiti životne sredine*, Beograd: Službeni glasnik RS, br. 135/2004, 36/2009, 36/2009 (dr. zakon), 72/2009 (dr. zakon), 43/2011 (US), 14/2016, 76/2018, 95/2018 (dr. zakon).
- [3] *Pravilnik o sadržini politike prevencije udesa i sadržini i metodologiji izrade Izveštaja o bezbednosti i Plana zaštite od udesa*, Beograd: Službeni glasnik RS, broj 41/2010.
- [4] *Zakon o smanjenju rizika od katastrofa i upravljanju vanrednim situacijama*, Beograd: Službeni glasnik RS, broj 87/2018.
- [5] A. Lavell, *An Approach to Concept and Definition in Risk management Terminology and Practice*, Geneva: ERD-UNDP, 2000.
- [6] G. Wilches-Chaux, *Ecologismo y Formacion Profesional*, Desastres Colombia: SENA, 1989.
- [7] A. Gošić, S. Sremac, J. Ilić, *Metodologija izbora trase za transport opasne robe – studija slučaja*, III Konferencija "Bezbednost i zdravlje na radu sa zdravstveno-medicinskog i tehničko-bezbednosnog aspekta, ekologije i zaštite od požara", Kopaonik, 2022.
- [8] *Uredba o sastavu, načinu i organizaciji rada štabova za vanredne situacije*, Beograd: Službeni glasnik RS, broj 27/2020.
- [9] *Uredba o jedinicama civilne zaštite, nameni, zadacima, mobilizaciji i načinu upotrebe*, Beograd: Službeni glasnik RS, broj 84/2020.
- [10] S. Sremac, M. Matijašević, *Transport opasne robe*, Novi Sad: Fakultet tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu, 2021.

ZNAČAJ PROCENE SAOBRAĆAJNE SITUACIJE I NAČIN DONOŠENJA ODLUKA VOZAČA

THE SIGNIFICANCE OF ASSESSING THE TRAFFIC SITUATION AND THE METHOD OF MAKING DECISIONS BY THE DRIVER

Miodrag Đorđević, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Vranje, Filipa Filipovića 20, Vranje.*

Aleksandar Gošić, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Vranje, Filipa Filipovića 20, Vranje.*

Sadržaj - U ovom radu prikazan je proces procene saobraćajne situacije, izvršena je analiza faktora koji utiču na donošenje odluka u saobraćaju i razmotrene su metode i tehnologije koje pomažu u ovom procesu.

Ključne reči: Procena. Saobraćajna situacija. Odluka.

Abstract - In this paper, the process of assessing the traffic situation is presented, the factors that influence decision-making in traffic are analyzed, and the methods and technologies that help in this process are discussed.

Keywords: Assessment. Traffic situation. Decision.

1. UVOD

Bezbednost u saobraćaju je jedan od ključnih izazova savremenog društva. Svakodnevno se suočavamo sa saobraćajnim situacijama koje zahtevaju brzu i tačnu procenu, kako bismo doneli ispravne odluke i izbegli potencijalne nezgode.

Procena saobraćajne situacije i donošenje odluka predstavljaju kritičan aspekt ne samo za vozače, već i za pešake, bicikliste, kao i za napredne sisteme za podršku vozačima i autonomna vozila.

Ovaj rad ima za cilj da istraži značaj procene saobraćajne situacije, analizira faktore koji utiču na donošenje odluka u saobraćaju, kao i da razmotri metode i tehnologije koje pomažu u ovom procesu.

2. PROCENA SAOBRAĆAJNE SITUACIJE

Procena saobraćajne situacije podrazumeva proces prepoznavanja i analiziranja svih elemenata u saobraćajnom okruženju koji mogu uticati na sigurnost i efikasnost vožnje. Ova procena se odvija u realnom vremenu pri čemu vozač vrši različite procene saobraćajnih situacija, a najvažnije su:

1) **Procena brzine i udaljenosti vozila:** Ova komponenta podrazumeva procenu brzine kretanja drugih učesnika u saobraćaju i omogućava održavanje bezbednog odstojanja i rastojanja, bezbedno uključivanje, prestrojavanje i koordinaciju kretanja sa drugim učesnicima i sprečavanje saobraćajnih nezgoda. Od svih parametara u vožnji koje lice koje upravlja treba da procenjuje i prati, brzina je jedina fizička veličina za koju vozač dobija stalnu kvantitativnu povratnu informaciju. Svaki put kada pogleda u merač brzine, vozač može da uporedi stvarnu brzinu kretanja sa svojom subjektivno

procenjenom brzinom. Pogrešna procena brzine, a naročito njeno potcenjivanje, jeste čest uzročnik nastanka opasnih situacija u saobraćaju. Do potcenjivanja brzine kretanja mogu dovesti neke od sledećih okolnosti: dugotrajna vožnja visokom brzinom, nagla promena ograničenja brzine na putu, nedostatak repera u perifernom delu vidnog polja (kao što je vožnja putevima s malim brojem vertikalnih elemenata ili vožnja noću.

- 2) **Identifikacija prepreka i drugih učesnika u saobraćaju:** Određivanje pravca kretanja i namera pešaka, biciklista ili motociklista je od suštinskog značaja za izbegavanje potencijalnih incidenata. Treba imati na umu da pešaci i vozači dvotočkaša mogu imati nagle i nepredvidive pokrete, pa je nekada teško proceniti njihovu nameru prilikom kretanja.
- 3) **Prepoznavanje saobraćajne signalizacije:** Prepoznavanje i pravilno tumačenje saobraćajne signalizacije pomaže u donošenju odluka o načinu kretanja, brzini, pravcu kretanja i prioritetima na raskrscima. Saobraćajna signalizacija na javnim putevima mora biti planirana i postavljena tako da se od učesnika u saobraćaju može očekivati da je lako i pravovremeno primete i shvate njeno značenje i da na osnovu postavljene saobraćajne signalizacije postupaju u skladu sa značenjem, odnosno zahtevima koji su određeni (izraženi) postavljenom saobraćajnom signalizacijom.
- 4) **Procena stanja i uslova na putu:** Mokri kolovozi, magla, kiša, sneg i drugi vremenski uslovi direktno utiču na vidljivost i zaustavni put vozila, te zahtevaju prilagođavanje brzine kretanja i načina vožnje.

Dobra procena situacije je ključna kako bi se prepoznale potencijalne opasnosti na vreme i kako bi se izbegle greške koje mogu dovesti do saobraćajnih nezgoda. Ovaj proces

zavisu od iskustva vozača, stepena pažnje i spremnosti da se adekvatno reaguje na promene u okruženju.

3. FAKTORI KOJI UTIČU NA PROCENU SAOBRAĆAJNE SITUACIJE

Na sposobnost procene saobraćajne situacije utiču različiti faktori, uključujući fiziološke, psihološke i spoljne faktore.

Fiziološki faktori su svi procesi i funkcije koji utiču na normalno funkcionisanje organizma. Fiziološki faktori kao što su umor i nedostatak sna, uticaj alkohola i droga, ishrana i hidratacija, hronična i akutna medicinska stanja ili drugi fiziološki uslovi mogu smanjiti sposobnost vozača da pravilno proceni saobraćajnu situaciju i igraju značajnu ulogu u brzini reagovanja i percepciji opasnosti.

Psihološki faktori su unutrašnji mentalni procesi i spoljašnji uticaji koji utiču na ljudsko ponašanje, emocije, misli i mentalno zdravlje. Ovde ubrajamo razna emocionalna stanja, stres, anksioznost ili nepažnju koji mogu ometati fokus vozača i povećati rizik od donošenja loših odluka. Sa druge strane, samopouzdanje i preterana samouverenost vozača mogu dovesti do toga da vozači preuzmu nepotrebne rizike.

Spoljni faktori su faktori iz okruženja koji utiču na ljude, njihovo ponašanje i aktivnosti, uključujući vožnju. Noćni uslovi vožnje, nepovoljni vremenski uslovi (kiša, magla, gusti dim i sl.) smanjuju vidljivost i otežavaju procenu brzine kretanja i udaljenosti. Gustina saobraćaja i ponašanje drugih učesnika u saobraćaju, kao što su agresivni vozači, utiču na donošenje odluka.

4. SPOSOBNOSTI

Za procenu saobraćajne situacije i donošenje odluka važno je da vozač u svakom trenutku dobija odgovarajuće informacije iz okoline. Informacije se kod vozača primaju putem čula, pa je za uspešno obavljanje vozačkih zadataka važna razvijenost određenih sposobnosti.

Sposobnost je izvršna mogućnost da se neposredno izvedu telesne i mentalne aktivnosti (operacije) sa valjanim ishodom. Za bezbednost saobraćaja su najznačajnije senzorne, psihomotorne i mentalne sposobnosti.

U senzorne sposobnosti spadaju sposobnosti koje su u vezi sa čulima vida, sluha, mirisa i dodira. Preko 90% najznačajnijih informacija za učešće u saobraćaju prima se čulom vida. Čovek selektivno opaža, tj. bira šta će opaziti i na šta će reagovati. Opažanje je u direktnoj vezi sa očekivanjem i pažnjom. Naime, čovek dobro i lako opaža ono što očekuje i ono što smatra opasnim (veliki rizik da će nastupiti posledice). Ono što ne očekuje, čovek neće primetiti ili mu treba više vremena za primećivanje [1].

Veoma je važna koordinacija središnjeg i perifernog vida. Čovek perifernim vidom opaža, a središnjim prepoznaje. Predmeti se prvo uočavaju perifernim vidom, a zatim se usmerava pogled (po potrebi okreće glava) i predmet prepoznaje. Iskustvo pomaže da se više i bolje koristi periferni vid, kao i da se pretraživanje u vidnom polju vrši sistematičnije. Npr. neiskusni vozači često gledaju blizu vozila, pogled im duže zastaje na predmetima, i imaju lošu selekciju šta je važno, a šta nije.

Najvažnija stvar je brzina kojom oko može prikupiti informacije. Važno je da se pojave (put, znakovi, signali,

informacije...) razdvoje u vremenu i prostoru, kako bi vozač imao vremena da ih: uoči (sakupi), obradi i donese pravu odluku.

5. PROCES DONOŠENJA ODLUKA U SAOBRAĆAJU

Proces donošenja odluka u saobraćaju je složen i uključuje niz kognitivnih, senzornih i motoričkih funkcija. Vozač mora u kratkom vremenskom periodu analizirati veliki broj informacija i donositi brze odluke kako bi obezbedio bezbednost i efikasnost vožnje. Ovaj proces možemo podeliti na nekoliko faza [2]:

1. Percepcija ili opažanje je složen psihički proces neposrednog saznavanja o predmetima i pojavama na osnovu čulnih podataka. Percepcija ne znači samo zbir elemenata već i aktivnu obradu primljenih i postojećih informacija, i njihovu interpretaciju zasnovanu na prethodnim znanjima i iskustvima. U ovoj fazi vozač prepoznaje potrebu za donošenjem odluke tj. identifikuje izazov ili problem sa kojim se susreće.
2. U drugoj fazi, vozač obrađuje prikupljene informacije i analizira situaciju. Ovaj proces obuhvata procenu brzine, udaljenosti drugih učesnika u saobraćaju i njihovog ponašanja, kao i razmatranje mogućih rizika. Kognitivni kapaciteti vozača i njegovo iskustvo igraju važnu ulogu u efikasnosti i brzini procene.
3. Sledeći korak je definisanje alternativa. Već tokom faze prikupljanja i obrade informacija određene mogućnosti će doći do izražaja. Međutim, korisno je dodatno se angažovati kako bi se što više potencijalnih poželjnih alternativa identifikovalo.
4. Četvrta faza podrazumeva donošenje konkretne odluke. To može biti npr. kočenje, prelazak u drugu traku ili zaustavljanje na semaforu. Odluke u saobraćaju moraju biti brze i precizne kako bi se izbegle potencijalne opasnosti.
5. Na kraju, vozač realizuje odgovarajuću odluku koju je doneo u prethodnom koraku i eventualno vrši evaluaciju te odluke, odnosno da li je manevar koji je izveo bio odgovarajući u tom trenutku.

Brzina donošenja odluka zavisi od mnogo faktora, uključujući iskustvo vozača, kompleksnost situacije i pritisak vremena. Sve navedene faze kod iskusnog vozača traju vrlo kratko (manje od sekunde), dok kod neiskusnih vozača možemo očekivati nešto duži proces donošenja odluke, naročito kod mladih vozača sa smanjenim samopouzdanjem.

Promene saobraćajnih situacija nastaju kao posledica promena na putu, pojave drugih učesnika u saobraćajnom toku, uticaja okoline. Ove promene mogu biti očekivane i predvidive, ali i nagle i nepredvidive, što zahteva različite reakcije vozača na njih (blagovremene, neblagovremene ili refleksne).

Očekivanost je ključni faktor u donošenju odluka vozača. Očekivanja vozača ne smeju biti razočarana i od njega se ne smeju zahtevati neobični i neočekivani manevri [5].

6. TEHNOLOGIJE KOJE POMAŽU U PROCENI I DONOŠENJU ODLUKA

Razvoj novih tehnologija danas značajno pružaju podršku vozačima prilikom procene saobraćajne situacije i donošenja odluka. Ove tehnologije nazivamo naprednim sistemima za

pomoć vozačima (ADAS – Advanced driver-assistance systems) [3], a njih uglavnom čine:

- **Kamere za pogled iz „ptičje“ perspektive (360° kamera)** - vozila novije generacije su opremljena velikim brojem kamera koje se nalaze oko vozila, s prednje i zadnje strane vozila i u vozačkim ogledalima. Sadržaj sa svih kamera najsavremeniji softver u vozilima može prikazati kao virtuelnu sliku odnosno, kao da se kamera nalazi iznad vozila i tako pomaže vozaču da vidi sve prepreke oko vozila pri parkiranju.



Slika 1. Pogled iz ptičje perspektive.

- **Brake Assist sistem** - Elektronika automobila može prepoznati paničnu reakciju vozača i nezavisno od jačine pritiska papučice kočnice, uspostavlja najveću silu kočenja pri čemu doprinosi smanjenju zaustavnog puta pri kočenju i izbegavanju udara u vozilo ispred, pešaka, životinju ili drugu neočekivanu prepreku.
- **Automatsko kočenje** - u zavisnosti od proizvođača, modela i generacije vozila, postoje brojni sistemi koji koriste kamere, radare ili lasere kako bi prepoznali rizik od udara u drugo vozilo, pešaka, biciklistu ili bilo kakvu prepreku. Jedan automobil može da ima više ovakvih sistema za različite uslove vožnje i sa različitim namenom, pri čemu vozač prvo može da dobije upozorenje i ukoliko odmah ne odreaguje, doći će do automatskog kočenja.
- **Sistem upozorenja na vozila u "mrtvom uglu"** - podrazumeva upozorenja u vidu vizuelnih i zvučnih signala. To će pomoći u izbegavanju nesreća prilikom prestrojavanja i isparkiravanja unazad. Sistem upozorenja može prepoznati vozilo koje se nalazi u

mrtvom uglu i upozoriti vozača crvenim ili žutim trouglom u bočnom vozačkom ogledalu.

Pored navedenih tehnologija, u zavisnosti od marke, modela i generacije vozila, mogu se naći i: sistem za pomoć pri parkiranju, sistem za detekciju umora kod vozača, sistem za prepoznavanje saobraćajnih znakova, sistem za detekciju bočnih udara vetrova (*crosswind stabilization*), sistem za upozorenje na nenamerno napuštanje trake, svetla sa automatskom kontrolom i mnogi drugi. Ove tehnologije su vozačima izuzetno korisne prilikom procene saobraćajne situacije i pri donošenju odluka, ali pojedine tehnologije mogu i da ispravljaju određene greške vozača.

7. ZAKLJUČAK

Procena saobraćajne situacije i donošenje odluka su ključni aspekti bezbednosti u saobraćaju. Brzina i tačnost reakcije mogu značiti razliku između bezbedne vožnje i saobraćajne nezgode. Napredne tehnologije nude značajnu podršku u ovom procesu, ali ljudska pažnja i oprez ostaju od presudnog značaja. Sa razvojem novih tehnologija i veštačke inteligencije, budućnost saobraćaja bi mogla biti značajno bezbednija, uz minimalizaciju ljudskih grešaka.

LITERATURA

- [1] K. Lipovac, Bezbednost saobraćaja – udžbenik, Beograd: Službeni glasnik SRJ 2008.
- [2] A. Milić, Saobraćajna psihologija, Doboj: Saobraćajno tehnički fakultet 2007.
- [3] <https://road-safety.transport.ec.europa.eu>
- [4] Priručnik za licenciranje kadrova u procesu osposobljavanja kandidata za vozače, knjiga II, Beograd: Agencija za bezbednost saobraćaja, 2019.
- [5] Ž. Fićović, Ispit vožnje za desetku, Beograd: Margo Art, 2018.
- [6] <https://savetovalistemozai.com/donosenje-odluke/>
- [7] <https://www.rentacarmenadzer.com/blog/sta-je-adas-i-kako-pomaze-vozacu--84.html>
- [8] <https://www.b92.net/o/automobili>

ULOGA VASPITAČA U RAZVIJANJU EMPATIJE KOD DECE PREDŠKOLSKOG UZRASTA

THE ROLE OF PRIMARY SCHOOL TEACHERS IN DEVELOPING EMPATHY IN PRESCHOOL CHILDREN

Mirjana Marković, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Pirot, Ćirila i Metodija 29, Pirot.*
Ljubiša Mihajlović, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Pirot, Ćirila i Metodija 29, Pirot.*
Ivan Stamenković, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Pirot, Ćirila i Metodija 29, Pirot.*
Dragana Stanković, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Pirot, Ćirila i Metodija 29, Pirot.*

Sadržaj - U ovom radu analiziraće se rad vaspitača u razvijanju empatije kod dece predškolskog uzrasta. Problem savremenog doba je taj što deca ubačena u svet savremenih tehnologija sve manje daju emocionalni odgovor na događaje, sve manje interaguju sa vršnjacima i odraslima, a postoji značajan trend zanemarivanja dece. Deca doživljavaju različite traume koje se reflektuju na period odrastanja, sazrevanja, a okidači društveno neprihvatljivog ponašanja su jako slabe stresne okolnosti. Deca se zatvaraju i otuđuju u svet iluzije koji se razlikuje od onog koji je vladao do razvoja ovih tehnologija. Sve je veći porast dece sa ADHD stanjima, autizam je u ekspanziji, deca na najranijem uzrastu pokazuju agresivno i devijantno ponašanje, granica starosti početka konzumiranja opijata se smanjuje. Odsustvo emocija nas odvajava od naše prvobitne suštine i čovečnosti. Neophodno je raditi na svim nivoima da se neguju emocije, da se radi na celoživotnoj socijalizaciji, jer seme koje se zasađi na najranijem uzrastu može da se neguje i kultiviše doživotno. U ovom radu će biti predstavljeni segmenti istraživanja uloge vaspitača u razvijanju empatije kod dece. Pokušaćemo da odgovorimo na pitanja: Kakva je uloga vaspitača u vaspitno-obrazovnom procesu po pitanju empatije? Može li vaspitač uticati na razvoj empatije kod dece i ukoliko može, kako i na koji način to čini?

Кljučне речи: Vaspitači. Empatija. Deca predškolskog uzrasta. Stresne okolnosti. Agresivno i devijantno ponašanje dece.

Abstract - In this paper, will be analyzed the work of educators in developing empathy in preschool children. The problem of modern times is that children thrown into the world of modern technologies give less and less emotional response to events, interaction with children and adults, there is a significant trend of neglecting children. Children experience various traumas that reflect on the period of growing up, maturing, and the triggers of socially unacceptable behavior are very weak stressful circumstances. Children are locked away and alienated in a world of illusion that is different from the one that prevailed until the development of these technologies. There is an increasing increase in children with ADHD, autism is on the rise, children show aggressive and deviant behavior at an early age, the age limit for starting to consume opiates is decreasing. The absence of emotions separates us from our original essence and humanity, and it is necessary to work on all levels to nurture emotions, to work on lifelong socialization, because the seeds that are planted at the earliest age can be nurtured and cultivated for life. This paper will present segments of research into the role of educators in developing empathy in children. It will attempt to answer the question What is the role of educators in the educational process regarding empathy? Can educators influence the development of empathy in children and if so, how and in what way?

Keywords: Preschool teachers. Empathy. Preschool children. Stressful circumstances. Aggressive and deviant behavior of children.

1. UVOD

Mehanizmi funkcionisanja empatije u svakoj individui ponaosob nisu dovoljno proučeni do sada. Pretpostavlja se da je genetski faktor jedan od ključnih, ali tu postoji i ono što nas čini ljudima od pamtiveka, a to su emocije. Sa evolucijom i razvojem kore velikog mozga dolazi do razvoja kognitivnih sposobnosti na uštrb emocionalnih. I tu nastaje problem, jer

dobijamo društvo koje reaguje po nekim principima koji se zasnivaju na koristoljublju, pragmatizmu i nedostatku empatije prema drugom.

Empatija, kreće sa svojim razvojem u najranijem detinjstvu. Posmatranja koja smo vršili pokazuju da bebe izražavaju tužne emocije, ako neko glumi da plače pred njima. Između sedmog i dvanaestog meseca dešavaju se dve ključne

spoznaje koje su od vitalnog značaja za razvoj empatije. Beba počinje da doživljava okruženje, odvaja svoju svest i pojam postojanja od majke. Beba počinje da primećuje i druga ljudska bića u širem emocionalnom kontekstu. Do druge godine deca, uglavnom počinju da saosećaju i razumeju koncept empatije [1].

Deca postižu potpunu empatiju kada počnu da se zanimaju za rešavanje nesuglasica putem ljubaznosti i dobrih dela. Empatija je ključna društvena veština koja uključuje razumevanje emocija drugih, [2] i prepoznavanje njihovih reakcija u sličnim situacijama [3].

Ljudsko društvo mora imati fokus na emocionalni razvoj u moralnom obrazovanju, razlikujući racionalne i moralno adekvatne emocije. Primarna empatija se manifestuje kroz automatsko imitiranje pokreta i izraza lica drugih. Klasifikacija empatije uključuje istovremeno doživljavanje emocija sa osobom koja je u nevolji, a razvoj empatije zavisi od kognitivnog razvoja [4]. Mlađa deca ne razlikuju sebe od drugih, što ih dovodi do globalne empatije, gde doživljavaju tuđe emocije kao svoje [5].

Kako deca rastu, prolaze kroz različite faze empatije: od globalne empatije, koja se javlja u prvim godinama, do faze kada počinju da razumeju uloge drugih i njihova osećanja [6]. U kasnijem detinjstvu, empatija se širi na razumevanje emocionalnih stanja koja nisu direktno prisutna [7]. Sazrevanjem svaka individua jača, spram svojih ličnih potencijala, emotivne, inefektualne i praktične kapacitete.

U savremenm društvu, gde roditelji sve više vremena provode u rešavanju egzistencijalnih pitanja, [8] i na tom putu nekako izgube nit sa svojom decom, vaspitači preuzimaju ulogu primarne socijalizacije, i u okviru tog ciklusa kreće se sa pokušajem rešavanja problema empatičnosti kod dece.

2. METODOLOGIJA

a. Problem istraživanja:

Problem istraživanja predstavlja istražiti ulogu koju vaspitači sve više preuzimaju od roditelja, uticaju vaspitača, njegove ličnosti i načina vaspitno-obrazovnog rada koji realizuje, na razvoj empatičnog reagovanja dece.

b. Cilj istraživanja:

Utvrđiti koliko vaspitači utiču na razvijanje empatije kod dece.

c. Hipoteze istraživanja:

Opšta hipoteza:

Vaspitači su primorani da preuzmu vodeću ulogu u podsticanju razvijanja empatije, jer se u porodici empatija kod dece slabo razvija.

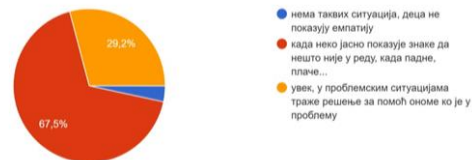
Na osnovu upitnika izvršeno je ispitivanje 20 vaspitača grupe na teritoriji Knjaževca i Zaječara.

Prikažaćemo nekoliko ključnih pokazatelja stavova vaspitača problemu empatije kod dece.

Interesantno je da je većina vaspitača (67,5%) smatra da deca pokazuju empatiju kada neko jasno pokaže da nešto nije u redu, 29,2% vaspitača smatra da deca zvek u kriznim situacijama pokazuju empatiju, dok samo 3,3% vaspitača tvrdi da deca ne pokazuju empatiju.

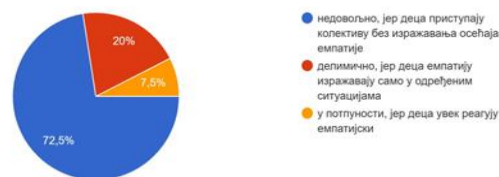
Postoji problem kada se ovako radi anketa, veliki broj vapitača će malo obojiti situaciju, u nadi da se popravi stanje koje vlada. U razgovorima oči u oči sa ovom grupom vaspitača, nerado su priznavali da emocionalni izražaj lica ne pokazuje unutrašnje emocionalno stanje deteta.

Ситуације које најчешће изазивају емпатију код деце:
120 одговора



Slika 1. Grafikon koji prikazuje odgovor na pitanje koje situacije najčešće izazivaju empatiju kod dece.

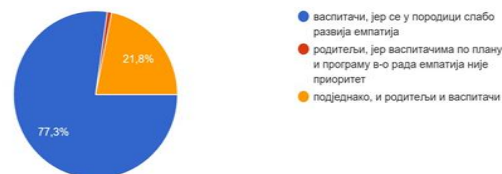
Сматрам да родитељи утичу на развијање емпатије код деце:
120 одговора



Slika 2. Grafikon koji prikazuje odgovor na pitanje da li roditelji utiču na razvijanje empatije kod dece.

Izdvajamo i ispitivanje mišljenja vaspitača o uticaju roditelja na razvijanje empatije kod dece. Analizirajući odgovore 72,5% vaspitača smatra da je taj uticaj nedovoljan jer deca kolektivno pristupaju bez osećanja empatije. Najmanji procenat vaspitača, njih 7,5% smatra da roditelji u potpunosti utiču na razvoj empatije, dok 20% ispitanika smatra da roditelji delimično utiču na razvoj empatije jer deca samo u određenim situacijama izražavaju empatiju. Ovim grafičkim prikazom možemo sagledati da uticaj roditelja u očima ove grupe vaspitača opada što se tiče kultivacije dece na nivou emocionalnog empatskog odgovora. Ovo potvrđuje posmatranje izvršeno u različitim vrtićima na teritoriji jugoistočne Srbije, gde se radilo na dobijanju podataka uspostavljajući odnos poverenja sa vaspitačima. Primetno je da je vaspitačima teško da govore o ovim problemima, jer i oni sami su roditelji, opažaju, ali ne žele da budu aktivne sudije društva u kome žive.

Емпатијско реаговање код деце више негују:
119 одговора



Slika 3. Grafikon koji prikazuje odgovor na pitanje ko više od odraslih (roditelja i vaspitača) neguje empatijsko reagovanje dece.

I na ovog grafičkom prikazu možemo videti alarmantan prikaz vezan za pitanje, *Ko više od odraslih (roditelja i vaspitača) neguje empatijsko reagovanje dece.* 77,3 % ispitanika, odnosno najveći broj, smatra da su to vaspitači, sa stavom da se u porodici empatija slabo razvija. 21,8% smatra

da i roditelji i vaspitači podjednako neguju empatiju kod dece, dok samo 0,9% ispitanika smatra da roditelji više nego vaspitači neguju empatiju kod dece, sa stavom da vaspitačima empatija nije prioritet u vaspitno-obrazovnom radu. Iz ovog prikaza takođe možemo videti krizu socijazatorske uloge porodice.

Деца говоре о емпатијском реаговању у кругу породице:
120 одговора



Слика 4. Графикон који приказује одговор на питање.

На питање да ли деца говоре о емпатском реаговању у кругу породице, dolazimo do još jednog poražavajućeg pokazatelja. Najveći procenat ispitanika, 60% izražava stav da деца говоре о емпатији у породици када се то од њих захтева, на основу чега се може закључити да сами односи у породици нису утемељени на међусобној емпатији. Manji broj ispitanika, 20,8% smatra da деца врло мало и тешко говоре о породици, што није довољно да се зна какви су породични односи, dok najmanji broj ispitanika, njih 19,2% smatra da деца често и отворено препричавaju породичне односе из чега се може закључити да су исти засновани на узajамној емпатији и саосећању.

Ako porodica ne neguje emotivnu komponentu, ako se деца не осећају сигурно у породици, не осећају повезаност са родитејима, ту се јављају далекосежни проблеми које је неопходно институционализовано реšавати. Међутим то су осетљиве теме, у које се скоро никоме усудује да закорачи, из страха од одговорности.

Деца у васпитној групи граде односе са осталима:
120 одговора



Слика 5. Графикон који приказује одговор на питање да ли деца у васпитној групи граде односе са осталима.

На питање да ли деца у васпитној групи граде односе са осталима, najveći procenat ispitanika, 56,7% tvrdi da деца односе граде на емпатији, саосећању једни са другима и реаговању на туђе емоције. Manji broj ispitanika, 41,7% tvrdi da деца односе граде уз подршку васпитача, уз чију помоћ уче да саосећају и реагују на емоције другог, градећи емпатијске односе. Najmanji broj ispitanika, 1,6% tvrdi da су деčiji односи засновани на личној сатисфакцији, без уважавања туђих емоција. Ovakvi podaci mogu potkrepiti pretpostavke da će деца у заједници која је подржавајућа, која негује заштитнице,

hraniteljske, prijateljske односе bolje reagovati na okruženje i у групи вршњака показивати већи интензитет осећања припадности, а самим тим и емпатије.

3. ZAKLJUČAK

Sprovedeno istraživanje potvrđuje postavljenu hipotezu. Pokazuje da су vaspitači primorani da preuzmu vodeću ulogu u razvijanju empatije kod dece, jer se ista u porodici slabo neguje. Uloga primarne socijalizacije koju je porodica trebalo da neguje prebačena je na vaspitače. Деца већи број сати у току дана проводе са њима. Код куће су пар сати, и а то време, roditelji imaju malo vremena da im se posvete, razgovaraju sa njima, pruže im ljubav, podršku i osećaj sigurnosti. A samim tim imaju umanjen uticaj na negovanje empatskog odgovora kod dece. Dolazimo do situacije da vaspitači preuzimaju veći deo uloga roditelja, а међу њима и то да код dece neguju empatiju, да их уче како да се понашају пема другу у невољи, како да саосећају са људима и животinjama, како да и сами постану болји јуди. Pородica доживљава свој kolaps, kao što je to primer i sa većim delom kulturnih i institucionalnih tvorevina savremene civilizacije. Ostaje da се nadamo da će се нешто у блиској будућности променити и да ćemo vratiti roditelje i decu ka sistemu tradicionalnih vrednosti koje су држале на okupu не само porodicu, već i само друштво у celini.

LITERATURA

- [1] Andreja Brajša-Žganec, (2003) Dijete i obitelj - Emocionalni i socijalni razvoj. Jasrebarsko: Naklada Slap 2003.
- [2] A. Plazonić-Fabian, (2008). Empatija kod djece. Dostupno na: http://193.198.184.184/dobro-je-znati/rijecstrucnjaka?news_hk=5288&news_id=1836
- [3] D. Jovanović. "Empatija u funkciji unapređenja inkluzivnog obrazovanja u predškolskim ustanovama" Godišnjak Pedagoškog fakulteta u Vranju, knjiga VIII, 1/2017. UDK 376.1-056.26/36-052.4
- [4] M. L. Hoffman, „Interaction of Affect and Cognition in Empathy“ In C. E. Izard, J. Kagan, & R. B. Zajonc (Eds.), Emotions, Cognition, and Behavior, New York: Cambridge University Press, pp. 103-131, 1984.
- [5] N. Eisenberg, & R. A. Fabes, „Empathy: Conceptualization, measurement, and relation to prosocial Behavior“, Motivation and Emotion, 14(2), 131-149, 1990.
- [6] M.L. Hoffman, Empatija i moralni razvoj – značaj za brigu i pravdu. Beograd: Dereta 2003.
- [7] R. Milovanović, Empatičke kompetencije budućih vaspitača, Uzdanica, X/1, str.141–153, 2013.
- [8] V. I. Utkin, “Variable structure control systems with sliding mods”, IEEE Trans. Automat. Control, vol. 1, no. 2, pp. 210-222, April 1977.

MINIMALNO U PLENERU MINIMALISTIC PLEIN AIR

Dragana Dragutinović, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Pirot, Ćirila i Metodija 29, Pirot.*

Bojana Nikolić, *Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Pirot, Ćirila i Metodija 29, Pirot.*

Sadržaj – U ovom radu usmeravamo pogled i skrećemo pažnju na umetničko delo izvan tradicionalnih medija. „Minimalno u pleneru“ bila bi naša odrednica umetnosti lokusa, procesa i percepcije po sebi, estetskog i fenomenološkog preokreta u „oku“ Džejsma Tarela, umetnika prosvetčenog u svetlosti.

Ključne reči: Džejsms Tarel. Umetnik. Percepcija. Prostor. Svetlost. Boja. Land art.

Abstract - In this paper, we direct our attention and draw focus to artwork beyond traditional media. „Minimalistic plein air“ would be our term for the art of locus, process, and self-perception, an aesthetic and phenomenological shift in the „eye“ of James Turrell, an artist enlightened in brightness.

Key words: James Turrell. Artist. Perception. Space. Light. Color. Land art.

1. UVOD

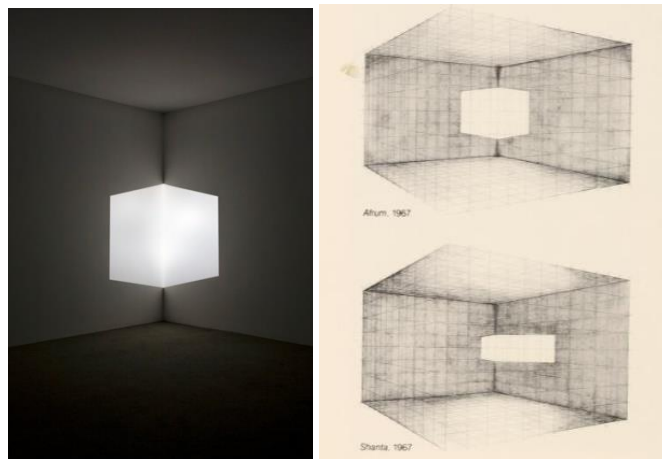
Slikati u pleneru (fr. plein air), na otvorenom, značilo je biti u potpunosti pod uticajem prirodnog izvora svetlosti, promena koje proizvodi u obojenosti predmeta i okruženja, čulne nadraženosti i čiste igre likovnih elemenata koji lebde izvan i oko samih oblika. Impresija na zalasku u oku posmatrača poštuje fizičku prirodu svetla i fiziološke i psihološke zakonitosti opažanja. Slikarstvo obojenih mrlja čistih komplementarnih boja u poentilizmu (fr. point), nadražljivo i razigrano u oku stvara iluziju celovitosti prizora i prikaza. Zainteresovan za geštaltističku psihologiju (određeni vizuelni odnosi percipiraju se kao jedinstvene celine), istraživač u tehnici *Ganzfelda*, percepcije „celovitog polja“, Džejsms Tarel (James Turrell) upotrebljava prostor i svetlost u stvaranju umetnosti koja je „direktno opažanje“.

Umetničko delo ovde više ne stoji u režimu dopadljivo uramljenog reprezentanta žanra, ličnosti umetnika ili društvenih okolnosti. Svest koja nije opterećena pojavnostima na površini slike i njenim istorijskim trenutkom, usvaja samo čulne podatke/informacije u procesu spoznaje čime mišljenje postaje „konkretno“ i „opažajno“. Duhovno biće u umetnosti opstaje u meditativnoj *zen* fazi „ispražnjenosti od sveta“ kao stajališna tačka u prostoru koja prevazilazi vreme po sebi. Umetnik apsoluta i nepredmetnih tabloa briše granicu između subjekta i objekta, umetnika i prirode, njenih zakonitosti i zatočeništva u materiji.

2. SVETLOST I PROSTOR

U projektima Džejsma Tarela (James Turrell) arhitektonski prostor biva modelovan svetlom. Realitet prostora zavisi od naše odluke da ga vidimo. Način na koji vidimo i doživljavamo prostor zavisi od našeg položaja unutar prostora. Prostor se menja u odnosu na stajnu tačku posmatrača kao i svetlosti koja u njega prodire. *Prisutnost* je svojstvo umetničkih dela u

kojima se ne prikazuju realitet prostora i oblika u njemu, ne izražavaju emocije i u kojima se ne pristaje na likovno-estetske zahteve obrade materijala „slike“. To su umetnička dela koja potvrđuju mesto i okolnosti „vlastitog postojanja u prostoru i vremenu“ [1], ambijenti i akcije, svedočanstva promenljivog okruženja i manifestacija u pleneru, ili prisustvo samog umetnika koji ostavlja trag/znak, dokaz gesta kojim se markira mesto (lat. locus) [1]. Od minimalne umetnosti preuzima redukciju vizuelnog jezika koji je zasnovan na primarnim geometrijskim telima i strukturalnim rasporedima objekata u prostoru, ali zadržava doživljaj i metafiziku odnosa.



Slika 1. James Turrell, *Afrum (White)*, 1966, *Cross Corner Projection*.

U seriji projekcija na zidovima Tarel prihvata iluziju koja je svojevrsna opažajnom procesu.

Predmeti su nam vidljivi zahvaljujući svetlosti koja se reflektuje od površine stvari na različitim talasnim dužinama. Svetlost bez „stvarnog“ objekta stvara dvostruku iluziju.

Projekcija svetlosti na zidnu površinu je bez želje da artikuliše osobenosti zida i učini ga vidljivim. Fizičko prisustvo zida se poriče, a jedina stvarnost postaje iluzija objekta koji je od svetlosti i lebdi u prostoru kao „tajanstvena vizija“ [2], fantom od svetla.



Slika 2. James Turrell, „Meeting“, 1980-86/2016.

Umetnik govori o „tihovanju“ misli i taktinom svojstvu svetlosti koju želi da postigne. Ona je naizgled nematerijalna ali je možemo fizički osetiti. U „Susretu“ („Meeting“) „ljudi pružaju ruke da je dodirnu“ [3]. Svetlost nije sredstvo koje nam pomaže da nešto otkrijemo, ona je otkriće po sebi“ [3]. Svetlost koja dolazi spolja, svetlost dana, ili noćnog leta kroz oblake, unosi bojene segmente u otvorenom polju „slike“ koja se neprekidno menja u maji (san. मया).

3. KRATER

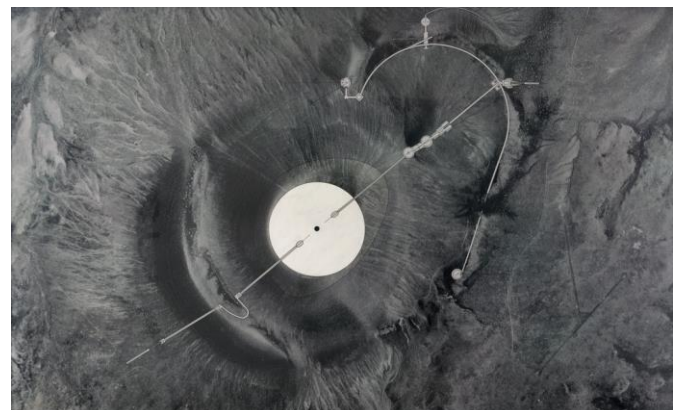
Roden krater u Arizoni je delo rada sa „zemljom“ (eng. earth works). Termin *earth works* je sinonim za *land art* (eng. land art) ili intervencije na zemlji ili rad sa reljefom, i podrazumeva velike projekte pomeranja ili prekomponovanja prirodnog materijala u samom prirodnom ambijentu, promenom topologije mesta, i/ili galerijskom prostoru, unosom prirodnog materijala. Iskustvo ambijentalne umetnosti (eng. environmental art) može da bude posredovano u otvorenom ili zatvorenom prostoru (ambijenti procesualne umetnosti, ambijenti minimalne umetnosti, tekstualni ambijenti konceptualne umetnosti, multimedijalni ambijenti, tehnološki ambijenti) delovanjem prirodnih pojava, svetlosnim, zvučnim, video i cyber simulacijama na posmatrača uronjenog u „skup aktuelnih činjenica dostupnih direktnoj percepciji“ [1].

Oblikovanje konusa uspavanog vulkana koji je Tarel 1977. učinio i svojom privatnom opservatorijom, u prvoj fazi izgradnje zahtevalo je izmeštanje preko 1,3 miliona kubnih zemlje. Do sada je realizovao šest prostora za posmatranje, uključujući centralnu prostoriju (Crater Bowl), odaju Sunca i Meseca (The Sun & Moon Chamber), istočni portal (East Portal) i Oko kratera (Crater's Eye) koji su između sebe spojeni istočnim (Alfa) tunelom. Predviđeno je da do okončanja projekta Roden krater bude prostorna celina koja treba da sadrži 24 prostorije i 6 tunela [4].



Slika 3. James Turrell, Roden Crater (Crater Bowl).

Grandiozan kao poduhvati graditelja svetih mesta, prostora za delovanje od neba ka zemlji, projektovanih i usmeravanih u pravcima za kretanje „posvećenih“ i saučestvovanje u programu duhovnog rasta/promene/puta u gledanju i tumačenju znaka i označenog, nudi eone upisane na nebu. Nebeski događaji i muzika sfera dešavaju se u tami prostora u kojem i ljudsko telo postaje „onostrano kao u simulatoru“ [5]. Svetlosni punktovi i okulusi nude potreban *gaze* svetlosne forme koja „odvodi posetioca u daleke snoviđajne i bajkovite zone (...) mitsko-poetske tmine stvarnog učestvovanja tela u neidentifikovanom bezizlazu“ [5].



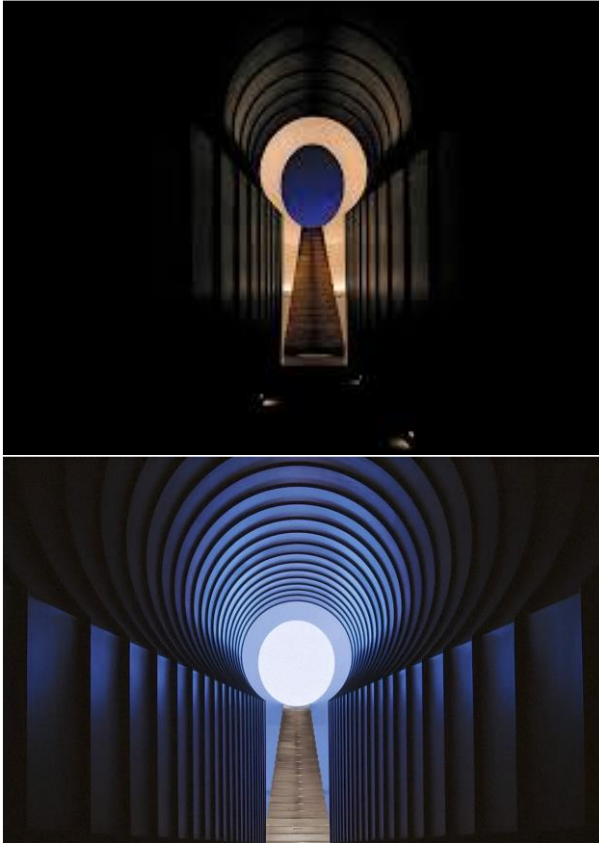
Slika 4. James Turrell, Roden Crater, projekcija tunela.

Tarel ucrtava položaj prostorija i tunela koristeći naučna znanja astronoma. Istočni portal, Alfa tunel i odaja Sunca i Meseca čine monumentalnu mračnu komoru (lat. camera obscura) za projektovanje svetlosti nebeskih tela, Sunca i

Meseca, u tačno određenim periodima u toku godine ili teleskop za posmatranje noćnog neba.

4. HROMA(ZOOM)

Boja je osnovni element vizuelnog jezika. U svetlosnom ambijentu kratera boja ne pripada predmetu već svetlosti koja ispunjava prostor i transformiše ga u prostor optičkih fenomena i metafizičkog doživljaja bestelesne realnosti (boja svetla je konkretni aspekt prostora i simbol bespredmetnosti).



Slika 5. James Turrell, Roden Crater (East Portal).

„Predmet ne postoji, zato što je sama percepcija predmet“
[6]. Božanska svetlost je naum katedrala opata Sugera,

mističnog doživljaja negledanog oka koje obasjava um. Okulus istočnog portala je poput ogledalne membrane koja transcendiraju svesnost gledanja. „Dok ispunjavate prostor gledanjem možete videti sebe kako posmatrate“. „Situacija se zatim pomera od refleksivnosti u kojoj vidite sebe kako posmatrate do izmenjenog u kome prostor nekako posmatra“. „Prostor ima način na koji posmatra. Kada zakoračite u njega, vidite da je tu i da vas čeka“ [6].

5. ZAKLJUČAK

Paslika, slika privid, fantom slika, ostaje u svesti na trenutak, posle opažanja nekog predmeta kada se zatvore oči. Lažna i prava slika mogu da budu iste obojenosti ili u kontrastu (crno-belo; parovi komplementarnih boja). Slikarstvo je umetnost opažanja predmeta i pojava, veština od obojenih polja za doživljaj stvarnog i zamišljenog prostora. Ima svoju istoriju, od naturalizma u prikazivanju predmeta i pojava do ideje o delu kroz reč, teoriju ili mistički koncept. Realitet oka koje gleda gledano, ima u sebi iluzivnost koja je predmet naučnih istraživanja o boji i percepciji. Džejms Tarel (James Tarel) izvodi igru u pleneru sa *platnom* koje nosi odlike slikarstva obojenog polja. To je umetnosti između sna i jave u stalnom stanju budnosti.

LITERATURA

- [1] M. Šuvaković, Pojmovnik suvremene umjetnosti, Zagreb: Horetzky.
- [2] James Turrell, Light & Space, New York: Whitney Museum of American Art, 1980.
- [3] J. Brown, Occluded Front: James Turrell, Los Angeles: The Museum of Contemporary Art, 1985.
- [4] <https://rodencrater.com/about/>
- [5] K. Bogdanović, Poetika vizuelnog, Beograd: Zavod za udžbenike i nastavna sredstva; Novi Sad: Muzej savremene likovne umetnosti, 2005.
- [6] H. Foster, Umetnost i arhitektura, Beograd: Art press, 2021.



“

УЗ ВАШУ ПОМОЋ,
СВИ ЗАЈЕДНО,
КРЕИРАМО БОЉУ
БУДУЋНОСТ!

