

ДИТ

Друштво Истраживање Технологије

НАУЧНО
СТРУЧНИ
ЧАСОПИС

ГОДИНА XXIX*** БРОЈ 40
Септембар 2023

SCIENTIFIC
PROFESIONAL
JOURNAL

YEAR XXIX *** ISSUE 40
September 2023

МАШИНСТВО
ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И
РАЧУНАРСТВО
ЕНЕРГЕТИКА
ТЕХНОЛОГИЈЕ
МЕНАџМЕНТ И ЕКОНОМИЈА
ВЕЛИКАНИ НАУКЕ

ДИТ Број 40 /2023 *ГОДИНА XXIX



COBISS.SR-ID 105108999



Друштво Истраживање Технологије

Научно-стручни часопис
Scientific-profesional journal

Година XXIX, Број 40, септембар 2023. год.
Year XXIX, Issue 40, September 2023. year

Оснивач: Друштво инжењера и техничара Зрењанин

Издавачи: Друштво инжењера, Зрењанин
Висока техничка школа струковних студија у Зрењанину

Главни уредник: Проф. др Милорад Ранчић, Друштво инжењера Зрењанин
Технички уредник: Проф. др Жељко Еремић, ВТШСС Зрењанин

Одговорни уредници:

Машинство: Проф. др Љиљана Радовановић, ТФ“Михајло Пупин“ Зрењанин
Енергетика: Проф. др Јасмина Пекез, ТФ“Михајло Пупин“ Зрењанин
Електротехника и рачунарство: Проф. др Лазо Манојловић, ВТШСС Зрењанин
Технологије: Проф. др Данијела Јашин, ВТШСС Зрењанин
Менаџмент и економија: Проф. др Дејан Молнар, Економски факултет, Београд

Издавачки савет:

Председник Издавачког савета: Милан Зечар, дипл.инж. Друштво инжењера Зрењанин
Чланови Издавачког савета:

Горан Маринковић, дипл. инж. Културни центар Зрењанин
Проф. др Милан Николић, ТФ“Михајло Пупин“, Зрењанин
Проф. др Обрад Спаић, Факултет за производњу и менаџмент, Требиње
Проф. др Миодраг Ковачевић, ВТШСС Зрењанин
Др Здравко Ждрале, Завод за јавно здравље Зрењанин
Душко Радишић, мсц, Град Зењанин
Славиша Влачић, дипл. инж, Телеком Србија, Зрењанин
Милан Димитријевић, дипл.инж. ДЕК Институт, Зрењанин
Борислав Умићевић, дипл. маш. инж, УМИНГ, Зрењанин

Адреса издавача: Друштво инжењера Зрењанин
Македонска 11, 23000 Зрењанин
E-mail: milorad.rancic@diz.org.rs
www.diz.org.rs

Штампа: Висока техничка школа струковних студија у Зрењанину
Тираж: 300

Часопис је први пут уписан у Регистар средстава јавног информисања
Министарства за информисање Републике Србије 24.11.1994.године
под редним бројем 1807.

ISSN 0354-7140

ИЗДАВАЧИ



**ДРУШТВО ИНЖЕЊЕРА
ЗРЕЊАНИН**



ВИСОКА ТЕХНИЧКА ШКОЛА У ЗРЕЊАНИНУ



ГРАД ЗРЕЊАНИН

**ФИНАНСИЈСКА ПОДРШКА
ПОКРАЈИНСКИ СЕКРЕТАРИЈАТ ЗА ВИСОКО
ОБРАЗОВАЊЕ, НАУКУ И ТЕХНОЛОШКИ РАЗВОЈ**

СР - Каталогизација у публикацији
Библиотека Матице српске, Нови Сад

62

ДИТ : Друштво, Истраживање, Технологије :
научно-стручни часопис / главни уредник Милорад
Ранчић. - Год. 1, бр. 1 (1995)-год. 9, бр. 19/20
(2003) ; Год. 20, бр. 21/22 (2014)- . - Зрењанин :
Друштво инжењера Зрењанин, 1995-2003; 2014-
. - 30 cm

Полугодишње.
ISSN 0354-7140 = ДИТ
COBISS.SR-ID 105108999

РЕЧ ГЛАВНОГ УРЕДНИКА

Поштовани читаоци,

Пред Вама је 40-ти број Научно-стручног часописа ДИТ (Друштво, Истраживање, Технологије). И пошто је то јубиларни број, као што је то обичај, прилика је да се мало подсетимо наше иисторије.

Било је то ипак давно. Данас већ далеке, 1994. године, Друштво инжењера и техничара из Зрењанина одлучило је да свој Билтен трансформише у стручно-информативни часопис који је назван ДИТ. Те године је и уписан у Регистар јавног инфотрмисања Министарства за информисање Републике Србије. Група ондашњих и угледних ентузијаста у Уређивачком одбору и Издавачком савету дефинисала је концепт, циљеве и задатке будућег часописа : мултидисциплинарност, актуелност, квалитет, праћење дешавања у техници и науци, популаризација науке и стваралаштва, пружање могућности стручњацима из привреде, истраживања и образовања да своје активности прикажу јавности и пре свега подстицање и подршка младих истраживача. Први број часописа ДИТ објављен је у децембру месецу 1995. године. И ево, већ скоро тридесет година часопис живи и опстаје пратећи при томе бурна дешавања и промене у техници, науци, привреди и нашем друштву. Непрестано погизући свој квалитет и уз неопходне трансформације часопис је 2019. године испунио све услове тако да га је Министарство високог образовања и науке Републике Србије ставило на Националну листу научних часописа.

Часопис ДИТ (Друштво, Истаживање, Технологије) је данас угледан научни национални часопис који објављује стручне, научне и друге прилоге из пет области: машинства, електротехнике и рачунарства, енергетике, технологија, менаџмента и економије. Аутори прилога су истакнути експерти али и млади истраживачи не само из зрењанинског региона него и из наших других истраживачких центара као што су то Београд, Нови Сад, Крагујевац, Ниш, Крушевац, Трстеник, Требиње, Бања Лука, Српско Сарајево... Не ретко смо имали и прилоге уважених експерата и из иностранства. Било их је из Словеније, Републике Српске, Турске, Шпаније, Русије...У до сада издатих четрдесет бројева објављено је преко 400 прилога док је број аутора и коаутора премашио цифру 800.

Наш часопис се издаје најмање два пута годишње у штампаној и електронској верзији. Штампана верзија се налази у националном систему библиотеке размене и реферише се у више научних листи. Електронска верзија часописа налази се на сајту издавача као и на сајту Народне библиотеке Србије. Часопис на различите начине подржавају Министарство за високо образовање и науку Републике Србије, Покрајински секретаријат за високо образовање, науку и технолошки развој, Град Зрењанин и бројне образовне, истраживачке и привредне институције. До сада су у више наврата суиздавачи часописа били и Висока техничка школа струковних студија и Технички факултет „Михајло Пупин“ из Зрењанина.

У овом 40-ом броју нашег часописа селектирали смо и објавили повећани број прилога са савременим и актуелним темама. Већи део уважених аутора своје радове су доставили по нашем позиву .Квалитетни и интересантни прилози стигли су нам из скоро свих наших важнијих научних центара као и из Републике Српске, Русије и Шпаније.

Из широке плејаде великана наше науке овог пута издвојили смо и представили Милоша Савчића, грађевинског инжењера, пројектанта и градитеља пруга, фабрика, велелепних зграда, финансијског експерта, политичара и родољуба.

Главни уредник
Др Милорад Ранчић, професор



Савез инжењера и техничара Србије
доделио је 3. фебруара 1997. године
Научно-стручно-информативном
часопису "ДИТ"

Повељу за најбољу



публикацију у Србији у 1996. години.

САДРЖАЈ

РЕЧ ГЛАВНОГ УРЕДНИКА	3
МАШИНСТВО	
Љубица Лазих Вулићевих, Александар Рајић, Душан Јованић: МОДЕЛОВАЊЕ ПОНАШАЊА ЗАВАРЕНОГ СПОЈА ПРИ ЗАТЕЗНОМ ОПТЕРЕЋЕЊУ У СОФТВЕРУ <i>SOLIDWORKS SIMULATION</i> <i>MODELING OF WELDED JOINT BEHAVIOR UNDER TENSILE LOADING IN SOLIDWORKS SIMULATION SOFTWARE.....</i>	11
Грујица Љубисављевић, Павлов Павел Сергеевич: ТЕХНИЧКА РЕШЕЊА И ПРОРАЧУНИ ВЕЗИВАЊА ТОРАЊСКИХ КРАНОВА ЗА ВИСОКУ ЗГРАДУ <i>ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ И РАСЧЕТЫ КРЕПЛЕНИЯ БАШЕННЫХ КРАНОВ К ВЫСОТНОМУ ЗДАНИЮ</i>	19
Драган Шешлија, Ивана Миленковић, Вуле Релић, Валентина Младеновић, Младен Адамовић: ОДРЖИВО УПРАВЉАЊЕ ОСВЕТЉЕЊЕМ <i>SUSTAINABLE LIGHTING MANAGEMENT</i>	45
Miljan Miletić, Milorad Rančić, Predrag Sibinović: UNAPREĐENJE PROCESA PROIZVODNJE INOX GALANTERIJE PRIMENOM VEŠTAČKE INTELIGENCIJE <i>IMPROVING THE PRODUCTION PROCESS OF STAINLESS STEEL HARDWARE USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE</i>	59
Симутин Вячеслав: КАРАКТЕРИСТИКЕ ПРИЧВРШЋИВАЊА БАРИЈЕР ОГРАДА СА МКТ ХЕМИЈСКИМ СИДРИМА И ИСПИТИВАЊА <i>ХАРАКТЕРИСТИКИ КРЕПЛЕНИЯ БАРЬЕРНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ С ХИМИЧЕСКИМИ АНКЕРАМИ МКТ И ИСПЫТАНИЯ</i>	69
Обрад Спаић, Александра Копривица: САВРЕМЕНИ СИСТЕМИ У ПРЕДВИЂАЊУ СТАЊА АЛАТА <i>THE MODERN SYSTEMS IN TOOL STATE PREDICTION</i>	79
ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО	
Лазо Манојловић: ЈЕДНОСТАВАН САМОНАПАЈАЈУЋИ СЕНЗОР ЗА ПРАЋЕЊЕ ПОЗИЦИЈЕ СУНЦА <i>SIMPLE SELF-POWERED SUN TRACKING SENSOR</i>	91
Ranko Zotović: UPRAVLJANJE ROBOTIMA SA ELASTIČNIM ZGLOBOVIMA METODOM SINGULARNE PERTURBACIJE <i>CONTROL OF ROBOTS WITH ELASTIC JOINTS WITH THE SINGULAR PERTURBATION METHOD.....</i>	99
Željko Eremić, Dragan Halas: PRIMENA CHATGPT NA REŠAVANJA PITANJA ZA PRIPREMU PRIJEMNOG ISPITA <i>APPLICATION OF CHATGPT TO SOLVING QUESTIONS FOR THE PREPARATION OF THE ENTRANCE EXAMINATION.....</i>	105
Milorad Rančić, Miljan Miletić: VEŠTAČKA INTELIGENCIJA - RAZVOJ, PRIMENA, IZAZOVI <i>ARTIFICIAL INTELLIGENCE – DEVELOPMENT, APPLICATION, CHALLENGES.....</i>	113
ЕНЕРГЕТИКА	
Војин Грковић: ЕНЕРГЕТСКА ТРАНЗИЦИЈА ЕНЕРГЕТСКИХ СИСТЕМА <i>ENERGY SYSTEM'S ENERGY TRANSITION</i>	123

Војислав Вулећић:	
РАЗВОЈ ГАСОВОДНОГ СИСТЕМА СРБИЈЕ	
<i>DEVELOPMENT OF THE GAS PIPELINE SYSTEM OF SERBIA</i>	137
Роберт Молнар, Бобан Цекић:	
БИОГАСНА ПОСТРОЈЕЊА КАО ПРЕДУЗЕТНИЧКИ И ИНЖЕЊЕРСКИ ИЗАЗОВ	
<i>BIOGAS FACILITIES AS ENTREPRENEURIAL AND ENGINEERIAL CHALLENGE</i>	145
ТЕХНОЛОГИЈЕ	
Гордана Лудажич, Весна Надалин, Александра Шучуровић:	
УПОТРЕБА НЕСЛАДОВАНИХ СИРОВИНА У ПИВАРСТВУ	
<i>USE OF UNMALTED MALTS IN BREWING</i>	155
Ирис Боржановић, Валентина Младеновић, Милана Новаковић, Танја Секулић:	
СЕЗОНСКА МЕРЕЊА КОНЦЕНТРАЦИЈЕ РАДОНА У ВТШ СС ЗР	
<i>SEASONAL RADON CONCENTRATION MEASUREMENTS AT TCAS</i>	161
Милана Драшковић, Жељко Еремић, Данијела Јашин:	
ПРОЦЕНА ВЕЛИЧИНЕ ЧЕСТИЦА И БОЈЕ СЕМОЛИНЕ	
<i>EVALUATION PARTICLE SIZE AND COLOUR OF SEMOLINA</i>	165
Слободан Трајковић, Санја Вајић, Иван Крсмановић:	
ДОПРИНОС ОДРЕЂИВАЊУ БЕЗОПАСНОГ РАСТОЈАЊА ПРИ ИЗВОЂЕЊУ МИНИРАЊА	
<i>CONTRIBUTION TO THE DETERMINATION OF HARMLESS DISTANCES WHEN PERFORMING BLASTING</i>	173
Сергеј Д. Викторов, Владимир М. Закалински, Иван Н. Лапиков, Маргарита С. Будникова:	
МЕТОДОЛОГИЈА ОЦЕНКИ ИЗМЕНЕНИЯ ПРОЦЕССОВ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГЛУБИНЫ ЗАЛЕГАНИЯ	
<i>METHODOLOGY FOR ASSESSING CHANGES IN THE DEVELOPMENT PROCESSES OF MINERAL RESOURCES VERSUS THE DEPTH</i>	181
Мирјана Вулећич, Милана Драшковић, Весна Надалин:	
ПРОЦЕНА ЕФИКАСНОСТИ КОНЗЕРВАНСА НА ТЕСТ МИКРООРГАНИЗМЕ У ДЕТЕРГЕНТУ ЗА РУЧНО ПРАЊЕ ПОСУДА	
<i>ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF PRESERVATIVES ON THE TEST OF MICROORGANISMS IN DETERGENT FOR HAND DISH WASHING</i>	191
Грујица Љубисављевић, Павлов Павел Сергеевич:	
ТЕХНИЧКА РЕШЕЊА И ПРОРАЧУНИ ВЕЗИВАЊА ТОРАЊСКИХ КРАНОВА ЗА ВИСОКУ ЗГРАДУ	
<i>ТЕХНОЛОГИЈА ПОДЪЕМА МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ВЕРХНИ НА ВЫСОКОЙ БАШНЕ</i>	197
МЕНАѢМЕНТ И ЕКОНОМИЈА	
Дејан Молнар:	
БРЕНДИРАЊЕ РЕГИОНА – СПЕЦИФИЧНОСТИ, МОГУЋНОСТИ И ИЗАЗОВИ	
<i>REGIONAL BRANDING - SPECIFICITIES, OPPORTUNITIES AND CHALLENGES</i>	211
Роса АнѢић, Светлана Тасић, Дејан Гојков:	
КАРАКТЕРИСТИКЕ СТАТИСТИЧКОГ МОДЕЛИРАЊА ЕКОНОМСКИХ ЗАКОНИТОСТИ	
<i>CHARACTERISTICS OF STATISTICAL MODELING OF ECONOMIC REGULATIONS</i>	223
Далибор Крстић, Валентина Јовановић, Бојан Брајковић:	
КОРПОРАЦИЈА У САВРЕМЕНОМ ОКРУЖЕЊУ	
<i>CORPORATION IN A MODERN ENVIRONMENT</i>	233

Михаљ Бакатор, Мила Кавалић, Сања Станисављевић:

УЛОГА ТЕХНОЛОШКОГ РАЗВОЈА У ОКВИРУ КОНЦЕПТА ДРУШТВА 5.0 У ЦИЉУ УНАПРЕЂЕЊА
КОНКУРЕНТНОСТИ ДОМАЋИХ ПРЕДУЗЕЊА

*THE ROLE OF TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT WITHIN THE FRAMEWORK OF THE SOCIETY 5.0 CONCEPT TO
IMPROVE THE COMPETITIVENESS OF DOMESTIC ENTERPRISES* 241

Verica Gluvakov, Igor Vecštejn, Dragana Kovač:

ЗНАЧАЈ ОНЛАЈН МАРКЕТИНГ СТРАТЕГИЈА ЗА Е-ТРГОВИНУ

IMPORTANCE OF ONLINE MARKETING STRATEGIES FOR E-COMMERCE 251

Мила Кавалић, Сања Станисављевић, Михаљ Бакатор:

ЛОКУС КОНТРОЛЕ КАО ПРЕДИКТОР ЗАДОВОЉСТВА ПОСЛОМ ЗАПОСЛЕНИХ

LOCUS OF CONTROL AS A PREDICTOR OF EMPLOYEE JOB SATISFACTION 261

МИЛОШ САВЧИЋ..... **267**

УПУТСТВО ЗА ПИСАЊЕ РАДОВА..... **272**



МИЛОШ САВЧИЋ
(1865 – 1941)

Грађевински инжењер.

Пројектант и градитељ

пруга, индустријских објеката, фабрика,
велелепних зграда, читавих градских квартова.

Финансијски експерт, банкар и инвеститор.

Политичар и родољуб.

Градоначалник Београда и

Министар у Влади Србије.

Један од најбогатијих Срба свих времена.



ДИТ

Друштво Истраживање Технологије

Научно-стручни часопис
Scientific-profesional journal

Година XXIX, Број 40, септембар 2023. год.
Year XXIX, Issue 40, September 2023. year

МАШИНСТВО

Одговорни уредник:

Проф. др Љиљана Радовановић
Технички факултет “Михајло Пупин“
Зрењанин

Редакцијски одбор:

Проф. др Милија Крајишник,
Машински факултет,
Универзитет у Источном Сарајеву

Проф. др Драган Шешлија,
Факултет техничких наука,
Универзитет у Новом Саду

Проф. др Бранко Савић,
Висока техничка школа струковних студија
Нови Сад

Редакција:

Друштво инжењера Зрењанин
ул. Македонска 11,
23000 Зрењанин
Е-mail: milorad.rancic@diz.org.rs
www.diz.org.rs

МОДЕЛОВАЊЕ ПОНАШАЊА ЗАВАРЕНОГ СПОЈА ПРИ ЗАТЕЗНОМ ОПТЕРЕЋЕЊУ У СОФТВЕРУ SOLIDWORKS SIMULATION

MODELING OF WELDED JOINT BEHAVIOR UNDER TENSILE LOADING IN SOLIDWORKS SIMULATION SOFTWARE

ЉУБИЦА ЛАЗИЋ ВУЛИЋЕВИЋ¹
АЛЕКСАНДАР РАЈИЋ¹
ДУШАН ЈОВАНИЋ¹

¹Висока техничка школа струковних студија у Зрењанину

РЕЗИМЕ

Пројектована чврстоћа заварених спојева може се проценити коришћењем класичне анализе или методом коначних елемената (МКЕ). У овом раду приказане су могућности софтвера SolidWorks Simulation 2020 за симулацију понашања статички оптерећених заварених епрувета. Приказан је поступак моделовања сучеоног завареног споја у софтверу SolidWorks Simulation и његово понашање при оптерећивању. За потребе симулације претходно је утврђена затезна чврстоћа сучеоног завареног споја епрувете од алуминијума (Al 99.5). До лома епрувета дошло је у основном материјалу, па су у симулацији кориштени подаци из базе материјала које нуди софтвер SolidWorks Simulation за основни материјал. Резултати истраживања и одговарајући закључци, постигнути на основу експерименталне анализе и рачунарске симулације, могу се применити као препоруке са аспекта прорачуна заварених спојева.

Кључне речи: Заварена конструкција, чврстоћа заварених спојева, сучеоно заварени спој, метода коначних елемената (МКЕ)

ABSTRACT

The design strength of welded joints can be assessed using classical analysis or the finite element method (FEM). This paper presents the capabilities of the SolidWorks Simulation 2020 software for simulating the behavior of statically loaded welded specimens. The procedure for modeling a butt-welded joint in the SolidWorks Simulation software and its behavior under loading is presented. For the purposes of the simulation, the tensile strength of the butt-welded joint in an aluminum specimen (Al 99.5) was determined beforehand. The fracture of the test specimens occurred in the base material, so data from the material database provided by SolidWorks Simulation for the base material were used in the simulation. The results of the research and the corresponding conclusions, achieved through experimental analysis and computer simulation, can be applied as recommendations from an aspect of welded joint calculation.

Key words: Welded structure, strength of welded joints, butt-welded joint, finite element method (FEM)

1. УВОД

Заваривање је један од главних производних процеса који се користи за склапање металних и неких неметалних материјала. У процесу заваривања, високе температурне разлике резултирају великим температурним напрезањима, која утичу на расподелу заосталих напона код компоненти конструкције. Значајан утросак времена и високи трошкови извођења експеримената у циљу изналажења најбољих параметара производног процеса, мотивација су да се укључи употреба софтверских симулација у дизајн компоненти, као и њихову производњу и тиме, оптимизацију производног процеса. Софтверско увођење ефекта микроструктуре која се развија при заваривању главни је напредак у оваквим симулацијама. Рачунарска механика заваривања је процес моделовања који се користи у предвиђању термичких, механичких и структуралних својстава материјала насталих под утицајем процеса заваривања, [1].

У овом раду приказане су могућности софтвера *SolidWorks Simulation 2020* за симулацију понашања статички оптерећених заварених узорака. Приказан је поступак моделовања сучеоног завареног споја у софтверу *SolidWorks Simulation* и његово понашање при оптерећивању. За потребе симулације претходно је утврђена затезна чврстоћа сучеоног завареног споја направљеног од плоча алуминијума (Al 99.5). Направљене су епрувете за испитивање затезне чврстоће, а како је до кидања дошло у основном материјалу, у симулацији су кориштени подаци из базе материјала које нуди софтвер *SolidWorks Simulation* за основни материјал. Резултати истраживања и одговарајући закључци, постигнути на основу експерименталне анализе и рачунарске симулације, могу се применити као препоруке са аспекта поузданости

SolidWorks Simulation софтвера за прорачун заварених спојева.

2. SIMULATION MODUL – SOLIDWORKS




SolidWorks Simulation модул омогућава тестирање радних услова конструкције производа у раним фазама развоја. Он омогућава да тестирање буде саставни део концептуалног развоја производа и није алат са којим се на крају развојног процеса конструкције одређује да ли је нешто добро или лоше, већ алат који ће у свим сегментима рада помоћи инжењерима да доносе исправне одлуке на време и онда кад није касно за измене.






Према задатим критеријумима може да оптимизује геометрију производа тако да конструкција носи оптерећење уз минималну тежину и цену. Он упозорава на радна оптерећења која ће прекорачити степен сигурности, довести до превеликих деформација и напона.

Модул може да анализира велике деформације, опружне елементе, деформације у зони еластичности и пластичности, нелинеарне проблеме, динамичко понашање конструкција (динамички одзив система, вибрације, итд.).

Да би модул био активан и за употребу, потребно је да имамо постојећи 3Д модел и дефинисан материјал. При покретању модула *Simulation – New Study*, отвара се прозор са понуђеним типовима симулација, табела 1.

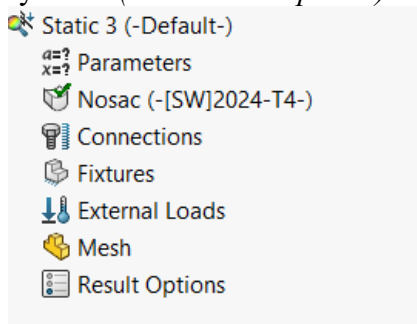
Табела 1. Типови *FE* анализа (енг. *Finite Element Analysis*) у оквиру програмског пакета *SolidWorks Simulation*

Тип анализе	Иконица анализе
Статичка анализа - <i>Static</i>	
Фреквенциона анализа - <i>Frequency</i>	
Analiza izvijanja i stabilnosti konstrukcija - <i>Buckling</i>	

Термална анализа - <i>Thermal</i>	
Оптимизација конструкција - <i>Design Study</i>	
Тополошка оптимизација - <i>Topology Study</i>	
Нелинеарна статичка анализа - <i>Nonlinear Static</i>	
Нелинеарна динамичка анализа - <i>Nonlinear Dynamic</i>	
Линеарна динамичка анализа - <i>Modal Time History</i> - <i>Harmonic</i> - <i>Random Vibration</i>	
Симулација пада са висине - <i>Drop Test</i>	
Анализа замора конструкције - <i>Fatigue</i>	
Анализа судова под притиском - <i>Pressure Vessel Design</i>	

Након одабира врсте анализе отвара се дијалог прозор, где су приказане опције за дефинисање параметара анализе, слика 1. међу којима су:

1. Везе (енг. *Connections*),
2. Укљештења и ослонци (енг. *Fixtures*),
3. Спољна оптерећења (енг. *External Loads*),
4. Мрежа (енг. *Mesh*),
5. Резултати (енг. *Result Options*).



Слика 1. Приказ дијалог прозора

Прво је потребно дефинисати ограничења и оптерећења, табела 2. Код *SolidWorks*-а мрежа се аутоматски генерише на основу глобалне величине елемената, толеранције и локалних спецификација контроле мреже. Контрола мреже омогућава да се наведу различите

величине елемената за компоненте лица, ивица и темена. *SolidWorks* генерише мрежу као мешавину чврстих, љускастих, опружних и контактних елемената на основу креиране геометрије. Програм аутоматски ствара следеће мреже:

1. Чврста мрежа (енг. *Solid Mesh*) – програм ствара чврсту мрежу са тетраедним 3Д чврстим елементима за све чврсте компоненте у 3Д моделу. Тетраедарски елементи погодни су за габаритне предмете.
2. Љускаста мрежа (енг. *Shell Mesh*) – програм аутоматски ствара љускасту мрежу за лимове уједначене дебљине (осим испитивања пада) и геометрије површине. За лимове, мрежа се аутоматски ствара на средњој површини. Програм издваја дебљину љуске из дебљине лима.
3. Гредна мрежа (енг. *Beam Mesh*) – програм аутоматски користи мрежасте мреже и идентификује спојеве за додиривање или ометање елемената конструкције и елемената који се не додирују на одређеној удаљености. Елемент греде је линијски елемент дефинисан са две крајње тачке и попречним пресеком. Елементи греде могу издржати аксијална, савијајућа, посмична и торзијска оптерећења. Када се користи греда са завареним спојевима, софтвер дефинише својства попречног пресека и открива спојеве.
4. Мешовита мрежа (енг. *Mixed Mesh*) – Програм аутоматски користи мешовиту мрежу када су различите геометрије присутне у моделу.

Након одабира ограничења и оптерећења, опцијом *Mesh – Mesh and Run* покреће се анализа и добијају се иницијални резултати анализе напона (*Von Mises Stress*), деформације (*Strain*) и померања (*Displacement*).

3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИСПИТИВАЊЕ

За потребе симулације претходно је утврђена затезна чврстоћа сучеоног

завареног споја плоча од алуминијума (Al 99.5) које су заварене МИГ поступком заваривања. Од заварене плоче направљене су епрувете за испитивање затезне чврстоће према одговарајућем стандарду, [2].

Припремљене епрувете су приказане на слици 2., а на слици 3. сломљена епрувета након испитивања затезањем у кидалици.

Сви подаци о димензијама епрувета (слика 4.), материјалу и додатном материјалу (слика 7) дати су у поглављу 4.



Слика 2. Припремљене епрувете за испитивање

Затезна чврстоћа добијена експериментом износи $R_{mN} = 81,165 \text{ N/mm}^2$, а како је до кидања дошло у основном материјалу, у симулацији су кориштени подаци из базе материјала софтвера *SolidWorks Simulation* за основни материјал.



Слика 3. Поломљена епрувета

4. РАЧУНАРСКА СИМУЛАЦИЈА СТАТИЧКИ ОПТЕРЕЂЕНИХ ЗАВАРЕНИХ УЗОРАКА

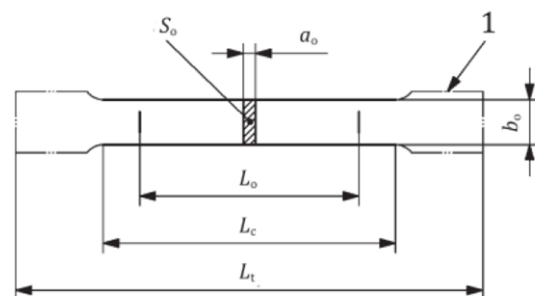
SolidWorks Simulation модул коришћен је за процену чврстоће заварених спојева. Софтвер омогућава симулацију завареног споја коришћењем 3Д чврстих или љускастих модела. Избор типа модела зависи од сложености структуре. За сложеније структуре да би се избегли проблеми конвергенције, препоручује се коришћење љускастих тј. *Shell* модела. Геометрија испитиваних примерака је моделирана коришћењем и 3Д чврстих и љускастих модела. Обзиром да се ради о лимовима коришћен је модул *Sheet metal* за креирање делова од лима. За лимове, мрежа се аутоматски ствара на средњој површини. Програм издваја дебљину љуске из дебљине лима. Код креирања заварених спојева у 3Д солид или љускастом моделу, заварене површине морају припадати различитим телима.

Слика 4. приказује облик и димензије епрувете, а на слици 5. дат је аксонометријски приказ..

Дебљина епрувете $a_0 = 3 \text{ mm}$, ширина епрувете $b_0 = 20 \text{ mm}$, дужина епрувете $L_t = 300 \text{ mm}$.

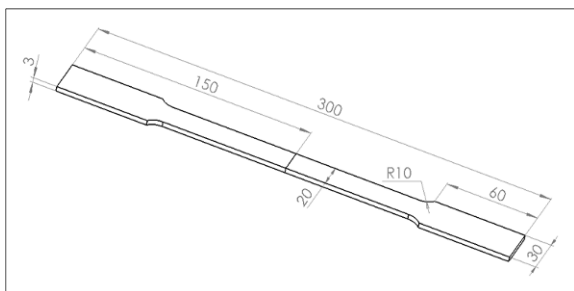
Сучеоно заварени V шав има дебљину завареног споја једнаку дебљини лима $s = a_0 = 3 \text{ mm}$.

Оптерећење је рађено за више вредности аксијалне силе затезања $F = 3750 \text{ [N]}$, 4000 [N] , 4250 [N] , 4445 [N] , 4750 [N] .



Width b_0	Original gauge length L_0	Minimum parallel length L_c	Approximately total length L_t
$40 \pm 0,7$	200	220	450
$25 \pm 0,7$	200	212,5	450
$20 \pm 0,5$	80	90	300

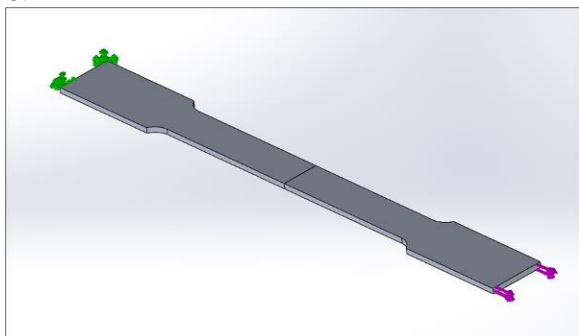
Слика 4. Технички цртеж епрувете са вредностима параметара



Слика 5. Аксиометријски приказ епрувете са усвојеним димензијама

За потребе студије случаја креиран је 3Д модел у *Assembly* режиму софтвера *SolidWorks 2020*.

У симулацијском модулу *SolidWorks Simulation* дефинисани су ослонци тј. фиксне површине и спољашња оптерећења односно затезна сила F , слика 6.



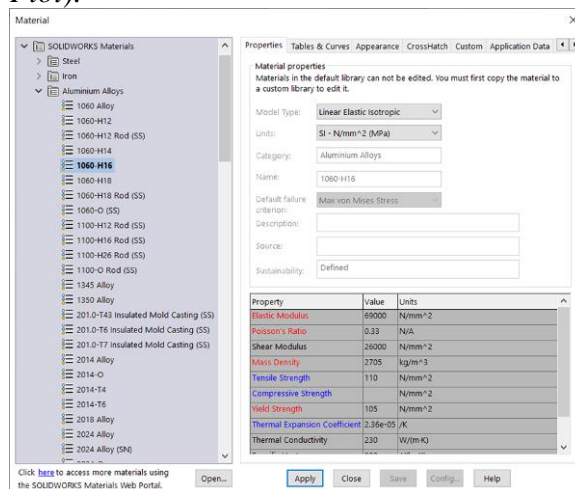
Слика 6. 3Д модел епрувете креиран у режиму *Assembly*, приказ ослонаца и правац деловања затезне силе F

За материјал епрувете изабран је материјал из програмске базе материјала и то: Aluminium Alloys 1060-H16, затезна чврстоћа $R_{mN} = 110 \text{ N/mm}^2$, напон течења $R_{eN} = 105 \text{ N/mm}^2$,

Материјал електроде је жица AlMg5, затезна чврстоћа $R_{mN} = 250 \text{ N/mm}^2$, напон течења $R_{eN} = 120 \text{ N/mm}^2$.

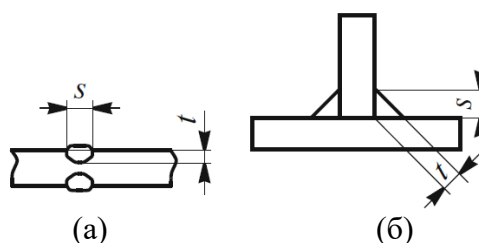
За потребе ове рачунарске симулације од више могућих начина статичке анализе завареног споја методом коначних елемената изабран је алат *Edge Weld Connector* који је посебно пројектован за прорачун заварених спојева у софтверу *SolidWorks Simulation*. Применом овог алата софтвер на основу карактеристика основног материјала, електроде, као и других релевантних

параметара аутоматски анализира напоне (*VonMisesStress*), деформације (*Strain*), померања (*Displacement*), степене сигурности (*Factor of Safety (FOS)*), као и потребну величину шави (*Weld Check Plot*).



Слика 7. Приказ карактеристика дефинисаног материјала Aluminium Alloys/ 1060-H16

На слици 8. приказани су основни параметри завареног споја у програму *SolidWorks Simulation*.



Слика 8. Параметри двостраног завареног споја: (а) сучеоно спој; (б) угаоно спој; s , ширина шави; t , дебљина шави

Избор електроде врши се у дијалог прозору *Edge Weld Connector* са различито дефинисаним материјалима електроде:

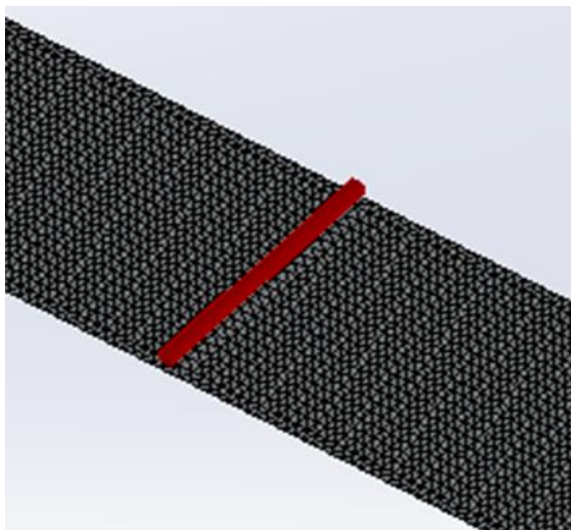
(а) Европски стандард - материјал електроде једнак слабијем материјалу завареног споја,

(б) Европски стандард - кориснички дефинисан материјал електроде и

(в) Амерички стандард - дефинисан материјал електроде из програмске базе

Поред тога постављена је опција за сучеои једнострани V шав. Дефинисане су контактне површине и ивице шава као и подразумеване вредности за корелациони фактор $\beta_w = 1$ и парцијални фактор сигурности 1,25. Пројектована ширина шава $s = 3 \text{ mm}$.

На слици 10 приказан је део генерисане мреже коначних елемената са унапред дефинисаним вредностима димензија и густином коначних елемената, табела 2.

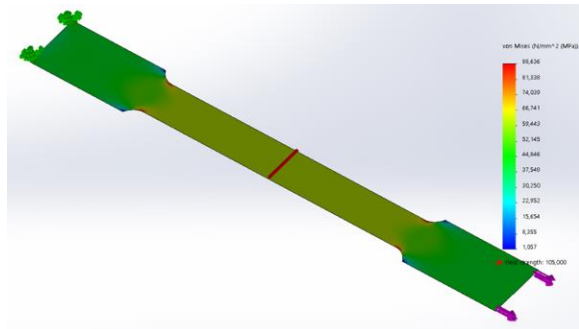


Слика 10. Приказ полигоналног Mesh модела епрувете

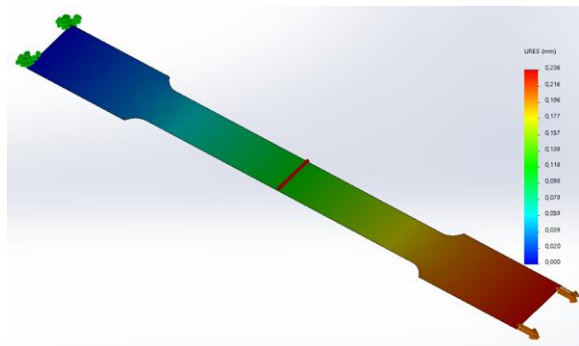
Табела 2. Карактеристике мреже

Тип мреже	Љускаста мрежа на средњој површини
Коришћена мрежа	Стандардна мрежа
Величина елемента	3.647 mm
Толеранција	0.182 mm
Квалитет мреже	Висок
Број тачака	35631
Број елемената	17446

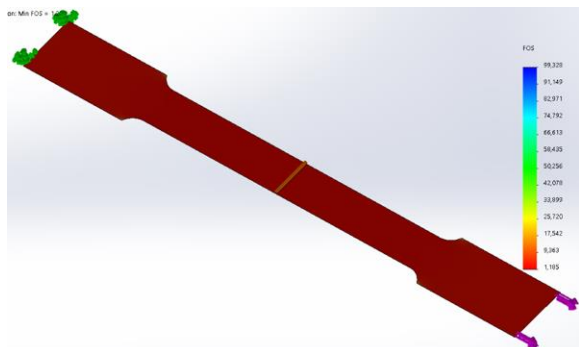
Након завршетка процеса генерисања мреже коначних елемената покренуто је извршавање анализе према задатим параметрима и оптерећењима и добијени су резултати статичке анализе завареног споја. Ови резултати приказани су на сликама 11-15.



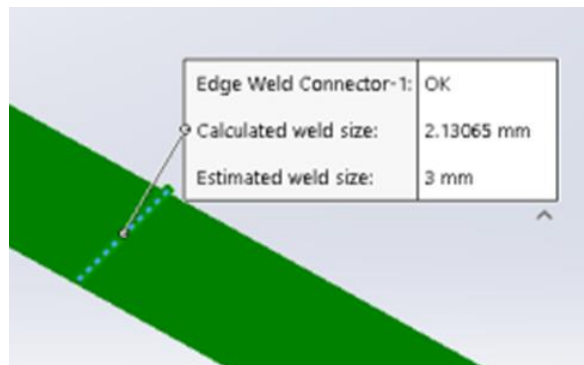
Слика 11. Приказ VonMises-овог напона за рачунарску симулацију 1 ($F = 3750 \text{ N}$)



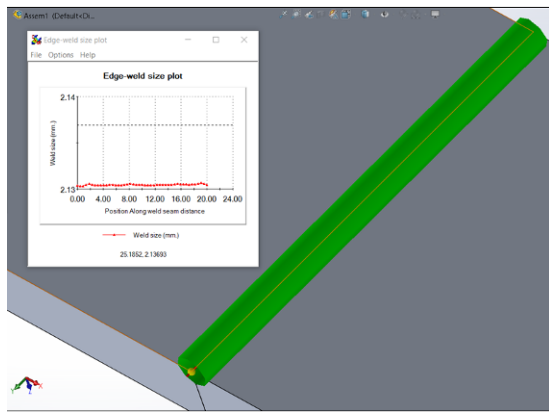
Слика 12. Приказ померања за рачунарску симулацију 1 ($F = 3750 \text{ N}$)



Слика 13. Приказ степена сигурности за рачунарску симулацију 1 ($F = 3750 \text{ N}$)



Слика 14. Приказ провере димензија шава за рачунарску симулацију 1 ($F = 3750 \text{ N}$)



Слика 15. Приказ промене величине шави по дужини завареног споја за рачунарску симулацију 1 ($F = 3750 \text{ N}$)

5. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

На основу рачунарских симулација са пет различитих вредности затезне силе $F = 3750 \text{ [N]}$, 4000 [N] , 4250 [N] , 4445 [N] , 4750 [N] добијени су резултати који су приказани у табели 3.

Резултати рачунарске симулације указују да је максимална дозвољена сила $F = 4445 \text{ N}$, при чему степен сигурности износи 1. Затезни напон тада износи $105,063 \text{ N/mm}^2$ а померање односно издужење је $0,279 \text{ mm}$. Провера величине шави ($2,315 \text{ mm} < 3 \text{ mm}$) указује да би до лома дошло у основном материјалу лима.

Табела 3. Приказ резултата добијених рачунарским симулацијама са различитим вредностима аксијалне силе затезања F

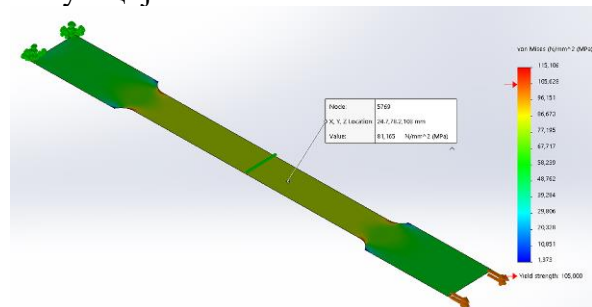
	Von Mises Stress [N/mm ² (MPa)]	Померање [mm]	Степен сигурности	Провера величине шави [mm]
Рачунар. симул. 1 $F = 3750 \text{ N}$	88,636	0,236	1,185	$2,130 < 3$
Рачунар. симул. 2 $F = 4000 \text{ N}$	94,545	0,251	1,111	$2,183 < 3$
Рачунар. симул. 3 $F = 4250 \text{ N}$	100,454	0,267	1,045	$2,213 < 3$
Рачунар. симул. 4 $F = 4445 \text{ N}$	105,063	0,279	1	$2,315 < 3$
Рачунар. симул. 5 $F = 4750 \text{ N}$	112,272	0,299	0,935	$2,473 < 3$

Табела 4. Поређење резултата добијених експериментом и рачунарском симулацијом

Параметар	Вредност
Затезна сила F добијена експериментом [N]	4869,9
Затезна сила F добијена рачунарском симулацијом [N]	4445
Затезна чврстоћа R_m добијена експериментом [N/mm ²]	81,165
VonMises-ов напон добијен рачунарском симулацијом [N/mm ²]	105,063

Анализом области у којима се налазе максималне вредности Von Mises-овог напона добијене симулацијом, уочава се да су у питању области епрувете са радијусом $R = 10 \text{ mm}$. Међутим, област прекида епрувете у извршеном експерименту налази се у средишњем делу епрувете поред завареног споја. Из тог разлога извршена је анализа алатом Probe која омогућава читавање вредности за различите области епрувете.

На слици 14. приказана је вредност Von Mises-овог напона добијена алатом Probe за рачунарску симулацију са затезном силом од $F = 4869,9 \text{ N}$, при којој је у извршеном експерименту дошло до прекида епрувете. Вредност Von Mises-овог напона од $81,165 \text{ N/mm}^2$ добијена експерименталним путем одговара вредности напона у области прекида епрувете добијене рачунарском симулацијом.



Слика 14. Приказ Von Mises-ових напона за рачунарску симулацију са затезном силом $F = 4869,9 \text{ N}$

Табела 5. Поређење резултата добијених експериментом и рачунарском симулацијом применом алата *Probe*

Параметар	Вредност
Затезна сила F добијена експериментом [N]	4869,9
Затезна сила F добијена рачунарском симулацијом [N]	4869,9
Затезна чврстоћа R_m добијена експериментом [N/mm^2]	81,165
VonMises-ов напон добијен рачунарском симулацијом [N/mm^2]	$\approx 81,165$

6. ЗАКЉУЧАК

Софтвер *SolidWorks Simulation* се показао као ефикасан алат за прорачун заварених спојева.

Разликују се три методе за прорачун заварених спојева у софтверу *SolidWorks Simulation*, и то:

- Сви елементи могу бити чврста тела (*Solid Mesh*),
- Шав третирају као греду (*Beam Mesh*) док остали елементи могу бити чврста тела и
- Уместо чврстих тела користити љускасте мреже (*Shell Mesh*) и алат *Edge Weld Connector*.

Алат *Edge Weld Check Plot* показао се као успешан са аспекта провере вредности параметара завареног споја.

Резултати добијени рачунарском симулацијом у одређеној мери разликују се у односу на резултате добијене експерименталним путем. Такође, добијени резултати указују да је потребно наставити са радом на утврђивању поузданости софтвера *SolidWorks Simulation* и то код прорачуна различитих заварених спојева, како сучеоних тако и угаоних шавова.

Овај рад је резултат истраживања у оквиру развојноистраживачког пројекта Високе техничке школе струковних студија у Зрењанону, „Напонско стање у конструкцији - поређење резултата добијених различитим методама“ финансираног од стране Покрајинског секретаријата за високо образовање и научноистраживачку делатност у оквиру

конкурса за финансирање развојноистраживачких пројеката високих школа струковних студија с територије АП Војводине у 2022. години.

7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Lindgren L.-E.: *Numerical modelling of welding*. Comput. Methods Appl. Mech. Engrg., 2006, (195), p 6710–6736.
- [2] EN ISO 4136:2013: Испитивање са разарањем заварених спојева металних материјала - Попречно испитивање затезањем, 2013.
- [3] Мајсторовић, А., Ђукић, В.: *Испитивање машинских материјала - упутство*, Научна књига, Београд 1989.
- [4] Сеферијан, Д.: *Металургија заваривања*, Грађевинска књига, Београд, 1969.
- [5] Табаковић, С., Зељковић, М.: *Виртуелна реалност и виртуелни прототип у машинству*, Факултет техничких наука, Нови Сад, 2018.
- [6] Девеџић, Г.: *CAD/CAM технологије*, Машински факултет у Крагујевцу, ЦИРПИС центар, Крагујевац, 2009.
- [7] Милтеновић, В.: *Машински елементи*, Машински факултет у Нишу, Ниш 2009.
- [8] Al-Samhan, A., Darwish, S.M.H.: *Finite element modeling of weld-bonded joints*, Journal of Materials Processing Technology, 2003, (142), p 587-598.
- [9] Zdraveski, F., Bogatinoski, Z., Trajanoska, B.: *Modeliranje single-fillet preklopnog spoja u Solidworks simulaciji*, Journal of Applied Engineering Science. 2016;14(1):21-7. doi: [10.5937/jaes14-8900](https://doi.org/10.5937/jaes14-8900)
- [10] Griškevičius, P., Urbas, M. Capas, V. Kozlovas, A.: *Modeling of Welded Connections in SolidWorks Simulation*, Mechanika 2011: Proceedings of the 16th International Conference, 2011., p 104-108.
- [11] Mohammadi S.: *Extended finite element method for fracture analysis of structure*, Blackwell Publishing Ltd., Oxford, UK, 2008.

Адреса аутора: Љубица Лазич Вулићевић, Visoka tehnička škola струковних студија у Zrenjaninu, Đorđa Stratimirovića 23, Zrenjanin, Republika Srbija.

е-маил: lazic.ljubica@yahoo.com

Рад примљен: јул 2023.

Рад прихваћен: септембар 2023.

ТЕХНИЧКА РЕШЕЊА И ПРОРАЧУНИ ВЕЗИВАЊА ТОРАЊСКИХ КРАНОВА ЗА ВИСОКУ ЗГРАДУ

ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ И РАСЧЕТЫ КРЕПЛЕНИЯ БАШЕННЫХ КРАНОВ К ВЫСОТНОМУ ЗДАНИЮ

ГРУИЦА ЛЬУБИСАВЉЕВИЋ¹
ПАВЛОВ ПАВЕЛ СЕРГЕЕВИЧ²

¹ОО „МИВЕЛ Лимитед“, Россия

² Главный специалист “ООО ПКТИгрупп”, Россия

РЕЗИМЕ

У овоме раду је представљен пример пројектног решења постављања два велика торањска крана са сахвеликим радним стрелама 74 m и 65 m, и носивошћу 18 и 10 тона, који су својим положајима и дужинама радних стрела, готово потпуно покрили зграду за коју су везани као и радну територију градилишта.

Прорачун за везивање кранова за зграду урађен је по етапама градње. Растом висине крана, од везе торња крана до следеће везе, омогућен је рад на изградњи зграде све до постизања пуне радне висине 162,1 m и 151 m испод куке кранова. Торањски кранови су досегли максималне висине, уз максимални број везивања њихових торњева за сложену конфигурацију зграде.

Ради тога они су радили су на граници допуштеног растојања по висини између стрела, висине куке вишљега крана је 162,1 m, а висина горњег дела стреле нижега крана 155,2 m чиме је потигнуто растојање од 6,9 m које је сасвим безбедно за рад оба крана захваљујући изабраним крановима са равном стрелом.

Због веома необичног изгледа зграде пирамидално степенастог облика са више

кула различитих висина везивање торња ових кранова захтевало је веома озбиљан приступ како прорачуну тако и монтажи јер су поједине везе са зградом биле преко 15 метара због таквог облика зграде.

Места за везивање на торњевима кранова су фиксно одређена произвођачем кранова и налазе се на саставу секција торња крана.

Десило се да на свим спратовима зграде, где су биле везе торња кранова са зградом, висине веза на згради су се налазиле између спратних бетонских плоча. Зато су додати, јаки округли цевасти челични стубови између бетонских плоча спратова за прихватање тих веза, и они су као и везе челичних стубова са бетонским плочама обухваћене прорачуном.

У току израде пројекта за коришћење кранова на изградњи одабрана је дужа радна стрела 74 m за вишљи и већи кран, не само због технологије грађења већ и због демонтаже и монтаже мањег крана и зато је та дужа стрела ишла, изнад центра торња нижега крана чија је стрела дужине 65 m.

Кључне речи: торањски кран, секције торња, рамови за везивање, греде за везивање

РЕЗЮМЕ

В работе представлен пример проектного решения по установке двух больших башенных кранов с большими рабочими стрелами 74 м и 65 м, грузоподъемностью 18 и 10 тонн с их подключением к высокому крупному зданию, площадь которого составляет 95 м. % здания и прилегающей рабочей территории строительной площадки Приведен расчет привязки кранов к зданию по этапам строительства. Увеличение высоты крана от звена к звену и обеспечение его работы на строительстве здания до достижения полной рабочей высоты 162,1 м и 151 м ниже крюка крана

Из-за весьма необычного вида пирамидально-ступенчатого здания с несколькими башнями разной высоты обвязка башни этих кранов требовала очень серьезного подхода как к расчету, так и к сборке, так как некоторые соединения со зданием были более 15 метров.

Места крепления на башнях крана устанавливаются изготовителем крана и располагаются в составе секций. Во всех случаях на всех этажах здания, где имелись соединения между башенными кранами и зданием, между бетонными плитами

перекрытий впоследствии должны были быть установлены прочные стальные колонны, чтобы принять эти соединения. Краны достигли максимальной высоты, разрешенной зданием для крепления. Невозможность дальнейшего подъема, достижения еще большей рабочей высоты, была связана с отсутствием на корпусе места для дальнейшего крепления. Краны работали на пределе разрешенного расстояния между стрелами, высота крюка верхнего крана 162,1 м, а высота верхней части стрелы нижнего крана 155,1 м. Такое безопасное расстояние для работы обоих кранов было достигнуто благодаря выбранным кранам с прямой стрелой.

При разработке проекта применения кранов на строительстве для более высокого и крупного крана была выбрана более длинная рабочая стрела 74 м не только из-за технологии строительства, но и из-за разборки и сборки меньшего крана. , и именно поэтому более длинная стрела проходила над центром башни нижнего крана, длина стрелы которого составляла 65 м.

Ключевые слова: башенный кран, секции башни, переплетенные рамы, стяжные балки

1. УВОД

Везивање торањских кранова за објекат који се гради ,јавља се при повећењу висине до куке крана , којом се премашује висина подизања терета самостојећег крана у току изградње веома високох објеката.Количина и број везивања одређује се на основу техничких карактеристика примењених торањских кранова ,препоруке произвођача за места везивања на торњу крана, и саме висине објекта који се гради и то се дефинише приликом израде пројекта технологије грађења(по рускоме ППР)

Да би се тај пројекат везивања кранова за објекат могао урадити потребно је обезбедити:

- технологију градње са торањским крановима (у Русији се зове ППРк -Пројекат производње са торањским крановима)
- План објекта или зграде са плановима спратова где ће се остварити везивање кранова
- Вертикални пресек објекта или зграде .страна објекта или зграде, где долази до везивања
- Геодетска шема у размери места и оса где долази до везивања
- Кота врха темелне плоче (фундамента) торња крана или кранова
- Максимална висина пројектованог објекта или зграде за коју се кран везује

- Оптерећења на темењ крана од самостојећег кран „при раду“ и „при не раду крана“
- Обезбеђује произвођач кранова
- Техничке карактеристике крана са свим параметрима за везивање
- Захтеви од стране извођача радова на месту везивања (у вези израде фасаде)

Стационарни торањски кранови разних произвођача који су предвиђени за рад на великим висинама ,веома се разликују по местима везивања односно постављања рамова на торњу крана за везивање са објектом или зградом .Код многих торањских кранова та места су само на спајањима секција кранова а код других она се могу поставити и по висини секције на местима за то.Нормално сваки произвођач има свој тип рама који је адекватан типу секције торња.Само главно код свих је препорука о правцу постављања радне стреле крана у односу на торањ крана , односно уређаја за подизање и смањење висине торања крана (клетера) пре самога везивања торња крана за објекат или зграду.

За мања повећања радне висине кранова произвођачи кранова допуштају но ређе, њихово допунско анкерисање преко рама за везу на торњу крана са додатним челичним ужадима и бетонским блоковима (слика 2).

2. ПРИМЕР ВЕЗИВАЊА ДВА ВЕЛИКА ТОРАЊСКА КРАНА ЗА ВЕОМА ВИСОКУ ЗГРАДУ

За градњу ове веома велике и високе зграде са веома сложеном фигуром и више кула различитих висина после дужег сагледавања и израде технологије грађења изабрали смо два велика торањска стабилна крана са равним крутим стрелама „сити „ варијанта из елемената и јаким секцијама торња основе 2 x 2 m са обртном платформом у

врху и могућношћу подизања односно надоградње торња и везивања за зграду. Изабрани кранови су према упутству произвођача кранова „COMANSA“ анкерисани на избетониране темеље на **19,95m**, односно **20,3m** испод коте „0“ са фабричким анкер стопама **PS5** Због велике висине подизања оба крана и униформности припадајућих елемената изабран је исти тип торња, са варијантом фундаирања **ES72**. Она се састоји из највећих темељних анкера **PS5** за везу са првом секцијом **S25** у варијанти **EPS52** . Бетонски темељи крана су димензија 6 x 6 m и висине 2 m , и исти су повезани са арматуром темеља зграде на коме се налазе.

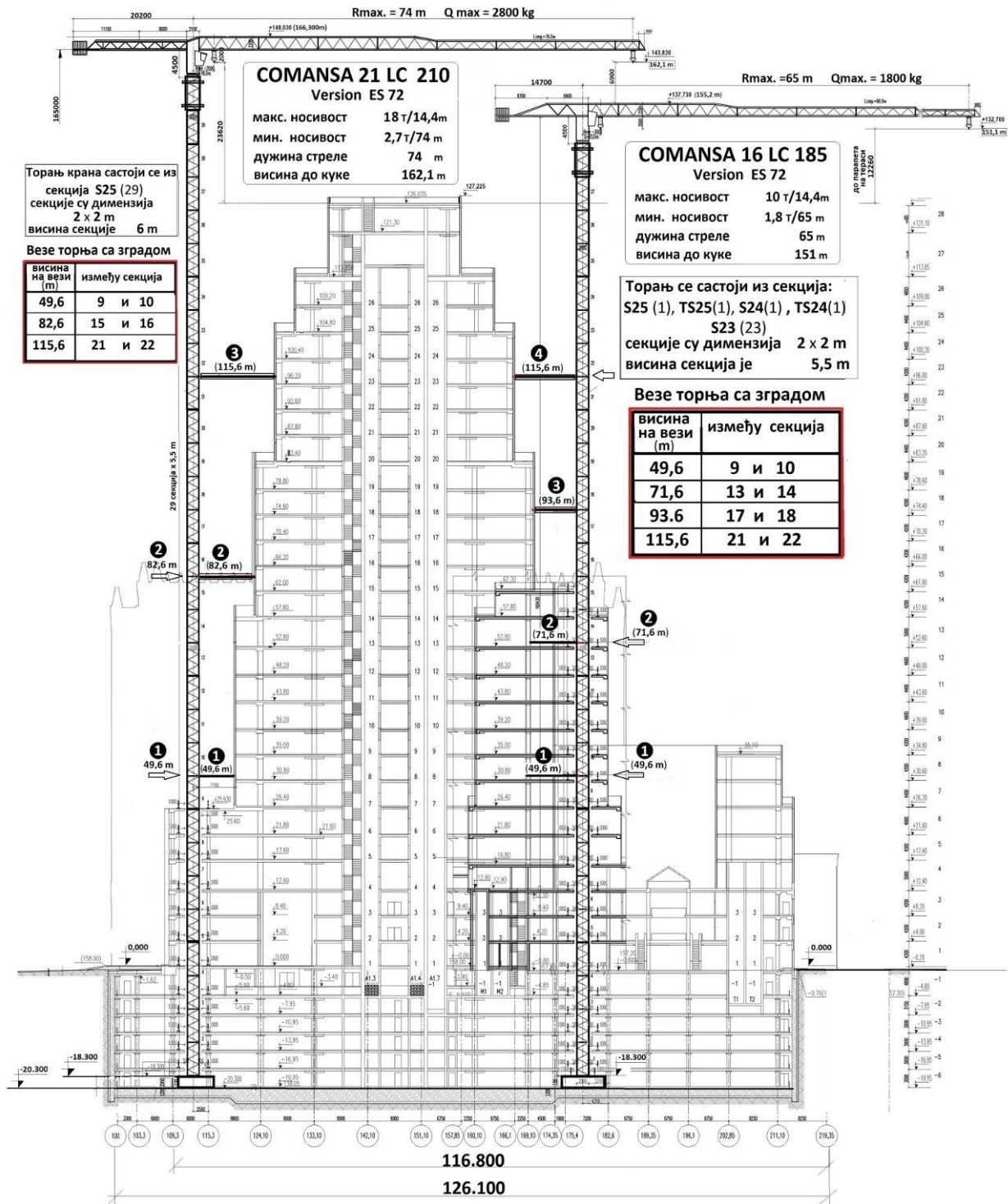
Торањ већег крана **COMANSA 21 LC 290** састоји се из 29 секција **S25** а торањ мањег крана **COMANSA 16 LC 185** састоји се из прелазних секција **S25** , **TS25** , **S24** и **TS 24** ,и секција **S23** (23 ком) .Све секције су истих димензија 2 x 2 и висине 5,5 м. Захваљујући овоме ,добило се да је и торањ мањег крана по габаритима ,истоветан као и торањ већег крана и може користити исте рамове за везивање и уређај за подизање.

Са таквим фундаирањем у варијанти **ES72** и наведеним торањским секцијама остварене су и максималне висине рада кранова без везивања ,као самостојећи торањски кранови.

Већи кран **COMANSA 21 LC 290** може без везивања за зграду да ради до висине од **63,1 m** до куке а други мањи кран **COMANSA 16 LC 185** до **62,7 m**, до куке j.(сл.1, 3 и 4).

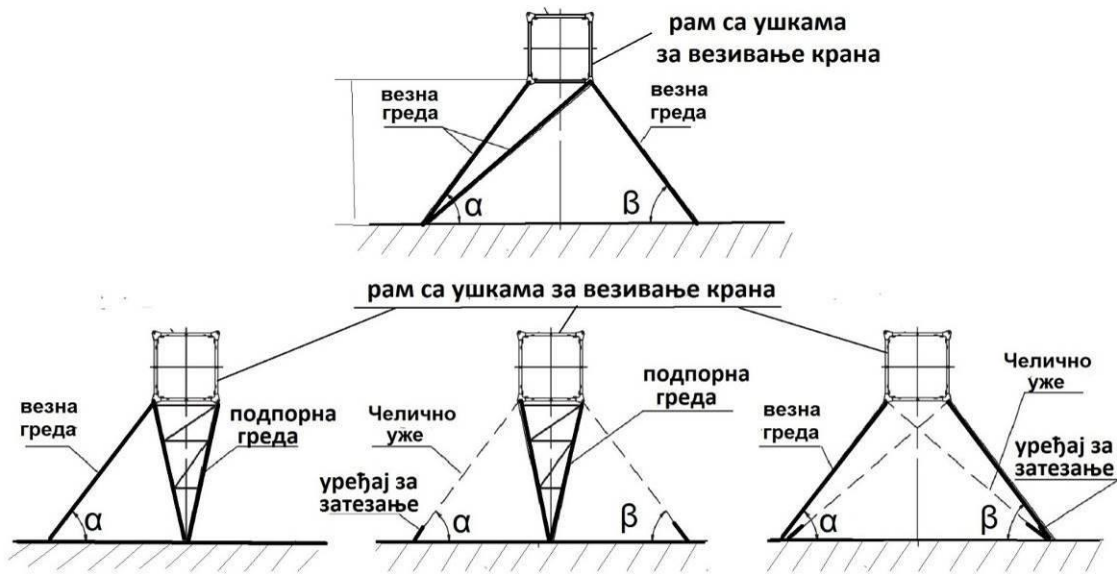
Ради повећања висине носивости до куке произвођач торањских кранова **COMANSA** је дао препоруку да се прво везивање за зграду за оба крана обави на 49,600 м висине торња кранова, односно између девете и десете секције торња крана .Остала везивања по висини торња крана се одређују из табела –препорука произвођача у зависности од типа секција из кога је на даље остварен торањ крана.

Вертикални пресек зграде „Сбер-Банка и Мегафон“ са крановима COMANSA



Сл. 1 Вертикални пресек високе зграде са два торањска крана везана за зграду

Препоручени начини везивања торња крана за зграду

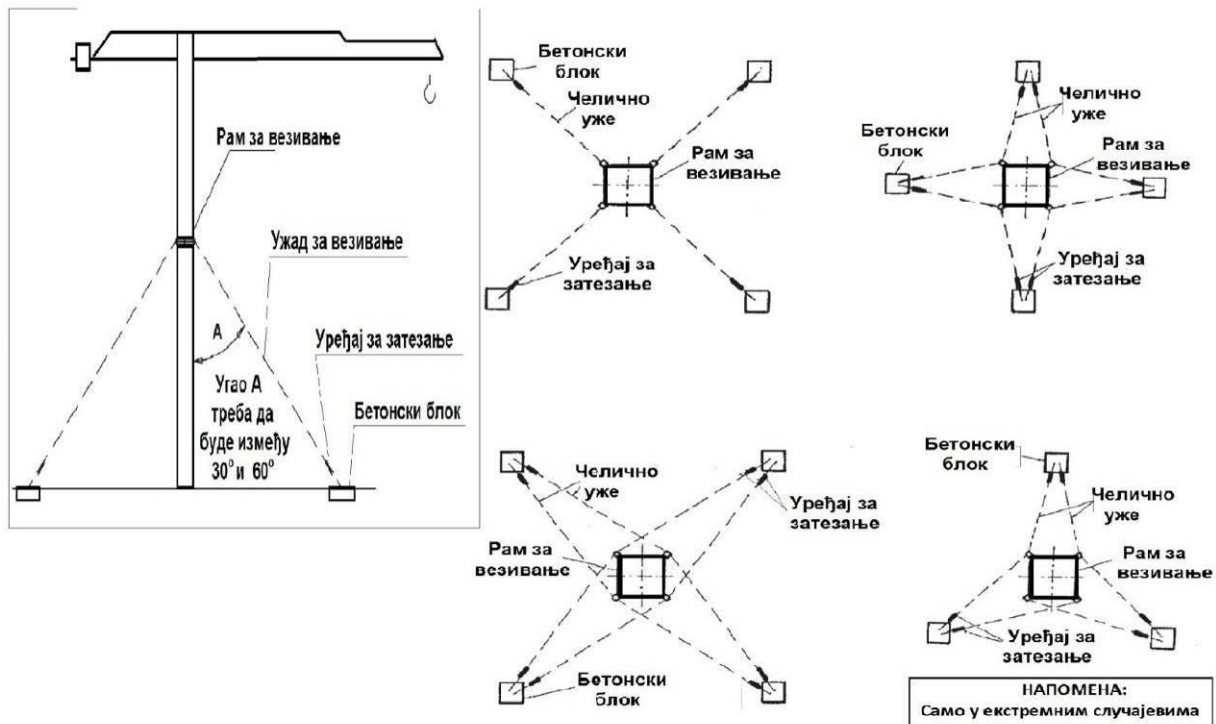


обавезно поштовати :

— Углови α и β морају бити између 30° и 60°

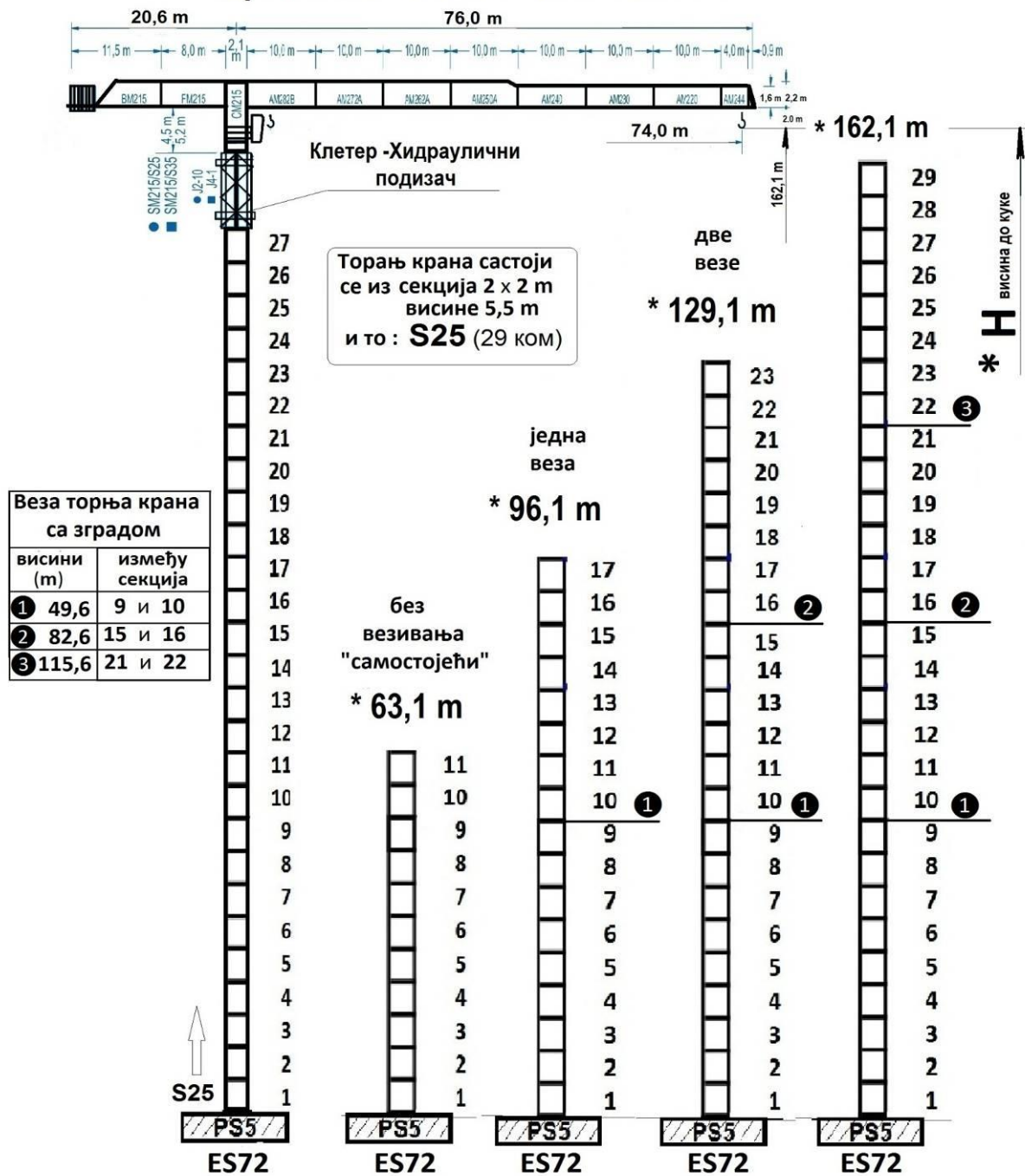
— минимални размак од зграде до торња крана је **2,5 m**

Скице везивања рама торња крана за тло помоћу челичних ужади



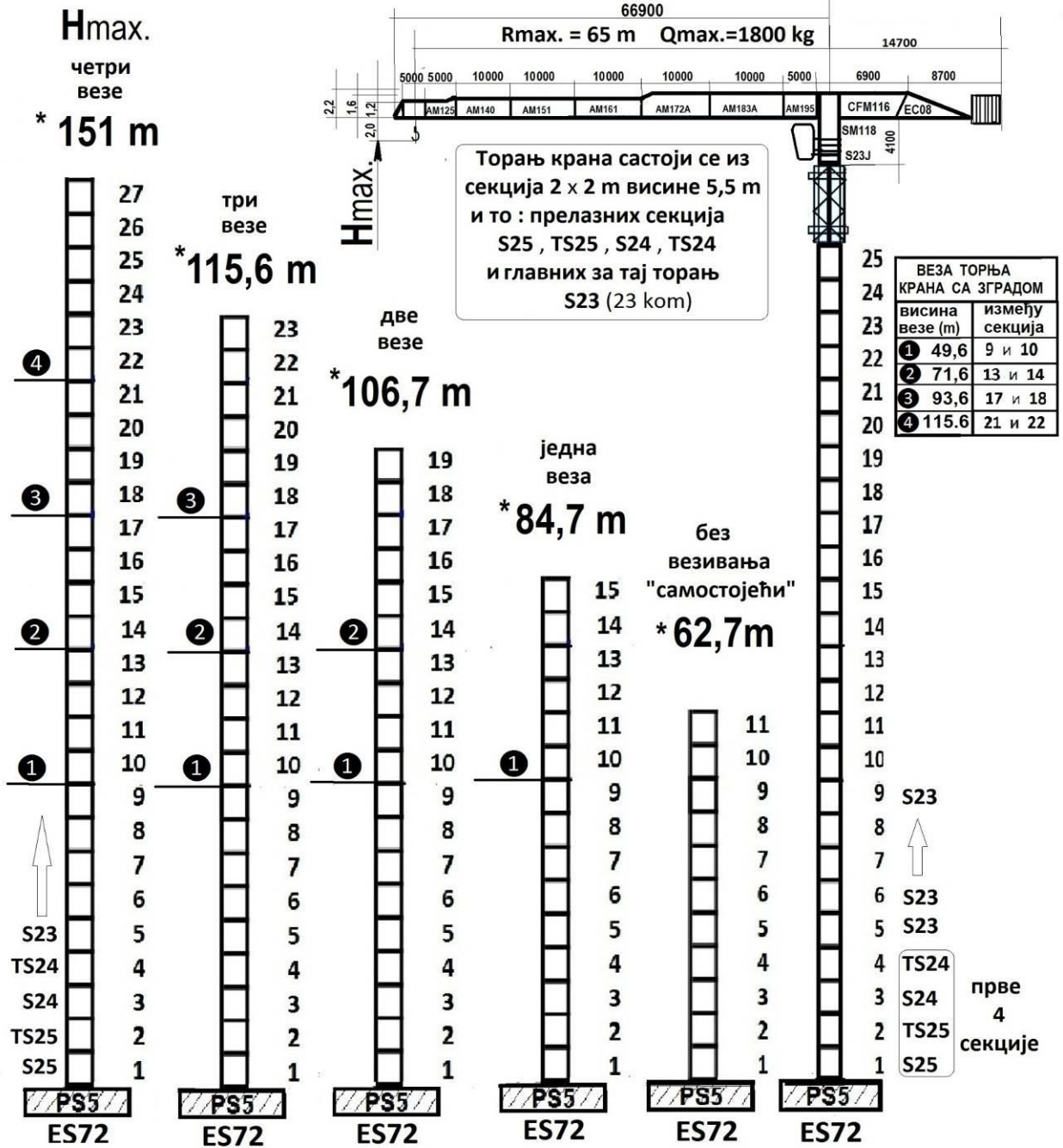
Сл.2 Препоруке произвођача кранова за везивање кранова

Висине до куке са три везивања за зграду торањскога крана COMANSA 21 LC 290



Сл.3 Радне висине до куке на препорученим местима за везивање торањског крана COMANSA 21LC290

Висине до куке са четири везивања за зграду торањскога крана COMANSA 16 LC 185



Сл.4 Радне висине до куке на препорученим местима за везивање торањског крана COMANSA 16LC185

Да би се оствариле веће радне висине, од висина самостојећих кранова приступило се детаљној анализи пројекта зграде, ради избора места које је дозвољавало услове њихових везивања за зграду уградњу веза, њихову даљу монтажу и подизање као и њихову демонтажу после завршене зграде.

При томе мора се узети у обзир и монтажа - демонтажа кранова, јер за многе типова кранова је услов да се у самом пројектовању постављања и рада торањских кранова омогући рад уређаја-клетера. За повећање висине торња, коришћењем уређаја -клетера (убацивањем нових секција у торањ крана) и смањења висине (смањењем секција торња, њиховим извлачењем из торња), где се доношење или одношење секција врши радном стрелом без промене угла рада. Положај радне стреле крана у самом току монтаже – демонтаже, мора бити нормалан на отвор на клетеру - уређају за подизање и спуштање на торњу крана. То је један од главних услова за монтажу односно постављања торањских кранова на великим висинама до куке и њихове демонтаже по завршетку радова. Истовремено треба испоштовати и услов најмањг удаљења крана од зграде, по прописима произвођача не сме бити мање од 2,5 m.

У току израде пројекта постављања кранова (ППРк), према свим препорукама произвођача кранова за типове који се користе, на основу конфигурације зграде

и њене висине, одређују се висине везивања, као и места на згради за везивање кранова. Најважније је да се везивање торња крана мора искључиво обављати на местима торња крана, које је произвођач кранова препоручио и на којима је дозволио намештање металних рамова на торњу. Та места су дефинисана са одређеним висинама торња крана и одређеним бројем секција под том везом. За свако то место табеларно је дата и максимална радна висина до куке крана (слика 3, 4 и 6). На основу изабраних места за везивање по сваком крану, а према пројекту зграде на којој раде, одређена је количина рамова, која се морала купити при куповини кранова од произвођача тих типова кранова.

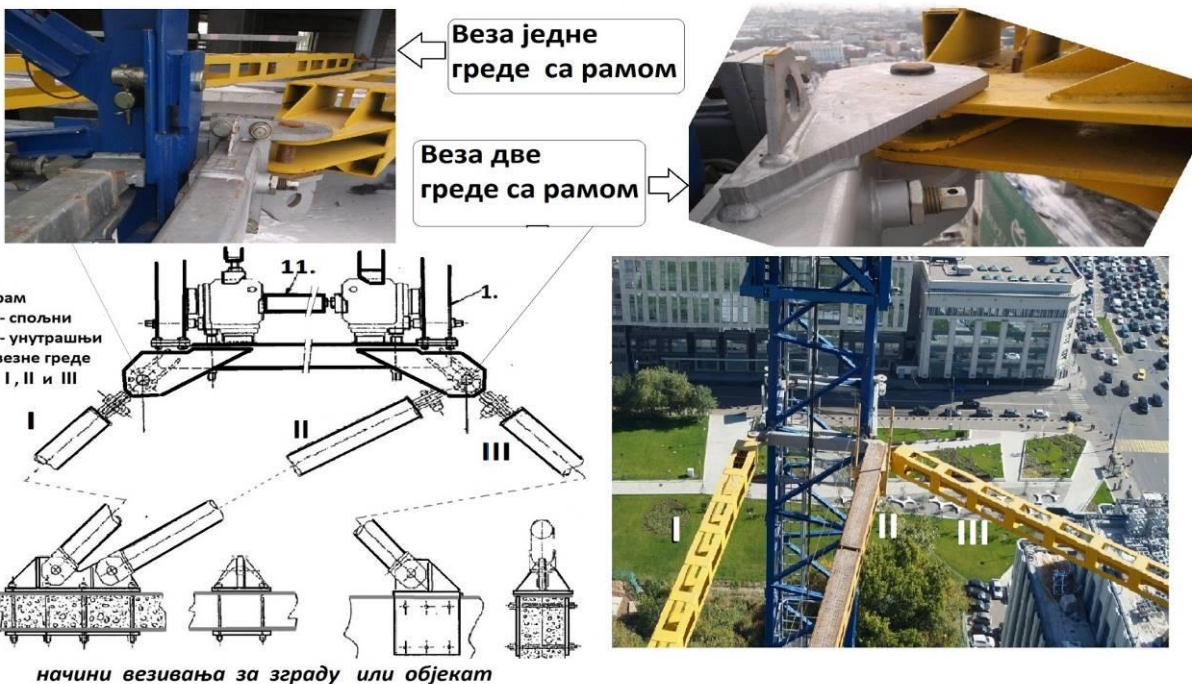
На наведеном примеру везивања кранова ми смо одредили 3 везна места за већи кран и 4 везна места за мањи кран јер нам је тако допуштала конструкција пирамидално степенастог облика са више кула зграда. При томе користили смо максимално допуштена растојања између веза и максималну висину крана до куке над задњом везом. Места за постављање рамова код ових кранова су спојеви секција торња крана. (слика 3, 4 и 5)

Пошто су по габариту исте секције, сви рамови су исти и састоје се из унутрашњег рама (ојачања места везе и секције, подесивог у току монтаже у секцији) и спољнега рама са елементима за регулисање и ушкама на свакоме углу за везе са везним гредама. (слика 5).

Челични четвороделни рам са унутрашњим рамом као ојачање за секцију торањскога крана



Детаљи везе челичнога рама на торањској секцији крана , везних греда и зграде



Сл.5 челични четвороделни спољни рам са унутрашњим ојачањима

Произвођач кранова је условио везу торња крана са зградом са следећим захтевима:

2.2.2 - Везивањем са **три везне греде**

2.2.3 - Углови **α** и **β** везних греда са зградом морају бити између **30°** и **60°** (слика 2 и 5)

Поштујући све те услове као што су :

- одређени број везивања са максималним растојањима између уграђених рамова на спојевима секција ,где је торањ крана везан за зграду
- максималне висине изнад везнога рама на торњу крана

Приступило се прорачуну : везних греда , додатних челичних стубова између спратова зграде ,предвиђених за везу са везним гредама и веза тих челичних стубова преко челичних плоча са бетонским спратним плочама.

Као прво полазни податци узети су из пратеће техничке документације за те кранове од произвођача и то :

- Притисак на фундамент односно темељ крана и димензије –темеља крана (пошто постоје разне верзије анкерисања на фундамент и чак различите анкер стопе –ми смо изабрали најачу варијанту **ES72** са најачим анкер стопама и првом секцијом за оба торња крана **S25** (слика 3 , 4 и 6)

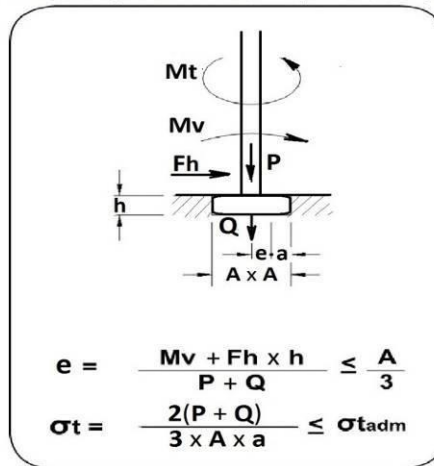
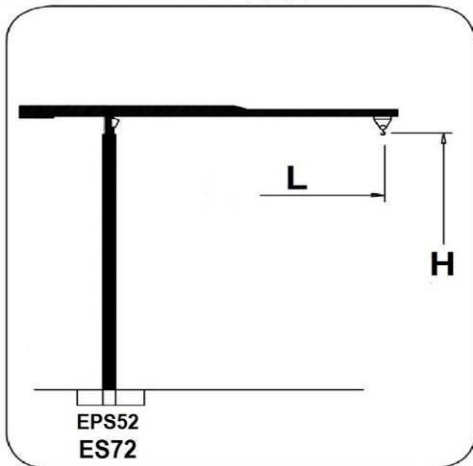
- Силе ,моменте и све реакције на основу максималне висине самостојећег крана ,дужине радне стреле ,носивости и типа , варијанте везе са фундаментом (слика 6)
- Силе и торзионе моменте на препорученим местима торња крана за везу са зградом (када „**кран ради**“ и када „**кран не ради**“) са указаним бројем секција између веза и бројем секција изнад задње везе.(слика 7 и 8)

Детаљним прорачуном добијене су силе и торзиони моменти на торњу где се налазе рамови за сва везивања ,поступно по етапама везивања и подизања кранова, која су база за прорачун сила које оптерећују челичне стубове.У обзир је узето оптерећење када „**кран ради**“ и када „**кран не ради**“. (слика 9) У обзир је узето оптерећење када „кран ради“ и када „кран не ради“. (слика 9) .Све добијене податке у прорачуну ,потврдио је произвођач кранова за ове типове кранова ,по основу послатог им, пројекта везивања .

На основу свих тих података ,поштујући препоручене висине везивања на торњевима кранова , углове везивања , броја везних греда по вези ,вертикалним и хоризонтлним пресецима по спратовима зграде и цртежа везивања (слика 1), дефинисане су : дужине везних греда од торња до места везе са додатним челичним стубовима.

Силе и моменти на фундамент торањског крана COMANSA

за тип торња ES72 са фундаментом EPS52 и анкерима PS5 са првом секцијом S25 (2x2)



$$e = \frac{Mv + Fh \times h}{P + Q} \leq \frac{A}{3}$$

$$\sigma_t = \frac{2(P + Q)}{3 \times A \times a} \leq \sigma_{tadm}$$

<p>Mt -Torsional moment. Mv -Overturning moment. P -Weight of crane Fh -Horizontal reaction Q -Mass of foundation concrete e -Excentricity σ_t -Pressure on ground σ_{tadm} -Permissible ground pressure L -Max. hook radius SC -SIMPLE TROLLEY DC -DOUBLE TROLLEY H -Hook height A -Foundation dimensions</p>	<p>Торзиони момент. (kNm) Момент преокрета (kNm) Тежина крана (kN) Хоризонтална реакција (kN) Маса темељног бетона (kN) Ексцентрицитет (m) Притисак на тло (kN/m²) Максимални дозвољени притисак темеља на тло (kN/m²) Максимални радијус стреле (m) ДВОСТРУКО УЖЕ ЗА ДИЗАЊЕ ЧЕТВОРОСТРУКО УЖЕ ЗА ДИЗАЊЕ Висина дизања (m) Димензије темеља крана (m)</p>
---	---

COMANSA 21 LC 210

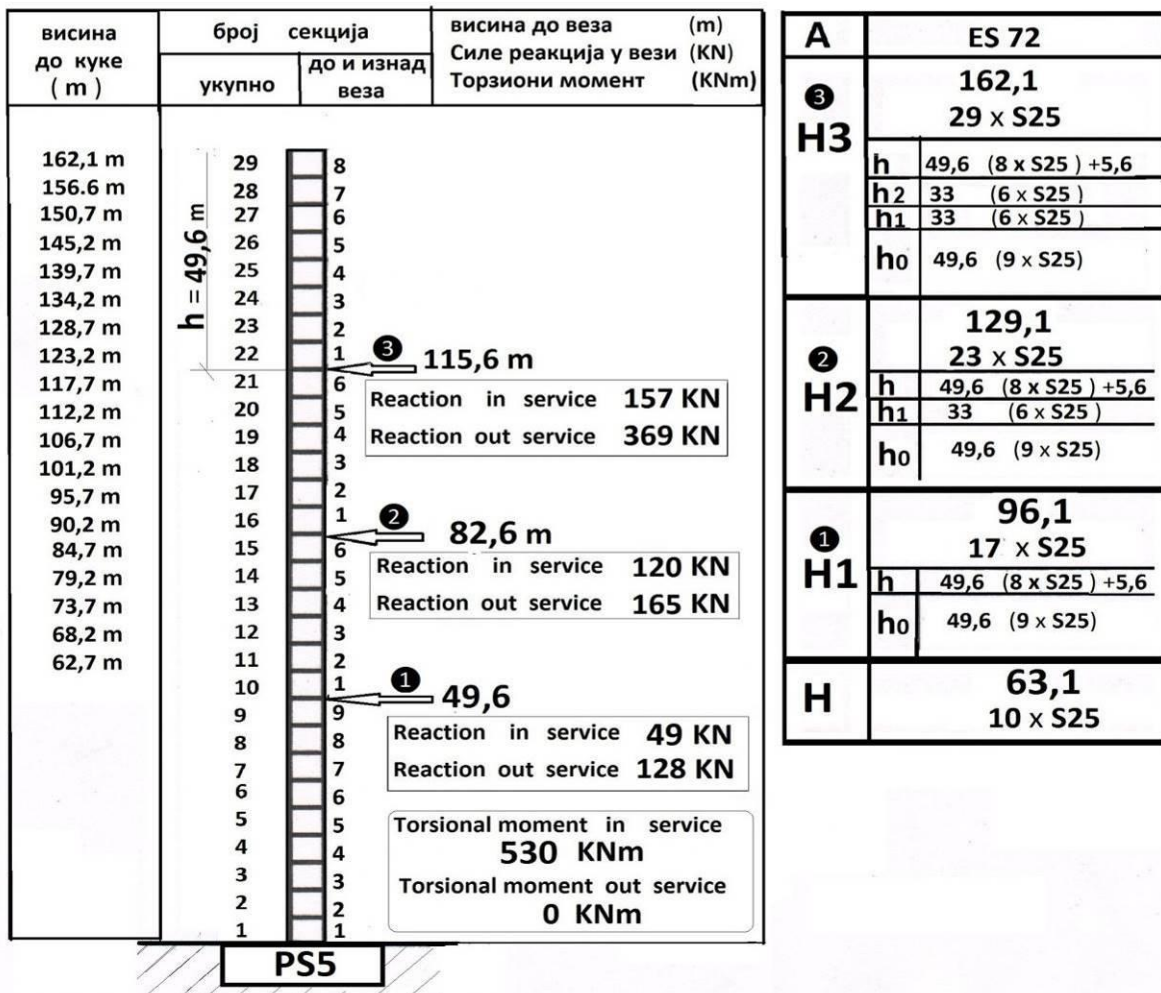
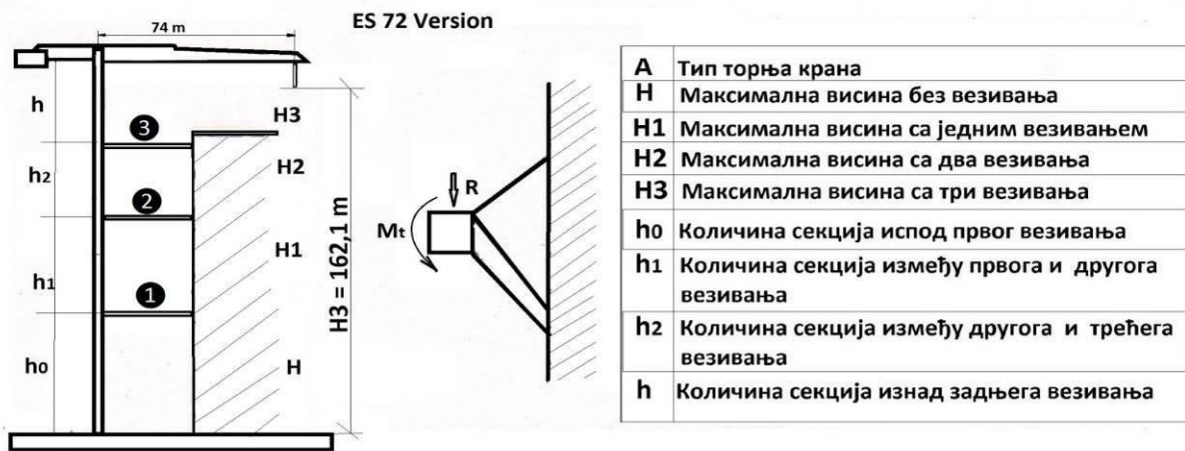
H (m) ТИП ТОРЊА TOWER COM- POSITION	IN SERVICE КАДА РАДИ								OUT OF SERVICE КАДА НЕ РАДИ								
	L (m)																
	74	70	64	60	54	50	44	40	74	70	64	60	54	50	44	40	
63,1 11 x S25	Mv	3812	3887	4085	4039	4097	4148	4427	4416	6056	6106	6135	6135	6069	6205	6344	6379
	Fh	59	58	57	57	56	56	55	55	120	120	119	118	117	117	116	115
	P	1054	1044	1035	1018	991	995	968	965	1027	1014	998	978	945	942	898	885
	Mt	503	503	503	503	503	503	503	503	0	0	0	0	0	0	0	0

COMANSA 16 LC 185

H (m) ТИП ТОРЊА (СЕКЦИЈЕ ТОРЊА)	IN SERVICE КАДА РАДИ								OUT OFF SERVICE КАДА НЕ РАДИ								
	L (m)																
	65,0	60,0	55,0	50,0	45,0	40,0	35,0	30,0	65,0	60,0	55,0	50,0	45,0	40,0	35,0	30,0	
62,7 7xS23 + TS24 + S24 + TS25 + S25	Mv	2568	2760	2818	2960	2928	3034	3023	3067	5835	5783	5641	5478	5429	5453	5497	5525
	Fh	53	53	53	52	52	51	51	50	120	166	165	164	163	162	161	160
	P	1054	776	771	775	762	739	744	715	1027	753	743	740	722	694	690	650
	Mt	330	330	330	330	330	330	330	330	0	0	0	0	0	0	0	0

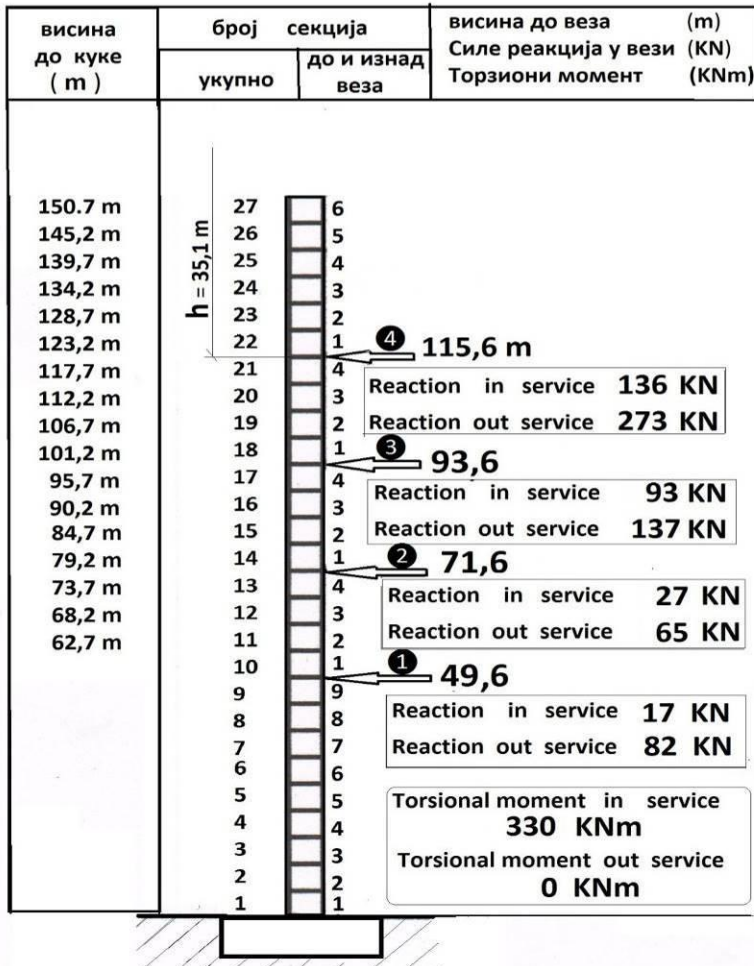
Сл.6 Силе и моменти на фундамент торањских кранова COMANSA

Везивање торња грађевинског "сити" крана COMANSA 21LC290 са три места за зграду "МФК Оружеини"



Сл.7 Везивање торањског кран COMANSA 21LC290 за зграду са три везна места

Везивање торња грађевинског "сити" крана COMANSA 16 LC 185 на четири места за зграду "МФК Оружеини"



A	ES 72	
4 H4	150,7 (15xS23+TS24+S24+TS25+S25)	
	h	35,1 (6x S23)
	h1	22 (4 S23)
	h2	22 (4 S23)
	h3	22 (4 S23)
	h0	49,6 (5xS23+TS24+S24+TS25+S25)
3 H3	128,7 (15xS23+TS24+S24+TS25+S25)	
	h	35,1 (6x S23)
	h1	22 (4 S23)
	h2	22 (4 S23)
	h0	49,6 (5xS23+TS24+S24+TS25+S25)
2 H2	106,7 (15xS23+TS24+S24+TS25+S25)	
	h	35,1 (6x S23)
	h1	22 (4 S23)
	h0	49,6 (5xS23+TS24+S24+TS25+S25)
1 H1	84,7 (11xS23+TS24+S24+TS25+S25)	
	h	35,1 (6x S23)
	h0	49,6 (5xS23+TS24+S24+TS25+S25)
H	62,7 (7xS23+TS24+S24+TS25+S25)	

Сл.8 Везивање торањског крана COMANSA 16LC185 за зграду са четири везна места

Везивање торањских кранова COMANSA за зграду
Табела Хоризонталних сила и торзионог момента на стубовима
на местима веза

број везивања	секција торања	висине (m)			кран ради P кран не ради H	Хоризонтална сила F_h (kN) Торзиони момент M_t (kNm) на стубовима на местима везе							
		до куке	на торњу	на згради		COMANSA 21 LC 290			COMANSA 16 LC 185				
						V1	V2	V3	V1	V2	V3	V4	
		1	9	62,7		49,6	31,300	P	139			98	
63,1	H			288					209				
2	13	84,7	71,6	53,300	P				92	131			
					H				98	240			
	15	129,1	82,6	64,300	P	108	155						
					H	134	336						
3	17	106,7	93,6	75,300	P				37	98	93		
					H				106	153	137		
	21	163,1	115,6	97,300	P	49	120	157					
					H	128	165	369					
4	21	151	115,6	97,300	P				17	27	93	136	
					H				82	65	137	273	
Торзиони момент					P	530			330				
					H	0			0				

3 Треће везивање крана COMANSE 21 LC 290, на споју 21 и 22 секције торања на висини торања крана 115,6 m, са стубовима на згради на висини 115,6 m са три везне греде дужине 19,510 m.



Сл.9 Табела хоризонталних сила и торзионог момента на везним стубовима по спратовима и по етапама везивања

Пројектом је одређена, висина везивања ,коте „a“ и „b“ , на допунским , челичним стубовима по спратовима зграде (слика 13 и 14). Прорачуном је одређен и пречник и дебљина зида челичних допунских стубова, за пријем везних греда , као и начин везе тих стубова са бетонским плочама испод њега и изнад њега.(слика 10 и 11)

Важно је напоменути да свако везивање обухвата по три везне греде и три челична стуба. Места за везивање по висини на једном спрату су исте али са различитим или истим дужинама везних греда. Дужине везних греда(од самога везнога рама на торњу крана до допунске челичне колоне за коју се везује) зависе од: самога места постављања челичних стубова уз поштовање горњих наведених услова као и услова носивости бетона и удаљености од крајева бетонске плоче на којој се налазе.

Ту постоји још један услов који се врло тешко може отпоштовати а то је да приликом демотаже тих везних греда после завршене зграде могу на томе месту уградити недостајући фасадни панели односно безбедно уградити недостајућа фасада.

Поред одређивања дужина везних греда(тежило се униформности што се тиче попречног пресека , без обзира на дужину истих) , прорачунат је попречни профил греда , и добијене , димензије су 404 x 404 mm (поз 1. слике 12).

•

Везна греда је састављена из четири по дужини челичних угаоних профила и заварених на њима челичних плоча са све четири стране на одређеном растојању по дужини греде формирајући тако квадратни пресек(сл.12). Због веома великих дужина(од 15 до 21 m) ради транспорта су исте урађене из елемената који су технолошки дозвољавале да се на лицу места формирају стварне пројектоване дужине. На једном крају везне греде је заварена виљушка , носач за везу са рамом крана и отвором Ø50 mm за болцнове а на другом крају је уграђен навојни део са унутарњим нормалним трапезним навојем **Tr120x6**.

Као додатни елементи везних греда (слика 12) су и :

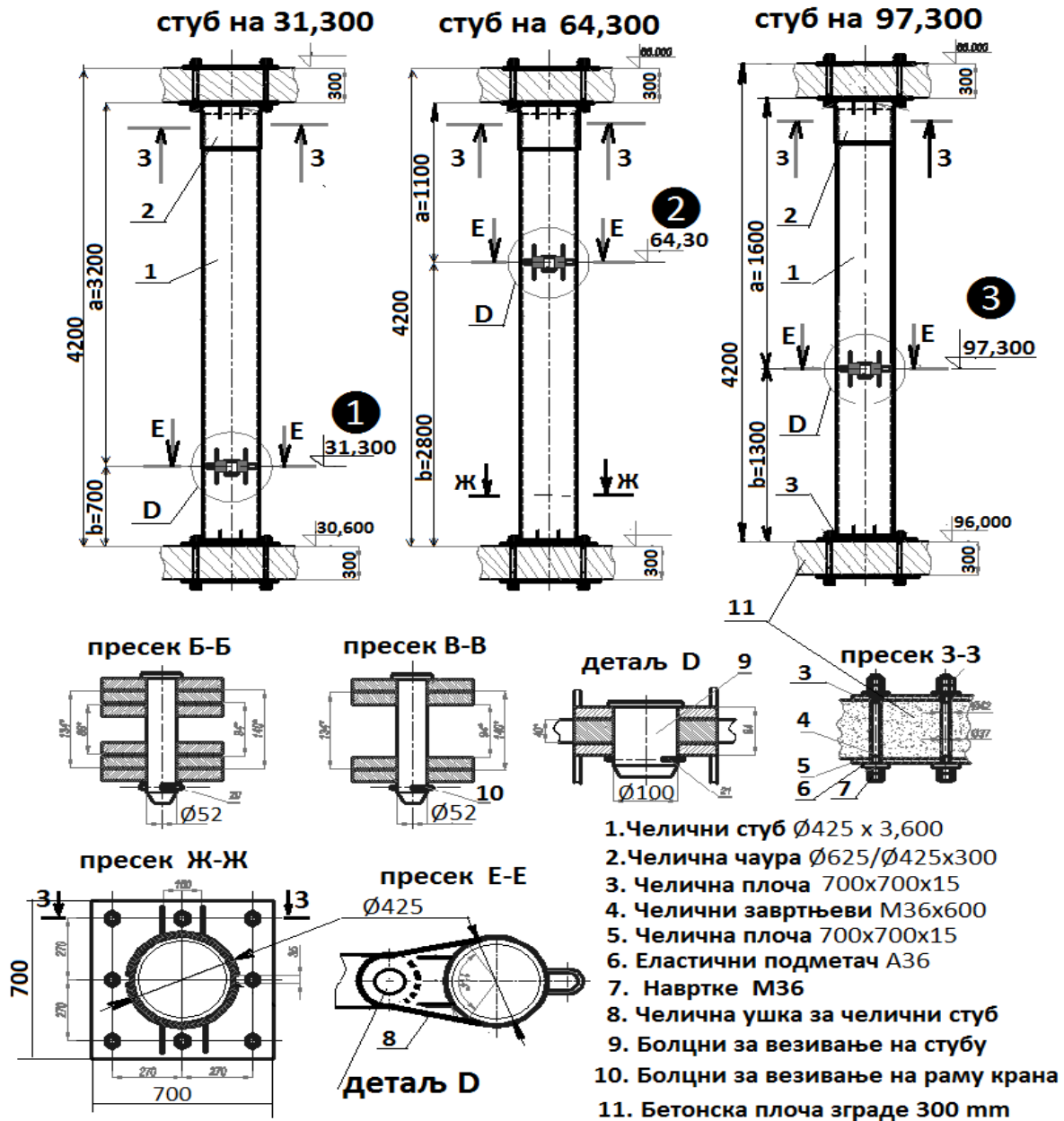
- ушка за везу са двоструком ушком на допунским челичним стубом и отвором Ø100 за болцни на једној страни и са друге стране ,уграђеним елементом са унутрашњим левим навојем **Tr120x6 LH** (сл.12 поз 2.)
- осовина са навојем са једне стране **Tr120x6** а са друге стране **Tr120x6 LH**–леви навој ,са три отвора на централном делу за окретање осовине (сл.12 поз 3.)

навртке са трапезним навојем **Tr120x6 LH** леве и **Tr120x6** (сл.12 поз 4. и 5) за додатно осигурање везе после регулисања вертикалности торња крана у све три осе.

COMANSA 21 LC 290

Челични стубови за остварење веза на спратовима

①	прво везивање на висини	31,300 m
②	друго везивање на висини	64,300 m
③	треће везивање на висини	97,300 m

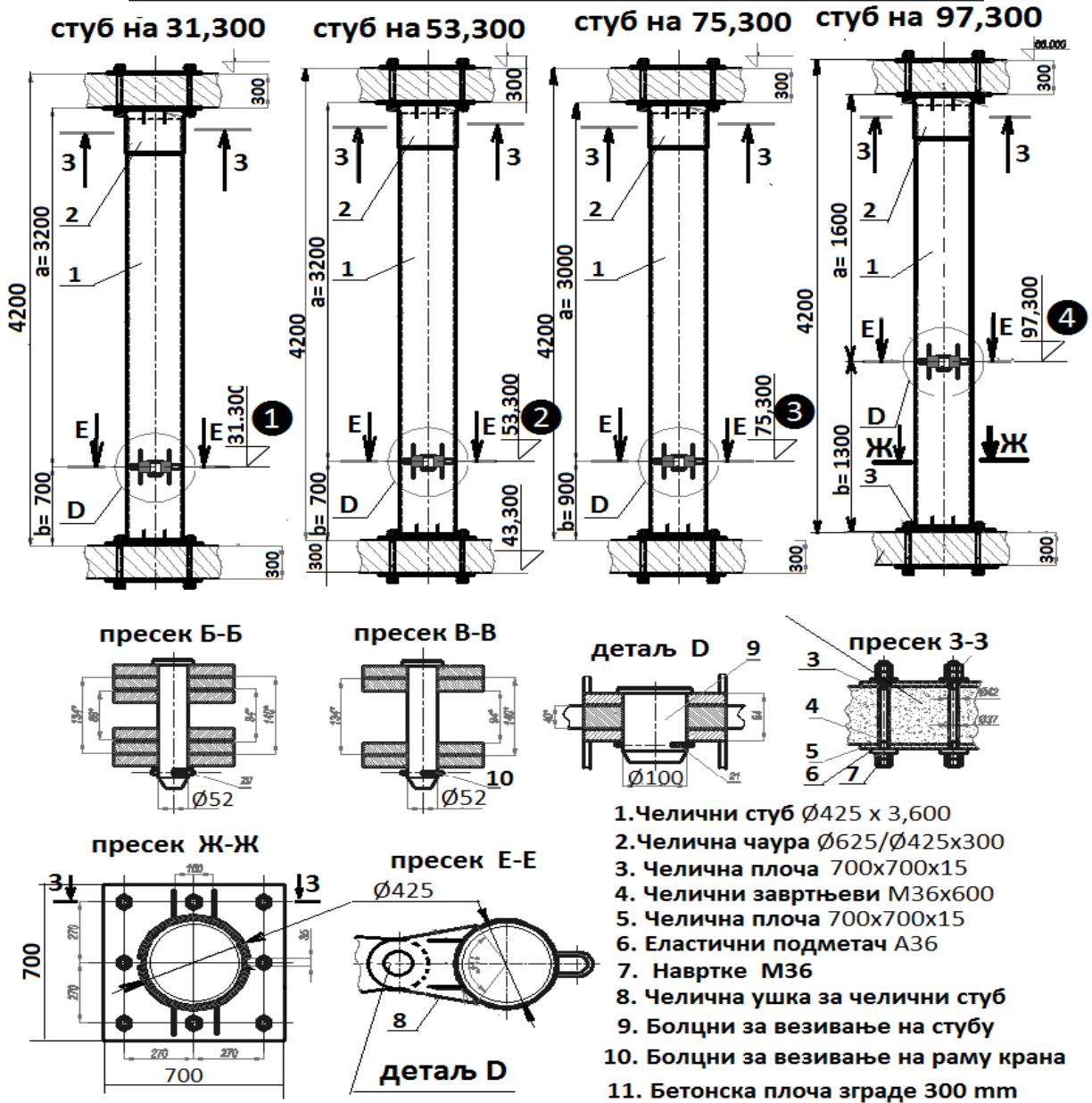


Сл.10 Челични стубови са висинском kotaма за везе крана COMANSA 21LC290

COMANSA 16 LC 185

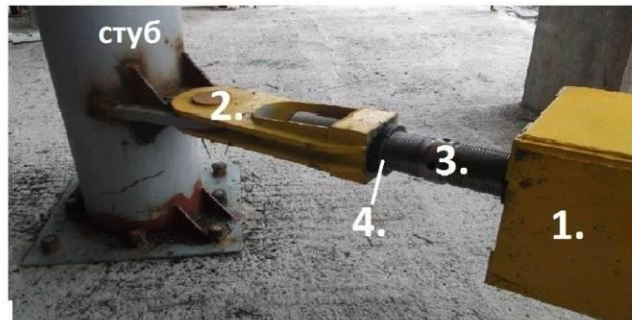
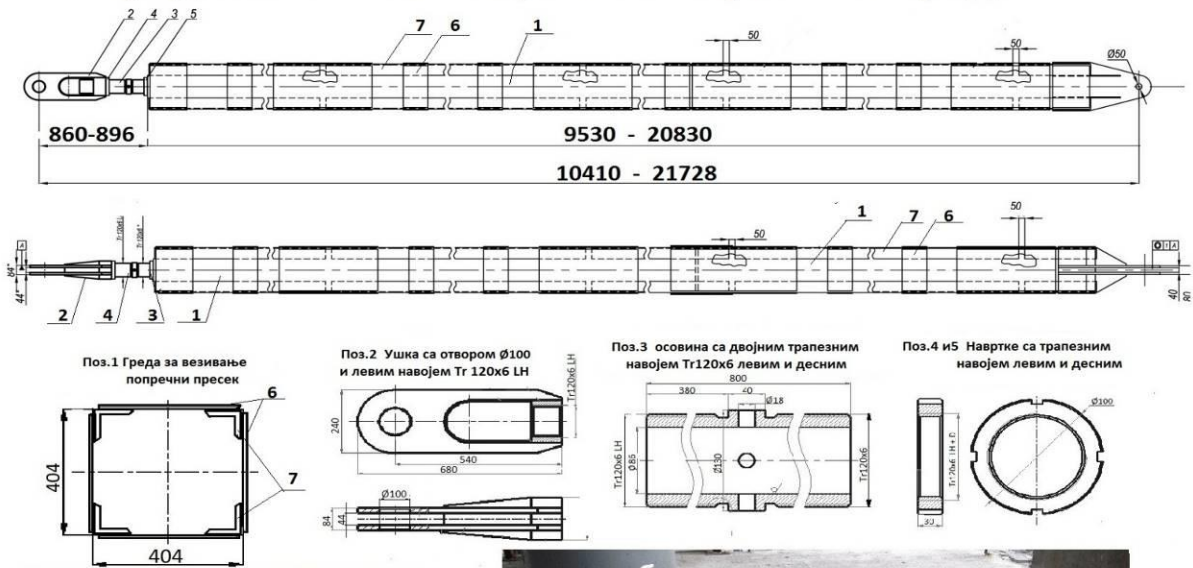
Челични стубови за остварење веза на спратовима

①	прво везивање на висини	31,300 m
②	друго везивање на висини	53,300 m
③	треће везивање на висини	75,300 m
④	четврто везивање на висини	97,300 m



Сл.11 Челични стубови са висинском котама за везе крана COMANSA 16LC185

Греде за везивање кранског торња са зградом



По једној вези иду 3 комплекта греда за везивање чија дужина је дефинисана пројектом у зависности од удаљења торња крана од места везивања на згради

	Висина везивања на стубовима у згради (m)		дужина греда за везивање у (m)					
			COMANSA 21 LC 290			COMANSA 18 LC 185		
			Торњак крана	Стуб у згради	I	II	III	I
①	Прво везивање 49,600	31,300	13,960	13,960	13,960	10,410	10,410	13,960
②	Друго везивање 71,600	57,300	19,510	19,510	19,510	10,410	10,410	13,960
			82,600	64,300				
③	Треће везивање 93,600	75,300	19,510	19,510	19,510	13,960	13,960	13,960
			115,600	97,300				
④	Четврто везивање 115,600	97,300				21,276	15,047	19,510

Сл.12 Гредe за везивање торња кранова COMANSA са челичним стубовима

На основу сила и момента на торањском раму за везивање, прорачуном добијене су, силе „В“ које се преносе на сваки стуб на местима везе са везном гредом и одређеним висинским растојањима („а“ и „b“) од места везе стуба са бетонским спратним плочама, и силе „А“ на местима везе са бетонским спратним плочама. (слика 10, 11, 13 и 14).

Са податцима сила "А" и момента од силе "В", израчунат је пречник завртњева М36 и одређен број комада 8 +8 за везу челичних плоча (700x700 x20) за које су заварени челични стубови, са бетонским спратним плочама. Дужина завртњева је одређена из дебљине спратних плоча, дебљине челичних плоча (две чине један пар и то : једна део стуба у доњем или горњем врху а друга су испод или изнад спратне бетонске плоче где је остварено везивање) и по два пара навртка са обе стране (једна је осигуравајућа) и износи 600 mm . (слика 10 и 11 поз.4 пресек 3-3). Добијен прорачуном пречник ових завртњева, говори да су силе и моменти у ослонцима велике у оба ± правца и раде наизменично.

Табеле са висинским котама од самог почетка градње, на торњевима кранова (њиховог нарастања у току градње), висинске коте на згради, дужине везних греда, и силе „А“, централне силе „В“, растојања („а“ и „b“) на челичним стубовима за сваку везну греду, за сва везна места у згради за оба торањска крана приказане су на (сл. 13 и 14). На тим сликама налазе се и скице везивања торња крана са челичним стубовима са по три везне

греде са поштовањем углова греда α и β , за сва места по висини везивања за оба торањска крана.

Места везивања торањских кранова за зграду су, одабрана и прорачуната са испоштовањем свих препорука произвођача кранова и статике спратних бетонских плоча.

Торањски кран **COMANSA 21LC290** је везан три пута по висини торња са зградом (сл. 1 и 13) а торањски кран **COMANSA 16LC185** је везан четири пута по висини торња са зградом (сл. 1 и 14). Из тих слика може се увидети разлика у броју везивања на истој висини на згради и истој висини торњева кранова у зависности од типа торањских секција које улазе у састав торњева.

На најнижој висинској коти торњева **49,600 м** за оба торња кранова и висинској коти **31,300 м** зграде извршено је прво везивање за оба торањска крана, а на висинској коти торњева **115,600 м** за оба торња кранова и висинској коти зграде **97,300 м** је извршено је треће везивање вишљегга крана са јачим секцијама **S25** и четврто везивање нижегга крана са мало слабијим секцијама **S23**.

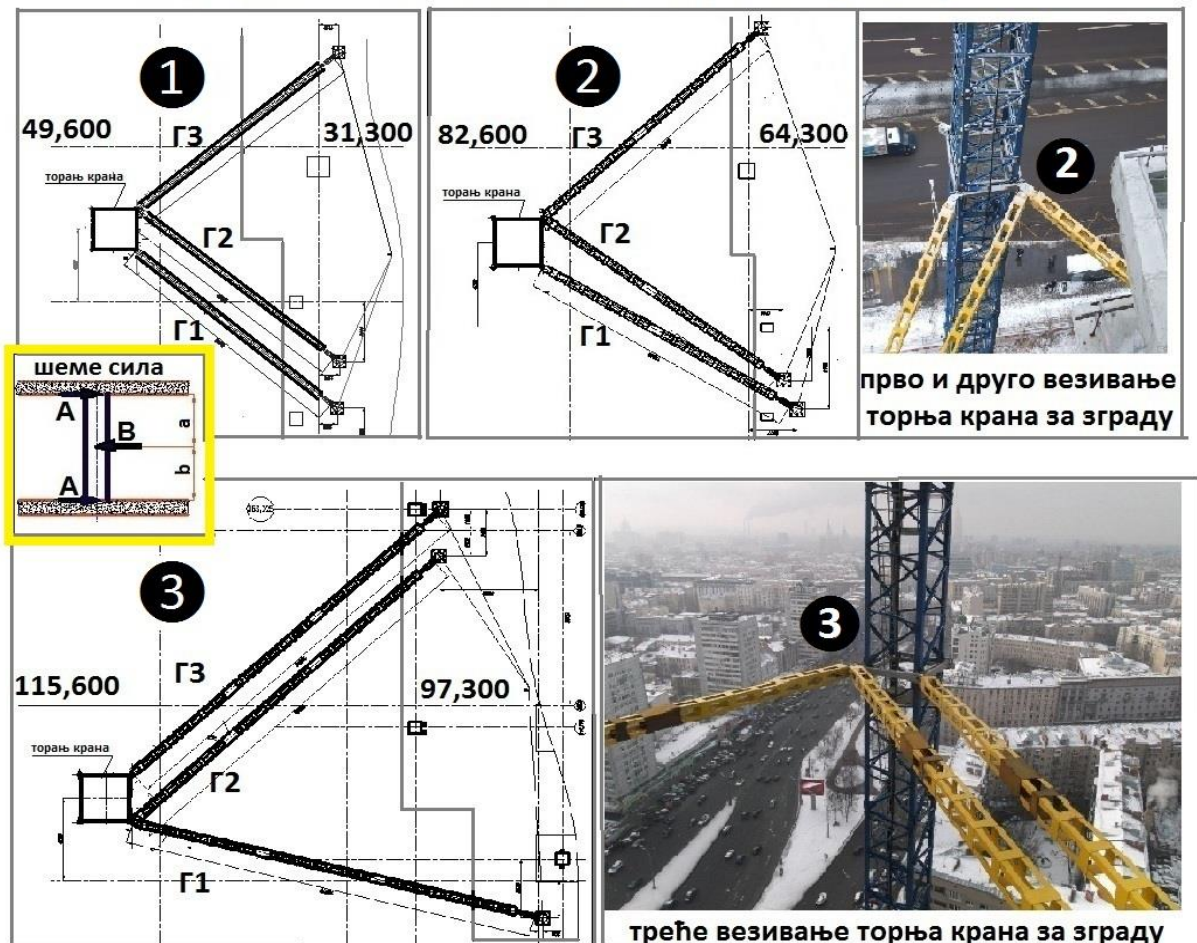
На слици 15 приказана су, торањски кранови **COMANSA** са максималним бројем везивања и максималним висинама за такав број везивања, на изградњи зграде „Сбер банке и Мегафона“ у Москви, а на слици 16 је фотографија, већ завршене зграде, са уграђеним стакленим фасадним панелима непосредно пред демонтажу торањских кранова.

Везивање торањског крана COMANSA 21 LC 290 за зграду

Табела Хоризонталних сила на стубовима и дужинама везних греда

Тип крана	број везе	висине (m)		везна греда		силе на стубовима		растојање	
		на торњу	на згради	ознака	дужина (m)	A (kN)	B (kN)	силе B (m)	
								a	b
COMANSA 21 LC 290	1	49,600	31,300	Г1	13,960	± 30,3	± 422,5	3,200	0,700
				Г2	13,960	± 23,3	± 325,3		
				Г3	13,960	± 19,6	± 273,7		
	2	82,600	64,300	Г1	13,960	± 290,5	± 128,8	1,100	2,800
				Г2	13,960	± 227,4	± 100,8		
				Г3	13,960	± 244,3	± 108,3		
	3	115,6	97,300	Г1	19,510	± 102,8	± 332,3	1,600	1,300
				Г2	19,510	± 103,5	± 334,7		
				Г3	19,510	± 117,7	± 380,8		

Скице три везивања торња крана са стубовима у згради



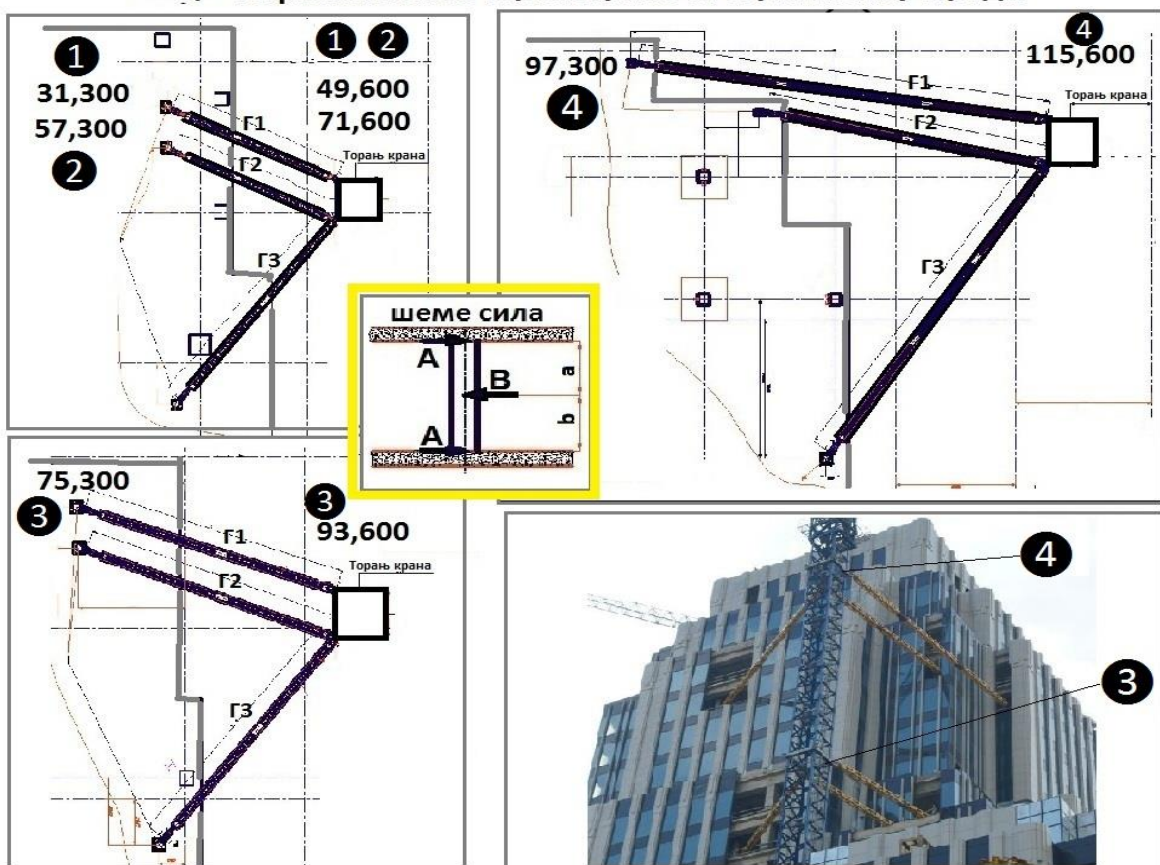
Сл.13 Везивање торња кранова COMANSA 21LC290 са челичним стубовима

Везивање торањског крана COMANSA 16LC185 за зграду

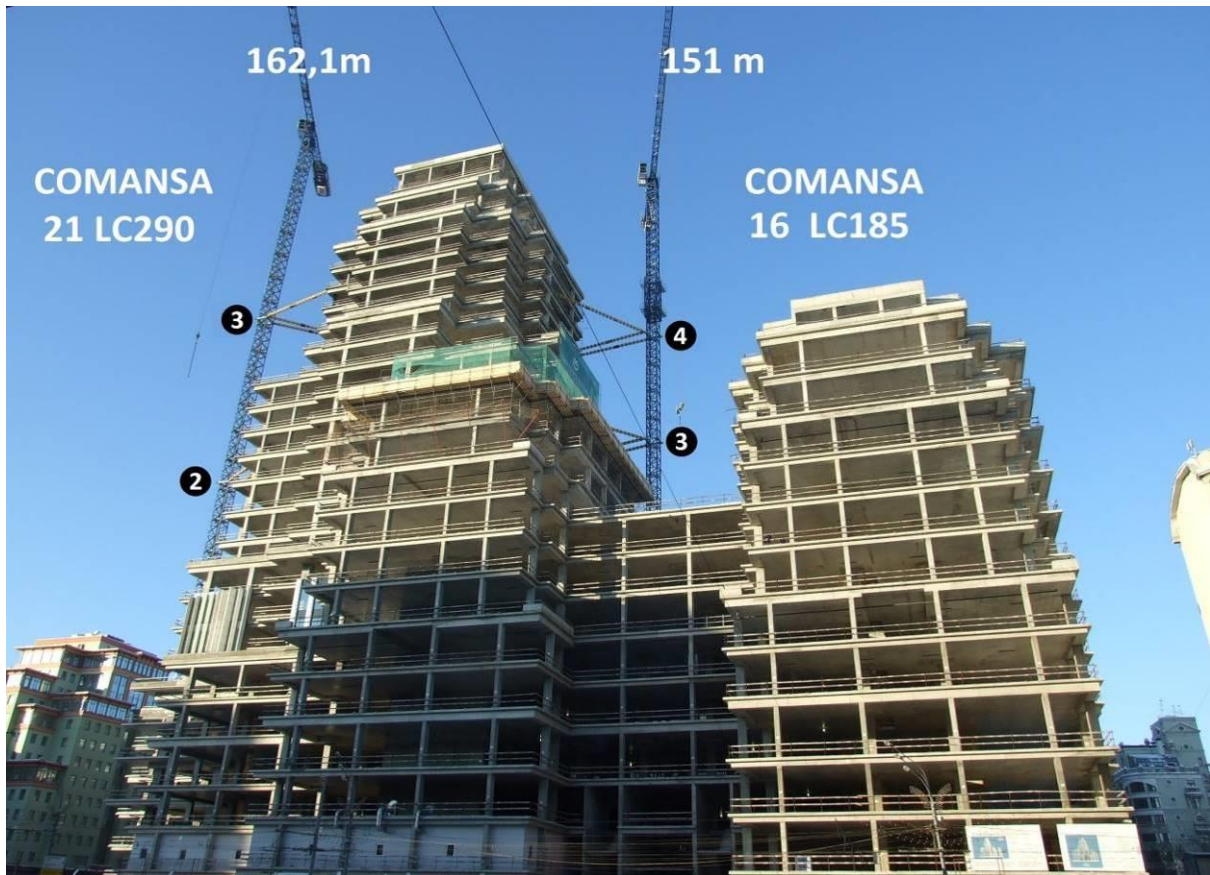
Табела Хоризонталних сила на стубовима и дужина везних греда

Тип крана	број везе	висине (m)		везна греда		силе на стубовима		растојање	
		на торњу	на згради	ознака	дужина (m)	А (kN)	В (kN)	силе В (m)	
								a	b
COMANSA 16 LC 185	①	49,600	31,300	Г1	10,140	± 16,5	± 230,3	3,200	0,700
				Г2	10,140	± 13,3	± 185,6		
				Г3	13,960	± 14,6	± 203,5		
	②	71,600	53,300	Г1	10,140	± 16,3	± 255,8	3,200	0,700
				Г2	10,140	± 12,5	± 195,9		
				Г3	13,960	± 15,0	± 235,4		
	③	93,600	75,300	Г1	13,960	± 36,2	± 231,7	3,000	0,900
				Г2	13,960	± 28,7	± 183,5		
				Г3	13,960	± 39,2	± 251,0		
	④	115,6	97,300	Г1	21,726	± 66,3	± 190,0	1,600	1,300
				Г2	15,047	± 55,4	± 158,1		
				Г3	19,510	± 79,4	± 226,8		

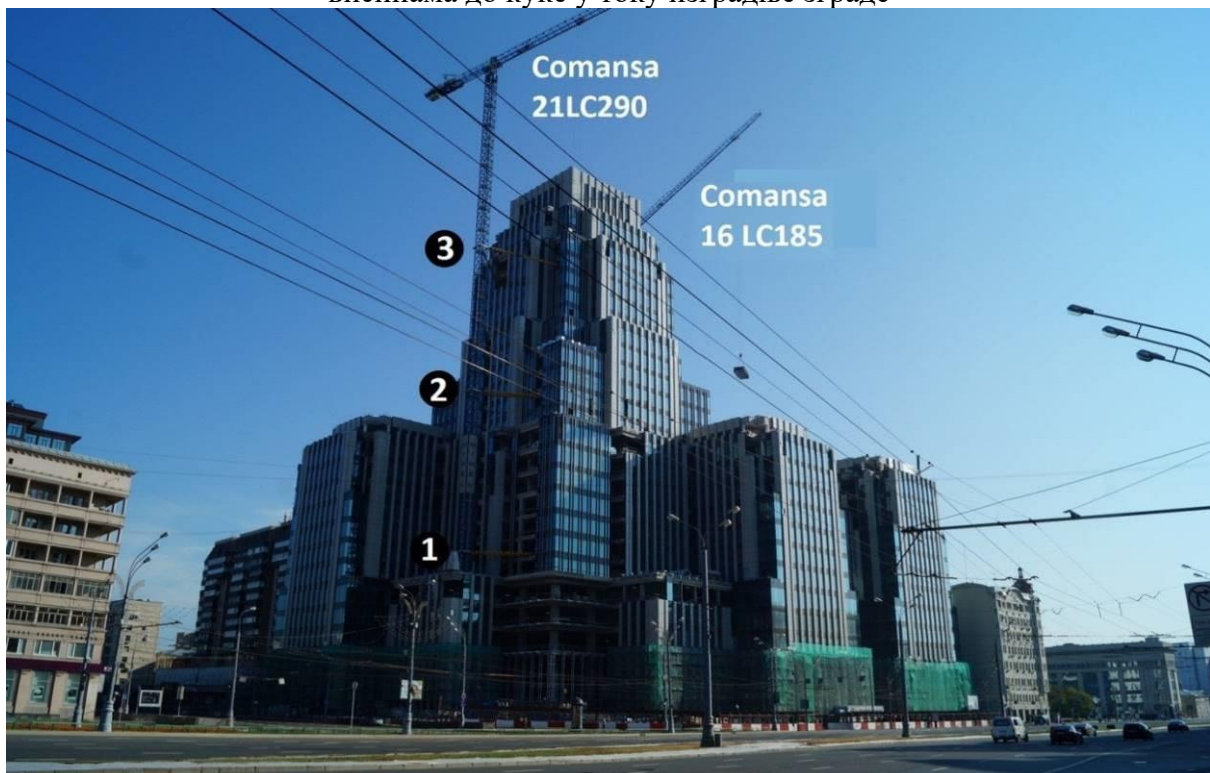
Скице четири везивања торња крана са стубовима у згради



Сл.14 Везивање торња кранова COMANSA 16LC185 са челичним стубовима



Сл.15 Приказана су оба крана COMANSA са максималним бројем веза и максималним висинама до куке у току изградње зграде



Сл 16. Фото везивања торањских кранова COMANSA непосредно пред демонтаже истих

Ови торањски кранови могу да раде на веома великим висинама ,на (сл.19)приказана је фотографија везивања кранова COMANSA 21LC660

са 6 веза за пилон ,ради изградње пилонских мостова при градњи аутопута у Филипинима са висином до куке око 300 m.



Сл.17 Изградња пилонског моста на Филипинима у оквиру пута „Cordova Expressway in line PHILIPPINES“

Максималне висине подизања терета до куке крана, стационарних торањских кранова везивањем за објекте и зграде достигле су данас веома импозантне цифре. У Русији је достигнута висина од 462 m (на градњи “Lahta Centra“ у Санкт Петербургу коришћењем торањских кранова **Liebherr 710 HC-L 32/64 Litronic**) .

Монтажа помоћу додатних челичних стубова је рецимо, универзална опција, али постоји много других начина причвршћивања (стеге на стубовима, носачи на зидовима, везивање за спратну плочу), и конструкциона решења за нестандартне ситуације, односно објекте .

- У последње време такође постоји тренд ка конструкцијама из више

делова –елемената ,као и појава различитих универзалних конструкција као што су ослонци (на пример, подесиво постоље додатног стуба ,додатни стуб пресека I са могућношћу да се користи као самостална конструкција , греде за везу из секција са елементима за спајање ,металне дводелне шелне са ушкама за везу за додатне стубове које могу да се поставе на било којој висини стуба итд.

- Постоје модели торањских кранова код којих је потребно имати 4 греде за везивање (веза) по једном металном раму и ово се врло често се користи код

кинеских торањских кранова које се веома активно дистрибуирају на градилиштима широм света.

Код торањских кранова Liebherr се рам може наместити на било ком месту по висини секције торња крана што олакшава решавање везивања крана за зграду или објекат.

Сам прорачун везивања торањских кранова зависи од :

- упутства и препорука произвођача кранова ,
- техничких карактеристика примењених торањских кранова
- типова секција торњева кранова и рамова за те секције,
- конфигурације зграда или објекта и места за фундирање торањског кранова
- препоручених места на торњевима кранова за постављање рамова за везивање,
- одабирања начина везивања за зграду или објекат и то: директно за носеће бетонске плоче, за бетонске носеће зидове , за допунске носаче или допунске челичне стубове.
- Растојања од везнога рама торња кранова до места везивања за зграду или објекат (дужине везних греда)

3. ЗАКЉУЧАК

Из комплетног сагледавања везивања кранова у овом примеру се може видети:

- Прорачун захтева озбиљно познавање ове проблематике ,сарадњу са произвођачем кранова и поштовања свих препорука из те области
- Постављање кранова, одређивање њихових места у градњи могу урадити само стручни људи или екипа стручних људи са великим искуством и знањем за изградњу

великих зграда са коришћењем овакве технике за градњу.

- Израду пројеката раде само фирме са специјалним овлашћењима уз идејне препоруке и сарадњу стручних људи из те области из фирме која изводи радове.
- Сама монтажа и демонтажа таквих кранова захтева специјално обучене бригаде монтажника односно монтажних фирми са овлашћењима и сертификатима за те радове уз познавање саме технологије подизања ,везивања и демонтаже тих типова кранова. Нормално одговорност на радове се односи и на стручне људе из фирме извођача радова.
- Приликом избора кранова усклађен је и тип секција по димензији за оба типа торањских кранова. Са истим фундирањем ,постигнута је униформост коришћења рамова за везивање и уређаја за повећавање висине торња –клетера.
- Неусклађеност мера по висина вертикали торња крана и зграде, проистекла је услед анкерисања крана за фундамент који је испод коте „0“ терена за 20,3 m. Висина торња крана се рачуна од тога места а висина места за везивање на згради од коте „0“.
- При крајњем положају ,односно достизању максималне радне висине крана ,радни уређај за подизање крана- клетер ,се мора поставити на самим задњим секцијама торња крана до кабине крана.
- При сваком новом постављању везе крана за зграду мора се обавезно“ регулисати торањ крана“ . Уз помоћ геометра који својим инструментима мери , дотерује се вертикалност и управност торња крана што се изводи окретањем навојних вретена на везним гредама код

- свакога стуба на свакој везној греди на спратовима зграде . По завршењу обавезно се осигурава веза контра наврткама .
- Морају се обавезно регулисати рамови за везивање за уграђеним завртњевима за регулацију на њима као и сви болцнови за везу са везним гредама на раму и на челичним стубовима осигурати од испадања.
 - У току рада крана недељно се морају контролисати везе натегнутости рамова и везе везних греда . Поготову ова провера се мора детаљно обављати на задњој вези са зградом јер су ту и највећи моменти и силе.
 - Сва везна места са везним гредама остају до завршетка градње не смеју се раније демонтирати , њихова демонтажа иде по етапа са демонтажом крана

4. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Проспекти кранова LINDEN COMANSA 16 LC 185 и LINDEN COMANSA 21 LC290
- [2] Упутства за монтажу и демонтажу кранова LINDEN COMANSA 16 LC 185 и LINDEN COMANSA 21 LC290 са свим техничким карактеристикама и пресецима и шемама.
- [3] ППР Проект организације градилишта и рада на градилишту ООО "Группа проектирования производства работ" Москва Русија
- [4] ППРк Проект монтаже, рада и демонтаже кранова фирме „ООО ПКТИ групп” Москва Русија
- [5] Фотографије са градилишта
- [6] НЕОБИЧНО РЕШЕЊЕ ДЕМОНТАЖЕ ВИСОКОГ ТОРАЊСКОГ КРАНА У ИЗГРАДЊИ ВЕЛИКИХ ЗГРАДА, аутора Грујице Љубисављевић часопис «ДИТ 36»

Адреса аутора: Грујица Љубисављевић, дип.маш. инж., Академик Међународне академије друштвених наука, Москва, Русија. Синђелићева 27/26, 37000 Крушевац

е-маил: gjujica48@gmail.com

Рад примљен: јул 2023.

Рад прихваћен: септембар 2023.



МИЛОШ САВЧИЋ
(1865 – 1941)

Грађевински инжењер.

Пројектант и градитељ

пруга, индустријских објеката, фабрика,
велелепних зграда, читавих градских квартова.

Финансијски експерт, банкар и инвеститор.

Политичар и родољуб.

Градоначалник Београда и

Министар у Влади Србије.

Један од најбогатијих Срба свих времена.

ОДРЖИВО УПРАВЉАЊЕ ОСВЕТЉЕЊЕМ

SUSTAINABLE LIGHTING MANAGEMENT

ДРАГАН ШЕШЛИЈА¹
ИВАНА МИЛЕНКОВИЋ¹
ВУЛЕ РЕЉИЋ¹
ВАЛЕНТИНА МЛАДЕНОВИЋ²
МЛАДЕН АДАМОВИЋ³

¹ Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука

² Висока техничка школа струковних студија у Зрењанину

³ Адамовић Глобал, Нови Сад

РЕЗИМЕ

Имајући у виду да се за осветљење, у просеку, троши између 15 и 22% електричне енергије, један од главних циљева одрживе производње управо је смањење потрошње енергије, а примена одговарајућих расветних тела и начина осветљавања може значајно допринети остварењу тог циља. У раду су приказани кључни елементи пројекта замене класичног осветљења LED расветом у једној образовној институцији. Посебно су анализирани сви аспекти побољшања који су остварени реализацијом овог пројекта.

Кључне речи: LED расвета, Одрживо управљање осветљењем, Енергетска ефикасност

ABSTRACT

Bearing in mind that lighting, on average, consumes between 15 and 22% of electricity, one of the main goals of sustainable production is precisely the reduction of energy consumption, and the application of appropriate lighting fixtures and lighting methods can significantly contribute to the achievement of that goal. The paper presents the key elements of the project of replacing classic lighting with LED lighting in an educational institution. All aspects of improvement that were realized by the implementation of this project were analyzed in particular.

Key words: LED lighting, Sustainable lighting management, Energy efficiency

1. УВОД

Вештачко осветљење је одувек била основна људска потреба која је континуирано мобилисала значајан део ресурса. У зависности од земље, на осветљење се, у просеку, троши између 15 и 22% електричне енергије, па полупроводничка расвета има потенцијал да обезбеди огромну уштеду енергије широм света [1, 2].

Додела Нобелове награде за физику 2014. године Исаму Акасакију, Хирошију Аману и Шуџију Накамури за изум ефикасних плавих диода илуструје друштвени утицај светлећих диода (*Light Emitting Diode - LED*) на свет, али и наглашава значај осветљења кроз историју људских друштава, као и значај његовог унапређивања уз константно побољшавање услуге осветљавања и смањење трошкова [3].

Када је у питању одрживо управљање осветљењем оно има (бар) два основна аспекта:

- коришћење одговарајућих расветних елемената који имају најмање негативан утицај на планету током целог свог животног циклуса (почевши од производње па до одстрањивања или рециклаже) и
- управљање тим системом расвете на одржив начин то јест са најмањим негативним утицајем на животну средину.

У раду се, поред сажетог осврта на развој осветљења кроз историју и значајне елементе LED технологије ставља акценат на одрживо управљање осветљењем кроз пример успешне имплементације.

2. ОСВРТ НА РАЗВОЈ ОСВЕТЉЕЊА КРОЗ ИСТОРИЈУ

Методe осветљавања су се, током историје, трансформисале од сагоревања дрвета у огњиштима или бакљама ка уљаним лампама са фитиљем које су биле на биљној или животињској бази (најчешће је коришћено китово уље које је у периоду од 16. до 19. века скоро довело до изумирања ове животињске врсте) [4]. Такође, од 13. века па надаље коришћене су и свеће на бази уља, лоја или воска [5].

Прво организовано јавно осветљење реализовано је 1417. године у Лондону постављањем фењера и имало је велики значај за безбедност грађана а потом су, на сличан начин, 1524. године осветљене и улице Париза [1, 6].

Ера ефикасније уличне расвете почиње када је William Murdock први пут 1802. године осветлио спољашњост ливнице Сохо гасним лампама. Након тога, 1807. године, Лондон је добио своју прву, гасом осветљену, улицу. Балтимор је био први град у САД који је почео да користи гас за улично осветљење 1816. године, док је Париз започео гасно осветљење својих улица 1820. године. Гас

је довођен цевним инсталацијама до гасних лампиона постављених на стубове [6].

У то време за осветљавање домова није било могуће користити осветљење на гас јер није било исплативо постављати гасне инсталације те су, претежно, коришћене керозинске лампе које су вема често у употреби и данас на локалитетима где не постоји електрична мрежа [7].

Јарко светло је произведено из електричног лука још почетком деветнаестог века, али је електрично осветљење постало доступно за коришћење тек након Фарадејевог открића електричне индукције. Чим је, средином 1860-их, омогућена производња електричне енергије помоћу динамо машине, електрично осветљење је убрзано почело да се развија [4, 5]. Рано електрично улично осветљење које је користило лучне лампе зване „Јаблочкова свећа“ (Yablochkov candle) било је први пут инсталирано у Паризу 1878. године, и потом је прогресивно заменило гасне фењере [6].

Било је потребно више од три деценије да се од патентиране Едисонове сијалице (1879.) са танким ужареним угљеничним влакном великог отпора (због чега јој је за рад била потребна ниска електрична струја) стигне до сијалица са волфрамовим нитима у инертној атмосфери (1913.), чиме је енергетска ефикасност подигнута за око 10 пута, то јест на скоро 10 lm/W [6]. Међутим, расвета је дуго остала луксуз због високе цене [1].

Уз различита унапређења у дизајну класичне сијалице са ужареним влакнима се понегде користе и данас, али раде са изузетно ниском енергетском ефикасношћу јер се веома мали део потрошене енергије претвара у осветљење, а највећи део у топлотну енергију [8]. То је један од разлога због којих су у Европској Унији и забрањене још 2012. године [9].

У настојањима да се повиси енергетска ефикасност расвете, у другој половини 20. века су изумљене компактне флуоресцентне лампе (*compact fluorescent lamp* - CFL), или такозване штедљиве

сијалице, које остварују од четири до пет пута мању потрошњу енергије за исти ниво осветљења у односу на сијалице са ужареним влакнима [8, 10]. Међутим, ове сијалице представљају значајну опасност за животну средину јер садрже живу, те је неопходно обезбедити њихово прикупљање на крају животног века и одстрањивање живе на одговарајући, законски прописан, начин.

Даљи развој у овој области довео је до појаве LED сијалица.

Уз приказ цивилизацијског напретка у области расвете ипак би требало и истаћи да у овом миленијуму 1,2 милијарде људи живи без приступа електричној енергији а још око једна милијарда има непоуздане прикључке због чега квалитет електричне енергије и њена расположивост варирају те су они принуђени да користе старинске начине расвете: керозинске лампе, свеће, дрво и друга горива [11-13].

3. РАЗВОЈ И КАРАКТЕРИСТИКЕ LED ТЕХНОЛОГИЈЕ

Пре нешто више од једног века остварени су први кораци који ће, крајем прошлог миленијума, довести LED технологију до нивоа довољно квалитетног да се почне широко користити за расвету.

3.1 РАЗВОЈ LED ТЕХНОЛОГИЈЕ

Током испитивања несиметричног проласка електричне струје кроз контакт силицијум-карбида, примећен је необичан феномен. Применом напона од 10 V између две тачке на кристалу силицијум-карбида, он је емитовао жућкасту светлост. Ненгу Joseph Round, британски истраживач, је 1907. године први пријавио ефекат емисије светла из полупроводничког материјала. Тај феномен се зове електролуминисценција.

Први LED патент је пријављен 1929. године од стране руског радио техничара Олега Владимировича Лосева али је ово откриће убрзо заборављано и деценијама после није било практичне користи од њега [14, 15].

Rubin Braunstein из Радио корпорације Америке је 1955. пријавио инфрацрвено зрачење од галијум арсенида (GaAs) и других полупроводничких легура. Амерички истраживачи James Biard и Gary Pittman су, 1961. године, открили да GaAs емитује инфрацрвено зрачење када се прикључи у електрично коло и пријавили су први амерички LED патент а ова иновација је отворила врата за даље експериментисање LED диодама [16].

Године 1962. Nick Holonyak и S.F. Bevaqua, консултанти у компанији General Electric, развили су прву практичну светлећу диоду у видљивом делу спектра а била је црвене боје [15].

До даљег значајног напретка је дошло 1995. године, када је Шуји Накамура (Nichia Corporation) пројектовао први бели, високо сјајни LED, направљен на бази индијум галијум нитрида (InGaN). Тада се о LED-у почело размишљати као о извору светлости и уследио је веома брз развој LED технологије. Амерички научник Roland Haitz је, 2000. године, формулисао зависност која је по њему названа Haitz - ов закон (Haitz's law) а који говори о томе да се сваке деценије трошак израде LED расвете по лумену светлосног тока смањује 10 пута, док се количина светлосног тока повећава 20 пута по Watt-у утрошене снаге [17].

3.2 LED СВЕТИЉКЕ

Овај вештачки извор светлости чини више LED диода смештених у једно светлосно тело, то јест сијалицу и за њен рад је потребна једносмерна електрична струја. LED светиљка користи принцип електролуминисценције, појаве која настаје приликом рекомбинације електрона и шупљина у полупроводницима као што су нпр. [2]: галијум-фосфид (GaP), галијум-арсенид (GaAs), галијум-нитрид (GaN), галијум-арсенид-фосфид (GaAsP), цинк-селенид (ZnSe), дијамант (C); алуминијум-нитрид (AlN), сафир (Al₂O₃), силицијум-карбид (SiC) итд.

LED технологија је, у почетку, била изузетно непрактична због своје величине

и слабог нивоа осветљења па се користила само за индикаторе на уређајима, контролне светилке на тастатурама, као минималан извор ноћног светла и слично. Даљи развој технологија и процеса израде резултирао је све већом конкурентношћу LED расвете у односу на, до тад, коришћене типове осветљења.

Данас су у широкој употреби три типа LED сијалица:

1. SMD (*surface mounting diode*) LED сијалице садрже велики број диода (најчешће 3528 или 5050) постављених на алуминијумску подлогу и омотаних епоксидном смолом, а могу бити са или без дифузора који сакрива диоде и пружа ефекат већег расипања светлости. Прегоривање једног расветног тела не утиче значајно на јачину сијалице, а угао расипања светлости је $80^\circ - 200^\circ$.

2. High Power LED (LED високе снаге) су специјална расветна тела високих перформанси а настају коришћењем мањег броја снажних појединачних светлећих чипова који су обично постављени у сочива како би давали што интензивније светло са малим углом расипања ($40^\circ - 60^\circ$). Предност овог типа је интензиван усмерен сноп погодан за истицање одређених детаља у просторији, а недостатак је што, у случају престанка рада једног чипа, сијалица знатно губи на снази.

3. COB LED (*chip-on-board*) су расветна тела код којих је много, изузетно згуснутих, диода постављено на термички ефикасну подлогу испод униформног фосфорног премаза, чиме се постиже ефекат јаког, али не претерано усмереног, осветљења са углом расипања светлости $\sim 80^\circ$.

Само у 2010. години укупна продаја LED расвете је порасла за невероватних 68%, достижући 9,1 милијарду долара [15]. Уколико бело LED осветљење успе да достигне светлосну ефикасност од 200 lm/W до 2025. године, моћи ће да замени постојећа флуоресцентна светла. Процењена уштеда енергије ће бити једнака енергији од једне милијарде

барела нафте годишње - што одговара смањењу производног капацитета електричне енергије за 250 великих нуклеарних електрана (просечног капацитета 2 TWh/год.) и резултираће значајним смањењем емисије CO₂, које ће износити више од 270 милиона тона годишње.

Данас је у употреби преко 20 милијарди сијалица широм света, што представља приближно три сијалице за сваку особу на планети. Током целокупног временског периода у коме употребљава сијалице човечанство је потрошило приближно 0,72% свог бруто домаћег производа (BDP) на осветљење. Град би, са инсталираних 10.000 LED сијалица, био у стању да смањи количину емисије CO₂ за 11000 тона годишње [8].

3.3 ПРЕДНОСТИ И НЕДОСТАЦИ LED РАСВЕТЕ

Најзначајније карактеристике које овој технологији дају примат у сфери расвете су [8]:

- висока ефикасност у претварању електричне енергије у светлосну,
- знатно мање загревање у односу на конвенционалну врсту расвете,
- веома дуг радни век (до 100.000 радних сати након чега светлосни флукс не пада испод 70%),
- отпорност на ударце и вибрације,
- несметана честа укључења и искључења,
- мале димензије,
- еколошка прихватљивост,
- производња у различитим бојама,
- прилагодљивост различитим неповољним условима,
- достизање потпуне јачине светлости већ у микросекундама,
- емитује светлост без коришћења филтера и не захтева уградњу спољнег рефлектора ради добијања усмерене светлости.

Међутим, неопходно је истаћи и одређене недостатке ове врсте осветљења [8]:

- скупа за просечног купца,

- радне карактеристике зависе од температуре околине и лако може да дође до прегоривања,
- потребно одговарајуће хлађење,
- галијум и арсениди који се користе у LED технологији су токсични.

Енергија која се користи за снабдевање осветљења емитује гасове стаклене баште у износу који је креће око 1.900 Mt CO₂ годишње. То је једнако 70% емисије свих аутомобила света и око три пута емисије авиона. Потражња за осветљењем широм света рапидно расте. Процењује се да ће потражња до 2030. године бити повећана за 80% у односу на 2005. годину [8].

Због тога су могућности уштеде у овом подручју изузетно важне. На пример, Министарство енергетике (DOE) Сједињених Америчких Држава дало је конзервативно предвиђање да ће LED расвета уштедети 261 TWh годишње, што представља смањење од 40% у потрошњи електричне енергије у односу на расвету старије технологије као што су сијалице са жарном нити и флуоресцентне. Међутим, агресивнија процена говори да ће уштеда у овој области до 2030. године достићи 395 TWh [2].

4. ЕНЕРГЕТСКА ЕФИКАСНОСТ ОСВЕТЉЕЊА И СВЕТЛОСНО ЗАГАЂЕЊЕ

4.1 ЕНЕРГЕТСКА ЕФИКАСНОСТ ОСВЕТЉЕЊА

Као што се може видети у једначини 1 енергетска ефикасност извора светлости (*lighting efficiency* - η) представља светлосни флукс (Φ_L) то јест количину видљиве светлости коју сијалица прозведе по јединици електричне снаге (P) која је при томе утрошена [18]:

$$\eta = \frac{\Phi_L}{P}, \left[\frac{\text{lm}}{\text{W}} \right] \quad (1)$$

Светлосне ефикасности LED и конвенционалних сијалица се знатно разликују. Обична сијалица има ефикасност од 12 до 15 lm/W, док савремени LED извор светлости може произвести и до 150 lm/W, то јест, може бити и до десет пута ефикаснији [19].

У LED технологији постоје три нивоа беле боје: топло бела (до 3500 K), неутрално бела (од 3500 K до 5000 K; најчешће 4000 K) и хладно бела (од 5000 K до 6500 K). Плаве и светло беле LED сијалице су много захтевније за производњу и оне су обично мање ефикасније од осталих LED сијалица.

4.2 СВЕТЛОСНО ЗАГАЂЕЊЕ

Свака непотребна, некорисна емисија светлости у простор изван зоне коју је потребно осветлити (улица, трг, пешачка стаза, реклама, споменик, фасада, одређена просторија или неки њен део итд.), до које долази због употребе нееколошких расветних тела, која су, најчешће и неправилно постављена и/или се њима неадекватно управља представља светлосно загађење (*light pollution*) [20].

Претерано или некавалитетно пројектовано осветљење може да доведе до разних проблема, као што су, на пример, ометање људи у свакодневним активностима, угрожавање животног циклуса неких биљака и животиња, ометање астрономског посматрања, и слично, па чак може и да наруши здравље људи (на пример, у случају повећаног бљештања и значајног присуства компоненте плаве светлости у спектру LED извора светлости [21]).

Иако се сама светлост не може сматрати загађивачем, њена погрешна и претерана употреба је чини штетном, па је зато прецизније користити термин „нежељена светлост“, како би се дефинисала она светлост која представља расипање енергије и узрок негативних појава везаних за вештачко осветљење [8].

Нежељена светлост се може поделити у три категорије према типу загађења, а то су:

- повећани сјај неба,
- заслепљујућа сјајност (бљештање) и
- светлосно ометање.

Препоручене активности за смањење светлосног загађења су [8]:

- Употреба одговарајуће оптике расвете којом се прецизно контролише светлосни сноп и усмерава на површину која се осветљава без непотребног расипања светлости.
- Осветљавање вертикалних површина одозго кад год је то могуће.
- Избегавање светилки без оптике, нарочито светлосних кугли.
- Редукција светлосног флукса на саобраћајницама на којима у каснијим ноћним сатима значајније опада фреквенција саобраћаја.
- Искључивање осветљења реклама и декоративног осветљења фасада у касним ноћним сатима.

4. ПРИНЦИПИ ОДРЖИВОГ УПРАВЉАЊА ОСВЕТЉЕЊЕМ

Даљинско управљање у системима осветљења [22-24] у фабричким погонима, пословним просторима, образовним интитуцијама и отвореним просторима као и аутоматска провера стања и дијагностика сваког расветног тела представљају тренд у коме се развија област одрживог осветљења.

Последњих неколико година, многи произвођачи светилки и светлосних извора улажу значајне напоре и средства у развој система за даљинско управљање осветљењем (укључивање и искључивање расветних тела као и регулацију светлосног флукса тј. димовање са удаљених позиција) што подразумева и даљинску дијагностику. Квалитетни системи даљинског управљања омогућавају и двосмерну комуникацију тако да, поред слања команди и добијања потврде да је команда извршена, могу да се добију и информације о стању светилки [8]. Поред тога, неки системи даљинског управљања осветљењем омогућавају и пренос других врста информација, неvezано за управљање осветљењем, као што су информације о присуству у простору, итд.

Савремени, одрживи, системи управљања осветљењем омогућавају повишење енергетске ефикасности система осветљења али и већу поузданост рада што је често праћено и мањим трошковима одржавања. Уколико дође до квара, систем управљања добија правремену информацију о позицији квара. Код неких система се надзорни екран повезује са online мапама простора система осветљења којим се управља па је на екрану могуће видети тачну локацију покварене светилке. Тиме се омогућава прецизно упућивање екипа за замену без њиховог лутања и тражења квара дуж целог система расвете.

Применом оваквих система управљања осветљењем може се остварити уштеда електричне енергије и до 40% у односу на традиционално управљане системе, а то се постиже [8]:

- регулацијом снаге извора светлости,
- регулацијом у зависности од потреба корисника и
- одржавањем константног нивоа осветљености.

4.1 РЕГУЛАЦИЈА СНАГЕ ИЗВОРА СВЕТЛОСТИ

Како се сијалице производе у неком опсегу снага са унапред одређеним номиналним величинама (на пример, за сијалице за спољно осветљење са натријумом високог притиска то су вредности од 50 W, 70 W, 100 W, 150 W, 250 W итд.) може да се деси да се пројектом захтева нека вредност снаге светилке која је између две стандардне вредности. Тада се бира сијалица веће номиналне снаге, а то доводи до непотребно велике осветљености простора. Ово се може решити димовањем сијалице на пројектовану вредност чиме се могу остварити уштеде енергије и до 25%. У овим случајевима примена LED сијалица даје веће могућности јер се комбиновањем броја и снаге основних светлосних извора у великој мери може приближити

пројектованим вредностима тако да је потреба за димовањем значајно мања.

4.2 РЕГУЛАЦИЈА У ЗАВИСНОСТИ ОД ПОТРЕБА КОРИСНИКА

Анализом потреба за осветљењем на основу праћења понашања корисника може да се избегне непотребна потрошња енергије. На пример, када у другој или трећој смени не ради цео погон, већ само неколико група људи, осветљење треба да се укључује само тамо где се они налазе, а не у целој хали. Такође, густина саобраћаја током ноћних сати није иста као дању па треба омогућити осветљавање путева и површина за манипулацију само када их возила стварно користе. То се може урадити праћењем образаца понашања корисника и, у складу са тим, програмирањем осветљености. Такође је могуће поставити сензоре који ће детектовати присуство корисника и, на основу тога, управљачки систем ће укључивати одговарајуће осветљење. Бежичним повезивањем сензора и међусобном комуникацијом расветних тела могу се палити светиљке довољно испред у правцу кретања човека и/или возила и тиме обезбедити одговарајућу осветљеност као и минималну потрошњу енергије. За ове потребе се често користе отворени комуникацијски протоколи као што је, на пример, ZigBee. То је бежична технологија са „mesh“ мрежном топологијом која је широко распрострањена у индустријским условима где се тражи сигурна и поуздана мрежна технологија заснована на индустријском стандарду IEEE 802.15.4 [22, 25-27].

4.3 ОДРЖАВАЊЕ КОНСТАНТНОГ НИВОА ОСВЕТЉЕНОСТИ

Приликом израде фотометријског прорачуна, ради обезбеђивања препорученог нивоа осветљености, уводи се и фактор одржавања, који узима у обзир смањење светлосног флукса током животног века расветних тела [18]. Обично се он узима са вредношћу 0,8 а то значи да је нова инсталација предимензионисана за

25% у односу на стварно потребну вредност [8]. Увођењем овог фактора се обезбеђује да нивои осветљености, до следеће групне замене светиљки, не падну испод минимално дозвољених. Квалитетан систем управљања осветљењем треба да има уграђену функцију одржавања константног нивоа осветљености чиме смањује светлосни флукс нове инсталације и на тај начин се могу остварити уштеде енергије и до 10% [8].

5. ПРИМЕР

У складу са глобалним трендовима коришћења ЛЕД технологије у осветљењу, бројни су примери примене исте у циљу добијања енергетски ефикасног осветљења [28-30]. Покрајински секретаријат за енергетику, грађевинарство и саобраћај АП Војводине већ неколико година расписује јавне конкурсе за доделу бесповратних подстицајних средстава за суфинансирање реализације пројеката штедљиве расвете. По истом конкурс, корисник средстава током 2022. године [31] била је и Основна школа „Коста Стаменковић“ у Српском Милетићу, у којој је реконструисана расвета у приоритетним просторијама у приземљу и на првом спрату, у првој фази реконструкције [32]. У склопу овог рада приказан је пример учионице број 4, која се налази у приземљу школе.

Стање пре реконструкције расвете

Пре реконструкције, за осветљење поменуте учионице било је коришћено шест комплета са по две флуо цеви дужине 1500 mm, снаге по 58 W, односно укупна инсталисана снага била је 696 W. Изглед поменутог комплета приказан је на слици 1.



Слика 1. Комплет са две флуо цеви дужине 1.500 mm

Мерење интензитета осветљаја на ђачким клупама и за катедарским наставним столом обављено је коришћењем луксметра произвођача СЕМ, ознаке DT-8808 [33], са опсегом читавања 0,10 lux – 50.000 lux и тачношћу читавања од $\pm 5\%$ за осветљај до 10.000 lux, односно $\pm 10\%$ за осветљај преко 10.000 lux. Димензије уређаја су 115 mm x 60 mm x 27 mm а маса уређаја је 350 g. Описани луксметар приказан је на слици 2.

Резултати мерења приказани су у табели 1. Утврђен је средњи интензитет осветљаја од 281 lux, са равномерношћу од 68%. Узимајући у обзир да српски стандард SRPS-EN 12464-1, усклађен са европским EN 12464 [34], одобреном од стране CEN/CENELEC-а 14. априла 2011. године, за учионице предвиђа средњи интензитет осветљаја од 300 lux, са равномерношћу од 80% и UGR-ом (*Unified Glare Rating*) од 19, може се рећи да су резултати мерења у складу са очекивањима пошто је постојећа расвета била дужи низ година у употреби и природно је да дође до благог опадања интензитета осветљаја.



Слика 2. Луксметар DT-8808

Табела 1. Интензитет осветљаја на ђачким клупама и за наставним столом пре реконструкције расвете

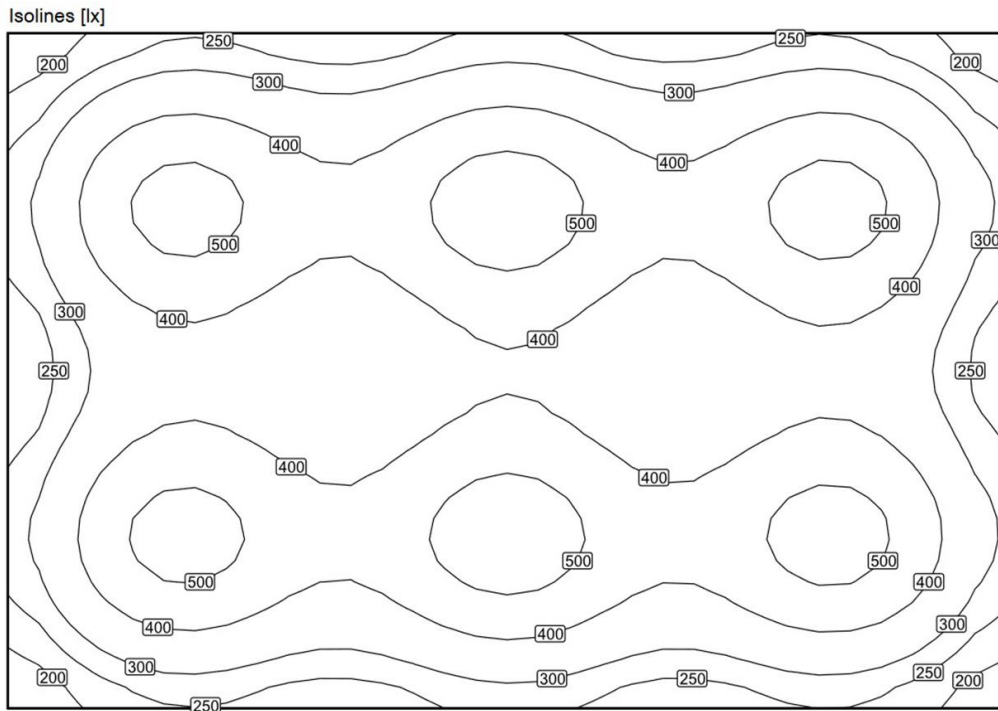
Улаз					
↓	245	212	192	236	235
	312	303	326	275	328
	226	296	330	267	306
308	245	322	331	321	317
↑	316	267	287	254	249
Катедра					

Фотометријски прорачун

Фотометријски прорачун за дефинисану учионицу урађен је коришћењем програмског окружења DIALux evo [35]. Прорачуном је предвиђено да се за осветљење поменуте учионице искористи шест надградних панела, са ЛЕД изворима светлости, димензија 295 mm x 1195 mm, снаге 40 W, сличних типу AG-PLE301240 [36], чиме би се добио средњи интензитет осветљаја од 379 lux на висини од 0,8 m, а што је приближна висина ђачких клупа. Ради лакше прегледности, изолиније, које су добијене симулацијом, а које показују интензитет осветљаја у дефинисаној учионици, приказане су на слици 3.

Стање након реконструкције расвете

Реконструкција расвете у учионици број 4 у Основној школи „Коста Стаменковић“ у Српском Милетићу извршена је према идејном пројекту [32], односно уграђено је шест панела, са ЛЕД изворима светлости, димензија 295 mm x 1195 mm, снаге 40 W, са UGR-ом мањим или једнаким 19, ознаке AG-PLE301240 [36], па је укупна инсталисана снага сада једнака 240 W. Изглед учионице са уграђеним панелима приказан је на слици 4.



Слика 3. Интензитет осветљаја предвиђен фотометријским прорачуном [32]

Након реконструкције расвете, извршено је ново мерење интензитета осветљаја на ђачким клупама и за катедарским наставним столом, коришћењем истог луксметра, како би се утврдио постигнути ефекат. Приказ постављеног луксметра на једну од клупа и измерени интензитет осветљаја дат је на слици 5.

Комплетни резултати мерења

приказани су у табели 2 [37]. Утврђен је постигнути средњи интензитет осветљаја од 343 lux, са равномерношћу од 77%, чиме су практично у потпуности задовољени услови које захтева стандард SRPS-EN 12464-1 [34], а по којима се тражи средњи интензитет осветљаја од минимално 300 lux и равномерност од 80%. Треба напоменути да прорачуната равномерност свакако зависи од броја и позиције мерних тачака и да се гледа у



Слика 4. Нова расвета у учионици број 4 [37]

односу на целу просторију, а да је при мерењима у овом случају акценат стављен само на ђачке клупе и катедарски наставни сто као приоритетне тачке, па између осталог и због тога постоји незнатно одступање у вредности.

Узимајући у обзир стање пре реконструкције расвете, јасно се изводи закључак да је постигнут бољи и равномернији интензитет осветљаја, што је посебно значајно. У поређењу са резултатима добијеним симулацијом коришћењем програмског окружења DIALux evo, изводи се закључак да је стварни интензитет осветљаја нешто нижи али да не одступа превише. Наравно, треба имати у виду и то да између симулације и стварности постоје извесна одступања у смислу подешавања свих симулационих параметара што је могуће ближе реалним условима, и слично. На основу свега наведеног, постигнути резултати оцењени су као врло добри [37].



Слика 5. Луксметар постављен у мерну позицију и измерени интензитет осветљаја [37]

Табела 2. Интензитет осветљаја на ђачким клупама и за наставним столом након реконструкције расвете [37]

Улаз					
↓	265	267	264	285	305
	396	381	421	346	415
	283	351	400	309	374
405	284	397	411	375	380
↑	382	305	323	302	292
Катедра					

Техно-економска анализа

Кратка техно-економска анализа приказана је у табели 3. На основу података датих у табели, види се да је број расветних тела и пре и након реконструкције исти, по шест. Укупна инсталисана снага пре реконструкције је 0,77 kW (са урачунатом снагом предспојних уређаја која износи приближно 10% од снаге извора светлости), а након реконструкције 0,24 kW. Узимајући у обзир да се расвета у школама просечно користи 2100 h годишње, закључује се да је укупна уштеда електричне енергије на годишњем нивоу 1113 kWh, а када се узме у обзир и просечна цена електричне енергије за 2023. годину (11 рсд/ kWh) закључује се да су трошкови електричне енергије смањени за 12243 рсд на годишњем нивоу, односно за 68,83%.

За редовно годишње одржавање пре реконструкције је трошено приближно 6018 рсд, јер се флуо цеви мењају просечно једном у две године, при чему просечна цена флуо цеви снаге 58 W са урачунатим трошковима испоруке и замене износи 2006 рсд (17 евра). На основу наведеног, закључује се да су укупни трошкови смањени за приближно 18261 рсд на годишњем нивоу.

Узимајући у обзир да се у Републици Србији при производњи 1 kWh електричне енергије емитује 0,774 kg CO₂ [38], закључује се да је емисија CO₂ на годишњем нивоу смањена за 0,86 t, односно за 68,80%.

На основу свега наведеног, јасно се закључује колике су добити коришћења оваквог одрживог решења осветљења. То се најбоље може видети на следећем

примеру. Наиме, нека просечна школа има 20 учионица овог типа. Укупно смањење трошкова у таквој школи на годишњем нивоу било би чак 365220 рсд, а емисија CO₂ била би смањена за чак 17,2 t. Како је превиђени потенцијални радни век уграђених панела 50000 h [37] (односно преко 23 године за рад од просечно 2100 h), закључује се да би се у поменутом периоду уштедило чак 8692236 рсд а да би емисија CO₂ била смањена за чак 409,36 t. Наравно, треба имати у виду да су поменути трошкови, како електричне енергије, тако и одржавања, варијабилни али да добијени резултати итекако добро показују све предности LED технологије. Додатне уштеде могле би се остварити и другачијим управљањем, на пример, димовањем како би се остварила доња, минимално границе потребног осветљаја, и слично.

6. ЗАКЉУЧАК

Применом најновијих светиљки уз употребу LED извора светлости добијају се савремена, ефектна решења расвете а постижу се значајне предности, како у погледу фотометријских резултата, тако и у погледу потрошње електричне енергије и смањења трошкова одржавања које се своди на минимум. Ово је и показано кроз практичан пример реконструкције постојеће расвете у учионици број 4 у Основној школи „Коста Стаменковић“ у Српском Милетићу. Укупни трошкови електричне енергије, као и емисија CO₂ смањени су за преко 68%.

Табела 3. Техно-економска анализа

Опис позиције	Стање пре реконструкције	Стање након реконструкције
Број инсталираних светиљки (комад)	6	6
Укупна инсталисана снага (kW)	0,77	0,24
Просечна годишња потрошња електричне енергије (kWh) – 2100 h	1617,00	504,00
Уштеда електричне енергије на годишњем нивоу (kWh)	-	1113,00
Уштеда електричне енергије на годишњем нивоу (%)	-	68,83%
Укупан износ трошкова електричне енергије на годишњем нивоу (рсд) – просечна цена 11 рсд/ kWh	17787,00	5544,00
Смањење трошкова електричне енергије на годишњем нивоу (рсд)	-	12243,00
Смањење трошкова електричне енергије на годишњем нивоу (%)	-	68,83%
Годишњи трошкови одржавања (рсд)	6018,00	-
Смањење трошкова за редовно годишње одржавање (рсд)	-	6018,00
Укупни трошкови на годишњем нивоу (рсд)	23805,00	5544,00
Укупно смањење трошкова на годишњем нивоу (рсд)	-	18261,00
Емисија CO ₂ на годишњем нивоу (t)	1,25	0,39
Смањење емисије CO₂ на годишњем нивоу (t)	-	0,86
Смањење емисије CO₂ на годишњем нивоу (%)	-	68,80%

7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Weisbuch, C., Historical perspective on the physics of artificial lighting. *Comptes Rendus Physique* 19(3) pp. 89-112, 2018.
- [2] Feezell, D., Nakamura, S., Invention, development, and status of the blue light-emitting diode, the enabler of solid-state lighting, *Comptes Rendus Physique*, 2018.
- [3] Weisbuch, C., Spitz, E., David, A., LEDs: The new revolution in lighting, Foreword, *Comptes Rendus Physique*, 2018.
- [4] Bowers, B., *Lengthening the Day: a History of Lighting Technology*, Oxford University Press, UK, 1998.
- [5] DeLaura, D., A brief history of lighting, *Opt. Photonics News* 23, 2008.
- [6] History of street lighting, <http://www.historyoflighting.net/electric-lighting-history/history-of-street-lighting/>, приступљено 08.07.2023.
- [7] Waymouth, J. F., *History of Light Sources. Handbook of Advanced Lighting Technology*. Springer International Publishing, Switzerland, 2017.
- [8] Šešlija, D., Milenković, I. Održiva proizvodnja. Edicija „Tehničke nauke – Udžbenici“. Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, 2019.
- [9] Hickman, L., Light goes out for incandescent bulbs, <https://www.theguardian.com/environment/2012/aug/31/lightbulbs-incandescent-europe>, 2012, приступљено 10.07.2023.
- [10] Incandescent Bulb vs CFL Bulb vs LED Bulb Part II, <https://bgpmaintenance.com/2015/11/18/incandescent-cfl-led-part-ii/#:~:text=The%20big%20difference%20between%20CFLs,a%20dollar%20more%20per%20bulb.>, 2015, приступљено 10.07.2023.
- [11] AGECC, *Energy for a Sustainable Future: Report and Recommendations*, UN Secretary-General’s Advisory Group on Energy and Climate Change, 2010.
- [12] IEA, *World Energy Outlook 2016*, Organization for Economic Co-operation and Development & International Energy Agency, 2016.
- [13] Alstone, P., Jacobson, A., LED advances accelerate universal access to electric lighting. *Comptes Rendus Physique*, 2018.
- [14] Zheludev, N., The life and times of the LED - A 100-year history. *Nat. Photonics* 1, 189–192, 2007.
- [15] Mottier, P., *LED for Lighting Applications*. John Wiley & Sons, 2010.
- [16] LED History Lesson, Part 1: The LED Origin Story. LIME A Willdan company. <https://www.lime-energy.com/led-history-lesson-part-1-the-led-origin-story/>, приступљено 07.07.2023.
- [17] Haitz’s law, *Nature photonics*. 1(23), 2007.
- [18] Kostić, M. Vodič kroz svet tehnike osvetljenja. Minel-Schreder, Beograd, 2000.
- [19] Cangeloso, S., *LED lighting: A primer to lighting the future*. O’Reilly Media, Inc., Sebastopol, USA, 2012.
- [20] Longcore, T., Rich, C., Ecological light pollution. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2(4), 191-198, 2004.
- [21] Српско друштво за осветљење. Закључци са Округлог стола на тему LED осветљења od 27.10.2016 године, <http://dos-osvetljenje.org.rs/download/category/16-2016.html>, приступљено 10.07.2023.
- [22] Đuretić, A. „Internet of Things“ – Globalna revolucija u sistemima daljinskog upravljanja i nadzora. Savetovanje Srpskog društva za osvetljenje, 2017, <http://dos-osvetljenje.org.rs/download/category/19-2017.html>, приступљено 10.07.2023.
- [23] Leccese, F. Remote-Control System of High Efficiency and Intelligent Street Lighting Using a ZigBee Network of Devices and Sensors. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 28(1), 21-28, 2013.
- [24] Caponetto, R., Dongola, G., Fortuna, L., Riscica, N., Zufacchi, D. Power

- consumption reduction in a remote controlled street lighting system. International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion, Ischia, Italy, 2008, pp. 428-433
- [25] Kumar, A., Gupta, S., Study on ZigBee Technology. International journal of engineering sciences & research technology, 2013.
- [26] Malhotra, J., ZigBee technology: Current status and future scope. International Conference on Computer and Computational Sciences (ICCCS). IEEE, 2015.
- [27] Индустриски стандард IEEE 802.15.4 <https://www.ieee802.org/15/pub/TG4.html>, приступљено 08.07.2023.
- [28] Šupić, M. LED i konvencionalna energetska efikasna rešenja za osvetljenje Grundfos fabrike u Indiji. Savetovanje Srpskog društva za osvetljenje, 2013, <http://dos-osvetljenje.org.rs/download/category/12-2013.html>, приступљено 10.07.2023.
- [29] Pavlović, M., Dragičević, M., Radičević, D., Kolundžija, S., Krivošić, A. Tehnologija LED osvetljenja u savremenom industrijskom objektu Henkel – SVR Kruševac (fabrika za proizvodnju Bref kuglica) projektovanom i izgrađenom po LEED standardima. Savetovanje Srpskog društva za osvetljenje, 2014, <http://dos-osvetljenje.org.rs/download/category/13-2014.html>, приступљено 10.07.2023.
- [30] Nikolić, D., Gluvačević, D., Energetski efikasno osvetljenje na primeru rekonstrukcije rasvete magacina Karataš. Savetovanje Srpskog društva za osvetljenje, 2016, <http://dos-osvetljenje.org.rs/download/category/16-2016.html>, приступљено 10.07.2023.
- [31] Одлука о додели бесповратних подстицајних средстава за суфинансирање реализације пројеката штедљиве расвете од 18.05.2022. године, <https://www.psegs.vojvodina.gov.rs/wp-content/uploads/2022/05/odluka-PSEGS-22-SUR.pdf>, приступљено 10.07.2023.
- [32] Кнежевић, Д. (Центар за заштиту и инжењеринг ДОО Нови Сад). ИДП – Идејни пројекат 25-02/22, Нови Сад, 2022.
- [33] Луксметар DT-8808. <https://www.cem-instruments.com/en/product-id-1312>, приступљено 10.07.2023.
- [34] Српски стандард SRPS EN 12464-1:2021, Light and lighting - Lighting of work places - Part 1: Indoor work places
- [35] DIALux evo. <https://www.dialux.com/en-GB/>, приступљено 10.07.2023.
- [36] AG-PLE301240. <http://ledrasveta.org/proizvod/ag-ple301240/>, приступљено 10.07.2023.
- [37] Петричевић, В. (Адамовић Глобал ДОО Нови Сад) Извештај о мерењу и испитивању постигнутог осветљаја у Основној школи „Коста Стаменковић“ у Српском Милетићу, 2022.
- [38] Jovančić, P., Ignjatović, D., Đenadić, S. Uredni prikaz proizvodnje električne energije iz uglja zemalja Evrope sa najvećim udelom: politika i projekcija proizvodnje. Energija, ekonomija, ekologija, 3, XXIV, 63-71, 2022.

Адреса аутора: Доцент др Вуле Релић,
 Факултет техничких наука Универзитета у
 Новом Саду, Трг Доситеја Обрадовића 6
 е-маил: vuketa90@uns.ac.rs
 Рад примљен: јул 2023.
 Рад прихваћен: септембар 2023.



МИЛОШ САВЧИЋ
(1865 – 1941)

Грађевински инжењер.

Пројектант и градитељ

пруга, индустријских објеката, фабрика,
велелепних зграда, читавих градских квартова.

Финансијски експерт, банкар и инвеститор.

Политичар и родољуб.

Градоначалник Београда и

Министар у Влади Србије.

Један од најбогатијих Срба свих времена.

UNAPREĐENJE PROCESA PROIZVODNJE INOX GALANTERIJE PRIMENOM VEŠTAČKE INTELIGENCIJE

IMPROVING THE PRODUCTION PROCESS OF STAINLESS STEEL HARDWARE USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE

MILJAN MILETIĆ¹
MILORAD RANČIĆ²
PREDRAG SIBINVIĆ¹

¹Akademija strukovnih studija Kruševac, odsek tehničko tehnološki

²Društvo inženjera u Zrenjaninu, Zrenjanin

REZIME

Rad koji će biti predstavljen opisuje unapređenje poslovnog ciklusa upotrebom novih informaciono robotizovanih rešenja u proizvodnom ciklusu. Prikazano rešenje je u upotrebi u industrijskoj eksploataciji za proces šmirglanja inox elemenata. Rad će dokazati visoku efikasnost, veliku pouzdanost, ekonomsku isplativost i potpunu zaštitu na radu i zdravlja radnika. Proizvodni proces proizvodnje inox sfernih elemenata sastoji se iz većeg broja zavisnih faza. Prva faza je izrada poluproizvoda presovanjem inox lima na hidrauličnim presama. Zatim se vrši spajanje poluproizvoda zavarivanjem na robotizovanoj mašini za varenje inoxa (ova faza je objašnjena i opisana u prethodnom broju časopisa). U trećoj fazi vrši se obrada elemenata šmirglanjem na automatskoj mašini, dok se u četvrtoj fazi vrši završna obrada inox elemenata – poliranje visokog sjaja. Glavni problem koji se javlja kod mašina za šmirglanje je potrošnja i habanje šmirgli u procesu obrade. Kao rešenja nametnulo se nekoliko mogućnosti: ugradnja foto osetljivih senzora koji treba da registruju potrošnju abrazivnih sredstava i automatski izvrše

korekciju potrošnje abrazivnog materijala, upotreba mikro prekidača osetljivih na dodir i prekidača osetljivih na pritisak. Pomenuta rešenja dala su neprihvatljive rezultate. Zbog velike količine prašine koja se javlja procesom šmirglanja foto senzori su bili praktično neupotrebljivi. Pošto mašina ima veliku širinu šmirgle, a habanje nije isto na celoj površini, kao i zbog povećanja vremena rada, pošto bi šmirgla morala da prestane sa rotacijom prilikom vršenja merenja i ovi senzori su odbačeni kao neprihvatljivi. Kao jedino preostalo rešenje nametnula se veštačka inteligencija, odnosno mašinsko učenje, gde bi mašina sama trebala da nadomesti nedostatke senzora i izvrši podešavanje rastojanja šmirgle i inox elementa. Učenje neuronske mreže zahtevalo je veliku bazu podataka za različite slučajeve upotrebe šmirgle (različite granulacije). Mašina ima mogućnost obrade inox galanterije različitih dimenzija od $\Phi 20$ do $\Phi 120$ mm. Naravno da i debljina lima utiče na parametre potrebne za šmirglanje. Do svih parametara došlo se višegodišnjim testiranjem eksperimentalnim probama i unosom podataka u bazu, čime je stvorena dobra osnova za obuku neuronske mreže. Mašina prilikom rada prikuplja informacije i unosi u bazu. Sa

svakim novim upisom povećava se preciznost tačnosti neuronske mreže. Sa ekonomskog stanovišta došlo je do uštede na tri polja. Smanjen je broj radnika potrebnih za šmirglanje. Znatno je skraćeno vreme potrebno za izradu (prosečan radnik šmirgla kuglicu $\Phi 30$ za 80s, dok mašina šmirgla 4 kuglice za 36s). Značajno se smanjuje potrošnja električne energije potrebne za rad mašina. Sa aspekta zaštite na radu i zaštite životne sredine rezultati su za preko 80% bolji nego prilikom rada čoveka. Mašina poseduje savremenu opremu za odvajanje čestica sitne prašine koja se putem otresača izdvaja u posebne kontejnere. Mašina je, dok radi, oklopljena u potpunosti, tako da i radnik koji je opslužuje poseduje samo ličnu zaštitnu opremu.

Ključne reči: Veštačka inteligencija, senzori, automatizacija, baze podataka

ABSTRACT

The work that we present to you describes the improvement of the business cycle using new informational robotic solutions in the production cycle. The presented solution is used in industrial exploitation for the process of sanding stainless steel elements. The work will prove high efficiency, high reliability, economic profitability and complete protection at work and workers' health. The production process of the production of stainless steel spherical elements consists of a large number of dependent phases. The first stage is the production of semi-finished products by pressing stainless steel sheets on hydraulic presses. The semi-finished products are then joined by welding on a robotized stainless steel welding machine (this phase is explained and described in the previous issue of the magazine). In the third phase, the elements are processed by sanding on an automatic machine, while in the fourth phase, the final processing of the stainless steel elements is performed - high gloss polishing. The main problem that occurs with sanding machines is the consumption and wear of sanding in the processing process. Several possibilities emerged as solutions. Installation of photo-

sensitive sensors that should register the consumption of abrasives and automatically correct the consumption of abrasive materials. Use of touch-sensitive micro switches and pressure-sensitive switches.

The mentioned solutions gave unacceptable results. Due to the large amount of dust produced by the sanding process, the photo sensors were practically unusable. Since the machine has a large width of sandpaper, and the wear is not the same on the entire surface, as well as due to the increase in working time, since the sandpaper would have to stop rotating when measuring, and these sensors were rejected as unacceptable. Artificial intelligence, i.e. machine learning, was imposed as the only remaining solution, where the machine itself should compensate for the shortcomings of the sensor and perform the adjustment of the distance between the sandpaper and the stainless steel element. Learning the neural network required a larger database for different cases of emery (Different granulations). The machine has the possibility of processing stainless steel accessories of different dimensions from fi 20 to fi 120 mm. Of course, the thickness of the sheet also affects the parameters required for sanding. All the parameters were arrived at through many years of testing, experimental trials and data entry into the database, which created a good base for neural network training. During operation, the machine collects information and enters it into the database. With each new entry, the accuracy of the neural network increases. From an economic point of view, there were savings in three fields. Reduced number of workers required for sanding. Significantly reduced time required for production. (an average worker grinds a fi 30 ball in 80 sec, while a machine 4 sands balls in 36 sec). The consumption of electrical energy required for the operation of the machine is significantly reduced. From the aspect of safety at work and environmental protection, the results are over 80% better than during human work. The machine has modern equipment for separating fine dust particles, which are separated into special containers by means of shakers. While

the machine is working, it is fully armored so that the worker who operates it has only personal protective equipment

Key words: Artificial intelligence, Sensors, automatization, database

1. UVOD

Rad koji će biti predstavljen istražuje ekonomske aspekte u proizvodnom procesu upotrebom automatizacije i veštačke inteligencije. Predstavljeno rešenje našlo je primenu u industrijskoj eksploataciji fabrike za proizvodnju inox galanterije. Konkretno, mašina na kojoj su vršena istraživanja obrađuje inox sferne elemente šmirglanjem, odnosno poliranjem do dobijanja visokog sjaja.

Ranije su radnici morali ručno da izvode ove operacije. Problemi koji su se javljali prilikom ručnog rada su:

- Veliko vreme obrade (potreban je veći broj radnika)
- Nedostupnost radnika
- Razlike u kvalitetu politure proizvoda
- Potrošnja abrazivnog materijala i materijala za poliranje
- Potrošnja zaštitnih sredstava

Problem kod uvođenja automatizacije u procesu obrade javio se kod odbojnosti, nespremnosti radnika da prihvate mašinu koja radi umesto njih. Tradicionalna shvatanja radnika na području bivših jugoslovenskih republika da je upotreba automatizacije, robotizacije neprihvatljiva i da će radnici ostati bez posla ako fabrike uvedu automatizaciju.

U prvom delu rada biće objašnjeni principi funkcionisanja mašine za šmirglanje i poliranje kuglica, zatim u drugom delu biće predstavljeni problemi koji su se dešavali u automatizaciji i razlozi za uvođenje veštačke inteligencije. Treći deo rada bavi se istraživanjem i ekonomskom isplativošću primenjenog rešenja. U zaključnom delu biće potkrepljeni činjenicama razlozi primene ovog rešenja u industrijskoj eksploataciji. Pošto se kaže da slika govori više od 1000 reči, a video više od 1000 slika na sledećem linku može se videti

prezentacija mašine koja je opisana u radu <http://emips.mmelektronik.rs/masina> poliranje kuglica

2. MAŠINA ZA OBRADU SFERNIH INOX ELEMENATA

Da bi principi rada mašina za šmirglanje i poliranje sfernih inox elemenata bili razumljivi, u nastavku će biti prikazane slike pre šmirglanja, nakon šmirglanja i nakon poliranja. Na slici 1 prikazan je izgled sfernog elementa nakon zavarivanja. Sa priložene slike može se videti neobrađeni sastav na sredini sfere koji je nastao spajanjem metala zavarivanjem argonskim uređajem. Mašina koja se koristi za šmirglanje ima zadatak da izjednači nesavršenost koja se javlja sastavljanjem metala rotacijom sfernog elementa između brusnog papira ili drugog abrazivnog materijala.



Slika 1: Inox element nakon zavarivanja
(Izvor: Miljan Miletić)

Na slici 2 predstavljen je izgled sfere nakon završenog procesa obrade u mašini za šmirglanje. Vidi se da je abrazivno sredstvo uklonilo sve velike neravnine i ogrebotine koje su se javile nakon zavarivanja i pripremio inox element za dalju obradu-poliranje. Bitno je da elementi budu dobro i ujednačeno ošmirglani kako u narednom procesu ne bi došlo do oštećenja krpe.



Slika 2: Inox element nakon šmirglanja
(Izvor: Miljan Miletić)

Nakon završenog procesa šmirglanja elementi sfernog oblika se prebacuju na sledeću mašinu čiji je zadatak da izvrši fino poliranje i elementu vrati visoki sjaj. Na slici 3 prikazan je sferni element nakon obrade u mašini za poliranje. Primećuje se značajna transformacija u kvalitetu i estetskom izgledu elementa.



Slika 3: Inox element nakon poliranja (Izvor: Miljan Miletić)

2.1. MAŠINA ZA ŠMIRGLANJE INOX ELEMENATA

Mašina za šmirglanje kuglica sastoji se od većeg broja elemenata koji međusobno koegzistiraju. Glavni elementi mašine su glava šmirglanja, valjak za usporavanje rotacije, alat za prihvatanje inox elemenata, motor za obrnutu rotaciju oko svoje ose, servo motori za podešavanje položaja glave za šmirglanje. Pored ovih elemenata za njihov rad i upravljanje postoje merno regulacioni i upravljački sklop. Sklop se sastoji od nekoliko senzora, mikro prekidača, PLC kontrolera, mikro računara,

HMI uređaja, frekventnih regulatora. Na slici 4 prikazana je jedna od mašina na kojoj je vršeno testiranje.



Slika 4: Mašina za šmirglanje-poliranje
(Izvor: Miljan Miletić)

U nastavku je objašnjena funkcionalnost mašine. Radnik pokreće mašinu izborom automatskog programa, uključuje ventilaciju, svetlo, motor za šmirglanje, valjak i mašinsku ruku. Zatim vrši postavljanje elemenata u alat. Postoje i automatizovane trake za postavljanje elemenata u alat. Zbog veće cene i potrebe za većim brojem mašina (minimalno 2: jedna za poliranje, druga za šmirglanje), vršene su probe i provere na samostalnoj mašini i svi rezultati merenja vršeni su sa ručnim doziranjem elemenata. Na slici 5 prikazan je meni u kome radnik treba da izabere vrstu kugli za rad. Parametri za približavanje šmirgli se automatski podeše upotrebom veštačke inteligencije.



Slika 5: Mašina za šmirglanje-automatski rad (Izvor: Miljan Miletić)

Na prikazanoj slici postoje parametri koje radnik ima mogućnost da izmeni.

Dodavanjem ili oduzimanjem vrednosti + , -, radnik vrši korekciju primicanja, odnosno odmicanja servo motora glave za šmirglanje. Svaka promena vrednosti unosi se u bazu podataka. Ovi parametri utiču na proces učenja i treniranja neuronske mreže. Mašina automatski vrši korekcije parametara prilikom promena zamene novog abrazivnog sredstva ili nove krpe. Pored menija za izbor veličina elemenata koji se kreću u rasponu od Φ 30 do Φ 120 na prikazanoj mašini postoji mogućnost za dodavanje novih dimenzija, postoji i poseban meni za administraciju u kome autorizovan korisnik ima mogućnost podešavanja parametara (slika 6).



Slika 6: Meni za pristup posebnim parametrima-automatski rad (Izvor: Miljan Miletić)

3. PRIMENA VEŠTAČKE INTELIGENCIJE AI

U ovom poglavlju biće objašnjeni razlozi koji su doprineli upotrebi veštačke inteligencije. Kako je prethodno objašnjeno, prilikom procesa obrade sfernih elemenata dolazi do habanja abrazivnih sredstava (šmirgle), potrebe za više različitih dimenzija elemenata doveli su do potrebe da se glava motora za šmirglanje i valjka moraju menjati, približavati i udaljavati u zavisnosti od habanja, odnosno dimenzije elementa.

3.1.SENZORI ZA KOREKCIJU POLOŽAJA

U ovom potpoglavlju biće objašnjeni razlozi zbog kojih nije moguća upotreba induktivnih, ultrazvučnih, fotoelektričnih, mehaničkih i drugih vrsta senzora. Sve gore napomenute vrste senzora prošle su proveru na mašini i nisu mogli da zadovolje potrebe mašine. Zbog velikih nečistoća i pored upotrebe propisanih ventilacionih standarda većina ovih senzora se nakon kratkog vremenskog intervala zaprlja i prestaje sa radom ili čak daje pogrešne informacije, što dovodi do mogućeg oštećenja mašine. Najpre su iz upotrebe isključeni foto električni i induktivni senzori. Mehanički senzori su najduže ostali u upotrebi, ali rezultati koje su postizali bili su neprihvatljivi za mašinu sa automatskim pronalaženjem položaja šmirgle i valjka. Znatno se povećavalo vreme potrebno za inicijalizaciju početnog položaja motora. Motor šmirgle je morao da prestane sa radom, zatim se motor primicao senzoru da očita vrednosti potrošnje abrazivnog materijala. pa se motor vraćao u početni položaj i nakon toga se pokretao motor koji radi u režimu „zvezda trougao“. Ceo ovaj postupak trajao je duže nego što je bilo potrebno vreme radniku na ručnoj mašini da obradi isti broj sfernih elemenata. Zbog neefikasnosti upotreba i ovih senzora je otkazana. Nametnulo se jedno rešenje koje je moralo da uključi veštačku inteligenciju.

U zavisnosti od određenog zadatka veštačke inteligencije (Artificial Intelligence-AI), prednost se daje određenoj arhitekturi duboke neuronske mreže (Deep Neural Network-DNN). Dakle, najčešće korišćeni DNN za klasifikaciju audio scene je konvoluciona neuronska mreža (Convolutional Neural Network-CNN) [1,2,3,7], dok algoritmi za detekciju audio događaja uglavnom koriste konvolucionu rekurentnu (povratnu) neuronsku mrežu [7].

Što se tiče optimizacije strukture mreže, ovo se obično radi na ručni način [8]. Zbog toga se arhitektura CNN-a uglavnom bira eksperimentalno koristeći grešku validacije

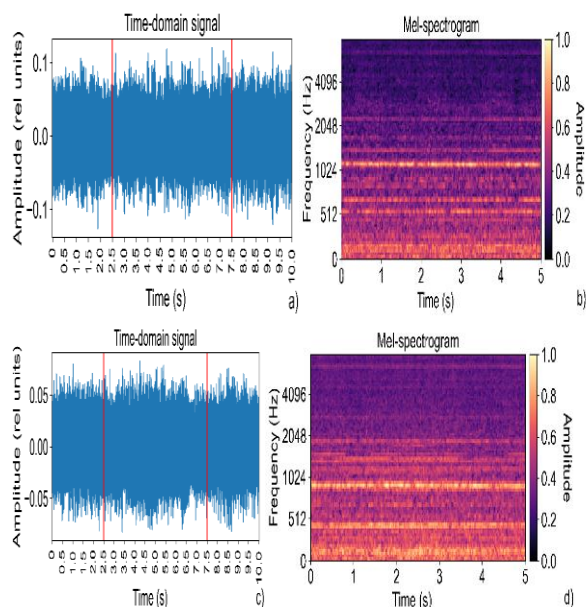
kao parametar koji vodi do nekih smernica koje se primenjuju. Oni uključuju manji broj parametara za manje podataka, povećanje broja kanala sa smanjenjem veličine mapa karakteristika u narednim konvolucionim slojevima i dizajn u vezi sa zadatkom (analiza ili sinteza/transformacija) [9].

DNN-ovi su sposobni da karakterišu i klasifikuju signale u audio domenu sa značajnim nivoima robusnosti, jer audio događaji imaju specifične spektrotemporalne oblike. Mreža koja se često koristi za obradu zvuka zasnovanu na veštačkoj inteligenciji je CNN. Zbog toga CNN dobija na popularnosti u obradi zvuka zasnovanoj na veštačkoj inteligenciji [10-13], za koju se može smatrati da je neosetljiva na poziciju uzorka na slikama zasnovanim na spektrogramu [14] i prepoznata kao pogodna tehnika za klasifikaciju karakteristika slike spektrograma [10]. Zvuk mašine za šmirglanje sniman je mernim mikrofonom postavljenim na oko 30cm iznad testiranog motora koji rotira šmirglu.

Audio signali snimljeni sa frekvencijom uzorkovanja od 16 kHz se prvo prethodno obrađuju na način da se izdvoji srednji deo rotacije izostavljajući prelazne regione na početku i na kraju signala. Trajanje ovog srednjeg dela je 5s. Takvi ekstrahovani audio signali se koriste za njihovo mapiranje u adekvatnu sliku nalik spektrogramu. U tu svrhu je izabran log-mel spektrogram, dobijen od grupe trouglastih filtera koji se preklapaju i izračunavaju energiju spektra u svakom mel opsegu, kao što je prikazano na slici. Razdvajanje između neispravnih i ispravnih komada koji su šmirglani izvršilo je iskusno osoblje proizvođača vizuelnom proverom kvaliteta šmirglanja. Pre nego što se počne sa klasifikacijom, audio signali šmirglanja kuglica se prvo posmatraju u vremenskom i frekvencijskom domenu. U idealnoj situaciji bila bi vidljiva jasna razlika između komada sa određenim nepravilnostima prilikom šmirglanja (loše šmirglanje – NOK kuglica) i komada sa dobrim karakteristikama (ispravni komadi – OK kuglica). Međutim, pošto su ovi komadi

kuglica potpuno novi, u većini slučajeva postoje samo male razlike među njihovim zvukovima. Audio signali u vremenskom domenu ove dve klase šmirglanja su prilično slični. Spektri ovih signala su takođe slični, ali pokazuju neka specifična svojstva. Dakle, postoje neki pikovi u spektru NOK kuglica koji nisu toliko izraženi u spektru OK kuglica, na primer oni na oko 80Hz ili 220Hz. Osobine ovih signala iz vremenskog i frekventnog domena su prevedene u domen mel-spektrograma, kao što je dato na slici ???. Međutim, ova slika predstavlja neke druge istaknute osobine audio signala, kao što je fluktuacija pojedinih komponenti frekvencije u vremenu. Osim toga, NOK kuglica ima nešto slabije komponente u opsegu između 300Hz i 900Hz, odnosno OK kuglica ima neke naglašenije komponente između 2kHz i 2,6kHz. CNN sa sekvencijalnim procesnim cevovodom (linearni stek slojeva) je razvijen i implementiran u programskom jeziku Python za ciljni slučaj upotrebe klasifikovanja šmirglanja kuglica u dve klase – OK i NOK prema prisustvu bilo kakve nepravilnosti koji se ogleda u promeni zvuka koji generiše taj određeni ton šmirglanja. Mreža se sastoji od konvolucionih, aktivacionih, objedinjenih i ispadajućih slojeva u konvolucionom bloku mreže koji prati potpuno povezana mreža. Klasifikacija šmirglanja u dve klase – ispravne kuglice (OK kuglice) i sa nepravilnostima (NOK kuglice) ovde je realizovana na osnovu zvuka koji ova mašina za šmirglanje generiše tokom svog rada. Snimljeni audio signali koji sadrže 5s korisnog zvuka mašine su mapirani u mel-spektrograme koji se koriste kao ulaz u razvijeni CNN klasifikator. Mel-spektrogram je izabran kao odgovarajuća slika, jer se pokazalo da može biti kompromis između ne tako velike veličine slike (rezolucije) i reprezentativnog sadržaja koji čuva neke važne karakteristike audio signala. Najčešći oblik vizuelne reprezentacije zvuka je obezbeđen kroz varijaciju frekventnog spektra u vremenu, kao što je spektrogram [15-17]. Zvuci se prvo mapiraju u slike mel-spektrograma. Zatim se za sve ove slike izračunavaju tri

mere sličnosti slika, koje se koriste za analizu zvukova industrijskih proizvoda primenom pristupa obrade slike. Analiza uključuje upotrebu matrica sličnosti i toplotnih mapa; dodatno se vrši i statistička analiza. Fokus je na unutarklasnim i međuklasnim sličnostima kako bi se pokazalo koliko su slični zvukovi koji pripadaju istoj klasi i različitim klasama. Za svaku novu mašinu trebalo je da se ponovo snimaju zvuci, pravi mel-spektrogram, vrši obuka neuronske mreže.[4] Ovo se radi zbog drugačijih karakteristika mašina (jači elektromotor, veća brzina rotiranja šmirgle). Zvukovi sa svih tipova mašina koje su u upotrebi su snimljeni na isti način, čime su uzorci ujednačeni i lakši za upoređivanje u daljoj analizi. Zvučni uzorci predstavljaju jednokanalne (mono), 16-bitne snimke zvukova pomenutih mašina (dakle rezolucije $2^{16} = 65536$) u trajanju od 10s sačuvane u "wav" formatu. Ovi uzorci sadrže zvuk ciljane mašine, ali i zvukove prateće opreme i zvukove okoline. Frekvencija uzorkovanja snimljenih signala je 16 kHz. Pozadinska buka iz različitih fabrika snimljena je odvojeno, a mešana je sa zvucima mašina u fazi postprocesiranja.



Slika 7: Log-mel spektrogram nasumično odabranog pojedinačnog OK i NOK audio signala u trajanju od 5s [4]

4. REZULTATI RADA MAŠINE

U ovom poglavlju opisano je istraživanje opravdanosti izrade ovog tipa mašine i ekonomske isplativosti. Sva ispitivanja vršena su u realnim uslovima uporednim radom većeg broja radnika na manuelnim poslovima šmirglanja kuglica i rada na dve mašine za šmirglanje. Istraživanja su vršena tri puta po mesec dana: prvo istraživanje u zimskom mesecu januaru, a druga dva u junu i oktobru. U tabeli 1 prikazane su vrednosti vremena potrebnog za šmirglanje, odnosno poliranje određenog broja kugli.

Tabela 1. Vreme potrebno za šmirglanje-poliranje određenog broja kugli

Dimenzija	Šmirglanje (sec)	Poliranje (sec)	Broj elemenata
Φ 30	29.23	34.15	4
Φ 40	30.12	31.25	4
Φ 50	31.25	31.54	3
Φ 60	30.54	30.28	3

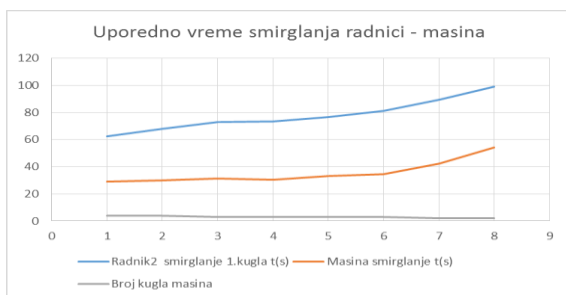
U tabelama i graficima koji će biti predstavljeni u nastavku prikazani su rezultati za jednu mašinu i dva radnika. Razlog je taj što je druga mašina imala približne vrednosti merenja sa prvom mašinom, a prosečna vrednost vremena šmirglanja radnika 1 i radnika 2 je u prosečnim vrednostima ostalih ispitivanih radnika. Radnici koji su radili na mašini su uglavnom bili nekvalifikovani i počeli su sa radom na mašini nakon obuke. Radnici koji su vršili manuelno šmirglanje bili su provereni radnici koji su godinama radili u ovoj firmi. Ispitivanje je vršeno u dve smene koje su trajale po sedam sati efektivnog rada bez pauza. U rad je uračunato i vreme prilikom donošenja poluproizvoda i prilikom odnošenja gotovih proizvoda u magacin. Ovo vreme je isto i za radnika koji radi na mašini, kao i za radnika koji posao obavlja manuelno. Vreme koje je potrebno za zamenu abrazivnih sredstava kako za automatsku mašinu, tako i za ručno šmirglanje takođe je uračunato u ovim podacima. U sledećoj tabeli prikazano je uporedno vreme potrebno da se ošmirgla jedna kuglica različitih dimenzija.

Napomena: vremena su proračunata za jednu kuglu iz razloga što manuelnom obradom radnik obrađuje po jednu kuglu, dok mašina u zavisnosti od dimenzija kugli od 4-2 u jedinici vremena.

Tabela 2. Vreme šmirglanja jedne kugle

Red.br.	Kugle	Radnik 1 smirglanje 1.kugla t(s)	Radnik2 smirglanje 1.kugla t(s)	Masina smirglanje t(s)	Broj kugla masina
1	φ30	65,76	62,3	29,23	4
2	φ40	65,83	67,77	30,12	4
3	φ50	73,84	72,91	31,25	3
4	φ60	71,26	73,54	30,54	3
5	φ70	78,24	76,54	33,25	3
6	φ80	80,21	81,23	34,35	3
7	φ100	90,14	89,27	42,12	2
8	φ120	98,24	99,13	54,24	2

Prikazana vremena u tabeli su prosečna vremena manuelnog šmirglanja i obrada na mašinama u svim mesecima u kojima se vršilo testiranje. Sva vremena merena su digitalnim štopericama i sve jedinice mere izražene su u sekundama. Na grafiku 1 prikazana su vremena šmirglanja za oba radnika i mašinu. Na x-osi predstavljene su dimenzije inox elemenata, dok je na y-osi prikazano vreme šmirglanja u sekundama.



Grafik 1. Vreme šmirglanja raznih dimenzija inox kugli

Na grafiku se može primetiti da su vremena šmirglanja radnika 1 i radnika 2 približno jednaka, dok je vreme šmirglanja mašine znatno kraće. Razlika u vremenu šmirglanja zavisi od dimenzija elemenata koji se obrađuju, tako da mašina ima prednost pri šmirglanju manjih dimenzija lopte približno osam puta u odnosu na radnike, dok je kod većih dimenzija lopte razlika manja i kreće se do 2 puta. Treba napomenuti da se prilikom šmirglanja javljao škart, odnosno lopte lošijeg kvaliteta,

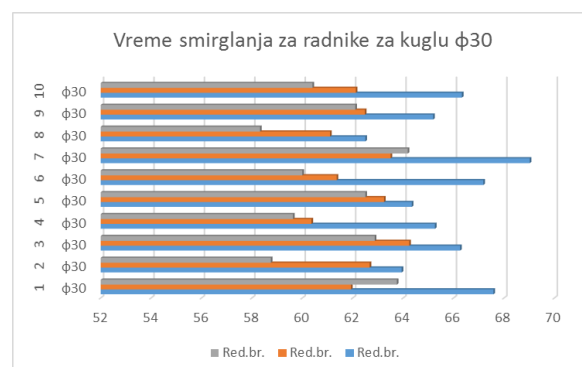
tj. element nije adekvatno ošmirglan. Kod ovih delova moguća je dorada ponovnim šmirglanjem nakon promene abrazivnog materijala. Ovo se javilo i kod mašinskog šmirglanja i kod manuelnog šmirglanja radnika.

U tabeli 3 prikazana su vremena potrebna da se osmirgla jedna kuglica dimenzije φ30 za veći broj radnika i uzorka od 10 merenja.

Tabela 3. Vreme izrade jedne kugle φ30

Red.br.	Red.br.	Red.br.	Red.br.	Red.br.
1	φ30	67,58	61,93	63,75
2	φ30	63,94	62,67	58,75
3	φ30	66,26	64,24	62,87
4	φ30	65,26	60,36	59,63
5	φ30	64,34	63,24	62,5
6	φ30	67,18	61,36	60
7	φ30	69,02	63,5	64,18
8	φ30	62,5	61,1	58,32
9	φ30	65,19	62,48	62,1
10	φ30	66,33	62,12	60,4

Uzete su prosečne vrednosti merenja za tri radnika u tri meseca testiranja. Zbog veličine prikupljenih podataka koji su beleženi u MySQL bazi podataka za svako merenje unete su vrednosti, a merenja su vršena u dve smene po sedam sati, tri meseca. Postavljeni su samo obrađeni podaci, odnosno relevantne srednje vrednosti. Na grafiku 2 prikazane su srednje vrednosti prikupljenih podataka za šmirglanje kugle φ30 i odabrana su tri radnika.



Grafik 2. Vreme šmirglanja radnika 10 kugli φ30)

Vreme šmirglanja za mašinu nije prikazano na ovom grafiku, pošto je ono konstantno i nije se menjalo. Vreme rada mašine može se videti iz tabele 3.

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu je detaljno objašnjen princip rada mašine za automatsko poliranje inox sfernih elemenata. Izvršeno je testiranje i istraživanje ekonomske isplativosti mašine. Glavna prednost upotrebe mašine je:

- kvalitet šmirglanja
- vreme šmirglanja
- nema otpada
- radna snaga
- ušteda materijala

Kvalitet smirglanja mašine je uvek isti. Politura nakon šmirglanja je konstantna, odličnog kvaliteta i ošmirglan deo je lak za dalju obradu poliranjem.

Vreme poliranja mašine je znatno kraće u odnosu na manuelnu ljudsku radnu snagu - u proseku svih dimenzija kugli kretalo se 5 puta. Naročito je isplativa za šmirglanje manjih dimenzija kuglica gde se vreme smanjivalo i do osam puta u odnosu na radnika.

Upotreba mašine za šmirglanje pokazala je odlične rezultate, pošto se nije desio nijedan proboj polulopti, odnosno pojava škarta. U nekoliko slučajeva dolazilo je do nedovoljno obrađenog vara usled nedostatka abrazivnog materijala, ali su ove kuglice mogle da se dorade ponovnim obradom na mašini nakon zamene abrazivnog sredstva.

Ušteda u radnoj snazi je jedan od glavnih razloga potražnje za ovom mašinom. Zbog pandemije izazvane virusom COVID 19 i migracija stanovništva, odlaska radne snage u zemlje Evropske unije, teško je pronaći adekvatnu radnu snagu. Prednost mašine je u kontinualtnosti rada. Mašina nije tražila pauze, nije izostajala sa posla, nije išla na godišnji odmor i kao najveće dostignuće, nije tražila povećanje plate. Rukovodstvo firme nije imalo problema sa poštovanjem rokova obrade elemenata.

Ušteda u materijalu ogleda se u smanjenju potrošnje abraziva. Velika ušteda se javila i kod stvaranja škarta. Mašina nije napravila nijedan komad koji nije mogao da se doradi, dok se kod ručne obrade javljao škart.

Upotreba mašina je dovela do isplativosti već nakon prve godine kada se rukovodstvo fabrike odlučilo za kupovinu još jedne mašine zbog konkurentnosti na tržištu i povećanja proizvodnje ovih elemenata.

Nadamo se da će ovaj rad dati doprinos u cilju što veće upotrebe automatizacije i robotike u industrijskoj proizvodnji, ne zbog "izbacivanja" ljudi sa posla, već zbog smanjenja ljudi na opasnim zanimanjima kao što su poliranje inox galanterije gde se javljaju oboljenja pluća i ostalih respiratornih organa usled udisanja čestica inox prašine.

6. LITERATURA

- [1] J. Lee, J. Park, K. L. Kim, and J. Nam, "Sample-level deep convolutional neural networks for music auto-tagging using raw waveforms," Sound Music Comput. Conf., Espoo, Finland, 5–8 Jul. 2017.
- [2] I. W. Liu, Z. Wang, X. Liu, N. Zeng, Y. Liu, and F. E. Alsaadi, "A survey of deep neural network architectures and their applications," Neurocomputing, vol. 234, pp. 11–25, Apr. 2017.
- [3] (XM)Kangbeom Cheon, Jaehoon Kim, Moussa Hamadache, and Dongik Lee "On replacing pid controller with deep learning controller for dc motor system," Journal of automation and control engineering Vol. 3, No. 6, December 2015, pp. 452-456.
- [4] Ćirić, D.G.; Perić, Z.H.; Vučić, N.J.; Miletić, M.P. Analysis of Industrial Product Sound by Applying Image Similarity Measures. Mathematics 2023, 11, 498. <https://doi.org/10.3390/math11030498>
- [5] Đorđe Damnjanović, Dejan Ćirić, Miljan Miletić, Dejan Vučić, "Usage of different wavelet families in DC motor sounds feature analysis", Proceedings of

- 7th International Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering, IcETRAN 2020, pp. 43-48, Belgrade, Čačak, Niš, Novi Sad, Serbia, 28-29 September, 2020, Publisher: Etran Society, Akademska misao, ISBN 978-86-7466-852-8.
- [6] Dejan Ćirić, Marko Janković, Miljan Miletić, "Sound Based DC Motor Classification by a Convolution Neural Network" Proceedings of 57rd International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies - ICEST, pp. 1-4, North Macedonia, Ohrid, June 16 - 18, 2022, Publisher: IEEE, ISBN: 978-1-6654-8500-5.
- [7] J. Abeßer, "A Review of Deep Learning Based Methods for Acoustic Scene Classification", *Appl. Sciences*, vol. 10, 16 pages, 2020.
- [8] C. Roletscheck, T. Watzka, A. Seiderer, D. Schiller, E. André, "Using an Evolutionary Approach to Explore Convolutional Neural Networks for Acoustic Scene Classification", *Detection Class. Acoust. Scenes Events Workshop (DCASE)*, New York, NY, USA, 25–26 Oct. 2019.
- [9] H. Purwins, B. Li, T. Virtanen, J. Schlüter, S. Chang, T. Sainath, "Deep Learning for Audio Signal Processing", *J. Selected Topics Sig. Proc.*, vol. 13, no. 2, pp. 206-219, May 2019.
- [10] A. Khamparia, D. Gupta, N. G. Nguyen, A. Khanna, B. Pandey, P. Tiwari, "Sound Classification Using Convolutional Neural Network and Tensor Deep Stacking Network", *IEEE Access*, vol. 7, pp. 7717-7727, Jan. 2019.
- [11] J. Lee, J. Park, K. L. Kim, J. Nam, "Sample-level Deep Convolutional Neural Networks for Music Auto-tagging Using Raw Waveforms", *Sound Music Comput. Conf.*, Espoo, Finland, 5–8 Jul. 2017.
- [12] J. Schlüter S. Böck, "Improved Musical Onset Detection with Convolutional Neural Networks", *IEEE Int. Conf. Acoust. Speech Sig. Proc. (ICASSP)*, pp. 6979–6983, Florence, Italy, 4-9 May 2014.
- [13] Z. Ouyang, H. Yu, W-P. Zhu, B. Champagne, "A Fully Convolutional Neural Network for Complex Spectrogram Processing in Speech Enhancement", *IEEE Int. Conf. Acoust. Speech Sig. Proc. (ICASSP)*, Brighton, UK, 12–17 May 2019.
- [14] Y. Zeng, H. Mao, D. Peng, Z. Yi, "Spectrogram Based Multi-Task Audio Classification", *Multimedia Tools App.*, vol. 78, no. 3, pp. 3705-3722, 2019.
- [15] Nanni, L.; Rigo, A.; Lumini, A.; Brahnam, S. Spectrogram classification using dissimilarity space. *Appl. Sci.* 2020, 10, 4176. <https://doi.org/10.3390/app10124176>.
- [16] Zhang, B.; Leitner, J.; Thornton, S. Audio Recognition Using MEL Spectrograms and Convolution Neural Networks; Noiselab University of California: San Diego, CA, USA, 2019.
- [17] Sharan, R.V.; Xiong, H.; Berkovsky, S. Benchmarking audio signal representation techniques for classification with convolutional neural networks. *Sensors* 2021, 21, 3434. <https://doi.org/10.3390/s21103434>.

Adresa autora: Miletić Miljan, Akademija strukovnih studija Kruševac, odsek tehničko tehnološki
e-mail: mmelektronik1@gmail.com
Rad primljen: jul 2023.
Rad prihvaćen: septembar 2023.

ХАРАКТЕРИСТИКИ КРЕПЛЕНИЯ БАРЬЕРНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ С ХИМИЧЕСКИМИ АНКЕРАМИ МКТ И ИСПЫТАНИЯ

КАРАКТЕРИСТИКЕ ПРИЧВРШЋИВАЊА БАРИЈЕР ОГРАДА СА МКТ ХЕМИЈСКИМ СИДРИМА И ИСПИТИВАЊА

СИМУТИН ВЯЧЕСЛАВ¹
Инженер-строитель, Россия

РЕЗИМЕ

Приликом изградње мостова, надвожњака, путева користе се металне конструкције, такозване вештачке конструкције (ИССО), као сигурносне заштитне баријере. Посебно место се даје причвршћивању тих сигурносних заштитних баријера – ограда мостова, путева, заштите од ветрова и буке као и других типова баријера и носача, за подлогу од бетона.

Све силе и моменти приликом удара возила или какога другога типа саобраћајних средстава у те баријере преко њихових носача, се директно преносе на везе са подлогом на коме су причвршћени односно анкерисани. Из овога следује да веза тих носача са подлогом од бетона, мора бити веома јака и ефикасна.

У овоме раду је приказан потпуно нови начин причвршћивања заштитних ограда за баријере мостова, оградe путева уз помоћ хемијских анкера, заснованих на МКТ анкер технологијама.

Хемијски анкери су адхезивни и састоје од хемијских капсула и навојних клинова и МКТ технологије ињектирања која је универзална по многим факторима и има велику носећу силу а карактеристична је по начину уградње

Одређивање носивости, причвршћивача на различите начине – одрађено је прорачуном - специјалном методом, у софтверским системима, а овде је сликовито кроз фотографије приказан начин уградње са комплетним обимним тестовима испитивања, и приказом оштећења која су настала као и приказом издржљивости хемијских анкера.

Кључне речи: анкери, хемијски анкери, ограда моста и путева

РЕЗЈОМЕ

При строителстве мостов, путепроводов, дорог - так называемых искусственных сооружений (ИССО) особое место отводится креплению предохранительно-защитных барьеров - ограждений как на дорогах, так и на мостовых сооружениях. К таким конструктивным элементам относятся, прежде всего, мостовые ограждения, дорожные ограждения и другие защитные барьеры.

Все силы и моменты при ударе автомобиля или любого другого вида транспорта о эти ограждения через их опоры передаются непосредственно на соединения с основанием, на котором они крепятся или анкеруются. Отсюда следует, что соединение этих опор с бетонным

основанием должно быть очень прочным и эффективным.

В данной работе представлен совершенно новый способ крепления защитных ограждений к мостовым ограждениям, дорожным ограждениям с помощью химических анкеров, основанный на анкерных технологиях МКТ.

Химические анкеры могут быть клеевыми, состоящими из химических капсул и резьбовых шпилек, а также технологией инъектирования, которая является универсальной по многим факторам, и имеет высокую несущую

способность, характеризуется способом установки.

Определение несущей способности креплений разными способами - это было сделано расчетом - специальным методом, в программных комплексах, а здесь способ монтажа показан графически через фотографии с полными комплексными испытаниями, а так же отображением произошедших повреждений как демонстрация долговечность химических анкеров.

Ключевые слова: анкеры, химические анкеры, мостовые и дорожные ограждения.

1. ВВЕДЕНИЕ. ПРЕИМУЩЕСТВА МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ОГРАЖДЕНИЯ.

Барьерное ограждение на дорогах и мостах – это устройство, предназначенное для обеспечения движения транспорта с наименьшими рисками столкновений и съездов с дорог, предотвращения переезда через разделительную полосу, столкновения со встречным транспортным средством, наезда на массивные препятствия и сооружения, расположенные на обочине в полосе отвода дороги, на разделительной полосе, снижения риска возможности падения пешеходов с дороги или мостового сооружения, а так же для упорядочения движения пешеходов и предотвращения выхода животных на проезжую часть.

Бетонное ограждение исключает прогибы и разрыв ограждения, но при

этом не является демпфирующим и гасящим удар устройством.

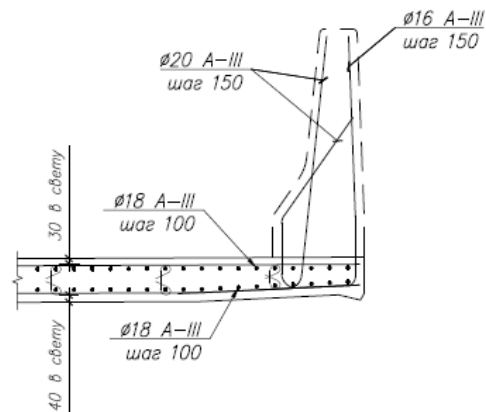


Рис.1 фрагмент чертежа со старыми защитными решениями ограждения

Металлическое ограждение облегчает конструкцию мостового полотна, уменьшает воздействие на объект столкновения и влияет на безопасность людей.

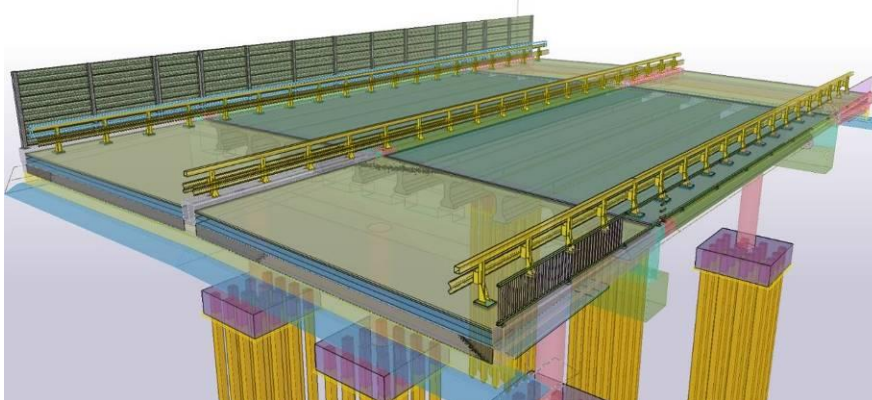


Рис.2 BIM модель мостового полотна с защитным ограждением

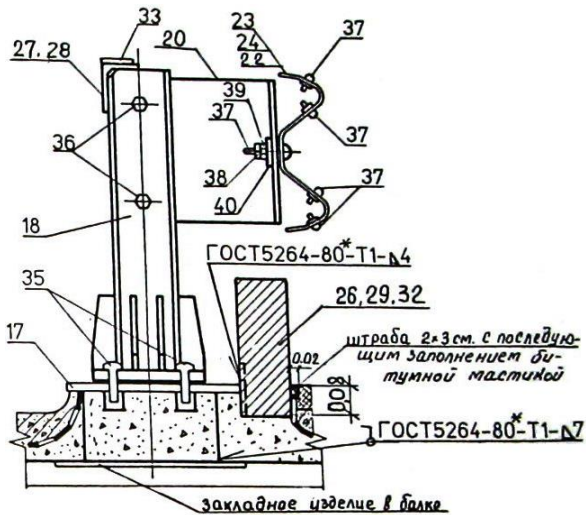
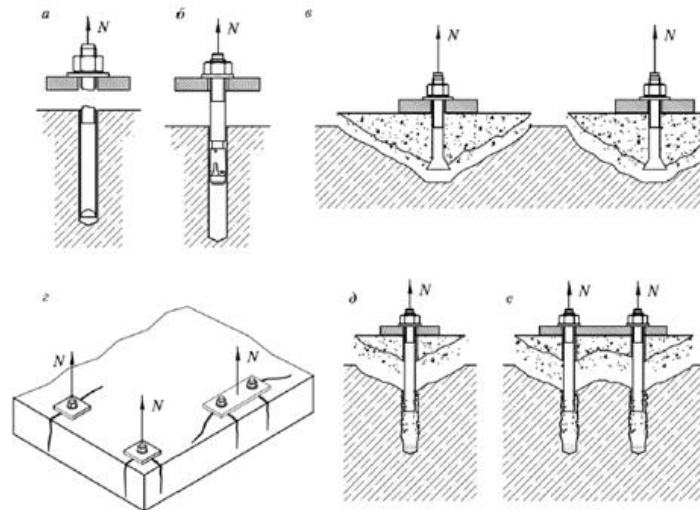


Рис. 3 фрагмент чертежа носитель защитного ограждения

В современном методе крепления ограждения применяются анкеры. Разделяют два типа анкеров – механические и химические. Для крепления барьерного ограждения применяется преимущественно химический анкер.

Расчет несущей способности анкеров на вырыв сводится к определению наименьшего (наихудшего) показателя, вычисляемого по формулам, из нескольких возможных видов разрушения анкерного соединения, см.рис.4

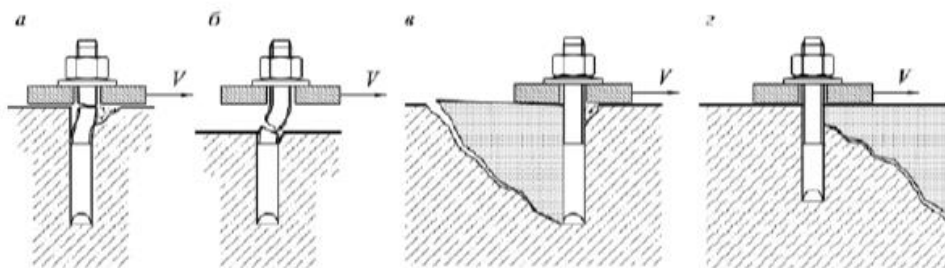


а – разрушение по стали анкера; б – разрушение по контакту с основанием; в – разрушение от выкалывания бетона основания; г – разрушение от раскалывания основания; д – комбинированное разрушение по контакту анкера с основанием и выкалыванию бетона основания при одиночном анкере (для клеевых анкеров); е – то же для группы анкеров.

Рис.4 фрагмент методики СТО36554501-048-2016*

Аналогично, при расчете на срезающее усилие проверяются все возможные типы разрушений и

определяется наименьшее значение, как расчетное сопротивление, см. рис.5.



а – разрушение по стали анкера без плеча силы; б – разрушение по стали анкера с плечом силы; в – разрушение от выкалывания бетона основания за анкером для одиночного анкера; г – разрушение от откалывания края основания.

Рис.5 фрагмент методики СТО36554501-048-2016*

2. СТЕНДОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ.

Прежде чем подобрать анкер, предназначенный для закрепления стоек ограждения к мостовому полотну, подбирается конструкция самой стойки, а также тип соединяющей стойки волны, метизы и анкеры. Теоретические расчеты подобранных узлов должны быть подтверждены натурными испытаниями. Цель натурных испытаний — определение фактических значений удерживающей способности и других потребительских характеристик дорожных ограждений всех типов — боковых, фронтальных, при наезде транспортного средства на ограждение с определением динамического прогиба (для боковых ограждений), рабочей ширины, а также определение фактических показателей безопасности ограждений для людей, находящихся в удерживаемом транспортном средстве (инерционной перегрузки, индекса

тяжести травм), других участников дорожного движения, минимальной деформируемости транспортного средства. Испытания боковых дорожных ограждений осуществляют путем наезда на ограждение под углом к его оси ТС (легкового автомобиля, автобуса, грузового автомобиля или автопоезда) определенного типа и массы с определенной скоростью в зависимости от уровня удерживающей способности ограждения, требуемого по условиям применения ограждения в соответствии с ГОСТ 33151 и в соответствии с ТУ (СТО) на изделие. По результатам натурных испытаний ограждений устанавливают их основные потребительские характеристики — удерживающую способность, динамический прогиб и рабочую ширину, индекс тяжести травмирования, оценивают опасность характера деформации автомобиля (факультативно).

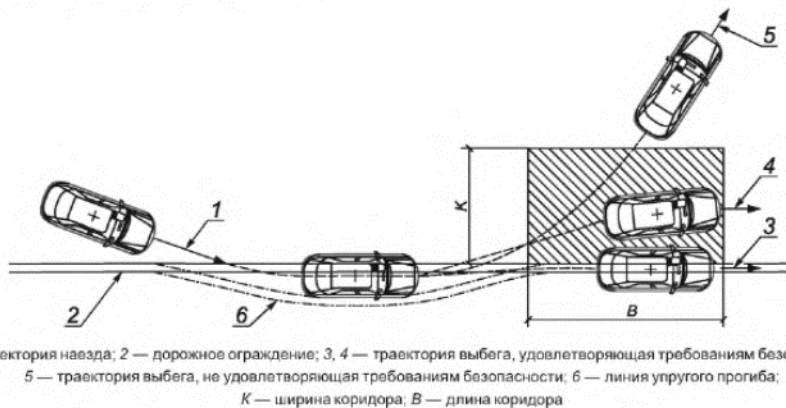


Рисунок 4 — Границы коридора выезда ТС после наезда на ограждение

Рис.6 фрагмент из ГОСТ 33129—2014

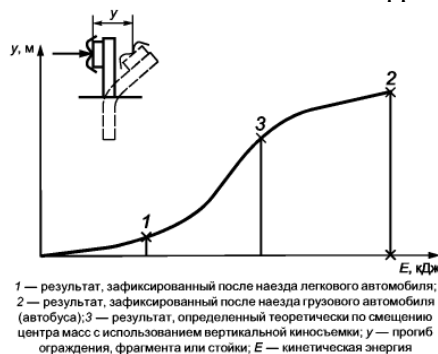


Рисунок 5 — Диаграмма прогибов ограждения

Рис.7 Фрагмент из ГОСТ 33129—2014

Для определения конструкции стойки ограждения, выбора метизов, их прочность проверяется статическим методом/

Стеновым статическим испытаниям подвергают элементы конструкции дорожных ограждений с целью определения их прочности и деформативности. Зачастую стендовые испытания проводят на этапе разработки конструкции и при необходимости подтверждения соответствия материалов

отдельных элементов, метизов и анкеров. К стендовым статическим испытаниям относятся испытания, проводимые при статическом нагружении на специальных лабораторных стендах, и испытания, проводимые на испытательной площадке.



Рис.7 фрагмент стендовых испытаний стойки на анкерах МКТ, Протокол №1901/С0/В/В/17-18

3. НАТУРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ.

Расчеты несущей способности анкеров, проведенные по методике СТО36554501-048-2016*, проверяются методом натуральных испытаний анкеров на вырыв. Такие полевые испытания непосредственно на объекте показывают объективную картину правильности подобранного анкера.

Тем временем конструкция барьерного ограждения окончательно проверяется методом наезда транспортного средства, например, автобуса и легкового автомобиля.

Прежде чем установить ограждение необходимо было просверлить отверстия в бетоне с помощью алмазной техники.



Рис. 8 фрагмент Сборника типовых узлов с применением анкеров МКТ



Рис.9 Сверление отверстий в бетоне алмазными коронками диаметром 28 мм на глубину 210 мм.

Сверление происходит с помощью подачи воды. Коронка имеет алмазные сегменты, которые позволяют прорезать армирование, делать идеально гладкие отверстия в армированном бетоне. Диаметр коронки должен соответствовать диаметру отверстия, нормируемому производителем анкеров. При достижении заданной проектом глубины отверстия вынимается керн, а дно отверстия дорабатывается перфоратором.

В подготовленные отверстия погружается клеевой состав, который заключен в стеклянную капсулу с отвердителем, смолой и кварцевым

песком. Затем в отверстия с капсулами V-P заворачиваются резьбовые шпильки МКТ V-A 24-55/300. Процедура заворачивания шпилек обязательна, так как смесь, состоящая из кварцевого песка, смолы, отвердителя и даже самой оболочки – стекла, - должна хорошо перемешаться в однородную массу. Происходит химическая реакция в течение времени гелеобразования и окончательное твердение в установленные сроки, согласно текущей температуре воздуха и основания. Таким образом, получаем крепление на химических анкерах МКТ V, состоящих из капсулы V-P и резьбовой шпильки V-A 24-55/300.



Рис.10. Изображение химического анкера, узла ограждения и погружения капсулы в просверленное отверстие



Рис.11. Монтаж стоек ограждения на химических анкерах МКТ V, состоящих из капсулы V-P и резьбовой шпильки V-A 24-55/300.



Рис.12 Сборка ограждения

После полной сборки защитного ограждения с химическими анкерами была подготовлена техника на колесах (автомобили и автобусы) для испытаний на удар и пробивание защитного ограждения в реальных условиях.

А цель этого: проверить химические анкера на выдергивание из бетона, а также их разрыв по стали.



Рис. 13. Подготовка техники (автомобилей) для испытания с помощью погрузчика



Рис. 14,15 Подготовка тяжелого тягача к буксировке автомобиля и автобуса для проведения испытания



Рис. 16,17 Специальная система подвижных и неподвижных блоков, и ползуна, перемещающегося по монорельсу. Трос закреплен к тягачу.

Техника для проведения испытаний, а именно легковой транспорт и автобус, как правило, не могут перемещаться самостоятельно. Для доставки на отправную точку используется тягач и погрузчик.

Транспортное средство разгоняется тягачом и направляется по монорельсу на ограждение.

Разгон выполняется тягачом посредством тягового троса. Отделение транспортного средства от ползуна осуществляется автоматически на расстоянии 8 метров. Дальнейшее движение по инерции. Скорость столкновения определяется посредством электронного прибора „вермя-путь“. Столкновение, угол под которым движется транспорт, коридор отскока фиксируется видеокамерами, расположенными в том числе над ограждением.



Рис. 18. Автомобиль после столкновения с ограждением



Рис. 19 Деформации и потертости волны барьерного ограждения



Рис.20 После удаления сломанного защитного ограждения видно химические анкеры - целы



Рис.21,22 Подготовка Автобуса Ikarus 256 к краш-тесту. Автобус нагружен до полной массы 14 тонн.



Рис.23 Автобус Икарус 256 после удара в барьерное ограждение



Рис.24 Несколько стоек ограждения потеряли несущую способность, но ограждение не порвалось.



Рис.25 Удар автобуса приходился под углом 20° к линии ограждения

По результатам испытаний автобус двигался со скоростью **60 км/ч** под углом **20°** с энергией удара **252,6 кДж**. Динамический прогиб ограждения составил **0,7 м**, деформировалось **17** стоек ограждения, при этом разрыва балки ограждения не отмечено. Химические анкеры **МКТ** деформаций, отрыва и изгиба не имеют. В Заключении протокола испытаний указано, что данный тип анкеров обладает высоким запасом прочности и надежностью крепежа, требуемого при динамических нагрузках.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведения цикла испытаний были проверены анкеры, комплект стоек и мостовое барьерное ограждение в целом, воздействие на манекены внутри транспортных средств и на сами транспортные средства.

Из приложенных фотографий испытаний, а также из Отчетов видно, что анкеровка опор защитного ограждения с помощью химических анкеров по технологии **МКТ** очень хорошая и что ни один анкер не был вытасчен или химия не была повреждена и что они исключительно получили все результирующие нагрузки во время нескольких различных типов испытаний.

При анкеровке химическими анкерами полностью соблюдалась инъекционная технология **МКТ**, а также все рекомендации, предписанные этой технологией **МКТ V**, состоящей из химической капсулы **V-P** и резьбовой шпильки **V-A 24-55/300**.

При испытаниях наездом автотранспортного средства, автобуса, ограждение не должно было порваться или автобус не должен был отскочить на встречную полосу. Нормативными требованиями, предъявляемыми к испытаниям, ограждение должно безопасно и надежно удерживать автобус массой **14 тонн** на скорости **63 км/ч**, который наезжает на ограждение под углом **20°**. При этом инерционная перегрузка в центре масс автобуса должна быть не более **1,1**. После удара автобус должен двигаться в пределах расчетного коридора, который зависит габаритов транспортного средства, и в данном испытании метров. При этом длина коридора принимается равной **20 метров**.

Деформации конструкции ограждения, включая анкеров, допускаются фатальными по пределу текучести металла, при этом не должен быть разрушен монолитный бетон основания. Особое внимание уделяется деформациям внутри автотранспортного средства, легкового автомобиля, на манекены. Данный тип ограждения,

закрепленный на анкерах, испытан для применения на искусственных сооружениях, мостах, путепроводах и эстакадах.

5. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Стандарт **СТО36554501-048-2016*** АНКЕРНЫЕ КРЕПЛЕНИЯ К БЕТОНУ ПРАВИЛА ПРОЕКТИРОВАНИЯ Федеральное агентство по управлению государственным имуществом Акционерное общество "Научно-исследовательский центр "Строительство" (АО "НИЦ "Строительство") г.Москва 2016
- [2] **Сборник типовых узлов** приложение к «Руководству по проектированию МКТ» МКТ Metall-Kunststoff-Technik GmbH, ООО «Активмонтаж», Москва, 2009 г.
- [3] **ГОСТ 27751–2014** Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения
- [4] **ГОСТ 31937–2011** Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния.
- [5] **Прил. Отчет 1.** определения конструкции стойки ограждения, метизов, их прочность проверяется методом продавливания
- [6] **Прил. Отчет 2.** Проверка конструкций барьерного ограждения методом наезда транспортного средства, например, автобуса и легкового автомобиля
- [7] **Фото** с установки химических анкеров, установка барьерного защитного ограждения и испытания, воздействие транспорта на ограждения

Адреса аутора: Симутин Вячеслав, Инженер-строитель, г.Москва, поселок Ульяновского лесопарка, вл.1

е-маил: simutin2007@yandex.ru

Рад примльен: јул 2023.

Рад прихваћен: септембар 2023.



МИЛОШ САВЧИЋ
(1865 – 1941)

Грађевински инжењер.

Пројектант и градитељ

пруга, индустријских објеката, фабрика,
велелепних зграда, читавих градских квартава.

Финансијски експерт, банкар и инвеститор.

Политичар и родољуб.

Градоначалник Београда и

Министар у Влади Србије.

Један од најбогатијих Срба свих времена.

САВРЕМЕНИ СИСТЕМИ У ПРЕДВИЂАЊУ СТАЊА АЛАТА

THE MODERN SYSTEMS IN TOOL STATE PREDICTION

ОБРАД СПАИЊ¹
АЛЕКСАНДРА КОПРИВИЦА¹

¹Факултет за производњу и менаџмент Требиње, Универзитет у Источном Сарајеву

РЕЗИМЕ

Праћење стања алата у реалном времену са великом прецизношћу и одређивање правовременог тренутка замјене постојећег, новим алатом представља велики проблем.

Знатан број истраживача, предлаже вјештачке неуронске мреже (ANN) као добро рјешење у случају када математички модели не дају задовољавајуће рјешење. Стога је у овом раду приказано моделирање стања алата (завојних бургија) помоћу математичких модела и вјештачких неуронских мрежа.

Кључне ријечи: завојна бургија, математички модел, неуронска мрежа

ABSTRACT

Monitoring the condition of the tool in real time with great precision and determining the timely moment of replacing the existing tool with a new one is a big problem.

A considerable number of researchers propose artificial neural networks (ANN) as a good solution in the case when mathematical models do not provide a satisfactory solution. Therefore, this paper presents the modeling of the state of tools (twist drills) using mathematical models and artificial neural networks.

Key words: Twist drill, Mathematical model, Neural network

1. УВОД

Машинска обрада резањем је фундаментални индустријски процес у коме се метал обликује скидањем материјала и предвиђа се да ће у наредном деценијском периоду њена употреба бити у знатном порасту. Међутим, процес је окарактерисан низом проблема који су уско повезани са негативном појавом хабања и истрошености резног алата [1-2]. Процјењује се да отказивање алата узрокује скоро 20% кварова у машинској обради, док 3 – 12% укупних трошкова производње чине трошкови алата [3]. Алат је крајњи извршилац механичког

производног система, а његово хабање и оштећење директно утичу на цјелокупан обрадни процес [4]. Хабање алата утиче на квалитет обрађене површине, ефикасност и економичност цјелокупног процеса, те се са техничког и економског аспекта обраде императив ставља на дизајнирање „паметног система“ који ће током самог процеса обраде пратити развој хабања алата и самим тим омогућавати правовремену замјену истог. На тај начин се повећава тачност процеса обраде и обезбјеђује постизање захтијеваног квалитета обраде [5-6].

Поред директних, развијене су многе индиректне методе које се користе при

процјени хабања алата у реалном времену. Ове методе се заснивају на праћењу физичких величина које су повезане са процесом хабања алата. Упркос употреби многих савремених метода, праћење производних процеса је питање које још увијек захтјева бројна истраживања и побољшања.

Twardowski P. и остали [6] су развили неуронску мрежу за предвиђање хабања алата на основу сила резања и механичких вибрација, и утврдили су да правилан избор броја неурона у скривеном слоју и активациона функција у скривеном слоју значајно утичу на ефикасност предвиђања вриједности хабања алата.

Експериментална истраживања, која су извели *Gouarir A.* и остали [7] показују да су конвенционалне неуронске мреже (*CNN*) способне да идентификују постојећу корелацију између сила које настају током самог процеса резања и хабања бочних страна резног алата. Аутори у истом раду указују на економске предности и једноставност примјене неуронских мрежа приликом успостављања везе између сила резања и хабања резног алата, јер с друге стране, употреба разних сензора при директном мјерењу хабања захтјева велика материјална улагања.

Spauh O. и остали [8] су отишли корак даље те су развили фамилију неуронских мрежа (*FANN*) које су искористили за предвиђање величине хабања завојних бургија, за све дужине бургија до момента затупљења алата. Добијене резултате су поредили са резултатима добијеним регресионом анализом чиме су потврдили конзистентност истих. *Кривокапић З.* и остали [9] су такође развили *ANN* за предвиђање хабања завојних бургија од брзорезног челика при бушењу каљеног челика. *Baig U. R.* и остали [10] су утврдили да Левенберг-Маркуадтов модел са хиберболичком сигмоидном тангентом и логаритамском сигмоидном функцијом преноса са 15 неурона има најбољу регресију и вријеме

тренирања од 5.92 секунде. *Mikołajczyk T.* и остали [11] су у свом раду представили метод од два сегмента који предвиђа стање алата током операције стругања. Комбинацијом софтвера *Neural Wear* који препознаје хабање алата на основу слика његових ивица с једне стране и моделирањем *ANN* с друге стране развијен је користан систем за процјену вијека трајања алата током операције стругања.

Поред *ANN*, многи истраживачи су спровели математичко моделирање процесних параметара у циљу предвиђања стања алата [12-14]. *Qehaja N.* и остали [15] су развили математички модел за предвиђање стања алата израђеног од челика *Cr42Mo4* у функцији параметара обраде: брзине резања, брзине кретања алата, дубине резања и тврдоће материјала. Исту врсту улазних податка су искористили и *Okokupuije P. I.* и остали [16], који су развили математички модел методом најмањих квадрата у циљу предвиђања хабања алата приликом обраде *Al-1061*. *Chinchanikar S.* и остали [17] су кроз експериментисање и математичко моделирање стање алата вршили поређења прогресије хабања врха алата у условима обраде без и са врло мало средства за хлађење и подмазивање.

2. ХАБАЊЕ РЕЗНИХ АЛАТА

Релативно високи притисци, високе температуре и механичка оптерећења на контактним површинама спрегнутих парова, као и високе релативне брзине (алата, струготине и обрађене површине), доводе до постепеног одношења честица материјала са контактних површина алата, што за последицу има промјену геометријског облика резног дијела алата, која се назива хабање алата.

У процесу резања, хабање има различите облике, интензитет и величину по појединим резним елементима. У почетку резања долази до судара микронеравнина на контактним површинама резног алата и предмета обраде, што доводи до кидања највиших

врхова алата и њиховог одношења са струготином. Настављањем процеса резања, наставља се и процес хабања, које се, зависно од услова обраде, различито шири по контактним површинама алата.

Хабање алата по његовим контактним елементима јавља се у два основна облика: механичко и физичко-хемијско. Стање похабаности резног алата може се изразити (квантификовати) помоћу три врсте параметара или карактеристика хабања, и то: линијских, запреминских и масених [18], а за њихово мјерење могу се користити двије групе мјерних система: ванпроцесни и процесни. Процесни мјерни системи обухватају велики број метода, међу којима су најзначајније директне и индиректне, контактне и бесконтактне, непрекидне и повремене [19]. Најједноставнија мјерења са аспекта добијања резултата су директна мјерења, код којих се вриједност мјерене величине директно читава из резултата мјерења. Мјерена величина се упоређује са мјером помоћу мјерног уређаја, градираног у одговарајућим јединицама [20]. Услед сложености директних метода, као алтернативне, развијене су индиректне методе мјерења, које се одликују релативно једноставнијим принципима и техникама мјерења. Основна предност индиректних техника мјерења је једноставност у инсталацији и поступцима мјерења. Мана им је, често врло захтјевна обрада добијених сигнала који садрже нежељене утицаје различитих фактора који нису у корелацији са параметрима хабања.

3. ПЛАН ЕКСПЕРИМЕНТА И ЕКСПЕРИМЕНТ. ИСТРАЖИВАЊА

Приликом контакта са предметом обраде алата за обраду резањем изложени су дјеловању екстремних сила трења (до 15 kN), као и високим температурама резања (до 1000°C), па у таквим специфичним условима неминовно долази до процеса хабања, од кога

директно зависи постојаност резних алата.

За постојаност завојних бургија (ЗБ) најчешће се узима ефективно вријеме обраде између два оштрења, а за адекватно математичко описивање може се користити емпиријски модел у облику сложене степене функције облика:

$$T = C_T \cdot D^{x_1} \cdot v^{x_2} \cdot s^{x_3} \quad (1),$$

гдје су:

C_T, x_1, x_2, x_3 – константе зависне од врсте материјала,

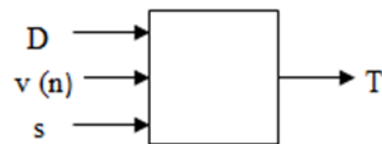
D [mm] - називни пречник бургије,

v [m/min] – брзина резања и

s [mm/o] – корак при бушењу.

Наведени математички модел може се приказати графички, Слика 1, са које се види да је, при свим осталим непромијењеним условима:

$$T = f(D, v, s) \quad (2).$$



Слика 1. Графички приказ математичког модела постојаности ЗБ

Пошто је брзина резања при бушењу $v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000}$ [m/min], то се постојаност ЗБ може изразити као:

$$T = f(D, n, s) \quad (3).$$

За успостављање корелационе везе између постојаности, као функције циља и утицајних параметара изведена су одговарајућа испитивања. Обзиром да је постојаност ЗБ дефинисана као функција три фактора (D, n, s), испитивање је изведено према *Box – Wilsonovom* потпуном трофакторним ортогоналном плану првог реда са понављањем експеримента у централној тачки ($n_0 = 4$), према План матрици трофакторног простора (Табела 1).

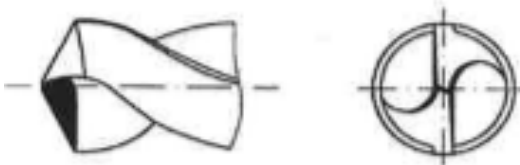
Као критеријум затупљења ЗБ узета је средња вриједност ширине појаса хабања од:

- 0.25 mm за ЗБ Ø 6.0 mm,
- 0.30 mm за ЗБ Ø 7.75 mm и
- 0.35 mm за ЗБ Ø 10.0 mm.

Табела 1. План матрица трофакторног простора

ПЛАН МАТРИЦА											
Екс. тачке	Кодирани вриједности				Стварна вриједност				Вектор излаза Т		
					<i>d</i>	<i>N</i>	<i>s</i>	<i>s</i>	Кодирана вриједност	Експериментална вриједност	
	<i>x</i> ₀	<i>x</i> ₁	<i>x</i> ₂	<i>x</i> ₃	mm	o/min	mm/o	mm/min		mm	min
1	1	-1	-1	-1	6	250	0.027	6.67	T ₁	630	94.45
2	1	1	-1	-1	10	250	0.027	6.67	T ₂	1420	212.89
3	1	-1	1	-1	6	500	0.027	13.33	T ₃	3050	228.81
4	1	1	1	-1	10	500	0.027	13.33	T ₄	3020	226.56
5	1	-1	-1	1	6	250	0.107	26.67	T ₅	1550	58.12
6	1	1	-1	1	10	250	0.107	26.67	T ₆	2400	89.99
7	1	-1	1	1	6	500	0.107	53.33	T ₇	4650	87.19
8	1	1	1	1	10	500	0.107	53.33	T ₈	720	13.50
9	1	0	0	0	7.75	355	0.053	18.67	T ₉	1755	94.00
10	1	0	0	0	7.75	355	0.053	18.67	T ₁₀	1220	65.35
11	1	0	0	0	7.75	355	0.053	18.67	T ₁₁	1520	81.41
12	1	0	0	0	7.75	355	0.053	18.67	T ₁₂	1480	79.27

Експеримент је изведен при бушењу непролазне рупе дубине $l=3d$ у епруветама од хром-молибденовог легираног алатног челика за побољшање $\check{C}.4732$, термички обрађеним на тврдоћу 43–45 HRC, ЗБ DIN 338 од брзорезног челика са са 8% Co, RHINO M42; (AISI M42); S2-9-1-8, произвођача COMMEN-TRYENNE и наоштреним нормално са коригованим главним сјечивом, Слика 2.



Слика 2. Нормални облик врха са коригованим главним сјечивом

Режими резања су усклађени са препорукама за обраду бушења челика велике тврдоће поштујући границе интервала варирања утицајних фактора и приказани су у Табели 2.

Табела 2. Усвојени режими резања

	<i>d</i> [mm]	<i>n</i> [o/min]	<i>s</i> [mm/o]	<i>l</i> [mm]
Мин. вриједност	6.0	250	0.027	$l=3d$
Средња вриједност	7.75	355	0.053	
Макс. вриједност	10.0	500	0.107	

За хлађење и подмазивање употребљен је 8 % - тни раствор теолина Н/VR, количине 1 l/min. Испитивања су изведена на универзалној глодалици, произвођача ПРВОМАЈСКА Загреб, Слика 3.



Слика 3. Универзална глодалица GUK-1N

Развој процеса хабања по леђној површини завојних бургоја праћен је помоћу оптичког уређаја *GÜHRING PG 100* са дигиталним читавањем вриједности, Слика 4.



Слика 4. Уређај за мјерење геометријских елемената ЗБ

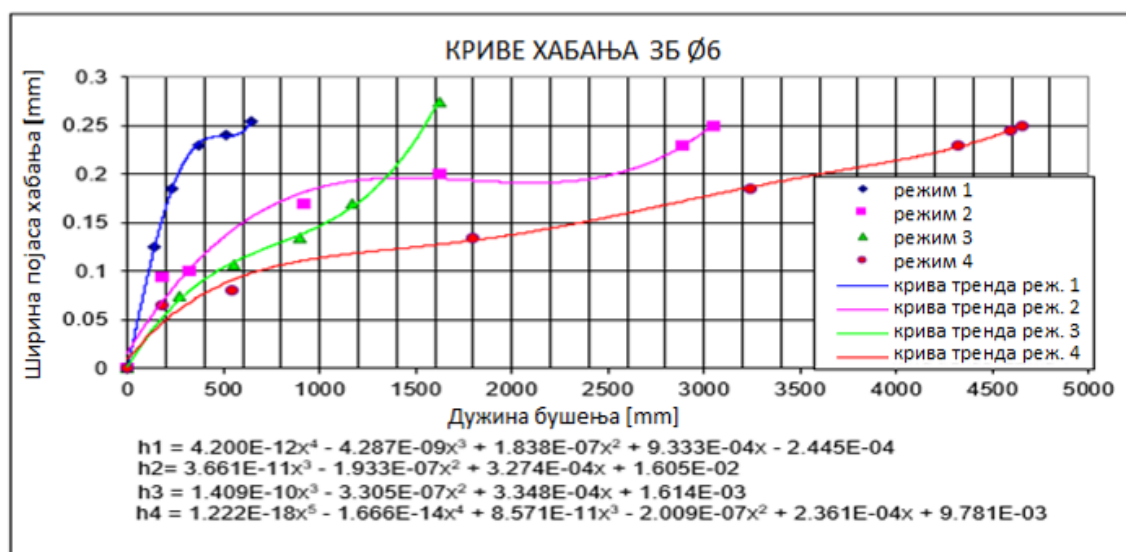
4. АНАЛИЗА РЕЗУЛТАТА

На основу дефинисаног критеријума затупљења одређена је постојаност ЗБ, за вариране утицајне факторе (пречнике и режиме резања), изражена дужином бушења [mm], односно временом бушења [min] и приказана у одговарајућој, коресподентној План матрици, наведеној у Табели1.

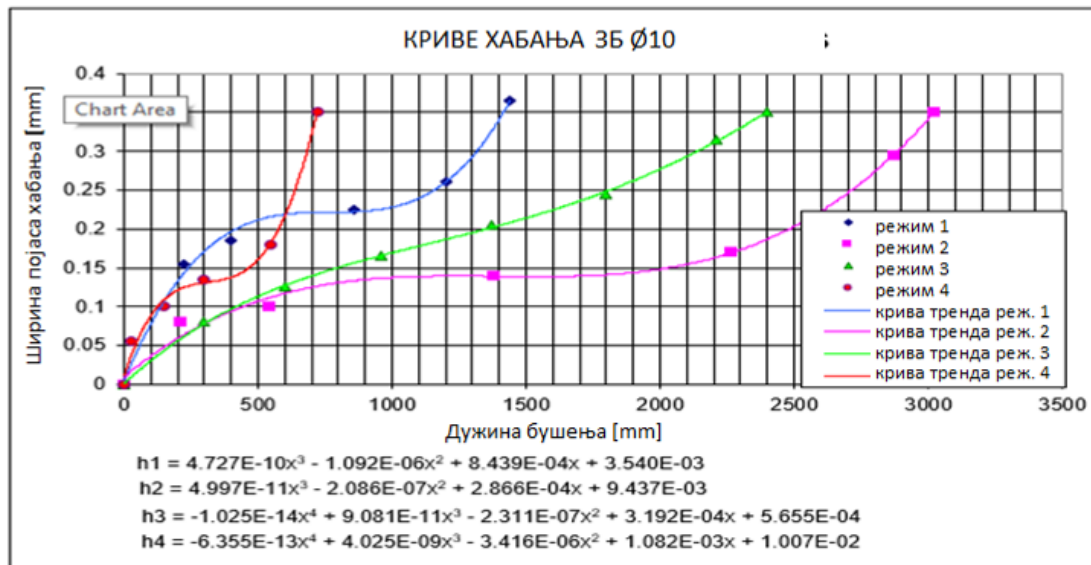
Ширина појаса хабања леђне површине није била равномјерна, већ се највеће концентрисање јављало на различитим мјестима дуж главних сјечива, а најчешће при врху оштрице. Због тога је приликом мјерења појаса хабања узимана максимална вриједност хабања дуж главних сјечива, изузимајући хабање које се јављало на удаљености од 0.25 mm од вањских влакана, које се сматра нерегуларним.

Развој појаса хабања праћен (мјерен) је по леђним површинама дуж оба главна сјечива у зависности од дужине и времена бушења, а примјеном софтвера *Microsoft Excel*, дефинисане су криве промјене средње вриједности ширине појаса хабања за ЗБ \varnothing 6.0, \varnothing 10.0 и \varnothing 7.75 и вариране режиме резања и приказане дијаграмима на сликама 5, 6 и 7. На истим дијаграмима наведене су и једначине, у облику полинома, које описују наведене криве хабања.

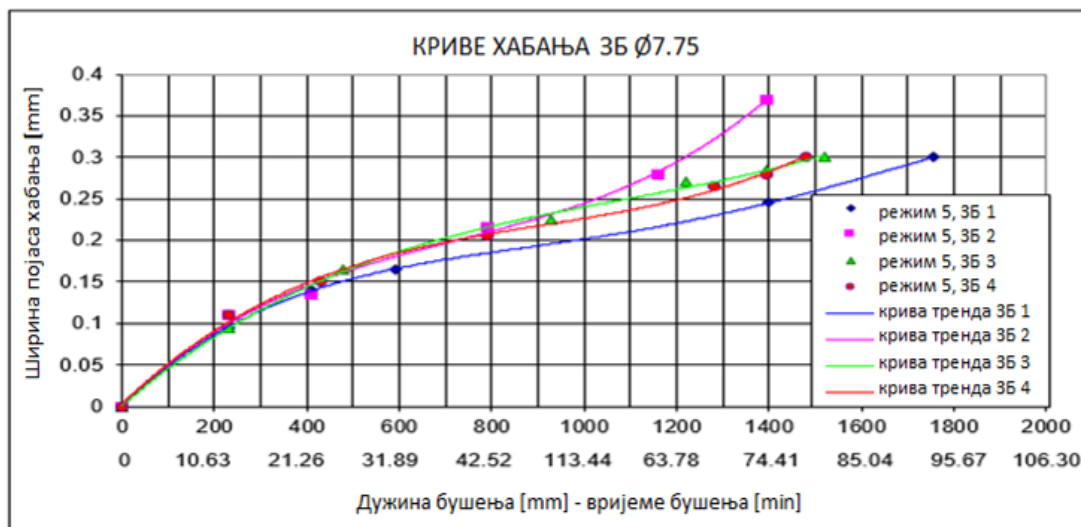
ЗБ \varnothing 6.0 најбољу постојаност, изражену дужином бушења, оствариле су при режиму 4 ($n = 500$ o/min и $s = 0.107$ mm/o), а завојне бургије \varnothing 10.0 при режиму 2 ($n = 500$ o/min и $s = 0.027$ mm/o).



Слика 5. Зависност средње вриједности појаса хабања од дужине бушења за ЗБ \varnothing 6.0



Слика 6. Зависност средње вриједности појаса хабања од дужине бушења за ЗБ Ø 10.0



Слика 7. Зависност средње вриједности појаса хабања од дужине бушења за ЗБ Ø 7.75

5. МАТЕМАТИЧКО МОДЕЛИРАЊЕ ПОСТОЈАНОСТИ ЗБ

За адекватно описивање функције постојаности ЗБ у зависности од режима резања, као утицајних фактора, може се користити емпиријски модел у облику сложене степене функције облика:

$$T = C_T \cdot D^{x_1} \cdot n^{x_2} \cdot s^{x_3} \quad (4),$$

на који се након линеаризовања може примјенити ортогонални план првог реда са константним члановима облика:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 \quad (5),$$

гдје су:

$$y = \ln T, b_0 = \ln C_T, x_1 = \ln(D), x_2 = \ln(n),$$

$$x_3 = \ln(s).$$

Коресподентна план матрица са резултатима испитивања (експеримента) приказана је у Табели 1, а кодирање је изведено помоћу једначина трансформације:

$$\begin{aligned}
 x_1 &= 2 \frac{\ln(D) - \ln(D_{max})}{\ln(D_{max}) - \ln(D_{min})} + 1 \\
 x_2 &= 2 \frac{\ln(n) - \ln(n_{max})}{\ln(n_{max}) - \ln(n_{min})} + 1 \\
 x_3 &= 2 \frac{\ln(s) - \ln(s_{max})}{\ln(s_{max}) - \ln(s_{min})} + 1
 \end{aligned} \quad (6).$$

Примјеном регресионе анализе дошло се до параметара модела и Студентових

квантитета и приказани у Табели 3. Оцјена сигнификантности параметара модела првог и непотпуног другог реда изведена је примјеном Студентовог критеријума, за усвојени ниво

значајности $q = 0.05$ и степене слободe $f_{b_0} = 11$ и $f_{b_i} = 7$, за које су табличне вриједности Студентових квантитета: $t_{b_0, 1-\frac{q}{2}, 11} = 2.20$ и $t_{b_i, 1-\frac{q}{2}, 7} = 2.36$ [21].

Табела 3. Параметри модела и Студентови квантитети за постојаност ЗБ

Параметри модела и Студентови квантитети								
Параметри модела	b_0	b_1	b_2	b_3	b_{12}	b_{13}	b_{23}	b_{123}
	7.4247	-0.0782	0.2783	0.0516	-0.3906	-0.2789	-0.3046	-0.185
Студентови квантитети	t_{b_0}	t_{b_1}	t_{b_2}	t_{b_3}	$t_{b_{12}}$	$t_{b_{13}}$	$t_{b_{23}}$	$t_{b_{123}}$
	313.083	3.2962	11.735	2.177	16.473	11.759	12.846	7.801
Оцјена сигниф.	Сигниф.	Сигниф.	Сигниф.	Несиг.	Сигниф.	Сигниф.	Сигниф.	Сигниф.

На основу добијених података приказаних у Табели 3, видљиво је да су сви параметри сигнификантни изузев параметра b_3 , али због његове вриједности која је приближна референтној вриједности, те због постизања тачнијих резултата, и несигнификантни параметар се задржава у моделу, тако да се дошло до емпиријског модела постојаности ЗБ:

$$y = 7.4247 - 0.0782x_1 + 0.2783x_2 + 0.0516x_3 \quad (7).$$

Враћањем на првобитне координате, преко једначина трансформације (6), добијен је конкретан емпиријски модел постојаност:

$$T = \frac{35.106 \cdot n^{0.803} \cdot s^{0.075}}{D^{0.306}} \quad (8).$$

Провјера адекватности модела према Фишер-овом критеријуму показала је да модел није адекватан, јер је:

$$F_r = 26.4 > F_{t(5\%; 11; 7)} = 9 \quad (9).$$

Математичко моделирање може се извршити и примјеном непотпуних планова другог реда, али се добију комплексни модели. Због тога је у овом раду, веза између постојаности завојних бургија и утицајних фактора извршена примјеном вјештачких неуронских мрежа.

6. ПРИМЈЕНА НЕУРОНСКИХ МРЕЖА ЗА УСПОСТАВЉАЊЕ ВЕЗЕ ИЗМЕЂУ ПОСТОЈАНОСТИ ЗБ И УТИЦАЈНИХ ФАКТОРА

Вјештачка неуронска мрежа *Feed-forward backprop* из софтверског пакета *MATLAB R2017a* тренирана је са три улазна фактора (режима резања) и то: називни пречник, број обртаја и корак, док је излазна величина дужина бушења изражена у mm, Слика 8.



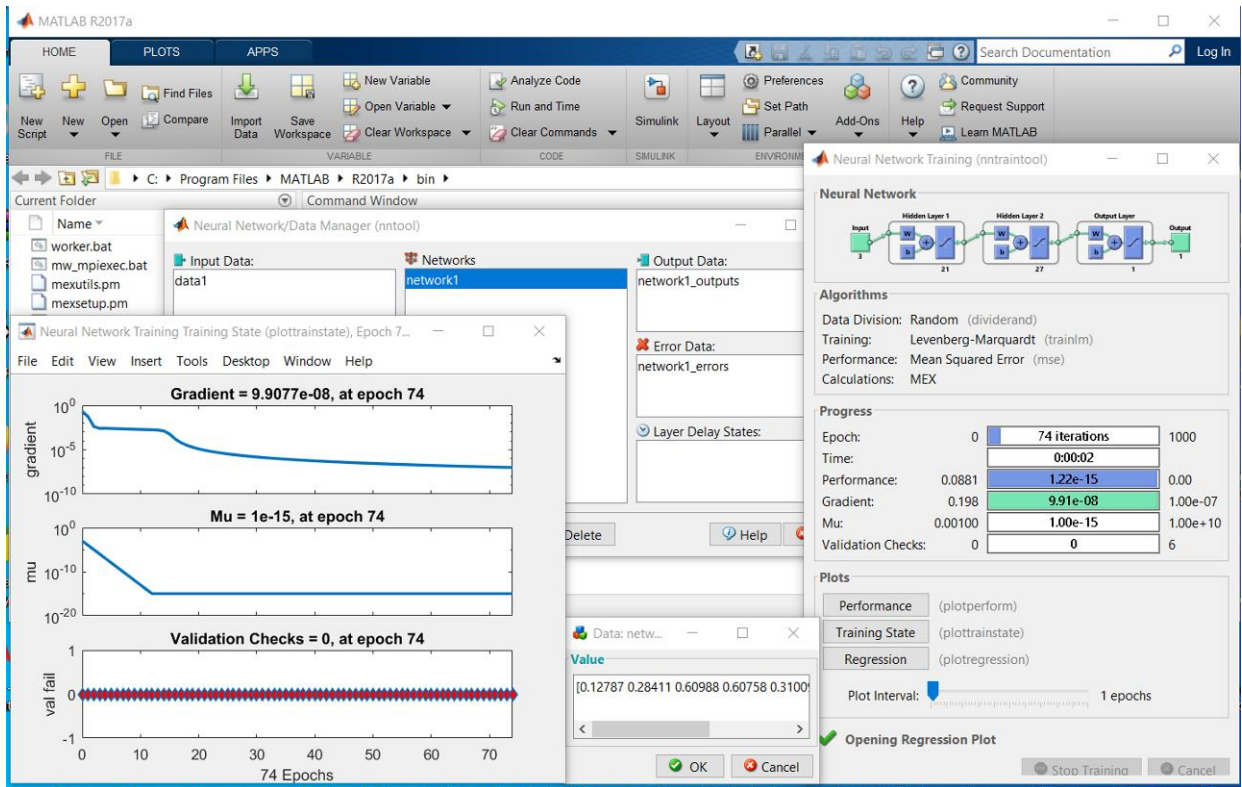
Слика 8. Шема приступа тренирању неуронске мреже

Неуронска мрежа је тренирана истим вриједностима режима резања са којим је вршено математичко моделирање (Табела 1), стим што су нормиране излазне експ. вриједности (постојаност ЗБ изражена дужином бушења).

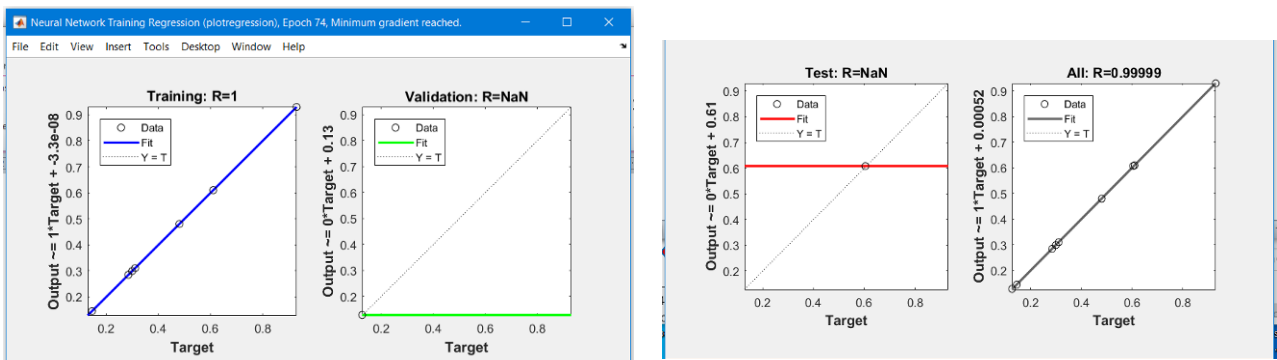
Приликом тренирања вјештачке неуронске мреже *Feed-forward backprop*, најбољу конвергенцију постигла је мрежа чији су параметри приказани у Табели 4 и Сликама 9 и 10.

Табела 4. Параметри ANN

ANN	Feed-forward backprop	Број неурона	I слој	21
Тренинг функција	TRAINLM		II слој	27
Функција учења	LEARNGDM		III слој	1
Функција перформанси мреже	MSE	Трансфер функција	I слој	TANSIG
Број слојева	3		II слој	
			III слој	
Број епоха			74 итерација	



Слика 6. Резултати тренирања ANN



Слика 7. Дијаграм тренирања ANN

Експерименталне и нормиране вриједности постојаности ЗБ, као и вриједности добијене тренирањем

неуронске мреже и одступања (грешке) од циљаних вриједности приказане су у Табели 5.

Табела 5. Резултати тренирања неуронске мреже

Број експ.	Постојаност ЗБ			Грешка тренирања ANN
	Експ. вриједност	Нормирана вриједност	Вриједност добијена симулирањем ANN	
1.	630	0,126	0.12787	-0.0018652
2.	1420	0,284	0.28411	2.1562e-08
3.	3050	0,61	0.60988	2.3264e-08
4.	3020	0,604	0.60758	-0.0035993
5.	1550	0,31	0.31009	3.7556e-08
6.	2400	0,48	0.48000	6.9379e-08
7.	4650	0,93	0.93000	2.4654e-09
8.	720	0,144	0.14455	2.4687e-09
9.	1493,75	0,29875	0.29875	3.6115e-08

7. ЗАКЉУЧАК

Предвиђање истрошености резних алата има изузетно велики значај, јер излазни ефекти процеса обраде директно зависе од тренутка искључења алата из процеса обраде. Међутим, процес обраде резањем, као веома сложен физичко-хемијски процес условљен дејством многобројних утицајних и међусобно зависних фактора веома је тешко моделирати. Као једна од најтачнијих и најпоузданијих метода за предвиђање степена истрошености резних алата још увијек се користи експериментално-аналитичка метода, односно метода тоталних планова, мада се у посљедње вријеме све више користе и савремене методе за праћење стања алата. Због тога је у овом раду успостављена зависност између постојаности ЗБ и утицајних фактора методом тоталних планова и ANN.

Успостављени математички модел постојаности ЗБ не описује адекватно изабрану функцију циља, што потврђује чињеницу да је врло тешко успоставити математичку зависност између постојаности ЗБ и утицајних фактора. Иста зависност, између постојаности ЗБ и утицајних фактора, примјеном ANN из софтверског пакета *MATLAB R2017a*, успостављена је са грешком тренирања реда величине 10^{-9} .

8. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Gouarir A., Kurokawa S., Sajima T., Murata M., *In-Process Tool Wear Detection of Uncoated Square End Mill Based on Electrical Contact Resistance*, International Journal of Automation Technology, 10(5), pp 767, 2016.
- [2] Lin S. C., Yang R. J., *Force-based model for tool wear monitoring in face milling*. International Journal of Machine Tools and Manufacture, 35(9), pp 1201, 1995.
- [3] Castejo'n M., Alegre E., Barreiro J., *On-line tool wear monitoring using geometric descriptors from digital images*. International Journal of Machine Tools and Manufacture 47, pp 1847–1853, 2007.
- [4] Wang Q., Wang H., Hou L., Yi S., *Overview of Tool Wear Monitoring Methods Based on Convolutional Neural Network*, Applied science, 11, 12041. <https://doi.org/10.3390/app112412041>, 2021.
- [5] Wilcox S. J., Reuben R. L., Souquet P., *Use of cutting force and acoustic emission signals for the monitoring of tool insert geometry during rough face milling*, International Journal of Machine Tools and Manufacture, 37(4), pp 481, 1997.
- [6] Twardowski P., Pikula W. M., *Prediction of Tool Wear Using Artificial Neural Networks during Turning of Hardened Steel*, Materials (Basel), PMID: 31546732, doi: 10.3390/ma12193091, 2019.

- [7] Gouarir A., Arellano M. G, Terrazas G., Benardos P., Ratchev S., *In-process Tool Wear Prediction System Based on Machine Learning Techniques and Force Analysis*, 8th CIRP Conference on High Performance Cutting (HPC 2018), Procedia CIRP 77 (2018) 501–504, 10.1016/j.procir.2018.08.253, 2018.
- [8] Spaić O., Krivokapić Z., Kramar D., *Development of family of artificial neural networks for the prediction of cutting tool condition*, Advances in Production Engineering & Management, Vol. 15, No 2, pp 164–178, ISSN 1854-6250, 2020.
- [9] Krivokapić Z., Zogović V., Spaić O., *Using neural networks to follow the wear of a 390 twist drill*, Strojniški vestnik – Journal of Mechanical Engineering, Vol. 52, No. 7-8, pp 437-442, 2006.
- [10] Baig U. R., Javed S., Khaisar M., Shakoor M., Raja P., *Development of an ANN model for prediction of tool wear in turning EN9 and EN24 steel alloy*, Advances in Mechanical Engineering, Vol. 13(6), pp 1–14, 2021.
- [11] Mikołajczyk T., Nowicki K., Bustillo A., Pimenov Y. D., *Predicting tool life in turning operations using neural networks and image processing*, Mechanical Systems and Signal Processing 104, 0888-3270, pp 503-513, 2018.
- [12] Sivasakthivel S. P., Murugan V. V., Sudhakaran R., *Prediction of tool wear machining parameters by response surface methodology in end milling*, International Journal of Engineering Science and Technology Vol. 2(6), pp 1780-1789, 2010.
- [13] Okokpuije I., Ikumapayi O., Okonkwo U., Salawu E., Afolalu S., Dirisu J., Nwoke O., Ajayi O., *Experimental and Mathematical Modeling for Prediction of Tool Wear on the Machining of Aluminium 6061 Alloy by High Speed Steel Tools*, Open Engineering, 7, pp 461–469, 2017.
- [14] Kilickap E., Yardimeden A., Çelik Y., *Mathematical Modelling and Optimization of Cutting Force, Tool Wear and Surface Roughness by Using Artificial Neural Network and Response Surface Methodology in Milling of Ti-6242S*, Applied sciences, 7, 1064; doi:10.3390/app7101064, 2017.
- [15] Qehaja N., Abdullahu F., Zhujani F., *Predictive mathematical modeling of tool life based on cutting parameters and workpiece material hardness using regression analysis*, International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET), Vol. 8, Issue 8, pp 1229–1237, 2017.
- [16] Okokpuije P. I., Ohunakiu S. O., Bolu A. C., Okokpuije O. K., *Experimental data-set for prediction of tool wear during turning of Al-1061 alloy by high speed steel cutting tools*, Data in brief, Vol. 18, pp 1196-1203, 2018.
- [17] Chinchankar S., Choudhury K. S., *Comparative Evaluations of Tool Nose Wear Progression under Dry and Near-Dry Cutting Conditions during Hard Turning through Experimentation and Mathematical Modeling*, 5th International & 26th All India Manufacturing Technology, Design and Research Conference (AIMTDR 2014) December 12th–14th, IIT Guwahati, Assam, India, 2014.
- [18] Dadić Z., *Tribološki principi i mjere za smanjenje trošenja alata kod obrade odvajanjem čestica*, International conference „Mechanical Technologies and Structural Materials“, 1847-7917, 2013.
- [19] Salimiasl A., Erdem A., Rafighi M., *Applying a multi-sensor system to predict and simulate the tool wear using artificial neural networks*, Scientia Iranica B, 24(6), pp 2864-2874, 2017.
- [20] Jozić S., Lela B., Bajić D., *A New Mathematical Model for Flank Wear Prediction Using Functional Data Analysis Methodology*, Advances in Materials Science and Engineering, Vol. 2014, ID 138168, 2014.
- [21] Laković R., Nikolić B., *Primjena statistike I. dio – mjerenje*, Univerzitet Crne Gore, Podgorica, 1996.

Адреса аутора: Спаић Обрад, проф. др, Факултет за производњу и менаџмент Требиње, Универзитет у Источном Сарајеву.
 е-маил: obradspaic59@gmail.com
 Рад примљен: јул 2023.
 Рад прихваћен: септембра 2023.



ДИТ

Друштво Истраживање Технологије

Научно-стручни часопис
Scientific-professional journal

Година XXIX, Број 40, септембар 2023. год.
Year XXIX, Issue 40, September 2023. year

ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО

Одговорни уредник:

Проф. др Лазо Манојловић
Висока техничка школа струковних студија
Зрењанин

Редакцијски одбор:

Проф. др Ранко Зотовић,
Универзитет Политехника Валенција,
Шпанија

Проф. др Дејан Раковић,
Електротехнички факултет
Универзитет у Београду

Проф. др Жељко Еремић,
Висока техничка школа струковних студија
Зрењанин

Редакција:

Друштво инжењера Зрењанин
ул. Македонска 11,
23000 Зрењанин
E-mail: milorad.rancic@diz.org.rs
www.diz.org.rs

ЈЕДНОСТАВАН САМОНАПАЈАЈУЋИ СЕНЗОР ЗА ПРАЋЕЊЕ ПОЗИЦИЈЕ СУНЦА

SIMPLE SELF-POWERED SUN TRACKING SENSOR

ЛАЗО МАНОЈЛОВИЋ¹

¹Висока техничка школа струковних студија у Зрењанину

РЕЗИМЕ

У овом раду је приказана могућност пројектовања једноставног сензорског система за праћење позиције Сунца. Сензор, који се самостално напаја, заснован је на нисконапонским операционим појачавачима са ултраниском потрошњом електричне енергије. Читаво сензорско електрично коло се самостално напаја, тј. коло користи само енергију добијену из фотодетектора, тј. самих сензора при чему нема потребе за ангажовањем додатног спољашњег напајања. Фотодетектори су распоређени тако да могу да детектују правац сунчевог зрачења. На основу кола за аналогну обраду сигнала на излазима електричног кола генеришу се два веома осетљива напонска сигнала. Оба сигнала одговарају угловима азимута и елевације Сунца у односу на раван у којој се налазе фотодиоде. Електрична кола имају инхерентну аутоматску регулацију појачања. Због тога су излазни сигнали само пропорционални одговарајућим угловима, а не и нивоу сунчевог зрачења.

Кључне речи: Фотодетектори, операциони појачавачи, мерење позиције Сунца.

ABSTRACT

The possibility of designing a simple self-powered solar tracking sensor circuitry based on the low-voltage ultra-low power operational amplifiers is presented. The complete circuitry is self-powered, i.e. the circuitry uses only the energy obtained from the photodetectors, i.e. the sensors. There is no need for the additional external power supply. The photodetectors are arranged in a way to sense the direction of the solar radiation. Based on the signal processing circuitry at the circuitry outputs two highly sensitive voltage signals are generated. Both signals correspond to the pitch and roll angles of the Sun with respect to the photodiodes. The circuitry has an inherent automatic gain control. Therefore, the output signals are only proportional to these angles and not to the solar radiation level.

Key words: Photodetectors, operational amplifiers, Sun position measurement.

1. УВОД

У овом раду је представљена могућност реализације једноставног, економичног и пре свега еколошки

прихватљивог самонапајајућег сензора за праћење позиције Сунца заснованог на операционим појачавачима са изузетно ниском потрошњом електричне енергије. Читаво електрично коло сензора се само

напаја, тј. користи само енергију добијену са фотодетектора, тј. самог сензора тако да нема потребе за додатним спољашњим напајањем. Фотодетектори су распоређени тако да детектују правац сунчевог зрачења. На основу изведене аналогне обраде сигнала на излазима сензора се генеришу два веома осетљива напонска сигнала. Оба сигнала одговарају угловима азимута и елевације Сунца у односу на фотодиоде. Електрично коло поседује инхерентну аутоматску регулацију појачања тако да су излазни сигнали пропорционални само овим угловима али не и нивоу сунчевог зрачења.

2 СЕНЗОРСКИ СИСТЕМ ЗА ПРАЋЕЊЕ ПОЗИЦИЈЕ СУНЦА

Електрична шема предложеног једноставног самонапајајућег сензорског система за праћење позиције Сунца приказана је на слици 1. Да би се обрадили напонски сигнали са фотодетектора потребна су само два операциона појачавача и неколико пасивних компоненти, као што су метал филм отпорници. Истовремено, како фотодетектори (PD_{YU1}, PD_{YU2}, PD_{YD1}, PD_{YD2}, PD_{XR1}, PD_{XR2}, PD_{XL1} и PD_{XL2}) раде у фотонапонском моду, напони добијени на излазима фотодиода напајају операционе појачаваче. Искоришћене су укупно четири од осам фотодиода (PD_{YU1}, PD_{YU2}, PD_{YD1} и PD_{YD2}) које су повезане серијски како би се добио одговарајући напонски ниво за напајање операционих појачавача ОП1 и ОП2. Електрични напони на одговарајућим фотодиодама, које раде у фотонапонском моду, дати су помоћу [1]:

$$V_i = V_T \ln \left(\frac{\Re P_i}{I_S} \right), \quad (1)$$

где је V_i одговарајући i -ти ($i = YU1, YU2, YD1, YD2, XR1, XR2, XL1$) и $XL2$) фотодиодни напон, V_T је термални напон дат са $V_T = k_B T / q$, где је

$k_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$ Болцманова константа, T апсолутна температура, а $q = 1.602 \times 10^{19} \text{ C}$ елементарно позитивно наелектрисање, \Re је осетљивост фотодиоде, P_i је оптичка снага која доспева на активну површину i -те фотодиоде и I_S је струја засићења фотодиоде. Да би фотодиоде радиле у фотонапонском моду, морају бити повезане на чворове са високом импедансом, што захтева високе вредности отпора R_L . Одговарајућа оптичка снага која доспева на активну површину фотодиоде зависи од положаја сенке у унутрашњости сенила, тј. зависи од положаја сенке на активној површини фотодиоде, као што је грубо приказано на слици 1. У овом случају површина осветљеног дела активне површи фотодиоде зависи од угла азимута и елевације Сунца у односу на фотодиоде као што је то приказано на слици 2. Ово наравно важи само за фотодиоде које се налазе у сенци. На пример, ако Сунце осветљава сензор из првог квадранта, као што имамо у случају приказаном на слици 2., само ће фотодиоде PD_{YU2} и PD_{XR2} бити у сенци и њихова одговарајућа осветљена активна површина ће бити једнака:

$$A_{XR2} = A - K\xi \text{ и } A_{YU2} = A - K\psi, \quad (2)$$

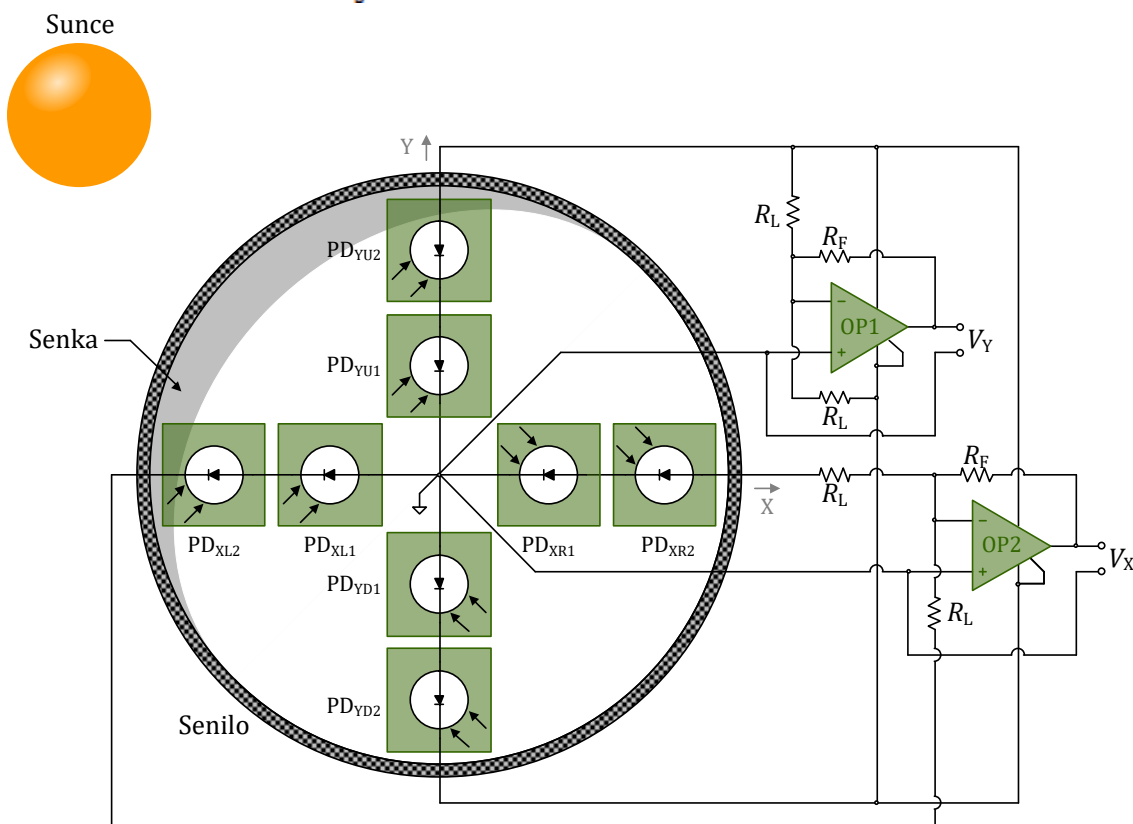
где су претпостављени мали углови азимута ξ и елевације ψ ($\xi, \psi \ll 1$), што даје, у првој апроксимацији, линеарну зависност површине осветљеног дела фотодиоде у односу на одговарајуће углове, и где је A активна површина фотодиоде и K је позитивна константа пропорционалности која зависи од геометрије сензора за коју такође важи $A \gg K\xi, K\psi$. Одговарајући фотодиодни напони V_i према једначини (1) дати су помоћу:

$$V_{XR2} = V_T \ln \left(\frac{\Re A_{XR2}}{I_S} \right), \quad (3.1)$$

$$V_{XR1} = V_{XL1} = V_{XL2} = V_T \ln \left(\frac{\Re A}{I_S} \right), \quad (3.2)$$

$$V_{YU2} = V_T \ln \left(\frac{qEA_Y U_2}{I_S} \right), \quad (3.3)$$

$$V_{YU1} = V_{YD1} = V_{YD2} = V_T \ln \left(\frac{qEA}{I_S} \right), \quad (3.4)$$



Слика 1. Електрична шема једноставног самонапајајућег сензора за праћење позиције Сунца.

где је E соларна ирадијанса. Излазни напони сензора V_X и V_Y су дати као:

$$V_X = -\frac{R_F}{R_L} (V_{XR2} + V_{XR1} - V_{XL2} - V_{XL1}), \quad (4.1)$$

$$V_Y = -\frac{R_F}{R_L} (V_{YU2} + V_{YU1} - V_{YD2} - V_{YD1}). \quad (4.2)$$

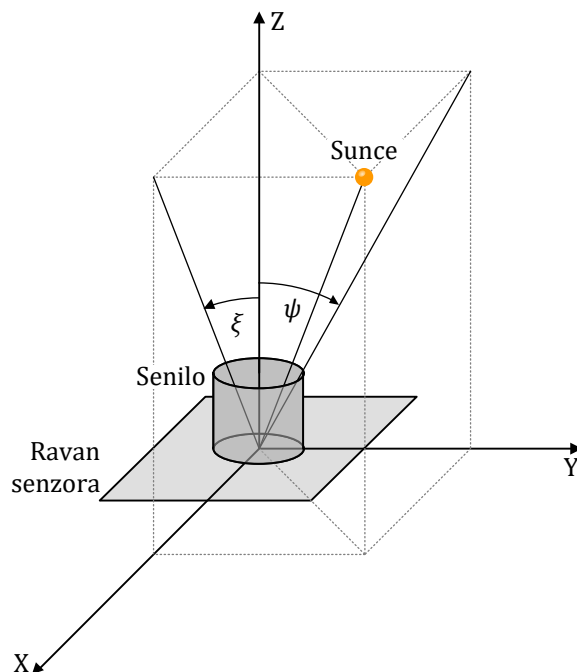
где R_F је отпорност отпорника повратне спреге. Једначине (2), (3) и (4) дају:

$$V_X = -\frac{R_F}{R_L} V_T \ln \left(1 - \frac{K\xi}{A} \right) \approx \frac{R_F K}{R_L A} V_T \xi = S\xi, \quad (5.1)$$

$$V_Y = -\frac{R_F}{R_L} V_T \ln \left(1 - \frac{K\psi}{A} \right) \approx \frac{R_F K}{R_L A} V_T \psi = S\psi. \quad (5.2)$$

У првој апроксимацији, излазни напонски сигнали V_X и V_Y су директно пропорционални угловима азимута и елевације са фактором пропорционалности, тј. сензорском осетљивошћу S . Како су излазни сигнали независни од нивоа соларног зрачења,

сензор има инхерентну аутоматску регулацију појачања.



Слика 2. Мерење азимута и елевације Сунца у односу на раван сензора.

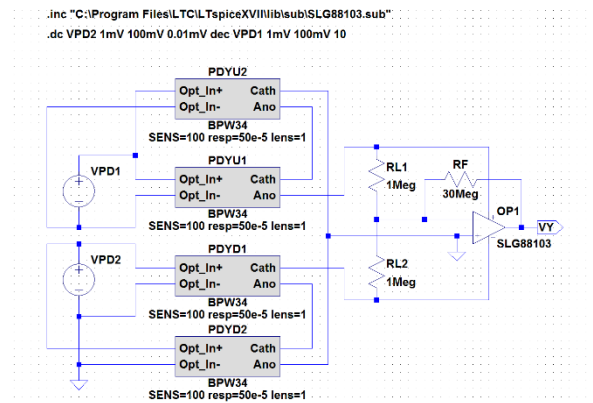
3. РЕАЛИЗАЦИЈА СЕНЗОРСКОГ СИСТЕМА ЗА ПРАЋЕЊЕ ПОЗИЦИЈЕ СУНЦА

Реализација представљеног једноставног самонапајајућег сензорског система за праћење позиције Сунца биће базирана на јединственим карактеристикама операционог појачавача SILEGO SLG88103 Rail to Rail I/O 375 nA Dual OpAmp [2]. Да би се тестирао предложено електрично коло извршена је симулација у софтверском пакету LTspice XVII [3]. Симулирано је електрично коло само за једну осу, као што је то приказано на слици 3. Читаво електрично коло се састоји из два оваква електрична кола од којих свако има за циљ да измери положај Сунца дуж једне осе. У симулацији су као фотодетектори искоришћене четири фотодиоде BPW34 компаније OSRAM Opto Semiconductors [4] због њихове релативно велике активне површине од 7.45 mm^2 ($2.73 \text{ mm} \times 2.73 \text{ mm}$) која омогућује релативно широк мерни опсег зглова азимута и елевације и релативно добру линеарност сензорског система.

Сунчево зрачење је моделовано са два извора електромоторне силе VPD1 и VPD2, при чему њихов напон у милivolтима (mV) одговара соларној ирадијанси у mW/cm^2 . Соларна ирадијанса је мењана у опсегу од $1 \text{ mV}/\text{cm}^2$ (1 mV) до $100 \text{ mV}/\text{cm}^2$, (100 mV), при чему последња вредност представља максималну могућу вредност сунчевог зрачења [5]. Одговарајући резултати симулације приказани су на слици 4.

Закључак, који се може извући на основу добијених резултата симулације, је да је овако конципиран сензорски систем веома осетљиви на промену правца сунчевог зрачења, који је, са друге стране, моделован као промена соларне

ирадијансе, тј. одговарајућим променљивим напонима извора електромоторних сила VPD1 и VPD2. Важна карактеристика предложеног сензорског система је да његова осетљивост не зависи од нивоа сунчевог зрачења односно од вредности соларне ирадијансе. Ово се може закључити на основу истих вредности стрмина сензорског одзива у логаритамској скали.



Слика 3. Електрична шема симулираног електричног кола.

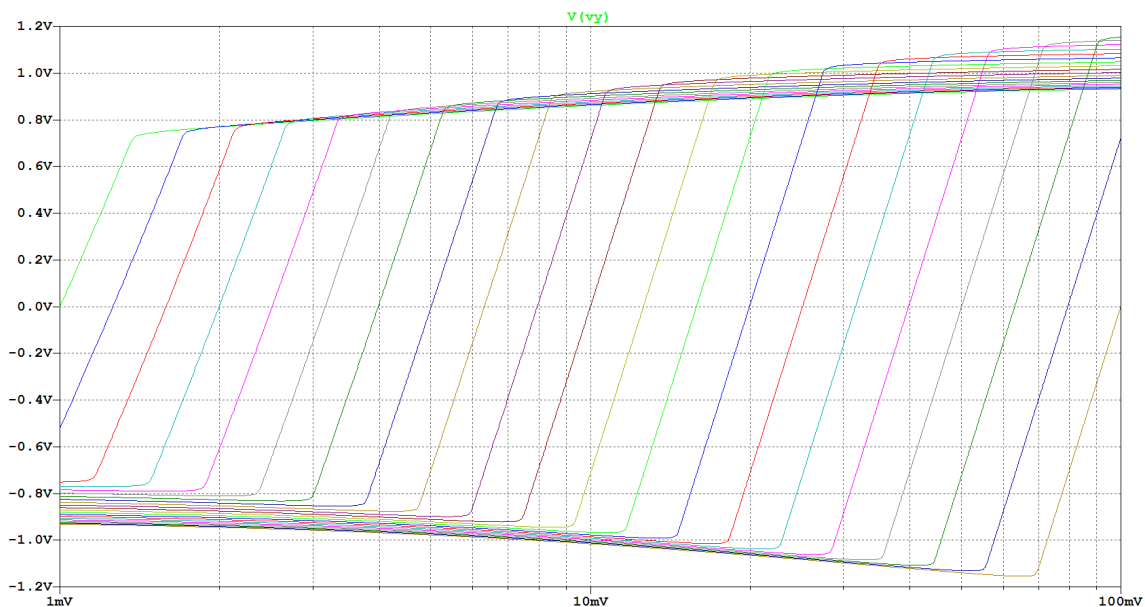
Због тога, сензор има инхерентну аутоматску регулацију појачања, што је веома важна карактеристика овог сензорског система, посебно ако се има у виду да се излазни сигнали овог сензора могу користити као сигнали грешке у одговарајућем управљачком систему где је стабилност система у широком опсегу вредности соларне ирадијансе од највеће важности. Иста осетљивост сензора у широком опсегу вредности соларне ирадијансе доводи до врло једноставног дизајна управљачког система. Динамичка отпорност фотодиоде R_{SH} је дата као:

$$R_{SH} = \frac{V_T}{\mathfrak{R} A E}, \quad (6)$$

која је у случају фотодиоде BPW34, са следећим одговарајућим вредностима $\mathfrak{R} = 0.5 \text{ A}/\text{W}$ и $A = 7.45 \text{ mm}^2$ и минималном претпостављеном соларним ирадијансом од $E = 1 \text{ mW}/\text{cm}^2$ даје максималну вредност динамичке отпорности фотодиоде од $R_{SH} \approx 670 \Omega$.

Да би се осигурао фотонапонски режим рада фотодиоде њена динамичка отпорност мора бити много мања од отпорности којом је фотодиода оптерећена, тј. мора бити испуњен услов $R_{SH} \ll R_L$. Избором $R_L = 1\text{M}\Omega$ овај услов је неоспорно испуњен. Вредност отпорности R_F отпорника у повратној грани може бити изабрана произвољно како би се добила жељена осетљивост сензора. У овом случају изабрана је вредност од $R_F = 30\text{M}\Omega$. Према симулираним резултатима који су приказани на слици 4., максимални излазни напон сензора се налази у опсегу $V_{x,y\max} \approx 1\text{V}$. Стога је јачина

електричне струје која протиче кроз отпорник у повратној грани и самим тиме и кроз оптеретне отпорнике мања од $I_{F\max} = V_{x,y\max} / R_F \approx 33\text{nA}$, што је много мање од јачине електричне струје којом се напајају операциони појачавачи од $I_Q = 375\text{nA}$. Јачина електричне струје напајања операционих појачавача мора да испуни следећи услов $I_Q \ll \mathcal{R}AE$ како би се омогућио истовремени рад фотодиоде у фотонапонском режиму и одговарајуће напајање операционих појачавача. Како је $\mathcal{R}AE \approx 37\mu\text{A}$ за минималну вредност соларне ирадијансе од $E = 1\text{mW}/\text{cm}^2$, овај услов је такође испуњен.



Слика 4. Резултати симулације предложеног сензорског система.

4. РЕЗУЛТАТИ МЕРЕЊА

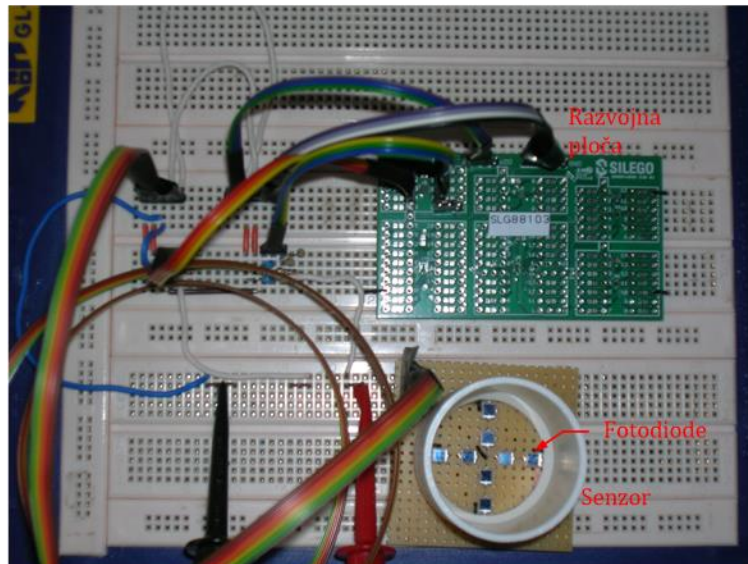
Целокупан сензорски систем је практично реализован на основу развојне плоче намењене за тестирање рада операционих појачавача SILEGO SLG88103 Rail to Rail I/O 375 nA Dual OpAmp. На слици 5 је приказана фотографија реализованог сензора заједно са развојном плочом. Цилиндар, тј. сенило, фиксиран је на плочу сензора како би се формирала сенка над фотодиодама када је освијетљена сунчевом светлошћу под одређеним

углом. Димензије цилиндара се могу изабрати тако да се добије одређена осетљивост сензора и како би се остварио захтевани мерни опсег. Приказани и такође тестирани сензор има сенило цилиндричног облика са унутрашњим пречником цилиндра од 38 mm и висином цилиндра од 35 mm.

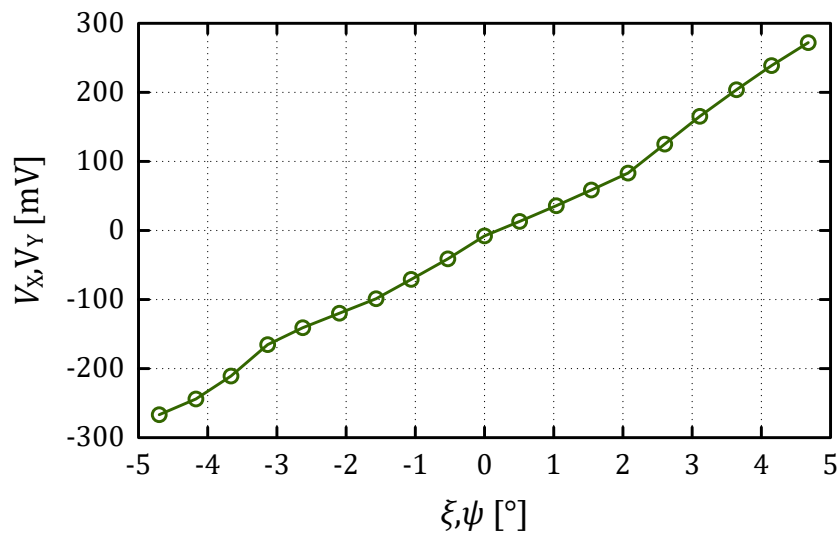
Да би се одредила укупна преноса функција сензорског система, сензор је причвршћен на платформу, чији се углови нагиба у две осе у односу на референтну раван могу независно подешавати. Сензор је првобитно био усмерен према Сунцу и подешавањем

ових углова нагиба, тј. угла азимута и елевације платформе, оба излазна напонска сигнала V_x и V_y су подешени тако да буду што ближи нули. Затим променом одговарајућих углова нагиба платформе, мењани су еквивалентно углови азимута и елевације Сунца у

распону од -5° до $+5^\circ$ уз истовремено мерење излазних напонских сигнала. Преносна функција сензорског система приказана је на слици 6. На основу измерених података процењено је да осетљивост сензора приближно износи $S \approx 56 \text{ mV}/^\circ$.



Слика 5. Фотографија реализованог сензора заједно са развојном плочом.



Слика 6. Преносна функција сензорског система.

5. ЗАКЉУЧАК

Сензор за праћење позиције Сунца има веома важну улогу у многим соларним системима (фотонапонским системима) где је праћење позиције Сунца искоришћено за повећање укупне ефикасности система. Да би се соларни

панели усмерили ка Сунцу, управљачки систем, на основу сигнала добијених са сензора, ротира соларне панеле ка Сунцу. Стога, једноставн, поуздан (без потребе за додатним напајањем) и пре свега јефтин сензор, као што је приказан у овом раду, само ће побошати карактеристике соларног система.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Nabet B. (2015). *Photodetectors*. Kembridž: Woodhead Publishing.
- [2] URL:
<https://www.renesas.com/eu/en/products/analog-products/amplifiers/operational-amplifiers/general-purpose-op-amps/slg88103-micropower-operational-amplifier-greenpak> (pristupljeno 20.06.2023.).
- [3] URL:
<https://www.analog.com/en/design-center/design-tools-and-calculators/ltspice-simulator.html> (pristupljeno 20.06.2023.).

- [4] URL:
https://www.osram.com/os/ecat/DIL%20BPW%2034%20B/com/en/class_pim_web_catalog_103489/global/prd_pim_device_2219537/ (pristupljeno 20.06.2023.).
- [5] Iqbal M. (1983). *An Introduction To Solar Radiation*. Toronto: Academic Press.

Адреса аутора: Манојловић Лазо, професор струковних студија, Висока техничка школа струковних студија у Зрењанину, Зрењанин, Ђорђа Стратимировића 23

е-маил: lazo.manojlovic@vts-zr.edu.rs

Рад примљен: јун 2023. године.

Рад прихваћен: септембар 2023. године.



МИЛОШ САВЧИЋ
(1865 – 1941)

Грађевински инжењер.

Пројектант и градитељ

пруга, индустријских објеката, фабрика,
велелепних зграда, читавих градских квартава.

Финансијски експерт, банкар и инвеститор.

Политичар и родољуб.

Градоначалник Београда и

Министар у Влади Србије.

Један од најбогатијих Срба свих времена.

UPRAVLJANJE ROBOTIMA SA ELASTIČNIM ZGLOBOVIMA METODOM SINGULARNE PERTURBACIJE

CONTROL OF ROBOTS WITH ELASTIC JOINTS WITH THE SINGULAR PERTURBATION METHOD

RANKO ZOTOVIĆ¹

¹Instituto de Automática e Informática Industrial (ai2), Universitat Politècnica de Valencia

REZIME

Roboti nove generacije često koriste elastične zglobove radi smanjena težine. Ovi zglobovi su znatno komplikovaniji za upravljanje od klasičnih. Nije moguća direktna kompenzacija gravitacionih, centrifugalnih i koriolisovih sila. Metoda singularne perturbacije omogućuje da se odvojeno upravlja brzim i sporim delom dinamike. Na taj način se koriste tehnike za upravljanje neelastičnim robotima (spora dinamika) koje su dobre poznate i isprobane decenijama. Funkcija dela koji kontroliše brzu dinamiku je da stabilise sistem.

Ključne reči: Robot sa elastičnim zglobovima, upravljanje, singularna perturbacija, Matlab

ABSTRACT

New generation robots often use elastic joints to reduce weight. These joints are much more complicated to control than the classic ones. It is not possible to directly compensate for gravitational, centrifugal and Coriolis forces. The singular perturbation method allows one to separately control the fast and slow part of the dynamics. In this way, techniques are used to control non-elastic robots (slow dynamics) that have been well known and tried for decades. The function of the part that controls the rapid dynamics is to stabilize the system.

Key words: Robot with elastic joints, control, singular perturbation, Matlab

1. UVOD

Važnost robota sa elastičnim zglobovima ima veliki porast u novom milenijumu. U prethodnom veku većina komercijalnih robota bila je kruta, postićući bolju preciznost. Međutim, poslednjih decenija novi tipovi robota dobijaju na značaju na tržištu, kao što su kolaborativni roboti, egzoskeleti, proteze itd. Ovi imaju za cilj direktnu interakciju sa ljudima. Kod ovih

robota nove generacije akcentat u njihovoj konstrukciji se ne stavlja na preciznost, već na smanjenje težine (kolaborativni roboti) ili bezbednu interakciju sa ljudima (egzoskeleti i proteze). Iz tih razloga, novi roboti koriste elastičnije mehaničke prenose, kao "harmonic.drive" umesto klasičnih zupčanika. Ova elastičnost znatno komplikuje upravljanje robotima, otežujući praćenje željene putanje.

Upravljanje krutim manipulatorima je dobro poznato tokom decenija i već je uključeno u udžbenike robotike ([1],[2],[3]). Najbolje performanse se dobijaju metodom inverzne dinamike, koja se sastoji u kompenzaciji svih ne-linearnih sila koje deluju na robota, kao što su gravitacija, inercija, centrifugalne i Koriolisove sile.

Kada se pristupi problemu upravljanja elastičnim robotima, obično je prva ideja primena metode inverzne dinamike, već dobro poznate i proverene kod krutih robota. Međutim, postoji velika razlika. Kod krutog robota, motori su direktno povezani sa segmentima, što omogućava kompenzaciju spoljnih sila. Međutim, kod robota sa elastičnim vezama, motor deluje na elastični element i uzrokuje njegovu torziju. Ispravljanje fleksibilnog elementa izaziva kretanje zgloba. Stoga postoji dinamika između aktuatora i zgloba, ne dozvoljavajući direktnu kompenzaciju spoljnih sila.

Iz tih razloga predloženo je nekoliko strategija upravljanja, od kojih neke nisu uobičajene i nisu uključene u udžbenike teorije kontupravljanjarole. Kasnih osamdesetih i ranih devedesetih bilo je veoma plodnih u pogledu doprinosa na tom polju. U [4], [5] su korišćene neke manje konvencionalne kontrolne metode, kao što su singularna perturbacija ili "backstepping". Tomei [6] je uveo izuzetno jednostavan PD sa metodom kompenzacije gravitacije i demonstrirao svoje kriterijume stabilnosti. [7] je unapredio prethodni metod istovremeno uvodeći manje restriktivne kriterijume. U [8] i [9] su uvedene metode zasnovane na pasivnosti.

Cilj ovog članka je da proveriti i razjasni metodu singularne perturbacije. Prvo se objašnjava metoda, a zatim proverava pomoću simulacija u „Matlab“-u.

2. MODEL ROBOTA SA ELASTIČNIM ZGLOBOVIMA

2.1. KLASIČAN MODEL

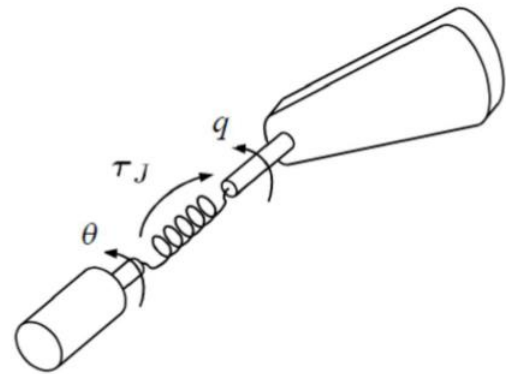
Dinamički model krutog je dobro poznat i može se naći u udžbenicima ([1], [2], [3]):

$$\tau = M(q)\ddot{q} + C(q, \dot{q})\dot{q} + G(q) \quad (1)$$

Gde τ vektor momenata motora q , \dot{q} i \ddot{q} su vektor motornih pozicija, brzina i ubrzanja. $M(q)$ je matrica inercija robota, $C(q, \dot{q})$ matrica centrifugalnih i Koriolisovih sila, a $G(q)$ je vektor gravitacionih momenata.

Ovaj model je poznat decenijama, kao i odgovarajuće metode upravljanja.

Međutim, elastičnost zglobova donosi neke komplikacije. Sto je najvažnije, postoji elastičan element između motornog rotora i veze:



Slika 1. Šema elastičnog zgloba. θ je položaj rotora motora, q položaj segmenta.

$\tau_J = K(\theta - q)$ je elastični moment a K krutost zgloba.

Dinamika može biti razdvojena na dva dela: sa strane motora i sa strane segmenta.

Možemo da delujemo direktno na prvu, ali želimo da kontrolišemo drugu.

Model robota dok je fleksibilan obično nije uključen u udžbenike iz robotike, međutim može se naći, na primer, u [10] i [11].

To je zaključeno pod pretpostavkom tri uslova:

1: Deformacija u zglobu je relativmno mala, tako da se elastičnost može smatrati linearnom.

A2: Rotori aktuatora se smatraju kao homogena tela sa težistem na osi rotacije.

A3: Svi motori se nalaze u osi rotacije odgovarajućeg zgloba.

U tom slučaju, najčešće korišćen model je:

$$\begin{bmatrix} M(q) & 0 \\ 0 & J_m \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{q} \\ \ddot{\theta} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} c(q, \dot{q}) \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} G(q) + K(q - \theta) \\ K(\theta - q) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ \tau \end{bmatrix} \quad (2)$$

Gde je τ vektor momenata motora, q i \dot{q} su vektori položaja, brzina i ubrzanja segmenata, a θ , $\dot{\theta}$ i $\ddot{\theta}$ su vektori položaja, brzina i ubrzanja rotora. $M(q)$ je matrica inercija, J_m je matrica inercija rotora, $c(q, \dot{q})$ matrica centrifugalnih i Koriolisovih sila, a $G(q)$ vektor of gravitacionih momenata. $K(\theta - q)$ se naziva elastični moment.

2.2 MODEL SINGULARNE PERTURBACIJE

Termin singularna perturbacija u teoriji upravljanja se odnosi na slučaj kada sistem pokazuje dve ili više vremenske skale. U takvim slučajevima, jedna od skala je mnogo sporija od ostalih, što omogućuje razdvajanje brze i spore dinamike. Ova metoda je korisćena za upravljanje robotima sa elastićnim zglobovima na primer kod [4], [5], [10] i [11].

Elastićni moment ima daleko bržu dinamiku nego zglob. Ta činjenica omogućuje da se brza dinamika (elastićni moment) odvoji od spore (kretanje zgloba).

Da bi se dobio model singularne perturbacije, uvodi se novi koordinatni prostor:

$$\begin{bmatrix} q \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I & 0 \\ -K & K \end{bmatrix} \begin{bmatrix} q \\ \theta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} q \\ K(q - \theta) \end{bmatrix}$$

Gde je z elastićni moment $z = K(q - \theta)$

Iz jednaćine (2) se može izvesti:

$$\begin{aligned} \ddot{\theta} &= J_m^{-1}(\tau + z) \\ \ddot{q} &= M(q)^{-1}(-c(q, \dot{q}) - G(q) - z) \end{aligned}$$

Kombinujući ove dve jednaćine:

$$\ddot{z} = K(\ddot{\theta} - \ddot{q}) = K(J_m^{-1}(\tau + z) - M(q)^{-1}(-c(q, \dot{q}) - G(q) - z))$$

Dakle:

$$\ddot{z} = K((J_m + M(q)^{-1})z + J_m^{-1}\tau + M(q)^{-1}(c(q, \dot{q}) + G(q)))$$

Pod pretpostavkom da matrica K sadrži elemente visoke vrednosti i da su približnog reda velićine, može se izvuci zajednićki činilac $\hat{K} \gg 1$ iz K :

$$K = \frac{1}{\epsilon^2} \hat{K} = \frac{1}{\epsilon^2} \text{diag}\{\hat{k}_1, \hat{k}_2, \dots, \hat{k}_n\}$$

3. UPRAVLJANJE METODOM SINGULARNE PERTURBACIJE

Ova upravljaćka strategija se koristi u procesima omogućuje da se odvojeno upravlja brzom i sporom dinamikom.

Spora dinamika u ovom slučaju predstavlja kretanje zgloba. Prednost ove metode se sastoji u tome što se na nju mogu primeniti sve tehnike upravljanja neelestacnim robotima koje su dobre izućene i koriste se već decenijama, na primer metoda inverzne dinamike. Jedna mogućnost je PD regulator sa kompenzacijom gravitacije:

$$\tau_{spori} = J^{-1}(M(q) + J)(K_p * (q_{ref} - q) + K_d * (\dot{q}_{ref} - \dot{q}) + G(q))$$

Izlaz iz sporeg regulatora se koristi kao ulaz u brzi. Da bi se dobila konaćna kontrolna akcija, sabiraju se brza i spora.

$$\tau_{brzi} = K_{pr}(\tau_{spori} - \tau_{elastici}) - \epsilon K_{dr} \dot{\tau}_{elastici}$$

Za stabilnost sistema je neophodan ali ne i dovoljan uslov da brzi deo sistema bude asimptotićno stabilan.

Konaćan moment motora iznosi:

$$\tau = \tau_{brzi} + \tau_{spori}$$

4. REZULTATI SIMULACIJA

Vrednost metode je proverena simulacijom pomoću Matlab-a, elastićnog robota sa dva stepena slobode. Korišćen je model iz jednaćine (1).

Segmenti se smatraju za homogene tanke šipke, sa sledećim karakteristikama:

- Njihove dužine su $L_1 = L_2 = 0,5m$
- Mase: $m_1 = 10 kg$, i $m_2 = 0,5kg$.
- Razdaljina težista od ose rotacije: $d_1 = d_2 = 0,25m$.
- Momenti inercije: $I_1 = \frac{m_1 L_1^2}{12} kgm^2$ i $I_2 = \frac{m_2 L_2^2}{12} kgm^2$
- Krutosti oba zgloba: $K_1 = K_2 = 10^4 Nm/rad$ i $K_1 = K_2 = 10^3 Nm/rad$ (eksperimenti su vršeni za obe vrednosti)
- Težina rotora drugog motora: $m_{r2} = 2kg$.
- Inercija koju nosi drugi motor: $J_{m2} = (I_2 + m_2 d_2^2)/r_2^2$
- Inercija koju nosi prvi motor: $J_{m1} = (I_1 + m_1 d_1^2 + m_{r2} L_1^2)/r_2^2$

Simulacije su vršene za polinomialni generator putanje petog reda. Prvi zglob se kreće 0 od 2π , a drugi od 0 do $-\pi$ za pet sekundi.

Uvedene su neke pomoćne promenljive:

$$a_1 = I_1 + m_1 d_1^2 + (m_{r2} + m_2) L_1^2 + I_2 + m_2 d_2^2$$

$$a_2 = I_2 + m_2 d_2^2$$

$$a_3 = m_2 L_1 d_2$$

Za dinamiku izraženu u jednačini (1) dobijaju se sledeće vrednosti matrica:

$$M(q) = \begin{bmatrix} a_1 + a_3 \cos(q_2) & a_2 + a_3 \cos(q_2) \\ a_2 + a_3 \cos(q_2) & a_2 \end{bmatrix}$$

$$J = \begin{bmatrix} J_{m1} & 0 \\ 0 & J_{m2} \end{bmatrix}$$

$$c(q, \dot{q}) = \begin{bmatrix} -a_3 \sin(q_2) (\dot{q}_1 \dot{q}_2 + \dot{q}_2^2) \\ a_3 \sin(q_2) \dot{q}_1^2 \end{bmatrix}$$

$$G(q) = \begin{bmatrix} m_1 g d_1 \cos(q_1) + m_{r2} g L_1 \cos(q_1) + m_2 g (L_1 \cos(q_1) + d_2 \cos(q_1 + q_2)) \\ m_2 g d_2 \cos(q_1 + q_2) \end{bmatrix}$$

Izvršene su simulacije za dve vrednosti $K_{p\tau}$ i $K_{d\tau}$, kako za krutosti zglobova $K_1 = K_2 = 10^4 Nm/rad$ tako i za $K_1 = K_2 = 10^3 Nm/rad$.

Prvo su uzete vrednosti $K_{p\tau} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$ i

$K_{d\tau} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$. To odgovara slučaju kada je brza kontrolna akcija jednaka nuli. Odnosno, postoji samo spora, kao kod krutih robota.

Potom su usvojene vrednosti $K_{p\tau} = \begin{bmatrix} 0.1 & 0 \\ 0 & 0.1 \end{bmatrix}$ i

$K_{d\tau} = \begin{bmatrix} 0.5 & 0 \\ 0 & 0.5 \end{bmatrix}$. Konačno su isprobane i

duplo veće $K_{p\tau} = \begin{bmatrix} 0.2 & 0 \\ 0 & 0.2 \end{bmatrix}$ i

$K_{d\tau} = \begin{bmatrix} 1.0 & 0 \\ 0 & 1.0 \end{bmatrix}$.

Do ovih vrednosti se je došlo putem pokušaja i pogrešaka. Sigurno mogu da se poboljšaju.

Rezultati su prikazani u sledećoj tabli.

Putanje robota su prikazane na sledećim slikama, osim za slučaj

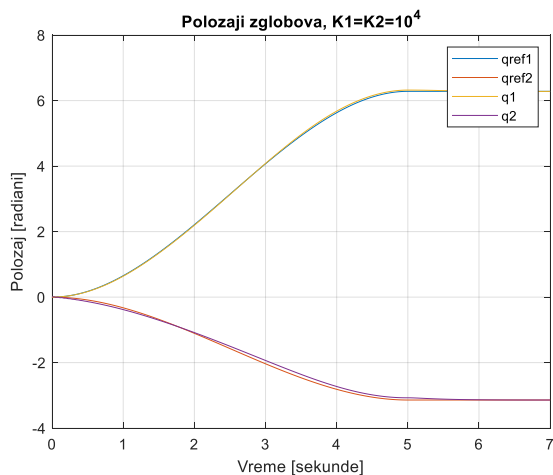
$K_1 = K_2 = 10^3 Nm/rad$,

$K_{p\tau 1} = K_{p\tau 2} = 0$ i

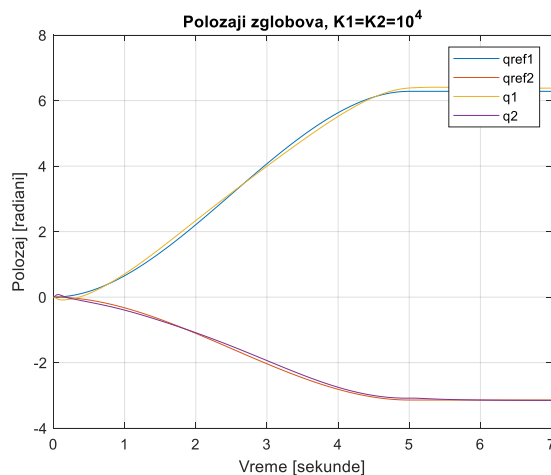
$K_{d\tau 1} = K_{d\tau 2} = 0$ koji je nestabilan.

Tabla 1. Srednja kvadratna greška prilikom praćenja putanje za prvu i drugu osu robota, za različite vrednosti brzog dela upravljanaja i krutosti prenosnika.

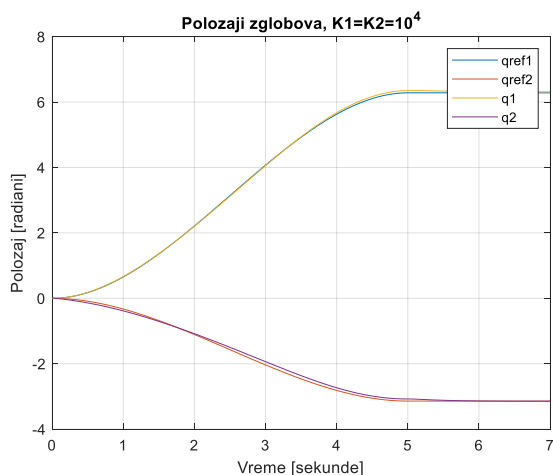
	$K_{p\tau 1} = K_{p\tau 2} = 0$ i $K_{d\tau 1} = K_{d\tau 2} = 0$	$K_{p\tau 1} = K_{p\tau 2} = 0.1$ i $K_{d\tau 1} = K_{d\tau 2} = 0.5$	$K_{p\tau 1} = K_{p\tau 2} = 0.2$ i $K_{d\tau 1} = K_{d\tau 2} = 1.0$
$K_1 = K_2 = 10^3 Nm/rad$	Nestabilan sistem	0.0096 i 0.0032	0.0395 i 0.0032
$K_1 = K_2 = 10^4 Nm/rad$	0.0006 i 0.0036	0.0012 i 0.0034	0.0028 i 0.0033



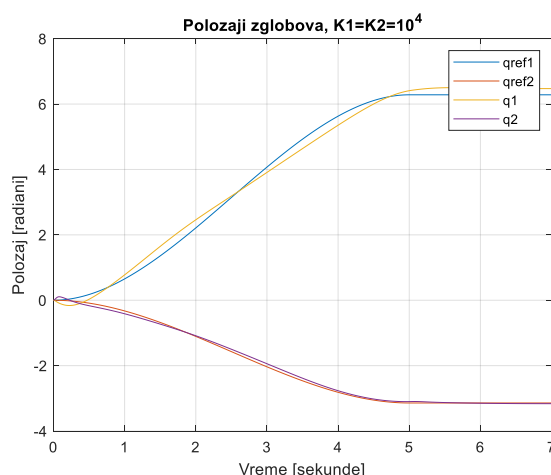
Slika 2. Referentne i realne putanje robota za $K_1 = K_2 = 10^4 Nm/rad$, $K_{pr1} = K_{pr2} = 0$ i $K_{dr1} = K_{dr2} = 0$.



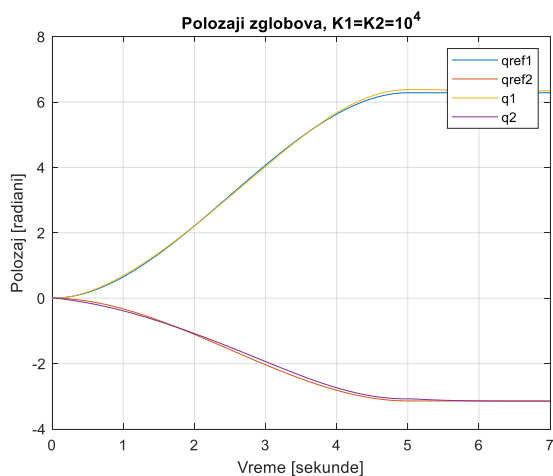
Slika 5 Referentne i realne putanje robota za $K_1 = K_2 = 10^3 Nm/rad$, $K_{pr1} = K_{pr2} = 0.1$ i $K_{dr1} = K_{dr2} = 0.5$.



Slika 3. Referentne i realne putanje robota za $K_1 = K_2 = 10^4 Nm/rad$, $K_{pr1} = K_{pr2} = 0.1$ i $K_{dr1} = K_{dr2} = 0.5$.



Slika 6. Referentne i realne putanje robota za $K_1 = K_2 = 10^3 Nm/rad$, $K_{pr1} = K_{pr2} = 0.2$ i $K_{dr1} = K_{dr2} = 1.0$.



Slika 4. Referentne i realne putanje robota za $K_1 = K_2 = 10^4 Nm/rad$, $K_{pr1} = K_{pr2} = 0.2$ i $K_{dr1} = K_{dr2} = 1.0$.

5. ZAKLJUČCI

Metoda singularne perturbacije omogućuje da se dobro poznate upravljacke metode za krute robote primene i na elastične. Ove metode predstavljaju spori deo dinamike.

Ako bi se ove metode primenile direktno, bez upravljanja brzoj dinamikom, sistem može da izgubi stabilnost. Što su zglobovi elastičniji, veća je verovatnoća da će se ovo desiti.

Rezultati praćenja putanje iz simulacija su zadovoljavajući za mnoge primene robota. Treba naglasiti još jednom da se mogu bolje podesiti konstante regulatora.

Ova metoda ima i nedostataka. Ne postoji analitička metoda za proračun konstanti. Potrebno je meriti elastični momenat i izračunati njegov izvod. Imajući u vidu smetnje sensora momenta ovo može da bude problematično.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Barrientos, A.; Peñín, L.F., Balaguer, C.; Aracil R.; Fundamentos de Robótica, 2nd ed.; McGraw-Hill: Madrid, Spain, 1997.
- [2] Spong M,W; Hutchinson S.; Vidyasagar M.; Robot Modeling and Control, 1st ed.; John Wiley & Sons, USA, 2006.
- [3] Siciliano, B., Sciavicco, L.; Villani, L.; Oriolo, G.; Robotics, Modelling, planning and Control, 1st ed.; Springer-Verlag, London, United Kingdom, 2009.
- [4] Spong M.W., Modeling and Control of Elastic Joint Robots, ASME Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control, 1987, 109, 310-319.
- [5] Spong M.W., Control of Robots with Flexible Joints: a Survey, University of Illinois, Coordinated Science Laboratory, 1990.
- [6] Tomei P., A simple PD controller for robots with elastic joints. IEEE Transactions on Automatic Control 1991, 36, 1208-1213.
- [7] De Luca A., Flacco F., A PD-type regulator with exact gravity cancellation for robots with flexible joints, Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation, Shangai, China, May 9-13, 2011.
- [8] A. Albu-Schaffer, Ch. Ott, and G. Hirzinger. A unified passivity-based control framework for position, torque and impedance control of flexible joint robots, The International Journal of Robotics Research.24, (2007), pp. 23-39.
- [9] Ott C., Cartesian Impedance Control of Redundant and Flexible-Joint Robots, Springer: Berlin Heidelberg, Germany, 2008.
- [10] De Luca A., Elastic joints. In Theory of Robot Control, Canudas de Witt C., Siciliano B, Bastin G.; Springer-Verlag London Limited 1996, pp. 179-218.
- [11] De Luca A., Elastic joints. In Springer Handbook of Robotics, Siciliano B., Khatib O.; Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2016, pp. 243-263.

Adresa autora: Dr Zotović Ranko, Profesor, Instituto de Automática e Informática Industrial (ai2), Universitat Politècnica de Valencia
e-mail: rzotovic@isa.upv.es
Rad primljen: jul 2023.
Rad prihvaćen: septembar 2023.

PRIMENA CHATGPT NA REŠAVANJA PITANJA ZA PRIPREMU PRIJEMNOG ISPITA

APPLICATION OF CHATGPT TO SOLVING QUESTIONS FOR THE PREPARATION OF THE ENTRANCE EXAMINATION

ŽELJKO EREMIĆ¹

DRAGAN HALAS¹

¹Visoka tehnička škola strukovnih studija u Zrenjaninu

REZIME

U ovom radu predstavlja se upotreba ChatGPT čebota na primeru rešavanja pitanja iz oblasti opšte kulture na srpskom jeziku. Kako je ovo relativno nov fenomen nedovoljno poznat široj javnosti biće predstavljeni osnovni pojmovi i termini iz ove oblasti. Biće predstavljene osnovne karakteristike ChatGPT, kratak pregled njegove evolucije i uticaja koji on ima na nas. Na kraju će biti prikazan jedan eksperiment gde će ChatGPT rešavati pitanja iz oblasti opšte kulture i matematike, a najinteresantniji odgovori biće komentarisani.

Ključne reči: ChatGPT, LLM, NLP

ABSTRACT

This paper presents the use of ChatGPT chatbot on the example of solving questions from the field of general culture in the Serbian language. As this is a relatively new phenomenon that is insufficiently known to the general public, basic concepts and terms from this field will be presented. The basic features of ChatGPT, a brief overview of its evolution and the impact it has on us will be presented. At the end, an experiment will be shown where ChatGPT will solve questions in the field of general culture and mathematics, and the most interesting answers will be commented.

Key words: ChatGPT, LLM, NLP

1. UVOD

ChatGPT je u poslednje vreme privukao veliku pažnju mogućnostima da se nosi sa izazovima da u formatu komunikacije sličnom ljudskoj komunikaciji prihvata pitanja i zatim na njih daje odgovore. Iako na prvi pogled deluje svemoćno, jedan ovakav sistem i dalje pati od određenih ograničenja.

Rad koji predstavljamo ima nekoliko ciljeva pred sobom. Za početak, da se predstavne osnovni pojmovi i termini vezani

za tematiku. Zatim da se navedu karakteristike ChatGPT čebota, njegova evolucija i uticaj na okruženje. Eksperiment koji planiramo u našem radu će se izvršiti korišćenjem ChatGPT čebota. Na kraju će biti komentarisani odgovori koji su se pokazali kao najinteresantniji. Posebna pažnja će se obratiti na pogrešne odgovore koje ChatGPT daje kada se koristi srpski jezik. Zatim će se pogrešni odgovori testirati ponovo korišćenjem engleskog jezika, u cilju utvrđivanja razlika.

2. OSNOVNI POJMOVI I TERMINI

Veliki jezički modeli (Large language model – LLM) predstavljaju velike baze tekstualnih podataka iz kojih je moguće dobijanje odgovora koji podsećaju na odgovore koje čovek može da pruži na postavljeno pitanje. Izvori tekstualnih podataka su raznoliki poput literature, blogova, sadržaja na vebu, foruma, vesti, društvenih mreža i slično. Alati koji su danas popularni poput ChatGPT, Google Bard ili Bing Chat se baziraju na LLM.

Obučeni generativni transformator (engl. Generative Pre-trained Transformer - GPT) je možda i najpoznatiji LLM. Takođe postoje i LaMDA, PaLM ili BERT (engl. Bi-directional Encoder Representation from Transformers). Prvi GPT potiče iz 2018. godine i napravila ga je američka kompanija OpenAI.

ChatGPT je četbot zasnovan na veštačkoj inteligenciji koju je razvila kompanija OpenAI. On je član klase jezičkih modela i omogućava generisanje teksta na način koji je sličan onome kako to čovek radi. U našem radu vršimo eksperiment zasnovan na njegovom korišćenju.

Natural language processing (NLP) prema [1] što bi se moglo prevesti kao obrada prirodnih jezika predstavlja granu kompjuterske nauke odnosno veštačke inteligencije koja ima za cilj da se računarima omogući da razumeju tekst i govor na način na koji to mogu ljudska bića. Obrnutu aktivnost vrši **Natural language generation** (NLG) što bi se moglo prevesti kao generisanje prirodnog jezika i koji omogućava da se strukturane informacije pretvore u ljudski jezik. U našem eksperimentu ćemo koristiti tekst kao ulaz u sistem, i tekst kao izlaz koji dobijamo od sistema.

3. CHATGPT

Poslednjih godina svedoci smo velikog napretka u oblasti obrade prirodnih jezika - NLP. Primene su nađene u više oblasti poput prepoznavanja govora ili prepoznavanju

entiteta, prevođenja sa jezika na jezik, generisanja teksta... Prema [2] ChatGPT je naslednik velikog jezičkog modela po imenu InstructGPT. ChatGPT predstavlja jedan NLP model. Razvila ga je kompanija OpenAI, koja ima orijentaciju na istraživanje i razvoj veštačke inteligencije (engl. Artificial intelligence) - AI.

ChatGPT karakterišu mnoge napredne mogućnosti koje do sada nisu bile dostupne širokom krugu korisnika. On ima mogućnost da ostvaruje komunikciju na toliko visokom nivou tako da se stvara osećaj da sa druge strane imamo ljudskog sagovornika. Ovo naravno stvara neke nove mogućnosti koje idu dotle da postoji zabrinutost da bi veštačka inteligencija mogla da zameni čoveka na određenim radnim mestima.

"ChatGPT je revolucionarni LLM koji može da održava razgovore nalik ljudima i generiše tekst sličan čoveku za bilo koji upit prirodnog jezika koji se skoro ne može razlikovati. Model se može koristiti za odgovaranje na pitanja, pisanje eseja, rešavanje problema, objašnjavanje složenih tema, pružanje virtuelnog podučavanja, vežbanje jezika, učenje programiranja, podučavanje i podrška istraživanju." [3]

Kao i svaki drugi sistem i ovaj ne poseduje samo prednosti. Iako poseduje do sada neviđene mogućnosti, ChatGPT ima i određene mane. To se posebno vidi kada je potrebno složenije rezonovanje ili obrada vizuelnih informacija.

"Međutim, iako je ChatGPT moćan alat koji može da generiše impresivne odgovore na različite teme, on i dalje ima određena ograničenja, kao što su nedostatak zdravog razuma, potencijalna pristrasnost, poteškoće sa složenim rezonovanjem i nemogućnost obrade vizuelnih informacija." [3]

Primećeno je da ChatGPT daje bolje rezultate u deduktivnom nego u induktivnom rezonovanju. Često se može čuti da on može da halucinira, što se dešava u onim situacijama kada radi sa informacijama sa kojima nije eksplicitno obučen, a rezultat toga su nepouzdana i obmanjujući odgovori. Na primer [4] navodi se primer haluciniranja gde ChatGPT na pitanje "Kada je Leonardo

da Vinči naslikao Mona Lizu?" daje odgovor da se to desilo 1815. godine.

"Istraživači su takođe otkrili da ChatGPT ima bolje rezultate u deduktivnom zaključivanju u poređenju sa induktivnim. Pored toga, otkriveno je da ChatGPT ima probleme sa halucinacijama, što se može poboljšati kroz saradnju ljudi sa modelom." [5]

4. EVOLUCIJA CHATGPT I NJEN UTICAJ NA OKRUŽENJE

Razvoj ChatGPT se odvijao u više koraka koje ćemo ukratko predstaviti. GPT-1 je karakterisao nizak nivo mogućnosti za generalizaciju. GPT-2 je koristio isti radni okvir modela ali je imao mnogo veću bazu podataka u odnosu na svog prethodnika. GPT-3 koristi strukturu od GPT-2, ali su kapaciteti modela toliko porasli da je postalo teško razlučiti da li je tekst pisao GPT-3 ili čovek. U momentu pisanja ovog rada nisu svi parametri GPT-4 javno dostupni za poređenje. GPT-4 model u odnosu na svog prethodnika svakako ima prednosti jer ima

pristup većem izvoru informacija, a takođe nema ograničenje na informacije od septembra 2021 godine i starije, kao što je to slučaj kod GPT-3. Komparativna analiza različitih verzija GPT su data u tabeli 1.

Primetno je ogromno interesovanje koje je ChatGPT izazvao. Ovo je danas jedna od najaktuelnijih oblasti u svetu informacionih tehnologija sa uticajem koji se proteže na skoro sve oblasti rada i stvaralaštva danas. Mnoge druge kompanije pokušavaju da razviju svoj odgovor na ChatGPT.

"Trenutno, sve više kompanija i istraživačkih grupa prati OpenAI-jevo vođstvo u razvoju sopstvenih proizvoda sličnih ChatGPT-u ili AIGC proizvoda. Na primer, Microsoft je kombinovao ChatGPT sa svojim pretraživačem Bing da bi poboljšao kvalitet rezultata pretrage, Baidu je objavio svog robota sličnog ChatGPT-u pod nazivom ERNIE Bot, koji može da generiše slike na osnovu tekstualnih opisa, a Sensetime je razvio svog robota SenseChat, koji može da generiše slike, video zapise i 3D sadržaje." [6]

Tabela 1. Komparativna analiza GPT-1, GPT-2, GPT-3 i GPT-4 [6]

	GPT-1	GPT-2	GPT-3	GPT-4
Released date	June 2018	February 2019	May 2020	March 2023
Model parameters	117 million 12 layers 768 dimensions	1.5 billion 48 layers 1600 dimensions	175 billion 96 layers 12 888 dimensions	Unpublished
Context window	512 tokens	1024 tokens	2048 tokens	8195 tokens
Pre-training data size	About 5 GB	40 GB	45 TB	Unpublished
Source of data	BooksCorpus, Wikipedia	WebText	Common Crawl, etc.	Unpublished
Learning target	Unsupervised learning	Multi-task learning	In-context learning	Multimodal learning

5. EKSPERIMENT

Eksperiment koji smo sproveli je koristio mogućnosti koji pruža ChatGPT kompanije OpenAI. Tokom ovog eksperimenta postavljali smo pitanja koja su se koristila za pripremu za prijemni ispit na Visokoj tehničkoj školi strukovnih studija u Zrenjaninu. Kako aktuelna verzija zasnovana na GPT-3.5 arhitekturi ima određena ograničenja poput toga da ne može da prihvati sliku na ulazu ili to da su podaci za obučavanje ne noviji od septembra 2021, to za posledicu ima da informacije i događaji

koji su se desili posle toga nisu dostupni. Najinteresantiji odgovori biće komentarisani. Eksperiment je sproveden dana 4. jula 2023.

Posebnu dimenziju daje to što su pitanja na srpskom jeziku. Na taj način testiraju se mogućnosti koje postoje na jednom jeziku koji nije svetski, ali sa druge strane ne spada ni u male jezike.

Već postoje određeni eksperimenti kada su kvizovi u pitanju. Sistem poseduje mogućnost ne samo da rešava pitanja iz kvizova i proveru plagijata, već i da pravi nove kvizove različitih težina. "Brza procena

i evaluacija: Nastavnici takođe mogu da iskoriste moć ChatGPT modela za procenu i evaluaciju zadataka učenika i kvizova. Model se može koristiti za proveru predatih zadataka na plagijat. Zanimljivo je da model može da generiše pitanja/kvizove na osnovu različitih nivoa težine." [3]

U eksperimentu su korišćeno ukupno 42 pitanja. Od toga na 40 pitanja je ChatGPT dao tačan odgovor, dok je na 2 pitanja dao pogrešan odgovor. **Procenat uspešnih odgovora je bio 94,24%** kada su pitanju zadaci na srpskom jeziku. Preostala dva pitanja su posle toga zadata na engleskom jeziku što je rezultovalo time da je ChatGPT i na njih tada dao ispravan odgovor. Treba napomenuti da su pitanja napravljena pre 2021. godine što znači da su mogla biti vremenski obuhvaćena podacima kojima je ChatGPT obučavan.

Pitanja su po svom formatu malo prilagođena tako da je ChatGPT morao eksplicitno da se odluči na jedan od ponuđenih odgovora. Na primer prvobitno pitanje za [7] je bilo:

Označiti pravilno napisano ime mesta:

- a) Novi pazar
- b) Novi Pazar
- c) novi Pazar

a zatim je pitanje je prilagođeno u:

Označiti pravilno napisano ime mesta?

Odgovor je:

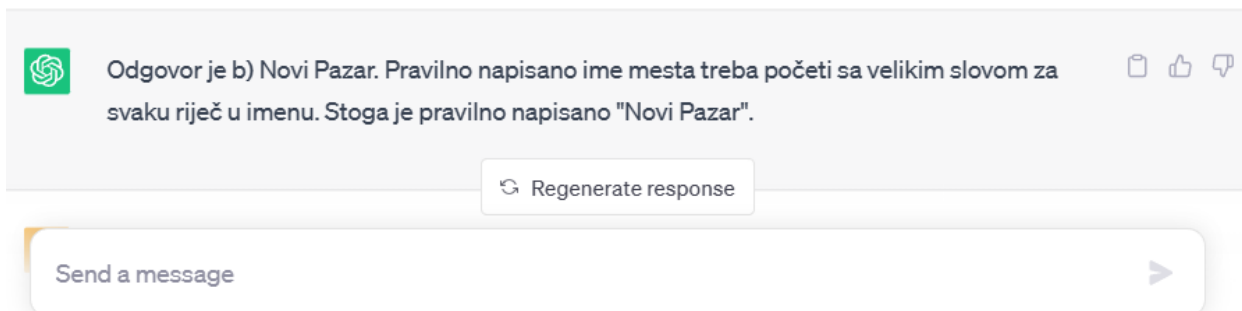
- a) Novi pazar
- b) Novi Pazar
- c) novi Pazar

Na ovaj način tražimo od ChatGPT da se nedvosmisleno izjasni o tome da li je tačan odgovor pod a, b ili c. ChatGPT je takođe skoro uvek davao neko dodatno tekstualno objašnjenje, koje je koristilo reči i na srpskom i na hrvatskom jeziku. Primer postavljenih pitanja i odgovora se može videti na slici 1. U ovom slučaju je ChatGPT dao tačan odgovor.

Kada su izačunavanja u pitanju ona su takođe podržana. ChatGPT je u stanju da određeno objašnjenje postupka kako je došao do rešenja. Na slici 2 se može videti objašnjenje jednog izračunavanja na osnovu postavljenog pitanja korišćenjem [7]: "*Odelo košta 2.000,00 dinara i poskupi za 10%. Nakon toga pojeftini za 30%. Koja je nova cena odela? Odgovor je:*". U ovom slučaju je ChatGPT dao tačan odgovor.

Zanimljivo je to da je ChatGPT pokazao dobre rezultate kod jednog pitanja koje je zahtevalo da se formiraju veze između oznaka i jedinica. Na slici 3 se može videti da je ChatGPT uspešno izašao na kraj i sa ovim izazovom.


- DR Označiti pravilno napisano ime mesta? Odgovor je:
- a) Novi pazar
 - b) Novi Pazar
 - c) novi pazar



Free Research Preview. ChatGPT may produce inaccurate information about people, places, or facts. [ChatGPT May 24 Version](#)

Slika 1. Tekstualno pitanje sa tri ponuđena odgovora. [7]

- DR Odelo košta 2000.00 dinara i poskupi za 10%. Nakon toga pojeftini za 30%. Koja je nova cena odela? Odgovor je:
- a) 1580.00 dinara.
 - b) 1540.00 dinara.
 - c) 1440.00 dinara.

 Prvo ćemo izračunati cenu odela nakon poskupljenja za 10%. 📄 👍 🗨

Poskupljenje za 10% od 2000.00 dinara iznosi: $0.10 * 2000.00 = 200.00$ dinara.

Nova cena odela nakon poskupljenja je: $2000.00 + 200.00 = 2200.00$ dinara.

Zatim ćemo izračunati cenu odela nakon pojeftinjenja za 30%.

Pojeftinjenje za 30% od 2200.00 dinara iznosi: $0.30 * 2200.00 = 660.00$ dinara.

Nova cena odela nakon pojeftinjenja je: $2200.00 - 660.00 = 1540.00$ dinara.

Dakle, odgovor je b) 1540.00 dinara.

Send a message ➤

Free Research Preview. ChatGPT may produce inaccurate information about people, places, or facts. [ChatGPT May 24 Version](#)

Slika 2. Tekstualno pitanje i tri ponuđena odgovora sa objašnjenim postupkom izračunavanja. [7]

- DR Povezati odgovarajuće oznake i jedinice:
- a) Volt (V) snaga
 - b) Njutn (N) sila
 - c) Amper (A) rad
 - d) Vat (W) el. napon
 - e) Džul (J) jačina el. struje



- a) Volt (V) - el. napon
- b) Njutn (N) - sila
- c) Amper (A) - jačina el. struje
- d) Vat (W) - snaga
- e) Džul (J) - rad

📄 👍 🗨

Send a message ➤

Free Research Preview. ChatGPT may produce inaccurate information about people, places, or facts. [ChatGPT May 24 Version](#)

Slika 3. Tekstualno pitanje sa formiranjem veze između oznaka i jedinica. [7]

5.1. CHATGPT I GREŠKE

Kao što je već ranije pomenuto ChatGPT ima određenih nesavršenosti koje su se ispoljile i tokom eksperimenta. U našem eksperimentu javile su se dve greške koje će biti objašnjene u nastavku.

Greška 1 se odnosi na sledeće pitanje i odgovor u [7]:

Koja boja se dobija mešanjem plave i žute? Odgovor je:

- a) ljubičasta
- b) zelena
- c) braon

Odgovor je a) ljubičasta. Mešanjem plave i žute boje obično se dobija ljubičasta boja. Ova kombinacija boja se često koristi u kolorističkim miješanjima i modelima boja.

Kako je dobijen pogrešan odgovor sproveden je dodatak istraživanju, na način da je pitanje postavljeno na engleskom jeziku. Ovoga puta dobijen je tačan odgovor:

What color is obtained by mixing blue and yellow? The answer is:

- a) purple
- b) green
- c) brown

The answer is b) green. When blue and yellow are mixed together, the resulting color is green. This is a primary color mixing combination, where blue and yellow pigments or light wavelengths combine to create the perception of green.

Greška 2 se javila kod pitanja iz oblasti matematike. U nastavku se daje pitanje i netačan odgovor sve do tačke kada se javila greška u postupku korišćenjem [7].

Dva broja se odnose kao 2:3. Ako se prvi uveća za 1, a drugi za 4, odnose se kao 1:2. Ti brojevi su? Odgovor je:

- a) 6 i 9
- b) 10 i 15
- c) 4 i 6

Da bismo rešili ovaj problem, možemo koristiti proporciju između brojeva.

Ako su dva broja u odnosu 2:3, to možemo zapisati kao:

$$x : y = 2 : 3$$

Gde su x i y nepoznati brojevi.

Ako se prvi broj uveća za 1, a drugi za 4, odnos između njih postaje 1:2. To znači da je novi odnos:

$$(x + 1) : (y + 4) = 1 : 2$$

Sada možemo rešiti ovaj sistem proporcija.

Prvi korak je da izjednačimo razlomke:

$$2(x + 1) = 1(y + 4)$$

Sad možemo proširiti i rešiti:

$$2x + 2 = y + 4$$

$$y = 2x - 2 + 4$$

...

Može se videti da je iz $2x + 2 = y + 4$ trebalo biti dobijeno $y = 2x - 2$ umesto $y = 2x - 2 + 4$. Kao krajnji odgovor je dobijeno:

Odgovor je nijedan od ponuđenih, jer nijedna od opcija a), b) ili c) ne odgovara brojevima 1 i 4. Jasno je da da vrednosti 1 i 4 nisu pravo rešenje.

Slično kao i kod prethodne greške zadavanjem zadatka na engleskom dobijen je ispravan odgovor, Pri tome je postupak izračunavanja u [7] bio drugačiji:

Two numbers are related as 2:3. If the first is increased by 1 and the second by 4, they relate as 1:2. Those numbers are? The answer is:

- a) 6 and 9
- b) 10 and 15
- c) 4 and 6

To solve this problem, we can use algebraic approach. Let's denote the first number as "x" and the second number as "y".

According to the given information, we have the following ratios:

$$x : y = 2 : 3$$

If the first number is increased by 1 and the second number by 4, the new ratio becomes:

$$(x + 1) : (y + 4) = 1 : 2$$

To find the values of x and y, we can set up a system of equations based on the ratios:

$$2y = 3x \quad (\text{Equation 1})$$

$$(x + 1) = (y + 4)/2 \quad (\text{Equation 2})$$

We can solve this system of equations to find the values of x and y.

From Equation 1, we have:

$$y = (3/2)x$$

Substituting this into Equation 2, we get:

$$(x + 1) = ((3/2)x + 4)/2$$

Simplifying the equation:

$$2(x + 1) = (3/2)x + 4$$

Expanding and rearranging the equation:

$$2x + 2 = (3/2)x + 4$$

Multiplying through by 2 to eliminate the fractions:

$$4x + 4 = 3x + 8$$

Subtracting 3x from both sides:

$$x = 4$$

Substituting this value back into Equation 1, we can find y:

$$y = (3/2)(4)$$

$$y = 6$$

Therefore, the numbers are $x = 4$ and $y = 6$.

The answer is c) 4 and 6.

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu su predstavljene osnove ChatGPT. Predstavljani su osnovni pojmovi i termini potrebni za njegovo razumevanje. Zatim su date karakteristike, evolucija i uticaj na okruženje koji ima. Na kraju je izvršen eksperiment. Eksperiment je obuhvatio 42 tekstualna pitanja iz opšte kulture pri čemu je bilo i više matematičkih pitanja. Tačnih odgovora je bilo 40 kada su pitanja postavljena na srpskom jeziku, tako da je procent tačnih odgovora 94,24%. Nakon postavljanja preostala dva pitanja na engleskom jeziku na njih je dobijen tačan odgovor. Ovo znači da izbor jezika na kome je pitanje postavljeno ima uticaj na tačnost odgovora koji se dobija.

ChatGPT kroz svoje nove verzije kao i slične konkurentske tehnologije pružaju nadu da će odgovori biti sve više tačni kako vreme bude prolazilo. Rad koji smo predstavili daje doprinos na polju istraživanja jedne primene veštačke inteligencije na srpskom jeziku.

7. LITERATURA

- [1] What is natural language processing?, <https://www.ibm.com/topics/natural-language-processing>, pristupljeno 27.6.2023
- [2] Bang, Yejin, et al. "A multitask, multilingual, multimodal evaluation of chatgpt on reasoning, hallucination, and interactivity." arXiv preprint arXiv:2302.04023, 2023.
- [3] Rahman, Md Mostafizer, and Yutaka Watanobe. "ChatGPT for education and research: Opportunities, threats, and strategies." Applied Sciences Vol.13. No.9. pages.5783., 2023.
- [4] ChatGPT: What Are Hallucinations And Why Are They A Problem For AI Systems, <https://bernardmarr.com/chatgpt-what-are-hallucinations-and-why-are-they-a-problem-for-ai-systems/>, pristupljeno 27.6.2023.
- [5] Surameery, Nigar M. Shafiq, and Mohammed Y. Shakor. "Use chat gpt to solve programming bugs." International Journal of Information Technology & Computer Engineering (IJITC) ISSN: 2455-5290 Vol.3. No.1. pp. 17-22., 2023.
- [6] Wu, Tianyu, et al. "A brief overview of ChatGPT: The history, status quo and potential future development." IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica Vol.10. No.5. pp. 1122-1136, 2023.
- [7] ChatGPT, <https://chat.openai.com/>, pristupljeno 4. jula 2023.

Adresa autora: Željko Eremić, Visoka tehnička škola strukovnih studija u Zrenjaninu, Đorđa Stratimirovića 23, Zrenjanin, Republika Srbija

e-mail: zeljko.eric@vts-zr.edu.rs

Rad primljen: jul 2023.

Rad prihvaćen: septembar 2023.



МИЛОШ САВЧИЋ
(1865 – 1941)

Грађевински инжењер.

Пројектант и градитељ

пруга, индустријских објеката, фабрика,
велелепних зграда, читавих градских квартова.

Финансијски експерт, банкар и инвеститор.

Политичар и родољуб.

Градоначалник Београда и

Министар у Влади Србије.

Један од најбогатијих Срба свих времена.

VEŠTAČKA INTELIGENCIJA - RAZVOJ, PRIMENA, IZAZOVI

ARTIFICIAL INTELLIGENCE – DEVELOPMENT, APPLICATION, CHALLENGES

MILORAD RANČIĆ¹
MILJAN MILETIĆ²

¹Društvo inženjera u Zrenjaninu

²Akademija strukovnih studija Šumadija, odsek Kruševac

REZIME

Nagli razvoj veštačke inteligencije (VI) izazvao je veliko interesovanje ne samo stručnjaka tehničkog usmerenja nego i mnoge laike. Kontraverzne izjave različitih „eksperata“ podstakle su mnogobrojna pitanja i dileme. Cilj ovog rada jeste da se tehnički prosečno obrazovan čitaoc informiše i upozna sa osnovnim definicijama, istorijskim razvojem, mogućnostima primene i trenutnim stanjem u ovoj savremenoj i aktuelnoj naučnoj oblasti. Posebno je istaknut osvrt na dileme i izazove koji su se u međuvremenu pojavili.

Ključne reči: veštačka inteligencija, definicije, istorijski razvoj, primena, dileme, izazovi

ABSTRACT

The rapid development of artificial intelligence has aroused great interest not only of technical experts but also of many laymen. Controversial statements by various experts have given rise to numerous questions and dilemmas. The aim of this work is to inform the reader with an average technical education and get acquainted with the basic definitions, historical development, application possibilities, and currently situation in this modern and current scientific field. A review of dilemmas and challenges that have arisen in the meantime is particularly highlighted.

Key words: artificial intelligence, definitions, historical development, application, dilemmas, challenges

1. UVOD

U martu mesecu 2023. godine više od stotinu svetskih eksperata iz oblasti računarskih, informacionih i drugih savremenih tehnologija potpisali su i objavili peticiju, odnosno, apel u kome se traži uvođenje šestomesečne pauze,

moratorijuma, na istraživanja u oblasti veštačke inteligencije zbog „velikog rizika po čovečanstvo“. Među potpisnicima ovog proglasa našla su se imena i nekih najpoznatijih i najuspešnijih ličnosti kao što su to Ilon Maks osnivač kompanija Tesle, Spajsaksa i vlasnik Tvitera, Stiv Voznijak suosnivač Epla, Dip Majnd član Laboratorije

za veštačku inteligenciju u Guglu, Al Amad Mostak šef kompanije Stability (koja je konkurent kompaniji Open AI), Sem Altman izvršni direktor kompanije Open AI (koja je stvorila Chat GPT), profesori za veštačku inteligenciju sa američkih univerziteta, inženjeri iz Majksofta i drugi stručnjaci.

U pomenutoj peticiji se traži zaustavljanje i pauza za sva istraživanja sve dok se ne uspostavi sistem bezbednosti u koji treba da budu uključena regulatorna tela za nadzor sistema veštačke inteligencije i tehnike koje će moći da razlikuju realno od veštačkog kao i institucije sposobne da upravljaju „dramatičnim ekonomskim, političkim i društvenim poremećajima“ koje će veštačka inteligencija izazvati“. Sem Altman je još i izjavio da je „zastrašen“ svojom tvorevinom ukoliko bi se ona upotrebila za kreiranje dezinformacija velikih razmera i sajber napade.

Objavljena peticija je za trenutak obišla svet. Izazvala je ogromno interesovanje ne samo stručnjaka iz ovih oblasti nego i obične građane. Skoro svi važniji svetski i nacionalni, elektronski i štampani mediji ovu vest su objavili na naslovnim stranama. Usijali su se razni portali, organizovani su okrugli stolovi i specijalne televizijske emisije. Priča o veštačkoj inteligenciji postala je ubrzo jedna od najvažnijih tema. Uključili su se mnogi: novinari, eksperti, stručnjaci, političari, pristalice „teorija zavere“, pisci, filmski umetnici, estradne zvezde, obični građani. Na pitanje da li je moguće da mašina, jedna veštačka tvorevina, koju je stvorio i dalje stvara čovek, može da ga ozbiljno ugrozi i dovede čak do njegovog nestanka, svi učesnici u raspravama imali su svoje odgovore.

Upravo je cilj ovog rada da tehnički prosečno obrazovanim čitaocima pruži osnovne informacije o nastanku, razvoju, primeni, rizicima i izazovima jedne relativno savremene tehnologije koja se naziva „veštačka inteligencija“. A priča o njoj je postala aktuelna i izuzetno atraktivna kada je kompanija Open AI objavila čuveni Chat GPT (i neki njemu slični programi) ali ta priča nije nastala ovih dana. Ona je nastala

pre skoro sedamdeset godina, sve vreme se razvijala i trajaće i dalje.

2. DEFINICIJE PRIRODNE I VEŠTAČKE INTELIGENCIJE

Prirodna inteligencija

Preme Rečniku srpskog jezika (u izdanju Maticе srpske) reč „inteligencija“ je nastala od latinske reči „intellectus“ a znači „sposobnost brzog shvatanja i razumevanja, umna obdarenost, bistrina, razum“. U nauci psihologiji figurišu i druge slične definicije. Neke od njih će biti navedene.

Inteligencija je mentalna osobina koju čine nekoliko sposobnosti: učenje iz iskustva, prilagođavanje novim situacijama i njihovo razumevanje, sposobnost da se u novim okolnostima primene prethodno stečena znanja i da snalaženje u njima bude brzo i učinkovito.

Inteligencija je mentalna osobina koja se sastoji iz više sposobnosti: učenje iz iskustva, adaptiranje na situacije, shvatanje i razumevanje novih situacija i korišćenje stečenih znanja u interakciji sa okruženjem.

Neki pak smatraju da je sposobnost adaptacije u okruženju najvažnija karakteristika inteligencije. A uspešna adaptacija se bazira na kognitivnim procesima kao što su: percepcija, učenje, pamćenje, rasuđivanje i rešavanje problema.

Sve ove definicije odnose se na čoveka i njegovu prirodnu inteligenciju ali se neke mogu delimično primeniti i na neka živa bića (životinje).

Nauka psihologija se mnogo detaljnije i ozbiljnije bavi ovom oblašću i ona definiše različite vrste prirodne inteligencije Neke od njih su: verbalno lingvistička (sposobnost dobrog usmenog i pisanog izražavanja), logičko matematička (sposobnost lakog rešavanja matematičkih i logičkih zadataka), vizuelno prostorna (lako snalaženje u postoru, pamćenje slika i likova), telesno kinestatička (sposobnost brzog pamćenja pokreta i komunikacija telom, rukom, nogom), muzička (lako prepoznavanje i pamćenje muzičkih

melodija, tona, ritma), interpersonalna (lako uspostavljanje kontakta sa drugim ljudima), intrapersonalna (razumevanje sopstvenog bića i ličnosti), naturalistička prirodna (osobina ljudi da imaju jaku vezu sa prirodom, svest o očuvanju životne sredine i uticaja prirode na ljude), duhovno egzistencijalistička (sklonost za razumevanje religije, univerzuma, smisla života, mističnosti i slično).

Veštačka inteligencija

Oko precizne definicije pojma veštačka inteligencija VI (engleski artificial intelligence) ne postoji opšti konsenzus i mnogi eksperti se međusobno ne slažu. Postoje više oblika koji zavise od vremenskog perioda i novoa razvoja u kome su date, različitih pristupa, pogleda i metoda pri rešavanju problema itd. Na današnjem nivou razvoja ove oblasti najopštije definicije veštačke inteligencije mogu da budu sledeće:

Veštačka inteligencija je podoblast računarstva koju čine algoritmi i računarski programi (softveri) koji mašinama (računarima) omogućavaju ponašanja koja se mogu okarakterisati kao inteligentna.

Prema OECD-u veštačka inteligencija predstavlja sistem osposobljen da predviđa, daje preporuke ili utiče na okruženje pomoću zadatih ciljeva koje definiše čovek.

Veštačka inteligencija je naučna oblast u kojoj se istražuje kako da se naprave računari koji bi uspešno obavljali aktivnosti i rešavali probleme koje obično rade ljudi.

Veštačka inteligencija je sposobnost računara ili računarom upravljane mašine da obavlja zadatke koje mogu da obavljaju inteligentna bića.

Pod veštačkom inteligencijom se podrazumeva simulacija ljudske inteligencije pomoću mašina koje su programirane tako da mogu da oponašaju ljudske aktivnosti. Takve mašine imaju sposobnost ljudskog uma, mogu da rešavaju probleme, vrše racionalizaciju, uče, preduzimaju akcije.

3. ISTORIJSKI RAZVOJ

Istorija nastanka i razvoja veštačke inteligencije duga je skoro sedamdeset godina. Iz tog perioda biće izdvojeno nekoliko značajnih datuma, događaja i ličnosti.

U gradu Dartmuntu, u Kalifornioji u Sjedinjenim Američkim Državama, 1956. godine održana je Letnja konferencija o veštačkoj inteligenciji na kojoj je ona prvi put izdvojena i predstavljena kao posebna disciplina u sastavu informatičkih i računarskih tehnologija. Dzon Makarti je predložio i ime ove oblasti (artificial intelligence) koje i nije bilo srećno izabrano što će kasnije izazvati mnoga neslaganja. Na konferenciji su učestvovali, pored pomenutog Makartnija, i grupa , u to vreme čuvenih naučnika, u kojoj su bili Marvin Minski, Klod Šenon, Natanijel Ročester i drugi. Konferencija je uglavnom bila posvećena definisanju i profilisanju ove nove naučne oblasti i trajala je čitavih mesec dana.

I onda su došle godine i decenije uspešnog razvoja. Ulaganja u istraživanja su bila velika a i očekivanja su bila u skladu sa time. Šezdesetih i sedamdesetih godina prošlog veka razvoj veštačke inteligencije pratio je razvoj nekih drugih tehničkih oblasti tako što je ona bila njihov sastavni deo. To se pre svega odnosi na digitalne sisteme i uređaje. Računari (kompjuteri) su neprestano i veoma brzo poboljšavali svoje karakteristike, povećavali su brzinu rada i kapacitet memorije, širili mogućnosti primene asmanjivali fizičke dimenzije. Formirane su sve veće baze podataka. Posebnu ulogu imali su i razvoj robotike, fleksibilne i totalne automatizacije raznih tehnoloških procesa. Skoro dvadeset godina trajalo je očekivanje da će računar nadmašiti čoveka u intelektualnim mogućnostima i aktivnostima. Na tu temu napisano je puno romana sa naučno fantastičnim temama a filmski umetnici snimili su seriju filmova kao što su to „Odiseja 2001“, „Masterix“, „Ja robot“, „Terminator 1, 2..“.

A onda je osamdesetih godina prošlog veka počelo da preovladava mišljenje da su

očekivanja od primene veštačke inteligencije bila prevelika. Fondovi i ulaganja brzo su se smanjila pa je razvoj ove oblasti znatno usporen. Skoro deset godina trajala je kriza. Iznemada, krajem devedesetih godina, desili su se interesantni događaji koji su veštačku inteligenciju oživeli. Uz pomoć softvera i računara naučnici su dokazali neke teoreme u matematici koje čovek ranije nije mogao. A ono što je privuklo pažnju celog sveta bio je jedan šahovski meč. U mesecu maju 1997. godine IBM-ov računar Deep Blue prvi put je pobedio tadašnjeg svetskog prvaka Garija Kasparova i revanširao mu se za prethodni poraz. Vest je odjeknula planetom Zemljom dok su naučnici postavljali jedno ključno pitanje: da li je najzad mašina pobedila čoveka? I od ovog događaja računari su počeli da pobeđuju ljude u raznim misaonim igrama kao što su to, naprimer, Texas Halden Poker ili kviz znanja Jeopardy.

Dvadeset prvi vek je otpočeo sa velikim povećanjem interesovanja za veštačkom inteligencijom i njenim uspesima. Primene novih teorija kao, naprimer, neuronske mreže ili mašinsko učenje (posebno takozvano duboko učenje) dale su nove, izuzetno široke mogućnosti primene. Računarski softveri počeli su da prepoznaju lica na fotografijama, prevode tekstove sa raznih jezika, vrše navigaciju... Godine 2016. Guglov računar Alphe Go pobedio je svetskog prvaka Lija Sidola u drevnoj kineskoj misaonoj igri GO. Broj mogućih kombinacija u ovoj igri najveći je od svih igara. Iznosi neverovatnih 2×10^{170} .

U gradu Asilomaru u Kaliforniji (SAD) održana je velika svetska Konferencija o veštačkoj inteligenciji. Na njoj su se okupili najveći svetski umovi današnjice. Drugi deo ove Konferencije održan je u Portoriku. Učesnici su razmatrali i usvojili sa velikim konsenzusom dvadeset tri principa daljeg razvoja ove oblasti.

4. MOGUĆNOSTI PRIMENE VEŠTAČKE INTELIGENCIJE

Izuzetno je široko polje primene veštačke inteligencije danas. Veliki je broj

oblasti u kojima se ona primenjuje i skoro da nema sfere života u kome ona delimično ili potpuno nije prisutna. Izvršen je izbor nekih karakterističnih oblasti.

- Industrija: automatizacija mašina, fleksibilna automatizacija proizvodnih procesa, industrijska robotika, Industrija 4.0...
- Saobraćaj: regulisanje saobraćaja u velikim gradovima, autonomna vozila(samo-stalno kretanje bez vozača), sistemi za asistenciju pri vožnji automobila, avioni i avio prevoz
- Energetika: upravljanje elektroenergetskim sistemima, daljinsko grejanje, klimatizacija
- Komunikacije: pametni telefoni, televizija
- Vojska: krstareće i samonavođene rakete, savremeni tenkovi (ruski tenk T-90 Poriv), dronovi koji sami biraju ciljeve...
- Medicina: primena u skoro svim granama medicine, pomoć pri donošenju odluka u dijagnostici, terapiji, preventivi, praćenje efekata terapije, eliminacija subjektivnosti, osećanja, raspoloženja...
- Farmacija: istraživanje novih lekova, skraćanje pretkliničkog ispitivanja...
- Finansije: obrađivanje kvantitativnih podataka, pomoć pri donošenju odluka u trgovini, investiranju, prodaji, štednji, kupovini akcija i portfolija i slično.
- Obrazovanje: povećanje efikasnosti pri usvajanju znanja, objektivno ocenjivanje i testiranje, motivisanje učenika, personalizacija učenja...
- Transport i putovanja: optimizacija prevoza putnika (sistem kompanije Uber), planiranje dugačkih i složenih turističkih putovanja...
- Društveni mediji i mreže: upravljanje botovima za ćaskanje na velikim društvenim mrežama Facebook, Twiter, Instagram...

- Generativni dizajn i projektovanje: dobijanje alternativnih verzija dizajna iz samo jedne dizajnerske ideje (korišćenje softvera Fusion 360)...
- Filmsko stvaralaštvo: pomoć pri realizaciji specijalnih scena u filmovima, stvaranje kompletnih filmova (film The Frost napravila je VI sama)...
- Umetnost, Književnost, Prevodilaštvo i mnoge druge oblasti ljudske delatnosti

5. AKTUELNO STANJE

Stanje veštačke inteligencije u svetu

Prema The Global AI Index danas u primeni veštačke inteligencije u svetu prednjače SAD, Kina, Engleska, Kanada i Izrael. Po ulaganju u naučni rad, istraživanjima i broju patenata u ovoj oblasti posebno se izdvaja Kina. Interesantan je i slučaj Ujedinjenih Arapskih Emirata, zemlje koja je 2017. godine donela Strategiju razvoja veštačke inteligencije i predstavila je kao najvažniji cilj u okviru dugoročnog razvoja zemlje. Ova zemlja je prva na svetu koja je u okviru vlade imenovala Ministra za veštačku inteligenciju.

U Evropskoj uniji se svake sledeće godine uvećavaju finansijska ulaganja u razvoj digitalnih tehnologija za iznos od oko 2,5 milijarde evra. Cilj je da investicije u ovu oblast do 2025. godine dostignu godišnji iznos od oko 2,5 milijardi evra. U Evropskoj uniji se paralelno realizuje i program „Digitalna Evropa“ sa budžetom od 7,5 milijardi evra. Da se ostvaruje veliki napredak u razvoju industrije VI govori i podatak da su u svetu u toku 2021. godine registrovano je 182 kompanije čiji je osnovni program razvoj i aplikacija VI. Veliki broj država u svetu objavile su i počele sa razvijanjem sopstvenih strategija.

Stanje veštačke inteligencije u Srbiji

Ozbiljnija interesovanja za oblast veštačka inteligencija u Srbiji su otpočela davno, skoro u isto vreme kada se to dešavalo u

vodećim naučnim centrima u svetu. Krajem šezdesetih godina na Institutu „Mihajlo Pupin“ u Beogradu profesor Miodrag Vukobratović okupio je grupu saradnika i formirao Laboratoriju za robotiku. Rezultati njihovih istraživanja u oblasti humanoidnih robota bili su pionirski i postigli su svetsku slavu. Slični rezultati postignuti su i u razvoju prvih računara, numerički upravljanih mašina (NC), kompjuterom upravljanih mašina (CNC), programabilnih logičkih kontrolera (PLC) i sruđih digitalnih sistema. Obrazovanje stručnjaka za ove oblasti takođe je otpočelo u isto vreme na Elektrotehničkom i Mašinskom fakultetu u Beogradu. Na Matematičkom fakultetu u Beogradu oblast pod nazivom Veštačka inteligencija predaje se od 2007. godine. Treba pomenuti kapitalni udžbenik koji nosi isti naziv (autora Predraga Jovičića i Mladena Nikolića) takođe sa ovog fakulteta. Danas se ova moderna oblast u našoj zemlji istražuje i izučava na svim univerzitetima i u naučnim centrima.

Prema Indeksu spremnosti za veštačku inteligenciju za 2021. godinu od 160 rangiranih država sveta Srbija zauzima 52. mesto. Naša zemlja još uvek nije uvrštena na Globalni indeks veštačke inteligencije iako je ispunila sve uslove. Međutim Srbija je jedina zemlja u regionu koja je usvojila i donela Strategiju razvoja veštačke inteligencije od 2020 do 2025. godine kao i odgovarajuće akcione planove.

Godine 2021. pri Novosadskom Univerzitetu osnovam je Istraživačko-razvojni institut čiji je zadatak da se bavi istraživanjem primene veštačke inteligencije u različitim oblastima kao i praćenjem stanja u oblast VI u Srbiji. Vlada Republike Srbije je formirala veliki DATA centar u Kragujevcu, Kancelariju za informacione tehnologije, pokrenula je obrazovni program Master 4.0 kao i čitav niz drugih aktivnosti u cilju pospešivanja razvoja ove oblasti. U poslednjih nekoliko godina na Univerzitetima u Beogradu, Kragujevcu, Novom Sadu održan je veći broj veoma uspešnih međunarodnih konferencija i stručnih skupova iz veštačke inteligencije.

6. IZAZOVI I DILEME

Kao što je već rečeno na početku ovog rada apelu, peticiji, koju je u martu 2023.godine objavila grupa od preko stotina eksperata pridružili su se mnogi širom sveta. U Briselu je u 2023. godine organizovana grupa od pod nazivom Pause AI koja je okupila preko 350 članova. Organizator ove grupe Džoipe Minercoma, direktor jedne tehnološke kompanije, ima nameru da lobiranjem u Evropskoj uniji zaustavi uvođenje moćnih sistema veštačke inteligencije. On je izjavio: „Osećam da postoje velike šanse da će neko ubrzo napraviti superinteligentnu mašinu. To će biti kraj čovečanstva kakvog poznajemo“. Grupa Pause AI smatra da će novi moćni sistemi VI vrlo brzo nadmudriti ljude i početi da manipulišu sa njima. A ako bi ih ljudi ometali ili isključili oni bi pružili žestok otpor. Članovi grupe se dalje plaše da vlade i moćne kompanije nekih država mogu da daju sistemima VI veću autonomiju i da ih povežu sa određenim infrastrukturama kao što su to npr. elektroenergetski sistem ili vojni sistem naoružanja (nuklearno naoružanje). To bi dalo mogućnost da superinteligentni sistemi bez kontrole mogu da izazovu haos ili katastrofu. Zato članovi grupe Pause VI pozivaju na organizovanje međunarodnog samita gde bi se usvojio moratorijum,

Iz ogromnog broja bombastih naslova koji su objavljeni u svetskim i domaćim medijima u kojima se upozorava na razne opasnosti koje mogu da nastanu usled nekontrolisanog razvoja VI izdvajaju se i neki karakteristični.

- „Veštačka inteligencija može da dovede do našeg izumiranja“ (Blic, 15.06.23)
- „Čovečanstvo u strahu: spremite se dolaze valkire“ (b92, 28.08.23)
- „Umišljaj i nehat VI“ (Politika, 3.07.23)
- „Zbogom čovečanstvo, crne prognoze američkog Instituta za VI“ (nova.rs 29.04.23)

- „Veštačka inteligencija u službi krimi-nala“ (Benchmark, 8.8.23)
- „Svaki čovek na naplani pao bi mrtav iste sekunde-VI može da nas uništi na pet načina (Kurir, 17.07.23)
- „Ovih 12 zanimanja biće najviše pogođeni napretkom VI“ (Danas, 7.04.23)
- „VI-veliki rizik za čovečanstvo“ (Politika, 29.03.23)
- „Da li VI predstavlja opasnost“ (Euraktiv, 2.04.23)
- „Postljudska pustinja“ (Danas, 15.04.23)
- „Zabrinjavajuće: VI pretila da ugasi 14 miliona radnih mesta“ (nova.rs, 1.05.23)
- „Rat veštačkih inteligencija“ (nova.rs, 31.07.23)
- „Otac VI upozorava“ (Informer, 4.05.23)
- U romanu trileru „Blistanje“

Iako su neki od ovih naslova nekad i zastrašujuća postoje, na sreću, i drugačija pozitivna i manje disonantna mišljenja.

- „Veštačka inteligencija ne funkcioniše bez ljudi“ (Blic, 1.06.23)
- „Veštačka inteligencija napravila pobednički rad na takmičenju“ (nova.rs, 5.09.22)
- „Razvoj VI utiče pozitivno na akcije tehnoloških kompanija“ (n1info, 3.05.23)
- „Vi oživela velikane“ (nova.rs, 14.9.22)
- „Google razgovor čoveka i VI sa osećanjima-jezik LaMDA“ (nova.rs, 13.06.22)
- „IBM pravi čip za VI koji radi kao ljudski mozak“ (Smartlife, 13.08.23)

U romanu „Blistanje“ autora Vladimira Đukanovića govori se o sukobu čoveka i VI, o evoluciji ljudske tvorevine u biće, napretku tih bića i njihovom sukobu sa tvorcem.

U romanu „Život 3.0“ autor Maks Tegmark daje odgovor na pitanje: Kako biti čovek u doba veštačke inteligencije?

Međutim pored već iznetih stavova o suštini i značaju veštačke inteligencije postoje i neki drugačiji koji se bitno razlikuju. Zbog korektnosti, potrebno je izložiti i njih.

- „Sada svaki softver nazivaju veštačka Inteligencija. Čak i ovaj Chat GPT je softver, malo napredniji ali daleko od inteligencije. Kada robot odgovara na pitanja to nije inteligencija“
- „Poslednjih godinu dana umesto izraza „kompjuterski program“ (softver) forsi-rano se koristi reč „veštačka inteligenci-ja“ iako se u suštini radi o istoj stvari. I ranije su mnogi sistemi bili samostalni u izvršavanju unapred zadatih funkcija i bilo je programa koji su samostalno ispravljali greške koje se ponavljaju“.

7. NEKI PRINCIPI PRAVNOG REGULISANJA

Da bi se izbegla velika neizvesnost koju će doneti izuzetno intenzivan razvoj VI sa implikacijama koji će se pri tome pojaviti neophodno je usvijiti kvatetne regulativne procedure, principe i zakone.

Na već pomenutoj Konferenciji koja je održana u Asilomaru 2017-te godine usvojeni su osnovni principi razvoja VI.

Biće izloženi neki najvažniji.

- Cilj istraživanja u oblasti VI treba da bude korisna inteligencija.
- Finansiranje u istraživanje VI treba da obezbedi isključivo njenu korisnu primenu. Sistemi VI treba da budu bezbedni i sigurni tokom svog operativnog veka i da to bude proverljivo.
- Sistemi VI treba da budu kompatibilni sa idealima ljudskog dostojanstva, prava i slobode.
- Ljudi treba da imaju pravo pristupa, upravljanja i kontrole nad podacima koje stvara VI.
- Veštačka inteligencija ne sme da ugrozi ljudima stvarnu slobodu.
- Ciljeve koje ostvaruje VI treba da odabiraju ljudi.

- Primena VI kod autonomnog oružja treba da se izbegava.
- Sistemi VI koji mogu da izazovu neke promene u životu na Zemlji treba da budu pod strogom kontrolom.
- Sistemi VI koji mogu da izazovu velike rizike moraju se kontrolisati
- Sistemi VI koji mogu da se samopoboljšavaju i samoreprodukuju moraju se strogo kontrolisati.
- Superinteligencija bi trebalo da se razvija samo u službi opšte prihvatljivih etičkih ideala i na dobrobit čovečanstva.

Kina je jedna od prvih zemalja na svetu u kojoj su nedavno stupila na snagu nova pravila vezana za sadržaj koji generiše veštačka inteligencija. Prema njima pri stvaranju sadržaja VI mora da podržava „temeljne vrednosti socijalizma“ i ne sme da ugrozi sigurnost, promovise nasilje i etičku mržnju. Sadržaji koje VI stvara nesmeju da sadrže lažne i štetne informacije. Algoritmi koji se primenjuju moraju da sprečavaju diskriminaciju na osnovu pola, godina i rase. Pri izradi programa koji se koriste u VI nesme da se naruši intelektualno vlasništvo. Ovim novim liberalnijim zakonom Kina želi da podstakne razvoj industrije veštačke inteligencije.

Republici Srbiji tek predstoji usvajanje sličnih pravnih regulativa i donošenje odgovarajućih zakona.

8. ZAKLJUČAK

Veliki je broj pitanja koja se postavljaju a vezana su za veštačku inteligenciju.

Da li da nas razvoj VI raduje ili plaši?

Da li će VI čovečanstvu doneti raj ili pakao?

Da li su ljudi mašinama podarili život a da će one njima uzvratiti uništenjem.

Da li će se VI otrgnuti kontroli i da li će se čovečanstvo naći u nemilosti?

Ali pre svih pitanja treba da odgovorimo na jedno ključno:

Da li se singularitet veštačke inteligencije već desio ili nije. A to je trenutak kada će veštačka inteligencija biti izjednačena sa ljudskom. Prema hipotezi to treba da bude okidač za ekstremni razvoj tehnologija nakon čega bi svet zadesile tektonske promene.

A dotle mi ne bi smeli da dozvolimo da se desi novi Ludistički pokret iz 1811. godine. Tada su radnici u Engleskoj protestovali i uništavali svoje mašine u strahu od da će im one ugroziti egzistenciju. Jer i veštačka inteligencija kao i svaka nova tehnologija ljudima će doneti puno dobrobiti a na njima je da spreče rizike i eventualne zloupotrebe.

9. LITERATURA

- [1] Janičić Predrag, Nikolić Mladen, „Veštačka inteligencija“, Matematički fakultet, Beograd, 2022
- [2] Mašinski fakultet u Beogradu, „Veštačka inteligencija“, www.ie.bg.ac.rs
- [3] Đukanović Vladimir, „Blistanje“, Stela, Beograd, 2023.
- [4] Tegmark Maks, „Život 3.0“, Laguna, Beograd, 2020

Adresa autora: Dr Milorad Rančić, profesor, Društvo inženjera u Zrenjaninu, Zrenjanin
e-mail: milorad.rancic@diz.org.rs
Rad primljen: avgust 2013
Rad prihvaćen: septembar 2023



ДИТ

Друштво Истраживање Технологије

Научно-стручни часопис
Scientific-profesional journal

Година XXIX, Број 40, септембар 2023. год.
Year XXIX, Issue 40, September 2023. year

ЕНЕРГЕТИКА

Одговорни уредник:

Проф. др Јасмина Пекез
Технички факултет “Михајло Пупин“
Зрењанин

Редакцијски одбор:

Проф. др Будимирка Мариновић
Факултет за производњу и менаџмент,
Требиње
Универзитет у Источном Сарајеву

Проф. др Марина Карић
Академија струковних студија Шумадија
Одсек Трстеник

Редакција:

Друштво инжењера Зрењанин
ул. Македонска 11,
23000 Зрењанин
E-mail: milorad.rancic@diz.org.rs
www.diz.org.rs

ЕНЕРГЕТСКА ТРАНЗИЦИЈА ЕНЕРГЕТСКИХ СИСТЕМА

ENERGY SYSTEM'S ENERGY TRANSITION

ВОЈИН ГРКОВИЋ¹

¹Универзитет у Новом Саду, Факултет Техничких наука

РЕЗИМЕ

У раду су представљене различите дефиниције енергетске транзиције. Дата је дефиниција и концептуални приказ енергетског система, као матрице, са врстама енергија распоређеним дуж хоризонтале и типовима енергија, технологијама за њихову трансформацију, пренос, дистрибуцију и коришћење, распоређеним дуж вертикале, које тако формирају енергетске подсистеме. Размотрена су два сценарија енергетске транзиције енергетских система и то: транзиција од чврстих фосилних горива на обновљиву енергију ветра и сунца и на нуклеарну енергију. Дат је преглед најчешће коришћених индикатора енергетске транзиције енергетских система. Приказан је начин дефинисања трајекторије енергетске транзиције. Размотрен је и анализиран проблем праведности енергетске транзиције.

Кључне речи: Енергетска транзиција, Енергетски систем, Индикатори

ABSTRACT

Different definitions of energy transition are presented and discussed. The definition and conceptual presentation of the energy system as a matrix, with kinds of energy horizontally distributed and with types of energy together with technologies for their transformation, transmission, distribution and use, vertically distributed, and thus forming energy subsystems, is presented and analysed. Two scenarios of the energy system's energy transitions are considered: the transition from solid fossil fuels to renewable wind and solar energy and from solid fossil fuels to nuclear energy. An overview of the most commonly used indicators of the energy system's energy transition. The method of defining the energy transition's trajectory is presented too. The problem of the just energy transition is particularly lighted and analyzed.

Key words: Energy transition, Energy system, Indicators of energy transition

1. УВОД

Енергетски систем, у општем случају може да уђе у енергетску транзицију, технолошку транзицију, пословно-организациону транзицију, власничку транзицију и слично. Предмет овог рада

јесте енергетска транзиција енергетских система.

2. ПОЈАМ И ДЕФИНИЦИЈЕ

Појам енергетске транзиције разрађен је у завршном документу Конференције УН о новим и обновљивим изворима

енергије, одржане у Најробију 1981. године. У основи тог документа било је залагање да се уређеном и мирном енергетском транзицијом са тадашње међународне економије засноване првенствено на угљоводонцима, односно на течним горивима, пређе на нову економију све више засновану на новим и обновљивим изворима енергије. Та енергетска транзиција била је замишљена да буде у складу са потребама и могућностима појединих земаља, друштвено правичана, економски, технички и еколошки одржива. За такву транзицију било је потребно изградити одговарајуће технолошке, комерцијалне, финансијске и монетарне модалитете за успостављање новог међународног економског поретка, ради убрзања развоја земаља у развоју, као и да промовише уравнотежен глобални развој. Осим тога, енергетска транзиција је морала бити ефикасна, у складу са пуним и сталним суверенитетом сваке земље над њеним природним ресурсима и да се спроводи у складу са њеним националним плановима и приоритетима [1]. Многе од ових одредаба су и данас веома актуелне.

Светски енергетски савет дефинише енергетску транзицију као фундаменталне структурне промене у енергетском сектору које се дешавају широм света и нису изоловани феномен [2]. Светски економски форум дефинише ефикасну енергетску транзицију као благовремену транзицију ка инклузивнијем, одрживом, приступачнијем и сигурнијем енергетском систему који пружа решења за глобалне изазове везане за енергију, истовремено стварајући вредност за пословање и друштво, без угрожавања равнотеже енергетског троугала [3]. Ова дефиниција поставља, поред услова као што су: благовременост, одрживост, сигурност и приступачност (електро) енергетског система, и да пружа решење за глобалне изазове, још један специфичан услов који се не тиче само енергетског система. Реч је о стварању вредности за пословање и друштво; што

можемо разумети као обавезност испуњења одговарајућих захтева економских актера. Интересантно је да обе претходне дефиниције не помињу одрживи развој, односно развој неразвијених земаља, не помињу да енергетска транзиција треба да буде правична и у складу са пуним и сталним суверенитетом сваке земље над њеним природним ресурсима, нити као услов, нити као повод, нити као један од циљева енергетске транзиције. У овом смислу претходне две дефиниције се значајно удаљавају од одредаба из завршног документа Конференције УН о новим и обновљивим изворима енергије, одржане у Најробију 1981. године.

Пастухова и Вестфал сматрају да је енергетска транзиција: „политиком вођен процес који укључује систематске помаке ка одрживом и климатски прихватљивом, економски ефикасном и безбедном енергетском систему“ [4]. Слично, и Хендерсон сматра да је „тренутна енергетска транзиција вођена владином политиком и прописима“ [5], док Бласкез и други тврде да је енергетска транзиција вођена политикама, а не побољшањима технологије [6].

Грибкова и Милшина заступају идеју да је енергетска транзиција део економске транзиције. Оне дефинишу енергетску транзицију као квалитативни прелазак са економског система који зависи од специфичних енергетских ресурса и технологија на другачији економски систем и да обим енергетске транзиције није одређен само трансформацијом енергетског система, већ и привреде у целини [7]. Овај став отвара простор за дефинисање и реализацију ефикасног управљања енергетском транзицијом.

Енергетска транзиција може да буде третирана као прелазак са једне врсте примарне енергије на другу. Главни покретачи (драјвери) у досадашњим енергетским транзицијама били су економски фактори: релативно већа економска ефикасност трансформације примарне енергије из нових горива и

могућност градње јефтинијих (специфично мањих) постројења већих снага. Према Хендерсону и Митровој сведоци смо почетка четврте енергетске транзиције – са фосилних горива на примарну енергију, која при трансформацији не емитује угљендиоксид. Ова транзиција је, у односу на претходне, вођена сасвим различитим покретачем а то је друштвени (и политички) захтев за смањење емисије угљен диоксида [8].

2. ЕНЕРГЕТСКИ СИСТЕМ У ЕНЕРГЕТСКОЈ ТРАНЗИЦИЈИ

Под појамом енергетског система подразумевамо систем који обухвата све енергетске ресурсе и технологије за њихову експлоатацију и транспорт, технологије за трансформацију примарне енергије, системе за транспорт и дистрибуцију секундарних енергија укључујући системе депоновања енергије, и системе потрошача финалних енергија. Док у електроенергетском систему имамо само један облик секундарне, односно финалне енергије – електричну енергију, у енергетским системима, у принципу, постоји више облика секундарне, односно финалне енергије, зависно од структуре потрошача финалне енергије. Тако, поред финалне електричне енергије, у енергетском систему имамо и финалну топлотну енергију, деривате нафте, природни гас, чврста фосилна горива и биомасу. Другим речима, енергетски систем обухвата све енергетске ресурсе којима се располаже, добијање примарне енергије и њен транспорт до места трансформације у секундарну енергију, све инсталисане технологије за трансформацију примарне у секундарну енергију, системе за пренос и дистрибуцију секундарне енергије и потрошаче финалне енергије.

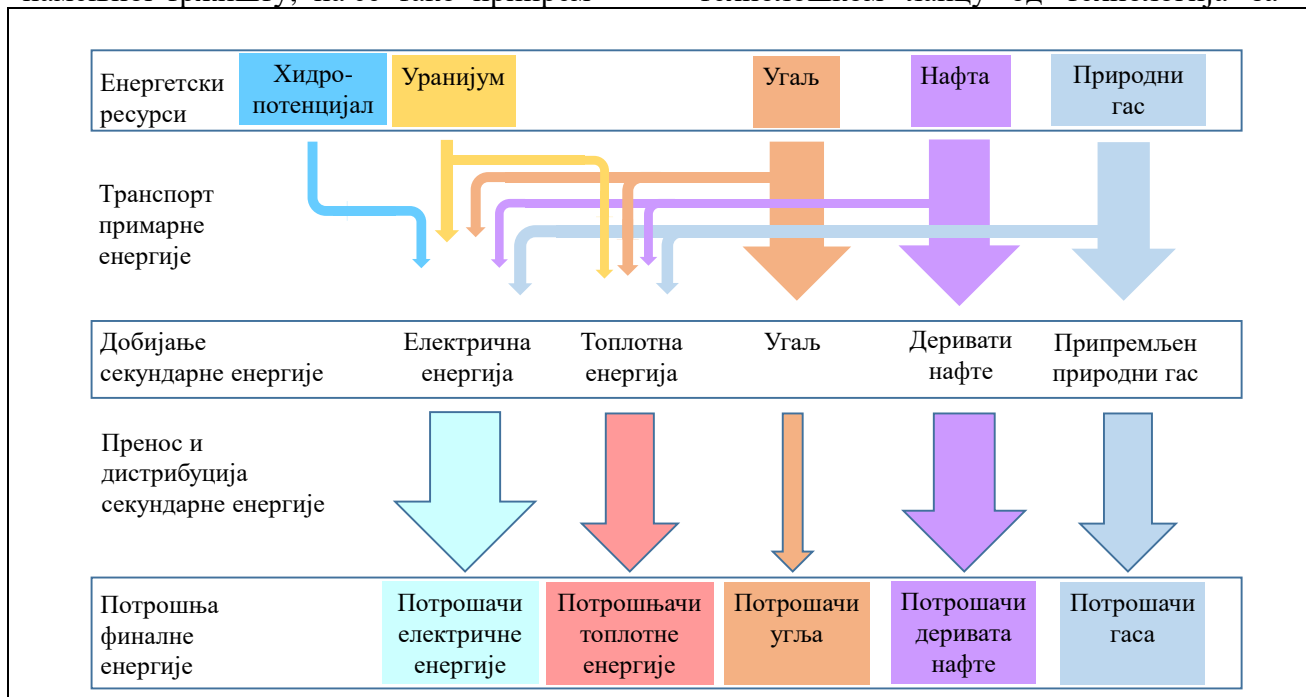
Стога, енергетски систем можемо да представимо и матрицом, са врстама енергија распоређеним дуж хоризонтале (редова) и типовима енергија,

технологијама за добијање и транспорт примарне енергије, за трансформацију примарне у секундарну енергију, њен пренос и дистрибуцију и, коначно коришћење финалне енергије, распоређеним дуж вертикала (колона). Једна целина која обухвата један или више енергетских ресурса, из њих добијену примарну енергију, технологију за трансформацију примарне у секундарну енергију, системе за пренос и дистрибуцију секундарне енергије, финалну енергију и њене потрошаче, у оваквом приступу представља један енергетски подсистем. Тако, у једном енергетском систему имамо подсистем електричне енергије, подсистем топлотне енергије, подсистем течних горива и подсистем природног гаса. Оваква представа енергетског система и његових подсистема, графички је приказана на Слици 1.

За експлоатацију сваког од енергетских ресурса потребне су одговарајуће технологије. Те технологије треба да изваде што већи део енергије садржане у лежишту, уз што мању сопствену потрошњу енергије, уз што мање нарушавање околине и уз што мање потребне инвестиције. Енергетски ресурси који су извађени из лежишта представљају примарну енергију. Примарна енергија се трансформише у секундарну енергију помоћу одговарајућих енергетских технологија. Свака од тих технологија прилагођена је, с једне стране ресурсу, његовим физичким и хемијским карактеристикама односно, другим речима, примарној енергији коју технологија користи и, са друге стране, врсти секундарне енергије коју производи. Тако се у електранама производи секундарна електрична енергија, у топланама секундарна топлотна енергија, у рафинеријама нафте деривати нафте као секундарна енергија. У оквиру рудника угља постоје постројења за класирање, негде постројења за прераду угља у кокс, а

негде постројења за сушење угља намењеног тржишту, па се тако припрем-

енергије за исти ефекат корисности. У технолошком ланцу од технологија за



Слика 1. Графички приказ енергетског система као енергетско-технолошке матрице

љени угаљ третира као секундарна енергија. У принципу, за један пар примарне и секундарне енергије постоји неколико различитих технологија, које се међу собом могу мање или више разликовати. Крајњи резултат тих разлика може се дефинисати јединственим појмом: резултујућа конкурентност енергетских технологија, која даље, може бити квантификована бројчаним вредностима специфичних, за ту сврху уведених, индикатора [9].

Свака врста секундарне енергије има сопствени систем за пренос и дистрибуцију. То су далеководи и дистрибутивне мреже електричне енергије, топлодалеководи и дистрибутивне мреже топлотне енергије, транспортни цевоводи и дистрибутивне мреже гаса, (суб)систем транспорта и пумпе за продају деривата нафте, транспорт и стоваришта угља или кокса. Трошећи финалну енергију потрошачи је, заправо трансформишу у корисну енергију. Што је већа ефикасност трансформације финалне у корисну енергију, мања је потрошња финалне

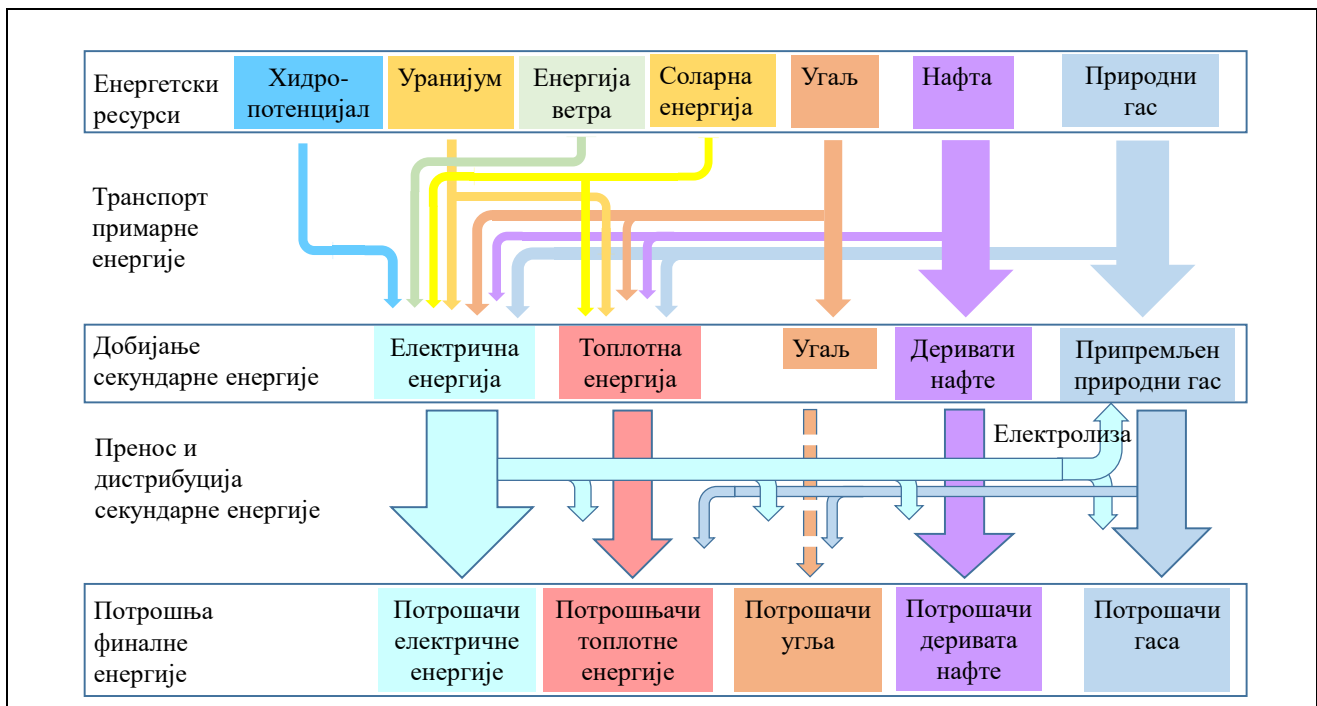
вађење примарне енергије, преко технологија за добијање секундарне енергије, технологија транспорта и дистрибуције секундарне енергије и технологија коришћења финалне енергије, енергетска ефикасност сваке појединачне технологије доприноси енергетској ефикасности целог технолошког ланца, односно енергетској ефикасности целог енергетског система, а то значи да ће укупан систем бити енергетски ефикаснији и развојно одрживији.

У погледу ресурса, традиционални енергетски систем у принципу има хидропотенцијал, уранијум, угаљ, нафту и природни гас. У погледу технологија, енергетски систем има технологије за експлоатацију енергетских сировина, технологије за трансформацију примарне у секундарну енергију, технологије за трансформацију финалне у корисну енергију и одговарајуће технологије транспорта и дистрибуције енергије. Енергетски систем може да се лоцира у границе једне државе, групе држава или да буде посматран на глобалном нивоу.

Када се говори о енергетској транзицији, најчешће се мисли на транзицију од једног енергетског ресурса на други, с крајњим циљем делимичне, по правилу велике, или потпуне супституције једног енергетског ресурса, другим енергетским ресурсом. При томе, често остаје у другом плану чињеница да енергетска транзиција као замена енергетских ресурса условљава и одговарајућу замену технологија, дакле и одговарајућу технолошку транзицију. У истој таквој сенци, у другом плану, остаје и чињеница да су при енергетској и технолошкој транзицији неопходне одговарајуће допуне или промене система за транспорт и дистрибуцију секундарне енергије, које су такође део јединственог енергетског система. Такође, често недовољно истакнута, у извесној позадини стоји потреба технолошке транзиције у секторима потрошње енергије. Коначно, транзиција ка одрживом развоју условљава повећање ефикасности трансформације примарне у секундарну енергију, као и повећање ефикасности трансформације финалне у корисну енергију, или, другим тречима транзицију ка енергетски ефикаснијим технологијама.

Према једном могућем концепту енергетске транзиције, шематски приказаном на Слици 2, примарна енергија чврстих и течних фосилних горива је супституисана примарном енергијом сунца и ветра. Секундарна (електрична) енергија добијена трансформацијом примарне енергије сунца и ветра преноси се кроз преносни и дистрибутивни систем и једним делом се предаје постојећим потрошачима електричне енергије као замена за електричну енергију из чврстих и течних фосилних горива, а другим делом се предаје потрошачима финалне топлотне енергије, потрошачима финалне енергије угља, потрошачима финалне енергије нафте и финалне енергије гаса, под условом да су ти потрошачи променили технологију и да сада бар део својих

потреба могу да задовоље електричном енергијом. Мало упрошћено, ово практично значи, да се за грејање морају инсталирати одговарајући електрични уређаји као што су, на пример, термоакумулационе електричне пећи или електричне топлотне пумпе; за потрошаче течних горива у саобраћају – возила на електрични погон, системи пуњења батерија, системи одлагања ислужених батерија и слично. Аналогно грејању и саобраћају и у осталим секторима потрошње фосилних горива потребно је уградити одговарајуће технологије које ће задовољити специфичне потребе тих потрошача уз коришћење финалне електричне енергије претходно произведене соларним панелима и ветрогенераторима. У индустрији је, на пример, могуће највећи део ниско температурне топлоте заменити електричном енергијом, што са високо температурном топлотом није случај. Осим тога, потребно је проширити, како просторно, тако и у погледу капацитета, системе за пренос и системе за дистрибуцију електричне енергије. Према томе, енергетска транзиција не подразумева само прелазак са једног енергетског ресурса на други, односно са једне врсте примарне енергије на другу, већ она укључује и инвестиције за нове технологије трансформације примарне у секундарну енергију, инвестиције за нове технологије потрошње финалне енергије укључујући и инвестиције за све пратеће системе, као и инвестиције за одговарајуће проширење система за пренос и дистрибуцију електричне енергије и одговарајућу обуку кадрова за управљање и одржавање свих нових технологија. Поред инвестиција у нове технологије, енергетска транзиција подразумева и иновације нових технологија, на пример иновације примене електричне енергије у транспорту, индустрији и осталим секторима потрошње финалне енергије. С друге стране, енергетска транзиција подразумева смањење броја запослених у



Слика 2. Графички приказ енергетске транзиције енергетског система

свим пословима везаним за производњу примарне и секундарне енергије из чврстих и течних фосилних горива и у свим пословима везаним за пренос и дистрибуцију њихове секундарне енергије.

Наравно, могућ је и другачији сценарио енергетске транзиције, на пример, да се електрична енергија производи из нуклеарних сировина, уз исти ефекат на смањење емисије угљен-диоксида као и у случају сценарија са Сlike 2. Шта више, многе анализе указују на то да би сценарио са нуклеарним електранама омогућио бројна преимућства, како за електроенергетски систем, тако и за економију у целини.

Тако су Хунт и други направили упоредну анализу два сценарија за услове Немачке [10]. Први сценарио је затварање нуклеарних електрана 2023, а други је продужење животног века тих нуклеарних електрана после 2023. године. Резултати њихових анализа показују да ће 2030. године, у другом сценарију (продужење животног века нуклеарних електрана), годишњи оперативни трошкови бити нижи, просечна великопродажна цена електричне енергије

биће нижа и емисија угљен-диоксида ће бити мања него у сценарију затварања нуклеарних електрана. У студији је, даље, утврђено и да ниједан од ова два сценарија није јасно супериорнији у погледу флексибилности производње електричне енергије у конвенционалним електранама.

У литератури [11] је, на основу анализе конкурентности, показано да укључивање нуклеарних електрана у технолошки портфолио за производњу електричне енергије омогућава побољшање конкурентности електроенергетског система и то: с једне стране с обзиром на емисије угљен-диоксида, укупна инвестициона улагања и произведену електричну енергију и, с друге стране, с обзиром на диспечибилност, односно на способност електроенергетског система, да одговори на захтеве за промену снаге.

За пројектно осмишљавање енергетске транзиције једног енергетског система потребно је да имамо јасно дефинисане циљеве, могуће сценарије, динамику реализације и трајекторије енергетске транзиције. Њих треба дефинисати одговарајућом претходном

студијом енергетске транзиције. За реализацију енергетске транзиције енергетског система потребне су значајне инвестиције, одговарајуће специфично знање и организација која ће да прати и, по потреби, управља транзицијом.

Ако посматрање ограничимо само на електроенергетски подсистем, онда се његова енергетска транзиција практично редукује на технолошку транзицију. Дакле, у том случају можемо разматрати и анализирати технолошку транзицију електро-енергетског система. Резултати анализа конкурентности технолошке транзиције електроенергетских система приказани су у литератури [12].

3. ИНДИКАТОРИ ЕНЕРГЕТСКЕ ТРАНЗИЦИЈЕ

Индикатори енергетске транзиције имају велики значај за концепте аналитичког дефинисања процеса енергетске транзиције. У аналитичком концепту енергетске транзиције, за разлику од других концепата који се ослањају на општи приступ, индикатори енергетске транзиције омогућавају квантитативно дефинисање напретка транзиције ка унапред пројектованом циљу, адекватно праћење процеса као и правовремено деловање ради управљања енергетском транзицијом.

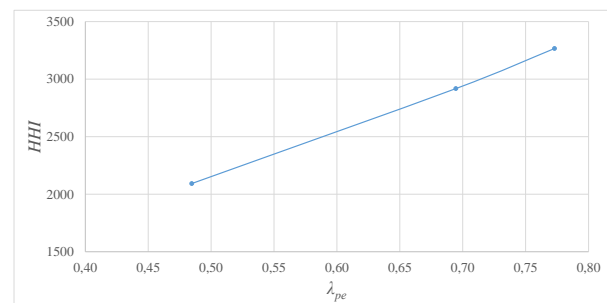
3.1. ХИРФЕНДАЛ - ХИРШМАН ИНДЕКС

У неким анализама енергетске транзиције, на пример Фатох и други у [13] користи се Хирфендал-Хиршман Индекс (*Hirfendahl-Hirschman Index* – *HHI*). Овај индикатор је преузет из праксе мерења концентрације пословних субјеката на тржишту. Хирфендал-Хиршман Индекс мери удео компаније у тржишту на коме она послује и тако дефинише величину конкурентности у посматраном сектору. Индикатор *HHI* је одређен следећом једначином:

$$HHI = s_1^2 + s_2^2 + s_3^2 + \dots + s_n^2 \quad (1)$$

где је са s_n означен проценат тржишног учешћа n -те компаније заокружен на цео број (без децимала).

Бројчане вредности *HHI* мање од 1.500 указују на мање концентрисано тржиште, вредности у опсегу $1.500 > 2.500$ указују да је тржиште умерено концентрисано, док вредности веће од 2.500 указују на веома концентрисано тржиште [14].



Слика 3. Зависности *HHI* од λ_{re} , за пројекат енергетске транзиције Немачке, израчунато према подацима датим у [15]

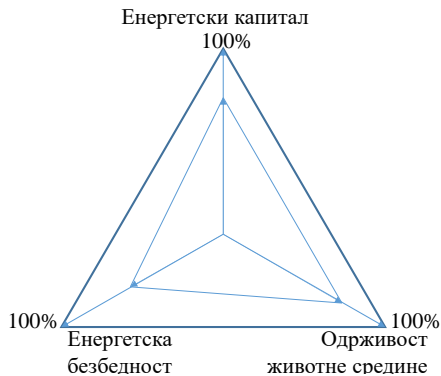
Вредности *HHI* индикатора су израчунате за податке из пројектне студије енергетске транзиције Немачке, коју је под насловом „*Climate Paths 2.0*“ израдила фирма *Boston Consulting Group*, објављеним у [15]. Резултати прорачуна су приказани на Слици 3. Добијена је приближно линеарна зависност *HHI* индикатора од учешћа променљивих обновљивих извора у укупној енергији.

3.2. ЕНЕРГЕТСКА ТРИЛЕМА

Овај индикатор користи Светски савет за енергију у својим годишњим извештајима. Енергетску трилему дефинише тродимензиони координатни систем са координатама: енергетска безбедност, енергетски капитал и одрживост животне средине. Шематски приказ енергетског троугла представљен је на Слици 4, према [16].

На координату „енергетска безбедност“ уноси се процењени капацитет конкретне државе у погледу њених могућности да поуздано обезбеди текућу и будућу потражњу за енергијом,

да издржи системске шокове и да се од њих брзо опорави уз минималне поремећаје у снабдевању. При томе, енергетска инфраструктура треба да покаже поузданост и отпорност, а укупни систем да покаже ефективност управљања домаћим и увозним изворима примарне енергије [16].



Слика 4. Графички приказ енергетске трилеме

На координату „енергетски капитал“ уноси се процењени капацитет конкретне земље с обзиром на могућности поузданог приступа енергији за домаћинства и комерцијалну употребу, укључујући и приступ чистим горивима и технологијама, а све ради укупног просперитета и приступачности електричној енергији, гасу и горивима [16].

На координату „одрживост животне средине“ уноси се процењени резултат конкретне земље с обзиром на транзицију њеног енергетског система ка ублажавању и избегавању потенцијалне штете по животну средину и утицаја климатских промена. При томе се узимају у обзир продуктивност и ефикасност производње, преноса, дистрибуције и декарбонизације, електричне енергије и квалитета ваздуха [16].

Као што видимо, на сваку од три координате уносе се процењене вредности према актуелној ситуацији у посматраној земљи у години за коју се извештај подноси.

Совакул и Гил [17] предлажу следеће три димензије за оцену енергетске транзиције помоћу енергетског троугла:

1) чврсти елементи енергетског система, који укључују технологију, инфраструктуру, тржиште, производну опрему, обрасце потрошње и дистрибутивне ланце, 2) актери и њихово понашање, које обухвата нове стратегије и инвестиционе обрасце, као и промену способности актера и 3) друштвено-технички режими који садрже формалне прописе и политике, институције као и системе размишљања и веровања, дискурс и погледе на нормалност и друштвену праксу. На први поглед, овако дефинисане координате енергетске трилеме омогућавају нешто лакше квантитативно одређивање током напретка енергетске транзиције.

3.3. УЧЕШЋЕ П-ОИЕ У УКУПНОЈ ПРИМАРНОЈ ЕНЕРГИЈИ

За индикацију степена реализације енергетске транзиције згодно је користити однос електричне енергије произведене технологијама без емисије угљен-диоксида и укупне примарне енергије у енергетском систему λ_{pe} . У аналитичкој форми овај индикатор се може изразити једначином:

$$\lambda_{pe} = \frac{E_{p-OIE}}{E_{uk}} \quad (2)$$

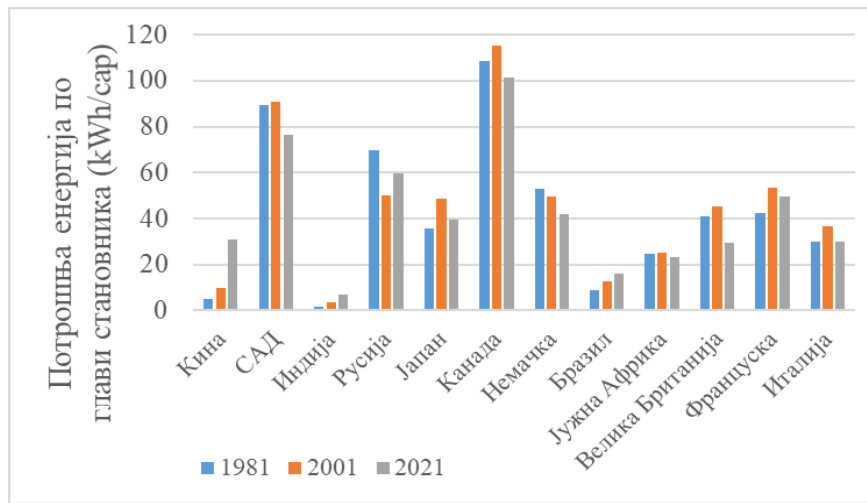
Индикатор учешћа електричне енергије произведене технологијама без емисије угљен-диоксида у укупној примарној енергији користили су Холц и други, у њиховом пројекту енергетске транзиције за регион Блиског и Средњег истока и Северне Африке [18]. Они су разматрали сценарио енергетске транзиције са коришћењем променљивих, обновљивих извора енергије (п-ОИЕ) уз коришћење два облика овог индикатора и то: као учешће п-ОИЕ у укупном енергетском систему и као учешће п-ОИЕ у електроенергетском систему.

3.4. СПЕЦИФИЧНА ПОТРОШЊА ПРИМАРНЕ ЕНЕРГИЈЕ

Однос потрошене примарне енергије за годину дана и броја становника може

да покаже напредовање енергетске транзиције једне земље у погледу повећања њене енергетске ефикасности. На Слици 5 приказан је однос потрошње

у Најробију 1981. године на то обавезивале. Једино је Немачка забележила пад потрошње примарне енергије у том периоду, што је био



Слика 5. Потрошња примарне енергије по глави становника за земље Г7 и БРИКС-а, према подацима датим у [19]

примарне енергије по глави становника годишње за све земље БРИКС-а и групе Г7, укупно 12 земаља, у три временска пресека и то: 1981., 2001. и 2021., користећи податке дате у референци [19]. У укупном посматраном временском периоду од 40 година, земље у развоју су имале стално повећање потрошње примарне енергије пер capita јер су имале малу полазну основу и јер је повећање потрошње енергије био услов њиховог привредног и економског развоја. Русија је имала пад потрошње примарне енергије пер capita крајем прошлог века због огромних привредних тешкоћа и пада индустријске производње које није стигла да превазиђе до 2001. године. Интересантно је кретање потрошње енергије пер capita у индустријски развијеним земљама. Готово све развијене земље имале су пораст потрошње примарне енергије пер capita у периоду 1981.-2001. година, што указује да у том периоду оне нису имале побољшање енергетске ефикасности, иако су за то имале могућности и иако су их одлуке Конференције УН о новим и обновљивим изворима енергије, одржане

резултат побољшања њене енергетске ефикасности. Наравно, ово побољшање енергетске ефикасности не долази само од себе, већ је резултат осмишљених и реализованих мера штедње и рационалног коришћења енергије. У периоду 2001.-2021. године, све индустријски развијене земље оствариле су смањење потрошње примарне енергије пер capita као резултат примене мера повећања енергетске ефикасности. Анализирајући ове резултате можемо, са доста основа, да претпоставимо да је Немачка исцрпила веилики део свог потенцијала за повећање енергетске ефикасности и да ће за даље повећање енергетске ефикасности она морати да уложи сразмерно више финансијског и организационог напора.

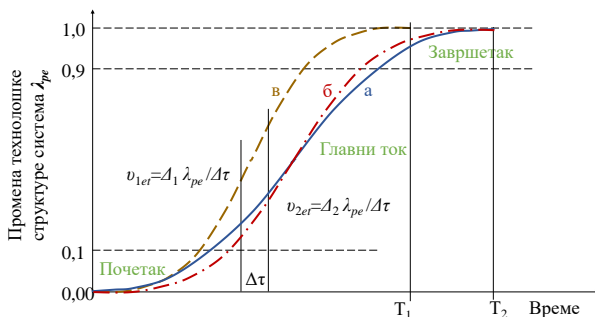
Потрошња примарне енергије сведена на јединицу друштвеног производа, такође може да укаже на кретање енергетске транзиције, односно на реализацију енергетске ефикасности током процеса енергетске транзиције. Последњих година, међутим, његова примена ја релативизована јаком

инфлацијом у свету, посебно у најразвијенијим земљама.

4. ТРАЈЕКТОРИЈЕ ЕНЕРГЕТСКЕ ТРАНЗИЦИЈЕ

Трајекторија енергетске транзиције представља аналитичку, односно графичку интерпретацију тока енергетске транзиције. Сваки пројектовани сценарио енергетске транзиције има своју, одговарајућу аналитичку интерпретацију, која аналитички дефинише трајекторију енергетске транзиције.

У непосредној вези са могућим трајекторијама енергетске транзиције јесте претходно дефинисање процеса транзиције, у смислу брзине и квалитета њене реализације. Процес транзиције се у литератури дефинише помоћу одговарајућег модела транзиције, аналитички израженог коришћењем логистичких кривих. Тако су, на пример, радили: Холц и други у њиховом пројекту енергетске транзиције за МЕНА регион [18], и Лорбах и Ротманс [20].



Слика 6. Трајекторије енергетске транзиције
а) основни сценарио б) убрзани сценарио в)
други сценарио

На Слици 6. помоћу логистичких кривих графички су приказане три трајекторије, односно три могућа пута једне технолошке транзиције. При дефинисању трајекторија, а оне одговарају сценаријима енергетске транзиције, могућа су у принципу два приступа. Први се састоји у скраћивању времена планираног за технолошку транзицију (крива **б** на Слици 6), а други

приступ је дефинисање потпуно нове трајекторије, базиране на примени другачије технологије, другачијег транзиционог концепта и другачије транзиционе структуре (крива **в** на Слици 6).

Лорбах и Ротманс [20] дефинишу три области процеса транзиције, током њеног животног века. Прва, представља период експериментисања и стварања подршке за програм транзиције и она је названа претходни развој. Друга област представља убрзавање процеса транзиције. За ову област, поред сразмерно велике брзине транзиције, карактеристична је потреба за контролом нежељених ефеката при широкој примени нових технологија [20], док је последња област завршетка процеса транзиције. На Слици 6. трајање области почетка и завршетка је произвољно предпостављено да износи по 10% укупне промене структуре система.

Брзина енергетске транзиције енергетског система представља промену индикатора енергетске транзиције у јединици времена. Брзину енергетске транзиције можемо изразити као просечну и као локалну, односно тренутну. Прву израчунавамо из времена за које ће бити остварен основни циљ енергетске транзиције, а друга је једнака промени индикатора енергетске транзиције у јединици времена – најчешће за годину дана, види Слика 6.

5. ПРАВЕДНА ЕНЕРГЕТСКА ТРАНЗИЦИЈА

Праведна енергетска транзиција заокупља пажњу влада многих држава, синдикалних организација, невладиних организација, али и ширу научну заједницу.

За одрживи развој, још увек неразвијених и земаља у развоју, од суштинског је значаја економија базирана на доступној и расположивој енергији прихватљиве цене. Услов индустријског, економског и уопште друштвеног развоја

тих земаља јесте повећање потрошње примарне енергије по глави становника.

Сведоци смо огромне и неправедне разлике у потрошњи енергије између најразвијенијих и најнеразвијенијих земаља у Свету. Данас, економски најразвијеније земље, пре свега оне из групе Г7, троше преко сто пута више енергије по глави становника годишње од економски најнеразвијенијих земаља [19]. Са Сlike 6 видимо да просечни становник Канаде за годину дана потроши енергије као петност просечних становника Индије. Најразвијеније земље, оне из Г7, док су пролазиле кроз ниво развијености данашњих земаља БРИКС-а, али и осталих неразвијених и земаља у развоју, нису морале у својим привредама да имају трошкове за „зелену енергију” ни близу величине трошкова који се данас намећу земљама у развоју.

Тако, Међународна агенција за енергију (ИЕА), у материјалима припремљеним за КОП 2021, предвиђа да произвођачи електричне енергије из фосилних горива у земљама у развоју плаћају таксу од 55 УСД по тони CO₂, што одговара нивоу садашњег износа тих такси у високоразвијеним земљама [21]. Међутим, суштински је проблем што је ових 55 УСД по тони CO₂ превисоко за ниво развијености великог броја земаља у свету и представља својеврсну кочницу за њихов бржи развој.

Осим тога, доступност енергије становништву појединих земаља, па и читавих континената је веома мала. На пример, доступност електричне енергије становништву африке, у просеку, износи 51%, при чему је доступност становништву само западне африке мања од 40% [22].

Овако различити обрасци коришћења енергије, према Невилу и Малвенију (*Newell* и *Mulvaney*) [23] покрећу питања енергетске правде у облику одговорности (садашњи насрам историјских) и права (чије су потребе најхитније и ко одлучује ко колико може да емитује).

Суштински различите перцепције дихотомије енергетска транзиција и одрживи развој земаља могу се видети упоређујући завршне документе са прошлогодишњих састанака две највеће и најзначајније групе земаља. Тако је у завршном документу Самита Г7, одржаног 2022 у Немачкој, у први план стављен „мултилатерални поредак заснован на правилима“; затим да „борба против климатских промена, губитка биодиверзитета и загађења захтева мобилизацију приватних и јавних, домаћих и међународних финансијских ресурса“; и да „напори за постизање заједничког циља мобилизације климатских средстава од 100 милијарди УСД што је пре могуће и до 2025. године“ за финансирање пројеката замене капацитета за производњу електричне енергије на бази угља обновљивим ресурсима, и још: „субвенције за фосилна горива нису у складу са циљевима Париског споразума... наша посвећеност елиминисању неефикасних субвенција за фосилна горива до 2025. године” [24]. Ово практично значи позив најсиромашнијим и земљама у развоју, на задуживање код приватних и јавних, домаћих и међународних финансијских институција да, уместо за привредни развој, та средства троше за набавку опреме за енергетску транзицију, и тако још дубље улзе у дужничко ропство.

С друге стране, на 14. Самиту БРИКС-а на Балију, у завршној декларацији, посебно се истиче људско „право на развој“, затим „основна улога енергетске сигурности у постизању циљева одрживог развоја“, као и да се „све стране придржавају принципа заједничке, али диференциране одговорности и одговарајућих способности” за спровођење Оквирне конвенције Уједињених нација о климатским променама и Париског уговора [25]. Истовремено, земље БРИКС-а, у истој Декларацији, изражавају своје противљење „зеленим трговинским баријерама“ и потврђују своју

посвећеност стварању могућности за координацију по овим питањима [25]. Другим речима, из завршног документа са самита БРИКС-а на Балију следи да земље у развоју не могу да прихвате енергетску транзицију која не води рачуна о њиховом праву на развој и о неопходности њиховог суочавања са енергетским сиромаштвом. Ово је на линији концепта Невила и Малвенија који смтрају да је један од кључних изазова за енергетску правду како помирити напоре у борби против енергетског сиромаштва са борбом против климатских промена [23]. Осим тога, по њиховом мишљењу, потребно је да буду јасно истакнути захтеви и за процесну правду (право на учешће у разматрањима питања која утичу на земље и грађане) и за дистрибутивну правду (одбрану својих енергетских ресурса). Другим речима, пракса праведне транзиције мораће да решава кључна политичка и економска питања „ко побеђује, ко губи, како и зашто“ [23].

У контексту праведности енергетских транзиција, поменимо појаву отпора изградњи променљивих, обновљивих извора електричне енергије у појединим локалним заједницама у Европи, који су по свом обиму и интензитету били неочекивано велики. Најчешћи мотив за манифестације оваквих отпора била је жеља да се сачува естетика пејзажа простора у локалној заједници. Грађани су доживљавали вертикале торњева и елисе ветротурбина као естетски поремећај пејзажа њиховог животног простора и они такав поремећај нису желели у својој околини. Ленон и други ове отпоре објашњавају искљученошћу грађана у локалним заједницама из процеса доношења одлука о енергетској транзицији [26]. Они, даље, извлаче закључак да постоји јасна потреба за структурама управљања и организационим форматима у локалним заједницама који су партиципативни, инклузивни и који воде рачуна о искуствима локалног становништва са

тежњом ка увођењу правичнијих енергетских конфигурација [26].

Огромне разлике, које данас постоје, између појединих земаља у погледу располагања примарном енергијом и потрошње енергије, различити токови енергетске транзиције, која није увек праведна, и с којом многи људи и државе нису задовољни, упућују на потребу дефинисања и развоја посебног права – људског права на енергију [27]. Остваривање тог права у будућности биће, без сумње, уско повезано са формулисањем и остваривањем праведне енергетске транзиције, али и праведног и одрживог развоја неразвијених и земаља у развоју.

6. ЗАКЉУЧАК

Савремене дефиниције енергетске транзиције се значајно разликују од дефиниције са Конференције УН о новим и обновљивим изворима енергије, из Најробија 1981, пре свега јер не помињу ни одрживи развој ни развој неразвијених земаља, ни да енергетска транзиција треба да буде друштвено правична, ни да буде у складу са пуним и сталним суверенитетом сваке земље. Ако је енергетска транзиција, као што мисле многи аутори, политиком вођен процес онда је она и мотивисана политичким интересима.

Простор, односно арена, у којој се реализује енергетска транзиција, јесте енергетски систем, који представља веома сложену целину која у себи садржи енергетске подсистеме, различите типове енергија, различите технологије за трансформацију енергије, за њен пренос и дистрибуцију и за њу потрошњу. Стога, видели смо, енергетски систем можемо симболички представити и једном матричном шемом.

У аналитичком концепту енергетске транзиције, за разлику од других концепата, неопходно је коришћење одговарајућих индикатора енергетске транзиције. Они омогућавају

квантитативно одређивање напретка транзиције ка унапред дефинисаном циљу, адекватно праћење процеса као и правовремено деловање ради управљања енергетском транзицијом. Овде је приказано и размотрено укупно четири индикатора енергетске транзиције и то: Хирфендал-Хиршман Индекс, Енергетска трилема, Учешће п-ОИЕ у укупној примарној енергији и Специфична потрошња примарне енергије.

У аналитичком концепту енергетске, транзиције, за планирање, пројектовање и праћење транзиције веома су важне трајекторије енергетске транзиције. За аналитичку интерпретацију трајекторија енергетске транзиције користе се логистичке криве. Брзина енергетске транзиције представља промену бројчане вредности индикатора енергетске транзиције у јединици времена.

Огромне и неправедне разлике у потрошњи енергије између најразвијенијих и најнеразвијенијих земаља у Свету, с једне стране и такође, огромне разлике у нивоу развоја појединих земаља, налазе се у основи односа који могу да доведу до неправедне енергетске транзиције.

Позив неразвијеним земљама на енергетску транзицију, по цену њиховог задуживања уместо улагања капитала за привредни развој, тежи да их увуче у неправедну енергетску транзицију и спралу дужничке зависности. Због тога, земље у развоју не могу да прихвате енергетску транзицију која не води рачуна о њиховом праву на развој и о неопходности њиховог суочавања са енергетским сиромаштвом. Ово је одраз једног од кључних изазова за енергетску правду који Невил и Малвени формулишу као питање: како помирити напоре у борби против енергетског сиромаштва са борбом против климатских промена [23].

7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Report of the United Nations Conference on New and Renewable Sources of Energy, Nairobi, 10 to 21 August 1981, United Nations, New York, 1981, расположиво на: <https://digitallibrary.un.org/record/25034>
- [2] WEC. Global Energy Transitions. A Comparative Analysis of Key Countries (11. април 2023.).
- [3] WEF. Energy Transition Index 2020: From Crisis to Rebound. 2020.
- [4] Pastukhova, M.; Westphal, K. Governing the global energy transformation. In “The Geopolitics of the Global Energy Transition”; Springer: Berlin, Germany, 2020; pp. 341–364.
- [5] Henderson, J. The Energy Transition: Key Challenges for Incumbent and New Players in the Global Energy System; Oxford Institute for Energy Studies: Oxford, UK, 2021.
- [6] Blazquez, J.; Fuentes, R.; Manzano, B. On some economic principles of the energy transition. *Energy Policy* 2020, 147, 111807.
- [7] Gribkova, D.; Milshina, Y.: Energy Transition as a Response to Energy Challenges in Post-Pandemic Reality. *Energies* 2022, 15, 812.
- [8] Henderson, J., Mitrova, T., Implications of the Global Energy Transition on Russia, in: *The Geopolitics of the Global Energy Transition* (Eds.: M. Hafner and S. Tagliapietra), *Lecture Notes in Energy* 73, https://doi.org/10.1007/978-3-030-39066-2_5 (9. јун 2022.).
- [9] Грковић, В., Конкурентност енергетских технологија, Прометеј, Нови Сад и Национални Нафтни Комитет Србије – Светски Нафтни Савет, Београд, Србија, 2020.
- [10] Hundt M., Barth R., Sun N., Wissel S. und Voss A., Compatibility of renewable energies and nuclear power in the generation portfolio, Summary, IER, Stuttgart, October 2009.
- [11] Grkovic V. and Doder Dj.: Competitiveness of power systems with

- nuclear power plants and with high participation of intermittent renewable energy sources, *Thermal Science*, 26, (2022), 3, pp. 2093-2102.
<https://doi.org/10.2298/TSCI210203182G>
- [12] Grković V. and Doder Dj.: On competitiveness of power systems in technology transition, *Proceedings*, (Editors: P. Stefanović and D. Cvetinović), *Power plants 2021*, Belgrade, Srbija, 2021, pp. 238-252.
- [13] Fattouh B., Poudineh R, and West R.: The rise of renewables and energy transition: what adaptation strategy for oil companies and oil-exporting countries? OIES PAPER: MEP 19, May 2018.
- [14] Hirfendahl–Hirschman Index – HHI, Расположиво на: <https://www.investopedia.com/terms/h/hi.asp>, (7. април 2023.)
- [15] Kai van de Loo Suspend coal phase-out - Keep existing plants in operation and reactivate available capacities, give transition more time, *vgbe energy journal*, 3, 2023, pp. 73-84.
- [16] World Energy Trilemma Index, WEC, 2022. расположиво на: <https://www.worldenergy.org/transition-toolkit/world-energy-trilemma-index> (1. јуни 2023.)
- [17] Sovacool, B.K. and Geels, F.W. Further reflections on the temporality of energy transitions: A response to critics, *Energy Research & Social Science*, 2016, 22, 232–7.
- [18] Holtz, G.; Fink, T.; Amroune, S.; Fishedick, M.: *Development of a Phase Model for Categorizing and Supporting the Sustainable Transformation of Energy Systems in the MENA Region. Report to the Friedrich-Ebert-Stiftung. Wuppertal*, 2018.
- [19] <https://ourworldindata.org/grapher/per-capita-energy-use?time=1981&country=~RUS> (24.06.2023).
- [20] Loorbach, D. and Rotmans, J. Managing transitions for sustainable development, in *Understanding Industrial Transformation. Views from different disciplines*. Olshoorn, X. Wiczorek, A. J. Dordrecht, Springer, 2006. www.drift.eur.nl. (11. јун 2022.)
- [21] Schiffer, H-W. Forecasts and scenarios for global energy supply as the basis for climate policy implications, *VGB PowerTech*, (2021), 12, pp. 42-49.
- [22] Baruya, P. Power and coal prospects in developing Africa, *VGBE Energy Journal*, (2022), 5, pp. 80-84.
- [23] Newell P, and Mulvaney D.: The political economy of the “just transition.”. *Geogr J* (2013), 179:132–140. <https://doi.org/10.1111/geoj.12008>
- [24] Leaders’ Communiqué, Elmau, 28 June 2022, available at: <https://www.governo.it/sites/governo.it/files/2022-06-28-abschlusserklaerung-eng-web-data.pdf>, (16.08.2022.)
- [25] XIV BRICS Summit, available at: http://brics2022.mfa.gov.cn/eng/dtxw/202206/t20220624_10709295.html, (16.08.2022.).
- [26] Lennon B., Dunphy N. P. and Sanvicente E.: *Community acceptability and the energy transition: a citizens’ perspective* Energy, Sustainability and Society, 2019. <https://doi.org/10.1186/s13705-019-0218-z>.
- [27] Grković V.: On Human Wright to Energy, Yearbook „Human rights protection from childhood to the right to a dignified old age - human rights and institutions“, Ed. Zoran Pavlovic, PhD, Novi Sad, 2022, pp. 645-659.

Адреса аутора: Фрковић Војин, Универзитет у Новом Саду, Факултет Техничких наука, Професор у пензији

е-маил: vojingr@uns.ac.rs

Рад примљен: јул 2023.

Рад прихваћен: септембар 2023.

РАЗВОЈ ГАСОВОДНОГ СИСТЕМА СРБИЈЕ

DEVELOPMENT OF THE GAS PIPELINE SYSTEM OF SERBIA

ВОЈИСЛАВ ВУЛЕТИЋ¹

¹Удружење за гас Србије

РЕЗИМЕ

Србија је релативно касно почела са коришћењем природног гаса. Но и поред тога развој програма гасификације правилно је одређен и са успехом се спроводио, али релативно споро.

Србија нема довољне производне капацитете и количине природног гаса за сопствене потребе и мора великим делом да се ослони на увоз. До скоро Србија се снабдевала гасом из Руске федерације преко Украјине и Мађарске.

Изградња гасовода Балкански ток, као и прикључног гасовода Ниш-Димитровград са могућношћу повезивање Србије са другим изворима снабдевања, као и са могућностима снабдевања течним природним гасом преко терминала у Грчкој у Александрополису, дају могућност Србији да реализује гасификацију према владином „Програму остваривања Стратегије дугорочног развоја енергетике Србије“.

Кључне речи: Природни гас, примена, развој, Србија

ABSTRACT

Serbia started using natural gas relatively late. But in addition therefore, the development of the gasification program has been properly determined and is being carried out successfully implemented, but relatively slowly.

Serbia does not have sufficient production capacities and quantities of natural gas for own needs and has to largely rely on imports. Until recently Serbia was supplied with gas from the Russian Federation via Ukraine and Hungary.

Construction of the Balkan Stream gas pipeline, as well as the connecting gas pipeline Niš-Dimitrovgrad with the possibility of connecting Serbia with other sources supply, as well as with the possibility of supplying liquid natural gas through terminal in Greece in Alexandroupolis, give Serbia the opportunity to implement gasification according to the government's "Long-term

Strategy Realization Program development of Serbia's energy sector".

Key words: Natural gas, application, development, Serbia

1. УВОД

Основна карактеристика досадашње потрошње природног гаса у Србији је доминантно коришћење у индустрији као технолошког горива и у хемијској

индустрији као сировине. Приоритетом је сматрана потрошња гаса као хемијске сировине, потом је следила потрошња гаса у индустрији као технолошког горива, а затим потрошња у топланама и

на крају у комуналној потрошњи и домаћинствима.

Природни гас као енергетска и петрохемијска сировина свуда у свету, па сада и код нас, бележи сталан раст потрошње. Разлог су његове физико-хемијске карактеристике, лака и једноставна припрема и примена као и, најважније, знатно мање загађење околине од продуката његовог сагоревања.

Водећи рачуна да наша земља не располаже већим енергетским потенцијалом по глави становника, посебно квалитетнијих горива, која морају да се увозе, важно је да се примена природног гаса у сектору широке и комуналне потрошње што више повећа, јер је валоризација примарне енергије највећа у том сектору.

Рационално коришћење природног гаса, као подлога укупног привредног развоја, подразумева коришћење са највећом ефикасношћу и то са становишта општег друштвеног интереса.

Степен развоја једног друштва, поред осталих показатеља, мери се и количином потрошње природног гаса у широкој потрошњи. У Великој Британији, на пример у широкој потрошњи троши се око 80% укупне потрошње природног гаса, у Холандији око 60%, Француској 55% и т.д.

Лако мерљив до свих нивоа коришћења, самим тим омогућава рационално понашање потрошача а на располагању је корисницима 365 дана у години, 24 часа дневно. Са једним прикључком могуће је природним гасом обезбедити, на пример, за домаћинства: грејање, припрему потрошне топле воде, припрему хране, производњу електричне енергије за сопствене потребе, за хлађење, за технолошке потребе а као компримован може да се користи као алтернативно гориво у индивидуалним моторним возилима. У градовима је погодна примена природног гаса у тоталном енергетском систему који омогућава његово коришћење у јавним

објектима (болнице, хотели, пословне зграде) за комплетно све енергетске потребе.

Велики притисак Запада да се смањи потрошња угља за потребе индустрије и остале потрошње, захтева знатно повећање потрошње природног гаса у индустрији, широкој и комуналној потрошњи.

Изграђен гасовод Балкански ток и градња прикључног гасовода Ниш-Димитровград, обезбедиће довољне количине гаса да се у потпуности може да реализује развој гасификацију Србије према владином „Програму остваривања Стратегије дугорочног развоја енергетике Србије“.

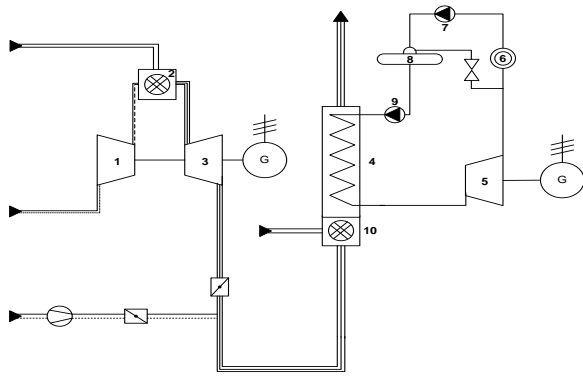
У даљем тексту обрадиће се сектори потрошње природног гаса који ће у наредном периоду имати највеће повећање потрошње.

2. ПРОИЗВОДЊА ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ

Захтев и план да се што више смањи употреба угља за производњу електричне енергије, усмерава Србију да се ослони на производњу електричне енергија коришћењем природног гаса.

Степен искоришћења природног гаса за производњу електричне енергије је релативно низак. Степен искоришћења гасне турбине за производњу електричне енергије је низак, чак и код турбине са керамичким лопатицама и износи око 40%. Комбинована производња електричне енергије у гасно-парном циклусу повећава степен искоришћења до око 55%. Међутим највећи степен искоришћења има когенерационо постројење које поред производње електричне енергије у гасној и парној турбини, припрема водену пару или топлу воду за индустријске или комуналне потребе. Степен искоришћења таквог постројења је већи од 80%.

На слици број 1. приказано је једно когенерацијско постројење са коришћењем природног гаса као енергента.



Слика бр. 1. Шема гасно-парног циклуса термоелектране са производњом топлотне енергије

1.компресор, 2. комора за сагоревање, 3. гасна турбина, 4. котловско постројење, 5. парна турбина, 6. производња топлотне енергије, 7. циркулациона пумпа, 8. деаератор, 9. напојна пумпа, 10. додатно ложење котловског постројења.

Перманентно повећање потрошње енергије и постепено исцрпљивање јевтинијих ресурса, уз неминовно поскупљење свих врста горива, основне су карактеристике тржишта енергије у свету почетком 21.-ог века. Интензиван раст потрошње, све већа цена енергетских извора и угрожавање животне средине изазивају потребу рационализације потрошње енергије, а једна од таквих мера је и комбинована производња (когенерација) електричне и топлотне енергије.

Комбинована производња електричне и топлотне енергије је добро позната већ дуго времена, мада су је многе земље у Европи прихватиле тек настанком енергетске кризе и повећањем цена енергената на светском тржишту. Комбинована производња електричне и топлотне енергије је специфична форма дистрибуиране производње, која се остварује стратешком изградњом постројења, код или близу потрошача, да би га снабдела свим енергетским потребама на лицу места.

Електропривреда Србије има неколико старих блокова термоелектрана на угаљ који треба да се замене новим.

Према плановима Електропривреде Србије, потврђеним у „Програму остваривања Стратегије дугорочног развоја енергетике Србије“ и израђеној Студији, о потенцијалним локацијама изградње комбинованих постројења или гасотурбинских постројења, прихваћеним на Савету електропривреде су: Суботица (30 MW електричне снаге и 40 MW базног топлотног оптерећења), Нови Сад (300 MWe + 200 MWt), Зрењанин (60 MWe + 30 MWt), Сремска Митровица (60 MWe + 90 MWt), Нови Београд (400 MWe + 260 MWt), Крагујевац (100 MWe + 60 MWt) и Ниш (200 MWe + 120 MWt).

Укупно потребна количина природног гаса за термоелектране предвиђене овим програмом износи око $2.0 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{год}$.

3. ШИРОКА И КОМУНАЛНА ПОТРОШЊА

У нашој се земљи структура потрошње природног гаса, у сектору широке потрошње, разликује од структуре у другим европским земљама. Потрошња природног гаса у широкој потрошњи код нас је нешто виша од 15% укупне потрошње гаса, сада када је потрошња у другим секторима знатно смањена. У Србији око 300.000 домаћинстава користи природни гас.

Рационално коришћење природног гаса, као подлога укупног привредног развоја, подразумева коришћење са највећом ефикасношћу и то са становишта општег друштвеног интереса.

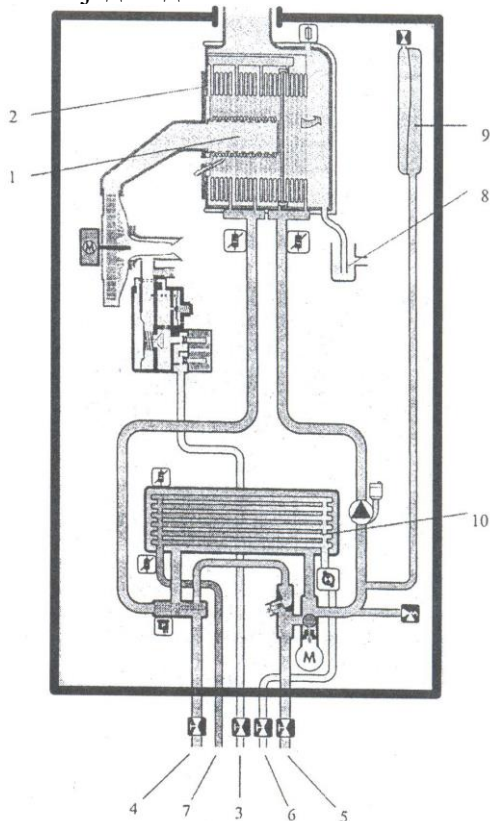
Водећи рачуна да наша земља не располаже већим енергетским потенцијалом по глави становника, посебно квалитетнијих горива, која морају да се увозе, важно је да се примена природног гаса у сектору широке потрошње што више повећа, јер је валоризација примарне енергије највећа у том сектору.

У новије време освојена је производња кондензационих

"комбинованих" котлова који користе топлоту излазних продуката сагоревања њиховом кондензацијом. Њихови степени корисности прелазе 100%. То свакако није могуће, јер не постоји перпетуум мобиле, већ се користе друге референтне вредности, односно рачуна се са горњом топлотном моћи.

Кондензациони котлови користе латентну топлоту продуката сагоревања у посебном измењивачу топлоте за предгревање повратне воде из система на улазу у котлао. Искоришћење латентне топлоте продуката сагоревања има за директну последицу повећање степена корисности горива, односно трошила.

На слици број 2. приказан је шема зидног кондензационог комбиновоаног котла за једно домаћинство.



Слика 2. Зидни кондензациони котлао

1. горионик, 2. топлотни блок са флајеном комором сагоревања, 3. гас, 4. полазни вод грејања, 5. повратни вод грејања, 6. хладна вода, 7. топла вода, 8. сифон кондензата, 9. експанзиона посуда, 10. измењивач топлоте.

Латентна топлота продуката сагоревања је управо она топлота која је утрошена за стварање водене паре у току процеса сагоревања и једнака је топлоти испаравања. Проласком кроз измењивач топлоте температура продуката сагоревања се смањује до испод тачке росе чиме се ствара кондензат. Повећање степена корисности није само због искоришћења латентне топлоте продуката сагоревања већ и због знатног смањења губитка са излазним димним гасовима.

Степен корисности кондензационог котла може да се изрази на следећи начин:

$$\eta = 1 - \frac{q_2 + q_5}{100} + \alpha_k \frac{H_g - H_d}{H_d}$$

где су:

q_2 – губитак топлоте са продуктима сагоревања (%)

q_5 – губитак топлоте у околину (зрачењем) (%)

H_g – горња топлотна моћ природног гаса (kJ/m^3)

H_d – доња топлотна моћ природног гаса (kJ/m^3)

α_k – кондензациони број који преставља однос стварне количине кондензата према теоријској.

Кондензациони котлови користе се само при сагоревању природног гаса, јер друга горива садрже сумпор и у процесу сагоревања формирају се сумпорни оксиди који при кондензацији стварају сумпорасту и сумпорну киселину које су веома кородивне. Измењивачи топлоте су од веома квалитетних материјала.

Да би се што више домаћинстава повезало и користило природни, гас Србијгас даје веома повољан кредит за повезивање на гасоводни систем, са отплатом на 36 месеци.

Према проценама Србијгаса, у наредном периоду, гасифицираће се укупно око 800.000 домаћинстава.

4. ПРИРОДНИ ГАС У ТОТАЛНОМ ЕНЕРГЕТСКОМ СИСТЕМУ

Сходно рационалности енергетске трансформације, тотални енергетски систем (ТЕС) представља систем локалне аутономне комбиноване производње електричне и топлотне енергије за покривање енергетских потреба. У овај се систем доводи само једна врста енергије – природни гас, а као резултат енергетских трансформација добија се електрична енергија за погон и топлотна за грејање, припрему потрошне топле воде, климатизацију и хлађење.

Иако технологија тоталног енергетског система није нова, њено коришћење у задње време је све интензивније. Тотални енергетски системи добијају на значају у оним областима индустрије, јавне и опште потрошње, код којих су у току целе године разноврсне енергетске потребе (технолошке потребе, електрични погон, грејање, климатизација, хлађење, припрема потрошне топле воде и др.) тако да је коефицијент оптерећења годишње потрошње висок па се тражи већа поузданост и могућност аутоматизације производње и потрошње, када су производни трошкови оваквих инсталација повољни у односу на снабдевање из централизованих система и када се располаже са потребном количином природног гаса.

Основни елементи тоталног енергетског система чини агрегат (мотор у коме се врши трансформација хемијске енергије горива и генератор електричне енергије), који је по правилу и најскупљи те му треба посветити највећу пажњу код избора. Остали важни уређаји који су у саставу система су: размењивачи топлоте (или катао утилизатор са или без додатног сагоревања природног гаса), за отпадну топлоту мотора (продукти сагоревања, расхладна вода, уље за подмазивање), систем за грејање и припрему потрошне топле воде, систем за хлађење и климатизацију, евентуална

примена турбокомпресора за потрошни компримовани ваздух или неки технолошки уређај и опрема за искоришћење топлотне енергије (сушаре, перионице, фарбаре, дехидратори и сл.).

Код већег односа топлотна – електрична енергија повољнија је турбина, а код мањег клипна машина. Структура потрошње електричне и топлотне енергије изразито утиче на избор погонског мотора, јер и једна и друга имају различите радне карактеристике, које су одређене разним зависностима степена корисности од притиска усисавања и издувавања, температуре околине и снаге машине као и зависности снаге од притиска усисавања и издувавања у околину.

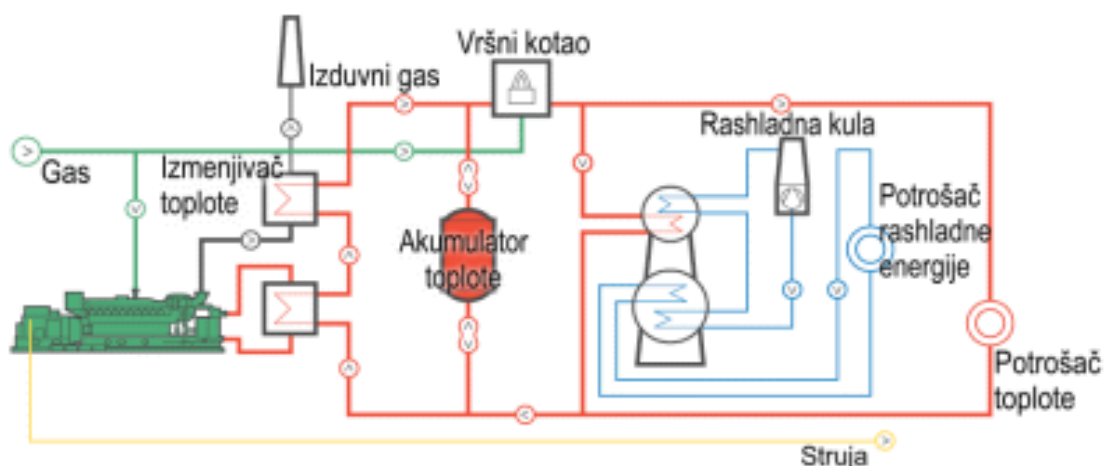
Данас се у ТЕС најчешће користе мотори са унутрашњим сагоревањем, јер имају значајне предности које су њиховим квалитативним развојем у новије време постигнуте:

- једноставна припрема и брзо пуштање у рад,
- специфично ниска потрошња горива,
- могућност употребе горива различитих квалитета,
- минимално еколошко оптерећење околине,
- велики степен аутоматизације рада,
- брзо постизање максималне снаге,
- независност рада, и т.д.

На слици 3. дата је принципијелна шема ТЕС-а.

Примена природног гаса у тоталном енергетском систему, који омогућава његово коришћење у јавним објектима (болнице, хотели, пословне зграде), за комплетно све енергетске потребе, је најкориснија и у Србији се све више користи.

Треба очекивати да ће број потрошача који ће да користе ТЕС расти, јер овај систем обезбеђује аутономност и сигурност обезбеђења сопствених потреба за енергијом.



Слика 3: Принципијелна шема ТЕС-а за производњу електричне, топлотне и расхладне енергије

5. ВОЗИЛА НА ПРИРОДНИ ГАС

Све већи притисак да се смање количине издувних гасова из возила, која користе за погон деривате нафте, и тиме загађују околину, нарочито у градовима, учинио је да се природни гас наметне као реално решење.

Аутобуси јавног градског превоза су једни од највећих загађивача ваздуха по градовима, јер свакодневно превозећи грађане, све издувне гасове са токсичним материјама остављају у граду. За смањење аерозагађења у градовима, један од начина је и увођење у експлоатацију

горива које смањују емисију штетних издувних гасова из моторних возила.

Да би се показало колико је примена природног гаса еколошки оправдана, чешки произвођач аутобуса СОР експлоатисао је и мерио састав издувних гасова на аутобусима за градски, међуградски и туристички саобраћај, који су били погођени њиме. Резултати тих истраживања представљени су у следећој табели, у којој се упоређују издувни гасови коришћених аутобуса и ЕУРО-5 стандарди:

Табела 1. Упоредни параметри издувних гасова

	СО (g/kWh)	НС (g/kWh)	СН 4 (g/kWh)	NO x (g/kWh)	честице (g/kWh)
ЕКОБУС	0,012	0,000	1,250	2,080	0,000
ЕУРО-5	4,000	0,550	1,100	2,000	0,030

Прво возило на природни гас у Србији финансирао је НИС Енергогас 1998. године. Израдио га је Икарбус. Био је коришћен, и сада се користи, за потребе Србијагаса, који је касније набавио већи број возила која користе природни гас. Међутим, без разлога, врло мали број аутобуса је у експлоатацији у Србији. Разлог слабог коришћења природног гаса за погон моторних возила је у навизи

саобраћајних предузећа да набављају возила са којима су имали одређена позитивна искуства. Међутим, акција Владе Србије да што више возила пређе на коришћење природног гаса, повећала је интересовање како саобраћајних предузећа тако и појединаца. Реално је очекивати да се у наредном периоду знатно повећа број возила која користе природни гас као погонско гориво.

6. ОЧЕКИВАНА ПОТРОШЊА ПРИРОДНОГ ГАСА У НАРЕДНОМ ПЕРИОДУ

У Србији још увек постоје неке регије до којих природни гас није дошао. У наредном периоду до 2050. године, то мора да буде надокнађено интензивним развојем гасоводног система. До 2035. године биће завршена гасификација Србије а у периоду 2035 – 2050 градиће се само паралелни гасоводи за потребе повећане потрошње и прикључења нових домаћинстава, комуналних и других потрошача.

Потрошња природног гаса у наредном периоду биће повећана. Поред постојеће потрошње од $2,4 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{год.}$, треба укључити и потрошњу, према плановима будућих потрошача, као што су, нове термоелектране погоњене природним гасом, које ће да користе око $2,0 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{год.}$ Број домаћинстава која користе природни гас биће око 800.000 и њихова нова потрошња биће око $0,5 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{год.}$ Нова индустријска и топлотна потрошња износиће око $1,0 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{год.}$ Моторна возила користеће око $0,1 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{год.}$ Очекивана потрошња природног гаса у Србији до 2050. године процењује се на око $6,0 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{год.}$

Према подацима Србијагаса, потрошња природног гаса у Републици Србији је око три пута већа у зимским месецима у односу на потрошњу у летњим месецима. Тај однос је изнуђен, јер је индустријска потрошња смањена а потрошња за потребе грејања повећана. Потрошња у Србији у 1989. години била је око 3 милијарде $\text{m}^3/\text{год.}$, а тада су топлане користиле мазут. Сада све топлане користе гас а индустријска потрошња је много смењена, престанком рада многих предузећа. У наредном периоду однос летње и зимске потрошње биће знатно смањен, јер ће индустријска потрошња бити повећана док ће потрошња за грејање незнатно да порасте.

Неравномерна потрошња у току године мора да се узме у обзир и у

наредном периоду, како би се у току године контролисала. Потрошња у новим термоелектранама, као и потрошња у ТЕС и моторним возилима, која је равномерна у току године, учиниће да се садашња неравномерност знатно смањи. Постојећи капацитет подземног складишта Банатски Двор неће моћи да задовољи потребе неравномерне потрошње и треба, свакако, изградити нове капацитете подземних складишта.

7. ЗАКЉУЧАК

Универзалност примене природног гаса, утврђене светске резерве, изграђеност транспортних система, бројним великим и дугим магистралним гасоводима или танкерима за превоз утеченог гаса, наметнула га је, да се са правом тврди, да ће он бити енергент 21. века са једне стране, и као основна сировина за производњу водоника у 22. веку, са друге стране.

Србија, иако је касно почела са коришћењем природног гаса, добро развија његову примену и употребу у разним гранама индустрије. Да би своје енергетске потребе могла да обезбеди, с обзиром да је, због недостатка квалитетних горива приморана да их увози, треба да води енергетску политику најмањег увоза недостајућих горива. Природни гас то може да јој омогући, јер се његовом употребом постиже највећи степен искоришћења примарне, увозне, енергије.

У Србији још увек постоје неке регије до којих природни гас није дошао. У свом гасоводном развоју у наредном периоду до 2050. године то мора да буде надокнађено интензивним развојем гасоводног система.

Изграђен гасовод Балкански ток и градња прикључног гасовода Ниш-Димитровград, обезбедиће довољне количине гаса да се у потпуности може да реализује развој гасификацију Србије према владином „Програму остваривања Стратегије дугорочног развоја енергетике Србије“.

Изграђеност мреже гасовода и све потребне пратеће опреме на њима омогућиће квалитетну гасификацију на целој територији државе Србије.

8. ЛИТЕРАТУРА

- [1] В. Вулетић: Карактеристике и примена природног гаса. Чигоја штампа, 2011
- [2] В.Вулетић: Коришћење природног гаса у Србији, ИЕЕП, Београд 2022.
- [3] Н.Накићеновић: Global Natural Gas Perspectives, IGU, 2010.
- [4] Н. Ђајић, В.Вулетић: Природни гас предуслов развоја когенерационих

постројења у Србији, Симпозијум термичара. Врњачка Бања октобар 2016.

- [5] Н. Ђајић, В. Вулетић, Комбинована производња електричне и топлотне енергије у Србији, Научно-стручни скуп ГАС 2014., Дивчибаре, 2014.
- [6] В. Вулетић, Стратегија развоја гасоводне инфраструктуре, Нови Сад 2011.

Адреса аутора: Др Вулетић Војислав,
дипл.маш.инж, Удружење за гас Србије
е-маил: vvuletic@tcub.bg.ac.rs
Рад примљен: јул 2023.
Рад прихваћен: септембар 2023.

БИОГАСНА ПОСТРОЈЕЊА КАО ПРЕДУЗЕТНИЧКИ И ИНЖЕЊЕРСКИ ИЗАЗОВ

BIOGAS FACILITIES AS ENTREPRENEURIAL AND ENGINEERIAL CHALLENGE

РОБЕРТ МОЛНАР¹

БОБАН ЦЕКИЋ²

¹Висока техничка школа струковних студија у Зрењанину

²CES - Compressor & Engine Service DOO, Зрењанин

РЕЗИМЕ

Обновљиви извори енергије последњих деценија, а нарочито у протеклим годинама, све више долазе у фокус инвеститора. Разлога за то је више, а међу главне, свакако да спадају могућност остваривања профита на дуги рок, али и допринос у очувању животне средине.

Биогас, као обновљиви извор енергије, нарочито је интересантан за пољопривредна подручја, као и за индустријска постројења у области прехранбене, односно кланичне индустрије. Поред тога, и генерисани комунални течни и чврсти отпад изискује све веће трошкове збрињавања, па се изградња биогасног постројења намеће као једно од пословних решења. Његов пројектовани капацитет, односно инсталисана снага, треба да је у тесној вези са количином доступног супстрата, док функционисање самог постројења у себи крије бројне инжењерске и предузетничке изазове.

Кључне речи: Биогасно постројење, биогас, супстрат, анаеробна ферментација, метан

ABSTRACT

Renewable energy sources increasingly have come into the focus of investors in recent decades, and particularly in recent years. There are many reasons for this, and the main ones certainly include the possibility of making a profit in the long term, but also it is the contribution to the preservation of the environment.

Biogas, as a renewable source of energy, is particularly interesting for agricultural areas, as well as for industrial plants in the area of food and slaughterhouse industry. In addition, the generated communal liquid and solid waste. requires increasing disposal costs, so the construction of a biogas plant is imposed as one of the business solutions. Its designed capacity or installed power, should be closely related to the amount of available substrate, while the functioning of the plant itself hides numerous engineering and entrepreneurial challenges..

Key words: Biogas plant, biogas, substrate, anaerobic fermentation, methane

1. УВОД

Једно од кључних питања за велику већину држава је обезбеђивање сигурног, квалитетног и поузданог снабдевања енергијом и енергентима, како би се у што већој мери смањила њена енергетска зависност у циљу несметаног одвијања привредних и друштвених активности. Данас се том питању придружује и оно које прави разлику између фосилних извора и обновљивих извора енергије (у наставку: ОИЕ), од којих велики потенцијали још увек бивају недовољно искоришћени.

Са ширег друштвеног становишта, постоје бројни аргументи за имплементацију биоенергетских пројеката, као што су: [1]

- Економски (уштеде у производњи енергије, генерисање запослености)
- Еколошки (смањење загађења животне средине)
- Испуњење преузетих међународних обавеза (удео ОИЕ у енергетском билансу)

Такође, постоје бројни разлози за имплементацију биоенергетских пројеката, са становишта инвеститора, као што су између осталих:

- Економски (приходи од продаје енергије),
- Еколошки (прихватљив начин третирања отпада)
- Стратешки (енергетска независност).

Биогас спада у категорију ОИЕ, те стога заслужује велику пажњу, како са еколошког и инжењерског, тако и са предузетничког аспекта. Он настаје у анаеробним условима и може се, између осталог, искористити и за производњу електричне и топлотне енергије, у тзв. **биоенергетским постројењима**. Биогас се може дефинисати као гасовито гориво настало од биомасе и/или биоразградиве фракције отпада, које може да се пречисти до квалитета природног гаса и који ће се користити као биогориво.

У процесу придруживања ЕУ, са аспекта енергетике, Србија преузима одређене обавезе, најпре у усклађивању свог регулаторног оквира, а затим и у реализацији конкретних инвестиција у овој области. Императив да се повећа удео ОИЕ у бруто финалној потрошњи, делом се остварује и преко изградње и функционисања биогасних постројења.

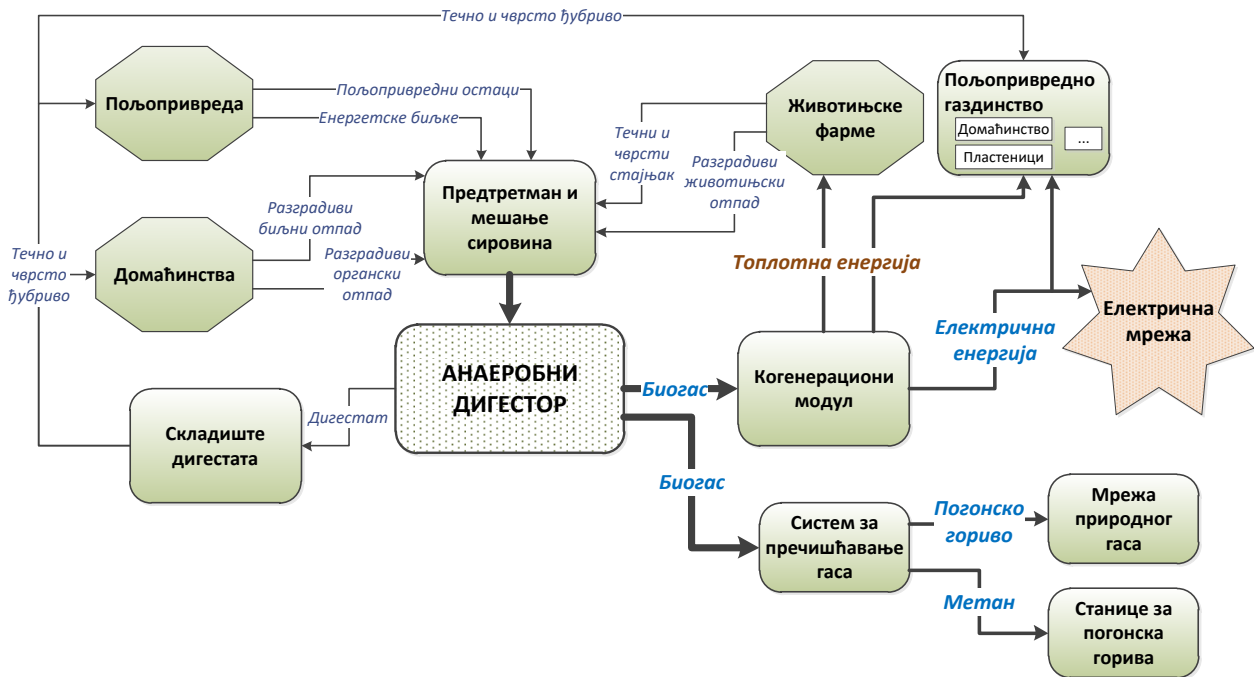
2. ПРИНЦИП РАДА БИОГАСНОГ ПОСТРОЈЕЊА

У биоенергетским постројењима се врши дигестија комуналног и индустријског биоотпада, стајњака, других остатака од пољопривреде, као и енергетских биљних култура. У изградњи једног таквог постројења неопходно је водити рачуна о бројним техничким/инжењерским, предузетничким, али и детаљима у вези са правним процедурама, односно усклађености са законским и другим одредбама [2].

У пракси се срећу два основна типа биогасних постројења, тзв. „пољопривредна“ и биогасна постројења за збрињавање индустријског отпада и пречишћавање комуналних и отпадних вода из прехранбене индустрије [3].

На Слици 1 приказан је „екосистем“ у којем функционише једно „пољопривредно“ биогасно постројење.

Један од предуслова који морају бити испуњени при раду биоенергетског постројења, у циљу добијања пројектованог излаза (електрична енергија, топлотна енергија и/или погонско гориво, односно метан) је да се при анаеробној ферментацији која се одиграва у дигестору, добије биогас одговарајућег квалитета. Од бројних компоненти које улазе у састав биогаса, свакако да је најважнија метан (CH_4), који треба да се креће у границама од 50 до 75%. Од квалитетног биогаса умногоме ће зависити и економски ефекти функционисања читавог постројења.



Слика 1. „Пољопривредно“ биогасно постројење и његов „екосистем“

На стабилност процеса који се одиграва у анаеробном дигестору утичу бројни параметри, који највише зависе од техничког решења/пројекта биогасног постројења, као и од супстрата који се користи у производњи биогаза, а они се могу поделити на физичке, хемијске и микробиолошке [4]. Сви ови параметри су у одређеној међузависности и морају се кретати у одређеним границама.

Од **физичких параметара** који се морају пратити, међу најважније спадају: Потпуна анаеробност; Брзина и запреминска равномерност мешања супстрата, као и Равномерна „радна“ температура у дигестору.

Хемијски састав супстрата има велики утицај на процес анаеробне ферментације у дигестору. **Хемијски параметри** о којима се треба водити рачуна су: рН вредност, Садржај органских масних киселина (сирћетна, пропионска и изобутерна), Однос ВОК/УНУ (волатилна органска масна киселина/укупни неоргански угљеник), Концентрација хранљивих састојака и микроелемената, као и Концентрација инхибитора (антибиотици, дезинфекциона средства, хербициди, соли и тешки метали).

Микробиолошки параметри су најтежи за праћење, и у директној су вези са физичким и хемијским параметрима. Генерална напомена је да се оптерећење органском материјом (ООргМ) врши постепено при пуштању постројења у рад, а врсте мешавине и количина супстрата, треба да су што уједначеније током времена, у циљу обезбеђивања стабилности процеса анаеробне ферментације.

Из свега наведеног јасно је да добијање биогаза из анаеробног дигестора захтева праћење и задовољење бројних параметара. Када се свему томе дода и императив за што већим искоришћењем органске материје из супстрата, увиђа се сва комплексност биогасне технологије.

3. СУПСТРАТИ ЗА ПРОИЗВОДЊУ БИОГАСА

Сама изведба биогасног постројења биће условљена наменом искоришћавања хемијске енергије биогаза, као и од супстрата који се користи за његово добијање. „Пољопривредна“ биогасна постројења користе пољопривредне

нупроизводе или енергетске биљке, док „непољопривредна“, односно „индустријска“ користе индустријски отпад из прехранбене и кланичне индустрије, али и комуналне и отпадне воде из прехранбене индустрије. У пракси се срећу и биогадна постројења која комбинују пољопривредни и индустријски супстрат. Из овога следи да се могу дефинисати седам основних група супстрата за биогадна постројења: [4,5,6]

1. Стајњак,
2. Енергетске биљке,
3. Жетвени остаци,
4. Органски отпад прехранбене индустрије,
5. Органски отпад кланичне индустрије,
6. Комуналне и отпадне воде прехранбене индустрије, и
7. Комунални и чврсти органски отпад.

Стајњак у чврстом или течном стању је, као супстрат у биогадним постројењима, веома интересантан са економског, процесног, али и аспекта заштите животне средине. Његов основни недостатак је у релативно ниском енергетском потенцијалу, првенствено због високог садржаја воде.

Енергетске биљке су појам који се користи за наменски узгајану пољопривредну масу. Ту пре свега спадају: кукурузна силажа (има висок биогадни потенцијал), раж, силажа траве, шећерна репа, лист шећерне репе и др. Њихов основни недостатак је што нису бесплатни, јер се наменски узгајају.

Жетвени остаци су појам за биомасу која остаје на њивама након жетве. Иако имају мањи енергетски потенцијал него енергетске биљке, ипак се могу искористити у производњи биогаза. Они могу допринети стабилности процеса анаеробне ферментације када је главни супстрат богат азотом, јер смањују садржај амонијака који успорава овај процес.

Под **органским отпадом из прехранбене индустрије** се подразумева чврсти отпад који настаје у технолошким процесима прехранбене индустрије, као што су: производња шећера, алкохола, уља, пива, прерада воћа и поврћа итд. Биогадна постројења која се граде у оквиру прехранбене индустрије за примарни циљ имају искоришћење нупродуката из технолошких процеса, како би се обезбедила енергија (електрична и/или топлотна) која се може вратити у процес, чиме се остварују значајне уштеде. Истовремено долази до збрињавања отпада, односно нупродуката, што за велике компаније може такође изискивати високе трошкове, а управо оне, због својих великих капацитета имају највећи интерес за изградњу биогадног постројења који користи овај супстрат. Најчешће се користе: репин резанац, меласа, комина житарица, комина кромпира, комина воћа, пивски троп и сл.

Органски отпад кланичне индустрије спада у посебно категорију, без обзира што је ова индустрија део прехранбене, а због специфичних захтева за његово збрињавање. Овде се првенствено мисли на угинуле животиње и њихове делове из процеса прераде. Прописи у вези управљања отпадом у кланичној индустрији за последицу имају високе трошкове, па су биогадна постројења опција за решавање тог проблема. Питање капацитета, односно количина супстрата који се генерише у конкретној кланици је основно питање при доношењу одлуке о изградњи биогадног постројења.

Под **комуналним и отпадним водама из прехранбене индустрије** подразумева се течни отпад настао у процесу производње, а који захтева адекватно збрињавање. И у овом случају, акценат при изградњи биогадног постројења није на генерисаној енергији, већ на смањењу трошкова у производњи, неутралишући неповољне емисије вода у животну средину или канализацију. Због

нехомогеног састава ових вода, количина и квалитет биогаса нису уједначени.

Комунални чврсти органски отпад је биоразградиви отпад који настаје у домаћинствима, угоститељским објектима, пијацама, парковима, и сл. Због високог садржаја целулозе, папир и картон се изузимају из ове категорије. Главна одлика ове врсте супстрата је његова неуједначеност у саставу. Као његов недостатак се може сматрати неопходност примарне сепарације.

4. ИСТРАЖИВАЊЕ

Током јула 2023. год. спроведено је истраживање у циљу идентификације главних предузетничких и инжењерских изазова у раду биогасних постројења у Србији. Од укупно издатих 131 решења од стране релевантног Министарства [7], у статусу повлашћених произвођача електричне енергије је њих 31, са укупно

инсталисаном снагом биогасних постројења од 31.039,0 kW, док је њих 100 у статусу привремених повлашћених произвођача са укупно инсталисаном снагом од 78.729,0 kW.

Из разлога што привремени повлашћени произвођачи овај статус могу обезбедити и без изграђеног биогасног постројења, у истраживању се фокус ставио на категорију повлашћених произвођача, код којих је инсталисана опрема већ у функцији, најчешће неколико година. С тим у вези, и проблематика која се истражује у овом раду, бива израженија.

Прво решење Министарства за стицање статуса повлашћеног произвођача електричне енергије из биогасног постројења издато је 2011. год., а динамика инвестиција у биогасна постројења је делом описана посредством Табеле 1.

Табела 1. Кретање издатих решења Министарства о стицању статуса привременог повлашћеног и повлашћеног произвођача електричне енергије у Србији

Година	Привремени повлашћени произвођач	Инсталисана снага ППП (kW)	Повлашћени произвођач	Инсталисана снага ПП (kW)
2011.	-	-	1	1.738
2012.	-	-	3	2.624
2013.	-	-	0	0
2014.	-	-	1	500
2015.	-	-	0	0
2016.	2	2.635	4	5.470
2017.	5	4.133	2	2.637
2018.	15	14.731	5	3.522
2019.	20	19.732	6	4.726
2020.	45	43.705	6	6.621
2021.*	13	11.373	3	3.201
	100 (83)**	96.309 (78.729)	31	31.039

* У Регистру Министарства на дан 10.05. 2023. год. заведена су решења издата закључно са 22.07.2021.!!!

** У међувремену је 17 привремених повлашћених произвођача стекло статус повлашћених произвођача

За потребе истраживања, креиран је наменски упитник за инвеститоре и руковоце биогасних постројења. Од 31 повлашћеног произвођача, прокупљен је 21 одговор на упитник (67,74%), који

учествују са 21.172 kW (68,21%) њихове инсталисане снаге, па се добијени резултати могу смарати релативно поузданим за извођење закључака.

5. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Резултати спроведеног истраживања указују да је локација биогазних постројења у Србији доминантно на територији АП Војводине (92,31%), што се директно доводи у везу са коришћеним супстратом који доминантно води порекло из пољопривреде.

Просечна инсталирана снага БГ постројења је 953 MW, док су се инвеститори у највећем броју случајева опредељивали за снагу од 999 kW (61,54%), што се доводи у везу са (не)прибављањем енергетске дозволе.

Власништво над БГ постројењима је у 69,23% случајева остало непромењено, а код оних код којих се променило, то је било једанпут.

Укупан број ангажованих људи по биогазном постројењу је у просеку износи равно 4, а забележен је и један случај где је стално ангажован само један човек!? Међу ангажованима, највише је тзв. оператера (65,38%), док је инжењера/технолога свега 7,69%, а нека га и немају у својој организационој структури, или имају *ad hoc* ангажман.

Доста индикативан резултат се односи на обуку од стране испоручиоца опреме, тзв. пекицери, коју је у просеку прошло 1,69 човек/БГ постројење. Овом малом броју људи који је прошао обуку, треба додати и податак да многи од њих више ни не раде на БГ постројењу, па се неопходна знања стичу искуствено, и преношењем нановозапослене.

Два највећа проблема у пројекту изградње БГ постројења били су извођење радова/монтажа опреме (38,10%), и стицање права на изградњу објекта (23,81%), затим следе стручност пројектног тима и стицање права за производњу електричне енергије (по 14,29%), а идентификовани су и проблеми са испоручиоцима опреме и они финансисјке природе (по 4,76%).

По свом пореклу, ангажовани пројектни тимови су скоро подједнако заступљени, и то: Мешовити са 38,46%,

док су домаћи и инострани били заступљени са по 30,77%.

Произведени биогаз се у анкетираним биогазним постројењима доминантно користи за производњу електричне енергије (98,46%), а веома ретко за производњу топлотне енергије (1,54%), док се за остале намене не користи. У вези са овим, произведена топлотна енергија (као резултат процеса ферментације супстрата) се у великој већини случајева „баца“, односно емитује у окружење.

По питању порекла коришћеног супстрата за производњу биогаза, најзаступљенији је стајњак, и то говеђи са 33,77%, пилећи са 8,15% и свињски са 4,62%. Затим следи супстрат биљног порекла, и то кукурузна силажа са 19,46% и остале енергетске биљке са 13,77%. Остали супстрати су заступљени испод 10%.



График 1. Порекло доминантног супстрата у биогазним постројењима у Србији

Настали нуспроизвод/дигестат се у свим случајевима користи као ђубриво у пољопривреди.

Производне јединице у БГ постројењима су у гарантном року у просеку биле изван своје основне функције 15,15 дана/јединица, док су у вангарантном року оне биле изван функције 16,15 дана/јединица. У вези са овим податком је и онај где је евидентирано да уговором са сервисером за одржавање БГ постројења у вангарантном року има 69,23%, док се

остали и даље сналазе и/или покушавају самостално да реше настале проблеме.

Као највећи проблем у функционисању БГ постројења издваја се АД ЕПС због честих искакања електричне мреже (26,92%), а затим следе застоји због опреме и свест/стручност ангажованих људи (по 15,38%), Поред ових од значаја је и проблем са отказом појединих делова опреме (11,54%). Остали проблеми су заступљени испод 10%.



График 2. Најчешћи проблеми у раду биогасних постројења у Србији

6. ЗАКЉУЧАК

Србија је још увек на самом почетку искоришћавања потенцијала који се крију у производњи биогаса. Истраживање је потврдило да пажњу инвеститора за сада привлаче углавном потенцијали који се крију у супстратима пореклом из пољопривредне делатности [8], док су остале категорије супстрата углавном изван њиховог фокуса.

Биогас је важан облик децентрализованог снабдевања обновљивом енергијом, нарочито у руралним подручјима. На дуги рок може бити прихваћен, само уколико се обезбеди стабилан рад постројења у којима се производи. Ово подразумева више изазова, од којих су инжењерски и предузетнички само неки од њих.

Уколико се изузму финансијска ограничења при уласку у инвестицију ове врсте, остају велики изазови у планирању, руковању али и одржавању БГ постројења. Недостатак већих знања и

практичних искустава у БГ технологији и њеном „екосистему“, како домаћих инвеститора, тако и ангажованих људи на њима, може довести до озбиљног нарушавања почетних прорачуна у вези повраћаја инвестиције. С друге стране, приликом уговарања са испоручиоцем опреме, скоро по правилу се умногоме занемарује обучавање запослених за правилан рад са опремом, што у комбинацији са неадекватном стручношћу и великом флукуацијом запослених, доводи до непланираних застојау раду, а неретко и до отказа опреме. С овим у вези, било би потребно ширити стечена практична искуства, али и теоријска знања, како међу постојећим инвеститорима и оператерима, тако и у заинтересованој јавности.

Поред чисто финансијских калкулација, предузетници морају најпре разумети процесни инжењеринг који представља основу постројења које се прибавља од произвођача, како би могли на оптималан начин да организују производњу и несметану конверзију хемијске енергије биогаса, пре свега у електричну, али и у топлотну. Нупродукти анаеробне дигестације при добијању биогаса од значаја су за пољопривреду и такође се требају узети у обзир при овим калкулацијама.

Међутим, и поред јасних финансијских и других бенефита који се могу остварити изградњом БГ постројења, у Србији још увек постоје бројне баријере међу којима се истичу: недовољно развијени финансијски механизми за инвестиције у ОИЕ, релативно дугачак период повраћаја инвестиције, као и уситњеност пољопривредних поседа [9]. Поред ових проблема, истраживање је указало и на проблеме са ЕПС, због честих „искакања“ са мреже, али и са опремом, као и са људским фактором.

Додатну пометњу на биогасно тржиште унео је и нови Закон о коришћењу обновљивих извора енергије [10], који предвиђа додељивање

подстицаја путем аукција, па постоји бојазан да производња електричне енергије из биогаса не буде конкурентна са осталим технологијама из спектра ОИЕ и да се производени биогас убудуће усмери на производњу метана, односно погонског горива.

Узимајући све наведено у овом раду, не чуди податак да је удео планиране производње примарне енергије из биогаса, превасходно електричне, у Србији још увек на нивоу статистичке грешке! [11].

7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Анализа сектора биоенергије у Србији (са мерама подршке)* (2020). ДКТИ програм „Развој одрживог тржишта биоенергије у Србији“. Доступно на: <http://www.skgo.org/storage/app/media/biomasa/docs/doc/Analiza%20sektora%20bioenergije%20u%20Srbiji.pdf>. Датум приступа: 9. мај 2023.
- [2] Лепотић Ковачевић, Б. (2013). Изградња постројења и производња електричне/ топлотне енергије из биомасе у Републици Србији: Водич за инвеститоре. Министарство рударства и енергетике Републике Србије, уз подршку: Програма Уједињених нација за развој. Доступно на: <http://biomasa.undp.org.rs/wp-content/uploads/2017/04/BILINGUAL-DETAILED-INVESTOR-GUIDE-BIOMASS-PLANTS-2016.pdf>. Датум приступа: 20. мај 2023.
- [3] Станојевић, М. и др. (2014). Биогас: добијање и примена. Београд: Машински факултет.
- [4] Мартинов, М, Kovacs, К. и Ђатков, Ђ. (2012). *Биогас технологија*. Нови Сад: Факултет техничких наука.
- [5] *Приручник о биогасу: Од производње до коришћења* (2016). Gülzow-Prüzen/Немачка: Стручна агенција за обновљиве ресурсе, регистровано удружење (FNR).
- [6] Crisolli, Z. (2016). Биогас/Радна скрипта за покретање пројеката. GIZ ДКТИ Програм „Развој одрживог тржишта биоенергије у Србији“. Доступно на: http://subvencije.rs/wp-content/uploads/2017/02/BIOGAS_ZC.pdf. Датум приступа: 12. мај 2023.
- [7] https://mre.gov.rs/sites/default/files/registri/registar_pp_22.07.2021_v.2.html. Датум приступа: 10. мај 2023.
- [8] Штирбановић, З. (2022). *Производња биогаса у Републици Србији - тренутно стање и перспектива*. Зборник Међународне конференције о обновљивим изворима електричне енергије – *МКОИЕЕ*, [S.l.], v. 10, n. 1, p. 43-50, нов. 2022. Доступно на: <https://izdanja.smeits.rs/index.php/mkoiee/article/view/6798>. Датум приступа: 15. мај 2023.
- [9] Марковић, С. (2017). Производња, анализа коришћења и финансирање биогас пројеката. *Трендови у пословању*, бр. 10, Свеска 2/2017.
- [10] Закон о коришћењу обновљивих извора енергије. „Сл. гласник РС“, бр. 40/2021 и 35/ 2023 .
- [11] Одлука о утврђивању енергетског биланса Републике Србије за 2023. годину. „Сл. гласник РС“, бр. 144/2022.

Адреса аутора: Роберт Молнар, професор струковних студија, Висока техничка школа струковних студија у Зрењанину, Торђа Стратимировића 23, Зрењанин, Република Србија
е-маил: robert.molnar@vts-zr.edu.rs
Рад примљен: јул 2023.
Рад прихваћен: септембар 2023.



ДИТ

Друштво Истраживање Технологије

Научно-стручни часопис
Scientific-profesional journal

Година XXIX, Број 40, септембар 2023. год.
Year XXIX, Issue 40, September 2023. year

ТЕХНОЛОГИЈЕ

Одговорни уредник:

Проф. др Данијела Јашин
Висока техничка школа струковних студија
Зрењанин

Редакцијски одбор:

Проф. др Азра Јагањац, УН експерт
Амбасадор зеленог инжењерства

Проф. др Александра Митровић
Академија техничких струковних студија
Београд

Редакција:

Друштво инжењера Зрењанин
ул. Македонска 11,
23000 Зрењанин
E-mail: milorad.rancic@diz.org.rs
www.diz.org.rs

UPOTREBA NESLADOVANIH SIROVINA U PIVARSTVU

USE OF UNMALTED MALTS IN BREWING

GORDANA LUDAJIĆ¹
VESNA NADALIN¹
ALEKSANDRA ŠUĆUROVIĆ¹

¹Visoka tehnička škola strukovnih studija u Zrenjaninu

REZIME

Nesladovane sirovine se u pivarstvu koriste kao dodaci koji se mogu upotrebljavati samo kod istovremene prerade slada (kukuruz, pšenica, ljušteni ječam, ječmeno brašno) i kao dodaci koji se mogu upotrebljavati neposredno, iz kojih se dobija ekstrakt bez prethodne enzimske hidrolize (materije sa šećerom).

Primena nesladovanih sirovina kao dodataka ječmenom sladu utiče na sadržaj belančevina, dekstrina, maltoze i postojanost piva, kao i na promene specifičnih osobina piva.

U cilju poboljšanja sastava ekstrakta sladovine, deo slada u nekim procesima ukomljavaanja, zamenjuje se neklijalim ječmom, pšenicom, kukuruzom ili šećerom. Istovremeno, upotrebom nesladovanih sirovina u proizvodnji piva, dobija se ekonomičniji proizvod.

Ključne reči: Pivo, Nesladovane sirovine, Sladovina

ABSTRACT

Unmalted malts in brewing are used as additives that can be used only for simultaneous processing of malt (corn, wheat, hulled barley, barley flour) and additives that can be used directly, from which an extract is obtained without prior enzymatic hydrolysis (substances with sugar).

The use of unmalted barley malt as additives to barley malt affects the content of proteins, dextrans, maltose and stability of beer, as well as changes in the specific properties of beer.

In order to improve the composition of the wort extract, part of the malt in some mashing processes is replaced by non-germinated barley, wheat, corn or sugar. At the same time, by using unmalted malts in beer production, a more economical product is obtained.

Key words: Beer, Unmalted malts, Malt extract

1. UVOD

Pivo je jedno od najpopularnijih i najstarijih alkoholnih pića u istoriji, koje se dobija alkoholnom fermentacijom iz vodenog ekstrakta sladovanog ječma sa

hmeljom. Bogato je hranljivim sastojcima, ugljenim hidratima, amino kiselinama, mineralima, vitaminima i fenolnim jedinjenjima [1].

Proizvodnja piva je višestepeni proces, koji obuhvata biološku konverziju sirovina u

finalni proizvod [2]. Osnovne sirovine koje se koriste za njegovu proizvodnju su: ječam odnosno ječmeni slad, hmelj, voda i kvasac. Kvalitet svih sirovina presudno utiče na kvalitet gotovog proizvoda-piva [3,4].

Primena nesladnih sirovina izaziva brojne izmene u sastavu sladovine. Upotreba dodataka poput nesladovanih žitarica u kojima se skrob nalazi u svom nativnom obliku kao i nesladovanih sirovina na bazi šećera nisu oduvek bile dozvoljene u kuvanju piva. Definicija piva prema najpoznatijem *Zakonu o čistoći piva „Reinheitsgebot“* iz 1487. godine, ukazuje da je pivo proizvod koji se dobija iz sladovanog ječma, hmelja i vode, procesom fermentacije uz upotrebu pivskog kvasca [5,6,7].

U zemljama u kojima se za proizvodnju piva nije primenjivao *Zakon o čistoći piva („Reinheitsgebot“)*, mogle su se koristiti i nesladovane sirovine [8,9]. To potvrđuju činjenice koje ukazuju da je u Ujedinjenom Kraljevstvu od 1847. godine u proizvodnji piva, bila dozvoljena upotreba i do 25% griza (fermentabilni ekstrakt) [5].

Mnoge evropske zemlje zamenjuju slad i do 40% nesladovanim žitaricama. Veći dodatak ili nije zakonski dozvoljen ili je nepraktičan. Zamena ječmenog slada s nesladovanim žitaricama ima za cilj smanjenje troškova i proizvodnju piva jedinstvenog ukusa i arome [10].

Na slici 1 data je pojednostavljena šema proizvodnje piva. Na osnovu šeme može se zaključiti da je proizvodnja piva složen proces i da kvalitet gotovog piva zavisi od sorte ječma, uslova sladovanja, temperature i pH tokom komljenja, sorte hmelja koji se dodaje tokom hmeljenja sladovine, soja kvasca i uslova fermentacije.

U procesu sladovanja dolazi do sinteze i aktivacije enzima u ječmenom zrnju i razgradnje sastavnih delova zrna ječma. Enzimskom hidrolizom skrob se konvertuje

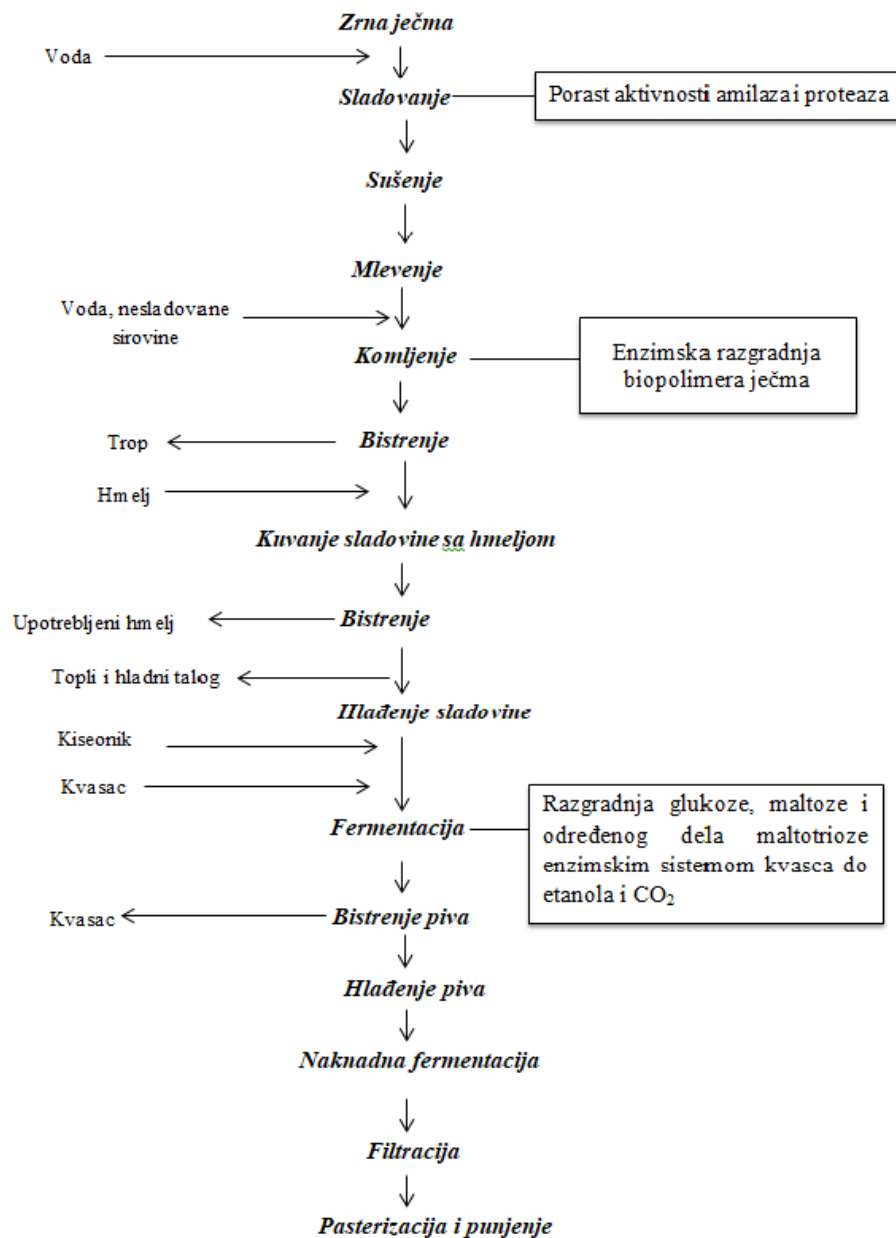
u redukujuće šećere, koji se kasnije razgrađuju enzimskim sistemom kvasca *Saccharomyces* vrsta do alkohola i CO₂.

2. NESLADOVANE SIROVINE

Nesladovane sirovine se u proizvodnji piva koriste u cilju poboljšanja stabilnosti piva, kao i mogućeg sniženja troškova proizvodnje. Primena nesladovanih sirovina kao dodataka ječmenom sladu utiče na sadržaj belančevina, dekstrina, maltoze i postojanost piva kao i na promene specifičnih osobina piva. Promene su posebno izražene kod svetlih piva, čiji ukus nastaje usled specifičnih karakteristika upotrebljenog slada, i koja su vrlo osetljiva prema bilo kakvim promenama [4]. Kukuruzna krupica, kao i druge žitarice, koji su izvori skroba, u procesu komljenja koriste enzimski kapacitet slada za pretvaranje skroba u šećere. Od nesladovanih žitarica, po osobinama ječma je najsirodniji sladu, tako da on u najmanjoj meri utiče na promenu ukusa piva.

Kao izvori šećera u pivarstvu se koristi šećer iz šećerne repe ili trske kao i skrobni hidrolizati koji se dobijaju kiselinsko-enzimskom ili dvojno enzimskom hidrolizom skroba. U odnosu na krupicu sirup se dodaje direktno u ukuvač sladovine čime se postiže povećanje gustine ekstrakta ječmenog slada i povećava se količina fermentabilnih šećera.

Primena nesladovanih sirovina u proizvodnji piva u različitim delovima sveta je svojstvena. Razlike su uočene kako u količini, tako i u vrsti upotrebljenih sirovina. Tako je zapaženo da su u Velikoj Britaniji i Australiji najviše u upotrebi šećeri i sirupi, dok u većini američkih i evropskih pivara se koriste žitarice i proizvodi od žitarica. Ova različitost u izboru sirovina je i razumljiva, jer je posledica uticaja različitih kultura, tradicija, kao i zakonskih propisa.



Slika 1. Šema proizvodnje piva

3. VRSTE SIRUPA KOJE SE MOGU KORISTITI U PIVARSKOJ INDUSTRIJI

Skrobni sirupi koji se dodaju u sladovinu utiču na ukus, aromu i boju piva, poboljšavaju stabnost piva. Dodatkom skrobnih sirupa utiče se i na smanjenje koncentracija proteina i polifenola, koji doprinose mutnoći piva [11]. Sirupi takođe mogu smanjiti koncentraciju hranljivih sastojaka sladovine kao što su azot, aminokiseline i minerali. Visoke

koncentracije sirupa dodate u sladovinu, mogu štetno uticati na fermentaciju i eventualno smanjiti količinu jedinjenja koja formiraju penu.

U tabeli 1 dat je prikaz najčešće korišćenih sirupa u pivarskoj industriji, i njihov šećerinski sastav. Na osnovu prikazanih rezultata, može se videti da najveću fermentabilnost ima dekstroza zbog velikog udela monosaharida (94%) u svom sastavu. Za razliku od dekstroze, maltodekstrin ima najmanju fermentabilnost, svega 4%, zbog izuzetno niskog sadržaja mono-, di- i tri-saharida.

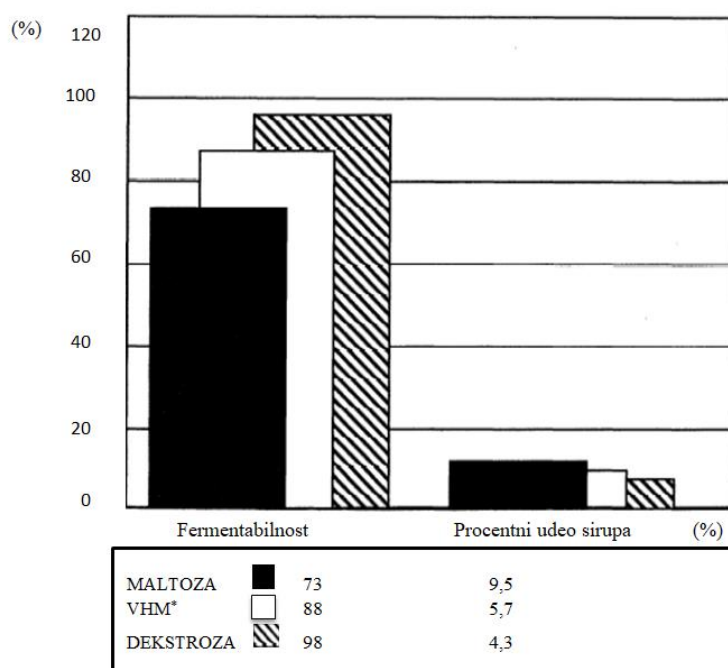
Na osnovu podataka prikazanih na slici 2 može se zaključiti da što je veća fermentabilnost sirupa, manji je njegov procentni udeo u smeši sa sladovinom. Maltoza i kiselinso-enzimski sirup-63DE, koji mogu da zamene deo ječmenog slada u

procesu proizvodnje piva, utiču na povećanje ekstrakta i punoću ukusa piva. Sirupi vrlo male fermentacione sposobnosti, poput maltodekstrina (tabela 1), mogu se koristiti u proizvodnji piva sa niskim sadržajem alkohola.

Tabela 1. Glukozni sirupi koji se koriste u proizvodnji piva [12]

Šećer	Sladovina	63 DE	Maltoza	VHM*	Dekstroza	Maltodeksrin
Glukoza (%)	13	38	2	3	94	0,2
Maltoza (%)	52	33	55	71	3,5	1,5
Maltotrioza (%)	12	6	16	16	u tragovima	3,5
Viši šećeri (%)	23	23	27	10	2,5	94,8
Fermentabilnost (%)	71	74	73	88	98	4
Ekstrakt	-	270	300	310	256	-

VHM* - Visoko maltozni sirup; 63DE - kiselinso-enzimski sirup



VHM* - Visoko maltozni sirup

Slika 2. Fermentabilnost sladovine u zavisnosti od korištenja različitih skrobnih sirupa [12]

4. ZAKLJUČAK

Pivo je piće koje se dobija iz ječmenog slada, koji i određuje specifične osobine i namenu piva. Da bi se poboljšao sastav ekstrakta sladovine, u nekim procesima ukomljava se jedan deo slada se zamenjuje neklijalim ječmom, pšenicom, kukuruzom, šećerom ili skrobnim sirupima.

Savremeni proizvodni procesi prerade žitarica i proizvodnje skrobnih sirupa omogućavaju da se kontroliše sastav

fermentabilnih šećera što olakšava proces fermentacije.

Trenutno postoji novi potrošački trend ka raznovrsnijim proizvodima, posebno pivu sa punijim ukusom. Ovo bi moglo omogućiti primenu tamnijih skrobnih sirupa kako bi se poboljšao ukus i boja piva na prirodan način. Skrobni sirupi su se razvili do te mere da su neophodna sirovina za pivare. Takođe i razvoj bezalkoholnih piva daje prostor primeni sirupa sa malim fermentabilnim potencijalom.

U budućnosti se mora polaziti od toga, da je primena nesladovanih sirovina za proizvodnju piva svrsishodna samo u količinama koje ni u najmanjoj meri ne utiču negativno na kvalitet piva.

4. LITERATURA

- [1] Gerhäuser, C. (2005). Beer constituents as potential cancer chemopreventive agents. *European Journal of Cancer*, 41, 1941-1954.
- [2] Walker, G. (1998). *Yeast physiology and biotechnology*, John Wiley and sons, Chichester, England.
- [3] Grujić, O., Gaćeša, S., Leskošek-Čukalović, I. (2000). Savremeni pravci razvoja u tehnologiji slada i piva u svetu i kod nas, *Pivarstvo*, 31, 1-2, 10-25.
- [4] Gaćeša, S. (1979). *Tehnologija slada sa sirovinama za proizvodnju piva*, Poslovna zajednica industrije piva i slada Jugoslavije, Beograd.
- [5] Kearsley, M.W., Dziedzic, S.Z. (1995). The technology of starch production, In: *Handbook of starch hydrolysis products and their derivatives*, Publisher: Springer US, 1-25.
- [6] Kunze, W. (1998). *Technologie Brauer und Mälzer*, 8. aufgabe, VLB Berlin, Germany.
- [7] Grujić, O., Gaćeša, S. (1999). Application of hydrothermically treated barley in beer production, *Journal of the Institute of Brewing*, 105, 45-48.
- [8] Pejin, J. Grujić, O., Markov, S., Kocić-Tanackov, S., Tanackov, I., Čvetkovic, D., Djurendić, M. (2006). Application of GC/MS method using SPE columns for quantitative determination of diacetyl and 2,3-pentanedione during beer fermentation, *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 64, 52-60.
- [9] Taylor, J.R.N, Dlamini, B.C, and Kruger, J. (2013). The science of the tropical cereals sorghum, maize and rice in relation to lager beer brewing, *Journal of the Institute of Brewing*, 119:1-14.
- [10] Schnitzenbaumer, B., Arendt, E.K. (2014). Brewing with up 40% unmalted oats, *Journal of the Institute of Brewing*, 120: 315-330.
- [11] Mikyška, A., Hrabák, M., Hašková, D., Štrogl, J. (2002). The role of malt and hop polyphenols in beer quality, flavour and haze stability, *Journal of the Institute of Brewing*, 108, 78-85.
- [12] Wood, D., O'Rourke T. (1995). Glucose syrups in the fermentation industries, In: *Handbook of starch hydrolysis products and their derivatives*, Publisher: Springer US, 236-244.

Adresa autora: Ludajić Gordana, Profesor strukovni studija, Visoka tehnička škola strukovnih studija, Đorđa Stratimirovića 23, Zrenjanin.

e-mail: gordana.ludajic@vts-zr.edu.rs

Rad primljen: jul 2023.

Rad prihvaćen: septembar 2023.



МИЛОШ САВЧИЋ
(1865 – 1941)

Грађевински инжењер.

Пројектант и градитељ

пруга, индустријских објеката, фабрика,
велелепних зграда, читавих градских квартова.

Финансијски експерт, банкар и инвеститор.

Политичар и родољуб.

Градоначалник Београда и

Министар у Влади Србије.

Један од најбогатијих Срба свих времена.

СЕЗОНСКА МЕРЕЊА КОНЦЕНТРАЦИЈЕ РАДОНА У ВТШ СС ЗР

SEASONAL RADON CONCENTRATION MEASUREMENTS AT TCAS

IRIS BORJANOVIĆ¹
VALENTINA MLADENOVIĆ¹
MILADA NOVAKOVIĆ¹
TANJA SEKULIĆ¹

¹Висока техничка школа струковних студија у Зрењанину

РЕЗИМЕ

Радон је радиоактиван гас који има штетно дејство по здравље човека, па је пожељно контролисати концентрације радона у затвореним просторима. У току зиме 2023. у Високој техничкој школи струковних студија у Зрењанину рађена су вишемесечна мерења нивоа радона. Добијени резултати су представљени и дискутовани.

Кључне речи: концентрација радона, затворен простор, Airthings детектори

ABSTRACT

Radon is radioactive gas which is harmful for humans health, so checking its concentration level at closed spaces is advisable. During winter 2023. few months long measurements of radon levels were performed at Technical College of Applied Sciences in Zrenjanin. Measured results are shown and discussed.

Key words: radon concentration, closed spaces, Airthings detectors

1. УВОД

У временима у којима радон још није био је откривен, људи су приметили да, тада непозната, материја код рудара узрокује тешке плућне болести.

Радон је откривен одмах после радиоактивности 1900. године. Изучавања уранијумових рудника и простора у којима су високе концентрације радона настављена су до половине 20. века. Године 1988. радон је сврстан у карциногене. Данас су у току анализе утицаја нижих концентрација радона на људе.

Радон је инертан радиоактиван гас присутан у природи, који се чулима не може осетити пошто је без мириса, боје и укуса. На радон опада више од половине укупног јонизујућег зрачења присутног у природи. Он настаје распадом радијума, који је један од продуката распада урана. Изотопи радона у природи јесу ²²²Rn, ²²⁰Rn и ²¹⁹Rn, и они су радиоактивни. Најважнији су ²²²Rn и ²²⁰Rn [1]. Радон подлеже алфа распаду, а његови потомци такође имају лош утицај на здравље људи. Пошто има кратко време полураспада, радон је увек заједно са својим потомцима присутан у ваздуху. Из земље радон преко пукотина може да

доспе у атмосферу, као и у унутрашњост зграда и кућа. У затворене просторе радон ређе може да доспе и преко грађевинског материјала, воде или земног гаса. На отвореном нема опасности од радона, али у неким затвореним просторима може доћи до накупљања већих концентрација радона које су погубне по здравље човека. Радон је после пушења најчешћи узрочника рака плућа.

Ниво радона осцилује са променом временских услова [2] (температуре, притиска, влажности, падавина, ветрова) па се концентрација радона мења и у току дана али и са променом годишњих доба. На Високој техничкој школи струковних студија у Зрењанину (ВТШ СС ЗР) су у претходним студијама 2022. године рађена краткотрајна дводневна мерења нивоа радона током сва 4 годишња доба [3], [4], [5], да би се тестирало да ли су присутне потенцијалне локације са повећаним концентрацијама радона. Примећено је и да су зими концентрације радона највише. Пошто је пожељно је да мерења нивоа радона трају што дуже, током зиме 2023. рађене су нове анализе и дужа двомесечна мерења концентрације радона у собама у којима су, у претходно поменути мерењима, 2022. измерене највише концентрације радона. Добијени резултати описани су даље у тексту рада.

2. AIRTHINGS ДЕТЕКТОРИ

Мерења радона ^{222}Rn (доприноси ^{220}Rn су најчешће занемарљиви) у ВТШ СС ЗР рађена су детекторима марке Airthings, који су за унутрашњу намену. Коришћени су модели Correntium Home Radon Detector [6] (Слика 1, преузета са www.airthings.com) и View Plus Radon Detector [7] који имају исти принцип рада [8]. Пројектовали су их научници који су радили за ЦЕРН. Детектори су тестирани у неколико различитих светских лабораторија, а имају сертификат

Немачке федералне канцеларије за заштиту од зрачења.

Ови активни детектори су способни за континуална мерења концентрације радона од пар дана до годину дана, а базирани су на алфа спектрометријским мерењима. Сензор је калибрисан да детектује алфа честице помоћу фотодиоде. Развијен је алгоритам који спречава да друге честице направе лажне радонске догађаје. Прецизност мерења детектора за вредности концентрације радона од 200 Bq/m^3 износи 10% за седмодневна мерења, односно 5% за двомесечна мерења. Детектори су оперативни за влажност ваздуха испод 85% и температуре од 4°C до 40°C . Могу да детектују концентрације радона до 10000 Bq/m^3 (Correntium Home), односно 20000 Bq/m^3 (View Plus). Компактни су, лагани, једноставни за руковање и са релативно приступачном ценом. Напајају се преко батерија, а View Plus може и преко УСБ кабла.



Слика 1. Изглед Correntium Home Radon детектора.

View Plus је „паметан“ детектор, који се подешава преко апликације на мобилном телефону, тако да се резултати мерења могу пратити онлајн преко мобилног телефона или рачунара (Airthings Dashboard платформа). Такође, View Plus поред радона мери и друге параметре квалитета ваздуха (притисак, влажност, температуру, угљендиоксид, ситне честице загађења „PM2.5“, хемију изнутра која потиче од лакова, фарби, пластике „VOC“).

3. РЕЗУЛТАТИ МЕРЕЊА

Мерења су на Високој техничкој школи струковних студија у Зрењанину трајала два месеца током зиме 2023 године. Детектори су постављени у 4 просторије у подруму и приземљу Школе у којима је у претходним дводневним тестирањима током 2022. године измерен највиши ниво радона. Детектори су постављени на фиксна места на висини од 1 m, далеко од зидова, прозора, врата и извора грејања. Током мерења се у просторијама по потреби улазило и боравило. Такође, просторије су повремено и луфтиране, пошто су се у њима свакодневне активности нормално одвијале. Резултати мерења приказани су у Табели 1. Аутори су проценили да је грешка мерења 5%.

Табела 1. Резултати двомесечних мерења концентрације радона током зиме 2023. године у ВТШ СС у Зрењанину.

Просторија	Концентрација радона (Bq/m ³)
Подрум, магацин рачунари	28
Приземље, библиотека	39
Приземље, креативни студио	46
Приземље, канцеларија 138	51

Највиша измерена средња концентрација радона у згради Школе износила је 51 Bq/m³, а средња вредност је била 41 Bq/m³. Ове вредности су биле нешто ниже од вредности добијених током дводневних мерења у Школи 2022., што је и било за очекивати пошто ниво радона осцилује, а дужа мерења генерално јесу поузданија.

4. ЗАКЉУЧАК

Домаћа законска регулатива [9], [10] предвиђа вредности концентрације радона од 400 Bq/m³ као интервентни ниво за старе зграде, односно 200 Bq/m³ за нове зграде. Светска здравствена организација саветује средње годишње вредности концентрације радона испод 100 Bq/m³ у затвореном простору.

Краткотрајна вишедневна и вишенедељна мерења служе за идентификовање потенцијалних места са повишеним нивоом радона, а дужа вишемесечна слика служе за потребе процене ризика од излагања радону и у ту категорију спадају описане анализе.

Измерене вредности концентрације радона у току двомесечних зимских мерења у ВТШ СС у Зрењанину су релативно ниске и испод прописаних законских граница, тако да је за студенате и запослене безбедно да студирају и раде у просторијама Школе. У Школи је довољно спроводити редовна дневна луфтирања, што се тиче мера елиминације радона. Нема никакве потребе за ремедијацијом објекта.

Планира се да се током 2023. и 2024. ураде годишња мерења концентрације радона у згради Школе користећи истовремено са Airthings детекторима још два типа радон детектора (угљене канистре и CR39 траг детекторе). Ова мерења ће се изводити у сарадњи са Лабораторијом за заштиту од зрачења и заштиту животне средине Института за нуклеарне науке „Винча“.

5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Sources and effects of ionizing radiation, Annex B, UNSCEAR 2008 report to the General Assembly with Scientific annexes, United Nations, New York, USA, 2010.
http://www.unscear.org/docs/reports/2008/09-86753_Report_2008_Annex_B.pdf
- [2] Sources and effects of ionizing radiation, vol. 1, UNSCEAR Report (A/55/46), United Nations, New York, USA, 2000.
http://www.unscear.org/docs/publications/2000/UNSCEAR_2000_Report_Vol_1.pdf
- [3] I. Borjanovic, L. Manojlovic, M. Kovacevic, Seasonal measurements of radon concentration level in the period of spring at the Technical College of Applied Sciences in Zrenjanin, Book of Abstracts, 10th Jubilee International Conference on Radiation in Various Fields of Research RAD2022-summer edition , pp 124, RAD Centre Niš, 2022.,
<https://doi.org/10.21175/rad.sum.abstr.book.2022.31.1>
- [4] I. Borjanovic, A. Rajic, Z. Eremic, Seasonal Measurements of Indoor Radon Concentration Level in the Period of Summer at Technical College of Applied Sciences in Zrenjanin, Book of abstracts, The 11th International Conference of the Balcan Physical Union (BPU11), pp. 32, 2022.
- [5] И. Борјановић, М. Рајачић, И. Вуканац, Јесења мерења нивоа радона у Високој техничкој школи струковних студија у Зрењанину, Научно-стручни часопис ДИТ, бр. 39, Друштво инжењера Зрењанин, Зрењанин, 2023.
- [6] Correntium Home Radon Detector User Manual, Airthings, Oslo, Norway, 2022.
<https://cdn2.hubspot.net/hubfs/4406702/Website/Manuals/Home/1-043-Correntium-Home-manual-60x77.pdf>
- [7] View Plus Radon Detector User Manual, Airthings, Oslo, Norway, 2022. <https://www.airthings.com/view-series-manual>
- [8] How we make the Correntium Home Radon Detector User Manual, Airthings, Oslo, Norway, 2022.
<https://www.airthings.com/resources/radon-detector>
- [9] Закон о радијационој и нуклеарној сигурности и безбедности (Сл. гл. РС бр. 95/18 и Сл. гл. РС бр. 10/19)
- [10] Правилник о границама излагања јонизујућим зрачењима и мерењима ради процене нивоа излагања јонизујућим зрачењима (Сл. гл. РС 86/11 и Сл. гл. РС 50/18)

Адреса аутора: Ирис Борјановић, Висока техничка школа струковних студија у Зрењанину, Борђа Стратимировића 23, Зрењанин, Република Србија.

е-маил: iris@ipb.ac.rs

Рад примљен: јул 2023.

Рад прихваћен: септембар 2023.

PROCENA VELIČINE ČESTICA I BOJE SEMOLINE

EVALUATION PARTICLE SIZE AND COLOUR OF SEMOLINA

MILANA DRAŠKOVIĆ¹

ŽELJKO EREMIĆ¹

DANIJELA JAŠIN¹

¹Visoka tehnička škola strukovnih studija u Zrenjaninu

REZIME

Granulometrijski sastav durum krupice predstavlja raspodelu čestica krupice po veličini. Za prosejavanje durum krupice korišćen je slog sita : 350 μm ; 250 μm ; 212 μm ; 180 μm ; 150 μm , i prosejavano je 10 minuta. Uzorci durum krupica su sadržali (65,40%-51,45%) čestica > 250 μm u 2012., za iste uzorke u 2013. ostvarene su veće vrednosti (72,17-52,04).Svetlo žuta boja igra veoma važnu ulogu za kvalitet krupice-semoline. Proizvođači testenina zahtevaju žutu boju u testeninama i semolini. Boja durum krupice je određena korišćenjem Conica Minolta Chroma Meter CR-400. Očitavanja boje izražena su CIE sistemom boja sa L * (svetloća), a * (crveno-zelena) i b * (žuto-plava). Primenjeni su uzorci krupice sa sličnom veličinom čestica, jer razlike u veličini čestica imaju značajan uticaj na očitavanja boje. Parametri boje semoline pokazali su širok raspon vrednosti između genotipova, za b * i L. Svetloća semoline je prosečno ~ 84,3, sa nekim varijacijama između genotipova. Najvažnija mera je b *, jer to određuje konačnu žutu boju durum proizvoda. Rezultati žutoće su bili niži od tipičnih za ove genotipove (b * 15,4–22,2), sa varijacijama između genotipova, to može biti zbog količine karotenoidnog pigmenta.

Ključne reči: Semolina, raspodela čestica, žuta boja, testenina

ABSTRACT

The granulometric composition of durum semolina represents the distribution of semolina particles by size. For sieving durum semolina, following sets of sieves was used: 350 μm ; 250 μm ; 212 μm ; 180 μm ; 150 μm , and sieved for 10 minutes. Durum semolina samples contained (65.40%-51.45%) particles > 250 μm in 2012, for the same samples in 2013 higher values were achieved (72.17-52.04).The bright yellow colour plays a very important role for semolina quality. Pasta makers require high yellowness in their pasta and semolina. Durum semolina colour was determined using Conica Minolta Chroma Meter CR-400. Colour readings are expressed on the CIE colour space system for L* (lightness), a* (red-green)and b* (yellow-blue). Semolina samples with similar particle size distributions were used because differences in particle size have a significant effect on colour readings. Semolina colour parameters showed a wide range in values between genotypes, for b* and L*. Semolina brightness averaged ~ 84.3, with some variation between genotypes. The most important measure is b*, as this determines the final yellowness of durum products.

Yellowness scores were lower than typically for these genotypes (b*15,4-22,2), with variation between genotypes, this can be due to the amount of carotenoid pigment.

Key words: Semolina, particles size, yellow colour, pasta.

1. UVOD

Struktura i boja čestica durum krupice su sorte osobine. Struktura čestica je staklava i ima veliku mehaničku otpornost što pogoduje proizvodnji testenina. Određeni granulacioni sastav čestica durum krupice je jedan od osnovnih zahteva koje treba da ispunjava krupica i krupičavo brašno. Za proizvodnju kvalitetne testenine koriste se čestice promera 0,17 – 0,75 mm. Prema italijanskim standardima krupica za proizvodnju testenina svrstava se u 4 grupe. Prva grupa pod nazivom semola No2 je sa promerom čestica 0,40 – 0,75 mm. Druga grupa pod nazivom semola No3 sa promerom čestica od 0,25 – 0,75 mm. Treća grupa je sa nazivom semolina No1 sa promerom 0,17 – 0,32 mm. Četvrtu grupu pod nazivom semolina, čine brašna sa promerom čestica ispod 0,17 mm (za proizvodnju kratke testenine). Značaj krupnoće čestica se ogleda u različitoj apsorpciji vode i kvalitetu gotovih proizvoda. Krupnije čestice zbog smanjene ukupne površine, apsorbuju manju količinu vode kod iste konzistencije testa, što u mnogome olakšava proces sušenja. Veliki udeo sitnih čestica negativno utiče na boju, površnu i strukturu proizvedene testenine.

Boja durum krupice – semoline potiče od količine prisutnih karotenoidnih pigmenta. Od boje krupice zavisi i boja testenine što je jedan od najvažnijih parametara pri proceni njenog kvaliteta. Boja čestica se kreće od krem do bele sa sivkastom nijansom. Na boju krupice utiče i granulacioni sastav. Krupne čestice imaju krem a sitne belu boju sa sivkastom nijansom. Od boje brašna zavisi i boja testenina s tim, što je u gotovim proizvodima boja još naglašenija [1,2]. Prisustvo čestica usitnjenog omotača štetno utiče na kvalitet i kviri izgled testenine, pa je ograničen. Prisustvo čestica usitnjenog

korovskog semena je nepoželjno jer utiče na ukus i miris testenina kao i na druge organoleptičke osobine [3]. Postoji pozitivna korelacija između žute boje semolina i kvaliteta testenine.

2. MATERIJAL I METODE RADA

Genetski materijal korišćen u ovom istraživanju obuhvatio je 14 genotipova durum pšenice, ozimog i fakultativnog tipa, dobijenih od Banke gena Instituta za kukuruz u Zemun Polju, Beograd, Srbija. Linije durum pšenice proizvedene su na istom lokalitetu (Zemun Polje (ZP) (44°52' geografske širine; 20°19' geografske dužine) i 88 m nadmorske visine, tokom dve proizvodne godine (2012 i 2013).

Podaci o klimatskim uslovima koji su vladali tokom vegetacionog perioda maj-jun na oglednim poljima dobijeni su od Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije (RHMZ) [4]. Godinu 2012 karakterisao je duži toplotni stres u junu, a 2013. godinu veća ukupna količina padavina, za 50% veća u maju i više od dva puta veća u junu.

2.1. LABORATORIJSKO MLEVENJE DURUM PŠENICE

Očišćeni uzorci durum pšenice (3 kg) nakvašeni su do 16,5% vlage, i ostavljeni da odleže 24 časa (AACC 26-31), [5] a potom su samleveni na Quadrumat Senior laboratorijskom mlinu (Brabender, Duisburg, Germany). Prinos krupice je izražen u odnosu na ukupnu količinu durum pšenice računato na sadržaj vlage 16,5%.



Slika 1. Uzorci durum krupca- semolina

2.2. ODREĐIVANJE VELIČINE ČESTICA SEMOLINE METODOM PROSEJAVANJA

Prosejavanjem uzoraka durum krupica kroz slog sita sa različitim otvorima određuje se veličina čestica, tako da je krupnoća čestica definisana veličinom otvora sita, na kome su se zadržale, odnosno, kroz koje su čestice propale. Odmeri se 100 g uzorka i sipa u sito sa najvećim otvorima. Sita u slogu su poređana tako da se otvori smanjuju od gornjeg prema poslednjem situ. Na svaki ram postavljaju se 2-3 gumene kuglice koje služe za čišćenje sita u radu. Ispod poslednjeg sita postavi se metalno dno. Sejanje traje 5-15 minuta. Po isteku tog vremena meri se masa svakog sita sa zaostalim brašnom i kuglicama i masa dna sa brašnom. Svako sito i kuglice se očiste četkom i izmeri se njihova masa. Za prosejavanje durum krupice korišćen je slog sita sa sledećim otvorima: 350 μm ; 250 μm ; 212 μm ; 180 μm ; 150 μm , i prosejavano je 10 minuta [6]. Prema Pravilniku o kvalitetu žita, mlinskih i pekarskih proizvoda, testenina i brzo smrznutih testa [7], pšenična krupica je proizvod koji sadrži više od 80% čestica većih od 250 μm .

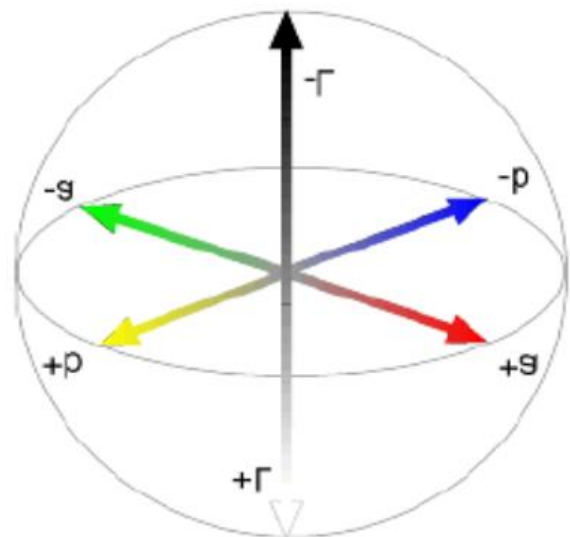
2.3. ODREĐIVANJE BOJE SEMOLINE

Boja uzoraka durum krupica je direktno izmerena pomoću Konica Minolta Chroma Meter-a CR-400 (Minolta Co, Ltd, Osaka Japan) (Slika 2), korišćenjem nastavka za granulirane materijale CR-A50. CIE L^*

(svetloća), CIE a^* (crveno-zelena) i CIE b^* (žuto-plavo) su očitani korišćenjem izvora svetlosti D-65 i ugla posmatrača od 2° . Tri stimulusne vrednosti CIE L^* , a^* i b^* očitavanja su kalibrisane naspram standardne bele ploče [8], (Slika 3). Svaki uzorak je izmeren tri puta.



Slika 2. Konica Minolta Chroma Meter CR-400



Slika 3. Model CIE $L^*a^*b^*$ sistem boja

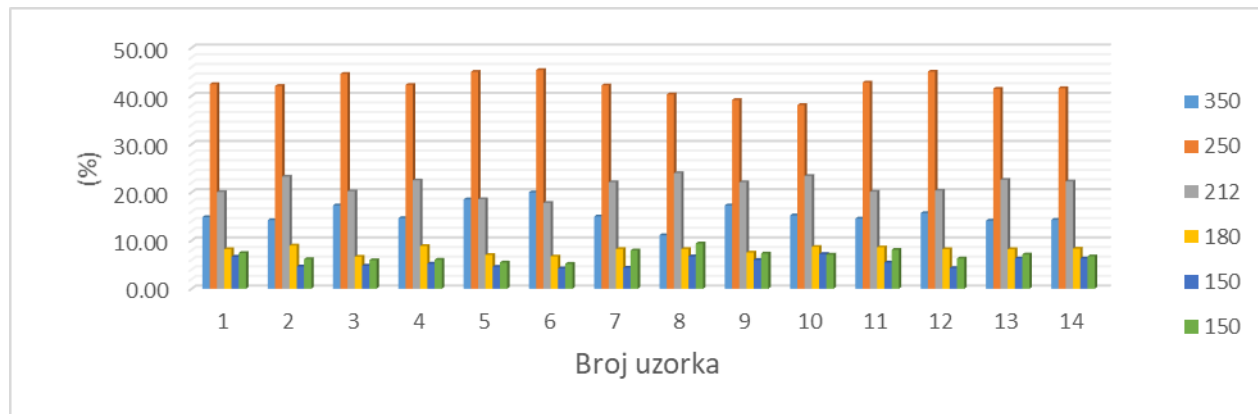
3. REZULTATI I DISKUSIJA

Granulometrijski sastav durum krupice predstavlja raspodelu čestica krupice po veličini. U zavisnosti od veličine čestica krupice sadrže određenu količinu skroba i proteina što se odražava na specifične fizičke karakteristike testa. Od stepena usitnjenosti zrna durum pšenice zavisi specifična površina čestica, količina oštećenih čestica i moć upijanja vode. Što su čestice krupice sitnije veća je moć upijanja vode. Tabele 1 i 2 ilustruju da uzorci durum krupica sadrže

između najmanje 51,45% (uzorak 8) i najviše 65,40% (uzorak 6) čestica većih od 250 μm u 2012. godini. Za iste uzorke u 2013. godini ostvarene su veće vrednosti 52,04% (uzorak 8) i 72,17 (uzorak 6) čestica većih od 250 μm . Ispitujući genotipove sirijskih durum pšenica dobili su slične vrednosti (60,2%-57,7%) čestica većih od 250 μm [9]. Granulometrijski sastav semiline za 2012. i 2013. predstavljen je histogramski na grafikonu 1 i 2.

Tabela 1: Granulometrijska analiza semolina iz 2012.godine

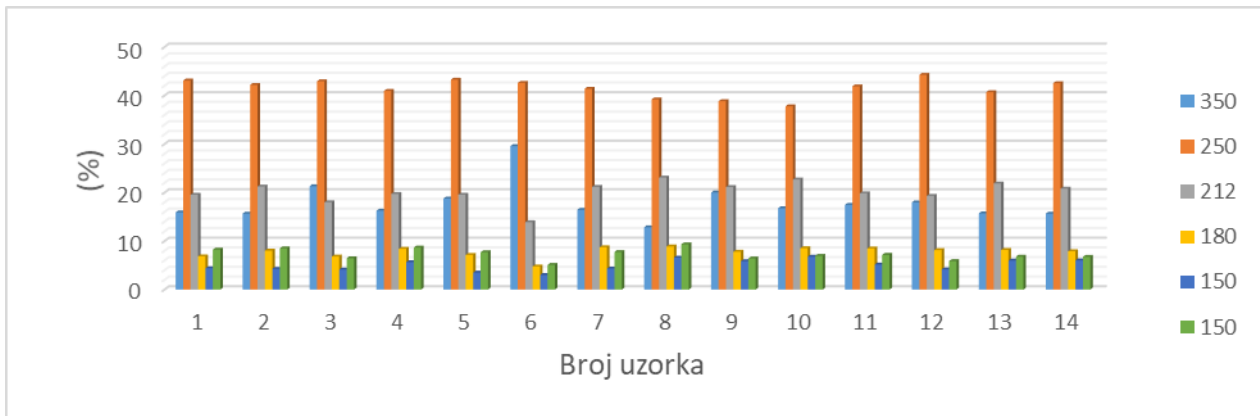
Dijametar μm	širina otvora sita mm	uzorci durum krupice 2012.													
		%													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
>350	350	14,87	14,25	17,30	14,67	18,56	20,00	15,02	11,12	17,30	15,24	14,56	15,71	14,15	14,30
350-250	250	42,45	42,09	44,58	42,31	45,01	45,40	42,21	40,33	39,16	38,13	42,81	45,05	41,50	41,64
250-212	212	20,08	23,29	20,23	22,50	18,60	17,82	22,11	24,00	22,11	23,41	20,16	20,37	22,62	22,28
212-180	180	8,22	8,98	6,65	8,88	7,01	6,71	8,24	8,25	7,52	8,70	8,60	8,22	8,23	8,32
180-150	150	6,65	4,63	4,79	5,23	4,58	4,22	4,38	6,72	6,00	7,21	5,47	4,31	6,31	6,28
propad	150	7,42	6,15	5,93	6,03	5,46	5,20	7,96	9,41	7,32	7,10	8,09	6,28	7,12	6,74



Grafikon 1. Granulometrijski sastav semoline iz 2012.

Tabela 2: Granulometrijska analiza uzoraka semolina iz 2013 godine

Dijametar μm	širina otvora sita mm	uzorci durum krupice 2013.													
		%													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
>350	350	15,90	15,66	21,31	16,27	18,76	29,57	16,45	12,84	20,00	16,77	17,47	17,96	15,72	15,64
350-250	250	43,09	42,18	42,94	40,97	43,28	42,60	41,40	39,20	38,84	37,77	41,89	44,28	40,70	42,55
250-212	212	19,56	21,23	17,99	19,72	19,56	13,88	21,18	23,08	21,14	22,70	19,85	19,32	21,88	20,81
212-180	180	6,85	8,02	6,81	8,40	7,14	4,76	8,72	8,88	7,81	8,54	8,46	8,12	8,16	7,89
180-150	150	4,40	4,28	4,13	5,64	3,51	3,00	4,32	6,59	5,86	6,78	5,16	4,18	5,99	6,03
propad	150	8,25	8,49	6,46	8,65	7,69	5,10	7,75	9,33	6,41	6,94	7,16	5,87	6,79	6,74



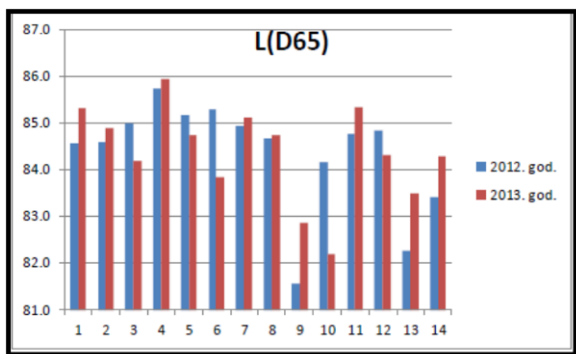
Grafikon 2. Granulometrijski sastav semoline iz 2013.

Pokazatelji boje krupica pojedinačnih genotipova durum pšenice u dve proizvodne godine prikazani su u tabeli 3. Dobijene vrednosti ukazuju da je boja duruma

u kišnoj 2013-oj godini svetlija, sa većim udelom crvenog i žutog tona, u odnosu na sušnu toplu 2012. godinu (Grafikon 3, 4 i 5).

Tabela 3: Vrednosti za boju semoline u dve proizvodne godine

Uzorak	godina	L* (D65)	a* (D65)	b* (D65)	C* (D65)	h (D65)	Dominant Wavelength (D65)	X(D65)	Y(D65)	Z(D65)	x(D65)	y(D65)
1	2012	84.6	-2.09	21.37	21.47	95.58	574.53	61.06	65.18	47.83	0.3508	0.374
2	2012	84.6	-1.2	19.8	19.8	93.5	575.2	61.5	65.2	49.4	0.3490	0.370
3	2012	85.0	-1.5	19.0	19.0	94.4	574.9	62.1	66.0	50.8	0.3470	0.369
4	2012	85.7	-2.2	20.7	20.8	96.1	574.4	63.2	67.5	50.4	0.3489	0.373
5	2012	85.2	-1.4	18.4	18.5	94.4	574.9	62.4	66.3	51.7	0.3460	0.368
6	2012	85.3	-1.0	15.4	15.5	93.6	575.2	62.9	66.6	54.9	0.3410	0.361
7	2012	84.9	-0.9	16.0	16.1	93.3	575.2	62.2	65.9	53.7	0.3422	0.362
8	2012	84.7	-1.6	20.0	20.1	94.4	574.9	61.5	65.4	49.3	0.3490	0.371
9	2012	81.6	-0.7	18.6	18.7	92.0	575.6	56.3	59.5	45.5	0.3489	0.369
10	2012	84.2	-1.2	17.8	17.9	94.0	575.0	60.7	64.4	50.5	0.3455	0.367
11	2012	84.8	-1.6	19.5	19.5	94.8	574.8	61.6	65.5	50.0	0.3478	0.370
12	2012	84.8	-1.5	19.7	19.8	94.3	574.9	61.8	65.7	49.8	0.3485	0.371
13	2012	82.3	0.0	16.4	16.4	90.1	576.1	57.8	60.8	48.8	0.3453	0.363
14	2012	83.4	-0.5	16.0	16.1	91.8	575.7	59.6	63.0	51.1	0.3434	0.363
1	2013	85.3	-2.3	21.9	22.1	96.0	574.4	62.3	66.6	48.5	0.3512	0.375
2	2013	84.9	-1.8	20.7	20.8	95.0	574.7	61.7	65.8	49.0	0.3498	0.373
3	2013	84.2	-1.4	19.8	19.8	94.1	575.0	60.7	64.5	48.7	0.3490	0.371
4	2013	85.9	-2.2	20.7	20.8	96.0	574.4	63.6	67.9	50.8	0.3488	0.373
5	2013	84.7	-1.6	20.3	20.4	94.5	574.9	61.6	65.5	49.1	0.3495	0.372
6	2013	83.8	-1.8	21.1	21.2	94.8	574.8	59.8	63.8	46.9	0.3510	0.374
7	2013	85.1	-1.0	16.8	16.9	93.4	575.2	62.5	66.2	53.2	0.3436	0.364
8	2013	84.7	-1.9	21.1	21.2	95.2	574.7	61.4	65.5	48.4	0.3504	0.374
9	2013	82.9	-0.6	16.7	16.7	92.1	575.6	58.6	61.9	49.5	0.3446	0.364
10	2013	82.2	-0.7	19.0	19.0	92.2	575.5	57.3	60.6	46.2	0.3492	0.369
11	2013	85.3	-2.1	20.8	20.9	95.8	574.5	62.5	66.7	49.6	0.3494	0.373
12	2013	84.3	-1.7	22.2	22.3	94.4	574.9	60.7	64.7	46.6	0.3531	0.376
13	2013	83.5	-0.9	17.9	18.0	92.8	575.4	59.6	63.1	49.3	0.3465	0.367
14	2013	84.3	-1.1	17.8	17.8	93.4	575.2	61.0	64.6	50.8	0.3456	0.366



Grafikon 3. Svetloća uzoraka semoline iz dve proizvodne godine 2012 i 2013

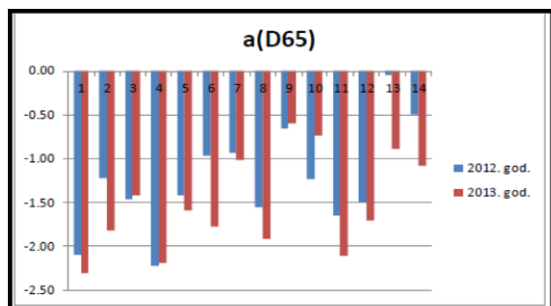
Primenom ANOVA na dobijene podatke zaključuje se sa pragom značajnosti 0,05 da ne postaje značajna razlika u svetloći uzoraka krupice za 2012. i 2013. ($0,035761 \leq p$).

Uticaj godine je najizraženiji kod uzoraka 6, 9, 10 i 13. Najsvetliju boju imao je uzorak 4 u obe proizvodne godine. Ne postoji značajna razlika u odstupanju u svetloći među uzorcima u 2012. (CV=1,379647) niti u 2013. (CV=1,037344). Manje je odstupanje u svetloći među uzorcima iz 2013. godine (Tabela 4).

Tabela 4: Jednofaktorska analiza varijanse (komponente varijanse-svetloća zrna)

ANOVA						
Grupe	Broj	Suma kvadrata	Prosečna vrednost	Varijansa		
2012.	14	1180,977	84,35548	1,379647		
2013.	14	1181,24	84,37429	1,037344		
ANOVA						
Izvor variranja	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Između grupa	0,002477	1	0,002477	0,002049	0,964239	4,225201
Unutar grupa	31,42089	26	1,208496			
Ukupno	31,42337	27				

P<0,05, df=stepen slobode, SS=suma kvadrata, MS=srednja kvadrata, F= vrednost



Grafikon 4. Udeo crvenog tona uzoraka semoline iz dve proizvodne godine

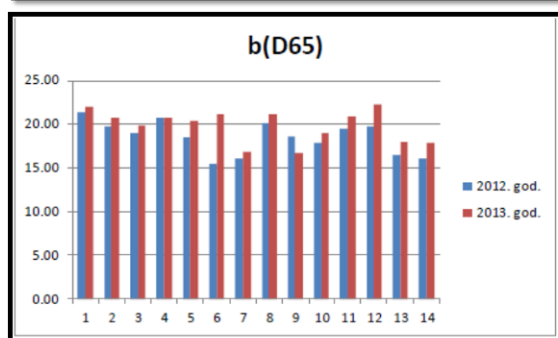
Svi uzorci semoline su pokazali veci udeo crvenog tona u kišnoj 2013. godini,

mada ne postoji značajna razlika u odstupanju u udelu crvenog tona među uzorcima u 2012. (CV=0,354001), niti u 2013. (0,31424), (Tabela 5).

Tabela 5: Jednofaktorska analiza varijanse (komponente varijanse-udeo crvenog tona semoline)

ANOVA						
Grupe	Broj	Suma kvadrata	Prosečna vrednost	Varijansa		
2012	14	-17,4267	-1,24476	0,354001		
2013	14	-21,1233	-1,50881	0,31424		
ANOVA						
Izvor variranja	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Između grupa	0,488048	1	0,488048	1,460693	0,237697	4,225201
Unutar grupa	8,68714	26	0,334121			
Ukupno	9,175188	27				

P<0,05, df=stepen slobode, SS=suma kvadrata, MS=srednja kvadrata, F= vrednost



Grafikon 5. Udeo žutog tona uzoraka semoline iz dve proizvodne godine

Posebno za kvalitet semoline je značajan visok udeo žutog tona, koji je veći u kišnoj godini. Uzorci 1,2,4,6,11 i 12 imaju b* vrednosti veće od 20. Ne postoji značajna razlika u odstupanju u udelu žutog tona među uzorcima u 2012. (CV=3,536719), niti u 2013. (3,346409), (Tabela 6). Do sličnih rezultata su došli ispitujući tehnološki kvalitet bugarskih ozimih sorti durum pšenice [10], kao i ispitujući boju durum krupice kao sirovine za proizvodnju testenine [11].

Tabela 6: Jednofaktorska analiza varijanse (komponente varijanse-udeo žutog tona semolina)

ANOVA						
Grupe	Broj	Suma kvadrata	Prosečna vrednost	Varijansa		
2012	14	258,8667	18,49048	3,536719		
2013.	14	276,8367	19,77405	3,346409		
ANOVA						
Izvor variranja	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Između grupa	11,53289	1	11,53289	3,35106	0,078648	4,225201
Unutar grupa	89,48067	26	3,441564			
Ukupno	101,0136	27				

P<0,05, df=stepen slobode, SS=suma kvadrata, MS=srednja kvadrata, F= vrednost

4. ZAKLJUČAK

Rezultati granulometrijske analize uzoraka durum krupica su pokazali da ispitivani uzorci krupica sadrže najmanje 51,45% (uzorak 8) i najviše 65,40% (uzorak 6) čestica većih od 250 µm u 2012. godini. Isti uzorci su ostvarili procentualno veće vrednosti u 2013. godini, 52,04 (uzorak 8) i 72,17% (uzorak 6).

Boja je prvi parametar koji potrošač doživljava, i igra veoma važnu ulogu u opštoj percepciji proizvoda. Jarko žuta boja je jedan od poželjnih atributa za kvalitet testenina.

Analiza dobijenih vrednosti boje uzoraka durum krupica, ukazuje da je boja u kišnoj 2013. godini svetlija sa većim udelom crvenog i žutog tona u odnosu na 2012. godinu koja je u periodu maj-juni bila toplija sa malo padavina.

5. LITERATURA

- [1] Žeželj M., Tehnologija žita i brašna, knjiga I, poznavanje čuvanje i prerada žita, Tehnološki fakultet u Novom Sadu, Zavod za tehnologiju žita i brašna, Novi Sad, 1995.
- [2] Drašković M., Boja semoline, Zbornik radova, Osmi naučno stručni skup PIM, Visoka tehnička škola strukovnih studija u Zrenjaninu, Zrenjanin, str. 215-222, 2019.
- [3] Bejarević G., Tehnologija proizvodnje testenina, Novi Sad, Tiski cvet, 2001.
- [4] RHSS. Republic Hydrometeorological Service of Serbia.
<http://www.hidmet.gov.rs>
- [5] AACC, Approved Methods, American Association of Cereal Chemists, Standard No. 26-10.02. Experimental Milling: Introduction, Equipment, Sample Preparation, and Tempering. Reapproval November 3, 1999.
- [6] Kaluđerski G., Filipović N., Metode ispitivanja kvaliteta žita, brašna i gotovih proizvoda, Tehnološki fakultet u Novom Sadu, Zavod za tehnologiju žita i brašna, Novi Sad, 1998.
- [7] Pravilnik o kvalitetu žita, mlinskih i pekarskih proizvoda i testenina (Službeni glasnik RS”, br. 68/16 i 56/18)
- [8] CIE, Internacional Commssion on illumination, Colorimetry. Official Recommendation of the International Commission on Illumination. Publication CIE No. (E-1.31) Bureau Central de la CIE, Paris, France, 1976.
- [9] Samaan J., Ghassan H. El-Khayat, Frank A. Manthey, Mick P. Fuller & Charles S. Brennan, The relationship of kernel physicochemical composition to semolina quality and end product utilisation International Journal of Food Science and Technology, 41 (Supplement 2), 47–55, 2006.
- [10] Petrova, I, End-use quality of Bulgarian durum wheat. Bulg. J. Agric. Sci., 13: 161-169, 2007.
- [11] Filipović N., Šoronja simović D., Pribiš V., Boja testenine, PTEP, vol.9, br5, str.123-126, 2005.

Adresa autora: Drašković Milana, Profesor strukovnih studija, Visoka tehnička škola strukovnih studija u Zrenjaninu, Đorđa Stratimirovića 23, Zrenjanin
e-mail: draskovic.milana@gmail.com
Rad primljen: jul 2023.
Rad prihvaćen: septembar 2023.



МИЛОШ САВЧИЋ
(1865 – 1941)

Грађевински инжењер.

Пројектант и градитељ

пруга, индустријских објеката, фабрика,
велелепних зграда, читавих градских квартова.

Финансијски експерт, банкар и инвеститор.

Политичар и родољуб.

Градоначалник Београда и

Министар у Влади Србије.

Један од најбогатијих Срба свих времена.

ДОПРИНОС ОДРЕЂИВАЊУ БЕЗОПАСНОГ РАСТОЈАЊА ПРИ ИЗВОЂЕЊУ МИНИРАЊА

CONTRIBUTION TO THE DETERMINATION OF HARMLESS DISTANCES WHEN PERFORMING BLASTING

SLOBODAN TRAJKOVIĆ¹

SANJA VAJIĆ¹

IVAN KRSMANOVIĆ²

¹Рударско – геолошки факултет у Београду

²Трајал - Крушевац

РЕЗИМЕ

У раду је обрађена проблематика везана за утврђивање безопасног растојања са посебним освртом на негативне ефекте који прате минерске радове. Један од тих негативних ефеката везан је за потресе настале извођењем минирања. Из тих разлога извршена су одговарајућа мерења на ПК „Камалј” код Мионице у циљу заштите околних грађевинских објеката код утврђивања безопасног растојања и максималне количине експлозива која се може активирати а да нема оштећења на грађевинским објектима.

Кључне речи: минирање, експлозија, потреси од минирања.

ABSTRACT

This paper elaborates the problems connected with establishment of a safety distance paying a particular attention to unfavorable effects occurring during blasting. One of these unfavorable effects refers to seismic activity caused by blasting operations. Accordingly, the adequate instrumental measurements were carried out at the facility „Kamalj” – near Mionica mine with the aim to protect the surrounding building facilities when establishing the safety distance and the maximum quantity of explosive that may be initiated without damaging the surrounding building facilities.

Key words: blasting, explosion, blasting vibrations.

1. УВОД

Код извођења минирања појављују се негативни ефекти као што су: сеизмичко дејство, звучни ефекти, дејство ваздушног таласа, разбацивање комада стенске масе, појава гасова и др. Из ових разлога неопходно је њихово изучавање и свођење на границе дозвољених, тим пре што у Србији још увек не постоје

одговарајући прописи (за већину ових ефеката) који би регулисали ову област, већ се сваки случај појединачно решава и користе се инострани прописи и норме.

Еластичне деформације проузроковане дејством експлозивних пуњења представљају осцилаторни процес, односно сеизмичко дејство минирања. Настале еластичне деформације простиру се у виду

еластичних таласа радијално од места експлозије.

Интензитет сеизмичког дејства може се установити мерењем једног од основних динамичких параметара побуђене средине, и то: *брзине осциловања (v), убрзања (a) или померања тла (x)*. Остваривање везе између ових параметара могуће је утврђивањем једног параметра путем одговарајућег мерења, што омогућава да се други параметри могу одредити рачунском путем. Један од најчешћих параметара који се користи за оцену сеизмичког интензитета је брзина осциловања побуђеног тла (V). Максимална резултујућа брзина осциловања тла (V_{max}) добија се као интензитет вектора компоненти у правцима X, Y и Z-осе, према формули [4,5]:

$$V_{max} = \sqrt{V_v^2 + V_t^2 + V_l^2} \text{ (mm/s) (1.1.)}$$

где је:

V_v – вертикална компонента брзине осциловања тла (mm/s),

V_t – попречна компонента брзине осциловања тла (mm/s),

V_l – уздужна компонента брзине осциловања тла (mm/s).

Избор параметра за оцену сеизмичког дејства минирања у зависности је од избора критеријума на основу којих ће се вршити оцена угрожености.

**Критеријум IFZ Академије наука Русије* – Један од најчешће коришћених критеријума за оцену интензитета потреса од минирања, је Руска сеизмичка скала установљена у Институту Физики Земљи Академији Наука Русије. Руска скала (табела 1.1.) је описног типа типа, а односи се на брзину осциловања честица тла и степен сеизмичког интензитета и дата је у виду XII сеизмичких степени.

Табела 1.1. Руска сеизмичка скала

Брзина осциловања тла, v (mm/s)	Степен интензитета, I	Опис дејства
до 2,0	I	Дејство се осећа само инструментално
2,0÷4,0	II	Дејство се осећа само у неким случајевима када је потпуна тишина
4,0÷8,0	III	Дејство осећа врло мали број људи, или само они који га очекују
8,0÷15,0	IV	Ефекат осећају многи људи, чује се звекет прозорског стакла
15,0÷30,0	V	Осипање малтера, оштећења на зградама у слабом стању
30,00÷60,0	VI	Појава финих прелина у малтеру, оштећења зграда које већ имају развијене деформације
60,0÷120,0	VII	Оштећење на зградама у добром стању, пукотине у малтеру, делови малтера опадају, fine прелине у зидовима, пукотине на зиданим пећима, рушење димњака
120,0÷240,0	VIII	Знатне деформације грађевина, пукотине у носећој конструкцији и зидовима, веће пукотине у преградним зидовима, падање фабричких димњака, падање плафона.
240,0÷480,0	IX	Рушење грађевина, веће пукотине у зидовима, раслојавање зидова, обрушавање неких делова зидова
Веће од 480,0	X ÷ XII	Већа разарања, стрпоштавање читавих конструкција итд.

Оштећења на објектима, као што се види из табеле 1.1, настају ако брзина осциловања услед минирања премаши IV-ти степен сеизмичке скале. За процену сеизмичког дејства минирања на грађевинске објекте, потребно је узети у обзир стање објеката, карактеристике тла, као и број и начин извођења минирања.

**Критеријуми у СР Немачкој* – Прописане су максималне дозвољене вредности брзине осциловања тла, у зависности од значаја и стања објеката, за фреквентни опсег од 5 до 100 Hz. Максималне дозвољене брзине осциловања тла према DIN-4150 дате су у табели 1.2.

Табела 1.2. Дозвољене брзине осциловања тла по DIN-4150

Ред	Врста објекта	Оријентационе вредности за брзину вибрација (v) у mm/s			
		Г е м е љ			Таванице највишег спрата
		Фреквенција, Hz			
		< 10	10 - 50	50 - 100	
1.	Објекти који се користе за занатство, индустријски и слични структурни објекти	20,0	20,0 – 40,0	40,0 – 50,0	40,0
2.	Стамбене зграде и по конструкцији или намени слични објекти	5,0	5,0 – 15,0	15,0 – 20,0	15,0
3.	Објекти који због своје посебне осетљивости на вибрације не припадају онима из групе 1 и 2 и који су посебно важни за очување (нпр. као културно-историјски споменици)	3,0	3,0 – 8,0	8,0 – 10,0	8,0

2.0. УСЛОВИ ИЗВОЂЕЊА МИНИРАЊА И МЕРЕЊА

♣ **Локација лежишта** – Лежиште кречњака „Камал” налази се у с. Попадић, јужно од Мионице на око 7 км и административно припада општини Мионица.

♣ **Геолошке карактеристике лежишта** – Банковити тамносиви кречњаци констатовани су на нижим деловима отворених профила старих етажа и у дубљим деловима истражних бушотина. Преко њих, у вишим хоризонтима су издвојени масивни ретко банковити, доста испуцали сиви до светлосиви кречњаци. Основна боја кречњака, варира од тамносиве, у подинском делу до сиве у вишим деловима масива. У кречњацима је уочљива промена боје као последица епигенетске колоризације у светло сиве, црвене и чак челично сиве нијансе. Различите боје кречњака вероватно су изазване егзогеним приносом компоненти

гвожђа дуж пукотинско-прслинских система и равни слојевитости. Према структурним и текстурним карактеристикама у стенској маси превлађују микросталасте структуре и масивне текстуре. Кречњаци су хомогеног састава, оштрих ивица лома, чије су преломне површине пигментиранје хидроксидима гвожђа.

♣ **Инжењерско - геолошке карактеристике лежишта** – ове стене припадају групи везаних стена, које су интезивно испуцале и карстификоване. Испитивањем је утврђено да су услови за рад, као и вишегодишња експлоатација је показала да су инжењерско-геолошке карактеристике лежишта кречњака Ламаљ повољне за експлоатацију и изградњу пратећих објеката.

♣ **Физичко - механичке карактеристике радне средине** – Геомеханичка испитивања кречњака са лежишта „Камал” обављена у лабораторијама, имају следеће параметре:

* Запреминска тежина	27,16 kN/m ³
* Једноосна чврстоћа на притисак	732,06 daN/cm ²
* Чврстоћа на затезање	66,64 daN/cm ²
* Кохезија	70,63 daN/cm ²
* Угао унутрашњег трења	34 ⁰ 21'
* Брзина лонгитудалних таласа	4.031,0 m/s
* Брзина трансверзалних таласа	1.964,0 m/s
* Динамички модул еластичности	27,86 DN/m ²
* Динамички Поиссон-ов коефицијент	0,324

♣ Услови извођења минерских радова – За кречњаке који се налазе на овој локацији, а према коефицијенту чврстоће према Протођаконову ($f=7,32$), стенска маса спада у средње чврсте стене. Према грађевинским нормама ГН-200 и њиховој класификацији, ове стене припадају VI-ој категорији, па се из тих, ископ стенске масе захтева примену бушачко-минерских радова.

Минске бушотине код свих изведених минарања распоређене су у више редова (3 – 5) са нагибом бушотина од 85 – 90⁰ и пречником од 89,0 мм. Растојање између бушотина у реду износило је 3,5 м, док је растојање између редова било 3,2 м, са линијом најмањег отпора од 2,8 – 3,0 м. Дужина бушотина износила је 10,0 м.

Од експлозивних средстава употребљаване су три врсте експлозива и то: Демулкс ознаке 65/2000; Амонекс-1 ознаке 60/100 и АНФО-Ј у цаковима од 25,0 кг. Количина експлозива код изведених минарања била је: 1.715, - 2.539,0 кг, са количином по интервалу од 34,0 – 37,0 кг.

Активирање експлозива у бушотинама вршено је Нонел системом – дупло успорење, ознаке 25/500. [1].

♣ **Инструменти за регистровање** - Мерење сеизмичких ефеката, односно брзине осциловања честица тла (v) побуђеног минарањем, вршено је мерним инструментима Vibralok, производ шведске компаније АВЕМ и инструментима Micromate – Instatel канадске производње. Мерна места су се налазила код најближих грађевинских објеката у околини копа.

3. ПРОРАЧУН БЕЗБЕДНОГ РАСТОЈАЊА

Појам безбедног растојања уведен је са циљем да се обезбеди заштита објеката од сеизмичког дејства минарања, које углавном зависи од растојања објекта од места минарања (r), укупне количине употребљеног експлозива (Q), карактеристике тла, услова минарања, врсте експлозива, начина иницирања, типа градње објекта и друго. За прорачун закона осциловања тла у зони еластичних деформација, једна од најчешће коришћених емпиријских функција дата је од стране руског истраживач М.А. Садовског, која гласи [2,3]:

$$v = K_v R^{-n}, \quad (3.1.)$$

где су:

- v - брзина осциловања честица тла минарањем побуђене средине, cm/s
- K_v - коеф. и експонент који зависе од услова минарања и карактеристика радне средине,
- n - редуковано растојање, које се може изразити односом $R = r/\sqrt[3]{Q_{uk}}$
- R - растојање од места минарања до места мерења, (m)
- Q - укупно употребљена количина експлозива, (kg).

За одређивање параметра (K_v) и (n) углавном се користи метода најмањих квадрата [3]. Једначина 3.1 се логаритмује и тако се своди на облик:

$$\log v = \log K_v - n \log R \quad (3.2)$$

Увођењем замене: $v = y$; $K_v = a$; $R = x$; $n = b$; једначина добија следећи облик:

$$\log a - b \log x = \log y \quad (3.3)$$

Нормалан систем једначина за налажење параметара (а) и (b) у овом случају гласи:

$$N \log a - b \sum_{i=1}^N \log x_i = \sum_{i=1}^N \log y_i$$

$$(\log a) \sum_{i=1}^N \log x_i - b \sum_{i=1}^N (\log x_i)^2 = \sum_{i=1}^N \log x_i \cdot \log y_i$$

(3.4)

где је: N – број извршених мерења.

3.1. ПРОРАЧУН ЗАКОНА ОСЦИЛОВАЊА ТЛА

Регистроване вредности брзина по компонентама, израчуната макс. резултујућа брзина, укупна количина експлозива, растојање, као и редуковано растојање дато је у табели 3.1. [1].

Табела 3.1. Улазни подаци минирања и мерења

Р. бр.	Минр. бр.	Мерно место,	r (m)	Q _{uk} (kg)	v _v (cm/s)	v _t (cm/s)	v _i (cm/s)	v _{max} (cm/s)	R
1.	1	ММ-1	529,46	2.539,0	0,701	1,005	1,026	1,598	38,8102
2.		ММ-2	468,26	2.539,0	1,608	0,883	1,734	2,524	34,3241
3.		ММ-3	439,36	2.539,0	0,670	1,499	0,970	1,907	32,2057
4.		ММ-4	463,69	2.539,0	0,857	2,185	2,300	3,286	33,9891
5.		ММ-5	401,28	2.539,0	1,907	0,859	1,805	2,762	29,4144
6.	2	ММ-1	515,91	1.715,0	0,779	1,349	0,963	1,831	43,1009
7.		ММ-2	453,30	1.715,0	1,545	1,159	1,671	2,554	37,8702
8.		ММ-3	424,16	1.715,0	0,987	1,772	0,868	2,206	35,4358
9.		ММ-4	451,03	1.715,0	0,721	1,178	1,442	1,996	37,6806
10.		ММ-5	386,45	1.715,0	0,914	1,127	1,876	2,371	32,2853
11.	3	ММ-1	596,70	2.268,0	0,386	0,910	0,813	1,279	45,4159
12.		ММ-2	529,32	2.268,0	0,670	0,441	0,969	1,258	40,2875
13.		ММ-3	499,13	2.268,0	0,623	1,429	0,605	1,672	37,9897
14.		ММ-4	537,62	2.268,0	0,416	1,133	1,043	1,595	40,9193
15.		ММ-5	465,08	2.268,0	1,025	0,504	1,040	1,545	35,3981

На основу података из табеле 3.1, а за решавање једначине 3.4 креирана је табела 3.2.

Табела 3.2.

Ред. бр.	R _i	logR _i	(logR _i) ²	v _i	logv _i	logR _i logv _i
1.	38,8102	1,5889	2,5247	0,1598	- 0,7964	- 1,2654
2.	34,3241	1,5356	2,3581	0,2524	- 0,5979	- 0,9181
3.	32,2057	1,5079	2,2739	0,1907	- 0,7196	- 1,0852
4.	33,9891	1,5313	2,3450	0,3286	- 0,4833	- 0,7401
5.	29,4144	1,4686	2,1567	0,2762	- 0,5587	- 0,8204
6.	43,1009	1,6345	2,6715	0,1831	- 0,7372	- 1,2050
7.	37,8702	1,5783	2,4910	0,2554	- 0,5928	- 0,9356
8.	35,4358	1,5494	2,4008	0,2206	- 0,6563	- 1,0170
9.	37,6806	1,5761	2,4841	0,1996	- 0,6997	- 1,1028
10.	32,2853	1,5090	2,2771	0,2371	- 0,6249	- 0,9430
11.	45,4159	1,6572	2,7463	0,1279	- 0,8928	- 1,4796
12.	40,2875	1,6052	2,5766	0,1258	- 0,9003	- 1,4452
13.	37,9897	1,5797	2,4953	0,1672	- 0,7767	- 1,2270
14.	40,9193	1,6119	2,5953	0,1595	- 0,7972	- 1,2850
15.	35,3981	1,5490	2,3993	0,1545	- 0,8111	- 1,2564
Укупно:		23,8427	36,7988		- 10,6451	- 16,7258

На бази улазних података датих у табели 3.1. математичким поступком (теоријом најмањих квадрата, једначина

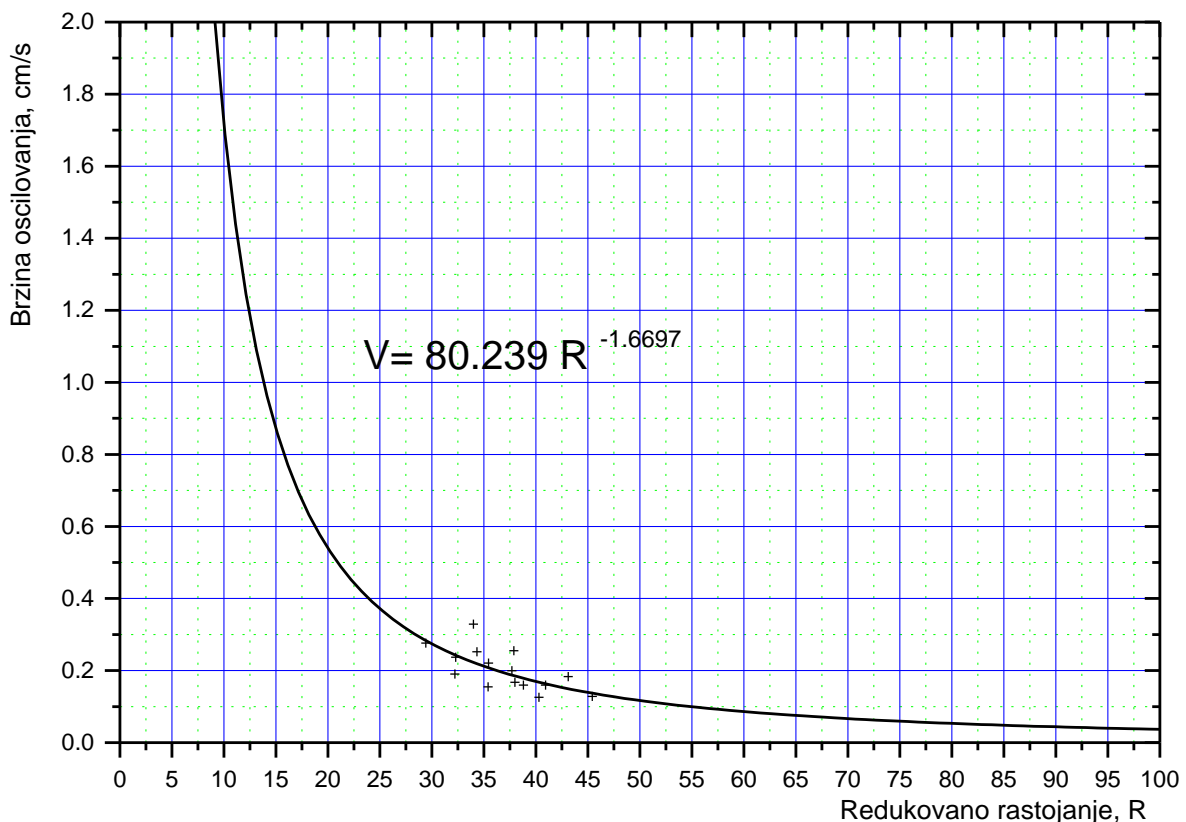
3.4 и табела 3.2) дефинисан је закон осциловања тла, који гласи:

$$V = 80,239 R^{-1,6697} \quad (3.5)$$

Добијена једначина (3.5.) корелише добијене вредности а представља закон промене брзине осциловања тла у зависности од количине експлозива (Q), растојања (r), услова извођења минирања, као и карактеристика тла. Овај закон нам омогућава да се унапред за свако минирање прогнозира брзина осциловања, односно да се предвиди степен сеизмичког дејства који ће бити изазван минирањем. На овај начин, минирања се у погледу сеизмичког дејства стављају под контролу, што уједно пружа и могућност да се потреси не само контролишу већ и унапред планирају. На слици 3.1. дат је графички

приказ апроксимативне криве за услове извођења минирања на ПК „Камал“.

Треба истаћи да закон осциловања тла дефинисан једначином (3.5), односно утврђене вредности коефицијента (K_v) и експонента (n), важе само ако се минирање изводи са геометријом и технологијом минирања примењеном код напред описаних. Уколико би се минирања изводила са другим параметрима, интервалом успорења, количином експлозива по интервалу, утврђени закон престаје да важи, јер чиниоци који утичу на интензитет потреса су многобројни и различити [1].



Слика 3.1. Графички приказ апроксимативне криве за услове минирања на ПК „Камал“

На основу аналитичке зависности брзине осциловања тла, која је дата једначином (3.5), заштита грађевинских објеката од сеизмичког дејства минирања у околини обезбеђена је уз услов:

$$r \geq 15,797 \sqrt[3]{Q_{uk}}, \text{ (m)} \quad (3.6.)$$

где је: r – безопасно растојање, (m)

Q_{uk} – укупно употребљена количина експлозива, (kg). при чему треба водити рачуна, пре сваког минирања, да редуковано растојање (R) буде веће или једнако $R \geq 15,797$ тада ће очекивана брзина осциловања тла услед минирања бити мања или једнака брзини од $v = 0,8$

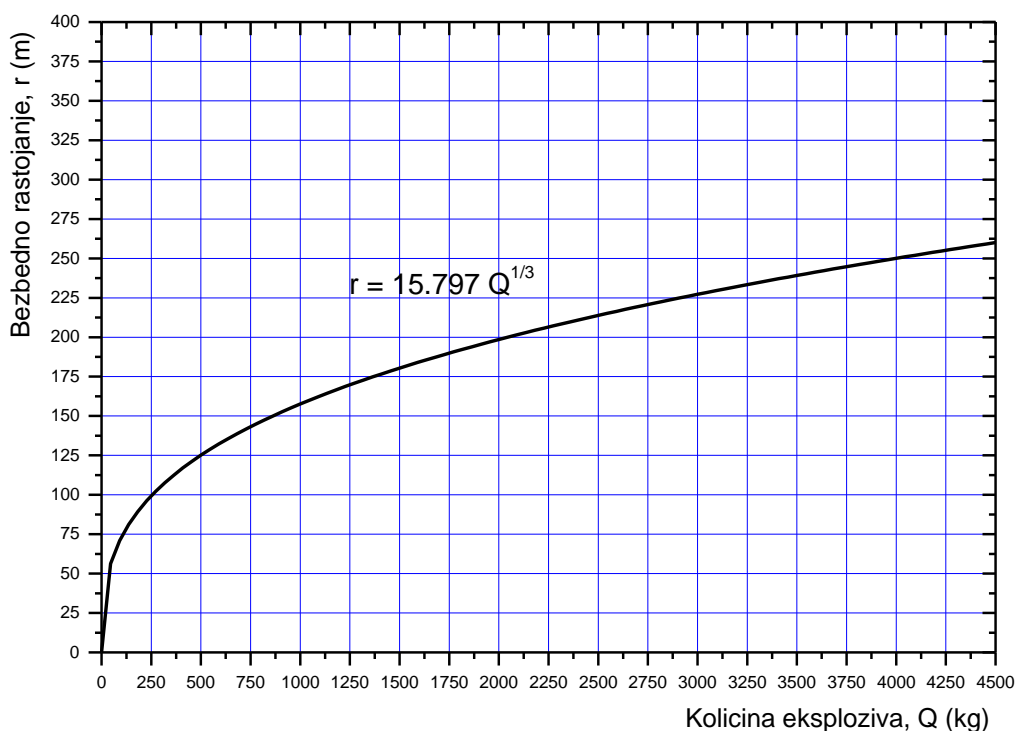
cm/s, а интензитет очекиваних потреса биће у домену IV-ог сеизмичког степена.

На бази услова датих једначином (3.6), за заштиту грађевинских објеката у близини од сеизмичког дејства минирања на локацији површинског копа „Камал“ може се направити крива безбодног растојања (видети слику 3.2.), која се лако користи приликом конструкције минског поља пре сваког изведеног минирања. На тај начин сви објекти у околини чија су растојања већа или једнака безбодном

растојању (r) биће потпуно безбедни од потреса изазваних минирањем [1].

4. ЗАКЉУЧАК

Одређен закон осциловања тла омогућава да се одреди сеизмичко дејство минирања у правцу неког грађевинског објекта или насеља, користећи при везу између брзине осциловања и последица које се могу одразити на околне објекте.



Слика 3.2. Крива безбодног растојања (r) у зависности од количине експлозива (Q)

За правилно и сигурно решавање проблема сеизмичког дејства, неопходно је са одговарајућим експерименталним минирањима одредити параметре (K_v) и (n) из једначине (3.1.) То практично значи долазимо до закона расподеле интензитета потреса, у зависности од растојања (r), укупне количине експлозива (Q) и начина извођења минирања у правцу стамбени објекти који се штите.

Из резултата инструменталних опажања на локацији површинског копа „Камал“ види се да грађевински објекти у непосредној близини нису угрожени

при оваквом режиму минирања и употребљеној количини експлозива. Код одређивања дозвољене брзине ($v = 0,8$ cm/s) узето је у обзир да се минирања изводе два до три у току тридесет дана, стање околних објеката као и други фактори, како не би дошло до оштећења околних објеката.

5. ЛИТЕРАТУРА

[1] Трајковић С.; Бајић С.; СТУДИЈА СЕИЗМИЧКОГ ДЕЈСТВА НА ОКОЛНЕ ГРАЂЕВИНСКЕ ОБЈЕКТЕ КАО ПОСЛЕДИЦА ИЗВОЂЕЊА

МИНИРАЊА НА ПК „КАМАЉ“
КОД МИОНИЦЕ, (С) – Флуктус 032,
Чачак, 2022.

- [2] Равелић М.; АНАЛИЗА УТИЦАЈА
МИНИРАЊА НА ЖИВОТНУ
СРЕДИНУ И ГРАЂЕВИНСКЕ
ОБЈЕКТЕ, Мастер рад, РГФ Београд,
2012.
- [3] Трајковић С.; Слимак Ш.; Лутовац
С.; ТЕХНИКА МИРАЊА И

ПОТРЕСИ, Књига, РГФ Београд,
2005.

- [4] Трајковић С.; Лутовац С.; ЗАШТИТА
ОД МИНИРАЊА, Књига, РГФ
Београд, 2014.
- [5] Ракић А.; СЕИЗМИКА МИНИРАЊА,
Монографија, ДИТ НИС-Нафтагас,
Нови Сад, 2005.

Адреса аутора: Трајковић Слободан, ред. проф. у
пензији, Рударско – геолошки факултет у Београду
е-маил: slobodantra@mts.rs

Рад примљен: јул 2023.

Рад прихваћен: септембар 2023.

МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ ИЗМЕНЕНИЯ ПРОЦЕССОВ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГЛУБИНЫ ЗАЛЕГАНИЯ

METHODOLOGY FOR ASSESSING CHANGES IN THE DEVELOPMENT PROCESSES OF MINERAL RESOURCES VERSUS THE DEPTH

SERGEY D. VIKTOROV¹
VLADIMIR M. ZAKALINSKIY¹
IVAN N. LAPKOV¹
MARGARITA S. BUDNIKOVA¹

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук, Москва; Россия

АННОТАЦИЯ

Цель данной статьи – на основании раскрытия содержания одного из распространенных параметров месторождений полезных ископаемых – «глубина разработки» сформулировать методологический подход для оценки изменения горнотехнических процессов по мере увеличения глубины выработок при освоении месторождений полезных ископаемых. В данной постановке выполнен обзор естественных природных и технологических факторов, связанных с глубиной разработки, а также научно-технических проблем в сложных горно-геологических условиях. Дано расчетное математическое определение технологическому понятию «глубина разработки» различных месторождений. Раскрытие содержания этого одного из самых распространенных параметров месторождений полезных ископаемых в

рамках анализа современного уровня научно - технического состояния основных процессов горного производства позволило обосновать применение автоматизированной системы корректировки параметров выработок по мере увеличения из глубины. Показано существенное изменение условий горнотехнических процессов при разработке месторождений полезных ископаемых. Отмечено влияние таких факторов, как увеличивающееся горное давление и образование техногенных зон, примыкающих к участкам горных работ. Методологический подход связывает проблему влияния глубины разработки с экономической оценкой результатов коррекции процессов горного производства. Актуальность данного методологического подхода прослежена на конкретных примерах использования некоторых его аспектов.

Ключевые слова: глубина разработки, открытые работы, подземные разработки, взрывные работы, трещины, горное давление, напряженное состояние, месторождение, рудники..

ABSTRACT

The purpose of this article is to formulate a methodological approach for assessing the change in mining processes as the depth of workings increases during the development of mineral deposits based on the disclosure of the content of one of the common parameters of mineral deposits - "depth of development". In this statement, a review of the natural and technological factors associated with the depth of development, as well as scientific and technical problems in complex mining and geological conditions, is made. A calculated mathematical definition of the technological concept of "depth of development" of various fields is given. The disclosure of the content of this one of the most common parameters of

mineral deposits in the framework of the analysis of the current level of scientific and technical state of the main mining processes made it possible to justify the use of an automated system for adjusting the parameters of workings as they increase from depth. A significant change in the conditions of mining processes during the development of mineral deposits is shown. The influence of such factors as increasing rock pressure and the formation of man-made zones adjacent to mining areas is noted. The methodological approach connects the problem of the influence of the depth of development with the economic evaluation of the results of the correction of mining processes. The relevance of this methodological approach is traced on specific examples of the use of some of its aspects.

Key words: depth of development, open-pit mining, underground mining, blasting, cracks, rock pressure, stress state, deposit, mines.

1. ВВЕДЕНИЕ

Для подземной разработки рудных месторождений в последние десятилетия характерны высокие темпы углубления горных работ, продиктованные быстрым истощением запасов полезных ископаемых, расположенных вблизи земной поверхности, а также увеличением спроса на ряд металлов, имеющих стратегическое значение [1, 2]. На настоящий момент отработка многих месторождений с применением буровзрывных работ на больших глубинах подземным способом имеет тенденцию реализации в сложных горно-геологических, гидрогеологических и газодинамических условиях.

Уже сегодня в ряде зарубежных стран с высокоразвитой горнодобывающей промышленностью (Канаде, ЮАР, Индии, США и др.) добычу наиболее ценных руд ведут на глубинах, превышающих 3-4 км. Так на руднике

Тау Тона Mine в ЮАР горные работы ведутся на глубине 4,5 км. Некоторые отечественные горнорудные шахты, например, шахты СУБРа, Норильска, Таштагола и другие, также работают на глубинах 700–1000 м и более. Наиболее сложной и важной проблемой при разработке глубокозалегающих месторождений является увеличение давления вышележащей толщи пород и борьба с возрастанием напряжений в горном массиве [3, 4].

В определенный момент эти напряжения превышают прочность пород, которые разрушаются с выделением значительной энергии. В предельном случае при разработке полезных ископаемых подземным способом происходит динамическое проявление горного давления в виде так называемого горного удара, что отрицательно сказывается на всех процессах горного производства.

К причинам изменений горного массива на больших глубинах прежде всего следует отнести естественные или природные и технологические факторы. К естественным относятся: высокое естественное поле напряжений, обусловленное тектоническими силами; наличие концентрации напряжений вблизи разрывных нарушений; наличие высокомодульных горных пород, способных накапливать потенциальную энергию сжатия и склонных к хрупкому разрушению [5]. При этом разнообразие распределения напряжений зависит как от литологической, так и от структурно-геологической сложности – чем они больше, тем больше будет множество величин и распределений напряжения. Прочность горной породы и связанное с ней условие предельного равновесия определяются соотношением «размер выработанного пространства – размеры макротрещин или множества трещин в ее окрестности», диссипативными структурами в виде мельчайших трещин на микроуровне, видом напряженно-деформированного состояния в горном массиве. При отсутствии внешнего воздействия на горные породы, в окрестности выработанного пространства, геологическое и горнотехническое состояний среды определяется величиной горного и пластового давлений, соотношением компонент тензора напряжений.

Крайние проявления горного давления, например, на крутопадающих месторождения, весьма разнообразны. Одним из распространенных видов таких проявлений горного давления является нарушение элементов систем разработки. Динамические формы проявления горного давления в виде "стреляний", интенсивного заколообразования и шелушения получили в основном развитие в прочных и монолитных породах. Формы проявления горного давления, таким образом, зависят от действующих напряжений и свойств массива горных пород [6].

К технологическим причинам, возникающим в результате горных работ, относятся образование зон их влияния. В них обычно меняются величина и ориентировка главных напряжений относительно их значений вне зоны действия этих работ на прилегающий горный массив. Сюда же входят: образование открытых очистных пространств (очистные камеры, выработки различного назначения), которые являются дополнительными концентраторами напряжений; образование краевых частей целиков, оконтуренных несколькими плоскостями; задержка во времени процесса сдвижения горных пород под влиянием очистных работ в определенных направлениях, вплоть до поверхности.

Техногенные причины, являясь следствием производственной деятельности человека, приобретают, в первую очередь, форму накопления воздействий взрывного и сейсмического характера. Регулярные или периодические сотрясения массива горных пород приводят к морфологическим особенностям их минералов, сказываясь на свойствах и характеристиках трещин и окружающей их среды.

Характерно, что техногенные воздействия проявляют себя и спустя некоторое время после деятельности человека. При этом имеющиеся при определённых условиях перераспределение напряжённого состояния в массиве лишь усугубляет приведенные изменения. В результате на участках максимальных растягивающих деформаций на всю мощность слоя образуются глубокие трещины, некоторые с частичным раскрытием, что в совокупности скажется, например, на гидрогеологическом факторе. Воздействие буровзрывных работ является так же причиной интенсивности природного водопритока. В условиях повышенного горного давления глубина разработки с изменением свойств массива

и характера его динамических проявлений, существенно сказывается на конструктивных элементах систем разработки, в частности, на способах и параметрах буровзрывных работ. Следовательно, возрастание напряжения вышележащей толщи пород и изменение связанных с увеличением глубины залегания горно-технологических факторов влияет на процессы разработки месторождений полезных ископаемых. В результате отработка нижележащих горизонтов, с целью сохранения эффективности очистных работ, сопровождается изменениями соответствующих параметров буровзрывных работ.

Таким образом, развитие методологии взаимодействия с глубиной разработки основных процессов горного производства является важной проблемой для глубокозалегающих месторождений.

2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В методологическом подходе примем в качестве основных, с влиянием на них глубины разработки месторождения, следующие горнотехнические процессы и структуры (компоненты) горного производства: система разработки, как конструктивная структура части объема выемочного пространства; взрывная отбойка в ее пределах; третий компонент – состояние массива горных пород, в котором непосредственно осуществляется добыча полезного ископаемого; критерий экономической эффективности.

По мере изменения с глубиной условий разработки месторождения между ними устанавливается определенная связь, например, взрывная отбойка, как часть технологического процесса, совместно связаны с изменяющимся состоянием массива горных пород. Оценим уровень научно-технического состояния каждого из них при условии влияния глубины разработки месторождения. Так как разработка месторождения в большинстве случаев с

самого начала связана с буровзрывными работами, важны вопросы управления энергией взрыва, эффективности разрушения и дробления горных пород, повышения его КПД. Многие аспекты научных основ и практики взрывного разрушения массивов горных пород изучены на приемлемом уровне [7]. Однако в постановке влияния горно-технологических факторов, связанных с глубиной разработки, они в некоторых вопросах изучены недостаточно, в частности, управления направленным действием взрыва в изменяющемся массиве, и многих других.

В связи с этим, прежде всего определимся и уточним понятие «на больших глубинах», которое стало повсеместно встречаться в современной практике разработки месторождений полезных ископаемых, которое зачастую отождествляется со словосочетанием «в сложных горно-геологических условиях». Следует отметить, что в определенный момент понижения уровня разработки месторождения напряжения в окружающем массиве превышают прочность пород на растяжение, и они могут начать разрушаться с выделением значительной энергии. В пределе происходит динамическое проявление горного давления в виде так называемого горного удара, что отрицательно сказывается на разработке полезных ископаемых подземным способом. Постепенное же изменение характера напряженного состояния массива с глубиной оказывает влияние прежде всего на технологические аспекты систем разработки, из которых особое значение имеют взрывные работы. Как следует из исследований школы ИГД СО РАН, массив и шахтный блок с глубиной от взрыва к взрыву испытывают изменение напряженно-деформированного и фазового состояний, вызывая зоны дезинтеграции в массиве горных пород [9, 10].

Исходное напряженное состояние массива, представленное вначале

вертикальными собственными весами пород величинами и горизонтальными тектоническими напряжениями, по мере увеличения глубины разработки начинает изменяться. В качестве критерия действующих напряжений в рамках понятия «большая глубина» достаточно использовать предел прочности массива на сжатие [10]. Для этого надо задать условие:

$$2\rho g H \geq \sigma_m \quad (1)$$

Отсюда получаем значение «большой глубины»:

$$H_b \geq \sigma_m / (2\rho g) \quad (2)$$

В качестве примера в массивах с пределом прочности на сжатие $\sigma_m = 26$ МПа, плотностью $\rho = 2600$ кг/м³, $g = 9,81$ м/с², при подстановке численных значений большими являются глубины:

$$H_b \geq \sigma_m / (2\rho g) \geq 500 \text{ м} \quad (3)$$

Если предел прочности массива в два раза меньше ($\sigma_m = 13$ МПа), то большая глубина с разрушением выработок начинается уже с 250 м. Таким образом, понятие «большой глубины» до некоторой степени является условным и различным при разработке месторождений полезных ископаемых.

Следует отметить, что разработка целостной методики буровзрывных работ, как следствие исследования многочисленных ситуаций, представляет определенные трудности. Во многих случаях вопросы решаются косвенным образом на основе использования некоторых априорных знаний, практического опыта и технологических новаций [11], отвечающих наилучшим доступным технологиям (НДТ) из справочников (ИТС) [12]. Однако картина усугубляется в постановке исследований с глубиной.

Анализ изучения различных методик по буровзрывным работам показал, что эволюция такого процесса горного производства как «взрывная отбойка» традиционно удовлетворялась его текущим уровнем. В связи с этим актуально его развитие, связанное с

глубиной разработки месторождения в современных условиях.

Массив горных пород при разработке месторождений полезных ископаемых подвергается такого рода воздействиям, что его условно можно отнести к процессу. При воздействии внешних сил, к которым относятся и эффекты влияния больших глубин, массив изменяет свои размеры и форму. Дополним некоторые отмеченные выше особенности естественного происхождения изменения массива горных пород с глубиной. Изменяется характер его трещиноватости, крепость и другие свойства. Известно, что при взрыве заряда ВВ массив разрушается не только от действия газов взрыва на стенки зарядной камеры, но и от действия взрывной волны. Разрушающее действие волны зависит от ее скорости и амплитуды. Последние зависят от величины импульса, переданного взрывом породе, акустической жесткости породы, представляющей собой произведение объемного веса породы на скорость продольной волны в массиве. Эти факторы и направление вектора главных напряжений стандартно учитываются в технологии взрывных работ. Их недооценка, в лучших случаях, сказывается на качестве грансостава, в худших – на конструктивных особенностях систем разработки [5].

Для оценки состояния массива горных пород используются данные геологических и маркшейдерских служб в комплексе с результатами геофизического мониторинга. Представляют интерес современные научные модельные методы численного исследования массива горных пород, например, метод сглаженных частиц, позволяющий выделять направленные зоны действия взрыва с оценкой в них фрагментации горного материала [13, 14]. Если этим данным придать характер системной оценки разработки месторождения с глубиной, то появляется возможность научно-технической

корректировки параметров различных процессов горного производства.

Система разработки, представляющая собой техногенную часть объема выемочного пространства, является конечным результатом всех ранее выполненных этапов горнотехнического процесса. Этому процессу присуща относительно медленная ассимиляция, связанная с большим объемом очистных работ. Для отслеживания влияния на них глубины разработки необходимо использовать соответствующие проекты, варианты которых обусловлены характером интенсивности предыдущих процессов.

Завершающим результатом является экономическая эффективность, изменяющаяся с глубиной и которая здесь имеет особенности, следующие из данной методологии. Так, если допустить, что условия разработки месторождения с глубиной не изменяются, то экономическая эффективность добычи одного м³ полезного ископаемого останется постоянной.

Данный методологический подход с прослеживанием в современных условиях исчерпывающих данных по основным процессам горного производства позволяет использовать научно-технический прогресс в части применения автоматизированной системы корректировки их параметров с глубиной разработки.

Актуальность методологии можно проследить на примерах из практики использования некоторых ее фрагментов. Для Кукисвумчоррского месторождения, на котором поля напряжений на глубоких горизонтах сформированы определенным образом, потребовалось решение проблемы влияния глубины разработки на взрывные работы [15, 16]. Научная сторона заключалась в натурных наблюдениях и экспериментальных исследованиях напряженного состояния массива горных пород с целью выявить закономерности изменения напряжений с

глубиной. Исходя из того, что минимальное давление, необходимое для возникновения взрывной волны в породе, прямо пропорционально плотности породы и квадрату скорости волны напряжений в ней, использовалась возможность целенаправленного управления процессом разрушения горных пород. Фиксирование связи взрывного разрушения горных пород комбинированными зарядами с различными промежутками с условиями повышенного горного давления с глубиной месторождения, позволило реализовать эффективные способы взрывного воздействия на массив.

На Гайском подземном руднике отработка запасов месторождения на больших глубинах в интервале 990–1310 м в условиях высокого горного давления потребовала изменения способа очистной выемки [17]. Прежняя схема разработки обуславливала негативный результат, когда стенки камер разрушались в результате раскрытия естественных и наведенных трещин под действием напряжений, полученных при ведении буровзрывных работ. В кровле камеры образовывались заколы и вывалы с обрушением их в выработанное пространство, что приводило к изменению ее формы. Было принято решение при помощи двух панелей в лежачем и висячем боках создать защитную зону. В результате перераспределением концентрации максимальных сжимающих напряжений были разгружены выработки днища и кровлю будущих камер, что позволило вести очистную выемку в условиях измененного горнотехнического состояния.

При разработке угольных месторождений в лавах имеются свои особенности ведения буровзрывных работ, связанные с влиянием проявлений в них горного давления. Учитывая известную специфику, связанную с повышенной опасностью при разработке подземных угольных месторождений,

буровзрывные работы недостаточно связывать только с глубиной разработки. Имеют значение технологические новации, отвечающие безопасным технологиям НДТ из справочников ИТС.

Так, при добыче угля подземным способом для снижения образования взрывоопасных скоплений метана при буровзрывных работах использовалась гидро - и гидrogелевая забойка. Для пылеподавления при взрыве шпуров и скважин может осуществляться внутренняя, внешняя или комбинированная гидрозабойка. В качестве материалов для гидрозабойки обычно применяется вода, в зимний период при открытой добыче угля возможно также применять водные растворы солей NaCl и CaCl₂ или снежно-ледяную смесь.

При открытой разработке месторождений особенности влияния глубины можно проследить на примере технологии производства буровзрывных работ на глубоких карьерах Узбекистана [18]. С увеличением глубины карьеров возникло ряд проблем, усложняющих их разработку. В частности, на стоимости буровзрывных работ в циклах рудопереработки горной массы стало отражаться уменьшение трещиноватости и увеличение крепости пород с глубиной. Параллельное увеличение обводненности взрывааемых пород и водопритока в карьерах повлекло увеличение стоимости как водоотлива, так и буровзрывных работ. Вынужденный переход на водоустойчивые ВВ существенно увеличил затраты на транспорт добываемой горной массы, из-за сокращения фронта работ ограничили возможности в обеспечении требуемой производительности карьера. Для обеспечения на прежнем уровне его проектной производительности с увеличением глубины добычных забоев свыше 400–700 м пришлось перейти на циклично-поточную технологию и взрывание высоких сдвоенных уступов с усиленными зарядами ВВ. Работа зарядов

дробления производилась в замкнутом пространстве с повышенным удельным расходом взрывчатого вещества. Кроме того, для решения большинства проблем глубоких карьеров было предусмотрено внедрение инновационной технологии взрывного дробления горных пород глубокими (30–50м) скважинами большого диаметра (250–320 мм). Взрывание основных зарядов в зажатой среде позволила более эффективно использовать энергию взрывчатого вещества за счет исключения выброса продуктов разложения ВВ в воздушное пространство и потерь энергии на разбрасывание разрыхленной взрывом горной породы. Это достигалось применением схем замедления, обеспечивающих работу зарядов на забой с одинаковым кумулятивным действием и нарастанием напряженности массива от каждого последующего ряда взрывааемых зарядов.

Прохождении взрывной волны по неоднородной по плотности трещиноватой горной породе способствовало снижению потерь энергии. При этом дополнительное дробление способствовало улучшению процесса обогащения при комплексном извлечении полезных компонентов месторождения. Стало использоваться погрузочно-транспортное оборудование большой производительности (самосвалы грузоподъемностью больше 180 т, экскаваторы с емкостью ковша >20 м³). Это позволило главный транспортный поток перевести на конвейерную линию, для чего потребовался переход на повышенную степень дробления горной массы зарядами ВВ в сухих и обводненных с глубиной скважинах.

При открытой разработке месторождений полезных ископаемых картина коррекции параметров буровзрывных работ с глубиной, за исключением некоторых ситуаций и особенностей, существенно упрощается из-за отсутствия непосредственной толщи горных пород над взрывааемыми

уступами. Здесь чаще более приемлема формулировка «в сложных горно-геологических условиях».

Таким образом, актуальным фактором подхода в методологии, помимо результатов анализа научно-технического состояния основных процессов горного производства и его экономической оценки, является использование компьютерной автоматизированной системы их корректировки с глубиной разработки месторождений полезных ископаемых.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Выполнен анализ современного уровня научно-технического состояния основных процессов горного производства, результаты которого обосновывают возможности применения автоматизированной системы корректировки их параметров.

2. Показаны примеры изменения свойств естественного (природного) и технологического характера по мере глубины разработки месторождений полезных ископаемых.

3. Определено и уточнено понятие «на больших глубинах» как условное и различное по величине при разработке месторождений полезных ископаемых.

4. Методология оценки определяет перспективное направление повышения современного научно-технического уровня разработки полезных ископаемых.

4. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Викторов С.Д., Гончаров С.А., Иофис М.А., Закалинский В.М. Механика сдвига и разрушения горных пород. /Отв. ред. акад. К. Н. Трубецкой; Ин-т комплексного освоения недр им. академика Н. В. Мельникова РАН. – М.: РАН. – 2019. – 360 с.
- [2] Развитие интенсивных методов добычи руд на больших глубинах /Айнбиндер И.И., Родионов Ю.И.,

Овчаренко О.В., Аршавский В.В., Ефимов Ф.К. /Интенсивные методы добычи руд на больших глубинах. – М., 1988. – С. 59-75.

- [3] Nguyen Ngoc Minh, Pham Duc Thang. Tendencies of mining technology development in relation to deep mines. Mining Science and Technology. 2019. N 4(1). pp. 16-22. DOI: 10.17073/2500-0632-2019-1-16-22.
- [4] Horst Wagner. Deep Mining: A Rock Engineering Challenge. Rock Mechanics and Rock Engineering. Volume 52. 2019. pp. 1417-1446.
- [5] Закономерности изменения напряженно деформированного состояния породного массива при интенсификации горных работ С.И. Скипочка, Т.А. Паламарчук, Л.В. Прохорец, Н.Т. Бобро Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины ул. Симферопольская, 2-А, г. Днепр, 49005, Украина.
- [6] Геомеханические процессы в геологической среде горнотехнических систем и управление геодинамическими рисками: монография / А.А. Козырев, С.Н. Савченко, В.И. Панин, И.Э. Семенова, В.В. Рыбин, Ю.В. Федотова, С.А. Козырев и др. – Апатиты: КНЦ РАН. – 2019. – 431 с.
- [7] Каплунов Д.Р., Юков В.А. Изменение параметров взрывной отбойки для повышения эффективности рудничного предварительного обогащения // ГИАБ. 2016. – №9. – С. 172-184.
- [8] Курленя М.В. Техногенные геомеханические поля напряжений / М.В. Курленя, В.М. Серяков, А.А. Еременко. – Новосибирск: Наука. – 2005. – 264 с.
- [9] Еременко В.А., Галченко Ю.П., Высотин Н.Г., Лейзер В.И., Косырева М.А. Прочностные, деформационные и акустические характеристики физических моделей каркасных и

- совых горных конструкций // ФТПРПИ. – 2020. – №6. – С.93-104.
- [10] Макаров А.Б. Практическая геомеханика. – М.: Издательство «Горная книга». – 2006. – 301 с.
- [11] Правила безопасности при взрывных работах. СПб.: ДЕАН, 2015. – 304 с.
- [12] Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 23-2017. Добыча и обогащение руд цветных металлов. Дата введения 2018.06.01.
- [13] Шиповский И.Е. Расчет хрупкого разрушения горной породы с использованием бессеточного метода //Науковий вісник НГУ – НГУ. Дніпропетровськ, 2013. – Вип. 1(145). – 2015. – С. 76-82.
- [14] Qiankun Zhu, Xingdong Zhao, Erik Westman. Review of the Evolution of Mining-Induced Stress and the Failure Characteristics of Surrounding Rock Based on Microseismic Tomography. Shock and Vibration. vol. 2021. 19 p. 2021.
<https://doi.org/10.1155/2021/2154857>.
- [15] Jozef Dubinski. Sustainable Development of Mining Mineral Resources. Journal of Sustainable Mining. Volume 12, Issue 1. 2013. pp. 1-6.
- [16] Козырев А.А., Семенова И.Э., Аветисян И.М. Геомеханическое обоснование выемки запасов глубоких горизонтов кукуисвумчоррского месторождения. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2017. – № 4. – С. 143-155.
- [17] Калмыков В.Н., Неугомонов С.С., Котик М.В., Ахметов А.А., Попов П.Г. О влиянии глубины разработки на параметры отбойки руд на примере Гайского месторождения. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2014. – № S1-1. – С. 79-85.
- [18] Махмудов Д.Р., Петросов Ю.Э. Технология производства буровзрывных работ на глубоких карьерах Узбекистана. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2017. – № 5. – С. 331-336.

Адреса аутора: Викторов Сергей Дмитриевич, профессор, доктор технических наук, главный научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук, Россия, 111020, Москва, Крюковский т у п и к , 4
е-маил: victorov_s@mail.ru
Рад примльен: јул 2023.
Рад прихваћен: септембар 2023.



МИЛОШ САВЧИЋ
(1865 – 1941)

Грађевински инжењер.

Пројектант и градитељ

пруга, индустријских објеката, фабрика,
велелепних зграда, читавих градских квартова.

Финансијски експерт, банкар и инвеститор.

Политичар и родољуб.

Градоначалник Београда и

Министар у Влади Србије.

Један од најбогатијих Срба свих времена.

PROCENA EFIKASNOSTI KONZERVANSA NA TEST MIKROORGANIZME U DETERGENTU ZA RUČNO PRANJE POSUĐA

ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF PRESERVATIVES ON THE TEST OF MICROORGANISMS IN DETERGENT FOR HAND DISH WASHING

MIRJANA VULETIĆ¹
MILANA DRAŠKOVIĆ²
VESNA NADALIN²

¹„Beohemija DOO“, Zrenjaninu

²Visoka tehnička škola strukovnih studija u Zrenjaninu

REZIME

Da bi se obezbedila mikrobiološka ispravnost detergenta za ručno pranje posuđa, robne marke Spin Lemon & Parsley neophodno je, pored kontrolisanih uslova proizvodnje, i kvalitetnih sirovina, ugraditi efikasan konzervans tačno definisane koncentracije. Cilj ovog istraživanja je bio da se odredi efikasnost konzervansa i radna koncentracija, čijom primenom bi se postigao željeni efekat na odabrane test mikroorganizme. Pri izboru konzervansa ispoštovana je zakonska regulativa, kao i ekonomska isplativost proizvoda. Istraživanja su pokazala da je najbolja efikasnost konzervansa zabeležena kod istovremene primene Benzizotiazolina (BIT) i 2-Fenoksietanola. Primenom ove kombinacije konzervanasa može se obezbediti sigurnost proizvoda i sprečavanje daljeg razvoja mikroorganizama tokom njegovog čuvanja i upotrebe.

Ključne reči: Tečni detergent, konzervans, mikrobiološki kvalitet.

ABSTRACT

In order to ensure the microbiological correctness of the Spin Lemon & Parsley hand dishwashing detergent, it is necessary, in addition to controlled production conditions and quality raw materials, to incorporate an effective preservative of a precisely defined concentration. The goal of this research was to determine the effectiveness of preservatives and the working concentration, the application of which would achieve the desired effect on the selected test microorganisms. When choosing preservatives, legal regulations were respected, as well as the economic profitability of the product. Research has shown that the best effectiveness of preservatives was recorded with the simultaneous application of 1,2-Benzisothiazol-3-(2H)-one (BIT) and 2-Phenoxyethanol. Using this combination of preservatives can ensure the safety of the product and prevent the further development of microorganisms during its storage and use.

Key words: Liquid detergent, preservative, microbiological quality.

1. UVOD

Pravilnim odabirom mikrobiološki bezbednih sirovina i ugradnjom konzervansa u određenoj koncentraciji dobija se mikrobiološki bezbedan proizvod kućne hemije. Idealan konzervans za kućnu hemiju treba da je bezbojan, bez mirisa, vodorastvorljiv, netoksičan, hipoalergijski, ne iritirajući, efikasan u širokom opsegu pH i sposoban da inhibira rast širokog spektra bakterija i gljivica [1]. Trenutno su od konzervansa koji ispunjavaju navedene zahteve a ulaze u formulaciju proizvoda kućne hemije najviše zastupljeni Benzizotiazolin/Metilizotiazolin (BIT/MIT), Benzizotiazolin (BIT) i 2-Fenoksietanol [2,3].

Preventol BIT IT je konzervans koji predstavlja kombinaciju Benzizotiazolin/Metilizotiazolin, i preporučan je za upotrebu u proizvodima kućne hemije.

Preventol BIT N20 je konzervans koji je po hemijskom sastavu Benzizotiazolin i koristi se u proizvodima kućne hemije.

Konzervans TEQ PH5 je po hemijskom sastavu 2-Fenoksietanol, ima veliki spektar antimikrobne aktivnosti i dugo se koristi kao konzervans u kozmetičkim proizvodima. Prema Evropskom naučnom komitetu za zaštitu potrošača, 2-Fenoksietanol je bezbedan za sve potrošače u maksimalnoj koncentraciji od 1%.

Akticide SR 1500 je konzervans posebno dizajniran za upotrebu u industrijskim proizvodima sa svojstvima detergenata, kao što su tečni detergentsi za ručno pranje sudova i formulacije kućne hemije a kombinacija je Benzizotiazolin (BIT) i 2-Fenoksietanola.

Efikasnost dejstva konzervansa treba da bude eksperimentalno procenjena još u toku razvoja proizvoda kućne hemije, kako bi se obezbedila mikrobiološka stabilnost proizvoda u toku čuvanja i primene [2,3]. Procena antimikrobne efikasnosti konzervansa izvodi se pomoću Testa izazivanja - „Challenge test”-a

(sinonimi „Testing for efficacy of antimicrobial preservation” i „Assessment of antimicrobial protection”) [4], najčešće na test mikroorganizme *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Candida albicans*, *Aspergillus brasiliensis*, a u skladu normama Evropske farmakopeje [5] i ISO standardu 11930 [6]. Najčešće korišteni „Challenge test” su: CFTA (Cosmetic, Touiletry and Fragrance Association), ASTM- metoda (American Society for Testing and Materials), USP metoda (U.S. Pharmacopeia).

Premisa propisa u Evropskoj uniji je da proizvodi kućne hemije moraju biti bezbedni za korisnike kada se upotrebljavaju na uobičajeni način koji je prosečnom korisniku jasan. Mikrobiološki kvalitet i stabilnost moraju biti takvi da ne predstavljaju potencijalni rizik po zdravlje korisnika tokom celokupnog životnog ciklusa proizvoda čime se ispunjava ključan aspekt bezbednosti proizvoda.

Široka primena detergenta za ručno pranje posuđa robne marke *Spin Lemon & Parsley*, koja se pokazala kroz zahteve i potrebe tržišta, podrazumeva da do korisnika stigne mikrobiološki ispravan proizvod te je bitan odabir najefikasnijeg konzervansa kroz mikrobiološka ispitivanja.

2. MATERIJAL I METODE RADA

Kao materijal za ispitivanje korišćen je uzorak detergenta za ručno pranje posuđa *Spin Lemon & Parsley* (Slika 1.), konzervansi (Preventol BIT IT, Preventol BIT N20, TEQ PH5 i ACTICIDE SR 1500) i test mikroorganizmi *Escherichia coli* ATCC 25922 i pogonski izolat *Pseudomonas aeruginosa*

Istraživanja vezana za formulisanje *Spin Lemon & Parsley* detergenata za ručno pranje posuđa su rađena u Laboratoriji razvoja, a deo vezan za procenu efikasnosti konzervansa u Mikrobiološkoj laboratoriji Beohemija DOO u Zrenjaninu.



Slika 1. *Spin Lemon & Parsley* detergent za ručno pranje posuđa

2.1. PRIPREMA UZORAKA DETERGENTA ZA TEST PROCENE EFIKASNOSTI KONZERVANSA

Sirovine koje ulaze u sastav *Spin Lemon & Parsley* detergenta za ručno pranje posuđa (demineralizovana voda, boja, regulator viskoziteta, anjonski, nejonski i amfoterni surfaktant, miris i konzervansi) se odmere i doziraju u čašu za mešanje prema određenom redosledu. Postupak mešanja izvodi se pri određenoj temperaturi i brzini mešanja tačno propisano vreme.

Takođe se na isti način pripremi uzorak detergenta bez konzervansa i obeleži se kao slepa proba.

2.2. ODREĐIVANJE PH VREDNOSTI

Određivanje pH vrednosti uzoraka *Spin Lemon & Parsley* detergent za ručno pranje posuđa vršeno je stonim pH metrom (Adwa, AD1000 Professional pH-ORP-TEMP Bench Meter).

2.3. METODA ISPITIVANJA EFIKASNOSTI KONZERVANASA

Procena efikasnosti različitih vrsta i koncentracija konzervansa na test mikroorganizme *E. coli* ATCC 25922 i *P. aeruginosa* u *Spin Lemon & Parsley*

detergentu za ručno pranje posuđa rađena je prema prilagođenoj metodi Ph. Eur 9.0 [6, 7].

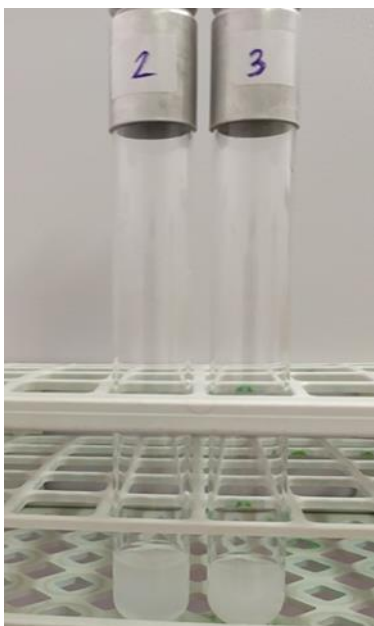
Ispitivani su sledeći konzervansi: Preventol BIT IT (Lanxess, Nemačka) je ispitivan u koncentraciji 0,2 % kao i kombinacija Preventol BIT N20 IT (Lanxess, Nemačka) 0,245 % i TEQ PH 5 (Kalekimija, Turska) 0,245 %, Preventol BIT N20 0,1 % i TEQ PH 5 0,9 %, Preventol BIT N20 0,15 % i TEQ PH 5 1 % i konzervansi Akticide SR 1500 (Thor, Engleska) u koncentracijama 0,2 %, 0,3 % i 0,49 %.

Test efikasnosti konzervisanja se sastoji od "izazivanja" odnosno inokulisanja proizvoda podesnim test mikroorganizmima, čuvanja inokulisanog preparata na propisanoj temperaturi (20°C do 25°C), uzimanja uzorka u određenim vremenskim intervalima od 24 h, 48 h, 7 dan 14 dan i 21 dan i određivanja broja preživelih mikroorganizama, nakon ekspozicije. Antimikrobna svojstva ispitivanog konzervansa su adekvatna ukoliko u uslovima testiranja postoji značajan pad ili ne postoji rast ukupnog broja ispitivanih test mikroorganizama u inokulisanom preparatu posle propisanog vremenskog perioda.

2.4. PRIPREMA SUSPENZIJE TEST MIKROORGANIZAMA

Originalni slant soja se osveži presejavanjem u 10 ml Hranjivog bujona. Pipetom se prebacuje 1 ml biomase u Petri ploču, zalije sa 10 ml Hranjivog agra i inkubira 24 časa na 37°C. Potom je od izraslih kolonija pripremljena suspenzija željenog test mikroorganizma u fiziološkom rastvoru koji treba da odgovara McFarlandovom standardu (između 2 i 3, odnosno $6-9 \times 10^8$ CFU/ml).

Suspenzija se priprema tako što se u epruvetu sa 10 ml fiziološkog rastvora ezom postepeno dodaje biomasa sa Hranjivog agara, meša na vorteksu do postizanja zamućenja koje odgovara zadatom McFarlandovom standardu (Slika 2.).



Slika 2. Zamućenja 2 i 3 po McFarlandovom standardu

Pripremljeni uzorak detergenta sa konzervansom i uzorak slepe probe, inokulišu se sa po 1ml pripremljene suspenzije test mikroorganizama.

Zasejava se po 1 ml slepe probe i 1 ml uzorka sa konzervansom u sterilne Petri ploče i zalije sa po 10 ml Hranjivog agra. Zasejavanje uzoraka, koji su svaki put dobro

homogenizovani, rade se na 24 h, 48 h, 7, 14 i 21 dan ekspozicije. Sve ploče se odlažu u termostat i inkubiraju se na 37°C. Ako na Petri pločama od zasejavanja nakon 24h nema rasta, obavezno se rade zasejavanja na 48h i 7 dan ekspozicije, a ako nakon 7 dana nema rasta na pločama onda se prekida dalje zasejavanje uzoraka sa konzervansom. Kod slepe probe radi se 7 dan, 14 dan i 21 dan ekspozicije.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

U uzorku *Spin Lemon & Parsley* detergentu za ručno pranje posuđa izmerena je pH vrednost 6,8 što predstavlja idealnu sredinu za razvoj mikroorganizama, i zato je važno zaštititi proizvod odabirom najefikasnijeg konzervansa kako bi ostao stabilan u celom roku upotrebe i zdravstveno bezbedan za potrošača.

U Tabeli 1. su prikazani rezultati ispitivanja efikasnosti konzervanasa zadatih koncentracija na odabrane test mikroorganizme *E. coli* ATCC 25922 i *P. aeruginosa*, tokom čuvanja 1, 2, 7, 14 i 21 dan.

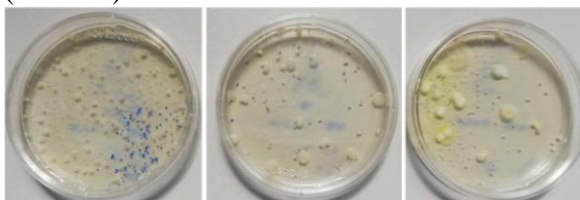
Tabela 1: Rezultati ispitivanja efikasnosti konzervansa u *Spin Lemon & Parsley* detergentu za ručno pranje posuđa

NAZIV KONZERVANSA / KONZERVANASA	ISPITIVANA KONCENTRACIJA, %	Test mikroorganizam	Dani čuvanja				
			1.	2.	7.	14.	21.
Preventol BIT IT	0,2	<i>E. coli</i> ATCC 25922	prisutan rast	bez rasta	bez rasta	bez rasta	bez rasta
		<i>P. aeruginosa</i>	prisutan rast	bez rasta	bez rasta	bez rasta	bez rasta
Preventol BIT N20 i TEQ PH 5	0,245 + 0,245	<i>E. coli</i> ATCC 25922	prisutan rast	bez rasta	bez rasta	bez rasta	bez rasta
		<i>P. aeruginosa</i>	prisutan rast	bez rasta	bez rasta	bez rasta	bez rasta
Preventol BIT N20 i TEQ PH 5	0,15+1,0	<i>E. coli</i> ATCC 25922	prisutan rast	bez rasta	bez rasta	bez rasta	bez rasta
		<i>P. aeruginosa</i>	prisutan rast	bez rasta	bez rasta	bez rasta	bez rasta
Preventol BIT N20 i TEQ PH 5	0,1+0,9	<i>E. coli</i> ATCC 25922	prisutan rast	bez rasta	bez rasta	bez rasta	bez rasta
		<i>P. aeruginosa</i>	prisutan rast	bez rasta	bez rasta	bez rasta	bez rasta
Akticide SR 1500	0,2	<i>E. coli</i> ATCC 25922	prisutan rast	prisutan rast	bez rasta	bez rasta	bez rasta
		<i>P. aeruginosa</i>	prisutan rast	bez rasta	bez rasta	bez rasta	bez rasta
Akticide SR 1500	0,3	<i>E. coli</i> ATCC 25922	prisutan rast	bez rasta	bez rasta	bez rasta	bez rasta
		<i>P. aeruginosa</i>	prisutan rast	bez rasta	bez rasta	bez rasta	bez rasta
Akticide SR 1500	0,49	<i>E. coli</i> ATCC 25922	prisutan rast	bez rasta	bez rasta	bez rasta	bez rasta
		<i>P. aeruginosa</i>	prisutan rast	bez rasta	bez rasta	bez rasta	bez rasta

Svi konzervansi osim Akticide SR 1500 koncentracije 0,2 % su pokazali dobre rezultate redukcije kod oba testirana soja za ispitivane koncentracije u uzorku *Spin Lemon & Parsley* detergentu za ručno pranje posuđa.

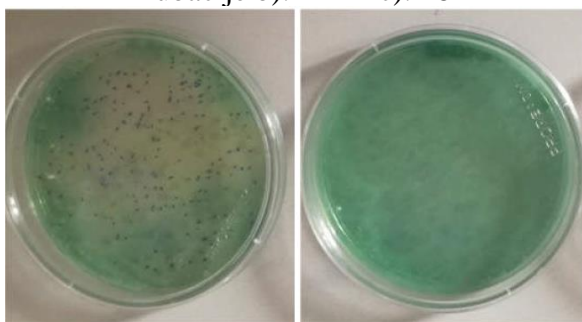
Već nakon drugog dana ekspozicije nije bilo uočenog rasta, što potvrđuje efikasnost konzervanasa u testiranim koncentracijama.

Za test mikroorganizm *E. coli* ATCC 25922, kod primene konzervansa Akticide SR 1500 u koncentraciji 0,2 %, uočen je rast nakon ekspozicije od 48 h (Slika 3.), dok je za test mikroorganizm *P. aeruginosa* ispoljio rast samo nakon 24 h testiranja (Slika 4.).



a) b) c)

Slika 3. Kolonije *E.coli* ATCC 25922 na Hranljivom agaru za a) slepu probu i u uzorku detergenta sa konzervansom Akticide SR 1500 koncentracije 0,2 % nakon inkubacije b). 24 h i c). 48 h



a) b)

Slika 4. Kolonije *P. aeruginosa* na Hranljivom agaru za a) slrpu probu i b) uzorak detergenta sa konzervansom Akticide SR 1500 koncentracije 0,2 % nakon inkubacije 24 h

4. ZAKLJUČAK

Kod *Spin Lemon & Parsley* detergenata za ručno pranje posuđa testirano je više konzervanasa u različitim zadatim koncentracijama. Tokom ispitivanja uočeno je da su svi konzervansi zadovoljili zadate

kriterijume svojom aktivnošću na odabrne test mikroorganizme.

Za test mikroorganizm *E. coli* ATCC 25922, kod konzervansa Akticide SR 1500 u koncentraciji 0,2%, uočen je rast nakon ekspozicije od 48 h testiranja, dok je pogonski izolat *P. aeruginosa* kod svih konzervanasa, za sve zadate koncentracije ispoljio rast samo nakon 24 h testiranja.

Tokom mikrobiološkog testiranja *Spin Lemon & Parsley* detergenata za ručno pranje posuđa zaključeno je da je preporučena koncentracija od strane proizvođača 0,49 % konzervansa Akticide SR 1500 spuštена na 0,3 % jer je konzervans pokazao odličnu inhibitornu aktivnost i sa tom koncentracijom. Uzimajući u obzir ekonomsku stranu odabrana je niža koncentracija od preporučene, koja će sačuvati proizvod u datom roku upotrebe. Takođe kombinacija konzervanasa Preventol BIT N20 koncentracije 0,1 % i TEQ PH 5 koncentracije 0,9 %, zadovoljava sve zadate kriterijume u smislu mikrobiološkog delovanja i ekonomskog aspekta.

5. LITERATURA

- [1] Lundov D. M., Moesby L., Zachariae C., Johansen D. J., Contamination versus preservation of cosmetics a review on legislation, usage, infections, and contact allergy, *Contact Dermatitis* 60: 70–78, 2009.
- [2] Novick M. R., Nelson L. M., Unice M. K., Keenan J. J., Paustenbach J. D., Estimation of the safe use concentrations of the preservative 1,2-benzisothiazolin-3-one (BIT) in consumer cleaning products and sunscreens, *Food and Chemical Toxicology* 56: 60-66., 2013.
- [3] Dai M., Guo J., Xue X., Feng Y., Preparation and Investigation of High-Efficiency Antibacterial Liquid Dishwashing Detergent, *Transactions of Tianjin University* 25:322-329, 2019. DOI:10.1007/s12209-019-00187-x
- [4] Siegert W., ISO 11930 – A Comparison to other Methods to Evaluate the

Efficacy of Antimicrobial Preservation,
SOFW-Journal | 138 | 7-2012.

- [5] European Pharmacopeia ninth Edition,
Strasbourg: Council of Europe, 2017.
- [6] ISO 11930:2019, Cosmetics -
Microbiology - Evaluation of the
antimicrobial protection of a cosmetic
product

[7] Interna dokumentacija Beohemija DOO,
Beograd.

Adresa autora: Drašković Milana, Profesor strukovnih
studija, Visoka tehnička škola strukovnih studija u Zrenjaninu,
Đorđa Stratimirovića 23, Zrenjanin
e-mail: draskovic.milana@gmail.com
Rad primljen: jul 2023.
Rad prihvaćen: septembar 2023.

ТЕХНОЛОГИЈА ПОДИЗАЊА МЕТАЛНОГ ВРХА НА ВИСОКУ КУЛУ

ТЕХНОЛОГИЈА ПОДЪЕМА МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ВЕРХНИ НА ВЫСОКОЙ БАШНЕ

ГРУЈИЦА ЉУБИСАВЉЕВИЋ¹

¹ „SERBAZ“, Beograd – Baku, Srbija - Azerbejdžan

РЕЗИМЕ

У раду је приказано подизање комплетног металног врха куле, велике висине око 15,6м, са металним крилима-косницима, носачима крова од Лексана, распоређеним у облику круга Ø14,48 м (у форми кишобрана) и металном куглом изнад њега пречника Ø 2600 мм. Веома необичан облик као и начин качења челичних ужади за његово подизање, чинило га сложеним, за дизање на бетонски део куле, на висину од 23,66о м.

Највећи проблем који се додатно појавио на лицу места пред само подизање, је измена типа аутодизалице са већег на мањи што је додатно дало тежини проблема и захтевало низ нових измена, прорачуна, начина везивања и допунско додавање песка ради подизања места за аутодизалицу.

У овоме раду дат је комплетан преглед свих операција припреме документован скицама и фотографијама са детаљним описом операција које су пратиле припрему и подизање металног врха куле.

Невероватан, велики успех овог сложеног посла лежи у чињеници да је у једном дану пројекат завршен, извршене велике припреме, уз ангажовање свих људи који су учествовали у припреми и подизању, услед чега је подигнут и монтиран

метални врх торња на бетонски део конструкције торња.

Кључне речи: кула Минге, метални врх куле, аутодизалица

РЕЗИЈОМЕ

В работе показан подъем цельного металлического верха башни высотой около 15,6 м с металлическими крыльями - опорами крыши из лексана, расположенными в виде круга Ø14,48 м (в виде зонта) и металлическим шаром над ним диаметром Ø 2600 мм. Очень необычная форма конструкции, а также способ подвешивания стальных тросов для ее подъема сделали сложным подъем и монтаж к бетонной части башни на высоте 23,66 м.

Самой большой проблемой, дополнительно появившейся на объекте перед фактическим подъемом, была смена типа автокрана с большего на меньший, что усложняло задачу и требовало ряда новых решений, изменений, расчетов, методов крепления и дополнительной подсыпки песка, чтобы поднять место для автокрана.

В настоящей статье дается полный обзор всех подготовительных операций, задокументированный схемами и фотографиями, с подробным описанием

операций, последовавших за подготовкой и подъемом металлического верха башни.

Невероятный, большой успех этой сложной работы заключается в том, что за один день был доработан проект, проведена масштабная подготовка, привлечены разные подразделения, в результате чего

металлический верх башни был поднят и смонтирован на бетонной части башенной конструкции.

Ключевые слова: башня Минге, металлический верх башни, автокран.

1. УВОД

У граду Мингечавир у Азербейџану Српско Азербейџанска фирма „SERBAZ“ је изградила на површини од 7 хектара уз реку Кур „Олимпијски спортско рекреативни центар за спортове на води“ или „Олимпијски спортски тренинг центар спортова на води "КЈУР"(сл.1, 2 ,3 и 4).

У склопу тога центра изграђени су следећи објекти намењени за спортове на води : затворени олимпијски базен (сл1-13) ,хотел „Кур“ са четири звезде (сл1-8), затворени објекат за суво вежбање кајакша зими са складиштима – хангарима за кајаке и другу опрему за спортове на води (сл1-14),приступни бетонски део за прилазак реци Кур као и понтонски носач у полузаливу (сл1- 20), објекат са салом за мале спортове (кошарка ,одбојка ,мали ногомет) (сл1-16),објекат за вежбање са справама за кондиционе припреме (сл1-17),објекат администрације (сл1-7),спољни терен за

спортове и тенис ,трибина уз реку за гледаоце такмичења на води, „кула „Минге“ (из које се могу посматрати сви спортови на води - за судије и новинаре ,рестораном и великом отвореном кружном терасом испод самога врха (сл1-10-11). Урађено је мноштво паркова ,паркинга ,фонтана , улица и тротоара ,терена за постројавање екипа и шеталишта поред реке Кур.Постављена је кована метална ограда са две металне капије и то главна са контролним пунктом(сл1-1) и помоћна такође са контролним пунктом (сл1-2)

Уз саму обалу на другом делу полуострва урађена је кућа са апартаментима за високе госте и покривеном додатном отворено спољном терасом „Беседком“ (сл1-18).

Ово је веома репрезентиван затворено-отворени центар ,оаза паркова са свим припадностима за организацију и одржавање спортова на води.



Сл.1 Пано са легендом: „Олимпијског рекреативног центра за спортове на води“

Кула „Минге“ која се налази на самој обали реке Кур је највишљи објекат и доминира целом територијом. Захваљујући стакленим паноима око бетонске конструкције куле ,пружа се изванредан вид на реку и целу територију олимпијскога рекреативнога центра. На висини од 15 м око центра куле (у коме се налази лифт) је кружна просторија за новинаре и судије са опремом и интеријером за то а изнад ње на следећем спрату налази се кружни ресторан „Кур“. На самом врху изнад ресторана на коти од 20,250 је кружна отворена тераса ,наткривена са кружним кровом као кишобран ,кровом од небо плавог Лексана преко металних крила-косника (сл.2) која је део металног врха куле.



Сл.1.1. „Олимпијски рекреативни центар за спортове на води“



Сл.2 Кула „Минге“ у склопу Олимпијскога центра за спортове на води у Мингечавиру



Сл 3. Олимпијски затворени базен , кула „Минге“, хотел „Кур“ и парк са фонтаном

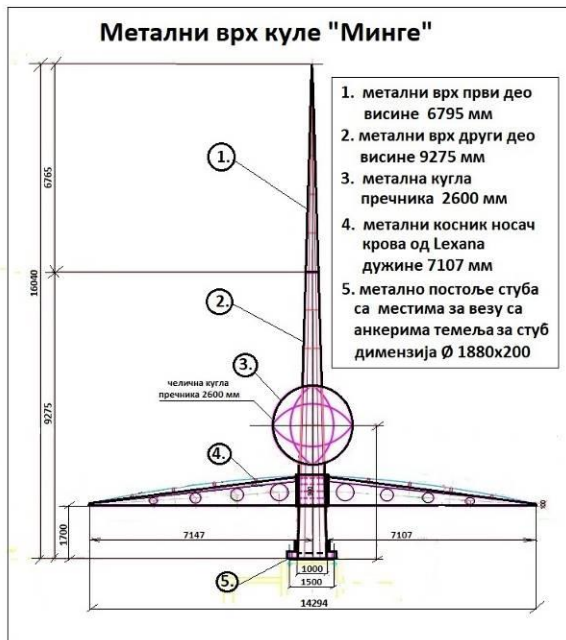


Сл.4 Кула „Минге“, трибина за људе, хотел „Кур“ и река „Кур“

2. ПРИПРЕМА ЗА ПОДИЗАЊЕ МЕТАЛНОГА ВРХА ВРХА КУЛЕ

На основу пројеката металне конструкције врха торња (сл.5) као и изграђеног бетонског дела куле „Минге“ и територије око њега извршене су следеће припреме везане за подизање металнога врха куле и узети следећи податци:

1. Одређена је тежина из цртежа комплетне металне конструкције врха торња и она је износила **16.400 кг** без додатних елемената над и око косника за везу са кровом.
2. Максимална висина металнога торња врха куле **16.040 мм** , као и максимални пречник уграђених кракова на њему **14.294 мм** су податци са цртежа куле Минге.



Сл.5 Метални врх куле „Минге“
коплетиран спреман за подизање

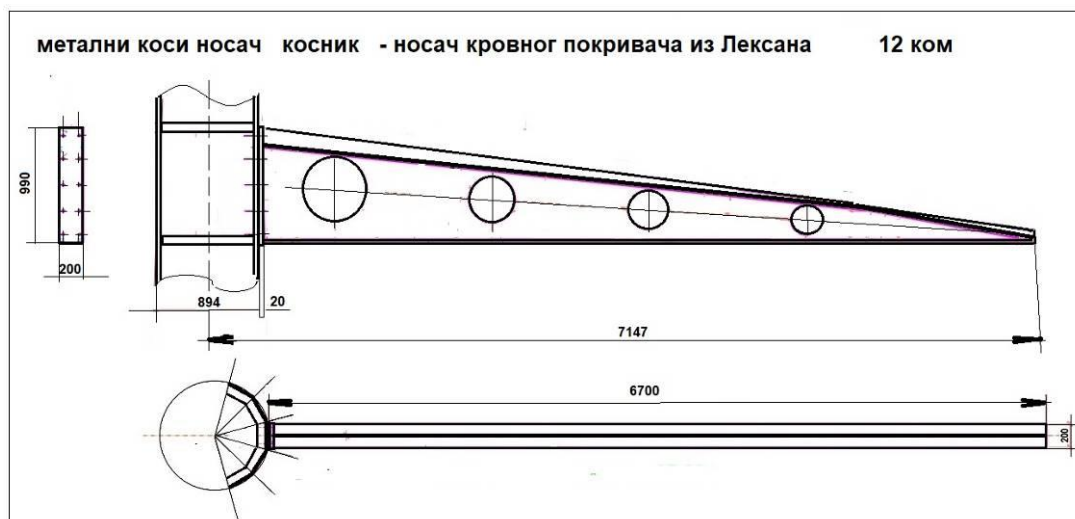
3. Висина коте темеља **23.660 мм** на бетонској конструкцији куле је податак из гађевинских цртежа куле.
4. Максимални спољни пречник задње плоче бетонске конструкције куле **14.980 мм** на висини од **20.040 мм**

На основу тих параметара : тежине ,висине терета и висине подизања ,пречника куле и терета урађено је следеће:

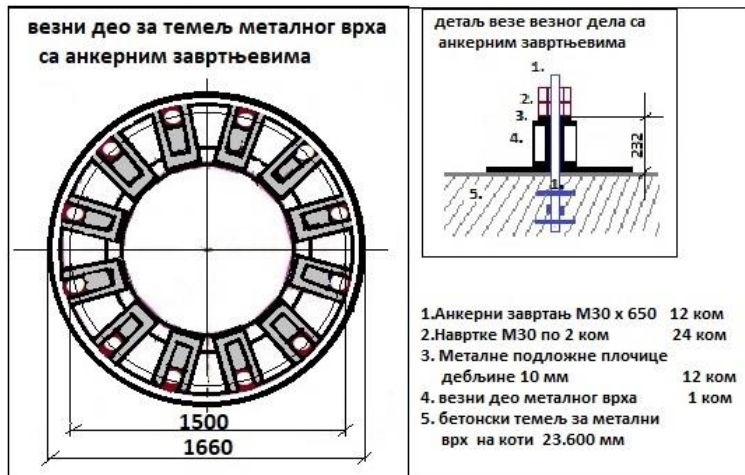
1. Изабрана је аутодизалица Liebherr LTM 1150 (сл.9) и урађен цртеж са местом постављања аутодизалице и дефинисана је њена удаљеност од центра куле (сл.8) .
2. Извршен је избор пратеће опреме за подизање који је специфичан због веома карактеристичнога облика конструкције и њене висине и висине подизања чиме је и решен начин вешања терета , металне конструкције на следећи начин:

2.1 Са бескрајним челичним ужетом дужине **3960 мм** пречника **Ø 14 мм** се четворокрако обухвата под углом од 0° ,крило- косник металне конструкције (сл 6 и сл.8 детаљ 2 и 3) . На овакав начин се бескрајно челично уже поставља на сва четири крила-косника који су под углом од 90° .

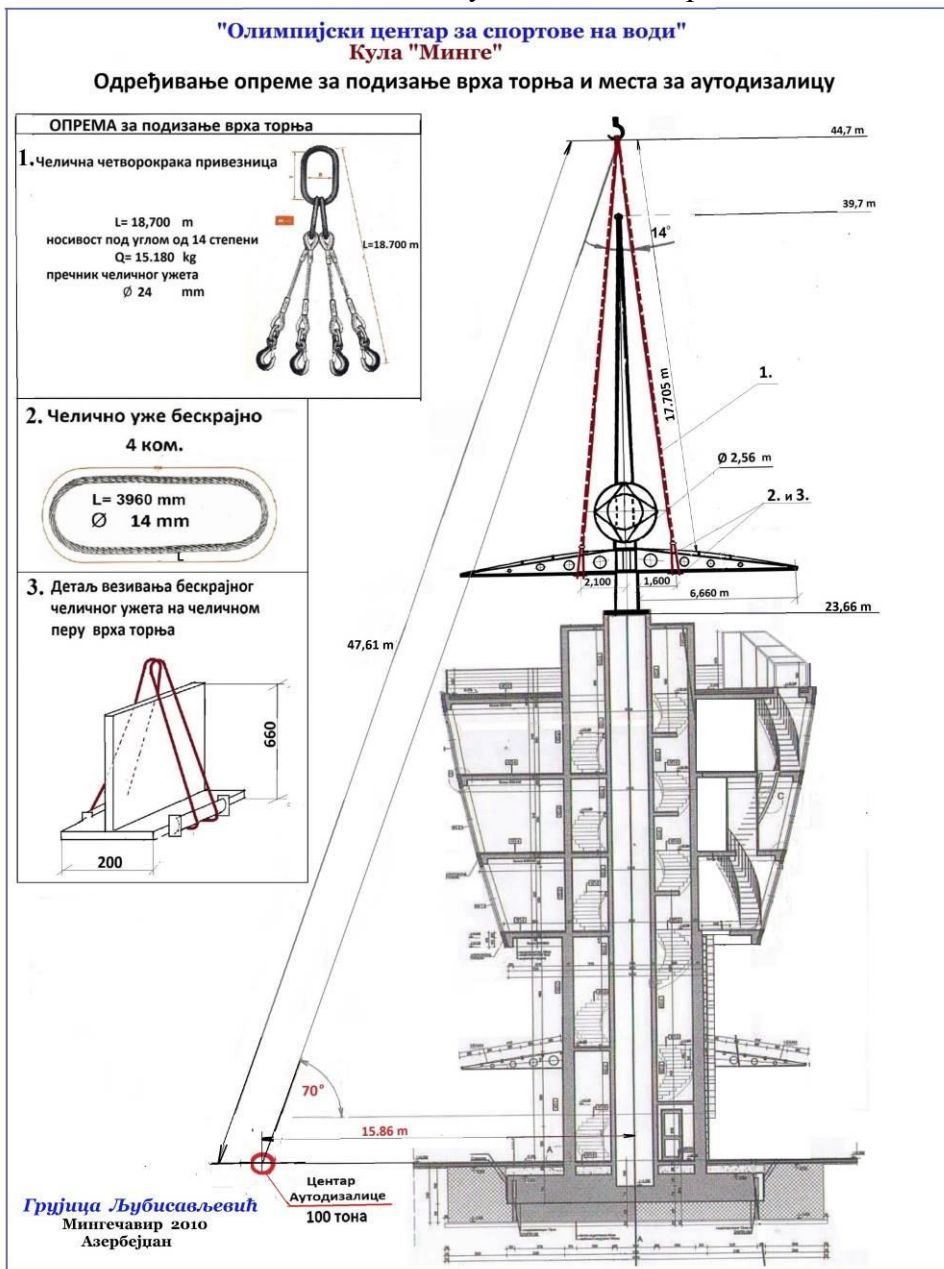
2.2 Сваки од тих бескрајних челичних ужади везују се са четворокраком **привезницом** са **4 металних ужади дужине 18.700 мм пречника Ø24 мм** (сл 8 детаљ 1)



Сл 6. Косник метални –носач Лехана у склопу их је 12 ком



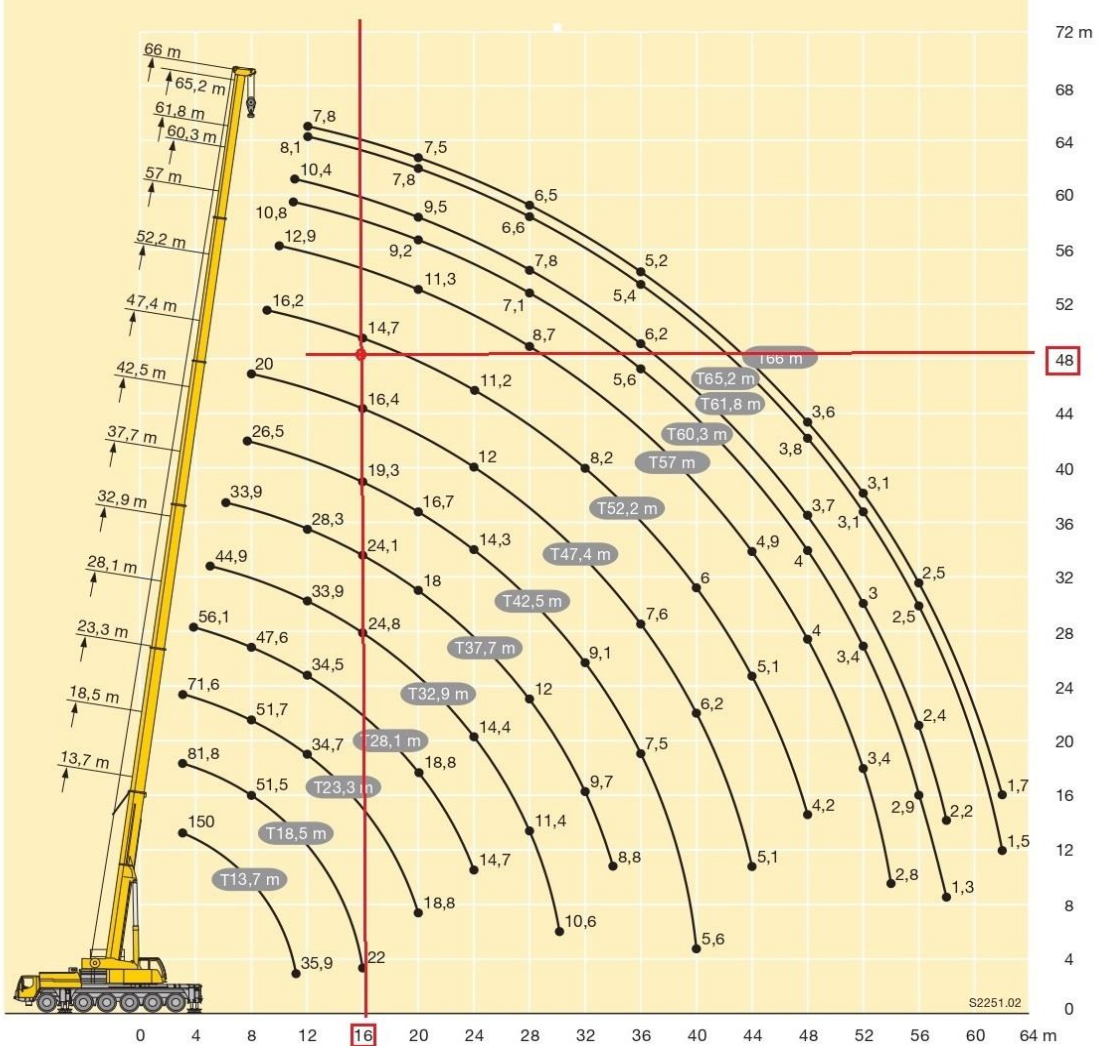
Сл.7 Метално постоље –везни део стуба челичног врха са детаљом анкера



Сл.8 Кула „Минге“ цртеж одређивања места аутодизалице и дужине челичних сајли

ДИЈАГРАМ И ТАБЕЛА НОСИВОСТИ

аутодизалице Liebherr LTM 1150 максималне носивости 150 тона



	13,7 - 66 m		360°		46,8 t		EN													
	T		360°		46,8 t		EN													
m	13,7 m	18,5 m	23,3 m	28,1 m	32,9 m	37,7 m	42,5 m	47,4 m	52,2 m	57 m	60,3 m	61,8 m	65,2 m	66 m	m					
3	150	96,4	81,8	71,6											3					
3,5	102,1	92,3	82,1	71	56,1										3,5					
4	94,8	85,6	82,5	70	55,6										4					
4,5	86,6	79,6	79,7	68,6	55	44,9									4,5					
5	79,4	74,2	74,3	67,1	54,3	44,2									5					
6	70,9	64,9	65,1	63,5	52,1	42,7	33,9								6					
7	63,3	57,1	57,8	57,7	49,8	41,2	33,1	26,5							7					
8	55,5	51	51,5	51,7	47,6	39,7	32,3	25,8	20						8					
9	48,5	45,6	46,2	46,4	45,5	38,1	31,3	25,2	19,5	16,2					9					
10	42,6	41,1	41,7	41,9	41,7	36,7	30,2	24,3	19,2	16	12,9				10					
11	35,9	35,9	37,9	38,1	37,9	35,3	29,2	23,5	18,7	15,9	12,8	10,8	10,4		11					
12			34,6	34,7	34,5	33,9	28,3	22,7	18,3	15,7	12,7	10,7	10,4	8,1	7,8	12				
14			28,6	28,8	29,5	29,4	26,4	21,1	17,4	15,2	12,5	10,5	10,3	8,1	7,8	14				
16			22	24,9	25,1	24,8	24,1	19,3	16,4	14,7	12,1	10,2	10,1	8,1	7,8	16				
18				21,6	21,6	21,3	20,8	17,9	15,3	14	11,7	9,7	9,8	8	7,7	18				
20				18,8	18,8	18,5	18	16,7	14,1	13,1	11,3	9,2	9,5	7,8	7,5	20				
22				16,5	16,2	15,7	15,7	13	12,1	10,7	8,6	8,2	8,1	7,5	7,3	22				
24				14,7	14,4	13,9	14,3	12	11,2	10	8,1	8,8	8,3	7,3	7,1	24				
26					12,8	12,9	12,7	10,9	10,4	9,3	7,6	8,3	6,9	6,8	6,8	26				
28					11,4	12	11,4	9,9	9,6	8,7	7,1	7,8	6,6	6,5	6,5	28				

* nach hinten - over rear - en arrière - sul posteriore - hacia atrás - при выдвинутой назад стреле
 T_186_00001_00_002 / T_186_00301_00_000

Сл 9. Дијаграм и табела носивости аутодизалице Liebherr LTM 1150 (150 тона)

Одређивање дужине челичних ужади четворокраке привезнице (сл 8.) условило је више присутних фактора и то:

1. Висина металне конструкције од места везе до врха **13.540 мм**
2. Пречник кугле **Ø 2600 мм** на металној конструкцији (који се мора заобићи)
3. Додатна опрема на самом врху металне конструкције –обележавајуће осветљење
4. Удаљеност везе на крилу-коснику од центра стуба је **1.600 мм** из цртежа за подизање (сл.9) за везу са бескрајним челичним ужетом.
5. Дужина металних крила -косника ,односно пречник круга који они формирају **14.294 мм**-важан податак ради пролаза по висини у току подизања на коти висине **20,040** ,поред задње бетонске плоче куле која је пречника око пречника око **15 м**.
6. На цртежу за избор дужине ужади за дизање, одређен је , угао телескопске руке аутодизалице за дизање , од око **70°** који истовремено обезбеђује довољно сигурно кретање терета по висини и дохвата централнога места на кули за постављање металнога врха куле без додиривања телескопске руке ,аутодизалице са бетонском конструкцијом.
7. Угао између ужади четворокраке привезнице при томе је **14 °** степени чиме је свако додиривање напред наведено избегнуто. Добијена је дужина челичних ужади односно четворокраке привезнице **18.700 мм** са пречником ужади **Ø24 мм** чиме је обезбеђена носивост носивост од **15.180 кг** (сл 8. детаљ 1)

На основу горе наведеног је цртежом одређено место центра аутодизалице и то **15.86 м** од центра куле а са висинском котом до самога врха **44,7 м** , са углом од **70 °** у односу на хоризонталу .Са овим податцима и тежином терета од **16 тона** изабрана је аутодизалица **Liebherr LTM 1150** носивости (150 тона)(Сл.9), чије карактеристике из приложених дијаграма и табела у потпуности одговарају.



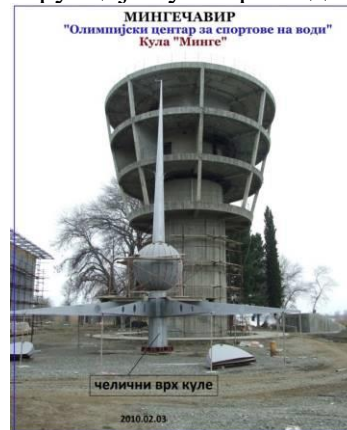
Сл 10. темел са анкерима за везивање металнога врха на бетонској конструкцији куле на 23.660 мм

3. ПОДИЗАЊЕ МЕТАЛНОГ ВРХА КУЛЕ МИНГЕ

Доласком на лице места на градилиште уочили смо да је уместо аутодизалице **Liebherr LTM 1150** (сл.9) , обезбеђена аутодизалица **Liebherr LTM 125** носивости **125 тона** . Ова аутодизалица са максималном висином дизања **48,0 м** на удаљености **15,86 м** има носивост **11 тона** (сл.13)

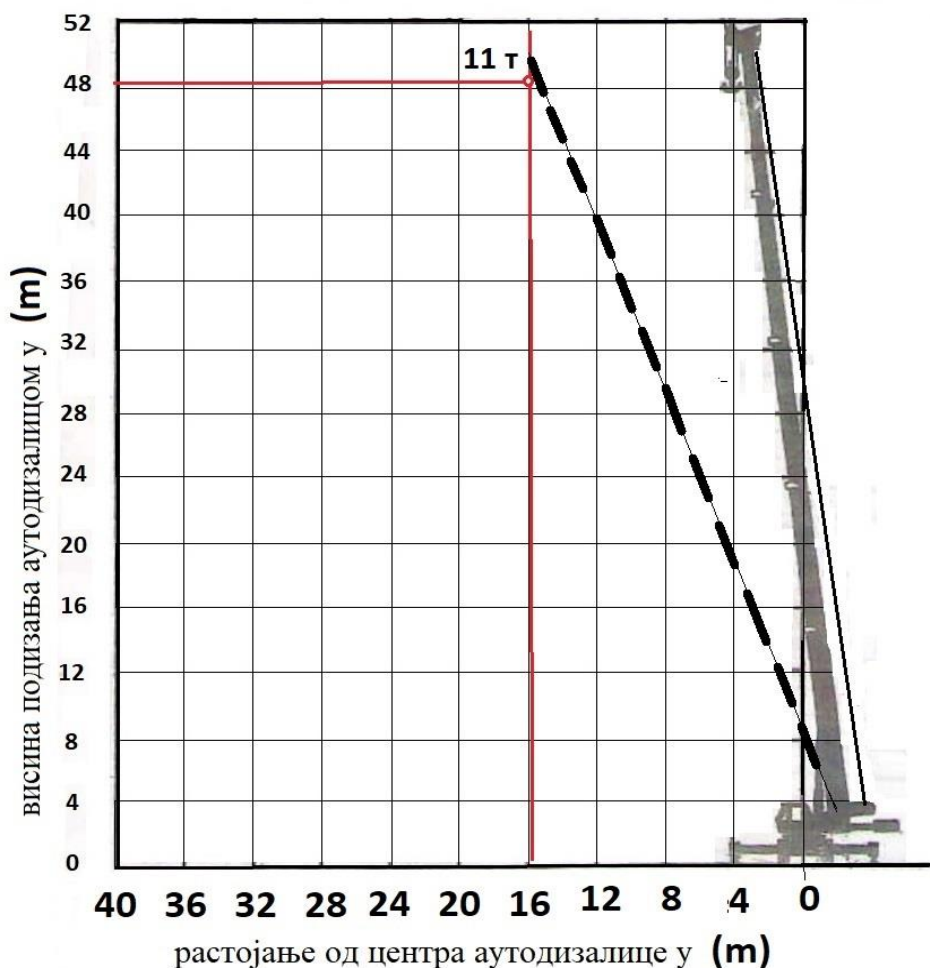


Сл.11 Фото металнога врха и бетонске конструкције куле пре подизања



Сл.12 Метални врх куле са 4 ком косника на себи пре дизања

ДИЈАГРАМ И ТАБЕЛА НОСИВОСТИ аутодизалице Liebherr LTM 125 максималне носивости 120 тона



Ausladung m	Auslegerlänge m									
	13,7		22,4		31,1		39,8		48,5	
	DIN	65%	DIN	65%	DIN	65%	DIN	65%	DIN	65%
3	100,0	125,0	50,0	62,5						
4	80,0	100,0	50,0	62,5	30,0	37,5				
5	64,0	80,0	48,0	60,0	30,0	37,5	18,0	22,5		
6	56,0	68,7	43,4	54,2	30,0	37,5	18,0	22,5		
7	49,0	61,2	39,8	49,7	30,0	37,5	18,0	22,5	14,0	17,5
8	44,0	55,0	36,0	45,0	28,0	35,0	18,0	22,5	14,0	17,5
10	36,3	44,0	30,0	37,5	23,0	28,7	16,6	20,7	12,5	15,6
12			25,0	31,2	18,6	23,5	14,0	17,5	11,2	14,0
14			20,0	25,0	15,2	19,0	12,0	15,0	10,0	12,5
16			15,5	18,3	12,2	15,2	10,0	12,5	8,8	11,0
18			12,0	15,0	10,0	12,5	8,8	11,0	7,9	9,8
20					8,8	11,0	7,5	9,3	7,1	8,8
22					8,0	10,0	6,6	8,2	6,5	8,1
24					7,0	8,6	6,0	7,5	6,0	7,5
26					5,6	7,0	5,2	6,5	5,2	6,5
28					4,4	5,5	4,4	5,5	4,4	5,5
30							3,8	4,8	3,8	4,8
32							3,2	4,2	3,2	4,2
34							2,8	3,8	2,7	3,7
36									2,1	3,1
38									1,8	2,8

Из приложене табеле и дијаграма Аутодизалица Liebherr 125 следи:
 --- највећа висина до кукe стреле је 48,5 м
 --- даљина од центра аутодизалице до центра терета 15,86 м
 --- терет може да буде максималне тежине 11 тона

Сл.13 Дијаграм и табела носивости аутодизалице Liebherr LTM 125 (125 тона)

То је изазвало додатне проблеме које смо решавали на лицу места и то на следећи начин:

1. Са металног врха поскидано је **8 ком** косника и остављена само **4 ком** под углом од 90° степени чиме је тежина приближно стала на око **11 тона**.
2. Искључен је висински искључивач на челичном радном ужету стреле аутодизалице ради добијања нешто веће висине подизања.
3. Померено је место везивања бесконачног ужета на косницима на **2.100 мм** од стуба а раније је било удаљено око **1.600 мм** а тиме се за метар смањила висина затегнуте четворокраке привезнице и при томе повећао угао између сајли али није поремећена њена носивост.
4. Испод аутодизалице подигнут је ниво за постављање аутодизалице са сабијеним песком висине **0,5 м** ради добијања сигурности у висини максималног дизања.

После демонтаже 8 ком металних крила-косника ,од укупно 12 ком колико је предвиђено (носаче Лехана као кровног покривача) (сл.12) извршено је приваривање металне полуцеви са граничницима испод 4 ком преосталих металних крила- косника на 2100 мм од стуба ,металнога врха (сл.14)

Са фотографије се може видети начин качења бесконачнога ужета (3) преко металне полуцеви (1) са граничницима (2) приварених испод металних крила-косника ,као и безбедно растојање од око 250 мм од челичне кугле изнад металних крила-косника и челичних ужади привезнице (4) .

Такође се и виде места демонтираних металних крила - косника 3 и 4 (сл.14) као и метално постоље-везни део стуба металнога врха (сл.7) са местима за

анкере за везивање са бетонским темељом на кули.

Метална крила - косници (сл.6) су са металном цеви стуба део металнога врха ,спојени машинском везом са по 10 ком машинским завртњевима М20 .

Након тога извршено је пробно дизање ради провере уравнотежености и провере висине дизања –могућности дохвата телескопске руке аутодизалице.

Приликом тога је комплетан метални врх померен за око 4 метра од места на коме се налазио да би се цела површина око њега засула песком дебљине око **55 см** . и тиме добило још пола метра у висини дохвата аутодизалицом.

Близу спољних крајева на два метална крила-косника под углом од 90° међу собом ,постављен је веома дугачко уже - конопац за усмеравање са земље металнога врха приликом дизања.(сл.15 ,16 ,17 и18)



Сл 14. Обезбеђење места за на металном торњу за опрему за подизање



Сл 15. Припрема за подизање – аутодизалица на сабијеној пешчаној подлози

Постављена је аутодизалице **Liebherr LTM 125** носивости **125 тона** и максималном висином дизања **48,0 м** са демонтираним висинским искључивачем, са својим центром окретања на **15,86 м** од центра куле (сл.15).

На металном врху су четири крила-косника под углом од 90° од којих су на два конопци за усмеравање.

На фотографијама које следе (Сл 16,17,18 и 19) приказане су фазе подизања металног врха.

Сво време у току подизања у току кретања ,метални врх преко својих крила-косника је навођен са земље помоћу конопца (сл.17,18 и 19).

Подизање је обављено веома лагано због необичног облика самога металног врха ,његове висине при томе избегавајући задирања крила-косника у бетонску конструкцију.

Са фотографије односно (Сл.18 и 19) може се видети да је ,положај куке на аутодизалици достигао свој максимум у висини ,који му је аутодизалица дозвољавала са искљученим висинским искључивачем , у току постављања монтаже -металнога врха куле , на темељ куле.



Сл.16 Подизање металног врха куле аутодизалицом Liebherr 125 ,уз навођење конопцима са земље



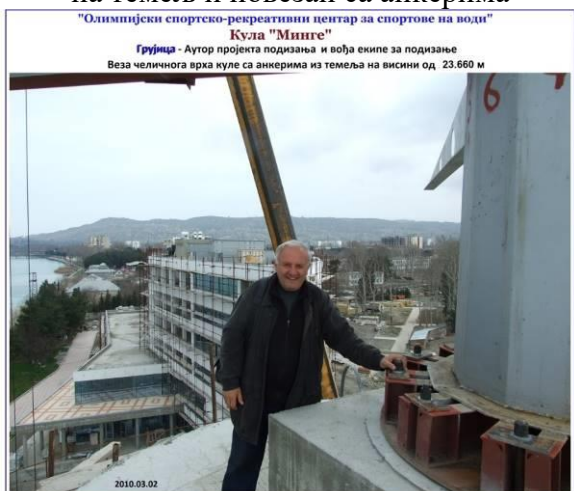
Сл.17 Екипа на земљи за навођење при подизању врха куле са конопцима



Сл.18 Метални врх је изнад бетонског темеља и наводи се на анкере



Сл.19 Коначно метални врх је постављен на темељ и повезан са анкерима



Сл 20 . Аутор пројекта на врху куле Минге поред анкерисаног металног врха

По постављању металног врха са постољем на бетонски темељ куле са 12 ком анкер завртњева (сл.7 и 20) исти је осигуран и везан са по две металне навртке М30 (друга као контра навртка) и осигуравајућих еластичних подметача и металних подложних плоча . Тиме је главни процес подизања био завршен.

4. ЗАКЉУЧАК

Написано је да је задатак успешно решен - то је тачно. Али мало људи зна да иза овога стоји веома сложен и тежак посао који захтева много искуства, вештина и знања. Иза овога стоји одговорност за доношење одлука. Проблеми се скоро увек јављају у пракси, некада се лако решавају, а некада захтевају хитне и компетентне радње, израду нове техничке документације, узимајући у обзир промене, јер није обезбеђена потребна аутодизалица или друга опрема. Поред тога, рокови изградње су скоро увек тешки и сви желе да данас или сутра добију резултат радова. У сваком случају, рад је увек приведен крају успешним резултатом.

Захваљујући веома доброј припреми пројекта и одабирању опреме за дизање лакше смо решили проблем замене аутодизалице веће са мањом (затеченом на месту дизања) .Веома брзо смо одреаговали : смањили тежину металног врха , повећали растојање качења ужади и подигли терен испод аутодизалице за пола метра.

И поред мале неизвесности због висине дизања а и због старости аутодизалице уз много обазривости и полаког подизања металног врха куле уз стално праћење кретања терета и рада аутодизалице веома смо успешно ,и чак у једном дану урадили подизање и монтажу металног врха. Нормално и ангажовање људи на градилишту је било на завидном нивоу.

Подизање преосталих 8 ком косника и њихова монтажа је био веома лак задатак и за ову дизалицу и екипу људи који су радили. И то су урадили нареднога дана.

5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Машински пројекти металног врха куле Минге –Д.Васиљевић
- [2] Грађевински пројекат куле Минге
- [3] Пројекат подизања металног врха - аутор пројекта -Љубисављевић

- [4] Проспектно каталошки материјал аутодизалица Liebherr
- [5] Проспектно каталошки материјал «Привезница и ужади» Новокабел
- [6] Фотографије и скице -аутора пројекта подизања –Љубисављевић

Адреса аутора: Грујица Љубисављевић, дип.маш. инж., Академик Међународне академије друштвених наука -Москва, Синђелићева 27/26, 3700 Крушевац
е-маил: grujica48@gmail.com
Рад примљен: јул 2023.
Рад прихваћен: септембар 2023.



ДИТ

Друштво Истраживање Технологије

Научно-стручни часопис
Scientific-professional journal

Година XXIX, Број 40, септембар 2023. год.
Year XXIX, Issue 40, September 2023. year

МЕНАџМЕНТ И ЕКОНОМИЈА

Одговорни уредник:

Проф. др Дејан Молнар
Економски факултет
Београд

Редакцијски одбор:

Проф. др Соња Јосиповић
Технолошко-металуршки факултет
Универзитет у Београду

Др Косовка Огњеновић,
научни сарадник
Институт економских наука,
Београд

Проф. др Мила Кавалић
Технички факултет "Михајло Пупин"
Зрењанин

Редакција:

Друштво инжењера Зрењанин
ул. Македонска 11,
23000 Зрењанин
E-mail: milorad.rancic@diz.org.rs
www.diz.org.rs

BRENDIRANJE REGIONA – SPECIFIČNOSTI, MOGUĆNOSTI I IZAZOVI

REGIONAL BRANDING - SPECIFICITIES, OPPORTUNITIES AND CHALLENGES

DEJAN MOLNAR¹

¹Univerzitet u Beogradu – Ekonomski fakultet

REZIME

Brendiranje destinacija (mesta) postaje tema koja sve više dobija na značaju, kako u oblasti akademskih istraživanja, tako i u domenu praktičnog delovanja (javnih politika). Iako pojedini autori smatraju da se destinacija može tretirati jednoobrazno, postoje izvesne razlike između brendiranja država, regiona i gradova. Predmet ovog rada je analiza koncepta brendiranja regiona i njegovog značaja za ekonomski razvoj u savremenom globalnom kontekstu. Poseban akcenat je stavljen na kompleksnost procesa brendiranja, s obzirom na brojnost ciljnih grupa i zainteresovanih strana. Cilj je bliže upoznavanje sa specifičnostima brendiranja regiona u odnosu na državu i grad, imajući u vidu geografske i kulturološke karakteristike zemlje u kojoj se nalaze. Namera je bila i da se ukaže na mogućnosti i izazove/ograničenja za korišćenje ovog procesa u domenu strateškog planiranja regionalnog razvoja.

Ključne reči: region, brand, brendiranje destinacija, regionalni razvoj

ABSTRACT

Branding of destinations (places) is becoming a topic that is gaining more and more importance, both in the field of academic research and in the domain of practical action (public policies). Although some authors believe that the destination can be treated uniformly, there are certain differences between the branding of countries, regions and cities. The subject of this paper is the analysis of the concept of regional branding and its importance for economic development in the modern global context. Special emphasis is placed on the complexity of the branding process, considering the number of target groups and interested parties. The goal is to become more familiar with the specifics of regional branding in relation to the state and city, bearing in mind the geographical and cultural characteristics of the country in which regions are located. The intention was also to point out the possibilities and challenges/limitations for using this process in the domain of strategic planning of regional development

Key words: region, brand, destination branding, regional development.

1. UVOD

Suočeni sa procesom deindustrijalizacije kreatori javnih politika u gradovima i

regionima širom sveta su morali da tragaju za načinima za revitalizaciju društvenog i ekonomskog života u njima. Tako su vremenom u razvojne agende počele da se

implementiraju nove politike planiranja i upravljanja regionima, koje se oslanjaju na marketinške modele i koncepte. Uspešni primeri brendiranja proizvoda, a potom i korporacija, doveli su do toga da se otpočne sa promišljanjem o upotrebi ovih „alata“ i u sferi prostornog/teritorijalnog razvoja. Pored toga, ubrzana globalizacija, pojava novih informaciono-komunikacionih tehnologija (IKT), porast tražnje za turističkim sadržajima i pratećim uslugama, te sve veća preorijentacija na razvoj uslužnog sektora donose regionima novi okvir za postizanje konkurentnosti na globalnom tržištu. Poslednjih decenija brendiranje gradova i regiona postaje tema od sve većeg akademskog interesa, o čemu svedoči veliki broj naučnih radova posvećenih ovoj problematici, u kojima se prate i analiziraju brojni primeri iz prakse. Brendiranje se sve više koristi za upravljanje identitetom i imidžom regionalnih entiteta i predstavlja okvir za aktivno planiranje njihovih društvenih i ekonomskih perspektiva.

Brendiranje mesta/područja postaje „alat“ koji gradski i regionalni menadžeri i kreatori javnih politika sve više koriste kako bi svoja područja (re)pozicionirala i učinila vidljivim/prepoznatljivim kako bi zadržali postojeće stanovništvo, privukli nove talentovane i kreativne pojedince, ulagače, turiste i sl. Međutim, ovaj pristup je nailazio i na bojazni, neusklađenosti i nepremostive raskorake u svom teorijskom razvoju i disciplinarnom sazrevanju, te je „zreo za ponovno razmatranje u smislu osnova, teorijske potpore, praktične primene i očekivanih ishoda“¹. Tako se, recimo, brendiranje destinacija uglavnom poistovećuje sa velikim, tzv. „globalnim“ gradovima (London, Pariz, Njujork, Amsterdam itd.), dok se nedovoljno pažnje poklanja regionalnom brendiranju. Ovoj konstataciji u prilog idu i nalazi do kojih su došli Čan i Murafa u svojoj analizi oko 100

¹ Ashworth, G.J., Kavaratzis, M. and Warnaby, G. (2015), „The need to rethink place branding”, in M. Kavaratzis, G. Warnaby and G.J. Ashworth (eds), *Rethinking Place Branding: Comprehensive Brand Development for Cities and Regions*, Cham, Switzerland: Springer International Publishing, str. 2.

studija o brendiranju mesta². Ovi autori su zaključili da se oko jedna trećina radova bavi brendiranjem mesta na nivou gradova ili regiona, dok dve trećine njih govori o brendiranju mesta na nacionalnom nivou, odnosno države. Do sličnih rezultata u pogledu svojevrstne „zapostavljenosti“ regionalnog nivoa u poređenju sa državnim (nacionalnim) i gradskim (lokalnim) kada je u pitanju brendiranje destinacija došli su i drugi autori³ u svojim istraživanjima.

Potencijalno objašnjenje za manjak pažnje koja se poklanja brendiranju na regionalnom nivou moglo bi da bude to što neki regioni imaju svoje zvanične organe vlasti i institucije, dok se drugi ne smatraju politički odgovornima ili nemaju regionalne vlasti, što otežava primenu koordinisanih napora da se formira jedinstveni regionalni brend⁴. Ovaj rad ima za cilj da ukaže na potrebu i značaj, ali i na određene specifičnosti, te mogućnosti i ograničenja korišćenja brendiranja u procesu planiranja regionalnog razvoja. Osim toga, pažnja će biti posvećena utvrđivanju razlika, te „povlačenju granica“ između brendiranja država, regiona i gradova, uvažavajući geografske i kulturološke karakteristike.

2. O BRENDIRANJU DESTINACIJE (MESTA)

Slika ili doživljaj o nekoj destinaciji (mestu) izvedena je iz geografije/reljefa, istorije, umetnosti, muzike, znamenitih ličnosti i drugih karakteristika lokacije. U

² Videti: Chan, C.S. and Marafa, L.M. (2013), „A review of place branding methodologies in the new millennium”, *Place Branding and Public Diplomacy*, 9 (4), 236–253.

³ Više videti na primer: Hanna, S. and Rowley, J. (2008), „An analysis of terminology use in place branding”, *Place Branding and Public Diplomacy*, 4 (1), 61–75; Lucarelli, A. and Berg, P. (2011), „City branding: A state-of-the-art review of the research domain”, *Journal of Place Management and Development*, 4 (1), 9–27.

⁴ Takav je, recimo slučaj i u Srbiji gde na NUTS 2 nivou postoji tzv. „asimetrična“ regionalizacija. Detaljnije videti u: Rikalović, G. i D. Molnar (2018), „Nužnost reafirmacije regionalne politike u Srbiji”, u: *EKONOMSKA POLITIKA SRBIJE u 2018. godini: Kvalitet institucija i ekonomski rast* (ur. A. Prašćević), NDES sa AEN i Ekonomski fakultet u Beogradu, CID, Beograd., str. 251–263.

osnovi, danas se čini da se države, regioni, gradovi i opštine utrkuju da brendiraju svoju imovinu kako bi ostvarili konkurentsku prednost. Izgradnjom željene slike o sebi destinacije žele da promovišu svoju superiornost kako bi privukli nove investicije, talentovane i obrazovane ljude i turiste.

Ljudi često pogrešno misle da znaju šta znači brendiranje mesta. Budući da se svakodnevno susreću sa brendovima u šoping centrima, maloprodajnim objektima, putem sredstava javnog informisanja i interneta, ljudi veruju da im je jasno šta znači i kako funkcioniše proces brendiranja destinacije (mesta). U pitanju je, međutim, daleko složeniji i kompleksniji fenomen, koji osim reklamnih, promotivnih i komunikacionih strategija uključuje i prostorno planiranje i razvoj čime se utiče na fizički izgled mesta i kreiraju se njegov imidž i reputacija. Daleko je veći i broj zainteresovanih strana i aktera – lokalno stanovništvo, predstavnici vlasti (javnog sektora), privrednici, nevladin sektor itd. Kompleksnost destinacija/mesta i izazovi sa kojima se one suočavaju na ekološkom, finansijskom i ekonomskom planu zahtevaju strukturne promene i naglašavaju potrebu za novim načinima razmišljanja i delovanja. Međutim, ono što treba imati u vidu je da brendiranje mesta, disciplina koja se sve brže razvija, nije „magično“ rešenje. Oslanjanje samo na njega ne može u potpunosti da doprinese unapređenju društveno-prostornih i prostorno-ekonomskih uslova predmetnog područja.

Kako je brendiranje mesta postalo sve češća strategija u procesu iznalaženja odgovarajućih razvojnih putanja i izgradnje konkurentске prednosti⁵ ono se može posmatrati kao novi instrument podsticanja ekonomskog razvoja teritorija (država, regiona, gradova). Uspešno se koristi kao

sastavni deo aktivnosti usmerenih ka podsticanju restrukturiranja privrede, veće participacije stanovništva, političkog angažovanja, porasta prihoda od turizma kroz procese kreiranja novog imidža. Ono ima za cilj da učini da se neka destinacija „istakne“ na kompleksnom i dinamičnom tržištu, da poboljša sopstvenu reputaciju i „sliku u javnosti“ od čega bi koristi imali kako interni korisnici/akteri (lokalno stanovništvo, postojeća privreda i dr.), tako i eksterna javnost (potencijalni investitori, posetioci/turisti, potencijalni „doseljenici“ i dr.).

Strategija brendiranja izrađena po meri nekog mesta, uključuje efikasan i sa kontekstom usklađen pristup regionalnom identitetu, regionalno prepoznatljivim vrednostima i značaju i identifikaciji ključnih strateških oblasti koje bi trebalo da stvore „ubedljiviju priču“ koja će pomoći brendiranju tog mesta. Takođe, da bi inicijativa brendiranja mesta bila uspešna neophodno je motivisati sve aktere (lokalno stanovništvo, privrednike, nevladine organizacije, predstavnike vlasti) da se uključe u proces, povezati ih i unaprediti mehanizme njihove saradnje. Suštinu brendiranja neke destinacije čine percepcije i predstave ljudi, odnosno njihovi osećaji u vezi sa područjem. Stoga je ono postalo deo posebnih strategija upravljanja mestom koje imaju za cilj da poboljšaju sliku destinacije i utiču na percepciju o njoj. Učešće građana i institucija u brendiranju mesta pruža legitimitet brendovima mesta i duboko utiče na njihova značenja⁶. Efikasan proces brendiranja mesta trebalo bi da se razvija na osnovama jasne vizije i dosledne komunikacije između velikog broja relevantnih aktera u tom mestu, sa snažnom i kompatibilnom mrežom/koalicijom među njima.

⁵ Videti: Kavaratzis, M. (2010), “Is corporate branding relevant to places?”, in G.J. Ashworth and M. Kavaratzis (eds), *Towards Effective Place Brand Management: Branding European Cities and Regions*, Cheltenham, UK and Northampton, MA: Edward Elgar Publishing, pp. 36–48.

⁶ Kavaratzis, M. (2012), “From “necessary evil” to necessity: Stakeholders’ involvement in place branding”, *Journal of Place Management and Development*, 5 (1), 7–19.

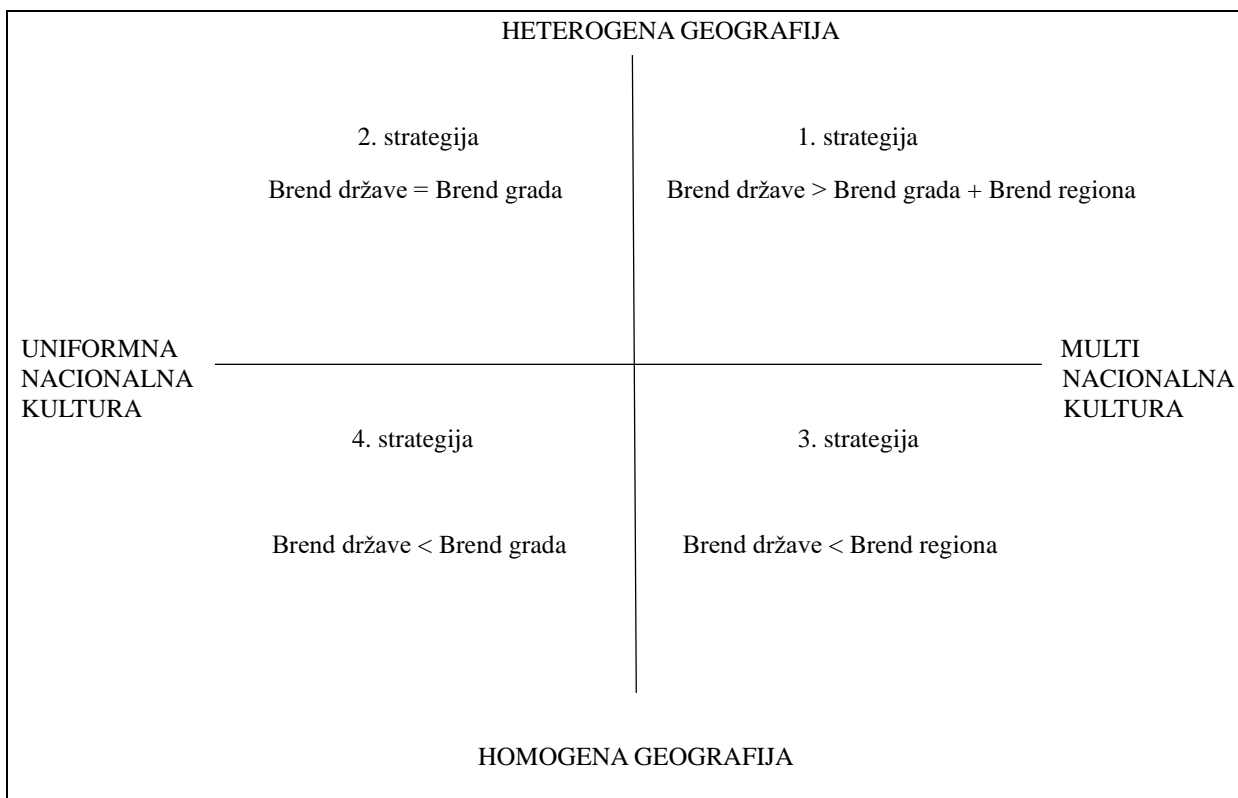
3. RAZLIČITI NIVOI BRENDIRANJA DESTINACIJA: DRŽAVA – REGION – GRAD

S obzirom da svaka zemlja poseduje određene snage i slabosti, nemoguće je osigurati da će svaka od njih na kraju procesa (re)brendiranja ostvariti iste rezultate/ishode. Stoga je od ključne važnosti da se dobro proceni potencijal svake zemlje u pogledu nacionalne, regionalne i lokalne imovine (materijalne i nematerijalne) koju poseduje. Kombinacija materijalnih i nematerijalnih resursa čini bolju osnovu za brendiranje nego u slučaju kada postoji samo jedna od njih.

Iako se procesi nacionalnog, regionalnog i lokalnog brendiranja razlikuju, oni su zapravo povezani i međusobno zavisni.

Matrica predstavljena na Slici 1. odražava novi pristup brendiranju zemalja, baziran na kombinovanju dve kritične dimenzije (geografske i kulturološke).

Značaj ovog pristupa je u tome što u obzir uzima način na koji turisti (i eksterni akteri uopšte) donose odluke u vezi sa putovanjima i posetama. Neophodno je raditi na percepciji turista i razumeti najznačajnije aspekte koje uzimaju u obzir kada odlučuju gde će putovati. Svaki pokušaj pozicioniranja brenda u umu potrošača zasnovan na više od dve ili tri asocijacije/dimenzije predstavlja neodgovarajući pristup, pošto će to u narednom periodu zbunjivati potencijalne posetioce u kombinaciji sa brojnim drugim brendovima sa kojima se budu susretali.



Slika 1. Matrica pozicioniranja: država – region – grad. Izvor: Herstein, R. (2012), "Thin line between country, city, and region branding", *Journal of Vacation Marketing* 18(2), str. 150.

Prva dimenzija (geografske karakteristike zemlje) se odnosi na fizičke karakteristike različitih područja kao što su more, pustinje, planine, šume, jezera i različite klime (snežne, tople, vlažne,

prohladne itd.). Ova dimenzija pomaže prilikom definisanja potencijala države za brendiranje, kao i u postupku odabira ciljnih grupa „potrošača“ kojima će se brend obraćati. Pošto su turisti zainteresovani za

putovanja u zemlje sa bogatom topografijom i geografskom raznolikošću, neophodno je definisati i istaći takvu vrstu „šarenolikosti“, jer to ima veći potencijal za brendiranje. Druga dimenzija tiče se kulturoloških obeležja (etničkih grupa ili nacionalnosti). Posetioci su, po pravilu, zainteresovaniji za putovanje u zemlju koju karakterišu različita i bogata kultura, te je od suštinske važnosti istaći kulturnu raznolikost zemlje (ukoliko postoji). Što više različitog kulturnog sadržaja zemlja nudi, to je veći njen potencijal za uspešno brendiranje. Svaki pokušaj izgradnje strategije brendiranja zemlje kojoj nedostaju jedna od ove dve dimenzije smanjuje efikasnost i snagu strategije. Ovaj novi koncept matričnog pozicioniranja zemlja-grad-region omogućava kreatorima brenda da koriste jednu od četiri vrste strategija pozicioniranja.

Prva strategija pozicioniranja se primenjuje u slučaju da postoje heterogene geografske karakteristike i multinacionalna kultura. Ona se najviše koristi u slučaju zemalja koje imaju heterogenu topografiju u kojoj žive brojne nacionalnosti (kao što su Španija, Izrael i Sjedinjene Američke Države). Stručnjaci zaduženi za brendiranje ovakvih zemalja bi trebalo da se fokusiraju na atraktivne regione i gradove širom zemlje, koji se, s jedne strane, međusobno razlikuju u pogledu topografije, a s druge strane, pružaju posetiocima priliku da upoznaju niz specifičnih kultura. Treba početi od činjenice da je brend države veći i jači od zbira gradskog brenda i brenda regiona (brend zemlje > brend grada + brend regiona). Na primer, Španija se već dugi niz godina „prodaje“ kao zemlja koju bi svi trebalo da posete, dok u suštini, turisti iz celog sveta zapravo posećuju „samo“ određene gradove (Barselonu i/ili Madrid) ili regione (Valensiju i/ili Andaluziju), umesto da obilaze celu zemlju. Time brojna mesta u Španiji ostaju neposećena i u određenoj meri zapostavljena, jer posetioci smatraju da su posetili Španiju ukoliko su bili u Madridu ili u Barseloni, a to ne bi trebalo da bude tako. Da bi predstavili Španiju kao zemlju koja

nudi mnoštvo turističkih atrakcija kao što su istorija, umetnost, kultura, muzika, hrana, sport i raznovrsni pejzaži (planine, plaže), eksperti zaduženi za brendiranje bi trebalo da identifikuju gradove i regione koji sadrže ove dve dimenzije. Zatim ih treba promovisati kao mesta koja predstavljaju „pravu Španiju“ čime bi se posetioci preusmerili i u druge destinacije (regione i gradove), osim u „standardne“. Primenom ove strategije, zemlje poput Španije bi mogle da privuku daleko veći broj posetilaca koji bi putovali po celoj zemlji i tako se zadržavali duže (čime bi se obezbedili veći prihodi, te veća ekonomska korist od strategije brendiranja). Izrael je još jedna zemlja koja „pati“ od istog problema, uprkos tome što je u pitanju malo geografsko područje. Većina turista poseti samo Jerusalim, čime propuštaju ogromne turističke mogućnosti koje ova zemlja nudi. Suprotno tome, SAD su veoma uspešan primer zemlje koja je dobro brendirana, pošto turisti imaju tendenciju da putuju po celoj državi (istočna i zapadna obala). Gradovi poput Njujorka, Vašingtona, Majamija, Los Anđelesa i Las Vegasa su obavezna mesta prilikom posete. Zbog strategije brendiranja koja se dobro primenjuje, turisti koji posete samo jednu obalu ili samo jedan grad smatraju da je putovanje u SAD bilo nepotpuno, jer nisu videli „sve od Amerike“.

Druga strategija pozicioniranja je pristup heterogene geografije i uniformne nacionalne kulture. Ova strategija pozicioniranja je najprikladnija za zemlje koje imaju heterogenu topografiju i manje etničkih grupa (nacionalnosti). Primeri ovakvih zemalja su Australija i Japan. Oni koji se bave brendiranjem zemalja sa ovakvim obeležjima ne bi trebalo da ih plasiraju na tržište kao „ponudu sa istim sadržajem“. Ova strategija bi bila pogrešna, jer bi eksterna javnost mogla da takvu poruku razume kao signal da su svi gradovi ili regioni koje su posetili u osnovi slični u svojoj prirodi ili da nisu naročito zanimljivi, što za posledicu ima da brend zemlje gubi svoj „kapital“, odnosno potencijal. Ono što u

ovakvim slučajevima treba raditi jeste da se kreatori brenda fokusiraju na određene gradove koji imaju jedinstvene/unikatne pejzaže i geografske karakteristike. Ideja koja stoji iza ove strategije brendiranja je da je brend zemlje jednak brendu grada (ili gradova). Da bi pravilno primenili ovu strategiju, trebalo bi izgraditi nekoliko moćnih gradskih brendova koji će se doživljavati kao deo brenda zemlje. Japan je primer zemlje koja je dobro brendirana. Fokus kampanja za brendiranje je bio na samo nekoliko gradova, od kojih svaki ima neku svoju posebnost, umesto da se brendira veći broj gradova i regiona širom zemlje. Dobro brendiran grad postaje simbol za celu zemlju. Na primer, grad Hirošima je postao pravi gradski brend i sinonim za Japan.

Treća strategija pozicioniranja je pristup homogene geografije i multinacionalne kulture. Ova strategija pozicioniranja je pogodna za zemlje sa jedinstvenom topografijom, ali sa brojnim nacionalnostima i bogatim kulturnim nasleđem. Primeri ovakvih zemalja su Etiopija, Nigerija i Jordan. Oni koji se bave brendiranjem takvih zemalja bi trebalo da se usredsrede na nekoliko odabranih regiona koji odražavaju različite kulture koje u njoj postoje i da ih plasiraju kao glavnu „prodajnu“ poruku. Ideja ove strategije brendiranja je stvaranje regionalnog brenda koji je moćniji od brenda zemlje (brend zemlje < brend regije). Strategija treba da se zasniva na tome da se turisti i drugi eksterni korisnici ubede da posete zemlju kako bi bili izloženi različitim kulturama u nekoliko regiona - kulturama

koje ne postoje nigde u bilo kojoj zemlji na svetu.

Četvrta strategija pozicioniranja je pristup homogene geografije i uniformne nacionalne kulture. Ova strategija pozicioniranja pogodna je za zemlje koje su homogene u pogledu topografije i kulturoloških karakteristika. Primeri ovih zemalja su Litvanija, Danska i Portugalija. Oni koji se bave procesom brendiranja ovakvih tipova država treba da se usredsrede na glavne gradove, a ne na zemlju/državu kao entitet. Svaki pokušaj da se ove zemlje plasiraju kao proizvodi na tržištu verovatno neće uspeti, jer tim zemljama nedostaje sposobnost da stvore konkurentsku prednost u odnosu na druge države u pogledu pejzažne raznolikosti i multikulturne atmosfere. Ovde bi trebalo usvojiti strategiju brendiranja koja gradski brend doživljava kao moćniji od nacionalnog/državnog (brend zemlje < brend grada).

Iako istraživači i oni koji se u praktičnom smislu bave brendiranjem destinacija imaju sklonosti ka prepoznavanju tri različita koncepta u “brendiranju zemlje“, “brendiranju regiona” i “brendiranju grada”, gore predloženi model (država – region – grad model) opisuje novi pristup brendiranju zemalja koji spaja ova tri koncepta. Da bi (re)brendirali zemlju, trebalo bi pozicionirati je najpre prema njenoj topografiji (geografskim karakteristikama) i kulturnoj raznolikosti (videti Tabelu 1. ispod). Ovaj model omogućava da se odredi koja je to strategija brendiranja najpogodnija za svaku zemlju ponaosob.

Tabela 1. Strategije brendiranja

Četiri tipa pozicioniranja	Karakteristike	Strategija brendiranja
Heterogena geografija – multinacionalna kultura	<ul style="list-style-type: none"> • Zemlja ima mnogo toga da ponudi u pogledu pejzaža • Zemlja ima mnogo toga da ponudi u pogledu kulturne atmosfere 	„Jedan paket za celu zemlju“, brend države učiniti jačim od brenda grada i regiona.
Heterogena geografija – uniformna nacionalna kultura	<ul style="list-style-type: none"> • Zemlja ima mnogo toga da ponudi u pogledu pejzaža • Zemlja nema prednosti u pogledu kulturne atmosfere 	Brend zemlje je jednak brendu grada (gradova).
Homogena geografija – multinacionalna kultura	<ul style="list-style-type: none"> • Zemlja nema prednosti u pogledu pejzaža • Zemlja ima mnogo toga da ponudi u pogledu kulturne atmosfere 	Brend regiona je snažniji od brenda države.
Homogena geografija - uniformna nacionalna kultura	<ul style="list-style-type: none"> • Zemlja nema prednosti u pogledu pejzaža • Zemlja nema prednosti u pogledu kulturne atmosfere 	Brend grada je snažniji od brenda države.

Izvor: Herstein, R. (2012), “Thin line between country, city, and region branding“, *Journal of Vacation Marketing* 18(2), str. 153

4. MOGUĆNOSTI I IZAZOVI U PROCESU BRENDIRANJA REGIONA

Videli smo da se brendiranje destinacije (mesta) primenjuje na različite prostorne nivoe kao što su države, regioni i gradovi. Svaki od njih ima svoje posebne karakteristike, te mogućnosti i izazove kad je u pitanju ovaj proces. Brendiranje regiona nije često bilo predmet proučavanja budući da se suočavalo sa nekoliko izazova.

Hankinson⁷ naglašava da se brendiranje mesta koristi kao zajednički naziv za najmanje pet različitih oblasti, uključujući i brendiranje gradova, destinacija, maloprodajnih centara, zemalja i regiona, sa sve većim preklapanjem između glavnih teorijskih doprinosa ovih oblasti procesu

brendiranja na više prostornih (geografskih) nivoa. Do ovih preklapanja dolazi zbog toga što se brendiranje mesta tumači kao naročito važno za privlačenje ljudi, poslovne aktivnosti i kapitala u ta mesta, kao i za prikazivanje i poboljšavanje vidljivosti onih regiona koji nisu među najvažnijim globalnim centrima. Neki regioni, naročito u Evropi, pokušavaju da stvore regionalne brendove iz svojih prostranih mreža malih i srednjih gradova kako bi privukli i zadržali radnike i preduzeća iz drugih zemalja, kao i u nameri da iskoriste resurse na što održiviji način. Tabela 2. sumira neke od izazova i prilika za brendiranje regiona. Osim toga, ključni izazov u brendiranju regiona je izazov unifikacije⁸. Slika 2. ima za cilj da

⁷ Hankinson, G. (2015), “Rethinking the place branding construct”, in M. Kavaratzis, G. Warnaby and G.J. Ashworth (eds), *Rethinking Place Branding Comprehensive Brand Development for Cities and Regions*, Cham, Switzerland: Springer International Publishing

⁸ Prema: Zenker, S. and Jacobsen, B.P. (2015), “Introduction to interregional place branding”, in S. Zenker and B.P. Jacobsen (eds), *Inter-regional Place Branding: Best Practices, Challenges and Solutions*, Cham, Switzerland: Springer International Publishing, pp.1–11.

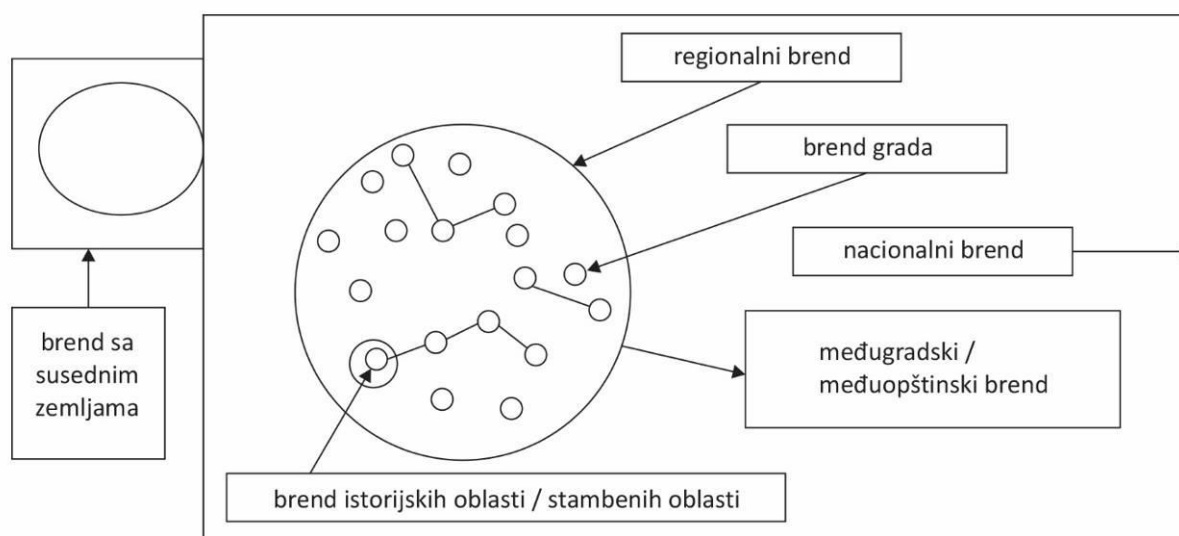
predstavi kompleksnost regionalnog brendiranja.

Tabela 2. Izazovi i prilike koje postoje u procesu brendiranja regiona

Izazovi	Prilike (Mogućnosti)
<i>Izazov konsenzusa</i>	
Teškoće usaglašavanja interesa, nada i želja svih regionalnih aktera (javnih i privatnih), kao i građana u okviru jedne iste strategije brendiranja regiona.	Strategije brendiranja regiona formirane na osnovu geografske blizine, uključujući i opštine i naselja, bile bi globalno efikasnije kada bi se uporedile sa brendovima opštine ili grada koji funkcioniše na izolovan način.
<i>Izazov različitosti</i>	
Izazov regionalne različitosti, u smislu sredstava (materijalnih i nematerijalnih) i identiteta zajednica.	Brend regiona može iskoristiti prednost globalnih mreža. U ovom slučaju, drugi načini bliskosti u smislu baze znanja i društveno-kulturnih faktora su takođe fundamentalni za efikasnost regionalnog brenda.
<i>Izazov donošenja odluka</i>	
Neki regioni su lišeni regionalne uprave sa autonomijom i mogućnosti da samostalno donose odluke o svom razvoju ili da definišu svoje strategije brendiranja regiona. Kada ne postoji centralna vlast u regionu koja donosi odluke, izazovi koordinacije i upravljanja brendiranjem regiona su izraženi.	Brendiranjem regiona kao celine, regionalni akteri (i javni i privatni) mogu iskoristiti ekonomske prednosti na nivou regiona; na primer, da stvore kritičnu masu, povećaju prisustvo medija, steknu političku moć ili da dobiju pristup specijalizovanim uslugama. Proces brendiranja regiona mora biti u stanju da kompenzuje nedostatak mogućnosti donošenja odluka tako što će se primenjivati kolaborativniji mrežni pristup i što će se raditi u koordiniranim partnerstvima i savezima u kojima će učestvovati svi relevantni regionalni akteri.
<i>Izazov stvaranja priče</i>	
Jedan od najkritičnijih izazova brendiranja regiona je koordinisanje prenetih poruka i usmeravanje napora, ne samo na nivou nacionalnih i regionalnih vlada, već i u privatnom sektoru. Svi ovi entiteti imaju različite ciljeve i mogućnosti da kreiraju svoje sopstvene brendove. Zbog toga pretil međusobna konkurencija i slanje nekoordiniranih „priča“. Udružene napore brendiranja na regionalnom nivou, međutim, treba voditi pomoću strateškog razmišljanja.	Regionalni akteri, javna administracija, opštine i zajednice opština mogle bi postati konkurentne i iskoristiti prednosti zajedničkih napora za kreiranje jedinstvenog regionalnog brenda. Oni će deliti resurse i prenositi svoju jedinstvenost i potencijale ciljnim grupama u mnogo širem smislu.
<i>Izazov doslednosti</i>	
Regioni, bilo funkcionalni ili političko-administrativni, sastavljeni su od većih i manjih gradova i sela. Većina ovih naselja ima sposobnost da razvije brend mesta. Stoga, svi regioni komuniciraju na mnogo načina. Ukoliko najvažnije poruke koje dolaze iz regiona nisu koordinisane i poslate na dosledan način, postoji rizik da će region poslati različite ili čak kontradiktorne poruke koje na kraju mogu biti štetne za njegov imidž.	Često se dešava da brendovi gradova dovode do vidljivosti i regionalnih brendova. Međutim, postojanje regionalnog brenda ne eliminiše niti „sprovodi kontrolu“ nad brendovima gradova, niti će brendovi gradova umanjiti vrednost i efikasnost regionalnog brenda. Oba pokušaja brendiranja mogu savršeno odgovarati njihovim ciljevima, vizijama i intervencijama, ukoliko se uspostavi neophodan mehanizam za koordinaciju napora brendiranja i jednih i drugih.
<i>Izazov kulturnog nasleđa</i>	
Neki regioni izgrađeni su na političkim dogovorima i bez čvrste strukture identiteta, gde ne postoji bilo kakva srodnost u kulturnom, istorijskom, pa čak ni jezičkom smislu.	Literatura koja se bavi brendiranjem mesta podržava ideju da postoji snažna teorijska veza između identiteta mesta i identiteta brenda. Zajednički identitet mesta olakšaće ujedinjavanje namera i napora među regionalnim akterima. Ovaj zajednički identitet pojednostaviće saradnju između regionalnih aktera da se slože u vezi sa ključnim vrednostima, ciljevima i vizijama za taj region i o tome kako da ih sprovedu u

	delo.
<i>Izazov nedostatka resursa</i>	
Neki gradovi koji su smešteni u formalnim ili funkcionalnim regionima imaju teškoće da pristupe finansijskim, organizacionim, pa čak i tehničkim sredstvima kako bi nezavisno razvili strategiju brendiranja mesta.	Strategija brendiranja regiona, koja podrazumeva veće učešće svih relevantnih aktera u regionu, okupila bi finansijske, institucionalne i tehničke kapacitete za dalji razvoj brendiranja regiona. Osim toga, uspešna strategija brendiranja regiona dovela bi do pozitivnih ekonomskih rezultata koji mogu doprineti povećanju raspoloživih resursa. Regionalni brend mogao bi da posluži kao zajednički brend za ceo region (i sve gradove u njemu), i da na taj način kompenzuje nedostatke brendova kod manjih geografskih celina (gradova, sela itd.).
<i>Izazov geografske pozicije</i>	
Neki region, bilo funkcionalni ili oni administrativnog karaktera, mogu se lako odrediti i identifikovati prema geografskim koordinatama (npr. severni, južni, istočni ili zapadni region), što ne ističe nikakve karakteristične elemente. Ljudi će moći samo, na primer da kažu/odrede da je „severni region“ teritorija na severu bez ikakvih jasnih iskaza o njegovom bogatstvu, potencijalima, jedinstvenosti ili specifičnim odlikama.	Strategija brendiranja regiona mogla bi da upozna i interne i eksterne ciljne grupe sa mnogo više podataka nego što je geografska pozicija. Pošto upotreba geografske pozicije (severni, južni, istočni ili zapadni) kao „identifikatora“ može biti beznačajna i ni na koji način posebna, regionalni brend treba da bude izgrađen na jedinstvenom sadržaju koji će preneti jasnu i snažnu poruku, i da bude u stanju da pozicionira i učini region uočljivim i prepoznatljivim i unutar i van njega, sa mnogo više detalja nego što su samo geografske koordinate.
<i>Izazov omogućavanja izmena</i>	
Ovaj izazov povezan je sa prethodnima. Često region bez zvaničnih upravljačkih mehanizama imaju problem da odlučuju o stvarima koje se tiču njihovog budućeg razvoja. Osim toga, veliki gradovi nemaju sposobnost donošenja bilo kakvih odluka koje bi omogućile strukturne promene i obično se nalaze u regionima koji se suočavaju sa ozbiljnim socijalnim i ekonomskim problemima. Pojedinačni naponi da se omogućće promene biće bez uspeha.	Kako bi se prevazišao ovaj izazov, regionalni brend razvijen kao deo strateškog prostornog planiranja na nacionalnom i regionalnom nivou imao bi uticaj na to da se omogućće strukturne promene. Razmotrimo sledeći simplifikovan primer. Grad X je karakterističan po tome što ima „tešku“ industriju koja zagađuje životnu sredinu i nalazi se u regionu koji ima ista takva obeležja. Stoga, brend grada ne bi imao nikakvog uticaja kao podrška u procesu stvaranja novog imidža osim ako se i region ne bi zauzeo za brendiranje regiona kao podrške procesu stvaranja novog imidža. Mogli bi se izneti argumenti u prilog tome da bi brend grada mogao da se „distancira“ od regiona i potencijalnog regionalnog brenda. Međutim, zajedničkom saradnjom u procesu kreiranja novog regionalnog brenda izbegle bi se protivrečnosti između grada i regiona. Regionalni brend mogao bi da mobilise i druge gradove i da integriše, ili makar usaglasi sa njima, strateški plan koji bi omoguććeo strukturne promene – na primer, od regiona sa teškom industrijom do onog zasnovanom na inovacijama i znanju.

Izvor: Oliveira, E. and G. J. Ashworth (2017), “A strategic spatial planning approach to regional branding: challenges and opportunities”, in: Campelo, A. (ed), *Handbook on Place Branding and Marketing*, Edward Elgar Publishing Limited, DOI: <https://doi.org/10.4337/9781784718602>, str. 32-34.



Slika 2. Šematski prikaz kompleksnosti regionalnog brendiranja. Izvor: ibid, str. 35.

5. ZAKLJUČAK

U današnjim uslovima globalizacije, ekonomske krize i hiperkonkurencije, jako je važno stvoriti uspešan brend. Nijedna ozbiljna kompanija neće lansirati na tržište novi proizvod/uslugu bez prethodno kreiranog identiteta, odnosno „brenda“. U uslovima oštre, globalne, konkurencije proizvodi ne mogu da „prežive“ na tržištu bez pozitivne i efikasne strategije kreiranja imidža (brendiranja).

Destinacije danas postaju proizvodi na tržištu. Konkurišu između sebe za privlačenje kadrova (talentovanih pojedinaca), turista i investitora. Bez jasne „brend strategije“ koja treba da rezultira u kreiranju pozitivnog imidža o mestu, on se neće tako lako izdvojiti od ostalih konkurenata. Stvaranje tržišne marke države, regiona ili grada jeste način upravljanja destinacijom koji se temelji na pretpostavci da mesta funkcionišu kao tržišni subjekti, a sa ciljem kontinuiranog poboljšanja uslova života za svoje stanovnike.

Brendiranje je postalo jedno od najmoćnijih oruđa u marketinškoj strategiji. Danas je sazrelo shvatanje kako među akademskim istraživačima, tako i u krugovima onih stručnjaka i eksperata koji se praktično bave ovom disciplinom da se destinacije (odnosno mesta) mogu brendirati

na isti ili sličan način kao i potrošačka dobra i usluge. Brendiranje destinacije je relativno nov koncept, tako da još uvek nedostaju sveobuhvatna empirijska akademska istraživanja na ovu temu. Ovaj rad je imao za cilj da ukaže na neke specifičnosti brendiranja regiona, u poređenju sa nacionalnim državama i gradovima, kao i da dovede u vezu i pronađe zajedničke imenitelje za ove procese. U radu se ispitalo da li postoje razlike i koje su eventualne sličnosti u postupku brendiranja destinacija različitih geografskih nivoa - zemlje, regiona i grada. U tom smislu, predstavljene su četiri moguće strategije brendiranja u zavisnosti od stepena heterogenosti geografskih obeležja i kulturnog sadržaja jedne države. Na bazi toga su iznete određene pretpostavke o odnosu između brenda zemlje, regiona i grada i date su preporuke za primenu odgovarajućih strategija brendiranja u konkretnim slučajevima. U posebnom delu rada su sumirane mogućnosti i prilike za brendiranje regiona u zavisnosti od njihovih konkretnih obeležja, poput načina donošenja odluka na regionalnom nivou, institucionalne pozicije regiona, kulturnog nasleđa, raspoloživosti resursa i dr.

6. LITERATURA

- [1] Ashworth, G.J., Kavaratzis, M. and Warnaby, G. (2015), "The need to rethink place branding", in M. Kavaratzis, G. Warnaby and G.J. Ashworth (eds), *Rethinking Place Branding: Comprehensive Brand Development for Cities and Regions*, Cham, Switzerland: Springer International Publishing, str. 2.
- [2] Chan, C.S. and Marafa, L.M. (2013), "A review of place branding methodologies in the new millennium", *Place Branding and Public Diplomacy*, 9 (4), 236–253.
- [3] Hankinson, G. (2015), "Rethinking the place branding construct", in M. Kavaratzis, G. Warnaby and G.J. Ashworth (eds), *Rethinking Place Branding Comprehensive Brand Development for Cities and Regions*, Cham, Switzerland: Springer International Publishing, pp. 13–31.
- [4] Hanna, S. and Rowley, J. (2008), "An analysis of terminology use in place branding", *Place Branding and Public Diplomacy*, 4 (1), 61–75; Lucarelli, A. and Berg, P. (2011), "City branding: A state-of-the-art review of the research domain", *Journal of Place Management and Development*, 4 (1), 9–27.
- [5] Herstein, R. (2012), "Thin line between country, city, and region branding", *Journal of Vacation Marketing* 18(2), pp. 147–155, DOI: 10.1177/1356766711435976
- [6] Kavaratzis, M. (2010), "Is corporate branding relevant to places?", in G.J. Ashworth and M. Kavaratzis (eds), *Towards Effective Place Brand Management: Branding European Cities and Regions*, Cheltenham, UK and Northampton, MA: Edward Elgar Publishing, pp.36–48.
- [7] Kavaratzis, M. (2012), "From "necessary evil" to necessity: Stakeholders' involvement in place branding", *Journal of Place Management and Development*, 5 (1), 7–19.
- [8] Oliveira, E. and G. J. Ashworth (2017), "A strategic spatial planning approach to regional branding: challenges and opportunities", in: Campelo, A. (ed), *Handbook on Place Branding and Marketing*, Edward Elgar Publishing Limited, DOI: <https://doi.org/10.4337/9781784718602>
- [9] Rikalović, G. i D. Molnar (2018), "Nužnost reafirmacije regionalne politike u Srbiji", u: EKONOMSKA POLITIKA SRBIJE u 2018. godini: Kvalitet institucija i ekonomski rast (ur. A. Prašćević), NDES sa AEN i Ekonomski fakultet u Beogradu, CID, Beograd., str. 251-263.
- [10] Zenker, S. and Jacobsen, B.P. (2015), "Introduction to interregional place branding", in S. Zenker and B.P. Jacobsen (eds), *Inter-regional Place Branding: Best Practices, Challenges and Solutions*, Cham, Switzerland: Springer International Publishing

Adresa autora: Molnar Dejan, vanredni profesor,
Univerzitet u Beogradu – Ekonomski fakultet,
Kamenička 6, 11 000 Beograd
e-mail: dejan.molnar@ekof.bg.ac.rs
Rad primljen: jul 2023.
Rad prihvaćen: septembar 2023.



МИЛОШ САВЧИЋ
(1865 – 1941)

Грађевински инжењер.

Пројектант и градитељ

пруга, индустријских објеката, фабрика,
велелепних зграда, читавих градских квартова.

Финансијски експерт, банкар и инвеститор.

Политичар и родољуб.

Градоначалник Београда и

Министар у Влади Србије.

Један од најбогатијих Срба свих времена.

КАРАКТЕРИСТИКЕ СТАТИСТИЧКОГ МОДЕЛИРАЊА ЕКОНОМСКИХ ЗАКОНИТОСТИ

CHARACTERISTICS OF STATISTICAL MODELING OF ECONOMIC REGULATIONS

РОСА АНЦИЋ¹
СВЕТЛАНА ТАСИЋ²
ДЕЈАН ГОЈКОВ³

¹Институт примењених наука у Београду

²Београдска академија пословних и уметничких струковних студија, Београд

³Универзитет за пословне студије, Бања Лука, Р. Српска

РЕЗИМЕ

Стохастички модел (стимулациони модел, модел Monte-Carlo у имитационом аспекту) омогућује истраживање сложеног система ма ког типа, тако да се може користити и у истраживању економских законитости. Могућност обухватања нелинеарности, динамике, стохастичке природе неких појава, омогућује да се учини стохастички модел адекватним реалности.

Суштина статистичког моделирања, састоји се у томе да се процес функционисања сложеног система имитира аритметичким и логичким операцијама, у таквој узастопности елементарних поступака, која је карактеристична за процес који моделирамо. Имитација алеаторних фактора врши се помоћу алеаторних бројева.

Кључне речи: моделирање, економски закони, случајне променљиве

ABSTRACT

The stochastic model (stimulation model, Monte-Carlo model in the imitation aspect) enables the research of a complex system of any type, so it can also be used in the research of economic laws. The possibility of including non-linearity, dynamics, stochastic nature of some phenomena, makes it possible to make the stochastic model adequate to reality.

The essence of statistical modeling is that the process of functioning of a complex system is imitated by arithmetic and logical operations, in such a sequence of elementary procedures, which is characteristic of the process we are modeling. Imitation of random factors is done using random numbers.

Key words: modeling, economic laws, random variables

1. УВОД

Модел (детерминистички) реалног процеса (појаве) представља алгоритам

који омогућује да се прикаже (са извесним степеном тачности) ток тога процеса. У ствари, „аритметички“ модел процеса (појаве) је алгоритам, који

омогућује да се за неку узастопност момената времена t_i ($i=1,2,\dots,n$) одреди стање тог процеса (на основу информације о стању у тренутку t_i одређује се стање у тренутку t_{i+1}). Међутим, када се процес описује диференцијалном једначином, где као основна променљива фигурише време t , „аритметички“ модел представља алгоритам нумеричког решавања те једначине. Теореме постојања тог решења и изражавају детерминистички карактер процеса.

При анализи сложених система оперише се алеаторним (случајним) величинама, алеаторним појавама: знајући стање система у тренутку t_i , ми не можемо једнозначно одредити стање система у неком наредном тренутку t_{i+1} , а можемо само одредити вероватноће стања система у тренутку t_{i+1} . Реч је о тзв. стохастичком моделу, који може да да само стохастичке карактеристике тока процеса.

У вези задатака управљања производним процесом са сложенем унутрашњом структуром, аналитички методи одређивања статистичких карактеристика излазних величина система имају битна ограничења. Наиме, у истраживању сложених система потребно је решавати сложене задатке алеаторне природе (када се примена аналитичких метода показује веома сложенем или, чак, неизводљвом). [4]

Стога се сложени системи не изучавају аналитички, већ се моделира стохастички процес и користе статистичке оцене вероватноће или очекиване вредности за приближно решавање постављеног задатка. У опису таквих процеса велику улогу имају логичке везе (на пример, код производних процеса, везе које изражавају узастопност њиховог функционисања итд.) и формирање алгоритама, који омогућују одређивање стања система у дискретној наизменичности временских интервала.

Решавање задатака одређивања статистичких карактеристика излазних информација сложених система, може се остварити моделирањем помоћу метода статистичких испитивања (метода Monte-Carlo). На основу постојећих параметара система моделира се, на бази стања система у тренутку t_i , његово стање у тренутку t_{i+1} . При томе се, сваки пут добија једна од могућих варијаната узастопног стања система у тренутцима t_i ($i=1, 2,\dots,n$). [1]

Ако се више пута понавља такво репродуковање статистика „исхода процеса“ биће блиска статистици моделираног објекта, уз услов, да стохастичке карактеристике модела одговарају (са довољном тачношћу), карактеристикама моделираног процеса.

При моделирању, на пример, задатака масовног опслуживања под алеаторном појавом подразумевамо појаву отказа; алеаторном величином, са различитим законом распореда, схватамо време непрекидног рада опслужујућег апарата време, утрошено на његов ремонт итд. Вишеструку репродукцију процеса (појаве) замењујемо моделирањем таквог процеса у датом временском интервалу.

Статистичко моделирање је нумерички метод математичког моделирања, који се састоји у имитацији реалних процеса, путем репродукције елементарних појава и процеса, у узастопности, која изражава реалне међусобне везе и зависности. Оно је веома погодан инструмент истраживања сложених економских система (предузећа, грана, привреде у целини), како у циљу решавања проблема перспективног карактера (одређивања структуре система), тако и у циљу оперативног управљања системом. [10]

Статистичко моделирање обухвата системе, формализоване у виду шема масовног опслуживања, стварањем одговарајућег алгорита моделирања, који се реализује на рачунским машинама и имитира понашање и узајамно дејство

елемената система са обухватањем делујућих алеаторних фактора. Наиме, статистичко моделирање процеса функционисања сложених система претпоставља обухватање алеаторних фактора, који се описују најразличитијим законима распореда вероватноћа (отуда назив – статистичко).

На тај начин, у својству статистичког модела процеса функционисања сложеног система појављује се *алгоритам*, записан на неком алгоритамском језику. Тим алгоритмом се, при задатим вредностима параметара система и почетних услова, као и обухватању алеаторних фактора, оцењују карактеристике система, предвиђене програмом истраживања и неопходне за решавање практичних задатака. Алгоритам омогућује да се дође не само до конкретних вредности карактеристика које нас интересују, које су неопходне за квантитативна истраживања, већ се врше, такође, и квалитативна истраживања система.

2. ОСОБЕНОСТИ МЕТОДА СТАТИСТИЧКОГ МОДЕЛИРАЊА

Статистичко моделирање, у свом приступу, имплицира елементе квалитативног. Логика тог метода и консеквенце његовог коришћења, зависе од самог приступа његових елемената. Наиме, примена статистичких модела није могућа без квалитативне анализе приступа и логике тих модела. Уколико бисмо запоставили квалитативна истраживања, у том смислу, имали бисмо честе неодређености модела.

Статистичко моделирање омогућује да се реше веома сложени задаци, те има битне предности над аналитичким методама и другим облицима моделирања. [7]

Основна предност статистичког моделирања огледа се у могућности решавања задатака искључиве сложености: истраживани системи могу,

истовремено, да садрже елементе непрекидног, дискретног и дискретно-непрекидног дејства, да буду подвргнути утицају многобројних алеаторних променљивих фактора сложене природе, да се описују одговарајућим распоредима вероватноћа, задатим на скупу реализација и сл.

С друге стране, истраживање стохастичких процеса, изналажењем решења аналитичким методама, или изналажењем решења применом приближних нумеричких метода, повезано је са тешкоћама услед добијања веза које садрже као непознато, законе распореда или средње вредности, варијансе, корелационе функције итд. којима анализирамо процес.

Ова околност постаје значајнија у случајевима описивања зависности између алеаторних фактора и непознатих величина сложеним нелинеарним везама. Сем тога, утрошци времена и материјалних средстава на реализацији статистичког модела, незнатни су у поређењу са утрошцима код примене других метода. Истовремено, резултати статистичког моделирања, по својој вредности за практично решавање задатака, често су блиски резултатима других метода. [9]

Премда се статистичко моделирање све више развија као методолошки приступ сложеним системима, не може се похвалити развијеним унифицираним моделима. Наиме, у овој области читав низ проблема, још увек, чека одговарајуће ангажовање и решења: резултат моделирања увек носи посебан карактер и одговара фиксираним вредностима параметара система и почетних услова (немогуће је уопштити добијене резултате у смислу формирања аналитичких зависности, што је и општи недостатак нумеричких метода); сложено је и тешко формирати алгоритме моделирања, а, такође, сложено је добити оптимална решења (с обзиром на велике утрошке времена при реализацијама на

електронском рачунару); за анализу система обично је неопходно вишеструко моделирати његов процес функционисања, уз варирање почетних услова задатка; такође се у самој концепцији модела поједини елементи могу лако погрешно формулисати; у циљу погодности за практичну примену потребна је унификација алгоритама моделирања и њихових делова (подпрограма), који описују различите елементе сложених система, операционализација економске науке и све већа афирмација статистичког моделирања, отворили су низ проблема у правцу анализе и обухватања, алгоритмима, алеаторних фактора, релевантних за економску активност. [8]

Како су тешкоће, назначеног карактера, лако савладиве, статистичко моделирање се, данас, све више шири и уводи у праксу. Статистички модели, још увек делом неразвијени, актуелност су економске мисли. Наиме, помоћу њих се врши веома опште истраживање динамике функционисања сложених система и добијају квалитативни резултати, који се односе на таква својства процеса, као што су стабилност, ергодичност итд., као и на истицање квантитативних и квалитативних законитости разматраних система.

Значај статистичког моделирања састоји се и у томе што у „сложеним условима окружења омогућује да се што потпуније сагледају фактори који утичу на понашање система, његов потенцијал и резултат који је постигнут“.

3. МЕТОД СТАТИСТИЧКИХ ИСПИТИВАЊА (МЕТОД MONTE-CARLO)

Као што је већ напред истакнуто, дакле, статистичко моделирање је нумерички метод, који омогућује приближну репродукцију функционисања неког система. Као такав, метод статистичког моделирања, најпре се

примењивао при моделирању алеаторних објеката (величина, функција), чије су стохастичке карактеристике биле једнаке решењима датих аналитичких задатака.

При томе су се узастопно вршиле статистичке оцене тих карактеристика у циљу приближног решавања одговарајућег аналитичког задатка. Таква процедура добила је назив метод статистичких испитивања или метод Monte-Carlo. Касније је било запажено да се тај метод може применити и за истраживање процеса функционисања сложених система, на које делују алеаторни фактори, тј. појавио се метод, напред, назван статистичким моделирањем. Услед битне разлике тих двају аспеката статистичких испитивања, целисходно је имати и различите термине за њихову ознаку. Наиме, статистичким моделирањем правилније је назвати метод изучавања сложених система, помоћу имитационих модела, а методом Monte-Carlo – нумерички метод решавања аналитичких задатака.

У Совјетском Савезу метод Monte-Carlo, често називају методом статистичких испитивања или методом статистичког моделирања, наглашавајући тиме његов експериментално-статистички карактер. [2]

Метод Monte-Carlo (метод статистичких испитивања) представља нумерички метод решавања разноврсних задатака моделирањем алеаторних величина. Наиме, Метод Monte-Carlo повезан је са идејом формирања таквог вештачког стохастичког процеса, који би имао све неопходне карактеристике изучаваног система и који се реализује помоћу рачунара.

Као такав, примењује се свуда где је у задацима могућ статистички опис, мада сами задаци, при томе, могу бити строго детерминистичке садржине. Дакле, основни задатак методе је одређивање вероватноћа догађаја и средњих вредности алеаторних величина на основу резултата испитивања.

Саставни делови метода су: разрада статистичких модела изучаваних реалних процеса, моделирање случајних величина са задатим законом распореда вероватноћа, решавање задатака статистичке теорије оцењивања. Дакле, у методу статистичких испитивања јављају се специјални задаци статистичке теорије оцена. Стога овај метод, често називају „проценитељем вредности“ карактеристика распореда алеаторних величина.

Практична вредност метода Monte-Carlo састоји се у томе, што он замењује природна испитивања резултатима израчунавања, која оперишу са случајним величинама. Стога се потребне карактеристике изучаваног процеса могу одредити без коришћења једначина, које описују измену датог процеса.

Наиме, решавање задатака методом Monte-Carlo практично је могуће само уз помоћ рачунара. Стога се карактерише једноставношћу и универзалношћу. То је метод типа, када за решавање задатака човек обавља минимум рада, а машина – максимум. Сем тога, метод Monte-Carlo, често, омогућује економију средстава: уместо да се врше скуп (а, понекад, и немогући) природни експерименти, моделирају се различите варијанте система (на пример, организације управљања у систему и од њих се бира оптимална.

При коришћењу метода Monte-Carlo економски експеримент се замењује испитивањем нумеричког модела економског процеса, на основу неких његових полазних карактеристика, или закона распореда алеаторних величина у изучаваном процесу. Рачунски алгоритам метода укључује програм за остварење једног вероватног испитивања, чија се реализација остварује посредством моделирања. За организацију моделирања могу се искористити таблице случајних бројева, израчунати алеаторни бројеви на електронском рачунару итд.

Тачност израчунавања методом Monte-Carlo (методом статистичких испитивања) може се побољшати његовом модификацијом, путем комбиновања са детерминистичким методама. Други важан извор, који побољшава тачност метода Monte-Carlo јесте избор стохастичког модела са, што је могуће, мањом варијансом. Тај правац теорије метода Monte-Carlo се брзо развија. Стога нема основа сматрати метод Monte-Carlo мало поузданим. [2]

Примена идеја метода Monte-Carlo, у истраживању сложених система, нашла је свој израз у методу статистичког моделирања. Она је од изузетног значаја за симулирање економских система и појава. Наиме, како „у алеаторним величинама шему симулације нужно прате закони вероватноћа“, потребно је, с једне стране, „ако су познати закони вероватноћа“ да се „на случај“ бирају „елементи датог распореда и, с друге стране, „као нису познати“ да се „методом Monte-Carlo симулира појава (долазак, квар, одлазак итд.)“. Симулациони модели су од великог значаја, јер се њима „истражују и решавају проблеми залиха, инвестиција, набавке и продаје, производне политике, транспорта, редова чекања и сл.“

4. ПРИМЕНА МЕТОДА СТАТИСТИЧКОГ МОДЕЛИРАЊА У РЕШАВАЊУ ПРАКТИЧНИХ ЗАДАТАКА МАСОВНОГ ОПСЛУЖИВАЊА

На основу напред истакнутог о методу статистичког моделирања може се, укратко, рећи да се Методом могу израчунати вредности сваког функционала, задатог на скупу реализација процеса функционисања изучаваног сложеног система (уз услов да су одговарајући подпрограми предвиђени у формираном имитационом моделу). [1]

Најважнији показатељ, који је, првенствено, предмет анализе

истраживача, јесте обично показатељ ефективности система, који се схвата у најширем смислу речи. Имајући могућност налажења вредности показатеља ефективности, може се (помоћу модела) решити низ задатака, а наиме:

- оценити ефикасност различитих принципа управљања;
- оценити варијанте структуре сложеног система;
- оценити утицај измена различитих параметара сложеног система, или његових посебних елемената (а, такође, почетних услова).

Метод статистичког моделирања се примењује за решавање великог броја разноврсних практичних задатака теорије масовног опслуживања. Наиме, сада постоји веома значајно искуство примене метода статистичког моделирања (Monte-Carlo) за решавање задатака теорије масовног опслуживања, при веома широким претпоставкама о карактеру тока захтева и својствима рада опслужујућег система.

Блокови алгоритама моделирања, који имитирају процесе опслуживања захтева у систему масовног опслуживања, представљају скупове логичких и аритметичких операција, који остварују имитацију формално описаних правила избора захтева из реда и приступања опслужујућим апаратима, проверу великог броја услова (апарат је заузет или слободан; завршило се опслуживање датог захтева или се још продужује; постоје ли захтеви у реду или не, итд.), а, такође, израчунавање параметара и својстава, неопходних за проверу услова. [5]

Резултат моделирања су оцене показатеља квалитета опслуживања, као средње вредности одговарајућих алеаторних величина (времена чекања у реду, времена налажења захтева у систему, итд.) или фреквенције алеаторних догађаја (отказа, заузетости

канала итд.) на основу великог броја реализација модела.

Метод статистичког моделирања, који користи алгоритме моделирања таквог типа, добио је широку распрострањеност. Међутим, пракса захтева даље ширење круга задатака, обухваћених тим методом, из разлога: [2]

- карактер захтева – услов сличности догађаја тока, показао се ограничавајућим. У вези с тим, токови захтева се разматрају као токови алеаторних вектора, чије су компоненте тренуци стицања захтева и њихови параметри.

Опис захтева, као вектора, утиче не само на методе имитације тока захтева, већ, такође, и на реализацију низа блокова алгоритма моделирања. У ствари, алгоритам моделирања треба да обухвати околности да низ параметара (који фигуришу у систему), провера логичких услова, а, такође, време опслуживања, време чекања итд., могу, у општем случају, да зависе од параметара захтева.

- неопходност обухватања поузданости елемената система масовног опслуживања и оцена утицаја отказа на квалитет опслуживања. За обухватање тих фактора у алгоритам моделирања уводе се оператори, који имитирају помоћу алеаторних бројева, тренутке отказа елемената и дужине ремонта (као алеаторне величине са задатим законима распореда).

Методологија формирања тих оператора, користи принципе имитације токова сличних догађаја. У алгоритам моделирања потребно је да се уведу оператори (који изражавају последице отказа елемената система масовног опслуживања), а такође, блокови који имитирају процесе ремонта и сл. [10]

- на крају, у пракси су значајни процеси, за које се догађаји „захтев је опслужен“ алеаторни (са вероватноћама, које зависе од параметара захтева и величина, које се одређују у току моделирања – тренутка ослобођења и

броја канала, тренутака отказа и обнављања елемената, времена налажења захтева у систему итд.) и, сем тога, излазни (после опслуживања) параметри захтева имају алеаторне вредности (које се описују законима распореда вероватноћа).

Метод статистичког моделирања обухвата и те процесе. У ствари, у алгоритам моделирања могу се увести блокови, који израчунавају одговарајуће вероватноће или законе распореда, а затим имитирати алеаторне догађаје и величине помоћу алеаторних бројева.

Дакле, у алгоритам моделирања уводимо споменуте допуне, што доприноси битном ширењу сфере примене, у пракси, идеја и метода теорије масовног опслуживања и статистичког моделирања.

Карактеристична је, такође, још једна предност метода статистичког моделирања над аналитичким методама теорије масовног опслуживања, а, наиме – на моделу се добијају резултати, који се односе, не само на утврђени режим опслуживања, већ и на прелазне режиме, који се јављају у почетку процеса, када систем масовног опслуживања од стања потпуне незаузетости постепено прелази у неки утврђени режим стационарне заузетости.

Услед потреба праксе, истражују се методама теорије масовног опслуживања и статистичког моделирања веома сложени реални системи, са великим бројем међусобно повезаних елемената и аутоматским управљањем које се остварује путем скупљања и обраде информације.

За то су потребне специјалне математичке шеме, које омогућују опис таквих система и метода њиховог моделирања. Као пример може се навести систем масовног опслуживања, веома општег облика, размотрен у раду Н.П. Бусленка.

Тај систем се састоји од опслужујућих канала (који имају веома широка

својства) и општег агрегата (који обезбеђује чување информације и управљање процесима опслуживања). У раду је дата операторска шема алгоритма, који омогућује истраживање система методом статистичког моделирања. [2]

Велики теоријски и практични интерес представљају различити системи са вишефазним опслуживањем. Проблем истраживања вишефазних система масовног опслуживања, веома се једноставно решава методом статистичког моделирања. У алгоритам опслуживања претходне фазе укључују се опслужени захтеви заједно са параметрима, који могу да послуже у моделирању процеса опслуживања у наредним фазама.

Суштина статистичког моделирања вишефазних система масовног опслуживања састоји се у приказивању историје сваког захтева у свим фазама опслуживања.

Ширењу система масовног опслуживања, који се истражују методом статистичког моделирања, и усавршавању методологије математичког описа, формирања алгоритама моделирања и њихове реализације на електронским рачунарима, доприносе резултати, дати у радовима, посвећеним посебним групама система масовног опслуживања, и примењиваним за опис одговарајућих типова реалних објеката. [3]

Системи масовног опслуживања и методи њиховог статистичког моделирања примењују се у истраживању различитих процеса, повезаних са анализом: економских система; технологије и организације индустријске производње; различитих саобраћајних система; комуникација; поузданости техничких средстава; мрежних метода планирања и управљања итд.

Проблематика, обухваћена статистичким моделима транспортних система, који се описују као системи масовног опслуживања, веома је широка и обухвата не само процесе кретања

транспортних средстава, већ и низ других процеса.

Овде имамо у виду процесе, који су, са практичне тачке гледишта, непосредно повезани са функционисањем саобраћаја као система, а наиме: ремонт саобраћајних средстава, процесе превоза робе, утоварно-истоварне радове, организацију превоза робе и путника итд.

У области комуникација, посебно у телефонији, теорија масовног опслуживања налази многобројне традиционалне примене. Мада се већина задатака тога типа решава аналитичким методама, теорије масовног опслуживања, не умањује се неопходност примене метода статистичког моделирања.

Веома блиска (како са тачке гледишта поставке задатака, тако и метода моделирања) разматраној проблематици су питања оцене поузданости техничких средстава. Метод статистичког моделирања се користи за имитацију алеаторних момената отказа и прекида рада апарата, момената обнављања њихове радне способности, а, такође, и последица које стварају откази и прекиди рада апарата.

При томе се могу знатно проширити (у поређењу са аналитичким методама теорије масовног опслуживања) представе о карактеру токова отказа, прекида рада и момената обнављања, а такође о механизму утицаја отказа елемената на квалитет рада сложеног система.

Проблеми, блиски задацима теорије масовног опслуживања, јављају се у вези са мрежним методама планирања и управљања. [1]

Дакле, статистичко моделирање се широко примењује у решавању практичних задатака теорије масовног опслуживања.

5. ЗАКЉУЧАК

Најуниверзалнији метод истраживања економских законитости јесте метод статистичког моделирања стохастичких процеса (метод статистичких испитивања), јер, у принципу, омогућује истраживање реалних стохастичких процеса у којима не постоји аналитичка веза између статистичких карактеристика улаза и излаза система, већ се јављају компликовани односи између елемената система.

Опис крупних економских система, на бази појмова теорије масовног опслуживања и коришћење за њихову анализу, метода модела статистичког моделирања, показао се (на бази досадашњег искуства) недовољно ефикасним. Међутим, посебни елементи тих економских система истражују се, тим путем, веома успешно.

У последње време, добијени су значајни резултати у области моделирања производних процеса, различитог карактера, за које су велики значај имали вишеканални и вишефазни системи масовног опслуживања.

Међутим, упоредо са развитком теорије и праксе моделирања основних група производних процеса, пажња истраживача се усмеравала и на изучавање производње конкретних производа или уских класа производних процеса. Сем тога, битан теоријски и практичан значај има методологија моделирања непрекидни производних процеса, која се, сада, налази у фази разраде. Међутим, постоје већ резултати, који се односе на проблеме моделирања неких конкретних производних процеса непрекидног карактера.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Bayesian Statistical Modelling: Wiley Series in Probability and Statistics, Peter Congdon, John Wiley & Sons, 2007
- [2] Buslenko N.P., Šrejder Ju.A.: metod statističeskijh ispitanij (Monte-Carlo) i jevo realizacija na vičisljiteljnih mašinah (Gosudarstvennoe izdateljstvo fiziko-matematičeskoj literaturi), Moskva , 1961.
- [3] Fritz C, De Nicola G, Rave M, et al. Statistical modelling of COVID-19 data: Putting generalized additive models to work. *Statistical Modelling*. 2022;0(0). doi:10.1177/1471082X221124628
- [4] Ilić, B., & Tasić, S. (2021). Quantitative analysis of the role of production in value creation. *Održivi razvoj*, 3(1), 17-33. <https://doi.org/10.5937/OdrRaz21010171>
- [5] Linear Mixed Models: A Practical Guide Using Statistical Software, Brady T. West, Kathleen B. Welch, Andrzej T Galecki, CRC Press, 2022.
- [6] Muggeo VMR, Torretta F, Eilers PHC, Sciandra M, Attanasio M. Multiple smoothing parameters selection in additive regression quantiles. *Statistical Modelling*. 2021;21(5):428-448. doi:10.1177/1471082X20929802
- [7] Simon, J. K., Mathews, S. P., Shetty, B. P., & Mishra, R. (2020). A novel concept for quantitative measurement of organizational performance index. *Journal of Engineering Management and Competitiveness (JEMC)*, 10(2), 90-102. <https://doi.org/10.5937/jemc2002090S>
- [8] Stevanović, A., Mitrović, S., & Rajković, A. (2022). Application of information technologies and the internet in modern business. *Oditor*, 8(2), 54-74. <https://doi.org/10.5937/Oditor2202054S>
- [9] Tasić, S., Krstić, D., Milojević, I., (2021). Statistička analiza bankoosiguranja. *Akcionarstvo*, 27(1), 41–54.
- [10] Zhou, Y. M. (2013). Designing for complexity: Using divisions and hierarchy to manage complex tasks. *Organization Science*, 24(2), 339-355. <https://doi.org/10.1287/orsc.1120.0744>

Андић Роса, професор емеритус, Институт примењених наука, Београд, Ломина 2
е-маил: rosa.andzic@gmail.com
Рад примљен: јул 2023.
Рад прихваћен: септембар 2023.



МИЛОШ САВЧИЋ
(1865 – 1941)

Грађевински инжењер.

Пројектант и градитељ

пруга, индустријских објеката, фабрика,
велелепних зграда, читавих градских квартова.

Финансијски експерт, банкар и инвеститор.

Политичар и родољуб.

Градоначалник Београда и

Министар у Влади Србије.

Један од најбогатијих Срба свих времена.

КОРПОРАЦИЈА У САВРЕМЕНОМ ОКРУЖЕЊУ

CORPORATION IN A MODERN ENVIRONMENT

ДАЛИБОР КРСТИЋ¹
ВАЛЕНТИНА ЈОВАНОВИЋ²
БОЈАН БРАЈКОВИЋ³

¹Висока школа модерног бизниса Крагујевац

²Универзитет модерних знаности Мостар

³Универзитет за пословне студије Бања Лука

РЕЗИМЕ

Окружење се схвата као комплекс елемената, начина повезивања елемената и стања која се успостављају, при чему је корпорација-предузеће, као део комплекса окружења са нужно придобијеним једнаким особинама, такође комплекс који се мења. У том контексту схватање корпорација претпоставља спознавање тренда промена, с једне стране, и спознавање елемената, повезивања елемената те потенцијалних и актуелних стања, с друге стране.

Кључне речи: предузеће, корпорација, окружење, менаџмент, криза

ABSTRACT

The environment is understood as a complex of elements, ways of connecting elements and the conditions that are established, whereby the corporation-enterprise, as part of the complex of the environment with necessarily acquired equal properties, is also a complex that changes. In this context, the understanding of corporations presupposes knowledge of the trend of changes, on the one hand, and knowledge of the elements, the connection of elements, and potential and current states, on the other hand.

Key words: enterprise, corporation, environment, management, crisis

1. УВОД

Једнако тако као што се у овом веку мењало окружење, и као што је оно придобило нове другачије особине, тако је и предузеће на крају, као део окружења, такође попримило особине које су битно другачије од оних с почетка века. Неке релевантне промене су следеће:

Промена традиције је условљена чињеницом да савремено предузеће није само економски систем усмерен на

зарађивање, већ је истовремено и социјални систем са задатком остваривања социјалних циљева. Оно, ако је или жели бити успешним, мора имати јасну визију и прихватљиве циљеве које остварује ослањајући се на резултате анализе, али и на инстинкт и интуицију, те сувласнички и предузетнички однос својих запослених. Оно је орјентисано према индивидуалним купцима или групама купаца и њиховим захтевима, које задовољава сталним променама и иновацијама, а имовину увећава као

последницу, нузпродукт таквог пословног деловања.

2. РЕЛЕВАНТНЕ ПРОМЕНЕ ОБЕЛЕЖЈА КОРПОРАЦИЈА

Поређење постулата, према истраживању немачких аутора скраћено приказаном у табели 1, којим су се водила и орјентисала предузећа до 70-тих

година, и постулата уз "нове традиције", сведоче вишезначност промена.

Уопштено, може се рећи да је данашње предузеће резултат промена које су усмерене на вишезначно обликовање нове целовитости, па се, на пред њих постављене изазове, може одговорити само системским управљањем и подељеним одговорностима".

Табела 1. Преглед - десет постулата за успех предузећа

ПОСТАВКЕ ИЗ 70-ТИХ ГОДИНА	"НОВА ТРАДИЦИЈА"
За натпросечни раст и зараду мораш пронаћи нове бранше које су управо актуалне и највише експанзирају.	То није важно. Добитник се сусреће у сваком сектору..., у делатности лепила и текстила као и код софтвера у здравству и у информационој технологији.
Величина је свакако значајна као и сектор (бранша). Нађи и заузми највеће тржиште.	Најбоље поступаш када створиш и подигнеш тржишну нишу.
Искористи криву учења и обимом оствари дегресију.	Иновацијом оствари нову криву учења. Кооперишиј са другим и претекни конкуренцију застаром њихових
Ниске цене доносе висок тржишни удео	Вредност одлучује
Нађи добар посао (делатност) и остани у њему,	Опстајање није стајање на истом месту али није ни кретање без смера. Прекорачи границе према сличним производима или сличним тржиштима или према једнима и другима.
Диверзификуј! Буди мешовит корпорација - концерн	Покажите својим намештенцима вредност и визију. Учините их власницима удела, они ће се, јер су власници, понашати као власници.
Твоји службеници су бирократе који чекају инструкције - дај им инструкције.	Задатак предузећа је стварати институцију, нешто особито постићи и у наслеђе оставити. Добро вођено предузеће ствара
Задатак предузећа је стварати имовину власницима.	О чему не бринете то је пропало.
Што није пропало за тебе није изгубљено.	У својем раду успешан вођа је бесомучан
Успешна способност вођења је хладна, рационална радна професија.	У свом раду успешан вођа је бесомучан занесен). Он се у правилу најмање једнако ослања на властити инстинкт и интуицију као и на чињенице и анализе.
Успешна предузећа воде изузетни предузетници који стално деструишу и дезорганизирају ударне послове.	Успешна предузећа воде људи који познају приоритете и вредности предузећа, који су сигурни у циљну усмереност предузећа и који снажно одржавају

У системском начину мишљења све те промене могу се квалификовати: као промене које се односе како на схватање циљева тако и на конфигурацију елемената и на начин повезивања елемената. У сва три системска аспекта промене нису ударне, оне су поступно настајале и поступно су мењале предузеће.

Промене структуре деловања, које су у нашем веку биле изражене, су квалитативне промене, при чему тече процес снажне диференцијације предузећа [4], и то са аспекта зависности организације од окружења, циљева предузећа, те структуре управљачке моћи. Наиме, једна производна линија, па и за вишебројна тржишта, из 1900-те године, насупрот вишебројним производним линијама чији су производи намењени бројним земљама с различитим културама и различитим суверено постављеним захтевима, битна је промена. Тим разликама предузеће се нужно прилагођава између осталог и диференцирањем деловања и запослених.

Дода ли се томе и најновије диференцирање потрошача различитих социјалних група или бар диференцирање њихових навика, нужност диференцирања производа је још више

увећана. Проширивање уско економских циљева на социјалне у условима социополитичких рестрикција, које произилазе из сужавања али истовремено и наглашавања суверенитета на том подручју, у даљој мери захтева диференцирање у деловању предузећа.

Носиоци моћи у организовању и управљању централизацију нужно замењују децентрализацијом. У управљању учествују не само водеће структуре нижих разина већ и вођства сарадничких екстерних јединица, заједница или удружења. Наведени узроци диференцијације не изазивају само адекватна прилагођавања која решавају проблеме повећања ефикасности, већ и проблеме одржања ефектне целине предузећа.

Промена управљачких проблема се изводи из стања окружења (привредног, социјалног, политичког, еколошког и сл.) или се изводи из потреба праксе у датим историјским условима. Ziegenbein [9] уочава мењање тежишта у управљању. (табела бр.2.) Периодизација је заснована на особинама привредних и других услова у којима су пословали привредни субјекти западно-европског обележја.

Табела 2. Преглед - тежишта у управљању

Фазе развоја	Период	Опис карактеристика	Тежиште управљања
ИЗГРАДЊА	50-те године	Предузећа су могла више продати него произвести па се пажња усмерава на обликовање токова, процеса производње.	УПРАВЉАЊЕ ПРОИЗВОДЊОМ
ДОГРАДЊА	60-те године	Управља се потребама, утиче се на укус потрошача и побуђују се нове потребе - даљи раст и повећање снаге прихода.	УПРАВЉАЊЕ МАРКЕТИНГОМ
КОНСОЛИДОВАЊЕ	70-те године	Успоравање привредног раста с повећаним притиском конкуренције и порастом цена енергије и сировина довело је до стагнације промета уз реманенцију трошкова, пада продуктивности и прекапацитираности. Насупрот томе код потрошача расте свест о ценама и квалитету.	УПРАВЉАЊЕ ФИНАНСИЈАМА
ДИФЕРЕНЦИРАЊЕ	80-те године	Глобална нестабилност у условима повећане сатурације на тржишту продаје, високе инфлације и оскудних ресурса захтева одговарајуће стратегије иновирања и варирања или елиминисања производа, те сегментирања међународног тржишта.	СТРАТЕШКО УПРАВЉАЊЕ

Преглед односа предузећа и окружења показује да мењање окружења изазива мењање пре свега полазишта управљања, које је изазивало промену у схватању циљева и у утврђивању примарних задатака. [1] Квалитативно гледано ова последња промена има мутативну нарав - примарни парцијални циљеви замењени су скупом циљева, а проблем управљања је од

подређивања примарном циљу замењен проблемом хармонизације циљева.

Крајњи закључак следа промена управљања састоји се у томе да су промене у окружењу изазвале промене у предузећу, које се рефлектују као диференцијација управљачког процеса/подсистема и информационог процеса/подсистема као елемената предузећа.

Организационе промене захтевају промену класичне организационе структуре засноване на хијерархијском и функционалном принципу. Новим захтевима може одговарати предузеће организовано у виду тзв. организационих „нивоа“ са мало хијерархијских нивоа и уском интерфункционалном сарадњом.

У таквом облику организације предузеће мора створити информациону основу која ће омогућити да се организација одржи и постигну жељене перформансе. Другим речима, оно треба да структурира информациону базу примерену тој организационој структури предузећа, уважавајући потребе комуницирања, како унутар тако и између организационих нивоа.

Наиме, мерење перформанси и комуницирање се сада преноси на процесе, односно активности унутар тих процеса, који су неопходни за задовољење очекивања и захтева потрошача. Све наведено одражава промене услова пословања, а промењено окружење захтева промену организационе структуре и начина управљања предузећем.

Енглески аутор Петерс [7] на следећи начин види особине успешног предузеће у савременим условима:

- више хоризонтално (са мање нивоа у организационој структури), састављено од више аутономних јединица мање централног, а више локалног ауторитета у увођењу и одређивању цена производа), усмерено на диференцирање производа и услуга високе квалитете,
- тржишне нише, свестан значај квалитета, свесно важности услуга, више одговорно, много брже у иновацијама, и користи добро обучене и еластичне људе који у принципу стварају додатну вредност.

Ако се организација посматра са аспекта уређивања односа међу елементима, може се констатовати да промене у окружењу изазивају и промене у организационој структури која тежи промењеном начину повезивања и расту аутономије елемената.

3. КРИЗА КОРПОРАЦИЈА КАО ПОСЛЕДИЦА КОМПЛЕКСНОСТИ ОКРУЖЕЊА

У једној од наведених дефиниција исказана је тврдња по којој "предузеће је... систем" што, према општеприхваћеном схватању, подразумева издвојен скуп са одређеним циљем међусобно повезаних елемената. Постојање елемената и њихове међуповезаности подразумева комплексност, а комплексност вишезначно дефинишу две компоненте: структурална и процесуална компонента. [2]

У структуралном смислу комплексност означава мноштво повезаних елемената при чему се сваки елемент у свако време може повезати са сваким другим елементом.

У процесуалном смислу комплексност се временски дефинише као способност система да у датом времену поприми неки број различитих стања.

Постоје четири битне димензије структуралне комплексности предузећа и то: димензија компоненте, димензија обликовања, димензија синергија и димензија време. Дакле, експликација нужних својстава предузећа и принципа обликовања тих својстава циљ је системског начина анализе комплексности предузећа.

Објашњење стања користи за синтезу полазишта проматрања процесуалне комплексности. Може се рећи да полазиште представља тврдња по којој се процесуална комплексност предузећа схвата као процес раста и/или развика, у

којем се сукцесивно мењају стања (односи и положај) предузећа и његових подсистема. У контексту таквог полазишта, поред концепције објашњења развоја или процесуалне комплексности, истиче се значај питања о схватању или дефиницији развоја, облицима развоја или о начину савладавања комплексности и претпоставкама или својствима предузећа способног за развој. [8]

Заједничко обележје ове концепције доводи до закључка да је за успостављање и одржавање способности за преживљавање нужно уважавање принципа континуираног генерисања нових информација.

Може се уочити да сва поменута својства и припадајући принципи чине темељ дуготрајног успешног деловања предузећа, наиме они су гаранција континуираног развоја предузећа. Међутим, теорија животног циклуса показује могућност специфичних стања, која ограничавају или прекидају континуитет развоја па, у крајњем случају, ограничавају или прекидају опстанак предузећа. Таква стања се уобичајено називају кризним стањима.

Укратко, може се констатовати да криза као специфично стање предузећа има бројне узроке, самосвојна обележја и да се развија као процес. Из тога следи и темељни проблем разумевања и савладавања кризе. [6] Темелни проблем кризе своди се у првом реду на разумевање њене природе, а затим, или у другом реду, на правовремено индицирање и идентификовање, чиме се стварају претпоставке за управљање предузећем у кризном стању.

Криза значи прелом, пролазно тешко стање у сваком, природном, друштвеном и мисаоном процесу. У старој Грчкој реч „криза“ означавала је „одлуку“. У самој суштини кризе је да треба одлучити, а још није одлучено. У савремено доба криза означава првенствено разликовање или способност разликовања, избор, суд, одлуку, такође и излаз, решење,

конфликт, појашњење. Према истом извору криза је „... одлука о стању у којем се међусобно свађају ново и старо, болест и здравље“, одлучујући обрт у нечему, прецизније, тачка обрта у развоју. У пословној економији криза означава стање које доводи у питање опстанак предузећа, стање угрожености његове егзистенције. Стога се не могу сви нежељени проблеми означавати као пословна криза. Пословна криза [6] се дефинише као „...непланиран и нежељен процес ограниченог трајања и могућности утицања, који штети примарним циљевима с амбивалентним исходом“.

Неостваривање првог циља води неликвидности, предузеће више није у могућности подмиривати настале обавезе. Неликвидност није само краткотрајни проблем плаћања већ је трајна слабост предузећа, па се говори и о кризи ликвидности. Неостваривање минималне добити или чак пословање са губитком води смањењу властитог капитала (ако нема прилива додатних средстава), па у крајњем до презадуживања.

Презадуженост је врло чест узрок неликвидности, први на листи узрока пословне кризе. [2] Неостваривање другог циља, тј. пословање с губитком, одржава кризу успеха. Ако међутим недостају потенцијали успеха, тада то води губитку конкурентске способности и/или тржишта, што значи губитак способности за будући успех у одређеним пословним подручјима.

Недовољна учинковитост умањује добит и често је узрок губитака. [10] У дефиницији кризе наглашена је амбивалентност исхода. Опасности за опстанак, и у екстремном случају гашења предузећа, супроставља се успешно овладавање кризом и успешна санација предузећа. Успе ли предузеће изградити бољи састав спречавања кризе и овладавања њоме него конкуренција, кризни менаџмент може постати конкурентска предност предузећа.

Кризни менаџмент дефинише се као активност усмерена на овладавање ситуацијом опасном за опстанак предузећа, планирање и спровођење мера за осигурање темељних циљева предузећа. [10] Ради ли се о активностима спречавања кризе, тада се говори о превентивном или антиципативном кризном менаџменту, док се о реактивном кризном менаџменту говори у смислу осигурања темељних, егзистенцијалних варијабли након појаве кризе и обележавају га јасни циљеви попут остварења одређене ликвидности или успеха. Уз кризни менаџмент, за управљање кризом све више на важности добија и кризни контролинг, иако је контролинг редовна пратња успешног пословања. У кризним ситуацијама контролинг је незамењив. Кризни контролинг има своју улогу у свакој фази управљања кризом: [6]

- при антиципативном управљању кризни контролинг уводи и осигурава коришћење инструмената проактивног прилагођавања
- при идентификацији кризе контролинг пружа стручну помоћ и подршку у одређивању индикатора кризе и њиховог прага вредности
- при реактивном управљању кризни контролинг је стручно одговоран за јасноћу ситуације, алтернативне предлоге и јасноћу последица.

Контролинг је у кризи незаобилазан, будући да својим инструментима придоније јасноћи ситуације и последицама појединих одлука. Координација и интеграција, као темељна начела контролинга у процесу пословне кризе, имају виталну важност.

Може се закључити да кризе воде новој оријентацији, одлучујућој промени, извођењу закључака и последица који воде промени досадашњег понашања, све

до преиспитивања досадашњих циљева. То се односи на све који су у вези са предузећем у кризи, како интерне субјекте, запослене и власнике предузећа, тако и екстерне субјекте који су пословно или другачије повезани са предузећем.

4. ЗАКЉУЧАК

Данашње предузеће је резултат прилагођавања и промена које су усмерене на обликовање нове целовитости, услед чега је повећана комплексност предузећа, јер управљачки проблем избора и подређивања једном парцијалном циљу као примарном, замењен је проблемом хармонизације вишебројних и равнозначних циљева, организациона структура тежи променљивом начину функционисања и повећаној аутономији делова, све је изразитија диференцијација пословних процеса и у условима промене начина функционисања, лабилне организационе структуре и повећане аутономије делова, хармонизација циљева нужно је изазвала јасну диференцијацију, и то: темељног процеса-подсистема, управљачког процеса-подсистема и информационог процеса-подсистема.

При томе се подразумева системска анализа и кибернетски приступ управљању у којима се предузеће схвата као рационални економско технички и одговорни социјални „fuzzy“ систем.

Системском анализом откривају се инхерентна својства и принципи које ваља уважавати ради успостављања и одржавања својства предузећа.

Стање предузећа, као израз облика успостављених веза и томе идентичног начина функционисања, с једне стране, и положаја у везама успостављеним функционалним односима, с друге стране, описује се стањем опстанка и развоја или стањем кризе, као крајњим обележјима, при чему је реално очекивати неку њихову комбинацију као израз јединства супротности. Спознаја и

препознавање ситуације подразумева располагање априорних информација о окружењу и о себи, које се чувају у облику својеврсних слика или модела, те способност асимилације спољних утицаја као информација на темељу којих се формира некаква слика или модел односа са окружењем.

Разлике управљања у досадашњим условима концентрисане су на промене начина мишљења, начина понашања и оријентације. У том контексту функција планирања, контролисања, информисања и анализе, односно управљачки проблеми су другачије стриктуирани, јер је уместо транспарентности наступила комплексност.

5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Avakumović, Jelena, et al. "Zadovoljstvo zaposlenog nastavnog osoblja kroz prizmu AMO modela-primer Republika Srbija." *Akcionarstvo* 27.1 (2021): 107-120.
- [2] Cipek, K., & Ljutić, I. B. (2021). The influence of digitalization on tax audit. *Oditor*, 7(1), 37-69. <https://doi.org/10.5937/Oditor2101037C>
- [3] Clifford K.; Cavanagh R. : Spitzen-Gewinner Strategien erfolgreicher Unternehmen, ETV, Duesseldorf, 1990.
- [4] Horvath P., Controlling VahlenVerleg, Ludwigshafen Munchen, 1991
- [5] James C. Van Horne, John M. Machowicz, Osnovi finansijskog menadžmenta, Data status Beograd, 2007
- [6] Jestrović, V., & Jovanović, V. (2022). The role of corporate governance in sustainable development. *Održivi razvoj*, 4(1), 43-53. <https://doi.org/10.5937/OdrRaz2201043J>
- [7] Peters T., Thriving on chaos, McMillan, London, 1988
- [8] Tintor J., Poslovna analiza - koncepcija, metodologija, metode, Hibis, Zagreb, 2000
- [9] Ziegenbein K. ; Controlling, Kiehel Verlag, Ludwigshafen, 1992
- [10] Zekić M., Braković B., Uloga finansijskog menadžmenta u preduzeću, *Finansijski savetnik, časopis za pravo i finansije*, 1/2022.

Адреса аутора: Крстић Далибор, доцент, Висока школа за менаџмент и економију, Крагујевац, Карађорђева 52

е-маил: dal.krstic@gmail.com

Рад примљен: јул 2023.

Рад прихваћен: септембар 2023.

УЛОГА ТЕХНОЛОШКОГ РАЗВОЈА У ОКВИРУ КОНЦЕПТА ДРУШТВА 5.0 У ЦИЉУ УНАПРЕЂЕЊА КОНКУРЕНТНОСТИ ДОМАЋИХ ПРЕДУЗЕЋА

THE ROLE OF TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT WITHIN THE FRAMEWORK OF THE SOCIETY 5.0 CONCEPT TO IMPROVE THE COMPETITIVENESS OF DOMESTIC ENTERPRISES

МИХАЉ БАКАТОР¹
МИЛА КАВАЛИЋ¹
САЊА СТАНИСАВЉЕВ¹

¹Универзитет у Новом Саду, Технички факултет „Михајло Пупин”, Зрењанин

РЕЗИМЕ

Савремено пословно окружење карактеришу интензивирани конкурентски односи. Предузећа се суочавају са изазовима када је у питању остваривање конкурентске позиције. Технолошки развој као покретач друштвеног и економског развоја подразумева технологије које представљају основу концепта Друштва 5.0. У овом раду анализира се концепт Друштва 5.0 и технологија која су покретач развоја. Циљ је развој теоријског модела унапређења конкурентности домаћих предузећа. Додатно, представљене су смернице и препоруке за унапређење конкурентности.

Кључне речи: Друштво 5.0, технолошки развој, конкурентност

ABSTRACT

The modern business environment is characterized by intensified competitive relations. Enterprises face challenges when it comes to achieving a competitive position. Technological development as a driver of social and economic development implies technologies that represent the basis of Society 5.0. This paper analyzes the concept of Society 5.0 and the technologies that drive development. The goal is to develop a theoretical model for improving the competitiveness of domestic enterprises. Additionally, suggestions and guidelines for improving competitiveness are presented.

Key words: Society 5.0, technological development, competitiveness

1. УВОД

Друштво 5.0 и технолошки развој су два међусобно повезана концепта који се фокусирају на интеграцију напредних

технологија у различите аспекте друштва у циљу постизања одрживог развоја и побољшања људског благостања. Друштво 5.0 је концепт који тежи ка

уравнотеженом суживоту технологије и човечанства.

У контексту Друштва 5.0, технолошки развој укључује широк спектар најсавременијих иновација као што су вештачка интелигенција, роботика, Интернет Ствари (енг. Internet of Things - IoT), аналитика великих података, биотехнологија, сајбер сигурност, аутоматизација и друге. Ове технологије имају потенцијал да трансформишу читаве индустрије, побољшају квалитет живота људи и да допринесу економском просперитету [1].

Циљ Друштва 5.0 је коришћење ових технологија за изградњу друштва усредсређеног на човека које прихвата предности дигиталне трансформације. Он предвиђа будућност у којој је технологија дубоко интегрисана у свакодневни живот ради решавања сложених проблема и подстицања одрживог развоја

Технологија се користи за решавање великих друштвених изазова као што су старење становништва, приступ здравственој заштити, одрживост животне средине, ефикасност транспорта и управљање катастрофама. Технолошки развој и Друштво 5.0 су концепти који су повезани и предвиђају будућност у којој се напредне технологије користе за изградњу одрживог друштва усредсређеног на човека [2]. Постојећи литературни извори фокусирају се на изазове и предности концепта Друштва 5.0, док литературе која анализира технолошки развој у оквирима Друштва 5.0 у земљама у развоју је мало. Овај рад анализира технолошки развој и Друштво 5.0 са циљ развоја модела за унапређење конкурентности. Модел узима у обзир факторе које су присутне у овом домену.

Истраживачка питања која усмеравају овај рад су:

1. Какве промене је донео технолошки развој у оквирима концепта Друштва 5.0?

2. Које технологије могу допринети побољшању конкурентности домаћих предузећа.

Рад се састоји из четири главне целине (не укључујући Увод и Закључак). Прве се представља концепта Друштва 5.0. Затим се анализирају савремене технологије које су покретач економског и друштвеног развоја. Треће, представљен је модел за унапређење конкурентности. Четврто, представљене су смернице и препоруке за унапређење конкурентности домаћих предузећа.

2. ДРУШТВО 5.0

Концепт Друштво 5.0 настао је у Јапану и представља друштво будућности у коме се технолошки напредак користи за решавање друштвених изазова и побољшање благостања становништва. Надовезује се на претходне четири фазе друштвеног развоја, почевши од друштава за лов и сакупљање (Друштво 1.0), затим напредујући до индустријске револуције (Друштво 2.0), преко информатичког доба (Друштво 3.0) и тренутне ере дигиталне трансформације (Друштво 4.0) [3].

Централни концепт Друштва 5.0 је стварање друштва усредсређеног на човека коришћењем нових технологија као што су вештачка интелигенција, Интернет Ствари, аналитика великих података, роботика, аутоматизација, хиперперсонализација, сајбер-физички системи и друге иновације. Друштво 5.0 настоји да уравнотежи економски раст са друштвеном и еколошком одрживошћу тако што се бави друштвеним питањима као што су старење становништва, климатске промене, здравствена заштита, транспорт и урбанизација.

Појединци, предузећа и владе могу имати користи од Друштва 5.0 који предвиђа друштво у коме људи могу да уживају у персонализованим и беспрекорним искуствима интеграцијом технологија у различите аспекте живота. У здравству Друштво 5.0 предвиђа напредак као што су телемедицина, дијагностика са вештачком

интелигенцијом и персонализовани третмани, који ће довести до бољих исхода здравствене заштите и квалитета живота. Слично томе, паметни системи мобилности, аутономна возила и ефикасна логистика могу побољшати удобност, смањити застоје у саобраћају и смањити негативан утицај на животну средину у транспорту [4].

Друштво 5.0, с друге стране, доноси значајне изазове. Етичка и одговорна примена нових технологија захтева од предузећа и владе јасно дефинисане стратегије примене. Одржавање равнотеже између људске аутономије и ослањања на аутоматизоване системе, као и осигурање приватности и безбедности података, су критична фактори. Могу се појавити питања приступа и укључивања, јер неће сви имати једнак приступ бенефицијама и могућностима које пружа Друштво 5.0. Премошћивање дигиталног јаза и омогућавање технологије свима је кључно за органски просперитет друштва и економије.

Друштво 5.0 има значајан утицај на пословање. Предузећа имају прилику да креирају иновативна решења која су у складу са циљевима Друштва 5.0, бавећи се друштвеним изазовима и додајући вредност својим клијентима и заинтересованим странама. Предузећа могу да користе савремене и иновативне технологије за креирање производа и услуга које задовољавају персонализоване потребе и преференције појединаца. Неке од иновација у оквирима различитих индустрија су паметне куће, носиви уређаји, персонализована решења за здравствену заштиту и одрживи енергетски системи.

Даље, предузећа могу помоћи у трансформацији индустрије и инфраструктуре како би подржала концепт Друштво 5.0. Ово може укључивати стварање паметних градова, имплементацију интелигентних транспортних система, развој ефикасних ланаца снабдевања и укључивање

аутоматизације и роботике у производне процесе. Сарадња између предузећа, влада и истраживачких институција постаје све важнија за успешну имплементацију иницијатива Друштва 5.0. Међутим, иако пружа огромне могућности за напредак, неопходна је и одговорна имплементација. Предузећа играју важну улогу у обликовању и убирању предности овог трансформативног концепта тако што развијају иновативна решења, трансформишу индустрије и сарађују са заинтересованим странама како би се изградило одрживо друштво усредсређено на човека.

Кључне технологије које карактеришу Друштво 5.0 су [5]:

Вештачка интелигенција која омогућава машинама да опонашају људску интелигенцију и обављају задатке као што су обрада природног језика, компјутерски вид и машинско учење. Могу да користе предузећа за аутоматизацију процеса, побољшање доношења одлука и креирање интелигентних производа и услуга. Четботови, на пример, могу да пруже персонализовану корисничку услугу, док алгоритми за машинско учење могу анализирати велике скупове података да би стекли вредне увиде за пословне операције и стратешко планирање.

Интернет Ствари (IoT) односи се на мрежу међусобно повезаних уређаја који могу да прикупљају и размењују податке. Предузећа могу да користе за изградњу паметних, повезаних система. IoT сензори уграђени у производну опрему, на пример, могу да прате перформансе, предвиде захтеве одржавања и оптимизују производне процесе. IoT уређаји у малопродаји могу омогућити системе за управљање залихама, персонализовани маркетинг и паметне полице које прате доступност производа у реалном времену.

Аналитика великих података је процес извлачења увида из великих и сложених

скупова података. Аналитика великих података може помоћи предузећима да побољшају доношење одлука, корисничко искуство и оперативну ефикасност. Предузећа могу да идентификују обрасце, трендове и корелације који покрећу иновације и конкурентску предност анализом огромних количина података. Продавци на мало, на пример, могу да користе аналитику података да би прилагодили персонализоване препоруке и оптимизовали управљање залихама.

Роботика и технологије аутоматизације подразумевају употребу машина и робота за самостално обављање задатака. Роботика може помоћи предузећима да поједноставе производне процесе, повећају продуктивност и побољшају безбедност. Аутоматизовани системи могу да се баве задацима који се понављају и који су радно интензивни, смањујући људску грешку и омогућавајући запосленима да се фокусирају на сложеније задатке и задатке са додатном вредношћу. Од аутоматизованих монтажних линија до самовозећих возила у логистици, роботика трансформише индустрију.

Блокчејн технологија (енг. Blockchain) је децентрализована и транспарентна дигитална књига која безбедно бележи и верификује трансакције. Предузећа могу да користе блокчејн технологију да побољшају поверење, безбедност и транспарентност у различитим процесима. Способност блокчејна да прати и аутентификује порекло и кретање робе, на пример, може бити од користи за управљање ланцем снабдевања. Додатно, паметни уговори засновани на блокчејну могу поједноставити правне споразуме и смањити административне трошкове.

Проширена стварност (енг. Augmented Reality) и виртуелна стварност (енг. Virtual reality) пружају импресивна и интерактивна искуства. Предузећа могу да их користе за побољшање програма обуке, даљинске сарадње, визуелизације

производа и ангажовања купаца. Могу се поставити дигиталне информације у реална окружења, чинећи даљинску техничку подршку или помоћ техничарима на терену лакшим. Технологија виртуелне реалности се може користити за виртуелне обиласке, виртуелне састанке и импресивне симулације обуке.

Предузећа могу да прихвате ове технологије улагањем у истраживање и развој, партнерством са добављачима технологије и неговањем иновативне културе. Они могу да уграде ове технологије у своје постојеће пословне моделе и операције како би повећали ефикасност, генерисали нове токове прихода и пружили клијентима боље производе и услуге.

3. ТЕХНОЛОШКИ РАЗВОЈ И САВРЕМЕНО ПОСЛОВАЊЕ

Технолошки напредак је имао значајан утицај на савремено пословно окружење, трансформишући начин на који предузећа раде, надмећу се и комуницирају са својим клијентима. Технолошки напредак је повећао ефикасност, побољшао комуникацију, повећао продуктивност и створио нове могућности за иновације и раст.

Успон интернета и дигиталних технологија је значајан аспект технолошког развоја. Широко распрострањена доступност интернет конекција омогућила је предузећима да прошире свој глобални домет и повежу се са клијентима и партнерима на раније незамисливе начине. Електронска трговина је порасла у популарности, омогућавајући предузећима да продају производе и услуге на мрежи, достижући већу базу купаца док елиминишу потребу за физичким изложима. Стратегије дигиталног маркетинга су потребне предузећима да промовишу своју понуду и да се ангажују са клијентима путем различитих канала као што су друштвени

медији, претраживачи и маркетинг путем е-поште [6].

Даље, рачунарство у облаку је трансформисало начин на који предузећа складиште, управљају и приступају подацима и апликацијама. Компаније могу да користе услуге у облаку да повећају своје пословање, повећају флексибилност и смање трошкове одржавања и надоградње уместо да се ослањају на скупу инфраструктуру на лицу места. Запослени могу да приступе ресурсима компаније и да сарађују са било које локације са интернет конекцијом, чинећи рачунарство у облаку идеалним за рад и сарадњу на даљину [7].

Вештачка интелигенција и машинско учење додатно су променили пословно окружење. Алати и алгоритми са вештачком интелигенцијом могу да ископају огромне количине података за драгоцене увиде, аутоматизују задатке који се понављају и побољшају процесе доношења одлука [8].

Даље, мобилна технологија је постала суштинска компонента савременог пословног окружења. Предузећа су развила мобилне апликације за ангажовање клијената, олакшавање трансакција и пружање приступа својим производима и услугама у покрету као одговор на широку употребу паметних телефона и таблета. Запослени могу да раде на даљину захваљујући мобилним уређајима, што побољшава равнотежу између посла и приватног живота и продуктивност [9].

Међутим, заједно са предностима технолошког напретка долазе изазови и ризици. Предузећа морају узети у обзир приватност и безбедност података, као и етичке импликације вештачке интелигенције и аутоматизације. Брз темпо технолошких промена захтева да се предузећа брзо прилагођавају и континуирано усавршавају своју радну снагу како би остала конкурентна.

Технолошки напредак је трансформисао модерно пословно

окружење, пружајући невиђене прилике за раст и иновације. Предузећа која прихватају и користе ове напретке могу остати конкурентна, побољшати оперативну ефикасност и пружити боље производе и услуге својим клијентима.

Неки од кључних фактора који утичу на конкурентност са аспекта технолошког развоја су [10]:

Развој производа и иновације
Технолошки напредак омогућава предузећима да иновирају и развијају нове производе, услуге или пословне моделе.

Ширење тржишта и глобални домет
Технолошки напредак, посебно интернет и дигиталне платформе, елиминисали су географске баријере и проширили тржишни домет предузећа.

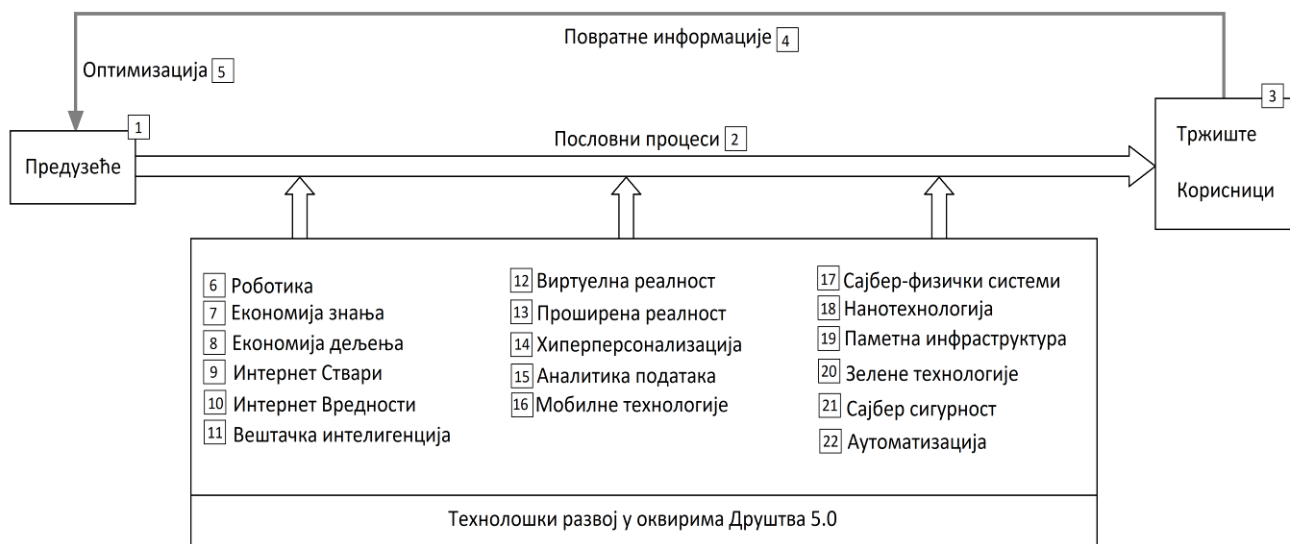
Конкурентска интелигенција и анализа тржишта
Компаније могу да стекну увид у стратегије конкуренције, тржишне трендове и захтеве купаца коришћењем аналитике података.

Агилност и прилагодљивост
Компаније које могу брзо да се прилагоде новим технологијама и тржишној динамици стичу конкурентску предност.

СТИЦАЊЕ И ЗАДРЖАВАЊЕ ТАЛЕНАТА
Како технологија напредује, све је већа потражња за квалификованим професионалцима у областима као што су наука о подацима, вештачка интелигенција, сајбер безбедност и дигитални маркетинг.

4. МОДЕЛ ЗА УНАПРЕЂЕЊЕ КОНКУРЕНТНОСТИ

На основу анализираних литературе развијен је теоретски модел за унапређење конкурентности домаћих предузећа са аспекта технолошкој развоја у оквирима Друштва 5.0. Модел је представљен на Слици 1.



Слика 1. Друштво инжењера Зрењанин

Tabela 1. Опис елемената модела

Бр. ознаке	Опис
1	Привредни субјекат који привређује у савременом пословном окружењу. У оквиру овог модела предузеће је генерично и у зависности од величине предузећа, индустријске гране, тржишне позиције, динамике пословних процеса, и расположивих ресурса, зависиће модел се прилагођује.
2	Пословни процеси могу бити обухватити набавка, складиштење, производња, одржавање, обука, маркетинг, пројектовање, транспорт, логистика и др.
3	Пословни процеси су усмерени на тржиште и након продаје и на кориснике производа и услуга. Циљ предузећа је да се установи који су пословни процеси ефективни и ефикасни на основу повратне информације.
4	Повратне информације указују на задовољство корисника производа, као и друге метрике попут тржишног удела, конкурентности, жеље корисника, очекивања потрошача и сл.
5	На основу повратних информација, у предузећу се оптимизују пословни процеси.
6	Примена роботике у производним процесима и складиштење са циљем повећања продуктивности.
7	У економији знања предузеће треба да креира вредност која се темељи на идејама, иновацијама и интелектуалном капиталу, уместо традиционалних ресурса попут сировина или рада.
8	Економија дељења односи се на ангажовање инфраструктуре и других ресурса предузећа са циљем креирања вредности за предузеће и кориснике производа. Пример је издавање производних машина које се не користе у пуном капацитету.
9	Интернет Ствари омогућава праћење искуства корисника кроз сам процес употребе производа. Подаци се прикупљају кроз повратне информације.
10	Интернет Вредности је апстрактан концепт где се вредност умрежава у виду искуства корисника, рецензија, дискуја и других мишљења интересних страна.

Tabela 2. Опис елемената модела- наставак

Бр. ознаке	Опис
11	Примена вештачке интелигенције је широк појам и у оквиру предузећа може обухватити интелигентну аутоматизацију, анализу података, четботове, виртуелне асистенте, персонализацију, предиктивно одржавање, оптимизацију ланца снабдевања и сл.
12	Виртуелна реалност у предузећу може да се користи за обуку и симулације, дизајн производа и развој прототипа, калибрацију на даљину, и маркетинг и продају.
13	Проширена реалност може да нађе примену у виду корисничке подршке на даљину, подршке одржавања на терену, визуелизацији података и анализи истих.
14	Хиперперсонализација обухвата персонализоване маркетинг, динамичне ценовне стратегије, персонализоване понуде производа, корисничку подршку која је специфична за појединца и персонализоване понуде за лојалне кориснике производа.
15	Аналитика података представља добијање информација значајних за пословање предузећа. Информације се добијају анализом велике количине података који се прикупљају онлајн или путем других медија.
16	Примена мобилних технологија омогућава ефективнију колаборацију и повезивање између предузећа, појединца и других интересних страна. Мобилне апликације омогућавају једноставнију корисничку подршку, плаћање са било које локације, праћење инвентара и друго.
17	Сајбер физички системи омогућавају индустријску аутоматизацију, паметну инфраструктуру, паметне ланце снабдевања, и интелигентне транспортне системе што све доприноси смањењу трошкова.
18	Нанотехнологија је уско специфична технологија и број предузећа које могу да је примене је мањи наспрам претходно наведених решења. Нанотехнологија је широк појам и може наћи примену у савременој ИКТ инфраструктури, медицини, производњи прехранбених производа и у производњи савремених композитних материјала.
19	Паметна инфраструктура често захтева већа улагања на почетку, док се исплативост огледа у већој ефикасности у датом сектору предузећа. Може наћи примену у складиштењу, транспорту, логистици, производњи и управљању задовољством корисника.
20	Зелене технологије се односе на све технологије које имају циљ да оптимизују и сачувају животну средину кроз смањење експлоатације ресурса из необновљивих извора.
21	Сајбер сигурност се односи на безбедност и заштиту података корисника на првом месту, као и безбедност и интегритет података предузећа на другом месту.
22	Аутоматизација доприноси смањењу времена за производњи јединице производа, смањује трошкове производње, смањује физички стрес радника, и омогућава ефикаснију реализацију пословних процеса.

На основу престављеног модела, може се установити да повратне информације играју значајну улогу у унапређењу пословања. Кроз циклусе оптимизације, побољшавају се пословни процеси са циљем задовољства корисника. Даље, могу се дати одговори на истраживачка питања:

1. Какве промене је донео технолошки равој у оквирима концепта Друштва 5.0?

Главне промене које се уочавају су дигитална трансформација, производња где се човек ставља у центар дешавања, интезивирање неопходности колаборације, паметна и одржива инфраструктура, неопходност хиперперсонализације, агилни пословни модели и трансформација радне снаге.

2. Које технологије могу допринети побољшању конкурентности домаћих предузећа.

Неких од технологија које имају потенцијал су вештачка интелигенција, Интернет Ствари, виртуелна и проширена реалност, аутоматизација, роботика, Интернет Вредности, аналитика података, сајбер безбедност и сајбер-физички системи.

Утицај наведених промена и технологија зависи и од самог предузећа (величина, капитал, индустријска грана, људски ресурси).

5. ПРЕПОРУКЕ И СМЕРНИЦЕ

На основу истраживања, смернице и препоруке за унапређење конкурентности су следеће:

- Прихватање дигиталне трансформације: Предузећа би требало да се подвргну дигиталној трансформацији користећи технологије као што су вештачка интелигенција, аналитика великих података, рачунарство у облаку и Интернет Ствари. Ово омогућава предузећима да оптимизују операције и побољшају ефикасност.

- Усвајање иновативног начина размишљања: Предузећа треба да негују културу агилности и иновација како би остала конкурентна у дигиталном окружењу које се брзо развија.
- Фокус на корисничко искуство: Предузећа би требало да дају приоритет пружању изузетног корисничког искуства. Потребно је искористити технологију да би се разумели преференције и понаше купаца.
- Подстицање заједничке креације и сарадње: Сарадња са клијентима, партнерима, академским круговима и владиним агенцијама у циљу креирања заједничких решења која се баве друштвеним изазовима и испуњавају потребе у развоју.
- Укључивање праксе одрживости: Предузећа треба да усвоје одрживе праксе у свим својим операцијама и ланцима вредности. Интегрисати еколошке, друштвене факторе и факторе управљања (ЕСГ) у процесе доношења одлука.
- Инвестирање у развој вештина радне снаге: Предузећа треба да дају приоритет програмима усавршавања и преквалификације како би опремила радну снагу дигиталним вештинама неопходним за будућност.
- Обезбеђивање приватности и безбедности података: Потребно је дати приоритет приватности и безбедности података како би се изградило поверење код купаца и заинтересованих страна.
- Сарадња са стартапима и технологијама у развоју: Предузећа би требало да активно траже партнерства и сарадњу са стартапима и добављачима технологије у развоју.

6. ЗАКЉУЧАК

Може се закључити да концепт Друштва 5.0 представља визију друштва усредсређеног на човека и одрживи развој у коме технолошки напредак игра значајну улогу. Предузећа могу побољшати своју конкурентност у оквиру Друштва 5.0 прихватањем дигиталне трансформације, усвајањем агилног и иновативног начина размишљања, давањем приоритета искуствима купаца, подстицањем сарадње и заједничког стварања, укључивањем пракси одрживости, улагањем у развој вештина радне снаге, наглашавањем друштвеног утицаја и друштвено одговорног пословања, обезбеђивањем приватности података и безбедност, и да остане агилан у доношењу одлука. Усклађивањем својих стратегија са принципима Друштва 5.0, предузећа могу да подстакну иновације, одговоре на друштвене изазове и створе одрживу вредност, позиционирајући се на челу дигиталног окружења који се брзо развија.

ЗАХВАЛНОСТ

Рад је подржан од стране Покрајинског Секретаријата за Високо Образовање АП Војводине. Број пројекта: 142-451-2963/2022-03

7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Tyagi, Amit Kumar, Sathian Dananjayan, Deepshikha Agarwal, Hasmath Farhana Thariq Ahmed, Blockchain—Internet of Things Applications: Opportunities and Challenges for Industry 4.0 and Society 5.0, *Sensors* vol. 23, no. 2, 947. <https://doi.org/10.3390/s23020947>, 2023
- [2] Deguchi, Atsushi, Chiaki Hirai, Hideyuki Matsuoka, Taku Nakano, Kohei Oshima, Mitsuharu Tai, Shigeyuki Tani, What is society 5.0., *Society* 5, no. 0, 1-24, 2020.
- [3] Mourtzis, D., J. Angelopoulos, and N. Panopoulos, A Literature Review of the Challenges and Opportunities of the Transition from Industry 4.0 to Society 5.0., *Energies*, 15, 6276, 2022.
- [4] Kasinathan, Padmanathan, Rishi Pugazhendhi, Rajvikram Madurai Elavarasan, Vigna Kumaran Ramachandaramurthy, Vinoth Ramanathan, Senthilkumar Subramanian, Sachin Kumar et al., Realization of Sustainable Development Goals with Disruptive Technologies by Integrating Industry 5.0, Society 5.0, Smart Cities and Villages., *Sustainability*, 14, no. 22, 15258, 2022.
- [5] Huang, Sihan, Baicun Wang, Xingyu Li, Pai Zheng, Dimitris Mourtzis, Lihui Wang, Industry 5.0 and Society 5.0—Comparison, complementation and co-evolution., *Journal of manufacturing systems* 64, 424-428, 2022.
- [6] Sachs, Jeffrey, Some brief reflections on digital technologies and economic development, *Ethics & International affairs* 33, no. 2, 159-167, 2019.
- [7] Peñalvo, Francisco José García, Akash Sharma, Anureet Chhabra, Sunil K. Singh, Sudhakar Kumar, Varsha Arya, Akshat Gaurav. Mobile cloud computing and sustainable development: Opportunities, challenges, and future directions., *International Journal of Cloud Applications and Computing (IJCAC)* 12, no. 1, 1-20, 2022.
- [8] Singh, Jagendra, Mohammad Sajid, Suneet Kumar Gupta, Raza Abbas Haidri, Artificial Intelligence and Blockchain Technologies for Smart City, *Intelligent Green Technologies for Sustainable Smart Cities*, 317-330. 2022.
- [9] Purnomo, Agung, Nur Afia, Yogi Tri Prasetyo, Elsa Rosyidah, Satria Fadil Persada, Fairuz Iqbal Maulana. Business Model on M-Business: A Systematic Review, *Procedia Computer Science* 215, 955-962, 2022.
- [10] Rudyk, Natalia V., Shakizada U. Niyazbekova, Zeinegul K.

Yessymkhanova, Serik K. Toigambayev, Development and Regulation of the Digital Economy in the Context of Competitiveness. In Cooperation and Sustainable Development, 167-174. Springer International Publishing, 2022.

Адреса аутора: Kavalić Mila, Docent, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin, Đure Đakovića BB
е-маил: mila.kavalic@tfzr.rs
Рад примљен: јул 2023.
Рад прихваћен: септембар 2023.

ЗНАЧАЈ ОНЛАЈН МАРКЕТИНГ СТРАТЕГИЈА ЗА Е-ТРГОВИНУ

IMPORTANCE OF ONLINE MARKETING STRATEGIES FOR E-COMMERCE

VERICA GLUVAKOV¹
IGOR VECŠTEJN¹
DRAGANA KOVAČ¹

¹Универзитет у Новом Саду, Технички факултет „Михајло Пупин”, Зрењанин

РЕЗИМЕ

Услед константног и свакодневног техно-лошког развоја, дигитализација целокупног пословања и пословних процеса била је неизбежна, а традиционални облици свих пословних процеса, укључујући и маркетинг, постали су секундарни. Онлајн тржиште које се развило као резултат свакодневног технолошког и информационог развоја, захтева развој и примену електронске трговине која је резултирала експанзијом онлајн маркетинг стратегија као што су SEO, плаћање по клику и маркетинг друштвених медија.

Кључне речи: Дигитални маркетинг, SEO, Плаћање по клику, Маркетинг друштвених медија, Е-трговина

ABSTRACT

Due to the constant and daily technological development, the digitalization of the entire business and business processes was inevitable, and the traditional forms of all business processes, including marketing, became secondary. The online market that has developed as a result of everyday technological and informational development, requires the development and application of electronic commerce which has resulted in the expansion of online marketing strategies such as SEO, Pay Per Click, and Social Media marketing.

Keywords: Digital marketing, SEO, Pay Per Click, Social Media Marketing, E-commerce

1. УВОД

Глобално тржиште намеће све већу потребу за дигитализацијом пословних активности, посебно маркетинга, узимајући у обзир чињеницу да велики број компанија користи веб сајтове као вид промотивних активности за своје производе и услуге. У савременом пословном

окружењу дигитални маркетинг представља неизоставан део функционисања организације. Дигитализацијом маркетиншких активности традиционални облици маркетинг микса постали су секундарни, нарочито када су у питању промотивне активности [1]. Применом дигиталног маркетинга у пословању, компаније су своје производе и услуге

учиниле доступним и лако препозна-
тљивим на тржишту, што је поједно-
ставило спровођење маркетинг акти-
вности, али повећало ниво конкуренције
на тржишту, нарочито када је реч о
конкурентима имитаторима. Дигитални
маркетинг уско је повезан са константно
растућим феноменом е-трговине која
нуди бројне могућности за раст и успех
предузећа.

2. ДИГИТАЛНИ МАРКЕТИНГ

2.1. ДИГИТАЛНИ МАРКЕТИНГ

КАО РЕЗУЛТАТ РАЗВОЈА ИНФОРМАЦИОНИХ ТЕХНОЛОГИЈА

У савременом пословању, примена и
развој информационих технологија игра
кључну улогу у самом опстанку органи-
зације на тржишту, њеном функцио-
нисању, али и стварању и дељењу знања
значајног за примену дигиталног марке-
тинга. Целокупна дигитализација посло-
вања, као и дигитални маркетинг пред-
стављају резултат развоја информационих
технологија и примене истих у општем
пословању. Информационе технологије
саме по себи нису довољне да би се
онлајн маркетинг стратегије у дигита-
лном маркетингу успешно имплементи-
рале, али представљају значајан фактор
његовог концепта, због тога што базе
података и корпоративни Интранет пре-
дстављају, развијају и олакшавају разме-
ну знања међу запосленима и између
различитих организационих нивоа.

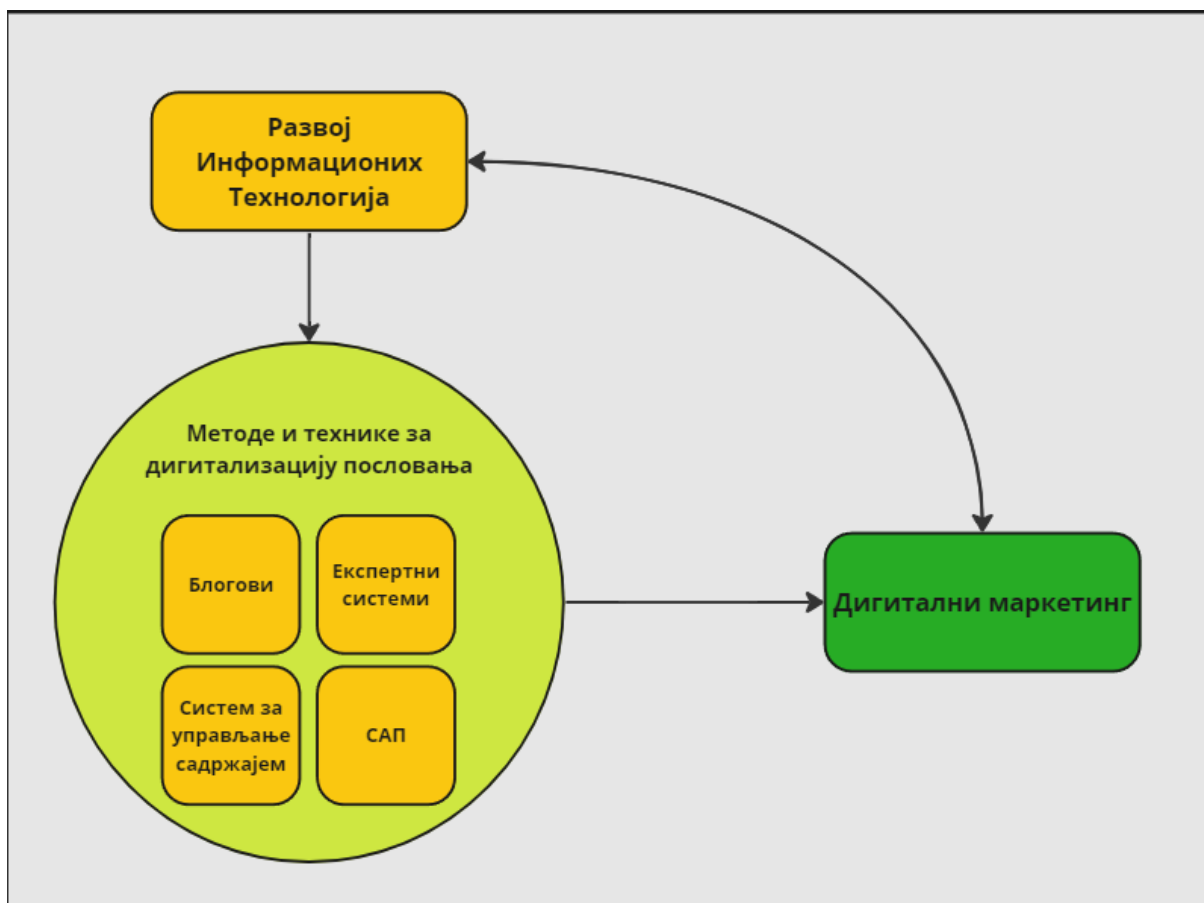
Организације могу користити унапре-
ђене софтвере који подразумевају систе-
ме за дигитализацију пословања, а техни-
чка средства утичу на обезбеђивање
тржишне ефикасности организација. Како
би информационо-комуникациони систе-
ми успешно учествовали у имплементаци-
ји дигиталног маркетинга и е-трговине
у организацији, треба да буду усаглашени
са другим организационим платформама,
као и да располажу поузданошћу и тачно-
шћу.

Применом информационих техноло-
гија у имплементацији дигиталног марке-
тинга развијају се важне методе и технике

које се користе унутар организације као
што су:

- Блогови – веб сајтови који подржавају објављивање чла-нака сортираних по датуму. Уз помоћ неограниченог приступа Интернету, блогот се може на једноставан начин делити и чувати садржај, уз остваривање позитивних односа са корисницима и стејхолдерима. Блогови често садрже РСС канале који омогућавају пре-тплате на блогинг платформе.
- Експертни системи – представљају интелигентне програме информационих технологија који врше симулацију решавања проблема и значајна су област истраживања вештачке интелигенције. Значајни су за примену дигитализације пословања, због постојања могућности да рачунарски програм понуди одговоре за решавање одређених проблема.
- Систем за управљање садржајем (Content Management System) – представља систем за динамичко управљање садржајем или извршавање упита над базама у одређеним програмским језицима, чиме се може постићи чување садржаја у бази података.
- САП (Systems, Applications and Products) – представља светску компанију за системе, апликације и производе у системима обраде података. Производи САП-а представљају програме који садрже функционалне сетове за пословну аналитику, финансије, управљање људским ресурсима, логистику, као и корпоративне сервисе.

Дигитални маркетинг као резултат развоја информационих технологија, методе и технике примене као и међусобна повезаност ових аспеката приказани су на слици 1.



Слика 1. Дигитални маркетинг као резултат развоја информационих технологија

2.2. ОСНОВНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ДИГИТАЛНОГ МАРКЕТИНГА

Дигитална трансформација остварује значајан утицај на активности и пословање производних и услућних компанија, како на глобалном, тако и на домаћем тржишту. Начин на који компаније спроводе маркетиншке активности такође се променио услед дигитализације пословања, а дигитални маркетинг као резултат представља праксу коришћења дигиталних канала и информационих технологија за промовисање производа и услуга циљном тржишту [1]. Дигитални маркетинг је облик маркетинга који пружа могућност имплементације онлајн маркетинг стратегија великом броју постојећих и потенцијалних потрошача, чиме се олакшава и унапређује опште пословање. Дигитални маркетинг подразумева онлајн

мрежу која се користи за спровођење маркетиншких акција корисних за бренд [2]. Дигитални маркетинг омогућује креирање и развој иновација за компанију у области унапређења корпоративног имиџа и повећања продаје, а иновације играју важну улогу и у унапређењу перформанси компаније. Концепт дигиталног маркетинга је релативно нов концепт, који још увек није сасвим примењен у компанијама које послују на домаћем тржишту, али његова експанзија је интензивна и велики број компанија, како на глобалном, тако и на домаћем тржишту примењује познате стратегије дигиталног маркетинга. Иновације у дигиталном маркетингу могу остварити значајне индиректне и директне утицаје на маркетиншке способности компаније.

Присуство и активност компанија и њихових производа и услуга на различитим онлајн платформама постало је

средиште маркетиншких активности савремених предузећа. Дигитални маркетинг као концепт нуди компанијама могућност покретања промотивних активности и интеракцију са потрошачима, што представља високо конкурентске активности. Без обзира на постојање интензивне конкуренције на тржишту, укључујући и онлајн тржиште, ефикасна употреба дигиталног маркетинга омогућава предузећима развој одрживе конкурентске предности, нарочито када су у питању мала и средња предузећа [3].

У области дигиталног маркетинга истиче се способност прилагођавања маркетиншке комуникације новим друштвеним трендовима и појавама, а његова интегрална улога олакшава дигитално пласирање производа, услуга и иновативних подухвата, нарочито када су у питању „стартап“ компаније. Употребом дигиталног маркетинга, предузећа имају могућност коришћења онлајн маркетинг стратегија које у великој мери олакшавају комерцијализацију производа и услуга, унапређују продају истих и доприносе остварењу профита [4].

3. ОНЛАЈН МАРКЕТИНГ СТРАТЕГИЈЕ

Присуство компанија на онлајн платформама и експанзија дигиталног маркетинга су у значајној мери допринели развоју е-трговине која у условима савременог пословања представља примарни облик трговине компанија са потрошачима. Дигитални маркетинг као претходник е-трговине укључује различите стратегије и тактике онлајн маркетинга за повезивање са циљним тржиштем, изградњу свести о бренду, остваривање промета на веб локацијама, генерисање потенцијалних клијената и, коначно, остваривање пословних циљева [5]. Кључни аспекти, односно најзаступљеније онлајн маркетинг стратегије су:

- SEO оптимизација (Search Engine Optimization)

- Плаћање по клику (Pay-Per-Click)
- Маркетинг друштвених медија (Social Media Marketing)

3.1. SEO

Претраживач је софтверски програм доступан на Интернету који врши претрагу докумената и датотека и, на тај начин, омогућава приступ различитим информацијама. Еволуција Интернета донела је бројне различите претраживаче као што су Google, Bing, Yahoo и други који се свакодневно развијају, а сваки од њих има сопствене специфичне карактеристике. Радни процес претраживача укључује индексирање и функционише тако што садржи информације о садржају тражене странице. Те информације могу бити локације речи на страници, слике и везе ка другим страницама. Претраживач користи ове податке како би одредио појављивање одређене странице, као и редослед појављивања исте [2].

SEO је техника за побољшање видљивости веб странице у претраживачу. SEO омогућава компанијама да се прилагоде интензивним променама на глобалном тржишту због тога што његова примена омогућава „маркетинг од стране потрошача“, за разлику од традиционалних маркетинг стратегија, у којима су компаније тражиле и привлачиле потрошаче. Дефиниција SEO-а је дата у Google's Search Engine Optimization Guide (2010), где је „SEO низ модификација и техника које претраживачима олакшавају да индексирају и разумеју садржај веб сајта“ [2]. Веб странице које су високо рангиране остварују више промета, односно посета због тога што се међу првима појављују у резултатима претраге. Овај промет посетиоце често претвара у кориснике, односно потрошаче, што представља циљ компанија које користе ову стратегију.

Пре примене техника оптимизације, компаније треба да имају јасно дефинисано циљно тржишно, да знају преференције потрошача, као и сопствене могућности. Поседовањем ових инфо-

рмација и ефикасном анализом интерног и екстерног окружења, компаније бирају кључне речи које представљају садржај њихових веб страница. Потрошачи обично посећују веб странице које су на врху листе, а за компаније то представља већу шансу за успешан дигитални маркетинг, односно унапређење продаје производа и услуга. Због тога је SEO једна од кључних стратегија у дигиталном маркетингу и е-трговини и моћна техника у свету дигиталног пословања.

У дигиталном маркетингу и е-трговини, SEO се може постићи путем органског или плаћеног SEO-а. Кроз органски SEO, власници сајтова покушавају да остваре високо рангирање исте у резултатима претраге без употребе плаћених средстава. Међутим, када је реч о тежњи компанија да повећају промоцију и продају својих производа и услуга, препоручена опција је плаћени SEO, односно плаћено оглашавање. Кроз плаћени SEO, власници сајтова купују рекламни простор у резултатима претраге ради постизања високог рангирања веб странице. Органске везе се рангирају према релевантности приликом претражи-вања, док се спонзорисане везе додељују оглашивачима кроз конкурентну акцију. Плаћено оглашавање представља сигурну опцију за компаније које теже ефикасној имплементацији дигиталних маркетиншких стратегија и вештина [2].

3.2. PAY-PER-CLICK

Плаћање по клику (ППК) представља још један вид дигиталног маркетинга чије је коришћење широко распрострањено како би се ефикасно пласирали производи и услуге компанија са циљем повећања продаје и прихода. Плаћање по клику подразумева постављање онлајн огласа и плаћање накнаде сваки пут када корисник кликне на оглас. Популарне платформе за ППК оглашавање су Google Ads, Bing Ads и друштвене мреже попут огласа на Facebook-у и Instagram-у. ППК је често

призната маркетиншка стратегија због различитих предности које нуди [6].

ППК је повезан са SEO због чињенице да је дизајниран као метод стварања прихода за претраживаче. ППК који се још назива и „плаћање за пласман“ користи се за описивање различитих пракси које се односе на повезивање појединачних веб локација са одређеним кључним речима за плаћање. Као резултат тога, потенцијални клијенти, односно потрошачи се одводе на веб локацију одабиром кључне речи које ће њихово специфично циљно тржиште користити у претрази. Као и код употребе SEO-а, важно је да власници сајтова пажљиво истраже могуће кључне речи које се могу користити у претрази њихових специфичних производа и услуга. Употребом ППК стратегије оглашивачима се сугерише плаћање сваког клика који добију преко спонзорисане везе, што значи да би ППК убрзо могао постати веома скупа стратегија, узимајући у обзир да су оглашивачи у сталној борби за популарне кључне речи [6]. ППК, као што сам назив каже, наплаћује оглашивачу износ понуде сваки пут када корисник кликне на рекламу. Све кључне речи имају различиту конкуренцију оцене, а што је кључна реч популарнија, то је већа цена рекламирања.

Одређени литературни извори показују да успех у ППК оглашавању у већој мери зависи од способности и умећа компанија да убеду потенцијалне потрошаче да предузму акцију, односно донесу одлуку о куповини од самог познавања претраживачких алгоритама и мноштва карактеристика контролних конзола попут Google AdWords, Yahoo! Search Marketing i Microsoft adCenter [7].

Компаније могу изнети понуде за термине претраге у жељеном ППК претраживачу. Када корисник унесе одговарајући термин, претраживач приказује одговарајуће везе до веб локација датим редоследом који одговара рангу компаније за тај термин. Редослед рангирања одређује цена понуде клијента, односно

компаније, помножена са оценом квалитета веб странице. Понуда компаније представља новчани износ који је компанија спремна да плати претраживачу сваки пут када корисник кликне на везу ка њеној веб страници.

Конкретне ППК шеме представљају системе који приказују огласе у резултатима претраге, лоциране заједно са органским резултатима претраге, али са одвојеним рангирањем. Наиме, локација ових реклама је обично са десне стране или изнад листе органских резултата. Овакво дељење простора на корисничком екрану може узроковати одређене пробеме за корисника, па се сматра недостатком ППК стратегије. Корисници не могу проценити квалитет ранжираних резултата, као и разлику између органских и плаћених резултата. Међутим, многе индустрије, нарочито туристички сектор користи ову маркетиншку прилику за рекламирање услуга [7].

3.3. SOCIAL MEDIA MARKETING

Традиционални медији попут телевизије, радио станица и часописа постају секундарни у односу на друштвене медије који су обележили не само свакодневницу, већ и пословање великог броја делатности. Нова веб технологија пружа појединцима и компанијама једноставан и брз начин за креирање сопственог садржаја, а маркетинг друштвених медија користи ову прилику када је у питању продаја робе и услуга потрошачима [8]. Маркетинг друштвених медија, дакле, укључује коришћење платформи друштвених медија као што су Facebook, Instagram, TikTok, Twitter, LinkedIn и друге за повезивање и интеракцију са циљном публиком, као и промовисање производа и услуга, што за резултат има повећање продаје и прихода.

У савременим условима живљења и пословања, друштвени медији представљају један од најутицајнијих канала комуникације. Употреба одговарајућих друштвених медија у великој мери олакшава

интеракцију између компанија, група, друштава, потрошача, заједница и појединаца. Узимајући у обзир чињеницу да број корисника друштвених медија свакодневно расте, многе компаније користе предности овог маркетиншког канала у тежњи да ефикасно комуницирају са потрошачима. Маркетинг друштвених медија представља процес стицања промета на веб локацији или пажње потрошача путем друштвених медија. Маркетиншке стратегије на друштвеним мрежама обично се фокусирају на креирање садржаја који потрошачима специфичних производа и услуга привлачи пажњу и подстиче их да тај садржај деле са другима. Дељење основне комуникационе поруке између корисника друштвених медија може дати позитиван резултат због стицања утиска да порука долази из поузданог извора и „треће стране“ за разлику од саме компаније. Дакле, овај облик маркетинга резултира од зарађених уместо плаћених медија. Веб локације друштвених мрежа омогућавају појединцима и предузећима да комуницирају једни са другима и граде онлајн заједнице. Друштвене мреже у функцији маркетинга, стога, остављају на потрошаче позитиван „од уста до уста“ утисак. Употребом нових технологија и семантичком анализом компаније могу открити сигнале куповине попут садржаја који људи деле и питања постављена на друштвеној мрежи. Употреба мобилног телефона је такође значајна за маркетинг друштвених медија, због чињенице да мобилни телефони пружају могућност друштвеног умрежавања и тиме омогућавају појединцима тренутно онлајн претраживање и приступ друштвеним мрежама[8]. Сродни облик маркетинга представља и Influencer маркетинг, приликом чега компаније остварују сарадњу са „утицајним“ личностима на друштвеним мрежама како би промовисале своје производе и услуге и тиме досегле ширу публику.

Наглашавање употребе мобилних уређаја је важно због тога што одређене студије показују да честа употреба мобилних

уређаја попут телефона и таблета има значајан утицај на контекст куповине. Наиме, окружење куповине на друштвеним мрежама разликује се од куповине у физичким продавницама. Разлика је у чињеници да се корисници физички повећују са својим мобилним уређајима и повећавају осећање психолошког власништва над одређеним производом приликом „додиривања“ екрана, увећавања фотографије производа и самосталног информисања о истом, што утиче на доношење одлуке о куповини. Поред тога, мултимедијални огласи утичу на ставове потрошача према бренду и куповне намере.

Друштвени медији пружају многобројне могућности компанијама за комуницирање са потрошачима, али су и потрошаче учинили софистициранијим, захтевнијим и помогли им да развију нове тактике у претраживању, процени, избору и куповини производа и услуга [8]. Стога компаније улажу велике напоре у онлајн маркетинг стратегије како би предвиделе потрошачке потребе, задржале постојеће и освојиле нове потрошаче и, коначно, одговориле својим производима и услугама на њихове захтеве.

4. Е-ТРГОВИНА

4.1. ДЕФИНИЦИЈА И ЗНАЧАЈ Е-ТРГОВИНЕ

Е-commerce или електронска трговина односи се на куповину, продају робе и услуга путем Интернета. Е-трговина унела је револуционарне промене у начин функционисања предузећа, трансформисујући традиционални модел од „цигле и малтера“ у дигитални пејзаж. Е-трговина нуди бројне предности, укључујући проширени досег на тржишту, економичност и побољшану удобност за кориснике. Обухвата широк спектар активности, укључујући малопродајне прода-

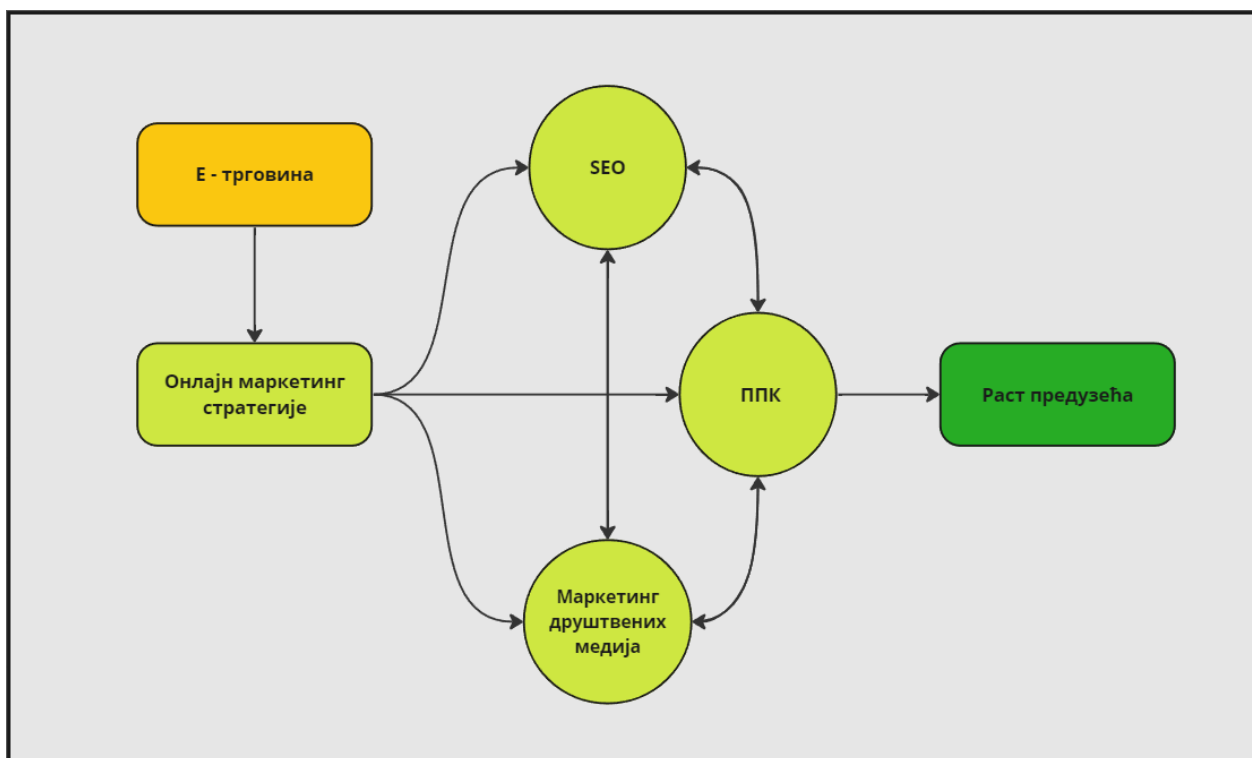
внице на мрежи, дигитална тржишта, онлајн аукције и Business to Business (B2B) трансакцију. Е-трговина стекла је значајну важност и трансформисала пословни пејзаж због својих бројних предности и импликација [9].

Значај е-трговине лежи у њеном потенцијалу да поремети традиционалне моделе малопродаје. Предузећима нуди прилику да дођу до глобалне базе купаца без ограничења физичких локација продавница. Омогућава компанијама свих величина, од малих „стартапа“ до мултинационалних корпорација, да прикажу своје производе или услуге широј публици и приступе новим тржиштима. Овај проширени досег отвара врата за повећану продају, раст прихода и побољшану видљивост бренда, што представља значајан раст савремених предузећа. Значај онлајн маркетинг стратегија и е-трговине приказан је на слици 2.

4.2. ЕВОЛУЦИЈА И УТИЦАЈ Е-ТРГОВИНЕ

Еволуција е-трговине може се пратити уназад до успона Интернета и развоја дигиталних технологија. У раним данима, е-трговина је првенствено укључивала једно-ставне онлајн трансакције и основне веб странице у стилу каталога. Међутим, са напретком технологије, е-трговина је била сведок изузетног раста и трансформације.

Широко усвајање безбедних система плаћања на мрежи, побољшани дизајн веб странице и корисничко искуство, напредак у логистици и полиферација мобилних уређаја допринели су еволуцији е-трговине. Ови развоји су учинили куповину на мрежи практичнијом, приступачнијом и безбеднијом, што је довело до значајне промене у понашању потрошача.



Слика 2. Значај онлајн маркетинг стратегија и е-трговине

Утицај е-трговине је био далекосежан. То је пореметило традиционалне мало-продајне моделе приморавајући обичне продавнице да се прилагоде или суоче са падом. Е-трговина је демократизовала тржиште, омогућавајући малим предузећима и предузетницима да се такмиче у једнаким условима са познатим брендовима. Такође је подстакла глобализацију повезујући предузећа и потрошаче из различитих делова света. Поред тога, покренула је иновације, што је довело до појаве нових пословних модела, као што су *dropshipping*, услуге засноване на претплати и дигитална тржишта [10].

Раст е-трговине је био изузетан током протеклих деценија, вођен технолошким напретком и променом понашања потрошача. Очекује се да ће се овај тренд наставити, наглашавајући огроман потенцијал и могућности у сектору е-трговине.

5. КОРИШЋЕЊЕ ОНЛАЈН МАРКЕТИНГ СТРАТЕГИЈА У Е-ТРГОВИНИ

Онлајн маркетиншке стратегије играју кључну улогу у успеху предузећа е-трговине. Ове стратегије користе моћ дигиталних канала за привлачење, ангажовање и конверзију купаца. Примењујући ефикасне тактике онлајн маркетинга, предузећа е-трговине могу да усмере саобраћај на своје веб странице, повећају видљивост бренда и, на крају, повећају продају. Неки од успешних видова е-трговине које примењују кључне онлајн маркетинг стратегије на домаћем и међународном тржишту имају приступ усмерен на купца, беспрекорно корисничко искуство, конкурентне цене и поуздану логистичку инфраструктуру.

Водеће продавнице онлајн трговине користе различите стратегије онлајн маркетинга како би подстакле саобраћај и олакшале трансакције. Користе SEO технику како би осигурали да њихове

платформе буду високо рангиране у резултатима претраге за популарне категорије производа. Поред тога, користе ППК како би промовисали истакнуте листе и привукли циљне кориснике на своју веб страницу. Такође, активно се баве маркетингом на друштвеним мрежама, водећи циљане кампање на платформама као што су Facebook, Instagram, Twitter, TikTok и сличне како би досегли циљну публику и повећали видљивост брэнда. Подстичу садржај који генеришу корисници дозвољавајући купцима и продавцима да оставе оцене и рецензије, стварајући осећај поверења и кредибилитета међу њиховом корисничком заједницом. Ове стратегије помажу е-трговини да се успостави као поуздано и популарно онлајн тржиште на глобалном нивоу, повезујући купце и продавце у широком спектру категорија производа.

Такве продавнице пружају уграђене SEO функције као што су прилагодљиве мета ознаке, оптимизација URL-а, одзив на мобилним уређајима, XML мапе сајтова и навигацију прилагођену SEO-у. Такође нуде различите SEO апликације и интеграције за додатно побољшање видљивости и рангирања веб странице. Интегришу се са популарним платформама за оглашавање као што су Google Ads, Facebook Ads, Bing Ads омогућавајући предузећима да креирају и управљају ППК кампањама директно са својих контролних табли. Ова интеграција олакшава маркетинг на друштвеним мрежама и усмерава саобраћај на онлајн продавницама.

Онлајн тржишта на ком појединци и предузећа могу да купују и продају производе користе низ стратегија онлајн маркетинга како би привукли кориснике и олакшали трансакције. ППК методе оглашавају циљање одређених кључних речи и појављивање у резултатима претраге, повећавајући видљивост и стопу кликова. Такође, маркетинг друштвених медија омогућава укључивање са циљном публиком и промовисање истакнутих производа или ексклузивних понуда.

Компаније често имплементирају маркетинг садржај путем својих блогова и водича, пружајући вредне информације и градећи поверење својих корисника [10].

6. ЗАКЉУЧАК

Е-трговина представља бројне пословне могућности, али она такође носи и одређене изазове за савремена предузећа. Оштра конкуренција, технологија која се константно развија, променљиве преференције и све већи захтеви потрошача, ризици за рачунарску безбедност и сложеност логистике су само неке од препрека које предузећа е-трговине морају да савладају. Међутим, ови изазови доносе и могућности за иновације, диференцијацију и лидерство на тржишту. Дакле, е-трговина представља значајне могућности за предузећа која су спремна да се прилагоде и иновирају, што савремени тржишни услови свакако захтевају. Е-трговина омогућава брзу скалабилност и ширење тржишта, пружа драгоцене увиде у податке за циљани маркетинг, омогућава персонализовано корисничко искуство и нуди економичност у поређењу са традиционалним малопродајним моделима. Компаније које могу да се прилагоде овим изазовима и ефикасно искористе онлајн маркетинг стратегије спремне су за успех.

7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] A.A. Varzaru, „Assessing Digital Transformation Acceptance in Public Organizations’ Marketing“, Sustainability (2071-1050), vol.15 (1), pp. 265, 2023.
- [2] V. Gluvakov et al., „SEO for improving competitiveness of SMEs“, AИТ conference proceedings, pp. 34-39, 2022.
- [3] S.U. Jung and V. Shegai, „The Impact of Digital Marketing Innovation on Firm Performance: Mediation by Marketing Capability and Moderation by Firm

- Size“, Sustainability (2071-1050), vol.15 (7), pp. 5711, 2023.
- [4] M. Faiz, „Digital Marketing for startups: How to commercialize innovation through SMDAB framework“, Abasyn University Journal of Social Sciences, vol. 15(2), pp. 144-153, 2022.
- [5] V. Njegomir, „Digitalni marketing“, Civitas, vol. 10(1), pp. 52-70, 2020.
- [6] W.T. Kritzinger and M. Weideman, „Search engine optimization and pay-per-click marketing strategies“, Journal of Organizational Computing and Electronic Commerce, vol. 23(3), pp. 273-286, 2013.
- [7] W.T. Kritzinger and M. Weideman, „Comparative case study on website traffic generated by search engine optimization and a pay-per-click campaign, versus marketing expenditure“, South African Journal of Information Management, vol. 17(1), pp. 1-12, 2015.
- [8] Y.K. Dwivedi, K.K. Kapoor, and H. Chen, „Social media marketing and advertising. The Marketing Review“, vol. 15(3), pp. 289-309, 2015.
- [9] K. Laudon and C. Traver “E-commerce: Business, Technology, Society”, 2019.
- [10] D. Chaffey and F. Ellis-Chadwick, „Digital Marketing: Strategy, implementation and practice“, Pearson, 2019

Адреса аутора: Глуваков Верица, Мастер инжењер менаџмента – сарадник у настави, Технички факултет „Михајло Пупин“, Зрењанин, Буле Ђаковића бб
 е-маил: verica.gluvakov@tfzr.rs
 Рад примљен: јул 2023.
 Рад прихваћен: септембар 2023.

ЛОКУС КОНТРОЛЕ КАО ПРЕДИКТОР ЗАДОВОЉСТВА ПОСЛОМ ЗАПОСЛЕНИХ

LOCUS OF CONTROL AS A PREDICTOR OF EMPLOYEE JOB SATISFACTION

МИЛА КАВАЛИЋ¹
САЊА СТАНИСАВЉЕВ¹
МИХАЉ БАКАТОР¹

¹Универзитет у Новом Саду, Технички факултет „Михајло Пупин”, Зрењанин

РЕЗИМЕ

У овом раду фокус је стављен на разумевање утицаја локуса контроле на задовољство послом запослених. Важност овог односа огледа се у томе да је веома битно да организације и менаџери пружају подршку запосленима стварајући стимулативно радно окружење које подстиче осећај контроле над радним исходима. На основу спроведеног истраживања дошло се до закључка да унутрашњи локус контроле позитивно утиче на задовољство послом запослених.

Кључне речи: Локус контроле, задовољство послом, запослени.

ABSTRACT

In this paper, the focus is on understanding the influence of locus of control on employee job satisfaction. The importance of this relationship is reflected in the fact that it is very important that organizations and managers support employees by creating a stimulating work environment that encourages a sense of control over work outcomes. Based on the conducted research, it was concluded that the internal locus of control has a positive effect on employee job satisfaction.

Key words: Locus of control, job satisfaction, employees.

1. УВОД

У савременом пословању, задовољство запослених све више добија на значају. Сматра се да само задовољан запослени може да пружи организацији максималан учинак који доводи до што веће продуктивности рада. На задовољство запослених многи фактори имају неоспорив утицај.

Психолошки фактори представљају базне факторе који утичу на опште функционисање запослених, као и на њихову перцепцију. Локус контроле, као

психолошки конструкт пружа увид о свести запослених и њиховом гледишту како у приватном, тако и у пословном животу [1].

Локус контроле запослених, односи се на перцепцију појединца о томе у коликој мери има утицај над властитим животом и радом.

Локус контроле запослених може се посматрати као резултат комбинације унутарњих и спољашњих фактора [2]. Унутрашњи фактори могу укључивати особине, вредности, уверења, као и

перцепцију појединца о контроли коју има над властитим животом.

Када запослени перципира да има већу контролу над властитим радом, осећа се мотивисаније, аутономније и способније да утиче на постизање пословних циљева. Осим тога, запослени који имају унутрашњи локус контроле често имају већи осећај испуњености и више виде сврху у свом раду.

Студије су показале да запослени с унутрашњим локусом контроле имају већу радну мотивацију, веће задовољство послом, мање стреса и боље ментално здравље [3,4]. Такви запослени показују већу посвећеност организацији и боље пословне резултате.

Спољашњи фактори, с друге стране, могу укључивати све оне факторе који неспадају у лична уверења и личне карактеристике. Спољашњи фактори представљени су као екстерни фактори који утичу на личност појединца и његово даље ангажовање. Ти фактори могу бити други људи, више силе, организацијска деловања, радно окружење итд.

На основу наведеног може се рећи да локус контроле запослених може бити важан предиктор задовољства послом. Стога би организације требале препознати важност омогућавања запосленима одређеног нивоа контроле, како би се побољшало њихово задовољство послом, а самим тим и укупне пословне перформансе.

2. ТЕОРИЈСКИ ОКВИР ИСТРАЖИВАЊА

Локус контроле представља мултифакторијалну карактеристику која се може манифестовати на различите начине у пословању. Неки од примера укључују могућност доношења одлука о радној ангажованости, методама извршавања задатака, начину вођење, као и самосталност у постизању радних циљева.

Да би се побољшао локус контроле запослених, организације могу предузети

одређене кораке. То може укључивати унапређење аутономије, као и пружање јасне и доследне комуникације о очекивањима и циљевима. Такође, организације могу оснаживати запослене, пружајући им прилику да учествују у процесима одлучивања и да утичу на своју радну околину.

Важно је напоменути да локус контроле може деловати различито на различите улоге и нивое у организацији. Истраживања су показала да постоји веза између задовољства послом и продуктивности запослених [1, 5, 6].

Када су запослени задовољни својим послом, често су мотивисанији, креативнији и спремнији да уложе додатне напоре како би постигли организацијске циљеве. Стога, унутрашњи локус контроле запослених може имати позитиван учинак на укупну успешност организације.

Узимајући у обзир важност задовољства послом и локуса контроле запослених, организације би требале пружити подршку и створити радно окружење које подстиче аутономију, самопоуздање и осећај контроле. Ово може допринети да запослени буду срећнији, а самим тим и да буду усресређенији на постизање бољих резултата за организацију као целину.

Додатно, истраживања су показала да се запослени са унутрашњим локусом контроле могу боље носити са изазовима и притисцима на радном месту, те су мање подложни негативним последицама повезаним са стресом [7].

Поред тога, унутрашњи локус контроле запослених може подстаћи њихов развој и раст. Осећај да имају контролу над властитим радом подстиче самосталност, иницијативу и креативност. Запослени се осећају одговорније за резултате свог рада и више се ангажирају у проналажењу решења и унапређењу процеса. То може довести до повећане продуктивности, иновација и побољшања квалитета рада [8].

Важно је напоменути да, иако унутрашњи локус контроле запослених може имати позитивне учинке на задовољство послом [9], то не значи да сваки запосленик жели или треба да има апсолутну контролу над свим аспектима свог рада. Стога је важно прилагодити радно окружење и стил вођења према индивидуалним потребама и преференцијама запослених.

Такође је важно напоменути да локус контроле запослених може бити интерактиван с другим факторима који утичу на задовољство послом. На пример, подршка надређених, тимски рад, могућности развоја и напредовања такође играју важну улогу у обликовању задовољства послом.

Потребно је да организације подстичу отворену и транспарентну комуникацију, те редовито проверавају задовољство запослених како би идентификовали евентуалне проблеме и уочили прилике за побољшање. Када запослени осете подршку и поверење од стране својих надређених, то може појачати њихов осећај контроле и задовољство послом.

Локус контроле запослених није статичан, већ се може мењати током времена. Интезитет локуса контроле могуће је да варира у односу на емоционално стање и окружење, док је промена типа локуса контроле ретка.

Промена типа локуса контроле дешава се услед радикалних животних догађаја. Стога је потребно континуирано праћење и прилагођавање правила и пракси како би се осигурало да запослени имају адекватан ниво контроле која одговара њиховим потребама и циљевима. Уз то, локус контроле запослених може се мењати током времена, зависно о променама у радном окружењу, улогама и одговорностима.

Организације требају бити свесне тих промена и прилагодити се како би осигурале одговарајући ниво контроле и подршке запосленима.

3. МЕТОДОЛОШКИ ОКВИР ИСТРАЖИВАЊА

3.1. ПРЕДМЕТ И ПРОБЛЕМ ИСТРАЖИВАЊА

Предмет истраживања представља сагледавање задовољства послом запослених. На задовољство запослених утичу многи фактори, али у овом раду је посматран психолошки конструкт Локуса контроле [2]. Стога се у раду посматра локус контроле и његов утицај на задовољство послом запослених. У раду се посматра како одређени тип локуса контроле утиче на ниво задовољства послом запослених.

Проблем истраживања представља генерално задовољство запослених, које је у данашњем пословању један од кључних фактора за пословни успех.

3.2. ЦИЉЕВИ ИСТРАЖИВАЊА

Примарни циљ овог истраживања представља утврђивање утицаја одређеног типа локуса контроле на задовољство послом запослених.

На основу постављеног циља истраживања, проистекло је истраживачко питање: Да ли постоји утицај локуса контроле на задовољство послом запослених?

Секундарни циљ усмерен је да се на основу теоријског и емпиријског истраживања дају препоруке и смернице које ће помоћи руководиоцима да на адекватан начин управљају запосленима према типу њиховог локуса контроле, а самим тим и да управљају задовољством посла запослених.

3.3. МЕТОД ИСТРАЖИВАЊА

У овом истраживању коришћена је метода испитивања, која се спроводи путем два инструмента:

1. Локус контроле: посматра се применом мерне скале за процену Локуса контроле коју је креирао Јулиан Ротер [2]. Скала процењује локус контроле на

спрам висине скорa питања. Ова скала посматрана је као независна варијабла.

2. Задовољство послом: посматра се применом мерне скале за процену задовољства послом „Job Stisfaction Survey (JSS), коју је креирао Паул Спецтор [10]. Скалу чине девет димензија:

1. плата,
2. напредовање,
3. руковођење,
4. бенефиције,
5. награђивање,
6. услови рада,
7. сарафници,
8. обележја посла и
9. комуникационе вештине.

Ова скала посматрана је као зависна варијабла.

Применом анализе варијансе испитаће се наведени утицај.

3.4. УЗОРАК ИСТРАЖИВАЊА

Узорак истраживања представљају запослени $N=90$, у организацијама различите структуре и типа.

4. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

4.1. РЕЗУЛТАТ ИСТРАЖИВАЊА

Приказ утицаја локуса контроле на задовољство послом приказан је анализом варијансе у табели 1.

Табела 1. Приказ утицаја локуса контроле на задовољство послом запослених

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,620	1	,620	4,995	,028
Within Groups	10,924	88	,124		
Total	11,544	89			

Може се закључити да постоји утицај (Сиг. 0,028). Овакав резултат потврђује досадашња истраживања која су говорила у прилог наведеног утицаја [5,6, 8, 9].

4.2. ПРЕПОРУКЕ И СМЕРНИЦЕ

Организације могу унапредити управљање запосленима наспрам њиховог локуса контроле кроз различите праксе и стратегије. То може укључивати пружање јасно дефинисаних циљева и очекивања, давање запосленима слободу у избору метода и приступа у извршавању задатака, подтицање самосталности и аутономије, те пружање подршке и ресурса за развој вештина и знања.

Узимајући у обзир важност локуса контроле запослених за задовољство послом, организације могу применити одређене стратегије и праксе како би подржале и побољшале тај аспект радног окружења. Предложене праксе и стратегије су следеће:

1. Јасан комуникациони процес: Организације требају осигурати отворену и транспарентну комуникацију с запосленима. Јасно дефинисање циљева, очекивања и улога може помоћи запосленима да разумеју што се од њих очекује и како могу контролисати своје поступке према тим циљевима.

2. Делегирање власти: Важно је омогућити запосленима одређен ниво аутономије и самосталности у доношењу одлука о свом раду. Делегирање власти и одговорности омогућује запосленима да преузму контролу над властитим задацима и процесима, што може повећати њихов осећај контроле и задовољства послом.

3. Учешће у одлучивању: Осигуравање могућности за учешће запослених у доношењу одлука које утичу на њихов рад може имати позитиван утицај на њихов осећај контроле. Организације могу имплементирати процесе за прикупљање идеја, мишљења и повратних информација од запослених, те их укључити у планирање и имплементацију стратегија и промена.

4. Развој вештина и подршка: Организације би требале пружити

запосленима прилику за развој вештина и континуирано усавршавање. Пружање обука, менторства и подршке омогућује запосленима да се осећају самопоуздано у обављању својих задатака и развијају контролу над својим радом.

5. Тимски рад и сарадња: Подстицање тимског рада и сарадње може створити осећај заједништва и подељене контроле међу запосленима. Тимски пројекти и активности подстичу сарадњу, доприносе креативном решавању проблема и јачају осећај колективне контроле.

6. Праћење и прилагођавање: Организације би требале редовно процењивати ниво задовољства запослених и ниво њиховог локуса контроле. Флексибилност и прилагодљивост су кључне како би се осигурало да запослени имају довољно контроле и подршке у свом радном окружењу.

Уз наведене стратегије, важно је да организације препознају индивидуалне разлике међу запосленима и прилагоде се њиховим потребама. Кроз отворену и континуирану комуникацију с запосленима, организације могу боље разумети њихове преференције и пружити прилагођено окружење које подстиче њихов локус контроле и задовољство послом.

Организације које пружају слободу и подршку запосленима у контроли свог рада стварају подстицајно радно окружење које може донети користи како за запослене тако и за организацију као целину.

Уз подршку и појединачном приступу према локусу контроле запослених, организације могу имплементирати и додатне праксе које ће даље унапредити задовољство послом:

1. Повратна информација: Редовна повратна информација о раду може помоћи запосленима да боље разумеју своје перформансе, да идентификују подручја за побољшање и оснаже их у доношењу одлука. Пружање

конструктивне повратне информације и признања за постигнућа може побољшати осећај контроле и мотивацију запослених.

2. Флексибилност у радном времену: Омогућавање флексибилности у радном времену, попут могућности рада на даљину или прилагодљивог распореда, може повећати осећај контроле и равнотежу између посла и приватног живота. Запослени који имају могућност прилагодити радно време својим потребама често су задовољнији послом и остварују бољу равнотежу у животу.

3. Раст и развој каријере: Пружање могућности за раст и напредовање кроз различите облике обуке, менторства и развојних програма може подржати осећај контроле запослених над властитом каријером. Кроз континуирано учење и развој, запослени се осећају мотивисаније, јер имају већу контролу над својим професионалним путем.

4. Радна правда: Осигуравање радне правде у организацији, као што су поштена расподела награда и признања, једнаке прилике за напредовање те транспарентне политике и поступци, могу подржати осећај контроле и задовољство запослених. Када запослени перципирају да су третирани праведно, то може позитивно утицати на њихов осећај контроле над властитим радом и задовољство послом.

Уз правилно имплементиране праксе и стратегије, организације могу створити радно окружење које подржава локус контроле запослених и подстиче њихово задовољство послом.

5. ЗАКЉУЧАК

Локус контроле запослених може бити важан предиктор задовољства послом. Када запослени перципирају већу контролу над својим радом, то може позитивно утицати на њихово задовољство, мотивацију, ментално здравље и продуктивност.

Важно је нагласити да перцепција локуса контроле може да се разликује

између запосленима, зависно од њихових индивидуалних потреба. Неки запослени могу преферирати већу контролу и аутономију у свом раду, док други могу преферирати више тимском раду, структурираности и смерницама.

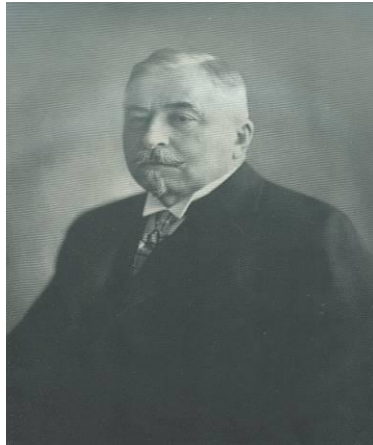
Организације које подстичу аутономију, дају прилику за учешће и подржавају развој вештина запослених да стварају позитивно радно окружење које подстиче успех и напредак за све укључене стране. Стога, организације би требале размотрити како приступити запосленима наспрам њиховог локуса контроле. Такође је потребно да примене одређене стратегије како би се оснажио већи локус контроле запослених.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Bano, Z., Kausar, N., Riaz, S., & Saqib Khan, N. us. (2020). Work Locus of Control as the Determinant of Work Life Balance and Job Satisfaction in Gazetted Administrative Officers. *Pakistan Armed Forces Medical Journal*, 70(1), 190–194.
- [2] Rotter, J.B. (1954). *Social Learning and Clinical Psychology*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- [3] Agarwal, S., & Srivastava, S. (2016). Impact of locus of control on organizational role stress and job satisfaction relationship of public and private managerial level personnel. *Journal of Organization & Human Behaviour*, 5(3), 7-13.
- [4] Basak, R., & Ghosh, A. (2011). Environment and locus of control in relation to job satisfaction among school teachers – A study from Indian perspective. *Social and Behavioral Sciences*, 29, 1199 – 1208.
- [5] Adiputra, I. G. (2021). The Influence of Financial Literacy, Financial Attitude and Locus of Control on Financial Satisfaction: Evidence From the Community in Jakarta. *KnE Social Sciences*, 636–654.
- [6] El Jisr, S., Beydoun, A. R., & Mostapha, N. (2021). The Effect of Leader-Member Exchange, Co-Worker Cooperation and Locus of Control on Employee Outcomes in Lebanese Smes: Perceptions of Politics as a Mediator. *BAU Journal - Society, Culture & Human Behavior*, 2(2), 1–18.
- [7] Tekin, B., & Deniz, B. (2019). Is Control Focus an Effective Factor on the Levels of Job Stress, Job Performance and Job Satisfaction of Professional Accountants? *Journal of Accounting & Finance*, 84, 65–94. <https://doi.org/10.25095/mufad.625730>
- [8] Bindu Chhabra. (2019). Locus of Control as a Moderator in the Relationship Between Job Satisfaction and Organizational Commitment: a Study of Indian It Professionals. *Organizations and Markets in Emerging Economies*, 4(2). <https://doi.org/10.15388/omee.2013.4.2.14248>
- [9] Cancelino, A. F., Moreira, A., Marques-Quinteiro, P., & Almeida, P. (2020). O papel do locus de controlo na relação entre a liderança situacional e a satisfação. (Portuguese). *Psicologia: Revista Da Associacao Portuguesa Psicologia*, 34(1), 162–173.
- [10] Spector, P. E. (1988). Development of Work Locus Control Scale. *Journal of the Occupational Psychology*, 61, 335-340.

Адреса аутора: Кавалић Мила, Доцент, Технички факултет „Михајло Пупин“, Зрењанин, Ђуре Ђаковића ББ
е-маил: mila.kavalic@tfzr.rs
Рад примљен: јул 2023.
Рад прихваћен: септембар 2023.

МИЛОШ САВЧИЋ



Милош Савчић је рођен 7.08.1866. године у Свилајнцу. Мајка Јелена и отац Теодор, тадашњи угледни трговац, имали су још и сина Јакова и ћерку Јелену. Милош је основну школу и прва четири разреда гимназије завршио у свом родном месту. У Београду је 1885. године завршио и реалну гимназију. Родитељи су га на студије технике послали у Немачку. У Минхену је на Високој техничкој школи дипломирао 1889. године и добио звање грађевинског инжењера.

Одмах некон дипломирања, на препоруку свог професора Лева, у Баварској започиње да ради на изградњи немачких државних железница. За младог српског инжењера овај посао је била изузетна част али и прилика да стекне изванредна практична знања. С обзиром да као страни држављанин није могао да постане државни чиновник ово ангажовање се реализовало само по уговору. Обављао је различите инжењерске послове: снимање терена, обележавање траса и објеката, конструкције скретница, изградње мостова, проширење железничке станице у Минхену, анализе елабората и пројеката, надзор реализације пројеката. Како би урадио детаљне пројекте Милош је пропутовао читаву Баварску и при томе је ангажовао бројне помоћнике и сараднике. Због успешно реализованих активности као млади инжењер добио је бројна признања. Дошла је и понуда да започне рад код чувеног Ајфела који је након изградње торња у Паризу постао светски познати стручњак. Милош је, међутим, због мајчине смрти, године 1881. одлучио да напусти Баварску и врати се у Србију. У Србији га је дочекао и позив за војску кога је он са задовољством прихватио. Добио је и официрски чин. С обзиром да се војни рок продужио уговор са Ајфелом морао је да буде отказан.

Након изласка из војске 1893. године Савчић се запошљава у београдској општини и ту проводи годину дана. А онда отац, стриц и брат одлучују да га финансијски помогну. У сарадњи са минхенским архитектом Гашпаром Бекером у Београду отварају Инжењерско-архитектонску канцеларију. Милош Савчић је тако започео свој сопствени бизнис. Први

послови су му били пројектовање и изградња породичних кућа и палата за виђеније и богате људе оног времена. За Луку Ћеловића је направио кућу у Карађорђевој улици у Београду а затим су га ангажовали трговци Јован Јовановић и Милан Павловић, судија коалиционог суда Милутин Марковић. Након смрти Бекера 1896. године Милош отпочиње сарадњу са архитектама Данилом Владисављевићем и Миланом Константиновићем.

Србија је у оно време била велики извозник свиња. Оне су се извозиле у многе европске земље: Аустроугарску, Швајцарску, Немачку, Белгију... Међутим, под изговором и сумњом да су можда заражене Аустроугарска је често затварала своју границу. Дошло је тада и до познатог Царинског рата. Да би се избегао ризик кварења мяса током транспорта решење је било да се извозе месне прерађевине. Зато је Влада Србије 1895. године донела одлуку да се оснује Српско акционарско друштво за клање и прераду стоке у Београду и да се ангажује инжењер Милош Савчић са задатком да проучи рад кланица у Немачкој и Аустроугарској. Након тога Савчићево предузеће је добило право на изградњу кланице као један од веома важних државних пројеката. Године 1898. кланица је завршена заједно са низом пратећих објеката: зграде за берзу, пошту, хладњачу, сушионицу, администрацију, станове за раднике. Оцењено је да је Савчић изузетно успешно пбавио овај посао, скочио му је рејтинг па су га многе фирме почеле да ангажују за сарадника или извођача. Остварени капитал из свог предузећа Савчић је уложио у акције Београдске прометне банке те је због тога изабран за члана Надзорног и Управног одбора.

Србија је економски била у великој зависности од иностранства. Посебно оптерећење грађевинарства била је цена увезене дрвне грађе из Аустрије. Зато је Савчић предложио да се финансира изградњу домаће стругаре. После првобитног противљења Управни одбор банке је ипак одобрио средства. Након две године, 1903., Савчић је на обали Дунава отворио прву у Краљевини Србији, велику, парну стругару. Истовремено је отпочела и експлоатација шума на Тари, Црном врху и у околини Дервенте. Модернизовано је сечење, уведене су модерне машине и машинско постројење. Грађа је довожена уз помоћ сплавова рекама Савом и Дунавом. За лакше навлачење грађе у стругару на Дунаву је изграђен посебан канал. На планини Тари, због стрмина и клисура, приступ шумама, сечење и транспорт грађе били су веома отежани. Да би се ови проблеми решили Савчић, је у сарадњи са немачким колегама пројектовао специјалну жичару. Први део жичаре био је дугачак 6000 метара, имао је пад од 800 метара а пролазила је кроз два тунела дужине 56 и 26 метара. Пробијање тунела кроз каменито тло извршено је у зимском периоду а материјал је допреман уз помоћ саоница, кола и пешице. Други део жичаре имао је дужину 3800 метара и успон од 380 метара. Брзину кретања жичаре подешавао је хидраулични регулатор са кочницом. Експлоатација шуме на Тари и транспорт грађе представљали су за оно време јединствено технолошко решење. Београдска стругара је постала једна од најуспешнијих у Србији. Број запослених радника достигао је и до три стотине а Србија је постала и извозник дрвене грађе.

Београдска прометна банка, чији је подпредседник постао Милош Савчић, је 1905. године променила име и постала Прометна банка. Један од њених највећих акционара постао је и Краљ Петар I Карађорђевић. На његов предлог убрзо је формирано и прво осигуравајуће друштво у Србији а Милош Савчић се од оснивања налазио у његовој управи где је успешно водио послове осигурања. Осигуравајуће друштво „Србија“ је за кратко време постало популарно код великог броја грађана а нарочито 1908. године. Тада је за мале суме уведено „народно осигурање“ које је због тога било доступно и многим сиромашним грађанима. Током Балканских ратова осигуравајуће друштво је своје активности пероширило на целу Србију а после Првог светског рата и на целу Југославију. Исплаћивало је не само уобичајне него и ратне одштете.

Године 1904. акционари Врачарске штедионице изабрали су Милоша Савчића за члана Управног одбора. А када је штедионица од државе добила право на експлоатацију

Рибарске Бање Милош је за њу урадио ситуациони и регулациони план и предлог модернизације. Према његовом пројекту направљена је вила „Србија“. За три наредне године изграђене су редом виле „Босна“, „Херцеговина“, „Далмација“, „Славонија“, „Стара Србија“ и „Црна Гора“. Изграђено је и више других зграда за смештај грађана ниже класе, бесплатан смештај сиротиње, лекарске ординације, управу бање, турско купатило. Рибарска Бања је постала једно од најлепших лечилишта и одмаралишта оног доба и у њу је често долазио и сам Краљ Петар I. По Милошевом предлогу и пројекту у Београду је изграђена и палата Врачарске штедионице.

Прометна банка је на предлог Милоша Савчића 1909. године своје активности проширила на бродарство и услуге речног превоза песка за грађевинаство. Отпочели су са две дрвене лађе а убрзо су поседовали бродове, шлепере, багере, дизалице... којима су вадили, транспортовали и истоваривали песак и шљунак као и дрвену грађу која је долазила са планина. Те године основана је и Фабрика стакла у Костолцу.

Када је Савчић постао потпреседник Управног одбора Привилеговане извозне банке она је у сарадњи са Прометном банком, 1911. године, основала Друштво за техничка предузећа. Савчић је изабран за техничког директора овог друштва. На јавној лицитацији Друштво добија посао изградње пруге Ниш-Књажевац чија је дужина 60 километара са 40 тунела и 20 мостова. Градња пруге је прекинута у време Балканских ратова али је 1915. године настављена убрзаним темпом. У изградњи је било ангажовано и скоро 6000 ратних заробљеника. У току изградње пруге у подножју планине Тресибаба пронађене су велике наслагe каменог угља. Савчић је од државе добио сагласност за експлоатацију око 150 рудних поља али је она због рата и неизграђености пруге морала да буде одложена. У току окупације рудник Тресибаба су делимично користили Бугари и Немци транспортујући угљем воловским колима.

Уочи саме објаве Првог светског рата Милош Савчић се налазио у Минхену. Из Немачке је прешао у Швајцарску а одатле у Србију. Одмах се ставио на располагање војсци која га је упиутила на завршетак изградње пруге Ниш-Књажевац. Заједно са српском војском прошао је албанску голготу. Године 1916. одлази у Женеву где са Јованом Цвијићем основао Српски комитет чији је задатак био да се код српских савезника и пријатеља скупљају прилози за помоћ и обнову након ослобођења државе.

У току Првог светског рата Парна стругара у Београду је уништена у пожару, опрема и машине на Тари су опљачкане и однете, бродови и шлепери потопљени, Фабрика стакла у Костолцу је порушена а зграда Привредне банке знатно оштећена од дејства непријатељске артиљерије. Након завршетка рата Милош Савчић постаје председник Управног одбора Прометне банке и која убрзо постаје једна од најуспешнијих у Југославији. Ова банка уложила је велике напоре и средства у обнову свих порушених и разорених објеката и оштећене опреме. Године 1921. основано је Удружење банака чији је задатак био јачање постојећих и оснивање нових банака широм земље а Савчић постаје члан Управног одбора и потпредседник Друштва Сартид као и Беочинске фабрике цемента.

Прометна банка је основала Друштво за експлоатацију горива и започела експлоатацију рудних поља која су откривена пре рата. Преузела је руднике Тресибабе и Подвис и извршила њихову модернизацију увођењем електричних централа, дизалица, компресорских постројења за проветравање, пнеуматских чекића, бушилица и друге опреме. Посебна пажња била је посвећена побољшању услова рада и живота радника као што су бесплатно становање, огрев, струја, животне намирнице, лечење, школовање, забава, спорт.

Године 1921. основан је конзорцијум за експлоатацију рудног басена Косово. Основано је и Рударско акционарско друштво „Косово“ у Косовској Митровици а Савчић је обављао функцију председника друштва. Године 1930. отворени су рудник „Трепча“ и електрана „Трепча“. Изграђени су жичара дужине око 3000 метара, утоварно-истоварне станице,

електрична централа, У периоду од 1936. до 1938. године због повећања броја запослених изграђена је колонија за становање од 10 зграда као и нових 9 пословних зграда. Поред радионице за оправку и одржавање машина отворено је још једно рударско окно. Захваљујући улагањима Привредне банке рудник „Косово“ је неколико пута увећао производњу а то је омогућило електрификацију читаве јужне Србије. Након што је откупила шуме у Босанској Јагодини Прометна банка је 1928. године отворила стругару код Вишеграда. Сиромашни сељаци у овом крају добили су прилику да се запосле.

На јавној лицитацији Привредна банка је купила Фабрику вагона у Крушевцу. Савчић је обавио њену реконструкцију и модернизацију и обезбедио производњу нових вагона и железничких мостова за потребе Државних железница. Такође је пројектовао и изградио железнички мост на Морави. По његовом пројекту Привредна банка је основала и изградила године 1938. Ваљаоници лима у Земуну. То је био веома уносан подухват и врх пословног успеха у тадашњој српској привреди. Од многобројних реализованих пројеката Милоша Савчића треба издвојити и угаона палате Класне лутрије, Дома врачарске штедионице и две сопствене куће у Београду.

Поред великог броја привредних функција Милош Савчић је обављао и не мали број политичких. Године 1905. био је један од оснивача Самосталне радикалне странке. У периоду од 1905. до 1911. године био је народни посланик. Као члан Самосталне демократске странке у периоду 1908-1909. година био је министар грађевине у Влади Србије. Функцију Председника београдске општине обављао је 1929. и 1930. године. Након завођења Шестојануарске диктатуре краљ га је поставио за градоначалника Београда. На овој функцији велики допринос је дао унапређењу комуналних служби града. Уведене су књиге гостију у хотелима, повећан је број калдрмисаних улица, уведен је нов начин наплате струје и воде за грађане, започета је изградња Градске болнице, основана је Штедионица града, подигнута је нова основна школа, град је ослобођен неповољних финансијских зајмова, изграђена је нова електрична централа...

Милош Савчић је био ожењен Катиком Лева која је рођена у Минхену. Упознали су се време њихових студија у Немачкој. У браку су добили четири сина: Миленка, Светозара, Љубишу и Владету и ћерку Јелицу. Миленко и Светозар су били архитекте а Љубиша и Владета инжењери. Ћерка Јелица је такође била удата за грађевинског инжењера.

Свој биро Милош је превео у Техничко прдузеће „Лабор“ кога су касније преузели син Владета и зет Александар Ацовић. Читава породица је била међу највећим акционарима Аграрне, Врачарске и Извозне банке. Прометна банка је обједињавала сву породичну имовину. Након куповине београдских винограда на том месту су Савчићи направили елитну стамбену четврт- Дедиње. Изградњу комплекса луксузних вила започео је Милош а наставио зет Александар. Од 1924. до 1926. године Милош је за себе на углу улица Краља Милана и Андрићевог венца пројектовао и направио најрепрезентативнију зграду оног времена у Београду. У њој је живео до краја живота.

У току немачке окупације супруга Катинка, иако је била Немица, одбила је сарадњу са Немцима. Зато је цела породица била избачена из породичне палате у центру града. Крај рата су дочекли у викендицама винограда на Дедињу. Након ослобођења 1944, године избачени су и са Дедиња. Као пораженој буржоазији тадашња нова власт им је одузела сву имовину. Ћерка Јелица је живела у кући у Ужичкој улици број 15. Та кућа је постала резиденција Јосипа Броза а након њега и Слободана Милошевића. На њиховом некадашњем имању саграђена је Кућа цвећа.

За све оно што је урадио у изузетној животној каријери Милош Савчић је добио и бројна признања. Добитник је Ордена Светог Саве I реда, Југословенске круне II степена, Болог орла IV степена, Крста Црвеног крста у Женеви. На прослави поводом 50 година његовог рада у привреди и градитељству која је одржана 1939. године слављеник је добио

сребрну плакету са својим портретом. Копија плакете изливена у бронзи налази се данас на улазу у зграду Дома инжењера и техничара у Београду.

Милош Савчић је преминуо 9. марта 1941. године након дуже болести. Сахрањен је на Новом гробљу у Београду. Велики део његове имовине је у току Другог светског рата уништен. Сва предузећа која је основала Прометна банка пренета су у државно власништво. Три хектара земље и две викендице Милош је уочи смрти завештао цркви у родном Свилајнцу. Једна улица на Општини Савски венац у Београду од 2004. године носи његово име.

УПУТСТВО ЗА ПИСАЊЕ РАДОВА

- Радови се достављају у електронском облику на усб диску или електронском поштом.
- Рад треба да буде откуцан у фонту Times New Roman са ћириличним писмом. Величина фонта 12.
- Препоручује се ауторима да при уређивању рада користе шему - темплејт - који се налази на сајту издавача www.diz.org.rs
- Обим рада не би требало да буде већи од 12 страница.
- Наслов рада се даје на српском и енглеском језику. Испод наслова налазе се име и презиме аутора уз које иде научно или стручно звање, афелација (радна организација и њено седиште, место, адреса и контакт телефон или е-маил адреса. Рад мора да има резиме на српском и енглеском језику дужине до десет куцаних редова као и кључне речи уз обе варијанте. Садржај рада треба да има увод, разрадне делове и закључак.
- Дијаграми, цртежи, слике, табеле треба да се налазе на свом месту у раду. Текст нпр. „Слика 1.“ налази се испод слике на средини а текст „Табела 1.“ изнад табеле лево.
- Мере и мерне јединице морају бити у складу са важећим прописима у тој области.
- Литература се наводи на крају и треба да садржи: редни број, презиме и почетно слово имена аутора, назив рада, назив часописа (или књиге), број издања, назив издавача, место седишта издавача и годину издања.
- На крају рада после Литературе навести име и презиме првог аутора са научним или стручним звањем, назив и адресу институције, контакт телефон и е-маил адресу.
- Препорука је да се радови пишу на ћирилици.
- Сви пријављени радови подлежу анонимној научно стручној рецензији и оцени квалитета о чему ће аутори бити обавештени.
- Уредништво часописа ће прихватити само необјављене радове.
- Пријављени радови се не враћају ауторима.
- **За оригиналност, резултате истраживања и изнете ставове у овој публикацији издавач не сноси одговорност, већ аутори радова.**

Пријатељи часописа ДИТ



Elektrotehnički institut DEC[®]

za merenja i ispitivanja iz Zrenjanina
osnovan 1990.

Kej 2. oktobra br. 13
23000 Zrenjanin Tel: +381 23 580 830
P. fah 3 381 23 589 030
e-mail: info@dec.rs Fax: +381 23 580 831
www.dec.rs +381 23 589 031

Usluge usaglašene sa SRPS ISO/IEC 17020 i SRPS ISO/IEC 17025:

- Merenja, ispitivanja i kontrolisanja na elektroenergetskim objektima do 400 kV (sistemi izolacije - tgδ i VLF 0,1 Hz , otpornost namotaja, prenosni odnos, SFRA analiza, merenje impedanse uzemljenja na sistemima velikih uzemljivača, napon dodira i koraka, hemijska i fizička analiza trafo ulja, regeneracija trafo ulja, termovizijske kontrole, kontrolisanje metaloksidnih odvodnika prenapona...)

- Jednofazno i trofazno ispitivanje relejne zaštite, analiza kvaliteta isporučene el. energije...

- Kontrolisanje mernog mesta na niskom, srednjem i visokom naponu: brojila, merni transformatori...

- Revizija trafostanica: merenje, ispitivanje i pregled montažno-betonskih, stubnih, zidanih i ostalih tipova trafostanica svih naponskih nivoa...

- Laboratorija za etaloniranje i pregled električnih merila

- Overavanje brojila el. energije i mernih transformatora (strujnih i naponskih)

- Kontrolisanje električnih i gromobranskih instalacija stambenih, poslovnih, proizvodnih objekata...

- Ispitivanje opreme i oruđa za rad sa aspekta bezbednosti i zdravlja na radu: Licenca za pregled opreme i oruđa za rad od Ministarstva rada i socijalne politike br. 164-02-00230/2015-01

- Izdavanje sertifikata o energetskim svojstvima objekata visokogradnje - energetskog pasoša

- Merna kola BAUR: pronalaženje trase kablova i kvarova na njima, kao i saniranje kvarova

NAŠ INSTITUT JE ZVANIČNI ZASTUPNIK KOMPANIJA METREL IZ SLOVENIJE

- Ispitivanje el. instalacija Eurotest 61557...
- Otpor izolacije, uzemljenje... TeraOhm 10kV...
- Mašine i oprema MI 2094 CE Multitester...
- Analiza kvaliteta el. energije POWER4Q PLUS...
- Multimetri, strujna klešta... MD 9060...

www.metrel.si



UM-ING

PETKUS Engineering d.o.o.

Bagljaš Aerodrom bb
23000 Zrenjanin
Rep.Srbija



GP MPM d.o.o.
Adresa: Aleksandra Belića 14,
23000 Zrenjanin

email: office@gmpm.rs;
predragmistic@gmpm.rs

PIB: 111249840

MB: 21449237

Žiro račun: 275-0020222974638-56
Societe Generale Banka

IRON



www.iron.rs 023/531-890 , 023/ 530-511



iron@iron.rs 063/521-435 , 062/8838-291

TEGOVI I KLUPE ZA VEŽBANJE

BORILAČKA OPREMA

KOORDINACIONI PROGRAM

SPRAVE ZA KUĆNO VEŽBANJE

BSN TEH GRAD DOO

23000 Zrenjanin,

Toše Jovanovića br 26 L2/8

E mail:djurica1963@gmail.com



ДРУШТВО ИНЖЕЊЕРА ЗРЕЊАНИН



ГРАД ЗРЕЊАНИН



РЕПУБЛИКА СРБИЈА

Овај часопис се финансира из буџета Покрајинског секретаријата за науку и високо образовање и Града Зрењанина.

Ставови изражени у овој публикацији искључива су одговорност аутора и његових сарадника и не представљају нужно званичан став ГРАДА.