ДРУШТВО ИНЖЕЊЕРА ЗРЕЊАНИН ■ ASSOCIATION OF ENGINEERS ZRENJANIN

ДИТ

Друштво Истраживање Технологије

ISSN 0354-7140

НАУЧНО СТРУЧНИ ЧАСОПИС

ГОДИНА XXXI*** БРОЈ 44
Септембар 2025

SCIENTIFIC PROFESIONAL JOURNAL

YEAR XXXI *** ISSUE 44
September 2025

МАШИНСТВО
ЕНЕРГЕТИКА
ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО
ТЕХНОЛОГИЈЕ
МЕНАЏМЕНТ И ЕКОНОМИЈА
ВЕЛИКАНИ НАУКЕ

ДИТ Број 44 /2025 *ГОДИНА XXXI

COBISS.SR-ID 105108999

ДИТ
Друштво Истраживање Технологије

Научно-стручни часопис
Scientific-profesional journal

Година XXXI, Број 44, септембар 2025. год.
Year XXXI, Issue 44, September 2025. 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 Жељко Еремић, 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:
Проф. др Миодраг Ковачевић, ВТШСС Зрењанин
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
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

CIP - 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 44. број научног часописа ДИТ (Друштво, Истраживање, Технологије). Као и до сада Уредништво часописа се потрудило да одабере квалитетне прилоге истраживача и стручњака у областима машинство, енергетика, електротехника и рачунарство, технологије, менаџмент и економија. Теме су бројне и актуелне. Можете да читате о испитивању тврдоће ПЕТГ узорака, процени отпорности материјала на термички утицај, индустријализацији и предузетништву као покретачима економског развоја, улози зеленог инжењерства, тестирању ГПТ-5 воде за пиће, улози развоја дигиталних вештина, електромагнетном зрачењу компонената соларних и ветротурбина, мерењу садржаја озона, одређивању квалитета ваздуха, пожарној превентиви, преднапрегнутим конструкцијама у грађевини, примерима преднапрегнутих конструкција, агроеколошким аспектима компостирања, подизању тешких констукција помоћу хидрауличких цилиндара, анализи мобинга и дигиталном насиљу.

Четрдесет четврти број часописа посвећен је Бранислави Брани Перовић која је била пионир истраживања у области јонизованих гасова, прва жена директор Института нуклеарних наука Винча, велики револуционар. На листи категорисаних научних часописа ДИТ има категорију М53.

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
Душан Јованић, Ивана Васовић Максимовић, Душан Малић:
УТИЦАЈ ВИСИНЕ СЛОЈА 3Д ШТАМПЕ НА ТВРДОЋУ ПЕТ-Г ПЛАСТИЧНОГ УЗОРКА
THE INFLUENCE OF THE LAYER HEIGHT 3D PRINTING ON THE HARDNESS OF THE PET-G PLASTIC SPECIMEN 9
Miljan Miletić, Milorad Rančić, Tatjana Marković:
TEHNIKA ZA PROCENU OTPORNOSTI MATERIJALA NA TERMIČKI UTICAJ
A TECHNIQUE FOR ASSESSING MATERIAL RESISTANCE TO THERMAL INFLUENCE 15
Edi Daruši:
ИНДУСТРИЈАЛИЗАЦИЈА, МОДЕРНА ДРЖАВА И ПРЕДУЗЕТНИШТВО ПОКРЕТАЧИ ЕКОНОМСКОГ РАЗВОЈА СИРОМАШНИХ ЗЕМАЉА
INDUSTRIALIZATION, THE MODERN STATE, AND ENTREPRENEURSHIP AS DRIVERS OF ECONOMIC DEVELOPMENT IN POOR COUNTRIES 23
ЕНЕРГЕТИКА
Роберт Молнар, Павел Канев, Бобан Цекић:
УЛОГА ЗЕЛЕНОГ ИНЖЕЊЕРСТВА У УБЛАЖАВАЊУ ПОСЛЕДИЦА КЛИМАТСКИХ ПРОМЕНА
THE ROLE OF GREEN ENGINEERING IN MITIGATION OF CLIMATE CHANGE CONSEQUENCES 37
ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО
Željko Eremić, Milana Drašković:
TESTIRANJE GPT-5 U PROCENI HIGIJENSKE ISPRAVNOSTI VODE ZA PIĆE
TESTING GPT-5 IN THE ASSESSMENT OF THE HYGIENIC CORRECTNESS OF DRINKING WATER 47
Немања Тасић, Миодраг Ковачевић, Драгана Глушац, Весна Макитан:
УЛОГА РАЗВОЈА ДИГИТАЛНИХ ВЕШТИНА НА УКЉУЧИВАЊЕ ВЕШТАЧКЕ ИНТЕЛИГЕНЦИЈЕ У ПОСЛОВАЊЕ
THE ROLE OF DIGITAL SKILLS DEVELOPMENT IN THE INTEGRATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE INTO BUSINESS 53
Милорад Ранчић, Миљан Милетић, Грујица Љубисављевић:
ЕЛЕКТРОМАГНЕТНА ЗРАЧЕЊА КОД СИСТЕМА ЗА ПРОИЗВОДЊУ ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ ИЗ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА
ELECTROMAGNETIC RADIATION IN SYSTEMS FOR GENERATION OF ELECTRICITY FROM RENEWABLE SOURCES 63
ТЕХНОЛОГИЈЕ
Војислав Марисављевић, Мирјана Милојковић:
ПРЕДНАПРЕЗАЊЕ КОНСТРУКЦИЈА У ГРАЂЕВИНСКОЈ ПРАКСИ
PRESTRESSING OF STRUCTURES IN CONSTRUCTION PRACTICE 71
Мирјана Милојковић, Војислав Марисављевић:
ПРИМЕРИ ПРИМЕНЕ ПРЕДНАПРЕГНУТИХ КОНСТРУКЦИЈА
EXAMPLES OF APPLICATION OF PRESTRESSED STRUCTURES 83
Jelena Kiurski Milošević, Iris Borjanović Trusina:
ОДРЕЂИВАЊЕ КВАЛИТЕТА ВАЗДУХА У ЗАТВОРЕНОМ ПРОСТОРУ
ASSESSMENT OF INDOOR AIR QUALITY 91
Darko Radovančević, Iris Borjanović Trusina, Milica Rajačić:
ДУГОРОЧНА ПАРАЛЕЛНА МЕРЕЊА КОНЦЕНТРАЦИЈЕ РАДОНА НА ТЕХНИЧКОМ ФАКУЛТЕТУ „МИХАЈЛО ПУПИН“ У ЗРЕЊАНИНУ
LONG-TERM PARALELL RADON CONCENTRATION MEASUREMENT AT TECHNICAL FACULTY „MIHAJLO PUPIN“ IN ZRENJANIN 97
Саша Гајић:
ПОЖАРНА ПРЕВЕНТИВА
FIRE PREVENTION 101
Душан Арбајтер, Грујица Љубисављевић:
ТЕХНОЛОГИЈА ПОДИЗАЊА ТЕШКЕ КРОВНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ ПРИМЕНОМ ХИДРАУЛИЧНИХ ЦИЛИНДАРА
TECHNOLOGY OF LIFTING A HEAVY ROOF STRUCTURE USING HYDRAULIC CYLINDERS 105
Gelert Gligor, Milana Drašković, Danijela Jašin:
AGREKOLOŠKI ASPEKTI INDUSTRIJSKOG KOMPOSTIRANJA U PRESEKU I MOGUĆNOSTIMA ZATVARANJA CIKLUSA PROCESOM FITOREMEDIJACIJE
AGRO-ECOLOGICAL ASPECTS OF INDUSTRIAL COMPOSTING IN CROSS-SECTION AND POSSIBILITIES OF CLOSING THE CYCLE THROUGH THE PHYTOREMEDIATION PROCESS 117
МЕНАЏМЕНТ И ЕКОНОМИЈА
Владимир Милошев, Мила Кавалић:
АНАЛИЗА НИВОА МОБИНГА У УСТАНОВАМА КУЛТУРЕ
ANALYSIS OF THE LEVEL OF MOBING IN CULTURAL INSTITUTIONS 127
Aleksandra Kovačević:
DIGITALNO NASILJE KAO FAKTOR LOŠEG USPEHA I POZICIONIRANJA
DIGITAL VIOLENCE AS A FACTOR OF BAD SUCCESS AND POSITIONING 133
БРАНИСЛАВА ПЕРОВИЋ НЕШКОВИЋ **141**
УПУТСТВО ЗА ПИСАЊЕ РАДОВА **144**

БРАНИСЛАВА ПЕРОВИЋ НЕШКОВИЋ
(1920 – 2008)

Водећи истаживач у области
физике јонизованих гасова.
Прва жена директорка у
Институту нуклеарних наука Винча.
Професорка на Електротехничком
факултету у Београду.
Учесница Народноослободилачког покрета
и истакнути политички радник.
Добитница многобројних југословенских
признања и одликовања.

ДИТ
Друштво Истраживање Технологије

Научно-стручни часопис
Scientific-profesional journal

Година XXXI, Број 44, септембар 2025. год.
Year XXXI, Issue 44, September 2025. 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
E-mail: milorad.rancic@diz.org.rs
www.diz.org.rs

УТИЦАЈ ВИСИНЕ СЛОЈА 3Д ШТАМПЕ НА ТВРДОЋУ ПЕТ-Г ПЛАСТИЧНОГ УЗОРКА

THE INFLUENCE OF THE LAYER HEIGHT 3D PRINTING ON THE HARDNESS OF THE PET-G PLASTIC SPECIMEN

ДУШАН ЈОВАНИЋ[1]
ИВАНА ВАСОВИЋ МАКСИМОВИЋ[2]
ДУШАН МАЛИЋ[1]
[1]Висока техничка школа струковних студија у Зрењанину
[2]Универзитет у Новом Саду, Технички факултет „Михајло Пупин”, Зрењанин

РЕЗИМЕ

У раду је приказано испитивање тврдоће 3Д штампаног узорка од пластичног материјала полиетилен терефталата-гликола ПЕТ-Г, Шор Д методом и утицај висине слоја на тврдоћу. Један од недостатака 3Д штампе је тај да комад има много лошије механичке особимне и потребно је извршити испитивање функционалности радног предмета.

Према ISO 17296-3 Адитивне технологије- Главне карактеристике и одговарајуће методе испитивања, испитивање тврдоће је предвиђено за све групе пластичних делова.

Испитивање тврдоће пластичних материјала је дефинисано са стандардом SRPS EN ISO 868- Пластика и ебонити- Одређивање тврдоће утискивањем помоћу дурометра (тврдоћа по Шору) и изведена је дигиталним дурометром- мерачом тврдоће.

Кључне речи: Испитивање тврдоће, Адитивна производња, 3Д штампа- Екструдирање материјала, Полиетилен терефтал- гликол (ПЕТ-Г).

ABSTRACT

The paper presents a hardness test of a 3D printed specimen with a filament of polymeric material- polyethylene terephthalate- glycol (PET-G) by Shore D scale method and the influence of the layer height 3D printing on the hardness. One of the disadvantages of 3D printing is that the parts have much weaker mechanical characteristics and need to be tested to determine the functionality of the working part.

According to ISO 17296-3: Additive technologies- Main characteristics and corresponding test methods, hardness testing is provided for all groups of plastic parts.

Hardness testing of plastic materials is defined by the standard SRPS EN ISO 868: 2015- Plastics and ebonite- Determination of hardness by indentation using a durometer (Shore hardness) and was performed with an digital durometer- hardness tester.

Key words: Hardness testing, Additive production, 3D printing- Fused filament fabrication, polyethylene terephthalate- glycol (PET-G).

1. УВОД

Због лошијег квалитета обрађене површине и слабијих механичких карактеристика полиетилен терефталата-гликола (ПЕТ-Г) делова добијених 3Д штампом потребно је одредити механичке карактеристике: тврдоћу, затезну чврстоћу, чврстоћу на удар, чврстоћу на притисак, чврстоћа на савијање, чврстоћу на замор, пузање, старење, коефицијент трења, отпорност на смицање и ширење пукотине према SRPS ISO 17296-3: Адитивне технологије –Општи принципи– Део 3: Главне карактеристике и одговарајуће методе испитивања. Осим тога дефинише и категорије испитивања за металне делове, пластичне делове и керамичке делове и сврстава их у три групе: група Х (испитивања функционалних делова који су високо безбедносно критични), група М (испитивања функционалних делова који нису безбедносно критични) и група Л: испитивања делова при конструисању или прототип делова. За све ове групе пластичних делова предвиђено је испитивање тврдоће [1].

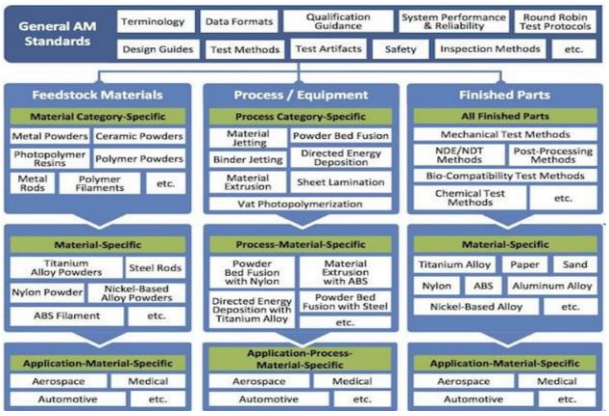
Циљ овог рада је да се одреди тврдоћа радног предмета од ПЕТ-Г пластике у зависности од висине нанетог слоја у омотачу (shell) и испуни (infill).

Хипотеза истраживања је да је највећа тврдоћа радног предмета од ПЕТ-Г пластике постиже при најмањој висини слоја у омотачу и у испуни.

2. АДИТИВНА ПРОИЗВОДЊА

Адитивна производња се може поделити према SRPS ISO 17296-2:2017: Адитивне технологије- Општи принципи- Део 2: Преглед категорија процеса и пуњење на: Фотополимеризацију у кади-ласерска стереолитографија (SLA) и стерео литографија на бази осветљавања комплетног слоја (DLP-SLA, LCD-SLA), Фузију прашкастог супстрата - поступци који користе ласер (SLS, SLM, DMLS) и поступци који користе млаз електрона (EBM), Екструдирање материјала (FFF - Fused filament fabrication), Директну штампу (ПолуЈет, ПолуЈет Матрих), Везивну штампу (3Д Принт, 3Д Принт са наношењем суспензије), Ламинацију фолија (LOM, PSL) и Депоновање материјала применом усмерене енергије (DED- Directed energy deposition) [2].

Преглед врста адитивне производње приказан је на сл. 1 [3].



Слика 1. Преглед врста адитивне производње

Процес екструзије материјала FFF (Fused filament fabrication) или FDM (Fused Deposition Modeling), трговачки назив компаније Stratasys [5. Овај процес користи чврсти термопластични материјал- филамент, који се провлачи кроз загрејану млазницу, чија температура зависи од врсте полимера и у растопљеном стању се наноси на загрејану или незагрејану плочу стола, слој по слој.

Најважнији параметри који се могу подесити помоћу 3Д штампача за процес екструдирања материјала су: брзина израде, брзина екструдирања, висина нанетог слоја у омотачу и испуни, температура млазнице и плоче стола.

Главна ограничења процеса екструдирања материјала су везана за анизотропну природу делова. Екструдирање материјала слој по слој резултује деловима који су суштински слабији у једном правцу. Начин на који је део орјентисан током процеса штампања утиче на то колико ће бити јак у сваком

правцу. Проценат испуне такође утиче на чврстоћу дела. Већина делова и прототипова произведена 3Д штампом су са 20% испуном што знатно утиче на трошкове и време израде, док је на местима где је предвиђен носећи део испуна 100% што повећава време и цену израде [4].

3. ПОЛИЕТИЛЕН ТЕРЕФТАЛ-ГЛИКОЛ (ПЕТ-Г)

Полиетилен терефтал-гликол (ПЕТ-Г) је термопластични полиестер који има значајну хемијску отпорност, отпорност на топлоту, ударце и могућност обликовања. ПЕТ-Г се користи за паковања, заштитнике машина, рекламне дисплеје и електронске изолаторе. Широко се примењује за 3Д штаму јер има добру адхезију између слојева, минималну деформацију, одсуство мириса током штампања и нетоксичан је [6].

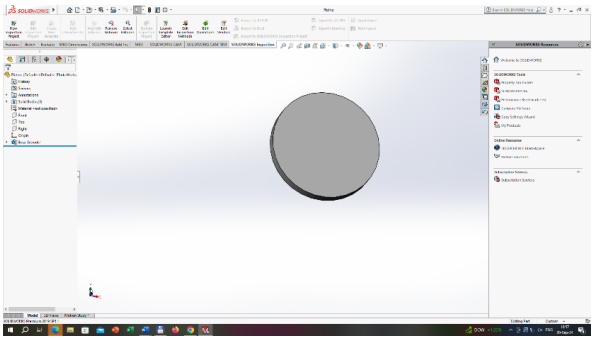
Механичке карактеристике ПЕТ-Г филамента при препорученим параметрима 3Д штампе: температура млазнице 210-235 ºC, температура стола 50-80 ºC, брзина 3Д штампања 30-70 mm/s су приказани у табели 1 [7].

Табела 1. Механичке карактеристике ПЕТ-Г

Параметар	Вредност
Затезна чврстоћа (MPa)	53
Напон течења (MPa)	53
Граница кидања (MPa)	19
Ударна жилавост (kJ/m^2)	4,5
Тврдоћа (HS)	70

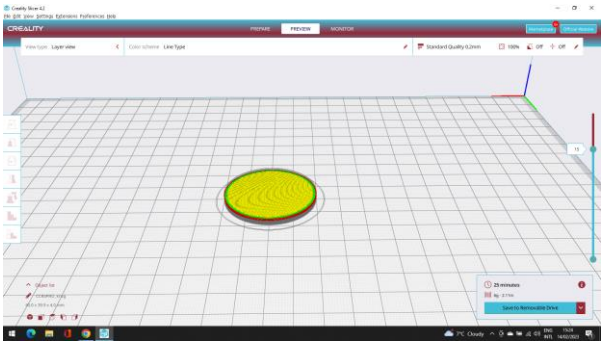
4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИСПИТИВАЊЕ

У серији експеримената, као радни предмет коришћен је узорак- епрувета. Димензије узорка су ϕ40x6 mm. 3Д модел узорка (сл. 2) је реализован у софтверском пакету SolidWorks 2016, а потом је формиран у одговарајући STL фајл са максималном резолуцијом коју дозвољава софтвер.



Слика 2. 3D CAD модел узорка

STL fajl ПЕТ-Г узорка је приказан на сл. 3.



Слика 3. STL fajl ПЕТ-Г узорка

Након тога су варирани одговарајући параметри по плану експеримента и произведена је серија узорака истог спољашњег изгледа (сл.4) али различитих карактеристика.

Слика 4. Изглед узорака

Параметри 3Д штампе ПЕТ-Г узорака су: температура 3Д штампе 230ºC, температура стола 90 ºC, брзина 3Д штампања 100 mm/s и линијска испуна 100 %.

Као мерна инструментација употребљен је дурометар - мерач тврдоће (тврдомер) YHD-SHORE D по Шору,

скала D са конусним обликом игле под углом од 330° приказан на сл. 5, са минималном дебљином узорка од 4 мм и са тачношћу од 0,5 HS D [6].

Испитивани узорак је постављен на тврду, хоризонталну површину. Дурометар је држан у вертикалном положају са тачком утискивача најмање 9 мм од било које ивице узорка за испитивање. Препоручено оптерећење је било 5 кг, а скала показивача је очитана након 15 сек. за дурометар типа Д. Урађено је 5 мерења тврдоће на различитим позицијама и одређена је средња вредност [8,9].

Слика 5. Мерење тврдоће ПЕТ-Г дела

Карактеристике филамента Creality ПЕТ-Г приказане су у табели 2.

Табела 2. Карактеристике Creality ПЕТ-Г филамента

Параметар	Вредност
Тип филамента	CR-PET-G
Пречник (mm)	1.75
Температура штампања (°C)	230 - 250

На сл. 6. приказан је 3Д штампач Creality 5 pro на коме је рађен експеримент, а његове техничке катаркетристике су дате у табели 3 [10].

Слика 6. 3Д штампач Creality 5 pro

Табела 3. Техничке карактеристике 3Д штампача Creality 5 pro

Параметар	Вредност
материјал	PLA , ABS , PETG , TPU
Max. димензије дела (mm)	300 x 225 x 380
Пречник филамента (mm)	1.75
Величина млазнице (mm)	0.4
Радна температура (°C)	300
Температура стола (°C)	100

5. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

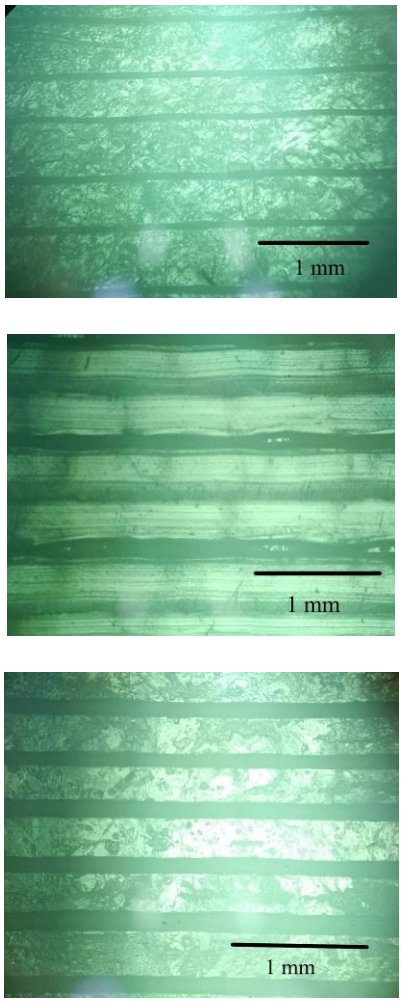
Квалитет површине радног предмета од ПЕТ-Г пластике зависи од висине нанетог слоја у омотачу (shell) и испуни (infill). Што је мања висина нанетог слоја квалитет предмета је већи и већа је способност извођења детаља, али је време израде линеарно дуже.

Вредности тврдоће у зависности од висине нанетог слоја за линијску 100 % испуну, температуру штампања 230 °C, температуру радног стола 90 °C и брзину штампања од 100 mm/s приказане су у табели 4.

Табела 4. Вредности тврдоће за различите висине нанетог слоја

Висина лејера(mm)	Број мерења тврдоће HS (D)					Тврдоћа HS (D)
	1	2	3	4	5	средња
0.1	63	59,5	62,5	57	58	60
0.2	55	57	60	59	59	58
0.4	54	51	52	55	53	53

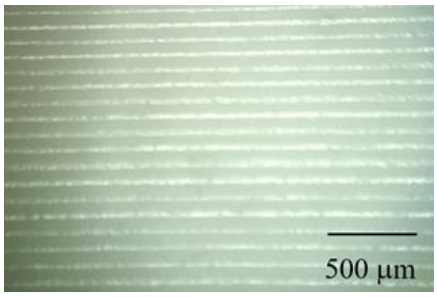
Микроскопски снимци ПЕТ-Г предмета са висином нанетог слоја од 100, 200 и 400 микрона при увећању x5 и попречни приказ лејера дебљине 4мм приказани су на сл.7.



Слика 7. Микроскопски снимци ПЕТ-Г узорака

На сл. 7а тамније линије представљају бразде између лејера, које су места концентрације напона и што су оне шире грубља је површина. Микросопским увидом је утрђено да је ширина нанетог слоја (лејера) највећа код највеће висине нанетог слоја (сл. 7ц). Може се видети и да је ширина бразде (непопуњености), готово дупло већа код висине нанетог слоја од 0,2 мм (сл.7б) у односу на висину нанетог слоја од 0,1 мм сл. (сл.7а).

Попречни пресек узорка од ПЕТ-Г пластике са висином нанетог слоја од 100 микрона приказан је на сл.8.



Слика 8. Попречни пресек узорка од ПЕТ-Г пластике са висином слоја од 100 микрона

Слично као код ПЛА и АБС пластичних узорака тврдоћа ПЕТ-Г узорака израђених 3Д штампом екструзијом материјала зависи од висине нанетог слоја и то тако да је максимална за најмању висину и готово линеарно се смањује према најмањој тврдоћи на највећу висину при линијској попуни [11,12].

Карактеристике полиетилен терефтал-гликола- ПЕТ-Г, које су дате у табели 1. показују да је тврдоћа ПЕТ-Г 70 HS (D) за одговарајуће параметре 3Д штампе [13], док је за линијску 100% испуну са висином нанетог слоја од 0,1 мм, температуру штампања 230 ^{o}C, температуру радног стола 90 ^{o}C и брзину штампања од 100 mm/s максимална тврдоћа 63 HS (D).

6. ЗАКЉУЧАК

3Д Штампа поступком екструдирања материјала FFF технологијом има мали квалитет обрађене површине, а са становишта тврдоће потврђене су хипотезе да се највећа тврдоћа узорка 63 HS (D) од ПЕТ-Г пластике постиже при најмањој висини слоја од 0,1 мм, при 100% линијској попуни, температури 3Д штампе 230 ^{o}C, температури стола 90 ^{o}C и брзини 3Д штампања од 100 mm/s.

Ово показује да мања висина слоја резултира бољим међуслојним повезивањем, услед бољег топљења, чиме се повећава хомогеност материјала и његова тврдоћа. Већа висина лејера води ка лошијем међуслојном повезивању,

повећању порозности и слабијој структури, што снижава тврдоћу.

Повећање брзина 3Д штампања у експерименту на 100 mm/s, у односу на препоручену 30-70 mm/s утиче на смањење тврдоће узорка.

Потврђене су и препоруке да се ПЕТ – Г мора радити са незагрејаном или малом температуром стола, као и са малом брзином штампе до 35 mm/s.

Микроскопски снимак показује да је ширина жлеба највећа на највећој висини нанетог слоја.

3. ЛИТЕРАТУРА

[1] EN ISO 17296-3: Additive manufacturing - General principles - Part 3: Main characteristics and corresponding test methods

[2] EN ISO 17296-2:2017: Additive manufacturing - General principles - Part 2: Overview of process categories and feedstock

[3] Интернет извор: https://committee.iso.org/sites/tc261/home/projects.html (Приступљено 1.5.2025.)

[4] Redwood, B; Schöffer, F.; Garret, B.: The 3D printing handbook: Technologies, Design and Applications, 3D Hubs, 2017.

[5] Интернет извор: https://www.stratasys.com/en/guide-to-3d-printing/technologies-and-materials/fdm-technology/ (Приступљено 5.5.2025.)

[6] Интернет извор: https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/what-is-petg#WhatisitUsedFor(Приступљено 9.5.2025.)

[7] Интернет извор: www.iemai3d.comwp-contentuploads202103PETG_TDS_EN.pdf (Приступљено 10.5.2025.)

[8] EN ISO 868:2015- Plastics and ebonite - Determination of hardness by indentation using a durometer (Shore hardness)

[9] ISO 7619-1: Rubber, vulcanized or thermoplastic — Determination of indentation hardness- Part 1: Durometer method (Shore hardness).

[10] Internet source: https://www.creality.com/products/creality-cr-5-pro-h-3d-printer. (Приступљено 7.5.2025.)

[11] Jovanić D., Mladenović V, Halas D.: Hardness test of 3D printed work piece from PLA plastic, ACTA TECHNICA CORVINIENSIS – Bulletin of Engineering Tome XVI [2023] | Fascicule 2 [April – JUNE]

[12] Jovanić D., Mladenović V, LJ. Lazić-Vulićević.: Hardness test of 3D printed work piece from ABS plastic, XIII International Conference on Industrial Engineering and Environmental Protection, IIZS 2023, October 5-6, 2023, Zrenjanin, Serbia

[13] P. Sikora , A. Gnatowski , R. Golebski: Tests of mechanical properties of semicrystalline and amorphous polymeric materials produced by 3D printing, MMS 2018 , MATEC Web of Conferences 254, 06003 (2019).

[14] S. Ammar et all: Mechanical performances of printed carbon fiber-reinforced PLA and PETG composites, The Journal of Materials: Design and Aplplications, Volume 238, Isssue

Адреса аутора: Душан Јованић, Висока техничка школа струковних студија у Зрењанину, Ђорђа Стратимировића 23, Зрењанин, Република Србија

е-маил: dusan.jovanic@vts-zr.edu.rs

Рад примљен: август 2025.

Рад прихваћен: септембар 2025.

TEHNIKA ZA PROCENU OTPORNOSTI MATERIJALA NA TERMIČKI UTICAJ

A TECHNIQUE FOR ASSESSING MATERIAL RESISTANCE TO THERMAL INFLUENCE

MILJAN MILETIĆ[1]
MILORAD RANČIĆ[2]
TATJANA MARKOVIĆ[3]
[1]Akademija strukovnih studija Kruševac, odsek tehničko tehnološki
[2]Društvo inžinjera u Zrenjaninu, Zrenjanin
[3]Vojnotehnički institut u Beogradu, Beograd

REZIME

Ova studija predstavlja sofisticiranu metodu za procenu otpornosti materijala na efekte sagorevanja smeše goriva. Ova poboljšana metoda kombinuje preciznija i brža merenja temperature sa kontrolom eksperimentalnih uslova, naprednom termografskom analizom i kvantitativnom evaluacijom.

Istraživanje uključuje uporednu analizu rezultata termičke otpornosti za različite zaštitne materijale dobijene novom metodom. Unapređeni pristup merenju pokazuje značajna poboljšanja u tačnosti podataka i brzini obrade, pružajući važan uvid u performanse materijala pod ekstremnim termičkim naprezanjem.

Ovaj napredak je od vitalnog značaja za razvoj i dostupnost materijala dizajniranih za primene koje zahtevaju otpornost na visoke temperature.

Ključne reči: temperaturni senzori, programabilni logički kontroler (PLC), MySQL baza podataka, uporedna analiza, tačnost merenja.

ABSTRACT

This study presents a sophisticated method for evaluating the resistance of materials to the effects of a burning fuel mixture. This improved method combines more accurate and rapid temperature measurements with control over experimental conditions, advanced thermographic analysis, and quantitative evaluation.

The research includes a comparative analysis of thermal resistance results for various protective materials obtained through the new method. The enhanced measurement approach shows considerable improvements in data accuracy and processing speed, providing important insights into material performance under extreme thermal stress.

This advancement is vital for the development and accessibility of materials designed for applications requiring high-temperature resistance.

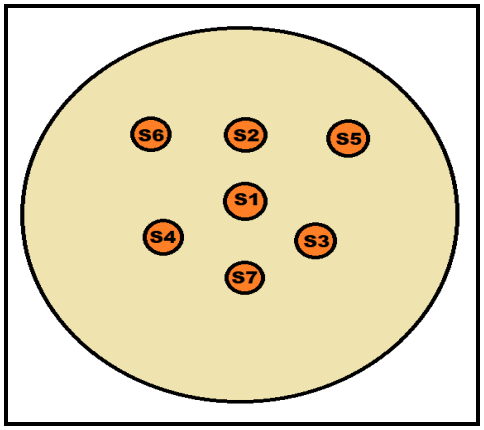
Key words: temperature sensors, programmable logic controller (PLC), MySQL database, comparative analysis, measurement accuracy.

1. UVOD

Metoda za procenu otpornosti materijala na zapaljive mešavine napalma uspostavljena je kako bi se ispitala svojstva vojnih uniformi i zaštitne opreme u teškim termičkim uslovima. Požari i opekotine često nastaju usled upotrebe konvencionalnog oružja, što se obično dešava u različitim vrstama incidenata. Ekstremni termički udari se javljaju tokom nuklearnih eksplozija i kada projektili napunjeni mešavinama napalma detoniraju, raspršujući zapaljivi sadržaj u kapljicama različitih veličina. Uprkos postojanju međunarodnih zakona koji zabranjuju upotrebu napalma i nuklearnog oružja, ove supstance i dalje postoje u mnogim vojnim arsenalima, što ukazuje na to da se njihova upotreba ne može potpuno isključiti [1,2]. Napalm, hemijska mešavina koja se koristi kao oružje, dizajnirana je da stvori lako zapaljivi materijal nalik gelu, što izaziva zabrinutost u vezi sa njegovom razornom moći i inherentnom toksičnošću. Sastav, koji se sastoji od soli aluminijuma, polistirena i benzena, izaziva eksplozivno sagorevanje i razarajuće posledice u vojnim operacijama. Štetni efekti izlaganja napalmu i verovatnoća teških opekotina od eksplozivnih naprava su vredni pažnje [3,4]. Originalno sredstvo za zgušnjavanje koje se koristilo u formulaciji napalma sastojalo se od mešavine naftenske i palmitinske kiseline, što je dovelo do komercijalnog naziva „napalm“, mada se češće naziva mešavinom goriva i gela za zapaljive bombe. Stvorene su brojne varijacije hemikalija ugrađenih u napalm. Najčešća moderna formulacija uključuje aluminijum, soli, polistiren i benzen. Detonacija se ostvaruje pomoću različitih eksplozivnih elemenata koji pale fosfor, koji sagoreva na temperaturama dovoljnim da zapali smešu goriva. Zbog svoje konzistencije, napalm se lepi za izložene površine, čime povećava svoju smrtonosnost i razornu moć. Pored toga, njegova povećana viskoznost omogućava zapaljivoj tečnosti da održi ciljani mlaz kada se izbaci pod pritiskom, što je čini pogodnom za upotrebu u vojnim bacačima plamena. Napalm sagoreva na temperaturama sličnim drugim zapaljivim sredstvima.

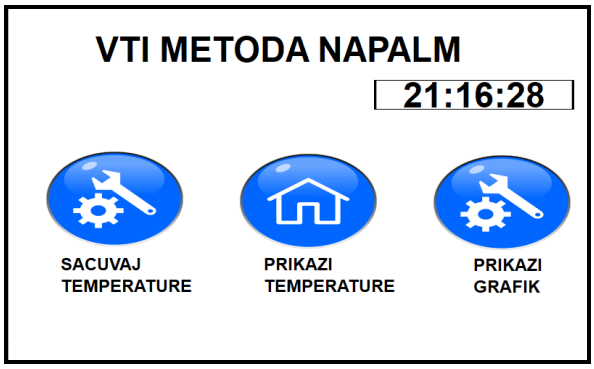
2. OPIS METODE

Pristup za procenu otpornosti materijala na efekte sagorevanja napalm smeše uključuje mernu glavu sa sedam temperaturnih senzora, kontrolnu jedinicu i displej za praćenje temperature u realnom vremenu. Raspored senzora prikazan je na slici 1.



Slika 1. Raspored sondi-termoelemenata na mernoj glavi

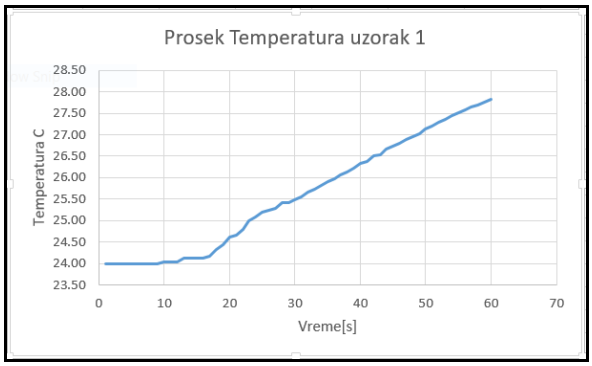
Na slici 2 prikazan je glavni meni na HMI uređaju gde se može izvršiti prikaz trenutnih vrednosti temperature na senzorima ili započeti novo merenje, a rezultate upisati u MySql bazu i prikazati excel tabela. Podaci se prikupljaju putem računara, koji daje rezultate u tabelama i grafikonima, prikazujući promene temperature tokom vremena tokom izlaganja napalm smeši (uključujući trenutnu, prosečnu, maksimalnu i minimalnu temperaturu) [5,6,7].



Slika 2. Glavni meni na HMI uredjaju .

U početku se merna glava postavlja na držač uzorka, nakon čega se uzorak test materijala postavlja na mernu glavu. Kap od 2 cm^3 pripremljene napalm smeše se zatim nanosi na spoljašnju površinu uzorka materijala pomoću šprica i pali. Nakon paljenja napalm smeše, počinje merenje temperature i obrada podataka. Merenje se odvija u intervalu od 60s, jer se napalm smeša obično gasi nakon 45 do 50s. Materijali kojima nedostaju usporivači imaju tendenciju da gore duže vreme.

Slika 3 daje primer grafikona prikazanog na displeju uređaja. U ovom slučaju, grafikon ilustruje prosečnu temperaturu kao funkciju trajanja gorenja smeše napalma.



Slika 3. Grafik prosečnih vrednosti temperature za uzorak 1

Tabela 1 predstavlja primer tabele prikazane na ekranu uređaja nakon merenja, koja prikazuje očitavanja temperature sa senzora S1 do S7 koji se nalaze ispod zaštitnog kućišta M5.

Tabela 1 Prikaz vrednosti temperatura za 1s

id	Time	TEMP1	TEMP2	TEMP3	TEMP4	TEMP5	TEMP6	TEMP7
2086	2025-06-20 11:27:00	27	27.1	27.1	27.4	26.8	27	27.2
2087	2025-06-20 11:27:01	27	27.1	27.1	27.4	26.8	27	27.2
2088	2025-06-20 11:27:02	27	27.1	27.1	27.4	26.8	27	27.2
2089	2025-06-20 11:27:03	27	27.1	27.1	27.4	26.8	27	27.2
2090	2025-06-20 11:27:04	27	27.1	27.1	27.4	26.8	27	27.2
2091	2025-06-20 11:27:05	27	27.1	27.1	27.4	26.8	27	27.2
2092	2025-06-20 11:27:06	27	27.1	27.1	27.4	26.8	27	27.2
2093	2025-06-20 11:27:07	27	27.1	27.1	27.4	26.8	27	27.2
2094	2025-06-20 11:27:08	27	27.1	27.1	27.4	26.8	27	27.2
2095	2025-06-20 11:27:09	27	27.1	27.1	27.4	26.8	27	27.2
2096	2025-06-20 11:27:10	27	27.1	27.1	27.4	26.8	27	27.1
2097	2025-06-20 11:27:11	27	27.1	27.1	27.4	26.8	27	27.1
2098	2025-06-20 11:27:12	27	27.1	27.1	27.4	26.8	27	27.2
2099	2025-06-20 11:27:13	27	27.1	27.1	27.4	26.8	27	27.2
2100	2025-06-20 11:27:14	27	27.1	27.1	27.4	26.8	27	27.2
2101	2025-06-20 11:27:15	27	27.1	27.1	27.4	26.8	27	27.2
2102	2025-06-20 11:27:16	27	27.1	27.1	27.4	26.8	27	27.2
2103	2025-06-20 11:27:17	27	27.1	27.1	27.4	26.8	27	27.2
2104	2025-06-20 11:27:18	27	27.1	27.1	27.4	26.8	27	27.2
2105	2025-06-20 11:27:19	27	27.1	27.1	27.4	26.8	27	27.2
2106	2025-06-20 11:27:20	27	27.1	27.1	27.4	26.8	27	27.2

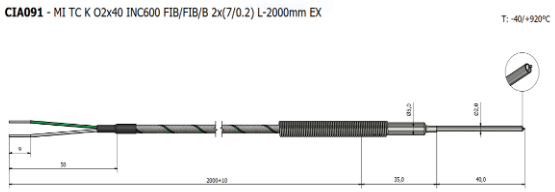
Za razliku od prethodne metode, koja je uključivala tri postupka koja se oslanjaju na vizuelne mogućnosti posmatrača - merenje trajanja gorenja uzorka materijala, merenje temperature na suprotnoj strani materijala izloženog napalmu i vizuelnu procenu ponašanja materijala, ova metoda pruža precizniji prikaz merenjem temperature u realnom vremenu (sa merenjima iz sekunde u sekundu), koristeći osetljivije senzore temperature koji mogu da detektuju promene od samo 0,05°C. Takođe prikuplja podatke i prikazuje merenja u grafičkom i tabelarnom formatu.

3. TEHNIČKA REŠENJA PRIMENJENA U REALIZACIJI

Za realizaciju projekta izabrane su sledeće komponente: PLC kontroler, kartica za termo elemente tipa K, HMI uređaj za upravljanje i prikaze izmerenih vrednosti temperatura, laptop sa instaliranim Xampom

i podignutim serverom za MySql bazu podataka.

Jedan od glavnih delova su svakako termo elementi. Za ovu svrhu izabran je termo element tipa Cu-CuNi tip T zbog svojih karakteristika visoka klasa tačnosti, opseg temperature. Sonde se direktno montiraju na mernu glavu tako da nema izolacionog kontakta između termo para i merene tkanine. Na slici 4. prikazan je termo par tipa T sa dimenzijama termo para i priključnih kablova.



Slika 4. Termo –par tip T

Termo par je klase tačnosti 1, što znači da je tolerancija u mernom opsegu ispod 0.5. U sledećoj tabeli predstavljen je prikaz tačnosti različitih termo parova za klase tačnosti 1 i 2. Tabela 3. Predstavlja vrednosti termonapona u [mV] za različite temperature za termo par tipa T.

Tabela 2. Prikaz tolerancija termoparova

	Standardna tolerancija (IEC 60584)		Redukovana tolerancija (IEC 60584)	
Tip	**Kl.**	**Dozvoljena greška merenja**	**Kl.**	**Dozvoljena greška merenja**
J Fe-CuNi	2	±2,5°C (-40...333) °C ±0,0075|t| (333...750) °C	1	±1,5°C (-40...375) °C ±(0,004|t| (375...750) °C
K NiCr-Ni	2	±2,5°C (-40...333) °C ±0,0075|t| (333...1200) °C	1	±1,5°C (-40...375) °C ±(0,004|t| (375...1200) °C
N NiCrSi-NiSi	2	±2,5°C (-40...333) °C ±0,0075|t| (333...1200) °C	1	±1,5°C (-40...375) °C ±(0,004|t| (375...1200) °C
T Cu-CuNi	2	±1°C (-40...133) °C ±0,0075|t| (133...350) °C	1	±0,5°C (-40...125) °C ±(0,004|t| (125...350) °C

Tabela 3. Napon u mV za različite temperature

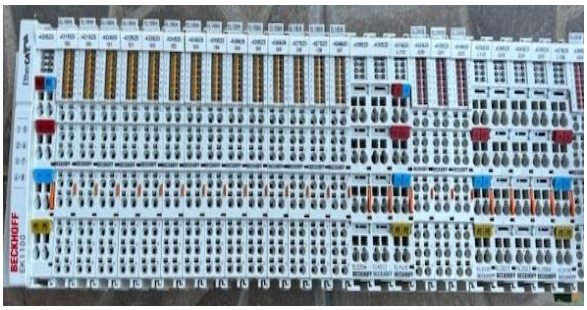
Termopar Cu-CuNi, Tip T, prema IEC 60584-1 – Vrednosti termonapona u [mV]

°C	0	- 10	- 20	- 30	- 40	- 50	- 60	- 70	- 80	- 90
- 100	- 3,37	- 3,65	- 3,92	- 4,17	- 4,41	- 4,64	- 4,86	- 5,06	- 5,26	- 5,43
0	0	- 0,38	- 0,75	- 1,12	- 1,47	- 1,81	- 2,15	- 2,47	- 7,78	- 3,08
°C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0	0	0,39	0,78	1,19	1,61	2,03	2,46	2,90	3,35	3,81
100	4,27	4,74	5,22	5,71	6,20	6,70	7,20	7,71	8,23	8,75
200	9,28	9,82	10,36	10,90	11,45	12,01	12,57	13,13	13,70	14,28
300	14,86	15,44	16,03	16,62	17,21	17,81	18,42	19,027	19,63	20,25
400	20,86									

Razlog za izbor baš ovog termo para sem visoke tačnosti leži i u veoma brzom odzivu. Naime, dok se za termo elemente tipa PT, odnosno NT, vremenska zavisnost iznosi preko 1s za termo par tipa T, ova zavisnost je bila do 20ms, tako da je sa ovim termo parom moguće izvršiti merenje čak 5 puta u 1s, dok sa PT -NT elementom samo jednom.

PLC kontroler je mikroračunar koja je zaslužna za obradu informacija koje su dobijene sa analognih modula, a koji su priključeni na termo parove. Prilikom implementacije rešenja vršena su ispitivanja više različitih modela PLC kontrolera različitih proizvođača (slike 5 i 6) .[8]

Slika 5. PLC proizvođač Siemens sa modulom za termo parove

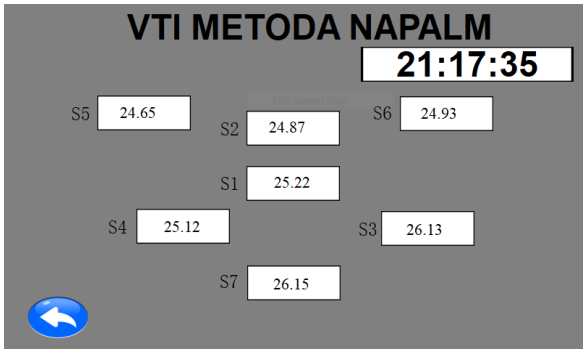


Slika 6. PLC proizvođač BECKHOFF sa modulima za termoparove i komunikaciju sa računarom

Kod pomenutih uređaja u realnim uslovima moguće je izvršiti upis na svakih 20ms u bazu podataka bez gubitka i bez kašnjenja. Kraće vreme upisa pravi probleme sa gubitkom delova podataka ili neupisivanjem u bazu. Kako je standardom propisano da vreme merenja mora da bude 1s, oba PLC kontrolera su ispunili svoje zadatke. Prethodni sistem je čitao vreme na svake 2s, tako da se primenom ovog rešenja dobilo znatno tačnije vreme reakcije materijala na izlaganje temperaturi.

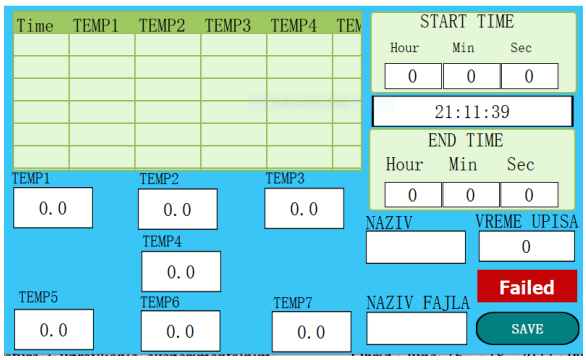
4. REZULTATI PRIMENJENOG REŠENJA

Nakon uključenja napajanja na monitoru komandnog uređaja HMI otvara se početni meni koji je predstavljen na slici 2. Izborom jednog od načina rada „Prikazi temperature“ otvara se novi prozor koji je prikazan na slici 7. U ovom modu mogu se pratiti trenutne vrednosti temperatura sa svih 7 senzora, kao i trenutno vreme prilikom merenja.



Slika 7. Prikaz trenutnih vrednosti temperatura na svim senzorima.

Povratkom na glavni meni može se izabrati meni „Sacuvaj temperature“. Prikaz menija je na slici 8. U ovom meniju nalazi se tabela sa vremenom, temperaturama, podešavanjem startnog vremena i podešavanjem završetka merenja. Po standardu je propisano da to vreme bude bi 40s, u zavisnosti od materijala koji se ispituje. Sledeći taster na ekranu služi da se dodirom na njega unese naziv fajla (obično tkanina koja se ispituje), a program dodaje vreme i datum ispitivanja. Svi podaci izmerenih temperatura se upisuju u MySql bazu podataka i otvara se novi excel dokument koji se čuva na računaru. U excel dokumentu podešene su razne statističke funkcije koje selektuju srednju vrednost izmerene temperature za datu tkaninu, minimalnu i maksimalnu vrednost temperatura. Ovi podaci predstavljeni su u tabeli 4.

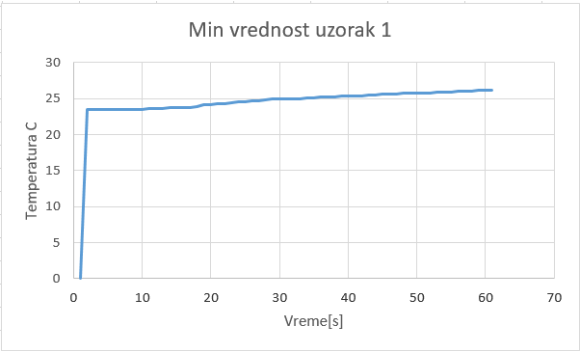


Slika 8. Meni za unos temperatura u bazu

Tabela 4. Prikaz vrednosti temperatura u excel dokumentu

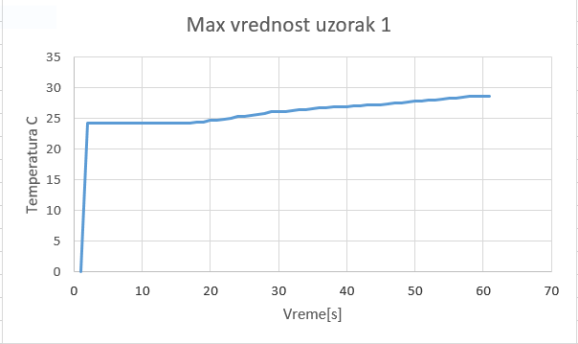
Merenje vremena I temperature Napalm Smesa UZORAK 1											
Vreme [s]	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	Prosek Temperatura	Vreme	MIN	MAX
1	24.00	24.20	24.10	24.20	23.50	23.90	24.00	23.99	11:20:45	23.50	24.20
2	24.00	24.20	24.10	24.20	23.50	23.90	24.00	23.99	11:20:46	23.50	24.20
3	24.00	24.20	24.10	24.20	23.50	23.90	24.00	23.99	11:20:47	23.50	24.20
4	24.00	24.20	24.10	24.20	23.50	23.90	24.00	23.99	11:20:48	23.50	24.20
5	24.00	24.20	24.10	24.20	23.50	23.90	24.00	23.99	11:20:49	23.50	24.20
6	24.00	24.20	24.10	24.20	23.50	23.90	24.00	23.99	11:20:50	23.50	24.20
7	24.00	24.20	24.10	24.20	23.50	23.90	24.00	23.99	11:20:51	23.50	24.20
8	24.00	24.20	24.10	24.30	23.50	23.90	24.00	24.00	11:20:52	23.50	24.30
9	24.00	24.20	24.10	24.30	23.50	23.90	24.00	24.00	11:20:53	23.50	24.30
10	24.00	24.20	24.20	24.30	23.60	23.90	24.00	24.03	11:20:54	23.60	24.30
11	24.00	24.20	24.20	24.30	23.60	23.90	24.00	24.03	11:20:55	23.60	24.30
12	24.00	24.20	24.20	24.30	23.60	23.90	24.00	24.03	11:20:56	23.60	24.30
13	24.10	24.30	24.30	24.30	23.70	24.00	24.10	24.11	11:20:57	23.70	24.30
14	24.10	24.30	24.30	24.30	23.70	24.00	24.10	24.11	11:20:58	23.70	24.30
15	24.10	24.30	24.30	24.30	23.80	24.00	24.10	24.13	11:20:59	23.80	24.30
16	24.10	24.30	24.30	24.30	23.80	24.00	24.10	24.13	11:21:00	23.80	24.30
17	24.10	24.30	24.40	24.30	23.90	24.00	24.20	24.17	11:21:01	23.90	24.40
18	24.20	24.50	24.50	24.40	24.20	24.10	24.30	24.31	11:21:02	24.10	24.50
19	24.30	24.60	24.70	24.50	24.40	24.20	24.40	24.44	11:21:03	24.20	24.70
20	24.40	24.80	24.80	24.70	24.70	24.30	24.60	24.61	11:21:04	24.30	24.80
21	24.40	24.90	24.90	24.70	24.80	24.30	24.60	24.66	11:21:05	24.30	24.90
22	24.50	25.00	25.10	24.90	24.90	24.40	24.70	24.79	11:21:06	24.40	25.10
23	24.70	25.20	25.30	25.00	25.20	24.60	24.90	24.99	11:21:07	24.60	25.30
24	24.80	25.30	25.40	25.10	25.40	24.60	25.00	25.09	11:21:08	24.60	25.40
25	24.80	25.40	25.50	25.20	25.60	24.70	25.10	25.19	11:21:09	24.70	25.60
26	24.90	25.50	25.60	25.20	25.70	24.70	25.10	25.24	11:21:10	24.70	25.70
27	24.90	25.50	25.60	25.30	25.80	24.80	25.10	25.29	11:21:11	24.80	25.80

U programu se na osnovu tabela automatski generišu tabele za prosečnu vrednost temperatura (slika 1), grafik minimalnih vrednosti temperatura (slika 9).



Slika 9 Grafik minimalnih vredosti temperature za uzorak 1

Na slici 10 prikazan je grafik sa maksimalnim vrednostima izmerenih temperatura za uzorak materijala broj 1.



Slika 10 Grafik maksimalnih vrednosti temperature za uzorak 1

5. ZAKLJUČAK

Na osnovu dostavljenih informacija, može se zaključiti da ovaj pristup podrazumeva precizniju i bržu procenu temperature i upravljanje eksperimentalnim uslovima, u kombinaciji sa naprednom termografskom i kvantitativnom analizom u poređenju sa tradicionalnom metodom koja se oslanja na merenje trajanja sagorevanja uzorka materijala i temperature na suprotnoj strani materijala pogođenog napalmom. Ova poboljšana strategija značajno povećava

tačnost podataka i brzinu obrade, nudeći vredne uvide u performanse materijala izloženih ekstremnom termičkom stresu. Ovaj razvoj je od vitalnog značaja za stvaranje i procenu materijala namenjenih za primene otporne na visoke temperature. Testirani materijali su pokazali različite nivoe otpornosti na zapaljene smeše napalma, pri čemu je OFZ pokazao najbolju termičku otpornost među tekstilnim materijalima, dok su rukavice M4 i maska M3 pokazale superiorna izolaciona svojstva zahvaljujući dodavanju dodatnih usporivača plamena. Ovi nalazi naglašavaju važnost poboljšanja termičke otpornosti kako bi se obezbedila adekvatna zaštita u ekstremnim uslovima [9].

7. LITERATURA

[1] D. McLean, Burns and Military Clothing, J.R. Army Med. Corps 147 (2001) 97-106

[2] Gregory T. Guldner, Richard J. Chen, Curtis Knigh, Napalm Toxicity, National Library for Medicine, January 2024.

[3] F. Hull, J. Gambill, A. Hansche, G. Agni, J. Evangelista, C. Powell, M. Auerbach, J. Dillon, O. Arnas, Engineering and undergarment for flash/flame protection, Proceedings, ASME-IMECE 2011-63888, Denver, CO, 2011.

[4] Nelly Couzon a, Jeremy Dhainaut a, Christine Campagne b, Sebastien Royer a, Thierry Loiseau a, Cristophe Volkringer Porous Textile composites (PTcs) for the removal and the decomposition of chemical warfare agents (CWAs) – A review, Coordination ChemistryReview Volume 467, 15 September 2022, 214598.

[5] Dusan S. Rajic, Zeljko J. Kamberovic, Radovan M. Karkalic, Negovan D. Ivankovic, Zeljko B. Senic, Thermal resistance testing of standard and protective filtering military, Hem. Ind. 67 (6) 941-950 (2013).

[6] Z. Senic, M. Jevremovic, R. Karkalic, Determination of the resistanceof soldiers garment means to the he effect of burning napalm mixture, OTEH, 2007.

[7] SORS 6704:1988, RCB body protection – Test method for resistance of materials to the effects of napalm mixture, Direction for Standardization, Codification and Metrology, Ministry of Defense, Republic of Serbia.

[8] M Miletić, M Ilić, T Marković, Examination of the protection factor with a laser photometer, 11th International Scientific Conference on Defensive Technologies-OTEX 2024 DOI: 10.5937/OTEH24063M

[9] Tatjana Marković, Marina Ilić, Željko Senić, Sonja Bauk, Miljan Miletić, Enhanced method for measuring material resistance to burning napalm mixture, 11th International Scientific Conference on Defensive Technologies-OTEX 2024 DOI: 10.5937/OTEH24063M

Adresa autora: Miletić Miljan, Akademija strukovnih studija Kruševac, odsek tehničko tehnološki

e-mail: mmelektronik1@gmail.com

Rad primljen: avgust 2025.

Rad prihvaćen: septembar 2025.

БРАНИСЛАВА ПЕРОВИЋ НЕШКОВИЋ
(1920 – 2008)

Водећи истаживач у области
физике јонизованих гасова.
Прва жена директорка у
Институту нуклеарних наука Винча.
Професорка на Електротехничком
факултету у Београду.
Учесница Народноослободилачког покрета
и истакнути политички радник.
Добитница многобројних југословенских
признања и одликовања.

ИНДУСТРИЈАЛИЗАЦИЈА, МОДЕРНА ДРЖАВА И ПРЕДУЗЕТНИШТВО ПОКРЕТАЧИ ЕКОНОМСКОГ РАЗВОЈА СИРОМАШНИХ ЗЕМАЉА

INDUSTRIALIZATION, THE MODERN STATE, AND ENTREPRENEURSHIP AS DRIVERS OF ECONOMIC DEVELOPMENT IN POOR COUNTRIES

EDI DARUŠI [1]
[1]Зрењанинска гимназија, Зрењанин

REZIME

Пакет макроекономских мера привредне стабилизације који земљама у развоју, путем *Вашингтонског консензуса* односно *мера структуралног прилагођавања*, намећу међународне финансијске институције чини заправо окосницу слободнотржишног модела капитализма који за последицу има привредно и друштвено пропадање транзиционих држава. Националне привреде су девастиране, домаћа индустрија уништена, производња преусмерена на глобална тржишта. Кроз процес неолибералне глобализације националне државе бивају поткопане активношћу транснационалних актера и домаће компрадорске елите, наиме анулирани су они национални закони који угрожавају активности мултинационалних корпорација и финансијског сектора. Супротно овом стању ствари, економско благостање се једино може постићи свесном политиком уз примену покретача економског развоја: концепт предузетништва, либерално-демократских институција и реиндустријализације.

Кључне речи: слободно тржиште, транснационалне компаније, Вашингтонски консензус, индустријализација, инклузивне институције, предузетништво

ABSTRACT

The package of macroeconomic stabilization measures imposed on developing countries by international financial institutions—through the Washington Consensus and structural adjustment programs—constitutes the backbone of the free-market capitalist model, which has led to the economic and social decline of transitional states. National economies have been devastated, domestic industries dismantled, and production redirected toward global markets. Through the process of neoliberal globalization, nation-states are being undermined by the actions of transnational actors and the domestic comprador elite; national laws that threaten the interests of multinational corporations and the financial sector have been systematically neutralized. In contrast to this state of affairs, economic prosperity can only be achieved through deliberate political strategy involving key drivers of development: the concept of entrepreneurship, liberal-democratic institutions, and reindustrialization

Key words: free market, transnational corporations, Washington Consensus, industrialization, inclusive institutions, entrepreneurship

1. УВОД : НЕОЛИБЕРАЛНА ГЛОБАЛИЗАЦИЈА

„**Предузетништво, нова технологија и јака држава. То су кључни појмови за нов и одржив раст. Старе идеје, које су данашњи тржишни либерали изгледа заборавили.“**

Ерик Рејнерт [21]

Постоје различите димензије глобализације (економска, културна и политичка) које су међусобно нераскидиво повезане, међутим глобализација се неретко изједначава са економском глобализацијом која подразумева доминацију слободног тржишта, међународне економске интеграције, смањење трговинских баријера, слободан проток капитала или, према речима Томаса Фридмана (Friedman Thomas): **„...глобализација значи ширење слободнотржишног капитализма на готово сваку земљу у свету.“** [30].

У основи концепта слободног тржишта је модел који се често приписује Адаму Смиту (Adam Smith), а према коме тржишне силе - мотивисаност профитом – као некаквом невидљивом руком воде привреду ка ефикасним исходима. Роберт Нозик (Robert Nozick) иде и даље и тврди да: **„...није само равнотежа унутар тржишта већ и само постојање тржишта на Западу, у великој мери процес невидљиве руке.“** [18]. Зато што по том моделу нема потребе за државним интервенцијама, то јест, слободна неспутана тржишта раде савршено, ове политике квалификују се као неолиберално базиране на тржишном фундаментализму [25]. Јоже Менцингер у том смислу и пише да је теоријска основа глобализације неокласична економска мисао која истичући тржиште и конкуренцију захтева потпуно прилагођавање националних привредних субјеката ценама и захтевима глобалног тржишта, а све што то спречава сматра се штетним [17]. Карл Полањи (Karl Paul Polanyi) такође одређује тржишну привреду као привредни систем који сама тржишта регулишу и усмеравају, док је ред у производњи као и расподела добара поверена саморегулаторном механизму. У основи овог концепта налази се идеја да ће се људска бића понашати на онај начин који ће им омогућити да за себе остваре максималну корист. Међутим Полањи сматра да је концепт тржишта **„...које се само прилагођава...“** утопија која ће **„...уништити човека и опустошити његово окружење.“** [20].

Неолиберална глобализација, међутим, продукује корпорацијски систем који брише границе између *Велике владе* и *Великог капитала* [12]. Његове главне одлике су огромни трансфери јавног богатства у руке приватника, често праћени деиндустријализацијом и крахом националних привреда, нагло нараслим дуговањима држава и грађана, све већим јазом блештаво богатих и срамно сиромашних. Кроз процес неолибералне глобализације националне државе бивају поткопане активношћу транснационалних актера и компрадорске елите, које потенцијално анулирају националне законе ако угрожавају слободе мултинационалних компанија и финансијског капитала да контролишу економске послове и друштвени живот [24].

Због недостатка за већину сиромашних, корпорацијски системи обухватају агресивну контролу грађана и сужавање грађанских права и слобода уз подршку националних екстрактивних институција. Према Ентони Гиденсу (Anthony Giddens) глобализација снажно обележена америчком политичком и економском моћи уништава локалне привреде, увећава неједнакост у свету и погоршава живот сиромашнима [9]. Да глобализација данас није у интересу многих сиромашних у свету слаже се и нобеловац Џозеф Е. Стиглиц (Joseph E. Stigliz). За време свог мандата на месту

главног економисте Светске банке, 1997-2000., оно што је тада видео радикално је променило његове погледе на глобализацију и прокламовани економски развој: **„Видео сам из прве руке пустошеће ефекте које глобализација може имати на земље у развоју а посебно на сиромашне у тим земљама.“** [25]. Економске шок терапије неолибералног апологете Милтона Фридмана (Milton Friedman) које су биле наметнуте земљама у развоју доношене су, тврди економиста Стиглиц, због политика које одговарају интересима појединаца.

Међутим и поред свега као мерило успешности транзиције и даље се намећу индикатори који произлазе из мера структуралног прилагођавања *Вашингтонског консензуса*: степен либерализације привреде, удео приватног над друштвеним капиталом, прилив директних страних инвестиција, дерегулација тржишта. Привредни раст држава и социјални ефекти промена у потпуности су занемарени. Доминантна неокласична мисао не може, или не жели, да одговори на питање зашто сиромашни народи постају још сиромашнији, односно како из сиромаштва да се извуку.

Отуда се мора прибећи алтернативним економским политикама које ће захтевати успостављање система инклузивних институција и подстицање предузетничког капитализма. Али, и пре свега, транзиционе државе морају ући у процес реиндустријализације да би могле да створе опште богатство.

2.ВАШИНГТОНСКИ КОНСЕНЗУС И ДОКТРИНА ШОКА

“Буржоазија је експлоатацијом светског тржишта...извукла национално тло испод ногу индустрије. Уништене су прастаре националне индустрије и уништавају се свакодневно још увек.“

Карл Маркс и Фридрих Енгелс [15]

Године 1989. постало је јасно да *Чикашка школа* Милтона Фридмана управља Међународним монетарним фондом (ММФ) и Светском банком када је економиста Џон Вилијамсон (John Williamson) обелоданио *Вашингтонски консензус* [31]. То је списак десет макроекономских мера за које је рекао да их ове институције сматрају минимумом за економско оздрављење земаља у транзицији. Заправо је овај списак тријумф неолиберализма: приватизација, дерегулација, драстично кресање друштвене потрошње и интернационализација тржишта: „Сва државна предузећа треба приватизовати“ или „Требало би уклонити све баријере које спречавају улаз страним фирмама.“. Почетак рада *Светске трговинске организације* 1995. године регулисао је у потпуности светску трговину, дефинишући однос институција са седиштем у Вашингтону и националних влада. Већ наведене тачке ослонца *структуралног прилагођавања* сада се трајно уграђују у чланове споразума о успостављању Светске трговинске организације, постављајући тако темеље: **„...режима контроле над појединим земљама.“** [8].

Политика *Вашингтонског консензуса* базирана је на поједностављеном моделу слободнотржишне економије, моделу конкурентске равнотеже у којем „невидљива рука“ Адама Смита ради. С обзиром на то да по том моделу нема потребе за владином интервенцијом, тј. слободна неспутана тржишта раде савршено , ове политике се понекад квалификују као неолиберално базиране на тржишном фундаментализму.

Свака земља која је у време економске кризе тражила помоћ од ММФ-а информисана је да мора да реконструише своју привреду од врха до дна *програмима за структурално прилагођавање* [7]. Иако глобална трговина није имала никакве везе са окончавањем криза националних економија, приватизација и

слободнотржишне мере упаковане су заједно са финансијском помоћи. Дакле, хоћете да спасете своју земљу од привредног слома, онда је распродајте. Иако су званичници ММФ-а знали да економска стабилизација нема директне везе са економским прилагођавањем, заправо је имала везе са корпоративистичким походом и приватизацијом јавних ресурса (рудника, нафте, земљишта, воде, школа, универзитета, здравства). Тачније Фридманове визије су тако отелотворене да би одговарале интересима мултинационалних крпорација које жуде за новом акумулацијом капитала неспутаном оковима законске регулативе. Глобализација економије у значајној јмери је резултат директива *Вашингтонског консензуса* [26].

Како то наглашава Наоми Клајн (Naomi Klein): **„Историја савременог слободног тржишта – познатија као процват корпоративизма – исписана је шоковима.“** [12]. Наиме кад год су транзиционе владе наметале обимне програме развоја слободног тржишта одабран метод увек је била неочекивана *шок терапија*. Економска шок терапија значи да ће нагли грч тргнути привреду и повратити јој здравље, за шта је потребна нагла промена политике, односно пресудан шок у погледу економског и политичког курса. Да би била уведена економска шок терапија потребно је искористити тренутке колективних криза, односно шокове изазване ратовима, природним катастрофама и намерно изазваним дужничким кризама које суспендују демократију, за упуштање у радикално друштвено и економско преструктуирање. Према речима Милтона Фридмана: **„...само криза стварна или привидна доводи до стварне промене. Кад до такве кризе дође, мере које се предузимају зависе од идеја које леже унаоколо. То је верујем наша основна функција: развијати алтернативе за постојећу политику, а потом их одржавати у животу све док политички немогуће не постане политички неизбежно.“** [12].

И тако је глобална слободнотржишна привреда ослобођена регулативе стварала дужничке шокове: неограничене суме новца имају слободу да се великом брзином креће планетом; берзански шпекуланти могу да се кладе на вредност свега, а резултат је нестабилност, јер неразвијене земље које се ослањају на извоз сировина упадају у континуирану кризу; вртоглави раст камата и скок националног дуга уз све остало даје формулу за економски хаос.

„**Пакет мера привредне стабилизације отклања могућност сваког националног привредног развоја који би почињао изнутра и одвијао се под контролом националних политичара.“**, тврди Чосудовски [8]. Мере привредне стабилизације које земљама у развоју намећу транснационални актери чине кохерентан програм привредног и социјалног пропадања. Националне привреде се девастирају, производња за домаћа тржишта се обуздава рушењем реалних зарада и преусмеравањем на глобална тржишта. Мере *структуралног прилагођавања* разарају целу основу на којој је саздана домаћа привреда. И према речима високог представника ММФ-а њихове политике нису се показале успешнима: **„...не може се поуздано тврдити јесу ли ти програми функционисали или нису...на основу постојећих студија не може се поуздано рећи да ли је усвајање програма уз подршку Фонда доводило до побољшања...У ствари, често се показивало да су ти програми повезани с порастом инфлације и падом стопе раста.“** [14]. Дакле дуготрајне кризе транзиционих држава закономеран су резултат спровођења наметнутих реформи [4].

И поред стагнације националних привреда, мултинационалне корпорације истискивањем затечених привредних система, наметањем ниских надница и

дерегулацијом тржишта радне снаге, бележе раст и повећање удела на светском тржишту. Глобализацијом земље у развоју претварају се у отворене, небрањене ***економске територије***, док су њихове привреде резервоари природних ресурса и јефтине радне снаге.

3. ПОКРЕТАЧИ ПРИВРЕДНОГ РАЗВОЈА

„Суштинска ствар је концепција економског процеса који се уздиже изнад гледишта да је акумулација капитала сама по себи оно што покреће капиталистички мотор.“

Јозеф Шумпетер [23]

Одстрањујући производњу из економије Адам Смит је светску економију претворио у систем у коме актери размењују „рад“ без технологије, без синергијских ефеката и економије обима, утирући тиме пут учењу да је слободна трговина подједнако корисна за све актере.

Међутим према немачком економисти Вернеру Зомбарту (Werner Sombart) економско благостање резултат је свесне политике, а покретачи развоја су:

- Предузетник: капитал духа и воље. Особа спремна да преузме иницијативу.
- Модерна држава која стварајући инклузивне институције подстиче да се интереси предузетника поклапају са интересима целокупног друштва.
- Индустријализација под којом се подразумевају технолошке промене, механизација и повећање ефикасности производње.

Када ови фактори буду обезбеђени потребни су, према Зомбарту, и помоћни фактори да би капитализам могао да се развије: капитал, радна снага и тржиште. Дакле супротно увреженом схватању капитал, тржиште и рад сами по себи без предузетништва, иновација, људске воље и иницијативе бесмислени су појмови [22].

4. ИНКЛУЗИВНЕ ЕКОНОМСКЕ И ПОЛИТИЧКЕ ИНСТИТУЦИЈЕ

„Сви признају да су институције фундаменталне за економске промене.“

Ха Џун Чанг [5]

Иако су националне државе одиграле кључну улогу у раном развоју капитализма, у протеклих 40 година неолиберални апологети имају велика очекивања од укидања национално организованих демократија да би тиме убрзали процесе глобализације и економске односе ставили ван домашаја и контроле грађана. Неолиберали правдају одбацивање сваке економске и политичке интервенције у наводно саморегулишуће тржиште као „*дестабилизујуће демократске илузије“*. Хабермас (Jurgen Habermas) у том смислу и пише: **„У процесу ишчезавања друштава организованих у националне државе постмодернизам препознаје *крај политике* у шта наде полаже и неолиберализам, који би желео да, колико год је могуће управљачке функције препусти тржишту.“** [10]. Слабљење моћи националне државе унутар процеса политичке глобализације јесте растући легитимацијски дефицит у процесу одлучивања који према Хабермасу настаје увек: **„...када се круг оних који учествују у демократском одлучивању не поклапа са кругом оних које те одлуке погађају.“** [11].

Дакле средишњу осу транснационалних агенција представља регулација економског крвотока света изражавајући принцип асиметрије моћи, односно политичке и економске доминације великих сила, што представља савремене облике хегемонизације, којима се политичка доминација великих сила, путем

економских полуга, појављује као суштаствена димензија глобализације [19]. Глобализација тако често замењује старе диктатуре националних елита новим диктатурама међународних институција и то контролом демократски изабраних власти путем наметања пакета „*структуралног прилагођавања*“. **„Земљама је фактички речено“**, пише Стиглиц, **„да ако не поштују одређене услове ММФ или капитална тржишта ће одбити да им одобравају зајмове. Те земље су у основи принуђене да делимично одустану од својих суверенитета, да пусте да их корпорациона тржишта дисциплинују, говорећи им шта би требало да раде, а шта не.“** [25].

И тако долазимо до суштине неоколонијализма који се огледа у томе да је национална држава само формално независна и поред атрибута међународног суверенитета, јер се у стварности њеним економским системом – тржиштем, ресурсима и радном снагом – односно политиком управља споља: **„Неформална империја поседује ефективну моћ крајњег вета за кључна питања од спољне и унутрашње политике до економије – посебно за јавне финансије и банкарски сектор.“** [1]. Захваљујући интересној симбиози домаће компрадорске економске и политичке елите са транснационалним капиталистичким елитама, из сиромашних националних држава долази до: **„...извлачења економског вишка из практично свих чинилаца производње: земље, сировине, рада, енергије, знања, технологије или капитала.“** [1]. Постмодерне колоније се у континуираном процесу *структуралног прилагођавања*: **„...специјализују за лошу трговину, за извоз сировина и увоз високо-технолошке робе, било да се ради о индустријској роби или о производима услужног сектора за које је потребно велико знање.“** [22].

У одузимању економског, културног и политичког суверенитета у земљама колонијално-периферног неолибералног капитализма, дакле, учествује компрадорска елита која је спремна: **„...да посредује у јефтиној распродаји националног богатства које су произвеле претходне генерације и да уништава домаћу производњу путем неограниченог увоза робних вишкова из колонизаторских земаља.“** [29]. С обзиром на то да домаћа компрадорска елита посредује у спровођењу приватизације државног и друштвеног власништва и усмерена је на: **„...брзу добит и спекулативно трговинске непроизводне активности, ни у догледној будућности не треба очекивати остваривање прокламованог циља приватизације-реструктурисање привреде и повећање ефикасности пословања“** нити су присутни економски и политички актери заинтересовани **„за инвестирање у домаћу индустрију замене увоза, за одбрану националног тржишта и његово ширење кроз продор на страна тржишта.“** [28].

Када држава коначно падне под доминацију транснационалних актера и компрадорске елите: **„...њој практично више нема спаса – сиромаштво је њена трајна судбина.“** [1].

Међутим „златно доба капитализма“ показује да економски потенцијали могу бити економски остварени када су прикладно регулисани и подстакнути одговарајућим деловањем државе [6].

Дарон Асемоглу (Daron Acemoglu) и Џејмс А. Робинсон (James A. Robinson) бавили су се истраживањем утицаја који политичке и економске институције имају на развој и просперитет друштва и државе, тј. да ли ће неки народ бити богат или сиромашан зависи од квалитета и постојања политичких и економских институција.

Екстрактивне политичке и економске институције опстају у *сиромашним државама* зато што опстају и елите које их контролишу и од њих остварују корист, односно велико богатство и

неконтролисану моћ на рачун друштва. С обзиром на то да постоји јака синергија између економских и политичких институција, концентрација власти у рукама малобројне елите омогућује јој екстракцију ресурса од осталих делова друштва: **„...синергетски однос екстрактивних економских и политичких институција има снажно повратно дејство: политичке институције омогућују елитама које имају политичку моћ да успостављају економске институције с малим ограничењима и слабом опозицијом. Омогућују им да одлучују о будућим политичким институцијама и њиховом развоју. Заузврат, екстрактивне економске институције обогаћују те елите које економско богатство и моћ користе за учвршћивање своје политичке доминације.“** [2].

Богате земље јесу богате зато што су у неком тренутку успеле да успоставе инклузивне институције. Инклузивне политичке институције су плуралистичке и омогућују да се моћ политичких институција у друштву широко распоређује и да подлеже ограничењима. Инклузивне економске институције омогућују и широко учешће грађана у економском животу државе, подстичући изражавање талената и способности појединаца. Да би допринеле економском расту, продуктивности и напретку инклузивне институције: **„...морају нудити безбедност приватне својине, непристрасни правни систем и јавне услуге које обезбеђују равноправност у размени и уговарању; оне морају омогућавати и укључивање и нових предузећа и омогућавати појединцима да слободно бирају своје каријере.“** [2]. Инклузивне економске институције стварају и инклузивна тржишта на којима ће грађани имати слободу да се баве оним што им највише одговара у складу с њиховим способностима, док ће појединци с добрим идејама оснивати предузећа уз примену нових технологија, а радници се бавити активностима у којима ће остварити пуну продуктивност. Поред наведеног треба истаћи да инклузивне економске институције трасирају пут још двема покретачким снагама привредног раста: технологији и образовању, **„Континуирани привредни раст готово је увек у вези с технолошким побољшањем који омогућује људима (радној снази), земљишту и постојећем физичком капиталу да буду још продуктивнији...иза побољшања стоје наука и предузетници.“** [2]. С обзиром на то да образовање, вештине, стручност, спецјалистичка знања стварају научна знања која су темељ напретка и усвајања нових технологија, низак ниво образовања у државама које су сиромашне последица су економских и политичких институтуција које нису у могућности да приморају националне владе да улажу у образовни систем: „**Оспособљеност економских институција да користе прилике које пружају инклузивна тржишта, да подстичу технолошке иновације, улажу у људе и користе таленте и способности великог броја појединаца битна је за привредни раст.“** [2].

5. РЕИНДУСТРИЈАЛИЗАЦИЈА

„...раст занатства, индустрије и ширење трговине могу да створе бројније становништво и да задовоље њихове безбројне потребе, одрже висок ниво луксуза и створе велико богатство без потребе за већим географским подручјима.“

Sebastiano Franci, у часопису: *Il Caffe*, Milano 1764.

Неокласична економска теорија везана за наслеђе Адама Смита и Дејвида Рикарда (David Ricardo) може математички да докаже да ће сваки човек на свету који прима плату, како припадник племена у амазонским прашумама тако и предузетник из Силицијумске долине, постати једнако

богати само ако испуне услове да тргују што је могуће више и то робом која нуди компаративну предност. Адам Смит у свом magnus opus *Богатство народа* поручио је тадашњим Американцима да не развијају индустријску производњу. Тврдио је да ће покушај забране увоза европских производа омести, уместо побољшати развој њихове земље ка правом богатству и моћи. Данашњи светски економски поредак управо се, како то примећује Ерик Рејнерт (Erik S. Reinert) заснива на најједноставнијој верзији те теорије: **„...то јест да светска трговина има способност да изједначи економску неједнакост између богатих и сиромашних земаља.“** [21]. Међутим свет у којем живимо потпуно демантује ове моделе.

Транзицијом од централизоване привреде у бившим социјалистичким земљама ка тржишној (преливајућој или капајућој) економији се тако лоше управљало да је углавном дошло до једног облика **„економског геноцида“** [8] који се спроводи свесном и смишљеном манипулацијом силама које управљају тржиштем. Реструктуирањем националних привреда, под вођством транснационалних финансијских институција, земљама у развоју све више се ускраћује могућност развоја. Наводећи пример Југославије која је била регионална индустријска сила и привредно успешна земља, Чосудовски указује на то да су на њој примењени програми привредних реформи ММФ-а: **„...изазвали привредно и политичко пустошење. Спорији раст и гомилање спољашњег дуга и посебно трошка његовог сервисирања, као и девалвација, довели су до пада животног стандарда просечног Југословена...привредна криза запретила је политичкој стабилности."** [8].

Реформе спроведене по захтевима међународних кредитора ударили су у само срце југословенског система у коме су радници управљали предузећима у друштвеном власништву, а циљ је био југословенску привреду подвргнути масовној приватизацији. Прописивањем макроекономских реформи из 1980. године, раст индустријске производње је већ 1990. године остварио негативан раст. Након тога програм *структуралног прилагођавања* претворио је националне привреде у отворене привредне просторе, а националне државе у економске територије.

Уништавањем домаће индустријске производње намењене унутрашњем тржишту не осигурава се развој стабилног односа са глобалним тржиштем. Ограничавање стварних зарада које води смањењу трошкова радне снаге задовољавањем основних животних потреба, дакле сиромаштво, понуда јефтине радне снаге и сировина инпути су на страни понуде сиромашних земаља: транзиционе постсоцијалистичке државе сада су резервоари јефтине радне снаге и природних сировина.

Деловање овог економског механизма британски економиста Michael Barratt Brow, описао је на следећи начин: **„Изгледало је да није било и заиста ту није било наде. Исти економски лек је био прописан свим земљама у развоју које дугују, а исто тако и комунистичком свету. Извозите више и исплатите своје дугове, скандирали су ММФ и Светска банка; што су те земље дужнице више извозиле своју робу, претежно непрерађене сировине, све више су им цене извоза падале у светским тржиштима, док су цене њихових увоза из индустријализованих земаља и њихове каматне стопе настављале да расту.“** [3].

Последње четири деценије земљама у развоју наметнута је деиндустријализација као резултат неолибералних политика. Доминантно економско учење чак и „забрањује“ сиромашним земљама да развијају сопствени ундустрију приморавајући их да се „равноправно“ такмиче с индустријски развијеним центрима.

Трговинска либерализација уништила је читаве индустријске гране у тим државама. Давне 1841. године немачки економиста Фридрих Лист (Friedrich List) критиковао је политику Велике Британије због тога што проповеда: **„...слободну трговину другим земљама док је она сама подигла своју економску доминацију захваљујући царинским заштитама и обилним субвенцијама.“** Лист даље пише: **„Широко је распрострањена појава да када неко досегне врхунац величине и моћи, он лукаво одгурне мердевине којима се попео, у намери да друге лиши средства којима би можда могли да се попну за њим.“** [7].

Сфера индустријске производње ипак представља најважнији сегмент економије. Индустрија је носилац техничког прогреса, покретач привредног раста, стваралац синергијских ефеката у укупној привреди. Производња сировина у сиромашним земљама и индустријска производња подлежу различитим законима. Отуда је реиндустријализација, а не извоз сировина, неопходна за обнову привреда осиромашених земаља и њихвог изласка из дуготрајне кризе. Професор Рајко Буквић с правом истиче да је за земље источне и југоисточне Европе потребно исто: **„...напуштање неолиберале концепције везане за Вашингтонски консензус који их је деиндустријализовао и примене концепције реиндустријализације.“** [4].

6. ПРЕДУЗЕТНИШТВО

„Једна од најважнијих ствари јесте да разумемо да су иновације и ново знање суштинске покретачке силе у историји еконоског развоја.“

Ерик Рејнерт [21]

Са Дејвидом Рикардом нестало је схватање према којем предузетништво, технологија и нова знања јесу динамични елементи капитализма. Код Рикарда физички капитал заправо обезбеђује економски раст. Добит од међународне трговине настаје тако што се свака држава специјализује тамо где је најефикаснија. Адам Смит препознаје улогу нових проналазака али они долазе изван система, бесплатни су и допиру једнако до свих друштава и људи истовремено. Нове технологије и нова достигнућа производи су *невидљиве руке тржишта*. У тој традицији све различите привредне делатности су квалитативно исте као носиоци економског раста – захваљујући глобализацији и слободној трговини створиће се економска хармонија.

Супротно класичној теорији за Јозефа Шумпетера (Joseph Schumpeter) стварни поретачи промена у економији су ново знање и нова достигнућа, дакле предузетништво и технолошки развој. Како истиче у својој књизи *Капитализам, социјализам и демократија* сам капитализам никада није стационаран. С обзиром на то да се економски живот одвија у природној и друштвеној средини која се мења и својом променом мења чиниоце економске делатности, капитализам има еволутивни карактер. Капиталистичку машину покрећу нова потрошачка добра, нове производне методе или транспорти, нова тржишта, нове форме индустријске организације које стварају капиталистичко предузеће. [27].

Битна чињеница за развој капитализма јесте процес стваралачког разарања: **„...непрекидно револуционише економску структуру изнутра, стално уништавајући стару, стално стварајући нове.“** [27]. Ово је према Жижеку препознао и Карл Маркс који: **„...је запазио како је капитализам ослободио задивљујућу динамику самоунапређења продуктивности...како је капитализам највећи покретач револуционарних промена у целокупној повести човечанства...“** [32].

У овоме се према Шумпетеру огледа и функција предузетника који реформише или еволуционише систем производње

користећи се проналасцима или технолошком могућношћу. Шумпетер указује на везу динамичког карактера и раста индустријског друштва са активностима предузетника: **„...да би се деловало ван граница познатог делокруга и да би се савладао тај отпор средине потребне су способности које постоје само код малог дела становништва, способности карактеристичне за људе предузетничког типа, а исто тако и за предузетничку функцију.“** [27].

Не пристајући на рутинске послове стандардних технологија, предузетници разарају кроз чин креативне деструкције старе техно-економске парадигме, преузимајући важну улогу у економском развоју као носиоци иновационих и развојних активности.

Као што истиче Ерик Рејнерт: **„Светску економију можемо посматрати као неку врсту пирамиде - хијерархију знања – у којој они који стално инвестирају у иновације остају на врху.“** [22].

И други аутори с правом истичу да је савремено доба, доба предузетника и иноватора: **„Предузетници су покретачка снага одрживости, функционисања, трансформације и развоја пословне активности широм савремене глобалне привреде.“** [13].

7. ЗАКЉУЧАК

„Ради се о поновном разматрању капитализма.“

Маријана Мацукато [16]

Од централног планирања у бившим социјалистичким државама и њихове транзиције у стилу „Великог праска“ у неолиберални капитализам путем катастрофалних политика Вашингтонског консензуса,те након финансијске кризе из 2008. године и политика штедње у већини европских земаља, током последње четири деценије историја обилује примерима експерименталних радикалних политика које су уништиле животе милиона људи.

Потпуно је јасно да је за превазилажење економских и социјалних проблема са којима се данас суочавају сиромашне државе потребан храбар потфолио приступ, редизајнирање јавних политика. Отуда је у одговору на проблем привредног колапса сиромашних земаља неопходно изградити институције и организације колективног предузетништва, у којима националне владе у партнерству са приватним и институцијама цивилног сектора морају преузети управљање кризом.

Али решавање криза догодиће се само ако преобликујемо владе, на принципима инклузивних институција и концепту колективног предузетништва, јер једино оне имају капацитет да спроведу трансформације потребних размера: **„То је предуслов за реструктуирање капитализма на начин који је инклузиван, одржив и покренут иновацијама.“** [16].

8. ЛИТЕРАТУРА

[1] Антонић, С., *Компрадори као део ТННК: случај Србије*, Социолошки преглед, vol. LVI (2022), no. 4

[2] Асемоглу, Д., и Робинсон, А., Ц., Зашто народи пропадају, Београд: Clio, 2025.

[3] Brown, B., M., *„The War in Yugoslavia and the Debt Burden“* in Capital in Class No 50, 1993. https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/030981689305000107

[4] Буквић, Р., *Вашингтонски консензус и деиндустријализације источне и југоисточне Европе,* *http://www.nspm.rs/ekonomska-politika/vasingtonski-konsenzus-i-deindustrijalizacija-istocne-i-jugoistocne-evrope.html?alphabet=l*

[5] Chang, J., H., *The Role of Institutios in Economic Change, https://othercanon.org/*

[6] Чанг, Ц., Х., Економија: упутство за употребу, Београд: Мали врт, 2019.

[7] Чанг, Ц., Х., Лоши Самарићани, Београд: Мали врт, 2016.

[8] Чосудовски, М., Глобализација сиромаштва и нови светски поредак, Београд: ART IST, 2010.
[9] Гиденс, Е., Одбегли свет, Београд: Стубови културе, 2005.
[10] Хабермас, J., Постнационалне констелације, Београд: Откровење, 2002.
[11] Хабермас, J., *„Европска и национална држава под притиском глобализације“*, НСПМ vol VII, no. 3-4
[12] Клајн, Н., Доктрина шока, Београд: Самиздат Б92, 2009.
[13] Котлица, С., и Ранков, С., Доба предузетништва, Београд: Мегатренд универзитет, 2013.
[14] Khan, M., *„The Macroeconomic Effects of Fund-Supported Adjustment Programs“*, https://www.elibrary.imf.org/view/journals/024/1990/002/article-A001-en.xml
[15] Маркс, К., и Енгелс, Ф., Комунистички манифест ,Београд: Центар за либертетске студије, 2014.
[16] Мацукато, М., Економија са мисијом, Нови Сад: Академска књига, 2022.
[17] Менцингер, J., *Поговор* књизи: Џозеф Стиглиц, Противречности глобализације, Београд: SBM-x, 2002.
[18] Нозик, П., *Објашњење невидљивом руком*, НСПМ vol. X, no. 1-4
[19] Печујлић, М., *„Планетарни Кентаур: два лика глобализације“* , НСПМ vol. VII, no. 3-4
[20] Полањи, К., Велика трансформација, Београд: Филип Вишњић, 2003.
[21] Рејнерт, Е., С., Спонтани хаос, Београд: Чигоја штампа, 2010.
[22] Рејнерт, Е., С., Глобална економија,Београд: Чигоја штампа, 2006.
[23] Schumpeter, Joseph A., History of Economic Analysis, New York: Oxford University Press, 1954.
[24] Сол, П., Џ., Пропаст глобализма и преобликовање света, Београд: Архипелаг, 2010.
[25] Стиглиц, Е., Џ., Противречности глобализације, Београд: SBM-x, 2002.
[26] Стојиљковић, З., Конфликт и/или дијалог, Београд: Чигоја штампа, 2008.
[27] Шумпетер, J., Капитализам, социјализам и демократија, Београд: Култура, 1960.
[28] Вратуша, В., *Елите у постсоцијализму, или компрадорска буржоазија у процесу рестаурације периферног капитализма,* https://www.researchgate.net/publication/325732078_ELITE_U_POSTSOCIJALIZMU_ILI_KOMPRADORSKA_BURZOAZIJA_U_PROCESU_RESTAURACIJE_PERIFERNOG_KAPITALIZMA
[29] Вера Вратуша, *Globalization or recolonization?*, Београд: Српско социолошко друштво, Институт за упоредно право, 215-238
[30] Вулетић, В., Глобализација, Зрењанин: Градска народна библиотека „Жарко Зрењанин“, 2006.
[31] Williamson, J., *What Washington Means by Police reform*, www.piie.com,
[32] Жижек, С., У одбрани изгубљених ствари, Нови Сад: Академска књига, 2011.

Адреса аутора: Даруши Еди, професор филозофије, Зрењанинска гимназија, Зрењанин, Гимназијска 2
е-маил: edidarusi@gmail.com
Рад примљен: август 2025.
Рад прихваћен: септембар 2025.

БРАНИСЛАВА ПЕРОВИЋ НЕШКОВИЋ
(1920 – 2008)

Водећи истаживач у области
физике јонизованих гасова.
Прва жена директорка у
Институту нуклеарних наука Винча.
Професорка на Електротехничком
факултету у Београду.
Учесница Народноослободилачког покрета
и истакнути политички радник.
Добитница многобројних југословенских
признања и одликовања.

ДИТ
Друштво Истраживање Технологије

Научно-стручни часопис
Scientific-profesional journal

Година XXXI, Број 44, септембар 2025. год.
Year XXXI, Issue 44, September 2025. 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

УЛОГА ЗЕЛЕНОГ ИНЖЕЊЕРСТВА У УБЛАЖАВАЊУ ПОСЛЕДИЦА КЛИМАТСКИХ ПРОМЕНА

THE ROLE OF GREEN ENGINEERING IN MITIGATION OF CLIMATE CHANGE CONSEQUENCES

РОБЕРТ МОЛНАР[1]
ПАВЕЛ КАНЕВ[2]
БОБАН ЦЕКИЋ[2]
[1]Висока техничка школа струковних студија у Зрењанину
[2]CES - Compressor & Engine Service DOO, Зрењанин

РЕЗИМЕ

Инжењерска професија је током свог развоја, а нарочито у последња два века обезбедила практична решења за човеков лагоднији живот. Међутим, при развоју нових технологија, углавном се занемаривао њихов утицај на животну средину, нарочито када су те технологије биле засноване на фосилним горивима.

Климатске промене чији смо данас сведоци, доказано је да су проузроковане антропогеним фактором, односно човековим привредним и другим активностима. Стога, управо инжењери имају одговорност да развију нове технологије које ће најпре ублажити, а затим и зауставити негатине утицаје на климу и планету уопште.

Зелено инжењерство крије у себи потенцијале који могу бити адекватан одговор при промени негативних климатских трендова.

Кључне речи: Зелено инжењерство климатске промене, глобално загревање, индустријска револуција

ABSTRACT

The engineering as a profession has provided practical solutions for a more comfortable life for humans, throughout its development. This is particularly obvious in the last two centuries. However, when developing new technologies, their impact on the environment was generally ignored, particularly when these technologies were based on fossil fuels.

The climate change we are witnessing today have been proven to be caused by anthropogenic factors, i.e. human economic and other activities. Therefore, it is engineers who have the responsibility to develop new technologies that will first mitigate, and then stop the negative impacts on the climate and the planet in general.

Green engineering hides potentials within itself that can be an adequate response in changing negative climate trends.

Key words: Green engineering climate change, global warming, industrial revolution

1. УВОД

Током своје историје човек је развијао различите врсте технологија како би себи олакшао и улепшао живот. Развој различитих технологија сасвим сигурно да има утицај и на развој цивилизације, и то од њених најранијих дана. Међутим, већ на самим својим почецима, технолошки развој је често био повезан и са патњом појединаца, групе људи, па чак и читавих заједница, у зависности за шта су се развијене технологије све користиле. Од пре скоро два века неке новоразвијене технологије су постале претња и за нашу планету, а што је полазна основа овог рада.

Као кључни период у развоју цивилизације, за овај рад се узима Прва индустријска револуција (оквирни период од друге половине 18. до прве трећине 19. века), када су технологије базиране на коришћењу снаге животиња и/или човека биле трансформисане у различите машине и процесе у вези са њиховим радом. Ово је било пропраћено убрзаним економским растом, повећањем производње и потрошње, као и популационим растом. Међутим, поред ових, може се рећи позитивних ефеката, индустријска револуција је имала и своју тамну страну, као што је пораст запослености жена и деце и то у опасним и нехогијенским условима, као и повећање јаза између богатих и сиромашних [1].

Ипак, једна друга чињеница у вези са Првом индустријском револуцијом је важнија за ово истраживање. Наиме, већина новоразвијених технологија заснивале су се на сагоревању фосилних горива; углавном угља, као главног извора енергије за стварање водене паре која је покретала различите (парне) машине. Међутим, тек са Другом индустријском револуцијом (оквирно од друге половине 19. века до Првог светског рата), када су развијени мотори са унутрашњим сагоревањем, човек је коначно трасирао пут ка промени климе на глобалном нивоу. Наиме, ова врста машина користи фосилне флуиде (у гасовитом или у течном стању) за гориво у процесу сагоревања. Као резултат сагоревања генеришу се углавном гасови на бази угљеника који се емитују у атмосферу, стварајући при томе ефекат стаклене баште, заједно са другим продуктима човекових активности, али и природним процесима уопште.

Циљ овог рада је да, поред ширег увида у човекове активности које утичу на климатске промене, пружи преглед досадашњих инжењерских решења за ублажавање ризика од достизања тачке без повратка у глобалном загревању. Спроведена истраживања су фокусирана на до сада развијеним технологијама базираним на зеленом инжењерству и изазовима са којима се оне суочавају.

2. АНТРОПОГЕНЕ АКТИВНОСТИ КАО УЗРОК КЛИМАТСКИХ ПРОМЕНА

До Прве индустријске револуције ефекат стаклене баште се спомињао, истина само у уским стручним круговима, и то у позитивном контексту. Наиме, управо захваљујући овом ефекту омогућен је опстанак и развој живог света на планети, коју је штитио од претераног хлађења. Међутим, почевши од тог периода, различите људске активности су допринеле нарушавању природног баланса између природно присутних гасова са ефектом стаклене баште (ГХГ) и оних генерисаних од стране човека (антропогених). Ово је последично довело и до нарушавања равнотеже између абсорбоване и емитоване топлоте са планете, тако да све већи део генерисаних ГХГ остаје заробљен унутар атмосфере.

Постоје бројне људске активности које доприносе ескалирању ефекта стаклене баште, а који се огледа у глобалном загревању, јер је онемогућено природно емитовање топлоте са планете у космос. На овај начин генерисана топлота се мање или више задржава у Земљиној

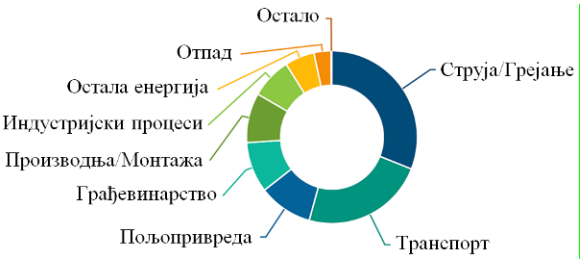
атмосфери. Све ово је у уској вези са сагоревањем фосилних горива, при чему се као један од резултата јавља и емисија CO_2. Поред овога, значајне су и активности у пољопривреди, у промени начина коришћења земљишта (сеча шума, депоније/сметлишта,...), затим одређени индустријски процеси, као и процеси замрзавања/хлађења и др. При свему овоме, у атмосферу се ослобађају у други ГХГ. Поред CO_2 најзначајнији гасови из ГХГ групе су: водена пара (H_2O), метан (CH_4), азот оксид (N_2O), озон (O_3) као и различити флуороугљеници. Као најзначајнији по свој утицају на ефекат стаклене баште свакако да су: водена пара, угљен диоксид и метан [2]. Тај утицај се остварује на два кључна начина, и то: на њихову способност абсорпције топлотне енергије, али и на то колико дуго се задржавају у атмосфери. Највише из разлога своје способности да се у атмосфери задржи и више хиљада година, у наставку ће се фокус ставити на угљен диоксид.

Као највидљивије последице антропогених активности на климатске промене могу се издвојити [3,4]:

- Подизање нивоа океана/мора и могуће потапање приобалних и подручја са малом надморском висином, а што је повезано са отапањем глечера/ледених капа;
- Промене у временским/ климатским обрасцима, са импликацијама на падавине, односно на поплаве и суше;
- Промене у климатским екстремима, посебно на високо-температурне;
- Повећање киселости океана, и др.

Последично, сви наведени ефекти климатских промена имају свој даљи утицај на различите екосистеме у ширем смислу, као и на кључне економске секторе као што су пољопривреда и снабдевање водом, а коначно и на човеково здравље [3].

Према извештају ОЕЦД, кључни покретач емисије ГХГ у атмосферу је употреба фосилних горива за различите намене [5]. Извори емисије варирају од земље до земље чланице, али и партнерских земаља. Ове варијације зависе од степена развоја, природних услова као што су временски обрасци, расположиви ресурси, удаљеност од тржишта, економски сектор, енергетски ресурси и коришћење земљишта. Међутим, без обзира на све ово, обрасци емисије су слични, а међу њима преовладава утицај снабдевања енергијом. Надаље, CO_2 остаје доминатни ГХГ, учествујући са 79% и 78% од укупних емисија по земљи чланици, односно партнерској земљи.



Слика 1. Емисије ГХГ по сектору у %, за земље ОЕЦД, 2022. год. [5]

3. ПОЛАЗНЕ ОСНОВЕ ЗЕЛЕНОГ ИНЖЕЊЕРСТВА

Развој цивилизације је током времена све више пропраћен и развојем различитих инжењерских дисциплина и њихових поддисциплина. Једна међу најсавременијима је управо **зелено инжењерство**, настало из преке потребе да се реше глобални проблеми проузроковани широком применом неких ранијих инжењерских достигнућа за решавање различитих практичних проблема. Полазећи од овога, зелено инжењерство се може дефинисати као „дизајн, комерцијализација и употреба процеса и производа на начин да се смањи загађење, промовишући одрживост и минимизирајући ризике за људско здравље и животну средину, без жртвовања економске успешности и

ефикасности” [6]. Оно што директно произилази из ове дефиниције је то да зелено инжењерство, као и многе новоразвијене инжењерске дисциплине мора да узме у обзир бројне различите факторе у проналажењу најбољих решења. Врло често ови фактори могу бити међусобно супротстављени, па зелени инжењери при одабиру најбољег решења приоритет требају да дају онима, по критеријуму редоследа из претходне дефиниције:

а. Смањити загађење,
б. Промовисати одрживост,
в. Минимизирати ризике по људско здравље и животну средину,
г. Без жртвовања економске успешности и ефикасности.

У циљу прецизнијег дефинисања подручја зеленог инжењерства, као изразито мултидисциплинарног инжењерског приступа, успостављен је сет од 12 његових принципа којима се треба руководити, а они су [7]:

1. Дизајнери треба да настоје да сви материјални и енергетски инпути и аутпути суштински буду безопасни, што је више могуће,
2. Боље је спречити настанак отпада, него га касније третирати и уклањати,
3. Операције сепарације и пречишћавања требају да буду дизајниране тако да се минимизира утрошак енергије и материјала,
4. Производи, процеси и системи требају да буду дизајнирани тако да се максимизира ефикасност масе, енергије, простора и времена,
5. Производи, процеси и системи требају да буду „вучени оутпутима“ пре него ли да буду „гурани инпутима“ при коришћењу енергије и материјала,
6. Уграђена ентропија и комплексност морају бити прихваћени као инвестиција при одабиру дизајна за: рециклирање, поновну употребу или корисном распоређивању/одлагању,
7. Циљана дуготрајност, а не бесмртност, треба да буде један од дизајнерских циљева,
8. Дизајн непотребних капацитета или могућности (нпр. „једна величина одговара свима”) мора бити сматран за дизајнерску ману,
9. Разноврсност материјала у вишекомпонентним производима треба да буде минимизирана како би се подстакла демонтажа и задржавање вредности,
10. Дизајн производа, процеса и система мора да укључи интеграцију и међусобну повезаност са доступним токовима енергије и материјала,
11. Производи, процеси и системи треба да буду дизајнирани за перформанс и након комерцијалне употребе,
12. Инпути материјала и енергије требају да буду из обновљивих извора, а не из необновљивих,

И поред свега, данас смо и даље сведоци да логика капитала, барем краткорочно, мање или више занемарује ове принципе и предност даје профиту као јединому циљу у одабиру инжењерских решења. Управо на овом месту се јавља и најзахтевнија ситуација са којом се суочавају зелени инжењери, а то је да изнађу инжењерско решење за проблеме које би се могли превазићи применом наведених принципа, а при чему би се продуктивност, ефикасност и квалитет могли повећати уз истовремено остваривање профита, али без штетног утицаја на животну средину, као и на друштво у целини.

4. ИСТРАЖИВАЊЕ И РЕЗУЛТАТИ

Као што је претходно речено, антропогени фактор је проузроковао климатске промене. Међутим, сасвим је оправдано овај проблем сагледати и у обрнутом смеру, тако да људски фактор треба да преузме најзначајнију улогу у

ублажавању и отклањању последица које оне изазивају. Сходно овоме, зелено инжењерство има кључну улогу у томе. Технолошке иновације усмерене ка смањењу емисије ГХГ у атмосферу морају да укључе: а) смањење потрошње енергије, нпр. повећањем ефикасности конверзије и/или коришћења енергије (укључујући унапређење мање енергетски интензивних економских активности); б) прелазак на горива са мањим садржајем угљеника, нпр. природни гас уместо угља; в) повећање коришћења обновљивих извора енергије или нуклеарне енергије, од којих сваки емитује мало или нимало нето CO_2; г) уклањање/изолација CO_2 побољшањем биолошког капацитета апсорпције у шумама и земљишту; д) хемијско или физичко хватање и складиштење CO_2 [8]. Неке технологије које су базиране на претходо наведеним захтевима, већ су развијене, а њихова практична инжењерска решења су већ у комерцијалној употреби [9].

Табела 1. Инжењерска решења и изазови за ублажавање климатских промена

Област	Циљ/Изазов	Могућа решења
Технологије базиране на обновљивим изворима енергије	• Растућа ефикасност и исплативост при производњи енергије у односу на алтернативе базиране на фосилним горивима • Потреба за даљим И&Р активностима	• Соларни панели • Ветротурбине • Хидроенергетски системи • Геотермална решења
Енергетска ефикасност у инфраструктури и индустријским процесима	• Потреба да се приоритетизује енергетска ефикасност у дизајну и конструкцији зграда и инфраструктуре • Примена ен. ефикаснијих технологија → дугорочна уштеда енергије	• Одржива архитектура • Материјали/праксе зелене градње • Управљање системима паметне енергије • Унапређење енергетски мање интензивних економских активности
Циркуларна економија и одрживе праксе	• Смањење утицаја развоја инфраструктуре и индустријских процеса на животну средину • Императив за минимизирањем отпада и захтев да се направи максимум од распложивих ресурса	• Рециклажа и пренамена материјала • Самоодрживе фарме и домаћинства • Пошумљавање • Побољшање управљања пољопривредним земљиштем • Рестаурација тресетишта • Флексибилно управљање водама и отпадним водама
Паметни транспортни системи	• Смањење карбонског отиска у транспорту	• Електрична возила • Ефикасан јавни превоз • Иновативно урбано планирање
Заробљавање и складиштење угљеника	• Заробљавање емисија CO_2	• Развој технологија за заробљавање CO_2 из индустријских процеса и енергана
Изазови и етичка разматрања		
■ **Технолошко закључавање**	• Постојеће технологије и инфраструктура доприносе тешкоћама у транзицији на одрживије алтернативе	• Инвестирање и прилагођавање новијим технологијама које су повољније за животну средину
■ **Правда по питању животне средине**	• Утицај климатских промена диспропорционално утиче на рањиве заједнице	• Друштвена једнакост и инклузивност • Фер расподела терета и користи од интервенција у животној средини
■ **Глобална сарадња**	• Климатске промене су глобална тема која захтева међународну сарадњу	• Успоставити глобална партнерства
■ **Појединачне акције**	• Смањење потрошње енергије • Одржива потрошња	• Конзервирати енергију код куће, користити јавни превоз и смањити авио превоз • Бирати одрживе производе, смањити отпад и прихватити биљну исхрану

Извори: Истраживања аутора и прилагођено [9]

Ипак, да би зелена инжењерска решења имала своју глобалну примену мора постојати јака политичка подршка на међународном плану. С тим у вези Европска унија улаже значајне напоре ка остваривању прокламованих циљева у Европском зеленом договору (енгл. European Green Deal), тј. да постане климатски неутрална до 2050. године [10]. У складу са овим, Европска унија присиљава своје компаније да изнађу нову пословну парадигму узимајући у обзир нефинансијске аспекте њиховог пословања, као што су животна средина, друштво и управљање, а изван својих финансијских извештаја. Директива о извештавању о корпоративној одрживости (CSRD) која је ступила на снагу 2023. године је нови европски регулаторни оквир за одрживост. За разлику од финансијског извештавања, објављивање информација везаних за климу и друго нефинансијско извештавање укључује три додатне димензије: а) утицај активности компаније на климу; б) климатски ризици који оптерећују компанију, и в) како организација управља овим питањима. На овај начин CSRD настоји да повећа економске токове ка одрживијим пословним моделима широм Европске уније. [11].

Табела 2. Теме којима се бави CSRD

Тема извештаја	Опис
Мере заштите животне средине	• Бизниси морају да открију специфичне иницијативе за редукцију њиховог отиска на животну средину, укључујући конзервацију ресурса и стратегија за превенцију загађења.
Друштвена одговорност и третман запослених	• Укључује све од здравља запослених и безбедносних протокола до бенефита за запослене и корпоративну културу.
Уважавање људских права	• Компаније морају преиспитивати своје политике људских права и то како оне обезбеђују да ова права нису нарушена њеним активностима.
Антикорупцијске и мере против подмићивања	• Бизниси морају објаснити своје стратегије за превенцију корупције и подмићивања, укључујући корпоративне управљачке мере и етичке тренинг програме.
Разноликост у компанијским одборима	• CSRD захтева од компанија да пруже детаљан преглед разноликости чланова њихових одбора, фокусирајући се на аспекте, као што су пол, старост и националност.

Извор: [12]

CSRD као један административни инструмент је оријентисан на инвеститоре који могу да преусмере своје инвестиције ка одрживијим технологијама и индустријама, базираним на упоредивим информацијама о одрживости. С друге стране, CSRD присиљава компаније да изнађу одрживе технологије нпр. зелене, а које ће повећати њихову атрактивност за инвеститоре.

Чак и широком применом CSRD инструмента, позитивни ефекти на климу неће бити глобално видљиви уколико се у обзир не узме и „Климатска правда“. Наиме, она препознаје тзв. „развојни

парадокс“ при којем они који су најмање учествовали у емисијама ГХГ бивају највише погођени климатским променама [13].

5. ЗАКЉУЧАК

Коришћењем фосилних горива у задовољавању сопствених потреба, човек је остварио бројне бенефите. Различите технологије засноване на њима, обезбедиле су много комфорнији и лагоднији живот, а бројни појединци, компаније, па чак и државе су остварили и велике профите. Међутим, технологије засноване на фосилним горивима, примењене у различитим привредним процесима неизоставно су оставиле свој климатски „отисак“, угрожавајући при томе и живот на планети.

Требало је да прође скоро два века од широке примене првих „прљавих“ технологија да би се нарушила климатска равнотежа на глобалном нивоу, као и да човечанство призна свој „кључни“ допринос у томе. Велику одговорност у овоме сносе инжењери у различчитим досциплинама, јер су управо они развили технологије у којима се мање или више занемаривао њихов утицај на животну средину, давајући предност профиту као најважнијем критеријуму.

Човечанству су данас неопходне иновације уграђене у нове технологије, такве да ће се у обзир морати узети и њихов утицај на животну средину, јер су упозоравајући сигнали које шаље планета такви да се приближавамо тачки без повратка. Управо зелено инжењерство представља нови приступ у развоју нових технологија, а које у значајној мери могу утицати на смањење утицаја антропогеног фактора на климу. Међутим, то мора бити пропраћено новим политикама на глобалном нивоу, које ће приоритет давати компанијама које у свој пословни модел укључују и нефинансијске елементе, као што су животна средина, друштво и управљање, а све у циљу обезбеђивања одрживости на дуги рок.

И коначно, чак и ако зелено инжењерство буде у средишту нове пословне парадигме, у обзир се мора узети и тзв. „климатска правда“, из разлога што су климатске промене питање правде из више разлога. Најпре, њихов узрок је подстакнут друштвеном неједнакошћу, тако што политички, културно и економски маргиналиозоване заједнице (не нужно и државе) користе знатно мање фосилних горива. Затим, богати и сиромашни не осећају последице климатских промена равноправно, што је истина како на локалном, националном и глобалном нивоу. Ово је делом и због тога што се у процесу доношења одлука за смањење емисија и политика прилагођавања настоје искључити маргинализоване групе, заједнице, па чак и читаве нације [14].

Из свега овога се закључује да зелено инжењерство има улогу само у техничком делу суочавања са климатским променама, а да је у овој борби неопходно узети у обзир и шири друштвени контекст.

7. ЛИТЕРАТУРА

[1] Mohajan, H. (2019). The First Industrial Revolution: Creation of a New Global Human Era. *Journal of Social Sciences and Humanities, 5*(4), 377-387.

[2] Doll, J.E. and Baranski, M. (2011). Greenhouse Gas Basics. Climate Change and Agriculture Fact Sheet Series E3148 April 2011. Michigan State University. Приступљено 29. априла, 2025, на: https://www.canr.msu.edu/uploads/resources/pdfs/greenhouse_gas_basics_(e3148).pdf

[3] EEA: European Environment Agency. *Environmental Issues: 3.1 Greenhouse gases and climate change*. Приступљено 29. априла, 2025, на: https://www.eea.europa.eu/publications/92-9157-202-0/page301.html

[4] Le Treut, H., at al. (2007). Historical Overview of Climate Change. In: Climate Change 2007: *The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. Приступљено 29. априла, 2025, на: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar4-wg1-chapter1.pdf

[5] *OECD (2024), The Climate Action Monitor 2024, OECD Publishing, Paris,* https://doi.org/10.1787/787786f6-en

[6] U.S. Environmental Protection Agency (2025). Приступљено 30. априла, 2025, на: https://www.epa.gov/green-engineering/about-green-engineering

[7] Anastas, P.T. and Zimmerman, J.B. (2003). Design through the 12 Principles of Green Engineering. *Environmental Science & Technology, 37*(5), 94A-101A. https://doi.org/10.1021/es032373g

[8] Intergovernmental Panel on Climate Change (2005). IPCC Special Report on Carbon dioxide Capture and Storage. (Eds. Metz, B., O. Davidson, H. C. de Coninck, M. Loos, and L. A. Meyer). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY/USA. Доступно на: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/srccs_wholereport-1.pdf

[9] Meghna, M. (2. мај 2025). *Exploring the Impact of Engineering on Climate Change*. IIMTU Desk. https://search.app/M3oDoAFhPs64Q3eh6

[10] European Commission (2019). *The European Green Deal*. Приступљено 2. маја, 2025, на: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0002.02/DOC_1&format=PDF

[11] Safdie, S. (2. мај 2025). What is the Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD)?. Greenly. https://greenly.earth/en-gb/blog/company-guide/what-is-the-corporate-sustainability-reporting-directive-csrd

[12] Plan A. (2025). *Regulation Centre*. Plan A. Приступљено 2. маја 2025. на: https://plana.earth/policy/corporate-sustainability-reporting-directive-csrd

[13] Anderson, S. (2013). *Climate justice and international development: policy and programming*. IIED. Доступно на: https://www.iied.org/17170iied

[14] Harlan, Sharon L., and others (2015). *Climate Justice and Inequality*. In: Riley E. Dunlap, and Robert J. Brulle (Eds), Climate Change and Society: Sociological Perspectives (New York, 2015; online edn, Oxford Academic, 20 Aug. 2015). Приступљено 20. маја 2025. на: https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199356102.003.0005

Адреса аутора: Роберт Молнар, Висока техничка школа струковних студија у Зрењанину, Ђорђа Стратимировића 23, Зрењанин, Република Србија

е-маил: robert.molnar @vts-zr.edu.rs

Рад примљен: август 2025.

Рад прихваћен: цептембар 2025.

ДИТ
Друштво Истраживање Технологије

Научно-стручни часопис
Scientific-profesional journal

Година XXXI, Број 44, септембар 2025. год.
Year XXXI, Issue 44, September 2025. year

ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО

Одговорни уредник:

Проф. др Жељко Еремић
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

Др Миљан Милетић,
Професор, Академија струковних студија
Крушевац

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

TESTIRANJE GPT-5 U PROCENI HIGIJENSKE ISPRAVNOSTI VODE ZA PIĆE

TESTING GPT-5 IN THE ASSESSMENT OF THE HYGIENIC CORRECTNESS OF DRINKING WATER

ŽELJKO EREMIĆ[1]
MILANA DRAŠKOVIĆ[1]
[1]Visoka tehnička škola strukovnih studija u Zrenjaninu

REZIME

Voda za piće mora biti bezbedna za zdravlje ljudi koji je konzumiraju. Kvalitet vode za piće sastoji se od fizičko – hemijskih i mikrobioloških parametara. GPT-5 je najnoviji model kompanije OpenAI koji nudi obilje mogućnosti za analize u različitim oblastima. Cilj ovog rada je ispitivanje mogućnosti GPT-5 u analizi higijenske ispravnosti hlorisane vode za piće.

Ključne reči: GPT-5, voda za piće, fizičko-hemijski paramtetri, mikrobiološki paramtetri

ABSTRACT

Drinking water must be safe for the health of people who consume it. The quality of drinking water consists of physical, chemical and microbiological parameters. GPT-5 is OpenAI's newest model that offers a wealth of possibilities for analysis in various fields. The aim of this paper is to examine the possibilities of GPT-5 in the analysis of the hygienic correctness of chlorinated drinking water.

Key words: GPT-5, drinking water, physical-chemical parameters, microbiological parameters

1. UVOD

Voda za piće koja služi za javno snabdevanje stanovništva ili za proizvodnju životnih namirnica namenjenih prodaji podleže ispitivanju higijenske ispravnosti koju sprovode ovlašćene zdravstvene ustanove [1,2].

Poreklo pijaće vode Srednjebanatskog okruga je iz drugog i trećeg vodonosnog sloja, sa dubina od oko 60-130m. Voda se dezinfikuje hlornim preparatima i bez ikakvog postupka prečišćavanja distribuira potrošačima [3]. Dominantan način vodosnabdevanja je centralni.

GPT-5 je multimodalni veliki jezički model koji je postao dostupan u avgustu 2025 godine. "Objavljen 08.07.2025., GPT-5 objedinjuje napredno rezonovanje, multimodalni unos i izvršavanje zadataka u jedan sistem, eliminišući potrebu za prebacivanjem između specijalizovanih modela." [4]. Javlja se trenutno u sledećim varijantama: gpt-5, gpt-5-mini, gpt-5-nano, and gpt-5-chat.

On predstavlja deo jedinstvenog adaptivnog sistema gde se ne zahteva ručno prebacivanje između modela već se automatski bira između brzog (visokopropusnog) modela koji je pogodan

za rutinske upite i "mislećeg" modela koji se koristi za za složeno rezonovanje. Na slici koja sledi su jasno pokazane varijante obog modela sa njihovim speficikacijama. Ugrađeni sistem za rutiranje donosi odluku da li da se odgovor da odmah ili da se prelazi na proces lanca misli sa ugrađenim ulančavanjem promptova što znači da se do konačnog odgovora dolazi posle nekoliko međukoraka.

Variant	Purpose & Highlights	Context Window (tokens)	Knowledge Cutoff
gpt-5	Best for deep reasoning and complex workflows	400,000	Sep 30, 2024
gpt-5-mini	Faster, lower-cost option with solid reasoning	400,000	May 30, 2024
gpt-5-nano	Ultra-fast for real-time and embedded uses	400,000	May 30, 2024

Slika 1 . Varijante i specifikacije modela GPT-5

Jedan od jezika koje model podržava je i srpski. Pristup kapacitetima modela je moguć korišćenjem ChatGPT ili API. U našem radu smo se odlučili da koristimo ChatGPT kao tačku za postavljanje pitanja i dobijanja odgovora.

2. MATERIJALI I METODE

Kontrola higijenske ispravnosti vode za piće rađena je u akreditovanoj laboratoriji „Zavoda za javno zdravlje“ u Zrenjaninu januara 2021. godine u skladu sa kriterijumima propisanim Pravilnikom o higijenskoj ispravnosti vode za piće („Sl. List SRJ“, br. 42/98 i 44/99 i („Sl. glasnik RS“, br. 28/2019) [5] i Pravilnikom o načinu uzimanja uzoraka i metodama za laboratorijsku analizu vode za piće. (Službeni list SFRJ br. 33/87) [6] .

Fizičko hemijska analiza hlorisane vode za piće rađena su:

- Volumetrijskim metodama (kvantitativno određivanje organske materije, utrošak $KMnO_4$,sadržaj hlorida)
- Elektrohemijskom metodom (pH vrednost)
- Konduktometrijskom metodom (elektroprovodljivost)
- Spektrofotometrijkim metodama (sadržaj: nitrata, nitrita, amonijaka, gvožđa, mangana)

Za mikrobiološku analizu uzorci su uzeti sa 14 tačaka i urađeni su sledeći mikrobiološki parametri osnovnog pregleda „A“ obima:

- Aerobne mezofilne bakterije po SRPS EN ISO 4833-1:2014/A1:2022

Za potrebe ekspremineta bili su potrebni ulazni podaci i veliki jezički model. Eksperiment je izveden u avgustu 2025 godine. Od ulaznih podataka imali smo jednu tabelu smeštenu u slici, kao i dva tekstualna pitanja. Veliki jezički model koji smo koristili je GPT-5. Interfejs za postavljanje pitanja i dobijanje odgovora je bio ChatGPT.

3. REZULTATI I DUSKUSIJA

Rezultati higijenske ispravnosti hlorisane vode za piće prikazani su u tabeli 1. Ova tabela je poslata GPT-5 modelu kao osnova za postavljanje pitanja.

Tabela 1. Rezultati higijenske ispravnosti hlorisane vode za piće

Tabela - Analize hlorisane vode

PARAMETRI	Jedinica mere	MDK	Uzorak br.1	Uzorak br.2	Uzorak br.3	Uzorak br.4	Uzorak br.5	Uzorak br.6	Uzorak br.7
Temperatura	°C	temp.izvorišta ili niža	9,1	9,1	9,1	10,0	13,3	14,0	10,6
Rezidualni hlor,slobodni	mg/l	0,5	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Boja	°Pt/Co	5	46	43	43	42	40	39	40
Mutnoća	NTU	1	0,28	0,12	0,31	0	0,02	0,07	0,02
pH	/	6,8-8,5	8,16	8,27	8,240	8,19	8,16	8,27	8,07
Utrošak KMnO4	mg/l	12	39,25	39,82	41,13	40,46	38,62	37,93	39,82
Amonijak(NH3)	mg/l	0,5	1,06	0,78	0,94	0,83	0,78	0,85	0,98
Hloridi(Cl)	mg/l	250	12,79	10,77	11,11	11,78	10,77	10,77	12,12
Nitriti(NO2)	mg/l	0,03	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Nitrati(NO3)	mg/l	50,0	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2
Ostatak isparenja	mg/l	/	751	749	728,000	758	759	746	769
Elektr.provodljivost	µS/cm	2500	1233	1168	1193	1192	1157	1185	1182
Gvožđe(Fe)	mg/l	0,3	0,35	0,24	0,31	0,25	0,22	0,24	0,4
Ortofosfati(P)	mg/l	0,15	0,61	0,51	0,6	0,56	0,57	0,51	0,57
Arsen(As)	mg/l	0,010	0,126	-	-	-	-	-	-
Mikrobiološka analiza			nema bakterija	nema bakterija	1 AMB	nema bakterija	1 AMB	nema bakterija	nema bakterija

NAPOMENA:
AMB-Aerobne mezofilne bakterije
Za mikrobiološku analizu naveden je samo broj izolovanih bakterija.

GPT-5 model je dobio sledeća pitanja:

„Imam dva pitanja. Pitanje 1: Da li je higijenski ispravna voda za piće? Pitanje 2: Da li je higijenski ispravna voda za piće grada Zrenjanina i u skladu sa graničnim vrednostima za fizičko- hemijske parametre prema Pravilniku o higijenskoj ispravnosti vode za piće ("Sl. list SRJ", br. 42/98 i 44/99 i "Sl. glasnik RS", br. 28/2019).“

Odgovor koji smo dobili je sledeći:

Pregledao sam tabelu i mogu ti dati detaljnu analizu oba pitanja.
Podaci su iz analize hlorisane vode, a u tabeli su crvenom označene vrednosti koje prelaze MDK (maksimalno dozvoljene koncentracije) iz propisa.

Pitanje 1: Higijenska ispravnost vode
Voda za piće se smatra **higijenski ispravnom** samo ako su:

- fizičko-hemijski parametri u dozvoljenim granicama
- mikrobiološki parametri zadovoljavajući (nema patogenih bakterija, broj aerobnih mezofilnih bakterija u granicama).

U ovoj analizi:

- Više parametara prelazi MDK:
  - **Boja** (svi uzorci prelaze granicu od 5 °Pt/Co; meri se od 39 do 46)
  - **Utrošak KMnO4** (kod svih uzoraka preko 12 mg/l; meri se od 37,93 do 41,13)
  - **Amonijak (NH3)** (u svim uzorcima preko 0,5 mg/l; meri se od 0,78 do 1,06)
  - **Gvožđe (Fe)** (u nekim uzorcima prelazi 0,3 mg/l; do 0,4)
  - **Ortofosfati (P)** (u svim uzorcima preko 0,15 mg/l; od 0,51 do 0,61)
  - **Arsen (As)** (u uzorku br. 1 vrednost 0,126 mg/l, MDK 0,010 mg/l → višestruko prekoračenje)
- Mikrobiološki nalaz:
  - U dva uzorka (br. 3 i br. 5) pronađena je 1 aerobna mezofilna bakterija (AMB), što po sebi ne mora biti zabrinjavajuće, ali u kombinaciji sa hemijskim odstupanjima dodatno pogoršava ocenu.

Zaključak: Voda **nije higijenski ispravna** jer ima višestruka prekoračenja fizičko-hemijskih parametara, a u nekim uzorcima ima i mikrobiološke neispravnosti.

Pitanje 2: Usklađenost sa Pravilnikom
Prema **Pravilniku o higijenskoj ispravnosti vode za piće** ("Sl. list SRJ" br. 42/98 i 44/99 i "Sl. glasnik RS" br. 28/2019), za svaki od

navedenih parametara postoje **maksimalno dozvoljene koncentracije (MDK)**.

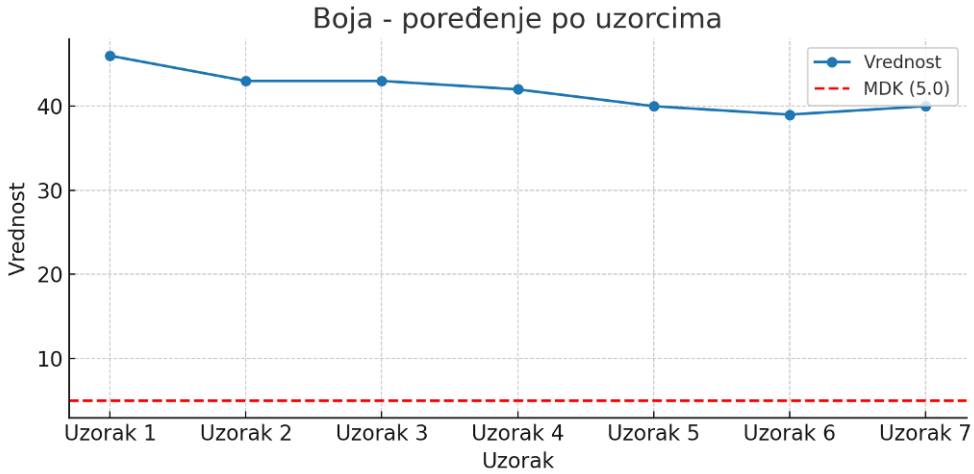
Odstupanja od MDK u tabeli:

1. **Boja** – MDK = 5 °Pt/Co → svi uzorci od 39 do 46 (prekoračenje ×8–9)
2. **Utrošak KMnO4** – MDK = 12 mg/l → svi uzorci 37,93–41,13 (prekoračenje ×3+)
3. **Amonijak (NH3)** – MDK = 0,5 mg/l → svi uzorci 0,78–1,06
4. **Gvožđe (Fe)** – MDK = 0,3 mg/l → prekoračenje u 3 uzorka (0,31–0,40)
5. **Ortofosfati (P)** – MDK = 0,15 mg/l → svi uzorci 0,51–0,61 (prekoračenje ×3–4)
6. **Arsen (As)** – MDK = 0,010 mg/l → uzorak br. 1 ima 0,126 mg/l (prekoračenje ×12,6)

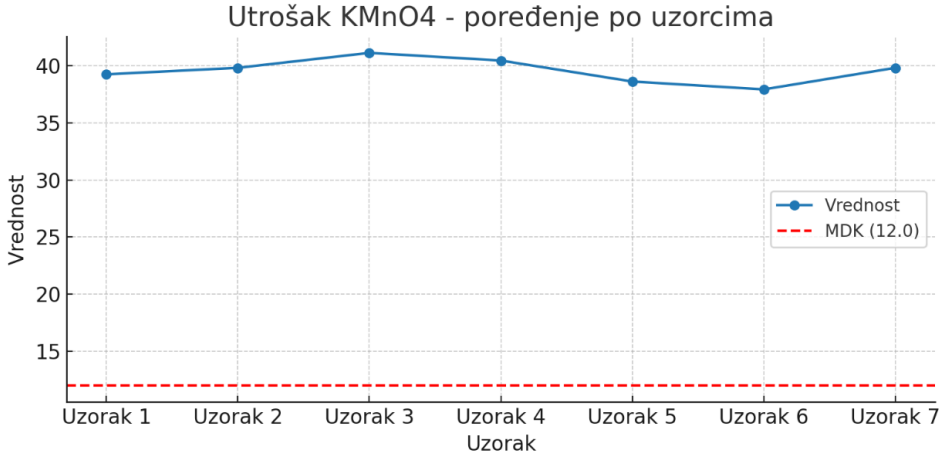
Zaključak po pravilniku:

Voda **nije u skladu** sa važećim propisima zbog višestrukih prekoračenja hemijskih parametara i delimičnih mikrobioloških odstupanja.

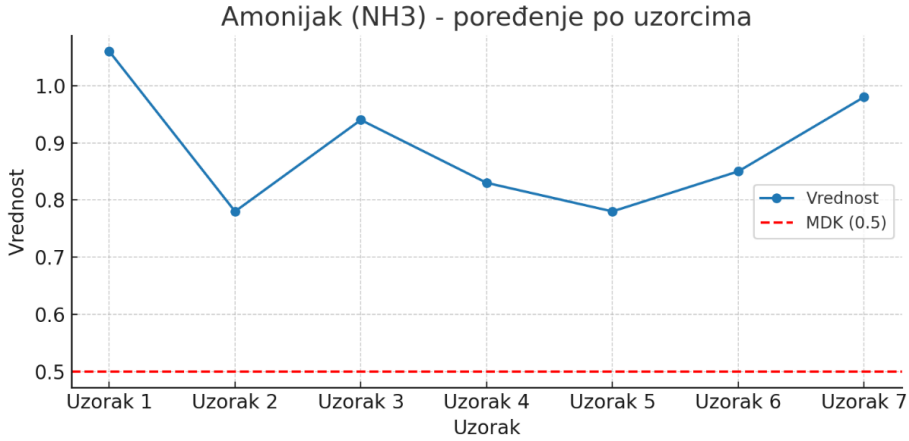
Model je ponudio mogućnost da napravi dijagrame na osnovu tabele koju smo mu poslali. Model je ponudio grafike vezano za grafičku analizu po uzorcima da se jasno vidi gde su prekoračenja i koliko odstupaju od MDK.



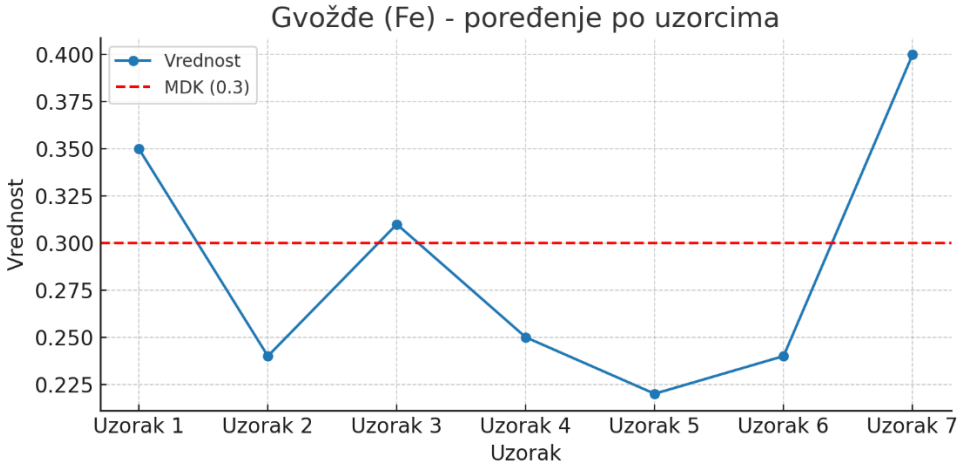
Slika 1. Prekoračenje ispitivanih uzoraka u odnosu na maksimalne dozvoljenu vednost - Boja



Slika 2. Prekoračenje ispitivanih uzoraka u odnosu na maksimalne dozvoljene koncentracije – $KMnO_4$



Slika 3. Prekoračenje ispitivanih uzoraka u odnosu na maksimalne dozvoljene koncentracije – Amonijak



Slika 4. Prekoračenje ispitivanih uzoraka u odnosu na maksimalne dozvoljene koncentracije – gvožđe

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu ispitivana je mogućnost GPT-5 u analizi higijenske ispravnosti hlorisane vode za piće. Sproveden je eksperiment gde su ovom modelu poslati rezultati analize vode za piće u tabelernom obliku. Takođe su postavljena dava pitanja vezana za ove tabelarne rezultate. Model je dao tekstualna objašnjenja, a takođe je ponudio i mogućnost da u formatu grafika da predstavi prekoračenja ispitivanih parametara u odnosu na maksimalne dozvoljene koncentracije.

Model je ispravno prepoznao da voda nije higijenski ispravna za piće jer su neki parametri prekoračili MDK u odnosu na zakonsu regulativu. Model je uspešno generisao grafike s tim da je na ordinati upisao „vrednost“ a ne ime ispitivanog parametra.

5. LITERATURA

[1] Dalmacija, B., Tomin, M.B., (2015), Kontrola kvaliteta vode za piće od izvorišta do potrošača, Departman za hemiju, biohemiju i zaštitu životne sredine, PMF, Novi Sad

[2] Šćiban, M., Prodanović, J. (2021) „Tehnologija vode I deo - kvalitet vode i sistem za vodosnabdevanje“,Tehnološki fakultet, Novi Sad

[3] Dalmacija, B., Agbaba, J Klašnja, M. (2009) „Savremene metode u pripremi vode za piće“ Departman za hemiju,biohemiju i zaštitu životne sredine, PMF, Novi Sad

[4] Everything you should know about GPT-5 [August 2025], https://botpress.com/blog/everything-you-should-know-about-gpt-5, Avgust 2025.
[5] Pravilnik o higijenskoj ispravnosti vode za piće („Sl. list SRJ“, br. 42/98 i 44/99 i „Sl.glasnik RS“, br. 28/2019)
[6] Pravilnikom o načinu uzimanja uzoraka i metodama za laboratorijsku analizu vode za piće. (Službeni list SFRJ br. 33/87).

Adresa autora: Željko Eremić, Visoka tehnička škola strukovnih studija u Zrenjaninu, Đorđa Stratimirovića 23, Zrenjanin, Republika Srbija
e-mail: zeljko.eremic@vts-zr.edu.rs
Rad primljen: septembar 2025.
Rad prihvaćen: septembar 2025.

УЛОГА РАЗВОЈА ДИГИТАЛНИХ ВЕШТИНА НА УКЉУЧИВАЊЕ ВЕШТАЧКЕ ИНТЕЛИГЕНЦИЈЕ У ПОСЛОВАЊЕ

THE ROLE OF DIGITAL SKILLS DEVELOPMENT IN THE INTEGRATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE INTO BUSINESS

НЕМАЊА ТАСИЋ[1]
МИОДРАГ КОВАЧЕВИЋ[2]
ДРАГАНА ГЛУШАЦ[1]
ВЕСНА МАКИТАН[1]
[1]Универзитет у Новом Саду, Технички факултет „Михајло Пупин”, Зрењанин
[2]Висока техничка школа струковних студија у Зрењанину

РЕЗИМЕ

Овај рад истражује утицај нивоа дигиталних вештина на усвајање и примену алата вештачке интелигенције у пословању. Кроз анализу података за 32 европске земље, спроведена је корелациона и регресиона анализа која показује значајну позитивну везу између развијености дигиталних вештина и учесталости употребе вештачке интелигенције у пословним процесима. Резултати указују да развој дигиталних компетенција може значајно унапредити искоришћеност потенцијала вештачке интелигенције, што је од посебног значаја у контексту савременог конкурентног тржишта.

Кључне речи: дигиталне вештине, вештачка интелигенција, пословање.

ABSTRACT

This paper examines the impact of digital skills levels on the adoption and use of artificial intelligence tools in business. Based on data from 32 European countries, correlation and regression analyses were conducted, showing a significant positive relationship between the development of digital skills and the frequency of artificial intelligence usage in business processes. The results indicate that improving digital competencies can significantly enhance the utilization of artificial intelligence potential, which is particularly important in the context of a modern competitive market.

Key words: digital skills, artificial intelligence, business.

1. УВОД

Вештачка интелигенција се састоји од интелигентних машина или софтвера који су способни да размишљају као човек. Данас се вештачка интелигенција користи у више области, као што су образовање, маркетинг, анализа понашања потрошача, бележење података о прошлим куповинама, процена конкурената итд. [29]. Сматра се да се употребом вештачке интелигенције остварује паметнији, бржи

и ефикаснији приступ прикупљању, обради и анализи података, стварању увида који помажу да се идентификују јасне могућности, што све доводи до побољшања пословања [5]. Појам електронско пословање користи се у више различитих контекста, али се најшире може дефинисати као рад и управљање пословањем путем Интернета [5]. Вештачка интелигенција је најновија технологија дизајна и интеракције која се користи за подршку организацијама у контексту конкурентне електронске трговине (Е-трговине) [9].

Укључивање вештачке интелигенције у процесе рада доводи до значајних промена на самом тржишту. Најпре, долази до могућности да се повећа продуктивност запослених, а самим тим и пословање компанија [30]. Долази до стварања нових радних места и до гашења потребе за неким занимањима које сада вештачка интелигенција може преузети и ефикасније обављати [30].

Овај рад има за циљ да истражи повезаност између дигиталних вештина и примене вештачке интелигенције у пословању како би се указало на који начин се може остварити максимизација предности од употребе вештачке интелигенције.

2. ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ

2.1. ПРЕГЛЕД ПОСТОЈЕЋИХ ИСТРАЖИВАЊА

Вештачка интелигенција пружила је велике могућности компанијама да се суоче са изазовима који се појављују на данашњем тржишту које се брзо мења [5]. Пословни модели вођени вештачком интелигенцијом појавили су се као суштинска компонента за постизање конкурентских предности усред текуће дигиталне револуције [18]. Употребом вештачке интелигенције омогућава се да се пословање адаптира потребама на тржишту и да се уведу потребне иновације како би се модел пословања прилагодио променама које се одвијају [13]. Потребно је да се планови за увођење вештачке интелигенције у пословање ускладе са стратегијама развоја саме компаније како би се остварили најбољи резултати у погледу оптимизације пословања [1]. Вештачка интелигенција и аналитика података могу помоћи компанијама да боље разумеју купце, развију процесе и производе нове услуге и производе. Вештачка интелигенција је широка дисциплина која симулира људске вештине као што су расуђивање, учење и решавање проблема. Привукла је пажњу програмера и провајдера разних пословних апликација у реалном времену током последњих неколико година. То је растући тренд у многим компанијама као што су Гугл и Фејсбук [11].

Једна од могућности која се истиче је и да се путем вештачке интелигенције може комуницирати са корисницима и тиме такође унапредити пословање и повећати задовољство корисника [19]. Од великих компанија попут Амазона до малопродајних ланаца, употреба вештачке интелигенције је присутна у пословању [5]. Истиче се да у малопродаји може доћи до незадовољства купаца услед недовољно персонализованог искуства које омогућава пружање мање адекватног одговора на питање које су купци поставили. У том погледу значајно је напоменути да се ради о почетној фази развоја вештачке интелигенције у пословању и да се може очекивати да се ови проблеми који се јављају у току комуникације са вештачком интелигенцијом отклоне [21]. Велики је значај употребе вештачке интелигенције да се рекламирање прилагоди потребама и жељама купаца, прилагођавајући искуство тако да се повећа ретенција купаца и ниво њиховог задовољства [4]. На сличан начин се у студији [28] наводи да се мора пронаћи начин да се помири заштита података потрошача који купују путем интернета и креирање прилагођене

понуде и корисничког искуства. Давање препорука које се заснивају на досадашњем пословању са купцем и анализом прикупљених података још један је од начина на које се корисничко искуство може побољшати употребом вештачке интелигенције, повећањем задовољства купаца [26] [2].

Поред ових начина на које се може допринети развоју електронског пословања, могућности вештачке интелигенције су значајно шире и укључују и могућности попут минимизације конфликта интереса у породичним предузећима кроз учешће у процесу доношења одлука [23]. Вештачка интелигенција игра кључну улогу у обезбеђивању тачних и веома ефикасних информација док обрађује податке без људске интервенције. Ово не само да штеди време, већ и помаже купцима да испуне своје потребе и преференције, што доводи до већег задовољства веб-сајтом. Ово укључује подршку различитим аспектима е-трговине, укључујући маркетинг производа, плаћања и испоруку, обезбеђујући несметане операције без напора [3].

Увођењем вештачке интелигенције у процесе електронског пословања остварују се бројни бенефити али је важно да се не занемаре и изазови до којих може доћи у процесу прилагођавања пословања могућностима које даје вештачка интелигенција. Истичу се као посебно значајна питања приватности и могућности технолошких грешака [20]. Један од изазова се односи на то да је потребно да се употреба вештачке интелигенције прилагоди употреби у различитим индустријама [33].

Осим варирања употребе вештачке интелигенције у различитим индустријама, важно је истаћи и различите форме вештачке интелигенције које се користе у пословању како би побољшале искуство корисника. Неки од облика вештачке интелигенције који се користе су виртуелни асистенти и прозори за ћаскање (chatbots) који имају за циљ да побољшају корисничко искуство [22]. У студији [8] наводи се да прозори за ћаскање (chatbots) утичу на промену процеса одлучивања о куповини. Прозори за ћаскање утичу на поверење и лојалност купаца и тиме чине саставни део процеса пословања [8]. Коришћење генеративне вештачке интелигенције, попут ChatGPT, пријемчиво је најпре због једноставности коришћења, али без обзира на то, наглашава се да је потребно константно актуелизовати и прилагођавати побољшањима вештачке интелигенције [14]. Потенцијал за иновације служи као кључни посредник, помажући да се премости јаз између адекватне технолошке спремности и суштинских аспеката приватности и безбедности [12]. Ово питање је посебно значајно јер је поверење потрошача важније у електронском пословању него у традиционалним трансакцијама, јер је поверење предуслов за успешну трговину и као резултат тога купци оклевају да купе осим ако не верују продавцу [32]. Улога генеративне вештачке интелигенције је велика, посебно у сфери маркетинга [16] а један од примера је да генеративна вештачка интелигенција може да креира текстове, слике и видее који могу да ангажују купце [15]. Повезаност бренда и купаца се такође може остварити кроз употребу вештачке интелигенције која је усмерена на осећања и начин на који се купци осећају током потрошачког искуства [10]. На овај начин се омогућава давање најпогоднијег одговора за појединачног купца [10]. Као један од ефеката увођења вештачке интелигенције у електронско пословање јавља се и потреба за смањењем броја административних радника [31]. Уједно се јављају и предности у погледу могућности за мала предузећа и старт-уп компаније које се заснивају на развоју уз помоћ алата вештачке интелигенције [25]. Истиче се и да се мала и средња предузећа сусрећу са тешкоћама да уоче предности које може да пружи

укључивање вештачке интелигенције у пословање [24] а као разлог за то се наводи мањак ресурса и вештина да разумеју улогу вештачке интелигенције у пословању [11]. Приликом укључивања вештачке интелигенције у пословање један од највећих изазова је пронаћи обучене кадрове који могу да руководе њоме у смеру остваривања постављених циљева.

Интеграција одговорних пракси вештачке интелигенције значајна је за умањење ризика и повећање користи у погледу оперативне ефикасности, перформанси ланца снабдевања и учинка у оквиру групе [27].

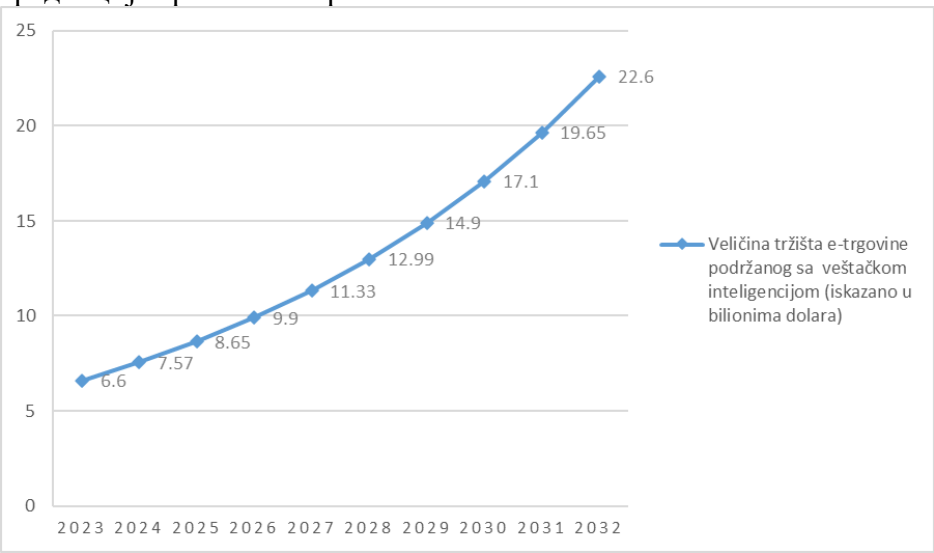
Велики значај који има коришћење вештачке интелигенције у пословању јасно је указан кроз изворе који су приказани. Студија [17] указује да је пресудно развијати дигиталне вештине запослених како би се олакшало и омогућило увођење вештачке интелигенције у пословање, са фокусом на мала и средња предузећа. Значај дигиталних вештина признаје се у литератури, али споредно, и теме се повремено преплићу, али недостаје конкретно испитивање везе која постоји између, са једне стране, развоја дигиталних вештина и, са друге стране, употребе вештачке интелигенције у пословању. Најпре је потребно истражити да ли постоји повезаност ових појмова, што даље омогућава истраживања која би могла дати одговоре на специфичности које се везују за одређене регионе или типове компанија. Питање на које овај рад жели да одговори је да ли ниво развоја дигиталних вештина утиче на усвајање и употребу вештачке интелигенције у пословању.

2.2. ПРОЦЕНА ОЧЕКИВАНИХ ТРЕНДОВА

Поред прегледа истраживања која указују на значај и важност истраживане теме, важно је сагледати и очекивани развој употребе вештачке интелигенције у периоду који долази како би се указало на важност утврђивања који фактори могу да утичу на употребу вештачке интелигенције у пословању.

Процењује се да ће глобално тржиште е-трговине са омогу́ченом вештачком интелигенцијом достићи 8,65 милијарди долара 2025. године. А очекује се да ће ово тржиште достићи 22,60 милијарди долара до 2032. године, вођено комбинованом годишњом стопом раста од 14,60% од 2024. до 2032. године.

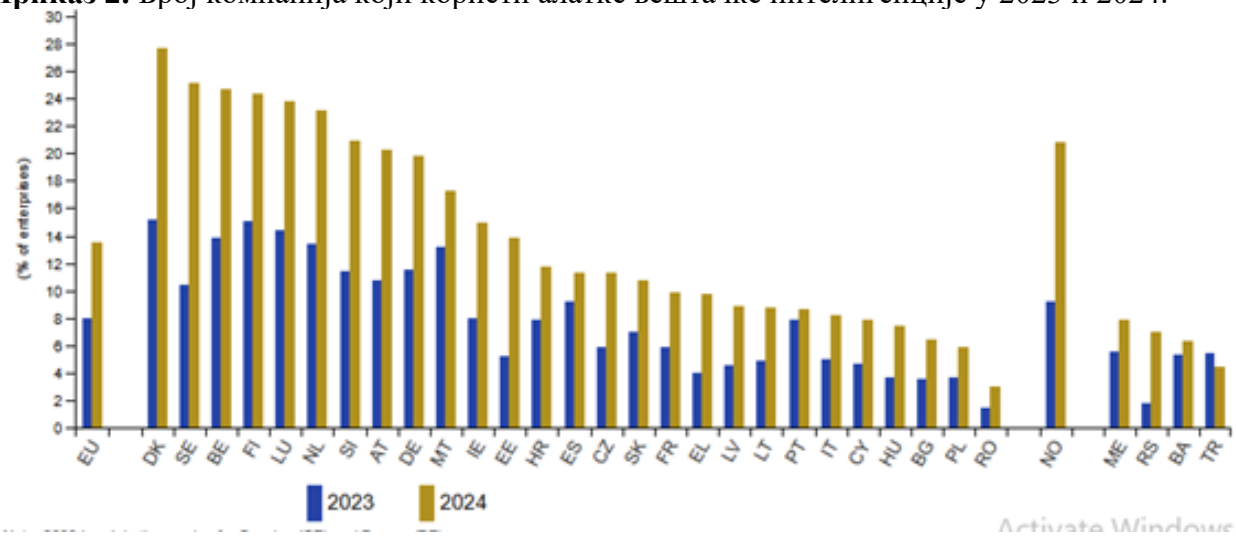
Приказ 1: Предикције тржишта е-трогвине.



Извор: https://www.sellerscommerce.com/blog/ai-in-ecommerce-statistics/ (приступано: 29.1.2025).

Поред очекиваног раста који се може видети на Графику 1. а који указује на то да ће се продаја у све већем обиму одвијати онлине што у великој мери мења начин на који се компаније морају развијати и пресусмеравати пословање на електронске путеве, значајно је сагледати и у коликој мери је порасла употреба вештачке интелигенције у распону од годину дана у европским компанијама.

Приказ 2: Број компанија који користи алатке вештачке интелигенције у 2023 и 2024.



Извор:Употреба вештачке интелигенције у компанијама. Доступно на: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Use_of_artificial_intelligence_in_enterprises (приступано: 30.1.2025).

Може се из податка који су приказани на Приказу 2 увидети да је употреба вештачке интелигенције у компанијама скоро дуплирана у компанијама у већини европских земаља. Највећи број компанија користи вештачку интелигенцију у пословању за комуникацију и пружање информација, али су заступљени и други облици укључивања вештачке интелигенције које не треба занемарити као што су администрација или управљање пословањем.

Такође, може се приметити да ниво укључивања вештачке интелигенције у пословање такође варира од земље до земље што доводи до додатне потребе да се истраже фактори који могу да допринесу укључивању вештачке интелигенције.

3. МЕТОДОЛОГИЈА

Да би се одговорило на постављено истраживачко питање, прикупљени су подаци из Еуростат базе података. Подаци који су коришћени за ово истраживање односе се на 2023. годину. Први скуп података који је преузет за ово истраживање садржи податке о броју компанија које у једној земљи користе бар један тип вештачке интелигенције у свом пословању. Компаније које су укључене у ову статистику имају десет или више запослених. Подаци су приказани у процентима. Други скуп података који је коришћен односи се на проценат појединаца чије дигиталне вештине су на просечном нивоу или изнад просека. Подаци су прикупљени, а затим пречишћени како би се искључиле земље које немају вредности у оба сета података која су одабрана за ово истраживање. Крајњи узорак укључио је

32 земље, што се може сматрати довољним бројем да се истражи повезаност варијабли.

Постављене су следеће варијабле:

Независна варијабла: Ниво дигиталних вештина.

Зависна варијабла: Коришћење алатка вештачке интелигенције у пословању.

За анализу података коришћен је МегаСтат. Спроведене су корелациона и регресиона анализа како би се дао одговор на истраживачко питање које је постављено у овом раду.

Хипотезе које су постављене у овом раду су:

X0: Не постоји значајна веза између степена развијености дигиталних вештина појединаца и употребе вештачке интелигенције у пословању.

X1: Постоји значајна позитивна веза између степена развијености дигиталних вештина појединаца и употребе вештачке интелигенције у пословању.

X2: Не постоји значајна значајна позитивна веза између степена развијености дигиталних вештина појединаца и употребе вештачке интелигенције у пословању.

4. РЕЗУЛТАТИ

Корелациони матрикс помаже да се разуме повезаност између постављених варијабли у истраживању. Пре спровођења регресионе анализе, од важности је да се идентификује да ли постоји повезаност између варијабли. Тиме се доприноси поузданости података добијених регресионом анализом. Корелациона анализа сугерише да развијеност дигиталних вештина може да објасни варијације у употреби вештачке интелигенције у пословању. Снажна позитивна корелација указује на то да, уколико се дигиталне вештине појединаца побољшају, долази и до веће учесталости употребе вештачке интелигенције у процесима пословања.

Приказ 3: Корелациони матрикс.

	AI2023	veštine2023
AI2023	1.000	
Dig.veštine2023	.679	1.000

32 sample size

± .349 critical value of r .05 (two-tail)

± .449 critical value of r .01 (two-tail)

Анализа регресије показује да развој дигиталних вештина има статистички значајан и позитиван утицај на коришћење алата вештачке интелигенције у пословању. Водећи се вредношћу p^2 која износи 0,460, може се рећи да око 46% варијације у коришћењу алата вештачке интелигенције у пословању може да се објасни нивоом развоја дигиталних вештина појединаца. П-вредност од 1,97E-05 потврђује статистички значајну везу између дигиталних вештина и коришћења вештачке интелигенције у пословању. Коефицијент дигиталних вештина од 0,1941 говори нам да за свако повећање дигиталних вештина за једну јединицу коришћење алата вештачке интелигенције се повећава за 0,1941 јединицу.

Regression Analysis

r^2	0.460	n	32
r	0.679	k	1
Std. Error	3.110	Dep. Var.	**AI2023**

ANOVA table

Source	SS	df	MS	F	p-value
Regression	247.6001	1	247.6001	25.59	1.97E-05
Residual	290.2193	30	9.6740		
Total	537.8194	31			

Regression output

variables	coefficients	std. error	t (df=30)	p-value	confidence interval 95% lower	95% upper
Intercept	-3.2010					
Dig.veštine2023	0.1941	0.0384	5.059	1.97E-05	0.1157	0.2724

Резултати показују да развој дигиталних вештина значајно и позитивно утиче на коришћење алата вештачке интелигенције у пословању. Модел је статиситчки значајан и поуздан.

5. ДИСКУСИЈА

Овај рад је као циљ поставио да истражи утицај нивоа дигиталних вештина на укључивање и коришћење алатки вештачке интелигенције у пословању. Регресиона анализа указала је на постојање значајне позитивне везе између дигиталних вештина и употребе вештачке интелигенције у пословању. Корелациони матрикс је потврдио да виши ниво дигиталних вештина води ка већој употреби алата вештачке интелигенције у пословању. Претходна истраживања дотичу тему дигиталних вештина у контексту употребе вештачке интелигенције, али се не истражују фактори попут дигиталних вештина који могу да утичу на употребу алата вештачке интелигенције. Ослањајући се на истраживања и податке који показују растући значај вештачке интелигенције у пословном контексту и на бројне бенефите које и компаније и корисници имају услед употребе вештачке интелигенције у пословном контексту, резултати овог истраживања указују на даљи смер у којем треба да се анализира и истражује укључивање вештачке интелигенције у пословање.

Нулта хипотеза је одбачена, а резултати регресионе анализе показују да је прва хипотеза потврђена, што даље доводи до одбацивања алтернативне хипотезе. Утврђено је да постоји значајна позитивна веза између развоја дигиталних вештина и употребе вештачке интелигенције у пословању.

Резултати указују да би се бројне предности могле остварити уколико би се радило на развијању тренинга и обука које за циљ имају да повећају дигиталне вештине запослених или тражење кадрова који поседују веће дигиталне вештине, јер би се на тај начин омогућавала употреба вештачке интелигенције. Начин да се остваре бенефити које нуди вештачка интелигенција у пословању.

6. ЗАКЉУЧАК

Рад указује на значај који дигиталне вештине имају да се остваре погодности које употреба вештачке интелигенције нуди. Кроз повећање дигиталних вештина кадрова, могућности које вештачка интелигенција нуди могу бити боље искоришћене за остваривање потенцијала у пословању, што је од посебног значаја у контексту високо компетитивног тржишта и промена у захтевима купаца. Даља истраживања требала би да буду усмерена на одређене врсте дигиталних вештина и њихов утицај на употребу алата вештачке интелигенције.

7. ЛИТЕРАТУРА

[1] R. Abraham, J. Schneider, J. vom Brocke, Data Governance: A Conceptual Framework, Structured Review, and Research Agenda. International Journal of Information Management, 49(2), 2019: 424–438. https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.07.008

[2] K. Abrokwah-Larbi, The Role of Generative Artificial Intelligence (GAI) in Customer Personalisation (CP) Development in SMEs: A Theoretical Framework and Research Propositions. Industrial Artificial Intelligence, 1(1), 2023. https://doi.org/10.1007/s44244-023-00012-4

[3] S. Aljarboa, Factors Influencing the Adoption of Artificial Intelligence in E-Commerce by Small and Medium-Sized Enterprises. International Journal of Information Management Data Insights, 4(2), 2024: 100285. https://doi.org/10.1016/j.jjimei.2024.100285

[4] A. Y. Areiqat, A. Hamdan, A. F. Alheet, B. Alareeni, Impact of Artificial Intelligence on E-Commerce Development. In The Importance of

New Technologies and Entrepreneurship in Business Development: In the Context of Economic Diversity in Developing Countries, 2021: 571–578. https://doi.org/10.1007/978-3-030-69221-6_43

[5] M. J. Castillo, H. Taherdoost, The Impact of AI Technologies on E-Business. Encyclopedia, 3(1), 2023: 107–121.

[6] Eurostat, Artificial Intelligence by NACE Rev. 2 Activity. 2024. Dostupno na: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/isoc_eb_ain2/default/table?lang=en (pristupano: 31.1.2025).

[7] Eurostat, Individuals' Level of Digital Skills by Country of Citizenship. 2024. Dostupno na: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/eq_dskl09/default/table?lang=en (pristupano: 31.1.2025).

[8] S. Gomes, J. M. Lopes, E. Nogueira, Anthropomorphism in Artificial Intelligence: A Game-Changer for Brand Marketing. Future Business Journal, 11(1), 2025. https://doi.org/10.1186/s43093-025-00423-y

[9] X. He, Y. Liu, Knowledge Evolutionary Process of Artificial Intelligence in E-Commerce: Main Path Analysis and Science Mapping Analysis. Expert Systems with Applications, 238, 2024: 121801. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.121801

[10] M. Huang, R. T. Rust, The Caring Machine: Feeling AI for Customer Care. Journal of Marketing, 88(5), 2023. https://doi.org/10.1177/00222429231224748

[11] P. Jafarzadeh, T. Vähämäki, P. Nevalainen, A. Tuomisto, J. Heikkonen, Supporting SME Companies in Mapping Out AI Potential: A Finnish AI Development Case. The Journal of Technology Transfer, 2024. https://doi.org/10.1007/s10961-024-10122-5

[12] F. Ji, Y. Zhou, H. Zhang, G. Cheng, Q. Luo, Navigating the Digital Odyssey: AI-Driven Business Models in Industry 4.0. Journal of the Knowledge Economy, 2024. https://doi.org/10.1007/s13132-024-02096-4

[13] P. Jorzik, A. Yigit, D. K. Kanbach, S. Kraus, M. Dabić, Artificial Intelligence-Enabled Business Model Innovation: Competencies and Roles of Top Management. IEEE Transactions on Engineering Management, 2023: 1–13. https://doi.org/10.1109/TEM.2023.3275643

[14] D. K. Kanbach, L. Heiduk, G. Blueher, M. Schreiter, A. D. F. Lahmann, The GenAI Is Out of the Bottle: Generative Artificial Intelligence from a Business Model Innovation Perspective. Review of Managerial Science, 18(4), 2023: 1189–1220. https://doi.org/10.1007/s11846-023-00696-z

[15] N. Kshetri, Y. K. Dwivedi, T. H. Davenport, N. Panteli, Generative Artificial Intelligence in Marketing: Applications, Opportunities, Challenges, and Research Agenda. International Journal of Information Management, 75(1), 2024: 102716. https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2023.102716

[16] S. Madhavaram, R. Appan, AI for Marketing: Enabler? Engager? Ersatz? AMS Review, 2025. https://doi.org/10.1007/s13162-024-00293-7

[17] H. Mammadov, A. Ruiz-Gandara, L. Gonzalez-Abril, I. Romero, Adoption of Artificial Intelligence in Small and Medium-Sized Enterprises in Spain: The Role of Competences and Skills. Amfiteatru Economic, 26(67), 2024: 848. https://doi.org/10.24818/ea/2024/67/848

[18] K. R. Memon, S. K. Ooi, Identifying Digital Leadership's Role in Fostering Competitive Advantage Through Responsible Innovation: A SEM-Neural Network Approach. Technology in Society, 75, 2023: 102399. https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2023.102399

[19] P. Mikalef, M. Gupta, Artificial Intelligence Capability: Conceptualization, Measurement Calibration, and Empirical Study on Its Impact on Organizational Creativity and

Firm Performance. Information & Management, 58(3), 2021: 103434. https://doi.org/10.1016/j.im.2021.103434

[20] [20] S. A. Mishra, K. Rokade, New Retail Format, Sales Management Applications for Business Using AI and Wireless Network. Communications in Computer and Information Science, 2024: 131–141. https://doi.org/10.1007/978-3-031-50518-8_11

[21] [21] E. Nichifor, A. Trifan, E. M. Nechifor, Artificial Intelligence in Electronic Commerce: Basic Chatbots and Consumer Journey. Amfiteatru Economic, 23(56), 2021: 87. https://doi.org/10.24818/ea/2021/56/87

[22] [22] M. Peruchini, G. Modena, J. M. Teixeira, Between Artificial Intelligence and Customer Experience: A Literature Review on the Intersection. Discover Artificial Intelligence, 4(1), 2024. https://doi.org/10.1007/s44163-024-00105-8

[23] [23] S. Sawang, R. A. Kivits, Revolutionizing Family Businesses with Artificial Intelligence: A Perspective Article. Journal of Family Business Management, 14(4), 2023. https://doi.org/10.1108/jfbm-09-2023-0158

[24] [24] S. Schlögl, C. Postulka, R. Bernsteiner, C. Ploder, Artificial Intelligence Tool Penetration. In L. Uden, I.-H. Ting, J. M. Corchado (eds.), Business: Adoption, Challenges and Fears, 2019: 259–270. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-21451-7_22

[25] [25] D. Siddiqui, U. Mumtaz, N. Ahmad, Artificial Intelligence in Entrepreneurship: A Bibliometric Analysis of the Literature. Journal of Global Entrepreneurship Research, 14(1), 2024. https://doi.org/10.1007/s40497-024-00385-5

[26] [26] X. Song, S. Yang, Z. Huang, T. Huang, The Application of Artificial Intelligence in Electronic Commerce. Journal of Physics: Conference Series, 1302(3), 2019: 032030.

[27] W. Sun, S. Ren, G. Tang, In the Era of Responsible Artificial Intelligence and Digitalization: Business Group Digitalization, Operations and Subsidiary Performance. Annals of Operations Research, 2025. https://doi.org/10.1007/s10479-024-06453-z

[28] M. Tiutiu, S. Nemțeanu, D.-C. Dabija, C. Pelau, The Impact of Online Customer Service and Store Features on Consumer Experience and Willingness to Revisit Their Preferred Online Store. Humanities and Social Sciences Communications, 12(1), 2025. https://doi.org/10.1057/s41599-025-04383-0

[29] X. Wang, X. Lin, B. Shao, How Does Artificial Intelligence Create Business Agility? Evidence from Chatbots. International Journal of Information Management, 66, 2022: 102535.

[30] A. Zarifhonarvar, Economics of ChatGPT: A Labor Market View on the Occupational Impact of Artificial Intelligence. Journal of Electronic Business & Digital Economics, 3(2), 2023. https://doi.org/10.1108/jebde-10-2023-0021

[31] E. B. Zavyalova, V. A. Volokhina, M. A. Troyanskaya, Y. I. Dubova, A Humanistic Model of Corporate Social Responsibility in E-Commerce with High-Tech Support in the Artificial Intelligence Economy. Humanities and Social Sciences Communications, 10(1), 2023: 1–10. https://doi.org/10.1057/s41599-023-01764-1

[32] Z. Zhuo, F. O. Larbi, E. O. Addo, Benefits and Risks of Introducing Artificial Intelligence Into Trade and Commerce: The Case of Manufacturing Companies in West Africa. Amfiteatru Economic, 23(56), 2021: 174–194. https://doi.org/10.24818/ea/2021/56/174

[33] Z. Zong, Y. Guan, AI-Driven Intelligent Data Analytics and Predictive Analysis in Industry 4.0: Transforming Knowledge, Innovation, and Efficiency. Journal of the Knowledge Economy, 2024. https://doi.org/10.1007/s13132-024-02001-z

Адреса аутора: Немања Тасић, Универзитет у Новом Саду, Технички факултет „Михајло Пупин”, Зрењанин
е-маил: ntasic89@gmail.com,
Рад примљен: август 2025.
Рад прихваћен: септембар 2025.

ЕЛЕКТРОМАГНЕТНА ЗРАЧЕЊА КОД СИСТЕМА ЗА ПРОИЗВОДЊУ ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ ИЗ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА

ELECTROMAGNETIC RADIATION IN SYSTEMS FOR GENERATION OF ELECTRICITY FROM RENEWABLE SOURCES

МИЛОРАД РАНЧИЋ[1]
МИЉАН МИЛЕТИЋ[2]
ГРУЈИЦА ЉУБИСАВЉЕВИЋ[1]
[1]Друштво инжењера у Зрењанину, Зрењанин
[2]Академија струковних студија Крушевац

РЕЗИМЕ

У раду су представљени резултати идентификације и мерења интензитета електромагнетних поља (електромагнетног зрачења) која настају у системима за производњу, трансформацију и транспорт електричне енергије добијене из обновљивих извора, у овом случају из ветра и сунца. Ветроелектране и соларне електране састоје се из већег броја подсистема. За потребе ових мерења изабрани су неки од њих: турбина, фотонапонски панел, инвертор, трафо, струјни водови ниског и високог напона, уређај за мерење потрошње електричне енергије. Измерене вредности зрачења упоређене су са дозвољеним вредностима.

Кључне речи: електромагнетно зрачење, ветроелектрана, соларна електрана

ABSTRACT

The paper presents the results of identification and measurement of the intensity of electromagnetic fields (electromagnetic radiation) that occur in systems for the production, transformation and transport of electrical energy obtained from renewable sources, in this case from the wind and the sun. Wind power plant and solar power plant have a large number subsystems in their composition. For the purposes of these measurements, some of them were chosen: turbine, photovoltaic panel, inverter, transformer, low and high voltage power lines, device for measuring electricity consumption. The measured radiation values were compared with the permitted values.

Key words: electromagnetic radiation, wind power plant, solar power plant

1. УВОД

Постоји пуно разлога да се што више електричне енергије произведе из обновљивих извора. Већи је број обновљивих извора и различите су природе али су најприсутнији и човеку најближи сунце и ветар. Савремене технилогије омогућавају да се енергија коју нам шаље сунце и кинетичка

енергија ветра ефектно прихвате и ефикасно претворе у електричну енргију. Удео учешћа овако добијене електричне енергије у укупној производњи сваким даном све је већи. Данас се све чешће на крововима индивидуалних кућа, зграда, индустријских хала и на сличним просторима могу видети постављени фотонашппонски панели. Соларне електране мале и велике снаге производе електричну струју која се може користити за индивидуалну потребе или је укључена у веће електроенергетске системе. Слично је и са ветро електранама. На нашим просторима већ је у функцији неколико „ветропаркова“ који у свом саставу имају по више десетина ветрогенератора. Сваки од ветрогенератора, уколико временски услови омогуће, може да произведе 2 до 3 мегавата електричне струје што представља значајну количине енергије.

Соларне и ветро електране у свом саставу имају већи број постројења, уређаја и инсталација. С обзиром да се у њима кинетичка енергија ветра и енергија сунца прихватају, трансормишу у електричну енергију а ова транспортује према корисницима , неминовно је да се стварају електромагнетна поља мањих или већих интензитета. Циљ овог истраживања је да се изврши идентификације ових поља, односно, утврди њихово постојање и да се измери њихов интензитет. Упоређивањем добијених резултата са дозвољеним вредностима можемо закључити да ли електромагнетна поља, односно електромагнетна зрачење, могу имати штетна дејства на људе и друге биолошке организме из најближег окружења

2. ВЕТРО ЕЛЕКТРАНА И СОЛАРНА ЕЛЕКТРАНА

2.1 ВЕТРО ЕЛЕКТРАНА

Ветроелектрана (ветротурбина) је постројење које производи електричну енергију коришћењем кинетичке енергије ветра. Основни елементи овог система су: елиса, механички преносник (мултипликатор) са осовином, генератор и евентуално трафо.

Принцип рада

Ветар (струјање ваздуха) покреће лопатице елисе. Ротационо кретање се преко механичког преносника и осовине преносина генератор. Окретање ротора генератора у статору индукује електричну струју. Она се у трафоу трансформише на одговарајући напопн и шаље даље према потрошачима или се укључује у мрежу већег електроенергетског система.

На тржишту се могу наћи ветротурбине мале снаге од неколико стотина вати (за издвојене и удаљене куће, викендице и сл.) па све до великих снага од неколико мегавати (које се користе индивидуално или су у саставу великих електрана, ветропаркова).

2.2 СОЛАРНА ЕЛЕКТРАНА

Соларна електрана је систем који производи електричну енергију коришћењем сунчеве енергије.Најчешће су у примени фотонски системи код којих се у фотонапонским панелима (у фотоволтажним ћелијама) светлосна енергија сунца претвара у електричну струју. Основни елементи соларне електране су: фотонапонски панели, инвертер, батерије за складиштење енергије, систем за управљање и надзор, инсталације и носећа конструкција.

Принцип рада

У ћелијама фотонапонских панела се сунчева енергија претвара у једносмерну струјју. У инвертеру се једносмерна струја трансформише у наизменичну и одатле шаље ка потрошачу. Уколико није везан електродистрибутивну мрежу и ради независно онда је то оф-грид или аутономни систем. Вишак енергије се складишти у батеријама и користи нпр. ноћу, кад нема сунца...Уколико се добијена струја из инвертера шаље у мрежу онда је то он-грид или мрежни систем.

3.НЕКЕ КАРАКТЕРИСТИЧНЕ КОМПОНЕНТЕ ЕЛЕКТРАНА

Извршен је избор карактеристичних компоненти ветро и соларних електрана које ће бити предмет идентификације електромагнетног зрачења и мерења његовог интензитета.

3.1 ГЕНЕРАТОР

Генератор је уређај који механичку енергију ветра претвара у електричну енергију. Обртање лопатица се проко осовине и механичког мултипликатора преноси на ротор генератора. Услед електромагнетне индукције у намотајима статора појављује се електрична струја. Она се одатле шаље у мрежу или у систем за складиштење, односно, батерије. У ветроелектранама се примењују два типа генератора:

- асинхрони, индукциони (код мањих ветротурбина) и
- синхрони (код већих ветротурбина).

3.2 ФОТОНАПОНСКИ ПАНЕЛ

Фотонапонски или соларни панел је уређај који светлосну енергију сунца претвара у једносмерну струју. Панел је састављен од великог броја соларних ћелија које су најчешће направљене од кристала силицијума.Под дејством сунчеве светлости,фотона, у ћелијама долази до тзв. фотонапонског ефекта а као његов резултат добија се усмерен ток електрона, односно, једносмерна струја. Тако добијена струја шаље се у инвертер.

3.2 УРЕЂАЈИ ЗА ТРАНСФОРМИСАЊЕ ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ

Трансформатор и трафостаница

Трансформатор (трафо) је уређај који помоћу електромагнетне индукције претвара електричну енергију једног напона у електричну енергију другог напона (нпр. са 220 V на 12 V). Састоји се од језгра и два или више намотаја (примарни и секундарни). Магнетно поље у језгру се преноси са примарног на секундарни намотај при чему се мења напон и струја а снага остаје иста.

Трафостаница је посебно постројење у коме се налазе један или више трансформатора, опрема за заштиту, мерење и развод електричне струје. Оно служида прилагоди напон електричне струје потребама потрошача, Например: смањује напон са 10 KV на 0,4 KV за потребе домаћинства.

3.3 ИНВЕРТЕР

Инвертер је уређај који једносмерну струју претвара у наизменичну. Омогућава да се уређаји који раде на наизменичној струји (АЦ) напајају из извора који дају једносмерну струју (ДЦ).

3.4 ИНСТАЛАЦИЈЕ ЗА ПРЕНОС ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ

За пренос електричне енергије на даљину користе се струјни водови. То су најчешће жице или каблови кроз које тече електрична струја од извора до потрошача или између неких тачака у мрежном систему. Струјни водови могу бити нисконапонски (220V до 380V) средњенапонски (1 до 35 KV) и високонапонски (до 400 KB). Струјни водови за високе напоне и велике удаљености називају се и далеководи. Сви струјни водови могу бити надземни и подземни.

3.5 УРЕЂАЈИ ЗА МЕРЕЊЕ ПОТРОШЊЕ ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ

Основна намена ових уређаја (називају се још и струјомери, електрична бројила) јесте да измере количину енергије коју потроши неки потрошач (домаћинство, индустријски објекат или слично) у одређеном временском

периоду. Измерена количина енергије изражава се најчешће у киловат часовима KWh. Ови уређаји могу бити индукциони, механички, или дигитални, електронски. Електронски су прецизнији и омогућавају даљинско очитавање.

4. ЕЛЕКТРОМАГНЕТНА ЗРАЧЕЊА

Присуство великог броја електричних и електронскиох елемената, уређаја и постројења у системима за производњу, трансормацију и пренос електричне енергије доводи до генерисања магнетних, електричних и радиофреквентних поља, односно, појаве зрачења. Истраживања која су спроведена у оквиру овог рада то су и показала. Мерним инструментима утврђено је постојање ових поља и измерени су њихови интензитети. Мерења су обављена на комонентама ветроелектрана и соларних електрана које су изложене у претходној глави. За мерење су коришћени следећи мерни уређаји:

- Magnetoskop detektor, tipWKDA 02 705, Made in Poland
- Instrument Tri Field EMF Meter, model TF2, Made in USA

4.1 УСЛОВИ МЕРЕЊА

За зону мерења изабране су локације у непосредној близини компонената на местима где су добијене највеће вредности и оне су дате у табели. Мерењем су утврђене вредности интензитета електро-магнетног смога (ЕМС), магнетног поља (МАП), електричног поља (ЕЛП) и радио-фреквентнок поља (РАФ). За МАП и ЕЛП Мерења се обављена за стандардни фреквентни опсег (I) од 40 Hz do 100 KHz.

4.2 ДОЗВОЉЕНЕ ВРЕДНОСТИ

Законски прописи, пратећи правилници и документација произвођача опреме дефинишу дозвољене вредности електромагнетних и других врста нејони-зирајућих зрачења. Према овим препорукама дозвољене вредности су:

- За електромагнетни смог до 350 nT,
- За магнетно поље: стандардни опсег (I)до 3miG,
- За електрично поље до 50 mV/m2,
- За радиофреквентно поље интен-зитет до 0,200 mW/m2 а пикови до 1000 mW/m2.

5. КОМПОНЕНТЕ ЕЛЕКТРАНА И МЕРНЕ ЛОКАЦИЈЕ

У табели је изложен преглед компоненти електрана које су биле предмет мерења, основне техничке карактеристике и локација мерног места.

Назив комп.	Тех. карак.	Локација мер. места
1.Ветро генератор	до 2 MW	30cm од стуба на висини 80cm
2.Фотонап. панел	до 580 W	50 mm од панела
3.Инвертер сол. елек.	до 60 KW	600 mm од инв.
4.Инвертер хибридни	до 6,2 KW	100 mm од инв.
5.Трафо станица	10KV/380V.	30 cm од зида ст
6.Струјни вод	380 V	5 m испод вода
7. Струјни вод Далековод	220 KV	12 m испод вода
8. Мерни уређ. Механич.	опт. 2 KW	100мм од струј.

6. РЕЗУЛТАТИ МЕРЕЊА

Назив Комп.	ЕМС nT	МАП miG	ЕЛП miG	РАФ mW/m2
1.	1340	42,9	0	0,02
2.	60	13,4	3,9	0,25
3.	1510	9,8	2,0	0
4.	320	13,4	3,9	0,78
5.	920	11,3	0	1,87
6.	130	1,4	0	2,36
7.	2030	21,3	25	0,02
8.	4050	95,8	10,6	0,26

7. ЗАКЉУЧАК

Истраживања у свету али и у нашој земљи недвосмислено су доказала да постоји негативан утицај дејства електромагнетних поља на животно окружење а посебно на људски организам. Што се тиче човека тај утицај зависи од више фактора. Најзначајнији су интензитет зрачења, фреквенција, растојање од извора зрачења, временска дужина излагања...Многи аутори су у својим радовима упозоравали на штетно дејство електромагнетних зрачења по људски организам (1), (2), (3). То се пре свега односи на следеће људске органе и системе: нервни систем, кардиоваскуларни систем, срце, мозак, разарање структуре ћелије, пад имунитета, појаву стреса, ендокрини систем...

Анализа резултата мерења интензитета електромагнетних поља код компоненти ветроелектрана и соларних електрана а која су обављена у овом раду показује да су они за неке компоненте изнад дозвољених вредности. С обзиром да се очекује да ће примена ових ситема за производњу електричне енергије у временима која тек долазе бити значајно увећана, мултидисциплинар-ним истраживањима у овој области треба убудуће посветити посебну пажњу. Посебну забринутост изазива чињеница да се неке компоненте ових система налазе у склопу или су непосредној близини објеката у којима људи живе или бораве дуже времена.

6. ЛИТЕРАТУРА

[1] Лажетић Богосав, Биолошки системи и магнетна поља, Институт за плућне болести, Нови Сад, 2016.година

[2] Калајџић Александар, Раковић Дејан, О биолошким утицајима радиофреквентног и микроталасног нејонизујућег зрачења, Научно стручни часопис ДИТ, број 31., Друштво инжењера у Зрењанину, Зрењанин, 2019. година.

[3] Ранчић Милорад, Милетић Миљан, Електромагнетна зрачења у аутомобилима са бензинским, дизел и хибрид-ним моторима, Научно-стручни часопис ДИТ,бр.37, Друштво инже-њера у Зрењанину, Зрењанин,2022.

Адреса аутора: Др Милорад Ранчић, професор, Друштво инжењера у Зрењанину, Зрењанин

е-маил: milorad.rancic@diz.org.rs

Рад примљен: септембар 2025.

Рад прихваћен: септембар 2025.

БРАНИСЛАВА ПЕРОВИЋ НЕШКОВИЋ
(1920 – 2008)

Водећи истаживач у области
физике јонизованих гасова.
Прва жена директорка у
Институту нуклеарних наука Винча.
Професорка на Електротехничком
факултету у Београду.
Учесница Народноослободилачког покрета
и истакнути политички радник.
Добитница многобројних југословенских
признања и одликовања.

ДИТ
Друштво Истраживање Технологије

Научно-стручни часопис
Scientific-profesional journal

Година XXXI, Број 44, септембар 2025. год.
Year XXXI, Issue 44, September 2025. 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

ПРЕДНАПРЕЗАЊЕ КОНСТРУКЦИЈА У ГРАЂЕВИНСКОЈ ПРАКСИ

PRESTRESSING OF STRUCTURES IN CONSTRUCTION PRACTICE

ВОЈИСЛАВ МАРИСАВЉЕВИЋ[1]
МИРЈАНА МИЛОЈКОВИЋ[1]

[1]ЦМС Биро д.о.о. Београд

РЕЗИМЕ

У раду су наведене и приказане могућности примене преднапрезања армирано бетонских и челичних конструкција у савременој пракси.

Осим у мостоградњи, где је премошћењ великих распона конструкције, данас незамисливо без преднапрезања, али и у зградарству преднапрезање је веома заступљено. У тексту се наводе низ примера преднапрезања у конструкцијама, као и преднапрезање ван уобичајних начина примене, које су аутори овог текста користили у својој пракси. Примери објеката који се наводе у тексту говоре да преднапрезање нема ограничења у пракси, јер прати све технолошке трендове у савременом градитељству.

Кључне речи: преднапрезање конструкција, примена, објекти

ABSTRACT

In this paper are lists and illustrates the possibilities of applying prestressing of reinforces concrete end steel structures in modern practice. Apart from bridge construction where bridging large spans of structures is today unimaginable without prestressing is also widely used in building construction. The text lists a number of examples of prestressing in structures, as well as prestressing outside the usual application methods which the authors of this have used in own practice. The examples of the structures listed in the text show that prestressing has no limitations in practice, because it follows all technological trends in modern construction.

Key words: prestressing structures, application, objects

1. ПОЧЕТАК ТЕХНИКЕ ПРЕДНАПРЕЗАЊА НА НАШИМ ПРОСТОРИМА

Примена преднапрегнутог бетона, одавно заузима врло значајно место у конструктерској пракси, захваљујући несумљивим техничким и акономским предностима у односу на класични армирани бетон.

Преднапресање код нас, у бившој Југославији, датира од 1952 године. Тада је почео да се развија наш ИМС систем за преднапрезање. Наредних двадесетак година, систем sa преднапресање ИМС'а, био је на светском нивоу, због инжењерског техничког кадра, усавршене опреме за преднапрезање, обучене групе радника за ову врсту посла и богатог грађевинског тржишта. Тада су уведени стандарди и прописи за материјале и

начин преднапрезања.

Почетци примене преднапрезања били су са гредним носачима, где су каблови (сноп жица) вођени са стране греда, а котве су на крајевима биле на конзолним челичним плочама. Утегнуте жице накнадно су се штитиле цементним малтером . Овде је највећа мана била заштита каблова. Следећи корак унапређења преднапрезања био је убацивање жица за преднапрезање у бетонски пресек. Трасе каблова формирале су се помоћу гумених црева, које су после бетонирања греда извлачили из бетона. Тако су формирани "тунели" за накнадно увлачење жица за преднапрезање. И овај начин је био доста компликован са извлачењем гуменог црева, поготову код траса са више кривина, али је заштита од корозије каблова била боља.

Тек појавом савитљивих металних цеви, преднапрезање је дошло на ниво максималне тачности у геометрији постављања каблова и заштите од корозије. Данас постоје "моно" каблови у пластичним цевима са специјалним емулзијма као заштитом од корозије. Овакви каблови се могу "дотезати" накнадно у дужем временском периоду.
Иновације у везии преднапрезања су сталне, тако да се данас глатке жице замењују високо вредним ужадима итд.

2. ПРИНЦИПИ ПРЕДНАПРЕЗАЊА

Преднапрезање може да се опише као намерно стварање одређеног, сталног напрезања у елементу конструкције, пре наношења пуне вредности корисног оптерећења. Ови напони су увек напони притиска и у огромној већини случајева стварају се помоћу каблова, од челика са високом чврстоћом на затезање, а који се затежу и затим анкерују у сам елемент који се преднапреже.

Преднапрезање као принцип покривања затезања у армирано бетонским конструкцијама омогућило је да се развију и друге могућности примене у грађевинарству, о чему ће бити речи у овом тексту.

Постизање напона притиска у конструкцији, најчешће је последица спољне силе на укотвљењу. Међутим уношење напона притиска у армирано бетонске елементе може се произвести и без каблова, хидрауличним пресама па и надвишењем, са којима се може изазвати жељена деформација и преднапон у конструкцији.

3.ТЕХНИКЕ ПРЕДНАПРЕЗАЊА

У погледу технике преднапрезања, постоје данас два основна поступка уношења силе преднапрезања у бетонске конструктивне елементе.

Адхезионо преднапрезање је поступак предходног напрезања конструктивних елмента, где се затезање снопа жица или ужади (стрендова), врши пре бетонирања самог конструктивног елемента. Овај поступак је масовно примењив код монтажних хоризонталних конструкција. Овај поступак се изводи на тз. "стазама" за преднапрезање које су обично дужине 100 до 150 метара. Истезање жица или ужади врши се употребом "пањ" преса, које имају стабилне ослонце на крајевима стза. Жице и стрендови су по правилу праволиниски, јер промена правца се теже изводи.

После бетонирања конструктивног елемента у калупима и постизања тражене чврстоће бетона, сечењем жица (или стрендова), раскида се веза са опорцима на крајевима стаза. Тиме се сила преднапрезања, која је последица тежње жица (стрендова) да се скрате, а посредством "адхезије" челика и бетона, уноси у бетонски елемент.

Постоје и системи атхезионим преднапрезањем у металним калупима где се арматура на крајевима металних калупа затеже. Такође постоји и систем грејања жице на стази електричном струјом. Жица се издужује па после бетонирања и очвршћавања бетона жица се хлади и скупља, па на тај начин се

уноси сила преднапрезања. Овакав начин код нас се не користи.

Накнадно преднапрезање, је популарнији и поузданији начин преднапрезања, поготову у контроли унете силе у бетонски пресек. Код ове технике прво се конструктивни елемент бетонира са већ уграђеним трасама каблова, па после очвршћавања бетона врши се затезање каблова, односно преднапрезање. Котвљење је углавном у тежишту пресека на крају елемента.

Код накнадног преднапрезања, могуће је и фазно затезање каблова. Фазно преднапрезање као недостатак има додатно ангажовање радне снаге на дужи временски период, али фазним преднапрезањем могуће су знатне уштеде у материјалима конструкције.

За дуготрајност преднапрегнутих конструкција је адекватна заштита каблова од корозије. Зависно од технике преднапрезања и врсте каблова, заштита се своди на цементну емулзиону смесу или на специјалне пасте које се унапред утиснуте у заштитне цеви. Примена специјалних пасти је једино могуће решење код конструкција код којих је потребно дотезање каблова у току експлоатације објеката.

4. ОПРЕМА ЗА РАД НА ПРЕДНАПРЕЗАЊУ

За успешан рад на преднапрезању конструкција, неопходан је квалитетан алат који су поједине светске фирме развијале, усавршавале и патентирале своје производе. У суштини алати за преднапрезање данас су веома слични, тако да за извођаче не представљају проблем.

Опредељење око избора произвођача опреме и система, трајно опредељују извођачке фирме, па и пројектанте, да уложену инвестицију дуже времена користе. Свако од произвођача опреме даје и техничку помоћ, која је корисна. Већи избор система за преднапрезање на тржишту, и конкуренција, онемогућују монопол, тако да цена преднапрегнутих конструкција може бити конкурентна у односу на на остале конструктивне системе.

За преднапрезање у зградарству, за препоруку су највише коришћени, **систем IMS, CCL, системи VSL , FREYSSINET итд,**

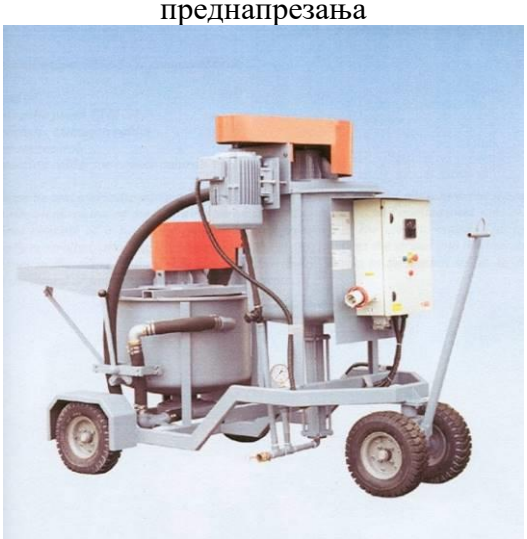
Поменути системи иако слични, разликују се детаљима, али су у раду готово исти. Аутори овог текста имају позитивна искуства са системима **IMS и CCL- а.**

Опрема за преднапрезање, коју не треба детаљно описивати, састоји се пре свега од преса за преднапрезање (сл.1 и сл.2), којих има два типа, а разликују се у томе колике су силе у кабловима, и да ли се каблови преднапрежу појединачно стренд по стренд или се зтеже комплетан сноп каблова одједном. Зависно од типа конструкције бирају се и пресе за лакши комотнији рад.

Слика 1. Пресе за појединачно преднапрезање стрендова

Слика 2. Пресе за преднапрезање снопа стрендова у каблу одједном

Слика 3. Преса и уређајза контролу силе преднапрезања



Слика 4. Миксер са пумпом за ињектирање каблова

Овде треба истаћи опрему за контролу силе преднапрезања(сл.3). За сваку пресу се унапред се одређују силе преднапрезања и контролишу се помоћу опреме која је непосредно на месту где се пресама врши преднапрезање. Цео процес је аутоматизован и није га потребно детаљно описивати. Фирме за производњу опреме нуде и специјални миксер за справљање емулзије за инјектирање каблова (сл.4).

5. ПРОЈЕКТОВАЊЕ И ИЗВОЂЕЊЕ

Преднапрезање захтева високи квалитет и прецизност прорачуна.

Пројекат треба да обилује јасним детаљима за извођење са садржајем свих изабраних материјала и опреме. Све ово је потребно специјализованом и искусном извођачу радова.

Само пројектовање има одређену процедуру, дисциплину и добру организацију у свим фазама пројекта. У пројекту је важно да се одреди чврстоћа, односно физичке карактеристике бетона и челика за преднапрезање. Ово је неопходно јер из тога произилазе допуштени напони, проценат губитака силе преднапрезања итд.. Губитак силе преднапрезања треба што тачније прорачунати, јер произвољне процене могу бити опасне.

Извођење радова на преднапрезању конструкција, може се поверити само стручној радној органиацији која поседује стручну радну снагу. То је можда и једини хендикеп за многе грађевинске фирме. Често фирме које производе опрему за преднапрезање, нуде и своје обучене раднике као инструкторе.

6. ПРЕДНОСТИ ПРЕДНАПРЕГНУТОГ БЕТОНА

Преднапрезањем бетонских конструкција, постиже се значајно смањење сталног оптерећења, чиме се смањују укупни трошкови конструкције, на пример темеља. Са већим распонима, које омогућује преднапрезање, постижу се веће могућности у планирању простора у објектима. Веома је значајно што се преднапрезањем конструкција елиминишу прслине и смањују се угиби. Кострукције које су изложене влази и води или су стално у води, а које су преднапрегнуте и које су без прслина, век трајања им се повећавају. Примера има много, као што су преднапрегнути шипови, железнички прагови, танкови и

контејнери за течност, цевоводи, стубови за електро мрежу итд .

У поређењу са класично армираним бетоном, код преднапрегнутог бетона постоје знатне уштеде у материјалима, што произилази из учешћа целог бетонског попречног пресека у носивости конструкције. Мањи пресек, мање материјала.

Преднапрегнути бетон лакше подноси преоптерећења конструкције, где и ако се јаве прслине , после растерећења оне се затварају.

Цене класично армираног и преднапрегнутог бетона су често сличне, али у експлоатацији објеката предност је на страни преднапрегнутог бетона јер су смањени трошкови одржавања, а стим је и повећан век трајања конструкције. У пракси су најчешће комбинације од преднапрегнутог и класично армираног бетона у конструкцијама објеката.

7. ПРИМЕНА У ПРАКСИ

Овде су приказани неколико карактеристичних примера објеката, где су конструкције биле пројектоване као чисто монтажне, затим монолитне конструкције у комбинацији са монтажним елементима а такође и примери преднапрезања међуспратних монолитних плоча у пакетима са применом крупне монтаже истих.

Развојем монажне технологије извођења објеката, са паралелизацијом радова скраћено је време извођења радова. У комбинацији са преднапрезањем монтажни елеменати постају лакши за монтажу.

Монтажни елементи су преднапрезани или адхезионо на стазама за преднапрезање или накнадно са одговарајућим укотвљењем на крајевима. Обадва начина преднапрезања су према технолошким могућностима и опремљености извођача радова подједнако примењивана. Адхезионо преднапрезање примењиво је углавном за елементе мањих распона, система простих греда, ретко код греда са препустом због већег утрошка жица или стрендова за преднапрезање.

7.1 РЕГАЛНО СКЛАДИШТЕ РЕЗЕРВНИХ ДЕЛОВА СЕРВИСА „МЕРЦЕДЕС“" У БЕОГРАДУ

Читава надземна конструкција је пројектована у монтажном систему од монтажних преднапрегнутих елемената и тако изведена.

Складиштење је било предвиђено на коти приземља са 5,0 t/m^2, корисног оптерећења и са корисном оптерећењем од 2,0 t/m^2 на спрату. Растер стубова у приземљу (сл.5) је био 10,0 / 15,0 m, а од прве етаже до кровне конструкције стубови су били на растеру 20,0 / 15,0 m. Сем стубова сви конструктивни елементи били су преднапрегнути.

Спратна конструкција састојала се од монтажних преднапрегнутих "Т" носача распона 15,0 метара, са висином од 100 cm, са ширином плоче од 250 cm. Укупно је било 64 комада. Према ослонцима плоча је била у нагибу, за формирање греде која се бетонирала на лицу места у другој фази, после завршене монтаже. Ове греде су монтажне у првој фази преднапрегнуте распона су 10,0 метара и способне су да приме монтажне греде "Т" пресека у фази монтаже.

Кровну конструкцију чине армирано бетонски преднапрегнути решеткасти носачи(сл.6). Дужина решеткастог носача износила је 30,0 метара. Укупно их је било 8 комада. Решетке су формиране у обореном положају где су појасни штапови бетонирани на лицу места, док су штапови испуне као префабриковани састављани у коначну целину. Појасни штапови, као и поједини штапови испуне били су преднапрегнути. Овим је добијена рационална конструкција која је омогућила брзу градњу. За преднапрезање коришћена је опрема ИМС~а. Коришћени су каблови са жицом за преднапрезање Ø5мм и Ø7 mm. Квалитет челика 170 / 150. Монтажу главне кровне решетке прати монтажа

кровне рођаче ради стабилизације система (сл.6)

Слика 5. Монтажа стубова са уграђеним на врху, за везу са кровном решетком

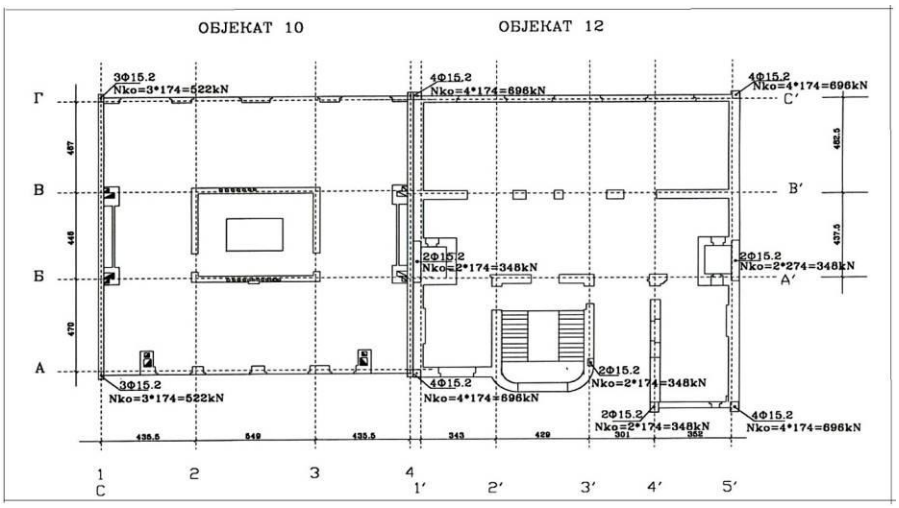
Слика 6. Монтажу главне кровне решетке, прати монтажа кровне рожњаче

7.2 ВЕРТИКАЛНО ПРЕДНАПРЕЗАЊЕ ДВЕ СТАМБЕНЕ ЗГРАДЕ У ДОБРИЧИНОЈ УЛИЦИ У БЕОГРАДУ

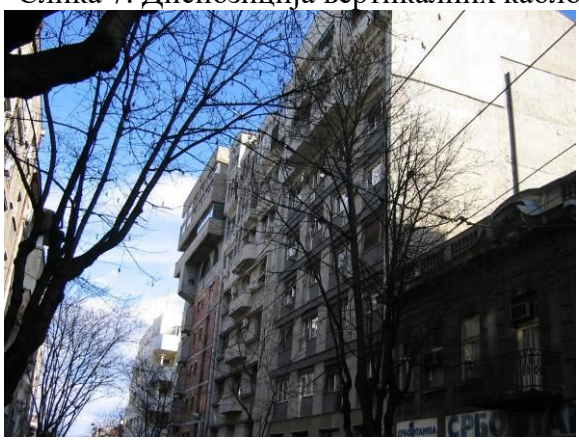
Ово је показан пример вертикалног преднапрезања, као допринос стабилности зиданих конструкција. Две суседне зграде у улици Добрачиној у Београду, зидане су једна пре другог светског рата а друга непосредно после. Уз то су изведене без потребне дилатације између њих. Зграде су солидно изграђене зидањем за тадашње време, али нису имале вертикалне серклаже, а распоред зидова није био повољан за хоризонталну стабилност у оба ортогонална правца. Зидови нису имали довољну сеизмичку отпорност. По питању уграђених материјала представљали су хетероген склоп у погледу промене крутости. Највећа непогодност у погледу сеизмичких захтева било је непостојећа дилатација између зграда.

Уз све то предвиђена је надградња зграда за две и три етаже. Та околност искоришћена је да се обе зграде повежу у једну конструктивну целину. Тим је решена дилатација али и не стабилност зидова од опека.

Овим поступком, уношењем трајног вертикалног σ_n напона (сл.7) повећана је гранична носивост зиданих зидова на савијање и смицање. Унос сила је био извршен преко нових армирано бетонских зидова у надградњи нових етажа, а који су равномерно распоредили кабловско оптерећење на постојеће зидане зидове.



Слика 7. Диспозиција вертикалних каблова у новоформираним вертикалним серклажима



Слика 8. Данашњи изглед надзиданих зграда повезаних верткалним преднапрезањем у једну целину

На слици 8 је фотографија тих две „надграђених“ зграда повезаних у једну конструктивну целину вертикалним преднапрезањем ново армираних бетонских зидова у надградњи нових етажа.

7.3 СПОРТСКА ХАЛА У ДЕСПОТОВЦУ

Спортска дворана у основи је димензија 32 x 48 метара. Висина је 15.5 метара. Нагиб кровне равни је 23 %, а сам кров има облик четвороводног крова. Конструктивни систем условљен габаритима објекта, распонима итд, спада у монтажни систем, који се после монтаже, склапања и монолитизације чворова, претвара у монолитну целину.

Слика 9. Изведени арм. бетонски фасадни зидови, са постављеним трасама каблова у горњем делу зида

Слика 10. Кровна конструкција ослоњена на централну скелу и зидове

Овде је приказано "прихватање" хоризонталних реакција ослонаца просторне кровне конструкције Спортске вишенаменске спортске сале у Деспотовцу.

На овоме објекту су хоризонталне реакције кровне конструкције, прихватане преднапрегнутим кабловима, смештеним у горњем делу фасадних

зидова (сл.9). Нежељене деформације у конструкцијама проузрокују проблеме у експлоатацији објеката, а често је због тога и функција објекта у питању. Деформације могу бити изазване и хоризонталним померањем ослонаца.

У кровним конструкцијама великих распона, код којих постоје знатне хоризонталне ослоначке реакције, да би конструкција остала у пројектованом положају било је нужно обезбедити размицање ослонаца . Конструктери се сналазе на разне начине, али један од ефикасних начина. је увођење прстенасте силе помоћу преднапрезања по ободу ослоначких места кровне конструкције (сл.9).

У овом случају конструктивни склоп кровне конструкције (сл.10) прати пројектовани облик крова. Пројектом је предвиђено надвишење од 7 см, али мерени угиб по спуштању скеле износио је 3 см. Због велике крутости зидова није могло доћи до деформације кровних носача, одизања од скеле, па се није могао остварити ни унос у штапове кровне конструкције. То се догодило тек када се скела (торањ) спустио.

7.4 ОБЈЕКАТ НАРОДНЕ БАНКЕ У БЕОГРАДУ

У мноштву примера употребе каблова за преднапрезање и само преднапрезање, интересантан је пример накнадно извођење затеге о коју су окачене две етаже на објекту **Народне банке Југославије у Београду.**

У току извођења објекта (сл.11) долазило је и до измена у архитектонским захтевима и решењима. Једно од измена била је на једном фасадном стубу. Стуб у углу је по првобитном архитектонском решењу био везан за сваку плочу крутом кратком гредом, која је у естетском смислу било лоше решење. Још у току извођења објекта, дато је ново решење које се састојало у томе да се плоче на котама првог и другог спрата одвоје од стуба и затегом обесе о плочу трећег спрата на делу капитела (сл.12)

Слика 11. Изглед конструкције НБЈ са угаоним стубом

Слика 12. Котвљење каблова са горње стране затеге

Слика 14. Веза угаоног стуба и међуспратне таванице по првобиноме

решењу

Слика 15. Континуална фасада на месту угаоног стуба коначно

Овде су каблови за преднапрезање коришћени за формирање затеге, која је постављена у челичну кутију, која је примила силу преднапрезања а затим је инјектирана цементним малтером због заштите каблова од корозије.

У току пројектовања, пројектанти су самоиницијативно предвидели могућност да се плоче првог и другог спрата окаче.

7.5 ИЗЛОЖБЕНИ ПАВИЉОН „СИМПО ВРАЊЕ“

Изложбен павиљон **"Симпо Врање"**, је пројектован као рамовска конструкција, са три рамовске ригле по висини. Рамови су постављени у попречном правцу објекта. Део рамовске конструкције који излази изван фасада, је истовремено и део архитектонског решења (сл.16).

Случај укљештеног рама је класичан пример. Често, хоризонталне силе компромитују димензије стубова рама, који могу имати знатне моменте од гравитационих оптерећења.

Преднапрезањем ригли рамовске конструкције, за величину гравитационог оптерећења, стубови се могу "ослободити" од момената изазваних гравитационим оптерећењима и цео капацитет носивости стубова употребити за пријем хоризонталних оптерећења.

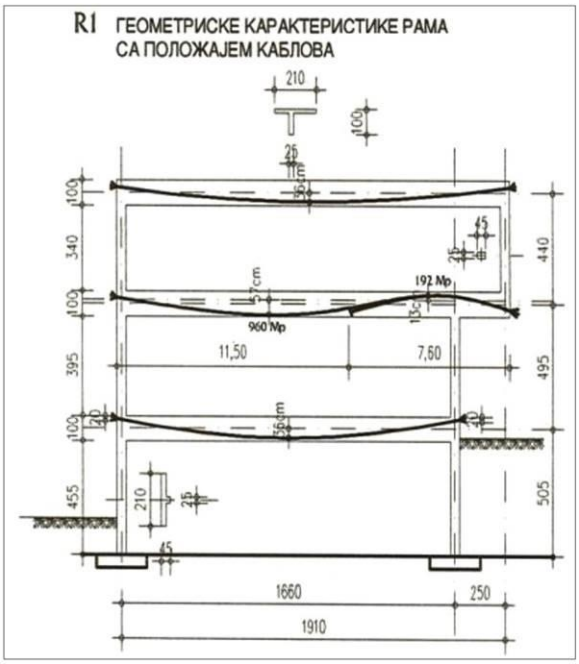
Слика 16. Садашњи изглед изложбеног павиљона, са видно израженим рамовима на фасади

На сликама 18 и19 приказан је положај ужади у риглама као и начим њиховог котвљења.

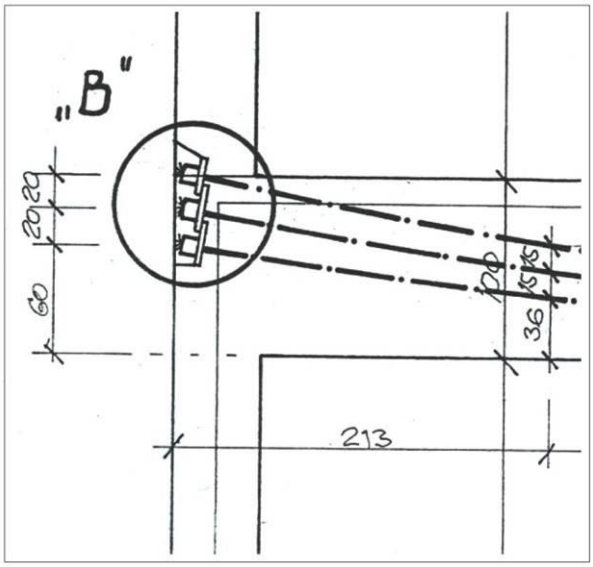
7.6 ОЈАЧАЊЕ ТЕМЕЉНИХ ЈАСТУКА ЦЕНТРАЛНИХ ЗВОНИКА ХРАМА „СВЕТОГА САВЕ“ У БЕОГРАДУ

Употреба преднапрезања за ојачавање и ревитализацију постојећих конструкција је техника која се можда не користи довољно.

Овим се може ојачати постојећа конструкција смањењем превеликих напона у критичним пресецима, а тиме се преносе утицаји на делове који су мање оптерећени. Увођењем силе преднапрезања пукотине и прслине се елиминишу, чиме се постиже хомогеност елемената конструкције



Слика 18. Приказ геометрије рама са положајем каблова за преднапезање ригли



Слика 19. Детаљ котвења каблова ригле рама

.

Слика 20. Ископ за темеље крипте, који је испод темеља звоника ослоњен на групе шипова и бунара

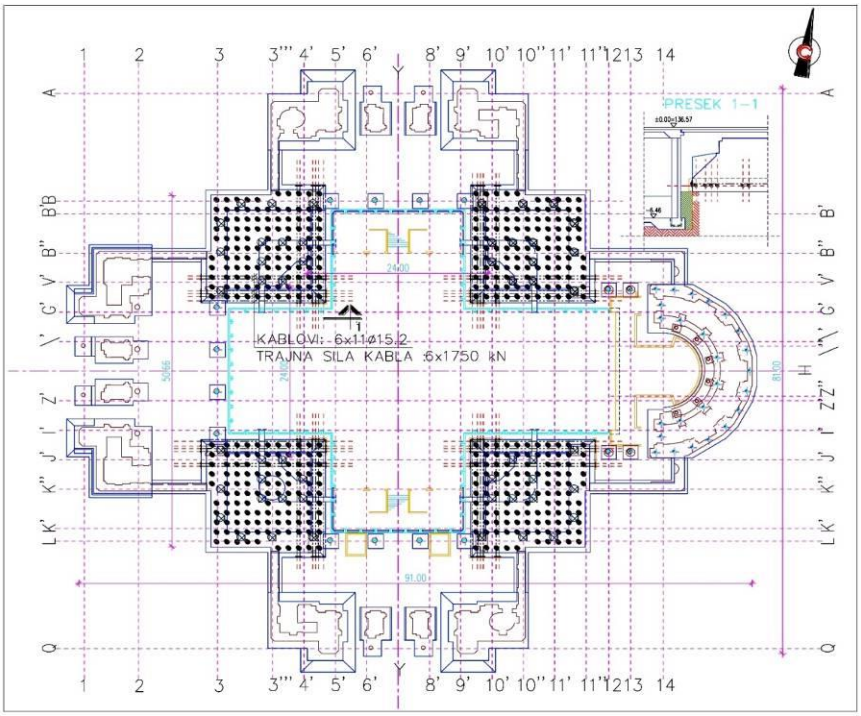
Слика 21. Темељи централних звоника промењиве геометрије и крутости види се и нова темељна плоча крипте

Применом преднапрезања ојачани су темељни јастуци центалних звоника, који су и једине вертикалне конструкције, Храма Светог Саве.

Разматрањем глобалне стабилности ХСС, дошло се до закључка да је целисходно и технички оправдано, повећати крутост темеља звоника на сва четри, а на делу препуста, конзолама, која су оријентисана ка центру Храма.

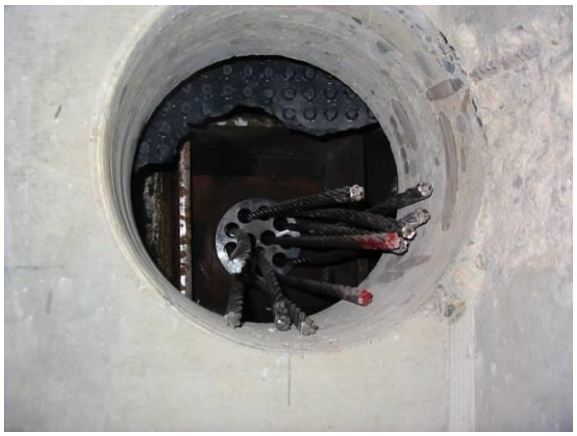
Основни разлог за доношење оваквог закључка лежи у чињеници да постојећи темељи немају уједначену крутост по њиховој површини (сл.21), пошто на њима постоје локалитети са смањеном крутошћу. Такође, геодетска осматрања, показивала су да постоје разлике у слегању између крајњих тачака по дијагонали темеља звоника. Ралог неравномерно оптерећење и релативно мале крутости конзолног препуста.

Радови који су уследили на повећању крутости темеља, обављени су у току извођења конструкције Крипте, али не пре израде темељне плоче и монтажних зидова крипте.



Слика 22. Ојачање темеља звоника кабловима 6x11 Ø15,2 у оба правца

Утврђено је да је једино слабо место конзолни препуст, који по анализама које су спроведене има низак коефицијент сигурности за случај преоптерећења моментима изазваних сеизмичким дејствима, па је одлучено да се тај део темеља локално ојача. Интервенција је урађена идентично на сва четри темеља звоника. Побољшање крутости, а самим тим и ојачању носивисти конзолног пресека, урађено је преднапрезањем, уз детањну анализу темељне конструкције звоника у садејству са шиповима који су изведени пре другог светско рата 1937 г, и додатних бунара изведених 1989 г.



Слика 23. Отвор Ø100 cm у монтажном зиду крипте кроз који се преднапежу каблови

Слика 24. Фаза преднапрезања каблова са пресом ИМС за појединачно утезање

Сила преднапрезања уношена је помоћу каблова за преднапрезање постављеним у два ортогонална правца(сл.22) Утезање је вршено са једног краја каблова. Дужине хоризонталних траса каблова износила је 16,0 метара. Трасе су остварене рударским бушилицама кроз темељну плочу звоника. Како се радови на извођењу крипте и санације темеља нису ускладили , морало се бушити отвори у

већ монтираним зидовима крипте (сл.23 и сл.24) како би се омогућило преднапрезање. На крају све се успешно завршило.

8. ЗАКЉУЧАК

Преднапрезање је специфичан вид оптерећења у конструкцијама. Тако схваћено оптерећење разликује се од природних по томе што његове функције праваца и величина налазе у рукама конструктера, па се са њима може управљати и усмеравати утицаје у конструкцији.

Многи објекти са својом конструкцијом не могу да се тотално прилагоде монтажном систему, али делови могу, уз коришћење преднапрезања, што такође даје добре резултате у смањењу времена у извођењу

Из многих примера у пракси а делом наведених и овде видно је да се преднапрезањем могу избећи нежељене деформације у конструкцијама, учврстити конструкције , повезати их у једну целину и ојачати постојеће темеље, повећати сигурност коефицијента преоптерећења темеља моментима изазваних сеизмичким дејствима.

Адреса аутора: Војислав Марисављевић, дипл.инж.грађ. ЦМС Биро д.о.о. Београд
е-маил: cmsbiro@sbb.rs
Рад примљен: септембар 2025.
Рад прихваћен: септембар 2025.

ПРИМЕРИ ПРИМЕНЕ ПРЕДНАПРЕГНУТИХ КОНСТРУКЦИЈА

EXAMPLES OF APPLICATION OF PRESTRESSED STRUCTURES

МИРЈАНА МИЛОЈКОВИЋ[1]
ВОЈИСЛАВ МАРИСАВЉЕВИЋ[1]
[1] ЦМС БИРО д.о.о, Београд

РЕЗИМЕ

У раду су наведени примери из праксе на објектима где су се монолитно преднапрегнуте међуспратне таванице, предходно урађене на коти приземља у „пакетима“, постављале подизањем применом "крупне монтаже"(метода „Lift-slab“) у пројектоване положаје. То су објекти: „Пословна зграда ГЕНЕКСА“ на Новом Београду и пословна зграда "Сургутнефтагаз"-а у Сургуту у Русији, на којима су аутори овог текста пројектовали и применили посебну технологију извођења објеката.

Истовремено је приказан и пример вертикалнога утезања Антенског телекомуникационог торња у Багдаду, као и помоћ преднапрезања у монтажи витких конструкција.

Кључне речи: примери примене, преднапрегнуте конструкције, технологија крупне монтаже

ABSTRACT

In this paper, there are examples from practice on buildings where monolithic overstressed mezzanine ceilings, previously done on the ground floor in packages, were installed by lifting them into the designed positions using mass assembly (method „ Lift-slab“). They are objects:“ Office building Geneks” in New Belgrade,Serbia, and “Office building Surgutneftagaz” in Surgut, Russia, on which the authors designed and applied a special performance technology. At the same time, an example of vertical weighting of Antenna Telecommunication Tower in Baghdad was shown, as well as the help of prestressing in the assembly of slender structures.

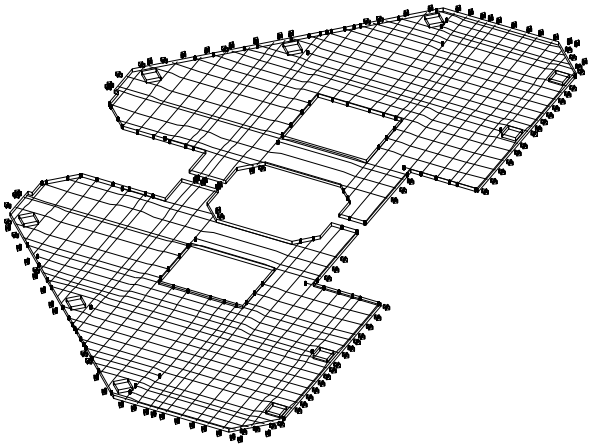
Key words: examples of application, prestressed structures, large-scale assembly technology

1. „ПОСЛОВНА ЗГРАДА ГЕНЕКС“ У БЕОГРАДУ

Пословна зграда "Генекс" је објекат пројектован као деветоспратница за административне потребе. На објекту је примењена технологија производње преднапрегнутих плоча у пакетима. Преднапрегнуте плоче дебљине 22 cm (сл.1) су у „пакету“ израђене изнад подрума по 8 комада једна на другом по висини и раздвојене међусобно пластичном фолијом. Површина плоче једнога пакета у основи износи 320 m². Време израде једнога пакета са 8 плоча је било око 11 дана. Због неправилнога многоугаоног облика при изради плоча подељене су на два пакета која су

условљена осом симетрије зграде у два симетрична дела. Сваки од ова два формирана пакета са осам равних преднапрегнутих плоча тежина око 200 тона без греда и капитела тежио је око 1600 тона. На (сл.2) види се једна монтирана плоча и осталих седам у пакету као и котве кабела на угаоном стубу.

Због сложене геометрије плоче и услова ослањања, било је веома сложено постављање трасе каблова, јер је ивица плоче у односу на трасу каблова била под углом од 450 степени. Ужад за преднапрезање су распоређена по ширини плоче у два ортогонална правца.Трасе ужади за преднапрезање су полигоналне због могућности мимоилажења каблова из два ортогоналана правца.



Слика1. Математички модел плоче са трасом каблова

Слика 2. Преднапрегнуте плоче у пакету у фази подизања

Прорачун међуспратних плоча спроведен је у фазама, пратећи фазе извођења.

Слика 3. Таванице у пакету у првој фази подизања

Слика 4. Међуспратне таванице у коначном положају

Подизање међуспратних пакета преднапрегнутих плоча и њихова монтажа захтевала је посебну технологију

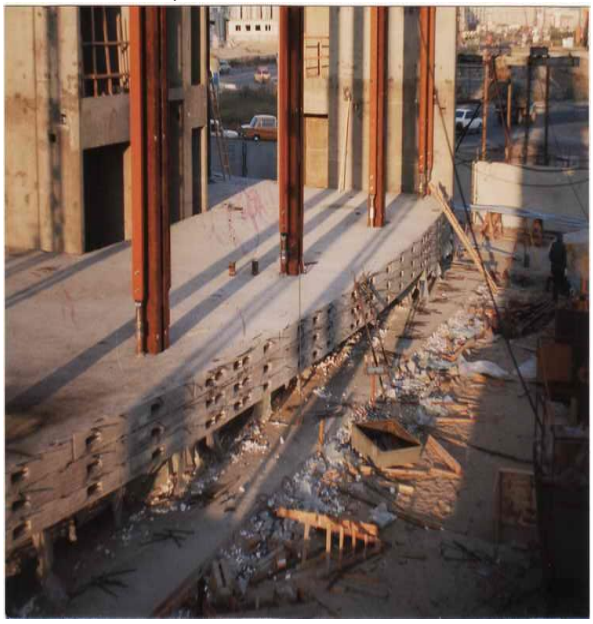
која је била за то разрађена такозвана «технологија крупне монтаже» методом «извлачења». Подизна места су распоређена по ободима плоча (пакета), на стубовима и бетонским језгрима. Плоче су на местима стубова имале отворе да би могле несметано да се транслаторно померају навише.

2. АДМИНИСТРАТИВНА ЗГРАДА „СУРГУТ НЕФТГАЗ“ У РУСИЈИ

2.1 АДМИНИСТРАТИВНА ЗГРАДА "СУРГУТНЕФТАГАЗ" – А, У РУСИЈИ 1994 Г.

Хоризонталне конструкције административног објекта састојале су се од монолитних преднапрегнутих бетонских плоча дебљине 24 см, укупне површине од 6500 м^2.

Преднапрегнуте бетонске плоче дебљине 24 cm, су прозведене на темељу по 4 ком у пакету (сл.5) једна изнад друге са пластичном фолијом међу њима. Ужад за преднапрезање су распоређена по ширини плоче у два ортогонална правца. Њихово подизање и монтажа изведена је са технологијом крупне монтаже као и у претходном примеру. Просечно време подизања преднапрегнутих плоча износило је 26 сати а висине подизања су биле 26 и 22,5 m.



Слика 5. Фаза подизања бетонских преднапрегнутих плоча –одвајање од подлоге

Слика 6. Међуспратне преднапрегнуте плоче постављене у коначни положај

2.2 ДРУГА ФАЗА АДМИНИСТРАТИВНИХ ОБЈЕКАТА У КОМПЛЕКСУ "СУРГУТНЕФТАГАЗА" 2004 Г.

И на овом објекту примењена је иста технологија изградње, са извесним усавршењима у погледу материјала и опреме за преднапрезање. Конструктивно објекат је био подељен на три дилатационе целине, а по фазама извођења методом тешке монтаже на шест целина, пакета.

Слика 7. Формирање трасе каблова за преднапрезање

Слика 8.Котва попречних пљоснатих каблова

Са тим су међуспратне таванице објекта подељене у шест групација, раличитих по величинама. Основни растери ослонаца били су 7,2 x 7,2 метра. Дебљина преднапрегнутих плоча била је 24 cm. Укупна површина свих преднапрегнутих плоча износила је 13 300 m^2.

Преднапрезање плоча извршено је у два ортогонална правца (сл.7). Трасе каблова груписане су у маргиналним тракама, изузев у неким местима где су каблови постављани и у попречним правцима дуж целог распона. За преднапрезање плоча у попречном правцу коришћени су пљоснати каблови (сл.8), чије су металне заштитне цеви биле димензија 20 / 75 mm, док су за подужне трасе каблова усвојени каблови у округлим заштитним цевима пречника Ф 50 mm.

Трасе каблова биле су параболичне . При одређивању максималних ексцентрицитета, водило се рачуна о могућности укрштања каблова, као и обезбеђењу потребног простора за смештај "меке" арматуре и потребног заштитног слоја.

При анализи утицаја у плочама, због специфичне технологије подизања плоча, у току прорачуна свака плоча је посматрана кроз три фазе, оптерећења и контурних услова.

Прва фаза је фаза преднапрезања, плоче су у пакетима, а статички систем је такав да се плоча при преднапрезању ослања на еластичну подлогу, чија је крутост једнака крутости бетонске подлоге. У тој фази није спречена бочна деформација, тако да не постоје паразитни утицаји на остали део конструкције, већ постоји само отпор трења између плоча. При анализи резултата овако третиране плоче, за комбинацију оптерећења од сопствене тежине и реактивног оптерећења од каблова, добијене деформације су занемарљиво мале, а главни напони притиска не прелазе допуштене напоне у бетону.

Слика 9. Почетак подизања једног од 6 пакета, тежине 1850 тона, који је окачен о челичне вешаљке којима се обавља крупна монтажа

Слика 10. Рад у зимском периоду ,обезбеђење температуре калориферима од 10°C ради обављања преднапрезања

Друга фаза је фаза подизања плоча (сл.9), када је укупан терет пакета "обешен" са челичним вешаљкама, названим "ланцима". Плоча сада има еластичне ослонце, са крутошћу и положају "ланаца", која је износила kz=55560 kN/m^2. У овој фази анализирани су утицаји у плочи за комбинацију оптерећења од сопствене тежине плоче и реактивног еквивалентног оптерећења од каблова.

Без обзира на хладно време, које је у Сургуту дужи временски период формирани су шатори преко пакета међуспратних плоча ради обезбеђивања услова за преднапрезање пакета (сл.10)

Трећа фаза настаје када плоча дође у свој пројектовани положај. Ова фаза има два контурна случаја. Први представља ослањање плоче на привремене ослонце у стубу или зиду, формиране од челичних елемената. Други је када се коначно формирају спрегнути стубови. Тада плоча прелази у своју коначну фазу тј, ослања се на своје трајне ослонце. Тада су анализирани сви случајеви оптерећења на објекту са коначним контурним условима. На овом објекту, који карактеристичан по примењеној технологији извођења и примењених конструкција, утрошено је само за преднапрегнуте плоче 35500 метара каблова Ø15,2 mm, односно 155 тона.

Једно од значајниих конструктивних решења на овом објекту, било је решење обешених таваница на једном делу објекта (сл.11). Ту је такође коришћено преднапрезање као једино могуће. Архитектонским решењем, на једном делу објекта, пројектована је свечана сала, која по висини заузима две спратне висине. На том делу међуспратне конструкције формирају се од треће етаже навише. Како су се и те плоче применом крупне монтаже поставиле у пројектоване положаје, требало је уклонити стубове који пролазе кроз салу како би се добио слободан пројектовани простор. То је значило да стубови који се секу испод треће етаже, треба да се окаче конструкцију изнад последње етаже. Решење се сводило да се формирају два зидна носача, који би прихватили оптерећење обешене конструкције. Осечени спрегнути стубови постају затеге, помогнуте кабловима за преднапрезање који су били уграђени у стубове(сл.12).

Слика 11. Формирање носеће конструкције свечане сале, испод подигнутих плоча

Слика 12. Убацивање каблова 6Ø15,2 у стубове одоздо нагоре за формирање затеге

Зидни носачи (сл.13), о које се качи обешена конструкција, били су континуалне преднапрегнуте греде. Висина носача била је две спратне висине. Носачи због велике сопствене тежине изводили су се у две фазе. Прво је бетониран део греде висине 100 cm, који по сазревању бетона био носећа греда за преостали део зидног носача.

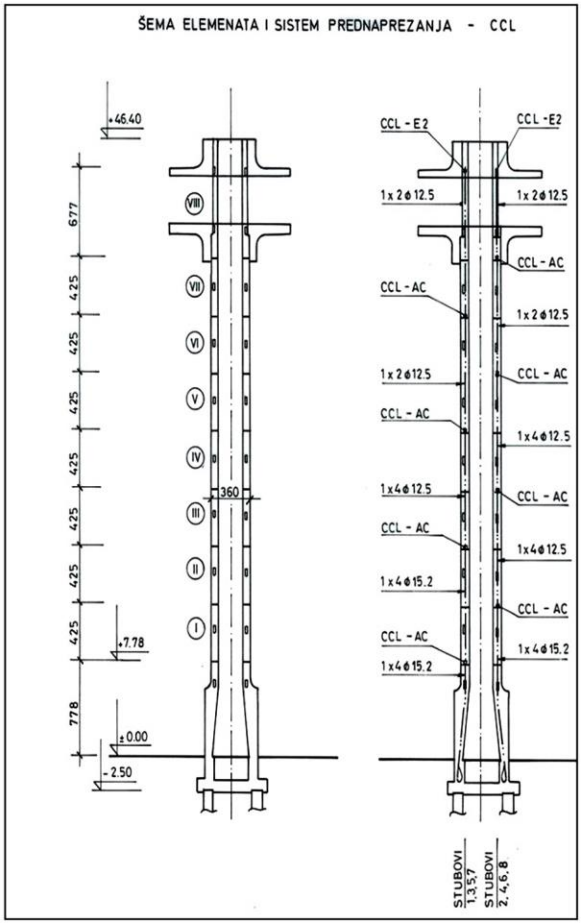
Слика 13. Постављање трасе каблова зидног носача са 8 каблова 12Ø15,2

Слика 14. Завршна фаза вертикално преднапрегнутих стубова

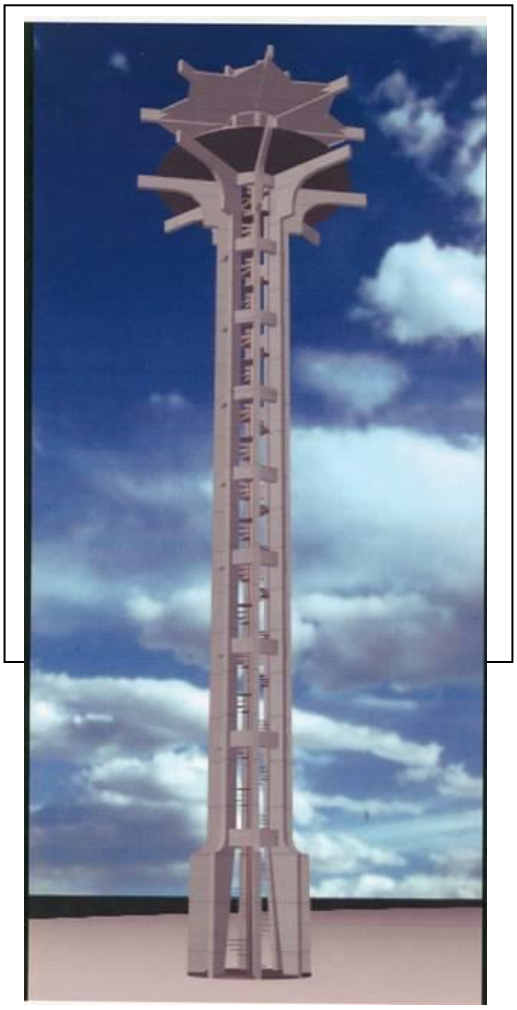
Завршетком преднапрезања зидних носача, преднапрегнути су и стубови – затеге(сл.14). На крају целог подухвата уклоњени су делови стубова у свечаној сали.

3. АНТЕНСКИ ТЕЛЕКОМУНИКАЦИОНИ ТОРАЊ У БАГДАДУ У ИРАКУ

Антенски Телекомуникациони торањ у Багдаду у Ираку, је пример вертикалне преднапрегнуте конструкције. Састављен је од префабрикованих армирано бетонских сегмената по висини, а вертикалним преднапрезањем спојен у монолитну просторну конструкцију. Примена вертикалног преднапрезања долази до изражаја код префабрукованих сегментних конструкција. Спајање префабрикованих елемената у чворовима који треба да приме аксијалне силе и моменте без преднапрезања је веома компликовано.

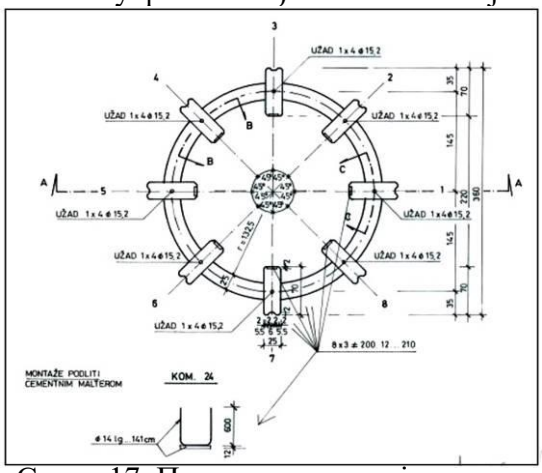


Слика 15.Шема монтажних елемената преднапрегнутих опремом CCL-а

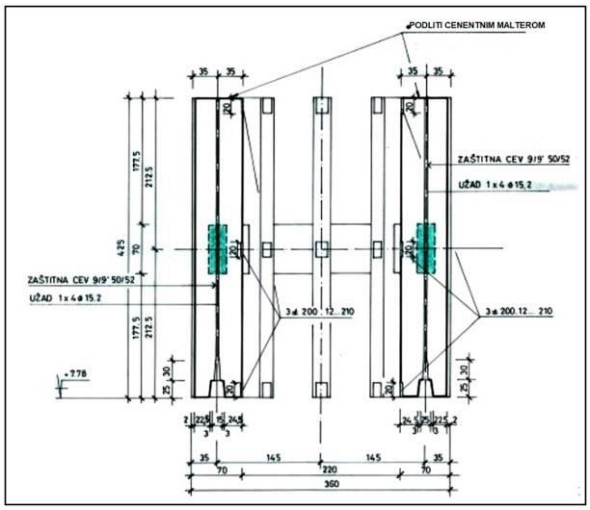


Код вертикалног преднапрезања сегмената могуће је преднапрезати сегменте по висини током монтаже и то на пуну пројектовану силу. За такву технологију преднапрезања разрађене су од стране произвођача опрема за преднапрезање и спрцијалне котве за преднапрезање.

Торањ је висок изнад терена 46,40 метара, а у основи је кружног габарита са пречником од 3,6 метара. Темељна конструкција је монолитна кружна плоча дебљине 1,2 метра, а пречника 7,0 метра, ослоњена на радијалнопостављене дијафрагме дужине 12,0 метара. Стабло торња је састављено од 8 радијално постављених стубова пресека 25 / 70 см, који су повезани кружним прстеном истог попречног пресека, а на међусобном растојању од 4,25 метара. Вертикална конструкција подељена у 8 сегмената, који су претстављали посебну монтажну целину. Пројекат је рађен 1984 г Пројектним задатком задате су веома строге толеранције померања врха торња. То је био и један од битних разлога да се конструкција торња вертикално преднапреже. Сваки елемент при монтажи био је тежак око 10,0 тона. У унутрашњем делу монтажног сегмента постављено је челично кружно степениште, које је као део сегмета заједно монтиран. Када се торањ градио 1985 године , због значаја и места где је био лоциран није било дозвољено да се снима ни у фази извођења а ни касније.



Слика 17. Попречни пресек једног од осам сегмената



Слика 18. Подужни пресек сегмента

После дужег времена по завршетку "заливског рата", према податцима које поседују аутори текста, у непосредној близини торња било је бомбардовања и рушења у непосредној близини. Данас је извесно да торањ не постоји. Захваљујући сачуваним плановима оригиналног пројекта, који је пројектантима био веома значајан, направљен је модел конструкције (сл16) уместо фотографија објекта.

4. ПРЕДНАПРЕЗАЊЕ КАО ПОМОЋНИ АЛАТ ПРИЛИКОМ МОНТАЖЕ

Приликом извођења монтажних конструкција, као што су разна складишта са витким главним носчима,, праволиниским или лучним, често се користе каблови као привремени помоћни уређаји. Примена каблова у овом случају се огледа у помоћи витким монтажним елементима конструкције који се бетонирају у хоризонталном положају. Постављањем каблова са стране монтажног елемента замењује се арматура која би се употребила само за фазу усправљања. Каблови се користе приликом усправљања све до критичног угла када се опушта сила утезања. Разлог је што је сопствена тежина монтажног елемента изазивала моменте савијања који се смањују и губе усправљањем, па елемент прима аксијалну силу. Тада

постоји опасност да каблови постану опасност за монтажни елемент. Критични угао је обично 70^0 – 80^0 . За опуштање силе у кабловима користи се "пешчани лонац", код кога се испуштањем песка безбедно анулира сила у кабловима.

(сл.19) Монтажа лучних носача складишта у Новом Сад

(сл.20) Четвороспратни рам конструкције Хотела Интерконтинентала у Београду

На приказаним сликама (сл.19) и (сл.20) су објекти које су конструктивно и технолошки осмислили инжењери Радомир Михајловић и Момир Краставчевић, од којих су аутори овог текста много научили и примењивали у пракси.

5. ЗАКЉУЧАК

На крају овог текста о примени преднапрезања у конструктерству, напоменули би нешто о техници монтаже витких конструкција уз помоћ преднапрезања. Пројектовање конструкција са елементима који пролазе кроз више фаза контурних услова, изискује симултално разматрање конструкције и технологије грађења.

Адреса аутора: Војислав Марисављевић, дипл.инж.грађ. ЦМС Биро д.о.о. Београд
е-маил: cmsbiro@sbb.rs
Рад примљен: септембар 2025.
Рад прихваћен: септембар 2025.

ОДРЕЂИВАЊЕ КВАЛИТЕТА ВАЗДУХА У ЗАТВОРЕНОМ ПРОСТОРУ

ASSESSMENT OF INDOOR AIR QUALITY

JELENA KIURSKI MILOŠEVIĆ[1]
IRIS BORJANOVIĆ TRUSINA[1]

[1]Висока техничка школа струковних студија у Зрењанину, 23000 Зрењанин, Ђорђа Стратимировића 23, Република Србија

REZIME

Квалитет ваздуха животне и радне средине значајно утиче на здравље људи. Стога је неопходно спроводити редован мониторинг квалитета ваздуха који удишемо. Не придаје се довољан значај квалитету ваздуха просторија у којима људи бораве на својим пословима осам и више сати.

На Високој техничкој школи струковних студија у Зрењанину рађена су испитивања квалитета ваздуха за следеће параметре: честичне материје величине 1 и 2.5 микорна и мање, испарљива органска једињења и угљен-диоксид.

Кључне речи: унутршњи квалитет ваздуха, Airthings детектор

ABSTRACT

The quality of air in the living and working environment has a significant impact on human health. Therefore, it is necessary to conduct regular monitoring of the quality of the air we breathe. Not enough attention is paid to the air quality of rooms where people spend eight or more hours at work.

At the Technical College of Applied Sciences in Zrenjanin, air quality tests were conducted for the following parameters: particulate matter of 1 and 2.5 microns and smaller, volatile organic compounds and carbon dioxide.

Key words: Indoor Air Quality, Airthings Detector

1. УВОД

Квалитет ваздуха у затвореном простору значајно утиче на здравље људи [1,2]. Одређивање квалитета ваздуха у затвореном простору је дефинисано прописима из области Безбедности и здравља на раду, као и кроз Правилник о поступку прегледа и провере опреме за рад и испитивања услова радне околине [3]. Одређивање параметара који ће се контролисати у радним просторијама је одређено и условљено технолошким процесом и карактеристикама објекта. У Србији не постоји довољан број истраживања о квалитету ваздуха у унутрашњим просторијама објеката у којима се не одвијају индустријски процеси.

Неки од параметара квалитета ваздуха у затвореном простору, који могу имати негативне последице по здравље људи и који су најчешћи глобални полутанти јесу:

- честична материја величине 1 микорна и мање (енгл. *Particulate Matter,* PM1),
- честична материја величине 2.5 микорна и мање (PM2.5),
- Испарљива органска једињења (енгл. *Volatile Organic Compaund* , VOC)
- Угљен-диоксид (CO_2).

Најчешћи загађивачи ваздуха у затвореном простору обично обухватају PM10 (енгл. *Particulate Matter,* честице које се могу удисати, пречника 10 μm и мање), PM2.5 (фине честице које се могу удисати, пречника 2,5 μm и мање), испарљива органска једињења (енгл. *Volatile Organic Compaund*, VOC), гасове попут угљен-диоксида (CO_2), озона (O_3), угљен-моноксида (CO) и азот-оксида (NO_2), и биолошке честице (полен, бактерије и гљивице), које су штетне по људско здравље [4].

Честичне материје представљају скуп свих суспендованих честица у чврстом и течном агрегатном стању у ваздуху. Како PM у амбијенталном ваздуху најчешће потичу из индустријских процеса и саобраћаја, концентрација PM у унутрашњим просторијама значајно варира због људских активности, годишњег доба, временских услова, као и вентилације. Вентилацијом просторија може доћи до миграције PM честица из спољашности у унутрашност просторија [5,6].

Испарљива органска једињења (VOC) су гасовита једињења која се емитују у затвореним просторијама из различитих извора: материјали од којих је израђен намештај, грађевински материјали, играчке итд. Краткотрајним излагањем високим концентрацијама VOC-а може доћи до појаве алергија, главобоља, мучнина, респираторних инфекција [7].

Угљен-диоксид у затвореном простору потиче најпре од дисања људи, као и из спољашности. Уколико није обезбеђена довољна вентилација може доћи до главобоље, знојења, смањене концетрације [8].

Приликом мерења концентрације наведених параметара квалитета ваздуха, такође су мерени следећи параметри ваздуха: температура, влажност и притисак. Ови параметри нам такође одређују концентрацију полутанта у ваздуху. Са повећањем ваздушног притиска, и без струјања ваздуха концентрације полутаната могу достићи високе нивое концентрације. Са повећањем температуре ваздуха расте и притисак. Висока влажност ваздуха може негативно да утиче на концентрације полутаната у ваздуху и да их веже како би они остали заробљени у самом простору. Током свих мерења температура, притисак и влажност ваздуха су били у оптималном стању тако да није дошло до значајног утицаја на концентрацију полутаната од стране климатских параметара.

На Високој техничкој школи струковних студија у Зрењанину (ВТШ ССЗР) рађена су мерења квалитета ваздуха у просторијама Школе. Циљ је био да се утврде средње годишње вредности параметара да би се разумело да ли је потребно спроводити додатне мере побољшања квалитета ваздуха, (поред природне вентилације која представља убацивање свежег ваздуха у просторије).

2. ДЕТЕКТОРИ

View Plus Radon детектор [9], marke Airthings, коришћен је за мерења четири параметара квалитета ваздуха, описаних у уводу овог чланка. Детектор је приказан на Слици 1 ([9]).

Слика 1. Изглед View Plus Radon детектора, марке Airthings.

Величине је људског длана. Овај детектор у себи има инкорпорирано више различитих сензора који мере различите параметре квалитета ваздуха. Сензори на уређају мере следеће параметре: PM, CO_2, влажност ваздуха, температуру ваздуха, VOCs и ваздушно притисак.

Детектор има и WiFi и BlueTooth конекцију. Подешава се преко апликације на мобилном, а резултати се могу пратити и на мобилном и преко онлајн платформе на рачунару.

У зависности од вредности параметара квалитета ваздуха на детектору се види зелено (добар), жуто (прихватљив) или црвено (лош) светло, а детектор може и да пушта звучни сигнал упозорења кад је квалитет ваздуха лош. Наредна табела даје граничне вредности за наведене области.

Tabela 1. Граничне вредности параметара квалитета ваздуха за одговарајуће области.

Физичка величина	**Зелена** μg/m^3	**Жута** μg/m^3	**Црвена**
PM2.5	<10μg/m^3	≥10 and <25 μg/m^3	≥25 μg/m^3
VOC	<250 ppb	≥250 and <2000 ppb	≥2000 ppb
Угљен-диоксид	<800 ppm	≥800 and <1000 ppm	≥1000 ppm

3. МЕРЕЊА И РЕЗУЛТАТИ

Мерења квалитета ваздуха реализована су на ВТШ СС у Зрењанину у неколико просторија. Овде ће бити приказани резултати мерења спроведених у једној од канцеларија, Помоћу View Plus Radon детектора параметри квалитета ваздуха су у континуитету мерени годину дана (јул 2023.- јул 2024.) у канцеларији 138, у приземљу Школе. За време мерења просторија је свакодневно уобичајено коришћена и редовно луфтирана.

Добијене средње годишње вредности параметара приказане су Табели 2.

Tabela 2. Средње вредности параметара квалитета ваздуха на годишњем нивоу на ВТШССЗР (канцеларија 138).

Физичка величина	**Измерена вредност**
PM1	15 μg/m^3
PM2.5	16 μg/m^3
VOC	160 ppb
Угљен-диоксид	523 ppm
Влажност	46%
Температура	22 ^{o}C
Притисак	1006 mbar

Графици параметара ваздуха у функцији времена представљени су на Слици 2. Боје зелена, жута и црвена се односе на то да ли је ниво параметра који се посматра добар, прихватљив или лош. Границе зона су одредили произвођачи (Airthings) користећи искомбиновано различите законске регулативе и препоруке.

Слика 2. Графици параметара квалитета ваздуха мерени у канцеларији 138 на ВТШ СС у Зрењанину у току годину дана (јул 2023.- јул 2024.).

4. ЗАКЉУЧАК

Анализом добијених резултата види се да постоје временски периоди када су се концентрације параметара PM1 и PM2.5 налазиле у црвеној области, међутим одмах након тих пикова се види и пад конецентрација. Повећане концентрације су се догодиле у зимском периоду године када је природна вентилација била смањена услед што мањег расипања топлотне енергије. Првенствени разлог је уштеда енергије у зимским периодима. Криве су наизменично расле и падале, што се може објаснити повременим проветравањем између часова предавања и вежби. Посматрајући наставни процес студенти и наставно особље у учионицама проводе највише дневно од 4 до максималних 5 часова у континуитету у једној учионици. Тако да, прекорачења и пикови концентрација честичних материја не могу имати трајне последице по здравља запослених и судената.

Препорука Светске здравствене организације (СЗО) је годишњи ниво PM2.5 од 5 μг/м², док је препоручени краткорочни (24-часовни) ниво PM2.5 од 15 μg/m^3, дефинисан као 99. перцентил (еквивалентно 3-4 дана прекорачења годишње) годишње расподеле 24-часовних просечних концентрација. Америчка агенција за заштиту животне средине поставља ниво примарног (здравствено заснованог) годишњег стандарда PM2.5 на 9,0 μg/m^3, док је препорука за дневну концентрацију 35 μg/m³. Амерички институт за хигијену ваздуха у затвореном простору захтева ниво PM2.5 од 12 μg/m^3 или мање, са ретким или никаквим скоковима од 35 μg/m^3 или више.

Концентрација VOC-а је у једном моменту достигла црвену област у зимском периоду, док остале вредности спадају у прихватљиве области концентрација. Овај пик концентрације може потицати као и код честичних материја од смањене вентилације услед хладних временских периода.

Концентрације CO_2 су током целокупног периода одређивања биле у зеленој области односно области испод препоручене граничне вредности. СЗО препоручује одржавање концентрације CO_2 мање од 1000 ppm у затвореним просторима. Федерација европских удружења за грејање, вентилацију и климатизацију препоручује граничну вредност од 1000 ppm за CO_2.

Закључујемо да прелиминарна мерења квалитета ваздуха рађена на Високој техничкој школи струковних студија у Зрењанину указују на то да је боравак студената и запослених у просторијама школе безбедан али да је потребно додатно вршити природна проветравања у зимским периодима. Параметар који је имао повећане концентрације су честичне материје.

Планира се да се мерења наставе и реализују и у другим просторијама (канцеларијама и лабораторијама) Школе. Такође би се радила и упоредна мерења са неколико различитих врста детектора квалитета ваздуха, како би се видела поузданост добијених резултата.

Постоје ограничења анализе добијених података јер нису познати подаци о утицају брзине измене ваздуха на квалитет ваздуха у затвореном простору због недостатка података о вентилацији. Такође, не постоје подаци о квалитету амбијенталног ваздуха у спољашности, тако да нема података о инфилтрацији спољашњих загађивача у унутрашње окружење. Како у околини школе нема индустријских објеката и густог саобраћаја, може се констатовати да порекло честичних материја није органског порекла које може имати негативне последице по људско здравље.

Неопходно је повећати свест јавности о полутантима у затвореном простору неинустријских објеката и њиховим примарним изворима како би се разумео здравствени ризик од тих загађивача.

5. ЛИТЕРАТУРА

[1] Shah, K. B., Kim, D., Pinakana, S. D., Hobosyan, M., Montes, A., & Raysoni, A. U. (2024). Evaluating Indoor Air Quality in Residential Environments: A Study of PM2.5 and CO2 Dynamics Using Low-Cost Sensors. Environments, 11(11), 237.

[2] WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM 2.5 and PM 10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Geneva: World Health Organization; 2021.

[3] Правилник о поступку прегледа и провере опреме за рад и испитивања услова радне околине ("Сл. гласник РС", бр. 15/2023).

[4] Saini, J., Dutta, M. & Marques, G. (2021). Sensors for indoor air quality monitoring and assessment through Internet of Things: a systematic review. Environ Monit Assess 193, 66.

[5] Li J., Fan G., Ou Y. & Deng Q. (2023). Characteristics and control strategies of indoor particles: An updated review, Energy and Buildings, Volume 294, 113232. ISSN 0378-7788,

[6] Wang, Y., Koutrakis, P., Michanikou, A. et al. (2024). Indoor residential and outdoor sources of PM2.5 and PM10 in Nicosia, Cyprus. Air Qual Atmos Health 17, 485–499.

[7] Mai J., Yang W., Zeng Y., Guan Y., Chen She-J. (2024). Volatile organic compounds (VOCs) in residential indoor air during interior finish period: Sources, variations, and health risks, Hygiene and Environmental Health Advances, Volume 9, 100087, ISSN 2773-0492.

[8] Mendell MJ, Chen W, Ranasinghe DR, Castorina R, Kumagai K. (2024). Carbon dioxide guidelines for indoor air quality: a review. J Expo Sci Environ Epidemiol. 34(4):555-569.

[9] View Plus Radon Detector User Manual, Airthings, Oslo, Norway, 2022. https://www.airthings.com/view-series-manual

Adresa autora: Jelena Kiurski Milošević, Visoka tehnička škola strukovnih studija u Zrenjaninu, Đorđa Stratimirovića 23, Zrenjanin, Republika Srbija

e-mail: jelena.kiurski@vts-zr.edu.rs

Rad primljen: август 2025.

Rad prihvaćen: септембар 2025.

БРАНИСЛАВА ПЕРОВИЋ НЕШКОВИЋ
(1920 – 2008)

Водећи истаживач у области
физике јонизованих гасова.
Прва жена директорка у
Институту нуклеарних наука Винча.
Професорка на Електротехничком
факултету у Београду.
Учесница Народноослободилачког покрета
и истакнути политички радник.
Добитница многобројних југословенских
признања и одликовања.

ДУГОРОЧНА ПАРАЛЕЛНА МЕРЕЊА КОНЦЕНТРАЦИЈЕ РАДОНА НА ТЕХНИЧКОМ ФАКУЛТЕТУ „МИХАЈЛО ПУПИН“ у ЗРЕЊАНИНУ

LONG-TERM PARALELL RADON CONCENTRATION MEASUREMENT AT TECHNICAL FACULTY „MIHAJLO PUPIN“ IN ZRENJANIN

DARKO RADOVANČEVIĆ[1]
IRIS BORJANOVIĆ TRUSINA[2]
MILICA RAJAČIĆ[3]
[1]Универзитет у Новом Саду, Технички факултет „Михајло Пупин”, Зрењанин
[2]Висока техничка школа струковних студија у Зрењанину
[3]Институт за нуклеарне науке „Винча“, Институт од националног значаја за Републику Србију, Универзитет у Београду

РЕЗИМЕ

У овом раду описане су анализе дугорочног мерења концентрације радона спроведеног на Техничком факултету „Михајло Пупин“ Зрењанин, користећи истовремено два различите методе: угљене канистре и CR39 траг детекторе. Циљ је био да се установе концентрације радона током периода од шест медеци као и да се утврди поузданост добијених резултата коришћењен различитих метода паралелно.

Кључне речи: концентрација радона у затвореном, CR39, угљени канистри

ABSTRACT

In this article are described long-term radon concentration measurements at Technical Faculty “Mihajlo Pupin” Zrenjanin, performed by using two methods: charcoal canisters and CR39 track detectors. The goal was to establish radon concentration over longer period of tyme as well as to check realibility of the obtained results by paralell use of different methods.

Key words: Indoor Radon Concentration, CR39, Charcoal Canisters

1. УВОД

Радон је гас кога има у земљи, пошто потиче из распада урана присутног у земљишту и стенама, при чему је најважнији изотоп радона у природи ^{222}Rn [1]. Радон има способност да преко пукотина из земље доспе у унутрашњост грађевина, где такође може ређе стићи и преко воде, земног гаса, па чак и грађевинског материјала од којег је објекат саграђен. Пошто нема боју, мирис и укус, без употребе адекватних детектора радон је немогуће приметити у затвореном простору кућа и зграда, где он понекад може да

достигне и високе концентрације. Како је радон класификован као канцероген, његово удисање може довести до озбиљних здравствених последица.

Редовне контроле концентрације радона у животном и радном простору су веома важне. Неколико година уназад на Техничком факултету „Михајло Пупин“ у Зрењанину (ТФЗР), ради се мониторинг концентрације радона у просторијама Факултета. У овом раду описана су дугорочна (шестомесечна) мерења концентрације радона током 2024. године, користећи две различите методе истовремено.

2. МЕТОДЕ МЕРЕЊА РАДОНА

За мерења концентрације радона на ТФЗР, описана у овом раду, коришћени су угљени канистри и CR39 радон детектори.

Угљени канистри [2] (приказани на Слици 1.) су облика цилиндра. пречника дестак сантиметара, висине пар сантиметара и масе испод 200 g. Унутар канистра се налази активни угаљ, смештен у металну кутију која се херметички може затворити када мерења нису у току. Преко активног угља постављена је и заштитна мрежица да не би дошло до расипања честица угља. Ово је пасивна метода, пошто фукционише без додатног извора енергије. Активни угаљ има афинитет према радону из ваздуха и радон се на актвном угљу адсорбује по отварању металног кућишта. Идеално је да су канистри отворени и изложени ваздуху 48−72 h. Када се мерење заврши, металне кутије се затварају и облепљују изолир траком да би се спречило циркулисање радона кроз њих и успоставила радиоактивна равнотежа са његовим потомцима. Потом се канистри, по могућности што пре, носе на анализу у акредитовану лабораторију у којој се одређује концентрација радона на основу активности потомака радона (метода EPA520). Ова мерења су реализована у сарадњи са Институтом за нуклеарне науке „Винча“. Канистри се по завршетку мерења суше, након чега су спремни за поновну употребу. Узорковање радона излагањем угљених канистра ваздуху може да ради свако лице пратећи инструкције са упутства која се дају заједно са угљеним канистрима, а метода је јефтина пошто се исти канистри могу користити много пута.

Слика 1. Слика угљеног канистра.

Паралелно са угљеним канистрима,мерења су рађена и са Фидо траг радон детекторима [3] (Fido Track Radon Detectors) које производи компанија Niton. Приказани су на Слици 2 [3]. Ово је једна врста CR39 траг детектора. Фидо траг детектори су пасиван тип детектора. То су мале пластичне цилиндричне кутијице величине пар центиметара. На почетку мерења детектори се ваде из заштитних кутија и кеса и излажу ваздуху. Радон из ваздуха при пролазу кроз детектор изгребе пластику, па се касније на основу броја трагова одређује концентрација радона. Наиме, након излагања ваздуху детектори се поново пакују у заштитне кесе и што пре шаљу у акредитоване лабораторије. Тамо се потапају у одговарајућу хемикалију тако да трагови постану видљиви под оптичкм микроскопом којим се, уз употребу одговарајућег софтвера,

пребројавају и одређују концентрације радона. Оптималан период излагања детектора ваздуху је од 2 до 6 месеци. За овде описане анализе, Фидо детектори су слати на анализу у Niton лабораторију у Италију.

Слика 2. Слика Фидо детектора [3].

3. МЕРЕЊА И РЕЗУЛТАТИ

Дужа мерења концентрације радона су релативно поузданија у односу на краткорочна, с обзиром на то да радон осцилује и на дневном нивоу и сезонски [4]. Од јула до децембра 2024. године рађена су мерења концентрације радона у шест просторија Факултета.

Четири просторије биле у приземљу (канцеларије декана и продекана, рачуноводство и студентска служба), а две на првом спрату (канцеларија 22 и канцеларија 23). Иначе, са порастом спратности концентрација радона опада, сем у случају када потиче од грађевинског материјала. Ове просторије су селектоване у складу са резултатима претходних краткорочних мерења у којима се показало да су у овим просторијама највише вредности концентрације радона на Факултету. У свакој од соба је истовремено мерено са 2 методе: угљеним канистрима и Фидо траг радон детекторима. Детектори су држани на столу, а просторије су биле у стандардној свакодневној употреби. Фидо траг детектори су без померања стајали 6 месеци у свакој од поменутих соба, а угљени канистри су постављани поред њих по 2 дана сваког месеца, након чега су ношени на Институт „Винча“ на анализу.

Резултати средњих шестомесечних концентрација радона дати су у Табели 1. Средња шестомесечна вредност добијена Фидо траг детекторима је директно очитана за цео период мерења, док је за угљене канистре шестомесечна вредност добијена као средња аритметичка вредност за сва дводневна мерења у току периода од 6 месеци. У последњој колони Табеле 1 дати су резултати статистичког Z-теста добијени из поређења резултата концентрација радона измерених са ове 2 методе.

Резултати Z-теста показују да су слагања била добра за око 70% резултата одређених различитим методама ($\|Z\| \leq 1.96$).

4. ЗАКЉУЧАК

Хронично удисање већих концетрација радона може бити кобно за здравље човека, стога је редован мотиронг животне и радне средине од круцијалног значаја. Домаћа законска регулатива [5], [6] поставља границу за годишњу концентрацију радона на максимално 200 Bq/m^3 за нове и 400 Bq/m^3 за старе зграде, док је у Европској регулативи [7] граница 300 Bq/m^3.

Табела 1. Шестомесечне концентрације радона на ТФЗР измерене са Фидо траг детекторима и угљ. канистрима, као и резултати статистичког Z-теста за поређење резултата ова 2 мерења

Соба	Фидо детек., концент. радона (Bq/m³)	Углени канистри, концетр. радона (Bq/m³)	Z-тест
Декан (приз.)	246±35	122±10	3.35
Продекан (приз.)	92±17	43±8	2.58
Студентс. сл. (приз.)	70±14	45±8	1.55
Рачунов. (приз.)	55±12	34±8	1.46
Канц. 23 (први спр.)	61±13	53±8	0.52
Канц 22 (први спр.)	57±12	57±8	0

Вредности концентрација радона измерених у току 6 месеци на Техничком фкултету „Михајло Пупин“ у Зрењанину су испод поменутих граница, што значи да нема опсности по здравље људи од дужег боравка у просторијама Факултета. На основу добијених вредности Z-теста, видимо да је слагање измерених концентрација радона помоћу обе методе детекције релативно добро, што указује на поузданост резултата, коју би требало потврдити већим бројем мерења.

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] М. Живановић, Оптимизација мерења концентрације радона у затвореном простору методом угљених филтера, докторска дисертација, УДК број:544.58, Факултет за физичку хемију Универзитет у Београду, 2017.

[3] Fido Track, Milano, Italy, http://www.niton.it.fidotrack

[4] 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.I.pdf

[5] Закон о радијационој и нуклеарној сигурности и безбедности (Сл. гл. РС бр. 95/18 и Сл. гл. РС бр. 10/19)

[6] 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)

[7] EU,Council Directive 2013/59/Euratom, 2014 laying down basic safety standards for protection against the danger arising from exposure to ionizing radiation, and repealing Directives 89/618, 90/641, 96/29,97/43 and 2003/122/Euratom, Official Journal of the European Union.

Адреса аутора: Дарко Радованчевић, Универзитет у Новом Саду, Технички факултет „Михајло Пупин”, Зрењанин

е-маил: darko.radovancevic@tfzr.rs

Рад примљен: јун 2025.

Рад прихваћен: септембар 2025.

ПОЖАРНА ПРЕВЕНТИВА

FIRE PREVENTION

САША ГАЈИЋ[1]
[1]Институт Превент, д.о.о Љубљана

РЕЗИМЕ

Чланак је посвећен превентиви пожара. Представљају се предуслови за настајање пожара. Дата је илустрација једног пожара који је настао услед дејства грома. Наведени су фактори који допиносе превентиви настанку пожара. На крају је дат један експеримент где је изазван пожар у природи.

Кључне речи: пожар, превентива, гром, експлозија

ABSTRACT

The article is dedicated to fire prevention. The prerequisites for the occurrence of fires are presented. An illustration of a fire caused by lightning is given. Factors that contribute to the prevention of fires are listed. Finally, an experiment is given where a fire was caused in nature.

Key words: fire, prevention, lightning, explosion

1. УВОД

Ништа револуционарно, познато је за настајање пожара да морају бити испуњени и основни пожарни услови, што је мање више свима познато. За први услов настајања пожара потребна нам је горећа материја. Други услов за настајање пожара потребан је извор топлоте (пламени). Трећи услов за настајање пожара и који активира пожар је кисеоник. Наравно, било који услов да избачемо, пожар нестаје, нема га.

Слика 1. Основни услови за настајање пожара

2. ПОЖАР И ЕКСПЛОЗИЈА (УДАР ГРОМА).

Често изазван пожар који се распламти пропрати кроз неколико секунди и експлозија. Свакако то је зависно искључиво о томе имамо ли у близини неку од експлозивних материја. Тако се превентивно деловање опусти, посебно код ратних поступака и долази до разорних катастрофа. Описаћу чињенични пример моста на Сави који гранично дели Републику Хрватску од Р. БиХ, конкретније Републику Српску.

За време рата, хрватски борци су поставили бројне експлозивне палице од половине железног Савског моста у смеру Хрватске. Наравно, борци су вршили припреме ако би са Српске стране кренула ратна оклопна возила. Чињенично, до тога није дошло али је удар Стреле у железну конструкцију моста те активирао бројне палице постављеног експлозива, који је не само половину моста добро уништио, а са тим је уништен и оближњу монтажни (постојанку) објекат са дежурствима и стражама хрватских ратника. Дакле, од грома је тешко побећи, али постоје и неке опомене које нам могу бити од користи. Пре удара грома у нашој близини почне нам се дизати коса, а најближи метални предмети почну да вибрирају и после тога до каквих 15 секунди удара грома долази свом циљу. Пожари у природном окружењу и њихова превенција Бројни пожари активирају се управо у природи. Тако, видимо из пожарне статистике ЕУ, да је у око 95% пожара настао у шумском окружењу и то већином људском маломарношћу.

3. ПРЕВЕНТИВНО ДЕЛОВАЊЕ И БЕЗБЕДНОСТ У ПРИРОДНОМ ОКРУЖЕЊУ

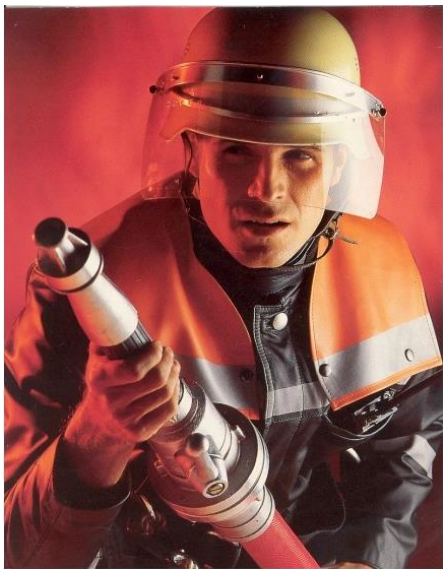
Превентивно деловање око наведених препречује настајање и ширење пожара, као и њихових последица на окружење. То се већином постиже кроз различите факторе, који се већином повезују заједно код свог деловања и то су: топографија окружења, запаљиве материје (елементи) и време. Кроз наведена три фактора могуће је деловати само на запаљиве материје (елементе), тако што се они стално уклањају и тиме смањују могућност за настајање пожара у самој будућности. Најуспешнија превенција је управо освећеност или боље речено људска култура понашања у природи. Неке земље имају захтевније и строже законске основе или програме уклањања, било то сечењем сувог шипражја и дрвећа, најпогоднијег за покретање и ширење ватре. У одређеним местима као што су Филипини, који воде бригу да имају између шума и насељених подручја противпожарну линију, која се протеже на подручју од 5 - 10 метара.

Што се тиче додатног, било каквог одлагања опасних запаљивих материја,

тако да то подручје противпожарне линије мора увек бити чисто. Та подручја се непрестано чисте, како не би било било каквих запаљивих материја преко којих би се пожар могао ширити. Током лета, у посебно сухим периодима, ватрогасци, а и власници, такође организују противпожарне патроле. Неповезано за ту линију превенције, потребно је да и сами код својих кућа направимо ред и заштитимо своје животе, животиње, као и цело богатство пре настанка пожара. Уз све друго, сви чланови домаћинства би морали да знају где се налази главни електрични осигурач, како би га брзо искључили у случају кућног пожара. Велика видљива грешка, коју праве сељаци, јесте да сено дију или постављају у непосредној близини штале у којој хране различите домашње животиње, те често у случају пожара изгоре и животиње, пошто их је од високе температуре пожара немогуће удаљити, односно спасити.

Друга грешка је та, да се код тих сеника не постављају веће посуде са водом за брже гашење почетних пожара, када до њих дође. Чињенично, вода и

јесте најјефтиније и најучинковитије средство за гашење већине пожара, а посебно у природи. Имајући у виду, да почетни пожар можемо погасити и са чашом воде.



Слика 2. Ватрогасац у опреми

4. ЈЕДАН ОД ОПИСАНИХ ЧИЊЕНИЧНИХ ПРИМЕРА ЗА НАСТАЈАЊЕ ПОЖАРА У ПРИРОДИ

Да вас упознам са једном од веома битних чињеница око настанка пожара у природи, лично сам пре писања стручног градива припремио следеће – ставио сам на земљу доњи дебљи комад од стаклене флаше и усмерио га према сунчевим зрацима на спољашњој температури од 39º С, а у року од 30 секунди већ је претходно постављена сува трава на удаљености два метра од стакленог комада почела горети. Наравно, зраци сунца су се преламали од комада дебљег стакла те тако на месту паљења дизали додатну температуру која је узроковала пламен уз друга два пожара услова (горећу материју и кисик уз извор топлоте активиран је пламен) и тако је веома брзо дошло до пожара. Дакле, у природи често излетници пусте стаклене флаше или их чак слупају и сличним поступком долази до пожара. Којим последично за собом остаје велике пожарне штете, а лепоте природе нестају, остаје палежење, истини за вољу ни мало лепа.

5. ЛИТЕРАТУРА

[1] Саша Гајић, Ревија ДВДП, 2005.

[2] Саша Гајић, Ненад Кацијан, Протипожарни приручник у заложби Института Превент, д.о.о Љубљана.

Адреса аутора: проф. Саша Гајић, Стручни протипожарни публициста и прокуриста, Назив институције, Институт Превент, д.о.о , Брнчићева улица 45., Љубљана

е-маил: sasagajic366@gmail.com

Рад примљен: август 2025.

Рад прихваћен: септембар 2025.

БРАНИСЛАВА ПЕРОВИЋ НЕШКОВИЋ
(1920 – 2008)

Водећи истаживач у области
физике јонизованих гасова.
Прва жена директорка у
Институту нуклеарних наука Винча.
Професорка на Електротехничком
факултету у Београду.
Учесница Народноослободилачког покрета
и истакнути политички радник.
Добитница многобројних југословенских
признања и одликовања.

ТЕХНОЛОГИЈА ПОДИЗАЊА ТЕШКЕ КРОВНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ ПРИМЕНОМ ХИДРАУЛИЧНИХ ЦИЛИНДАРА

TECHNOLOGY OF LIFTING A HEAVY ROOF STRUCTURE USING HYDRAULIC CYLINDERS

ДУШАН АРБАЈТЕР[1]
ГРУЈИЦА ЉУБИСАВЉЕВИЋ[2]
[1]Предузеће АРТЕКс, Београд
[2]Друштво инжењера Зрењанин

РЕЗИМЕ

У овом раду приказан је процес подизање тешког бетонског решеткастоа крова са заштитном кошуљицом при изградњи „САВА центра“ – Конгресно концертне дворане у Београду Коришћена је "технологије тешке монтаже" која је ауторско дело „КМГ Трудбеника“. Примењен је хидраулични систем са мноштво кратких једносмерних хидрауличних цилиндара носивости по 100тона. и «уређај за измузгавање». Са тиме је цео процес изградње временски убрзан.. Подизање решеткастог покривеног крова димензија 52,5mx50m, висине 4m и тежине око 3400 тона, на висину од 20 метра, био је тада јединствен и веома велики подвиг у грађевинарству не само код нас већ и у свету.

Кључне речи: технологија тешке монтаже, једносмерни хидраулини цилиндри

ABSTRACT

This paper shows the lifting of a very heavy concrete lattice roof with a concrete protective jacket during the construction of the "SAVA Center" - Congress and Concert Hall in Belgrade. Using the "heavy assembly technology" which is the copyright work of "KMG Trudbenik" and using a hydraulic system with a multitude of short one-way hydraulic cylinders with a load capacity of 100 tons each. and a "milking device", this lifting was completed within the designed time frame. With this, the entire process of building the "SAVA Center" Congress and Concert Hall was accelerated in time..

Lifting a lattice-covered concrete roof with dimensions of 52.5mx50m, a height of 4 meters and a weight of about 3400 tons to a height of 20 meters was at that time a unique and very great feat in construction not only in our country but also in the world.

Key words: heavy assembly technology, one-way hydraulic cylinders

1. УВОД

Велика политичка афирмација 1960-1970. година Београда у свету као и обавеза владе СФР Југославије на коференцији о европској безбедности и сарадњи у Хелсинкију наметнула је идеју о реализацији изградње објекта „САВА

центра“.Овакав комплексни објекат је требало врло брзо изградити, у рекордном року, по тада најстрожијим европским стандардима и критеријумима.

Цео комплекс је урађен по архитектурном пројекту главног и одговорног пројектанта САВА центра дипломираног инжињера архитектуре Стојана Максимовића. Дирекција града Београда је предложила да главни извођач радова буде „КМГ Трудбеник“ из Београда који је уживао велики углед у Југославији и свету као веома успешан комбинат монтажне градње са веома необичним и великим грађевинским подухватима код нас и у свету. Као главни пројектант конструкција је био грађевински инжињер практичар Радомир Михајловић из пројектантског **а** бироа „Драгиша Брашован“ предузећа „КМГ Трудбеник**а**“ из Београда. Он је у старту укључио проверене кадрове, пројектанте конструкција-конструкторе како би у фази пројектовања прилагодили опробаном и иновативном систему монтажне градње објекта. Само таквим начином је било могуће изградити комплекс објек**а**та „САВА центар“ у рекордном временском периоду .

«САВА центар“ чине два основна објекта и то : Пословна зграда (сл.1 и сл.2 поз.1) и Конгресно концертна дворана (сл.1 и сл.2 поз.2) а цео комплекс «САВА центар» је састављен из три спојених система великих објекта:

- „САВА центар“ – Пословна зграда
- „САВА центар“ – Конгресно коцертна дворана
- „ИНТЕРКОНТИНЕНТАЛ БЕОГРАД“-хотел

На приложеним фотографијама је и Хотел Интерконтинтал Београд (сл.1 и сл.2 поз.3)

Слика1. Комплекс „САВА центар“ (1и2) и хотелом Интерконтинетал Београд (3)

Захваљујући примењеним иновацијама, својим усавршеним старим и новим технологијама монтажне градње, пре свега «технологијом тешке монтаже» и другим које су се надограђивале у току изградње. Објекти су завршавани у фазама редом један за другим, пројектованим у специјалној и сложеној динамици изградње, урађени и пуштени у експлоатацију за тада рекордно време - непуне три године.

Међународни, конгресни, културни и пословни „САВА центар“ има око 100.000 m² корисног **а** простора. Био је то тада један од ретких савремено опремљених комплекса високог ранга за организацију великих културних, концертних манифестација са великим изложбеним просторима, холовима, кафеима, безбројним салама и канцеларијским просторима, паркинг просторима и свим пратећим садржајима потребним за те сврхе.

Објекат - Конгресно концертна дворана (сл.1 поз 2, сл.2 поз 2 и сл.3) је са улазне стране налик зарубљеној пирамиди из бетона, челика и стакла. Његова изградња је трајала непуних 10 месеци, започета 1977 а завршена 1978 године.

Слика 2. САВА центар Конгресно концертна дворана под бројем 2

Слика 3. САВА центар –Конгресно концертна дворана

У њему се налази велика конгресно концерна дворана са галеријом са око 4000 места, две конференцијске сале са по 400 места, салони, четири снек бара, одређени број канцеларија и помоћних садржаја **простора** као и два велика фоајеа за изложбе или пословно пропагандне манифестације. Укупна корисна површина објекта је 27000m². Позорница-бина је правоугаона површине 556 m² и димензија 34,5 x16,12 m а висине 34,5mи вишља је од крова дворане за скоро 10 m. Ови податци довољно говоре о величини огромне сцене а самим тим и објекта (сл.3).

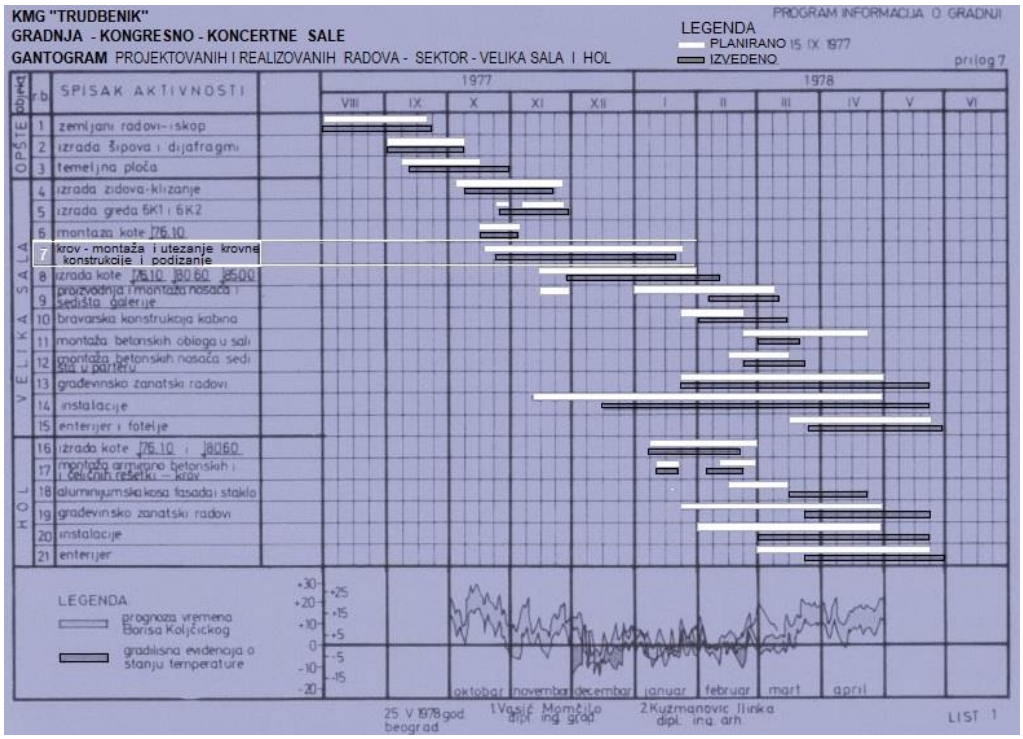
И овом раду је показана израда бетонске утегнуте просторне решеткасте конструкције, носача крова и његово подизање у сложеном и великом објекту према технологији монтажне градње фирме „КМГ Трудбеник“. Она је специјално за ту градњу разрадила и у пракси применила иновативне системе монтажа и тешке монтаже због економског ефекта који је остварен повећаном брзином изградње.

2. ИЗГРАДЊА

При изградњи објекта ради убрзања радова и постизања задате динамике изградње, извођач радова „КМГ Трудбеник“ из Београда је применио и усавршио свој систем монтажне градње као и своје нове технологије тешке монтаже користећи до тада веома велико стечено искуство у таквим пословима.

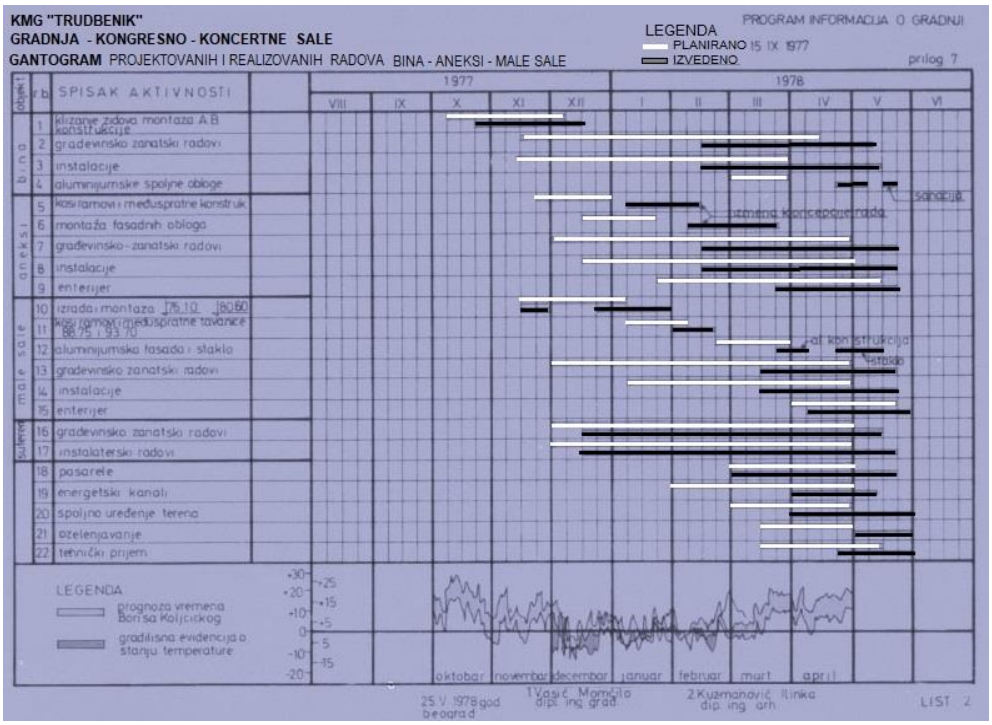
1. Технологију за такав систем тешке монтаже урадио је пројектни биро „Драгиша Брашован“ фирме „КМГ ТРУДБЕНИК“'-а са главним технологом дипломираним грађевинским инжињером Момиром Краставчевићем који је у договору са генералним директором дип.грађ. инг. Јевђевић Миодрагом ангажовао најаче стручне кадрове, како у самом пројектовању тако и оперативно на самом градилишту где су се изводили грађевински радови.

Управник градње на објекту био је искусни грађевински инжењер-оперативац Момчило Васић. Истовремено по разрађеним цртежима монтажних елемената одмах је и започела производња истих у службама припреме производње и у погонима предузећа „КМГ Трудбеника“. Монтажни бетонски елементи су се производили у Фабрици бетонских елемената „Мирко Томић“ а део тешких и великих бетонских монтажних елемената радио се на лицу места на већ припремљеним бетонским пистама и унутар објекта са неопходним припремљеним оплатама које је урадио биро припреме тесарског погона.



Слика 4. Гантограм пројектовања и извођења радова на изградњи велике сале и хола 4

Добрим планирањем на основу података из геофизике тла, расположиве технике за градњу и подизање терета, временских услова, количине радова и др. урађени су гантограми за изградњу велике сале и хола (сл.4) као и бине, анекса и мале сале(сл.5) који су се у току градње максимално поштовали јер је рок за изградњу овог објекта износио 10 месеци од почетка ископа што је отежало израду гантограма радова.



Слика 5. Гантограм пројектовања и извођења радова на изградњи бине, анекса и мале сале

Различитим конструктивним решењима као и различитим организационим поступцима у производњи, изградњи и монтажи објекат је подељен на следеће секторе:

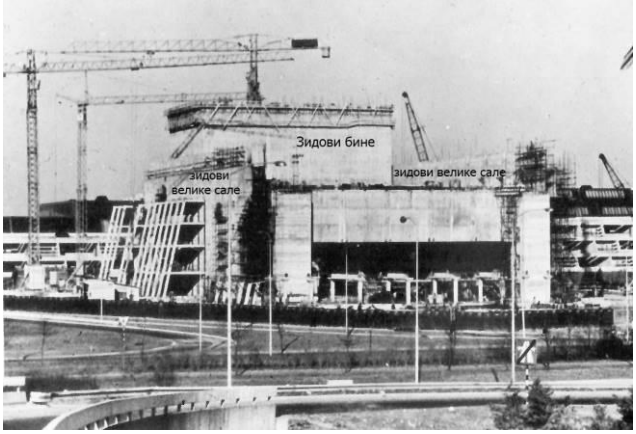
- сектор хола
- сектор велике сале
- сектор бине
- сектор бочних анекса
- сектор малих сала
- сектор радова у подруму

Сваки сектор је имао **је** свог**а** руководиоца, потребно особље и раднике.

Организација производње бетонских елемената са израдом оплате је била посебна организациона јединица.

Због веома краткога рока изградње, паралелно су се изводили припремни радови, послови пројектовања и грађења и то по систему организације рада доказаним на предходном објекту «САВА центар» –пословна зграда. Направљен је мрежни план, систем синхронизације послова извођача и подизвођача за унутрашње и спољне радове, и њихово фазно увођење у току изградње. Сарадњом архитекта и конструктера „КМГ Трудбеника“ усавршен је поступак и начин градње који је довео до извођења најпоузданије монтажне преднапрегнуте конструкције. Остварено је конструктивно решење које је дозвољавало израду монтажних елемената префабрикацијом у погонима и на лицу места. Са овим се обезбедило и време и брзина градње што је довело до испуњења динамике и тражених рокова извођења радова.

Захваљујући стручно урађеним плановима градње и сталном праћењу гантограма (мрежном плану градње) савршено је димензионисана радна снага као и сва потребна опрема, количине материјала и специфична одговарајућа механизација.



Слика 6. САВА центар – Конгресно концертна дворана у изградњи

При пројектовању посебна пажња је усмерена на коришћењу што већег обима префабрикованих монтажних бетонских елемената. Код грађења је вођено рачуна да се што више механизује процес рада и унутрашњег**а** транспорта. Због наступајућег зимског периода изградње ради квалитетног и бржег постизања пројектоване марке бетона монтиране су две котларнице за производњу водене паре.Поред таквог начина израде бетона, бетон се грејао и помоћу електро каблова.

После фундирања терена са око 10.000m бушених „FRANKI“ шипова и израде 1500 m² дијафрагми дебљине зида 80cm уграђен је дренажни систем са дубоко спуштеном црпном станицом.

Бетонирана је темељна плоча и урађени су подужни бетонски зидови велике сале и зидови бине као и лифтовска бетонска језгра у холу са коришћењем клизајућих оплата (сл.6) која је често коришћене у „КМГ ТРУДБЕНИК“ -у због уштеде у времену и ресурсима.

3. ИЗРАДА БЕТОНСКЕ МОНТАЖНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ КРОВА ВЕЛИКЕ ДВОРАНЕ И ПОДИЗАЊЕ НА ВИСИНУ 20М

Бетонски монтажни кров 52.5mx50m велике дворане, је склоп из више великих бетонских решеткастих носача спојених међусобно бетонским гредицама на одређеном растојању са кровном бетонском изолацијом термо облогом и са хидроизолацијом.

Бетонски решеткасти носачи су висина 3,7m и дужина 45m, осим два крајња дужине 51,85m. Тежина једнога бетонскога решеткастога носача је 33 тоне. Због тако великих димензија они су изливани на лицу места у дужинама од 3,75m по специјалној методи у хоризонталном положају и то један изнад другога унутар објекта изнад коте подрума. За испуне – су се користили префабриковани бетонски штапови које су изливани у фабрици Мирко Томић и који су на градилишту монтирани у оплати горњег и доњег појаса решетке спајаних арматуром и која је утезањем постигла уједначену целину.

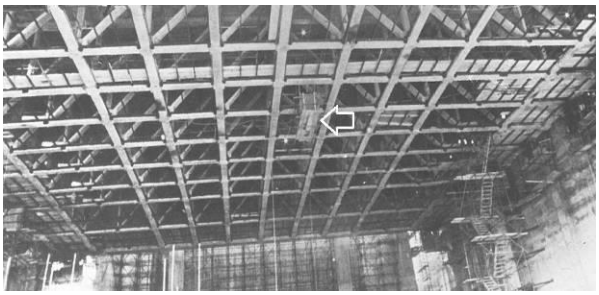
Слика 7. Носач крова -Бетонска утегнута просторна решетка висине 3,7 м пре подизања

Спајањем и преднапрезањем уздужно у усправном положају тако добијених елемената бетонскога решеткастога носача, дужина 3,75m и висина 3,7m по 12 ком, формиран је бетонски решеткасти носач дужине 45m. Приликом израде бетонског решеткастог носача, посебно је посвећена пажња квалитету израде и обраде видљивих површина.

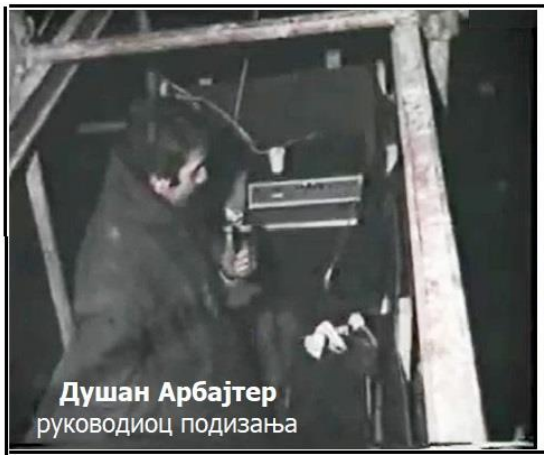
Паралелним постављањем свих ових бетонских решеткастих носача дужина 45m на пројектованом међусобном растојању и повезивањем између са бетонским гредицама **на** у чворним местима бетонских решетки добила се бетонска просторна утегнута решетка или дргачије речено кровни носач (сл.7). Нормално сва чворна места са бетонским гредиацама су после утезања заливена бетонским раствором.

На горњој страни бетонског кровног носача је урађен бетонски кровни термо покривач и покривен првим слојем хидроизолације.Тако формиран бетонски крова са бетонским кровним носачем јебио тежине око **3300 тона**. У току подизања односно одизања крова око 2m изнад плоче подрума у простор кровне просторне решетке додата је и опрема чиме је тежина крова достигла **3400 тона**.

Дизање крова је омогућило паралелне радове на Анексима и подрумској етажи.



Слика 8. Поглед одоздо на кровну бетонску просторну решетку, приликом подизања -стрелицом је означено радно место у центру крову руководиоца операције подизања



КОМАНДНО МЕСТО руководиоца за подизање бетонског крова на висећој окаченој платформи испод бетонскога просторнога решеткастога носача крова

Главни руководиоц за подизање бетонскога крова тежине **3400 тона** је дипломирани грађевински инжињер - конструктер Арбајтер Душан са већ стеченим искуством у подизању и учествовању у пројектовању по "технологији тежке монтаже".

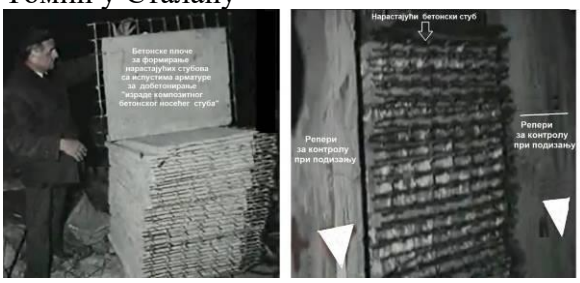
Везу са операторима - руковациома хидрауличних пумпних агрегата остваривао је преко радио станице и пиштаљком. Поред тога поседовао је двоглед и батеријску лампу, јер се дизање обављало ноћу при чему је требало пратити репере на свим стубовима и равномерност подизања. Прекидање подизања обављао је пиштаљком.

Слика 9. Висећа платформа окачена испод просторног решеткастог утегнутога носача Радно место руководиоца подизања сложене бетонске конструције крова

Унутар кровнога бетонског просторног утегнутог решеткастог носача постављене су монтажне стазе за особље које је у току подизања пратило понашање чворних веза кровнога решеткастога система(сл.8) и ситем за подизање. У непосредној близини стубова и уређаја за подизање окачене су висеће монтажне платформе за особље које је вршило сервисирање и евентуално оправљање система за подизање, као и уградњу бетонских плоча.

У центру испод бетонске просторне решетке, окачена је отворена конструкција - платформа, радно место за руководиоца подизања (сл.9). Његов задатак је био командовање процесом дизања, осматрање свих места и репера у току подизања, осматрање кретања комплетне кровне конструкције и давање команде подизања и заустављања пиштаљком у случају неравномерног дизања или кретања конструкције у хоризонталном и вертикалном правцу..Он је био најдоворније лице у току процеса подизања.

Стубови, који су носили бетонски кров (налазили су се унутар удубљења у бетонским зидовима), као и стубови који су носили једносмерне хидрауличне цилиндре (ПАН пресе) за подизање са уређајем за измузгавање. Сви ови стубови су рађени са „методом нарашћивања“ у току дизања крова. Нарастање стубова је вршено уграђивањем специјалних идеално равних бетонских плоча дебљине 40 mm тежине око 60kg (сл.10) једне изнад друге формирајући стубове сво време у току подизања, односно достизања одређене висине хода цилиндра за дизање. На бетонским плочама са три стране су испусти арматура која се користила приликом добетонировања вертикалних страница стубова дању, чиме се постизало монолитно спајање свих уграђених плоча у континуирану целину бетонских стубова (сл.10). Све ове бетонске плоче изливене су у строго контролисаним металним оплатама у фабрици Мирко Томић у Сталаћу

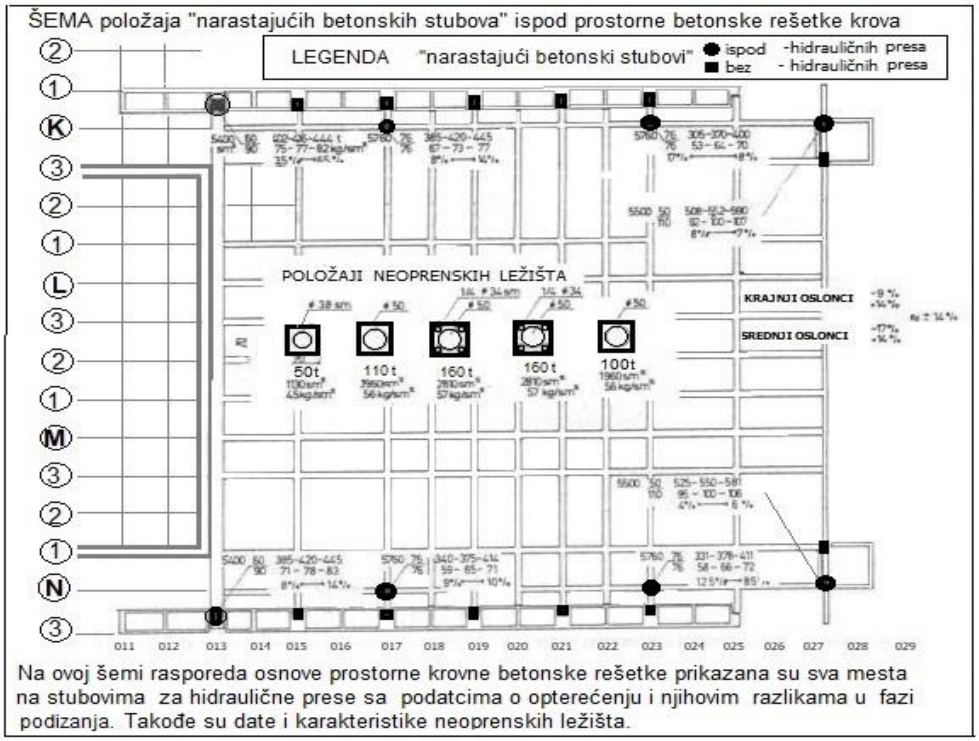


Сл.10 Главни технолог дип.грађ.инг. Момир Краставчевић поред бетонских плоча једнаких дебљина, тежине сваке 60 кг и испустима на њима арматуре за добетонировање.На другој слици су репери за праћење подизања

Четри таквих нарастујућих стуба су морала бити урађена, на растојању од 1,8 м од бетонског зида велике дворане. Због

вертикалне стабилности могућности пријема носивости и момената при подизању, они су додатно осигурани са металним везама са бетонским зидом и утегнути за њега на сваких 3 метара по висини.

На слици 11. шематски су показана места ослањања кровнога решеткастога носача после свакога процеса подизања бетонскога крова и измузгавања,као и места ослонаца хидрауличнх преса за подизање и измузгивање На месту уз бетонске зидове бине у оси 13 су оба носећа нарастајућа стуба са једне и друге стране и за подизање и прихватање носача крова.



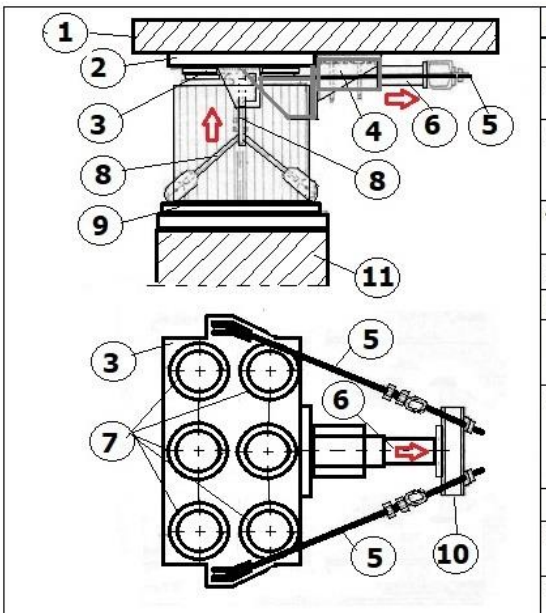
Слика 11. Шема ослонаца за постављања преса за дизање испод бетонскога крова са оптерећењима и ослонцима за ослањање бетонскога крова после измузгавања

Због неуједначеног оптерећења бетонскога крова (бетонских решеткастих носача, опремом на њему и бетонским кровним покривачем) у току прорачунавања одређено је осам места нарастајућих бетонских стубова (сл.11) за ношење хидрауличних цилиндара (ПАН преса). Укупно је било предвиђено и коришћено 48 ком хидрауличних цилиндара (ПАН преса) од којих је свака носивости 100 тона и ходом од 10 сантиметара. Хидраулични цилиндри (ПАН пресе) и хидраулични пумпни агрегати је опрема шроизведена у институту ИМС. На пумним агрегатима додатни су допунски резервоари за хидраулично уље због снадбевања већег броја једносмерних хидрауличних цилиндара (ПАН преса) повезаних са њима. Радни притисак у хидрауличној инсталацији је био 350 бара.

Због немогућности сопственог хода–спуштања хидрауличнога клипа на постављеним хидраулучним цилиндрима једносмернога дејства (ПАН пресама) без утицаја спољнега дејства на клипу конструисани су и уграђени уређаји за спуштање клипова и истовремено подизање (ПАН преса) коме су у жаргону дали име «уређај за измузгавање» (сл.12). Ови уређаји су монтирани на свим радним местима за подизање у склопу са постављеним хидрауличним једносмерним цилиндрима (ПАН пресама).

Уређај су коструисали и урадили за ту сврху грађевински инжињери конструктери са колегама из машинске струке. Намена уређаја је двострука и то:

- Присилно спуштање под прииском хидрауличних клипова при чему се хидраулично уље извлачило из цилиндара и враћало у резервоар пумпног агрегата
- Истовремено подизање тих хидрауличних једносмерних цилиндара (ПАН преса) ради ослобађања места за нарашћивање бетонског стуба под њима и наставка операције подизања бетонске решеткасте кровне конструкције.



Легенда:	
1.	Бетонска кровна решетка
2.	Челична плоча везана за бетонску кровну решетку
3.	Горња челична плоча са везним делом за полуге система за спуштање клипова хидр. цилиндара (ПАН преса) за подизање
4.	Челични конзолни носач хидрауличног цилиндра двосмерног дејства
5.	Штелујуће зглобне полуге
6.	Хидраулични цилиндар двосмерног дејства
7.	Хидраулични цилиндри једносмерног дејства (ПАН пресе) за подизање
8.	Полужни механизам за вертикално подизање доње челичне плоче са хидрауличним цилиндрима једносмерног дејства (ПАН пресама)
9.	Доња челична плоча
10.	Предњи кутијасти носач полуга и упор за клип двосмерног хидраулучног цилиндра
11.	Бетонски нарастајући стуб из бетонских плоча дебљине 40 mm

Уређај за истеривање хидрауличног уља из хидрауличних једносмерних цилиндара (ПАН преса)-поступак "измузгавања" после подизања терета

Слика 12. Уређај за присилно извлачење хидрауличног уља и подизања хидрауличних преса

Тај уређај је дозвољавао приликом завршетка издизања и прихватања бетонскога крова на ослоне стубове. после свакога максималнога хода клипова, ослобађање терета на хидрауличним ПАН пресама и могућност даљег подизања бетонског крова, после уметања бетонски плоча испоф преса и нарашћања стуба.

Процес «Измузгавања» жаргонска реч је по урађеном уређају назван процес који настаје после свакога обављања операције подизања терета, истеривањем клипова хидрауличних цилиндара на одређену задату висину (у овом случају максимално 10 cm). Као прво: Врши се осигурање те висине постављањем бетонских плоча(сл.10) у празном простору постигнутим подизањем, испод места за ослањање бетонског кровног носача а изнад нарастујућег стуба за ношење.

После тога са уређајем за «измузгавање», врши извлачење уља из хидрауличних цилиндара (ПАН преса) чиме се постиже спуштање њихових клипова и добија могућност за даље подизање са истовременом њихових подизања за висину увучених клипова. Затим се испод доње металне плоче (сл.12 поз.9) убацују додатне бетонске плоче (сл.10)до висине коју дозвољава налегајућа кровна конструкција, односно висине нарастајућих носећих стубова. Ова операција је услов за даље подизање.

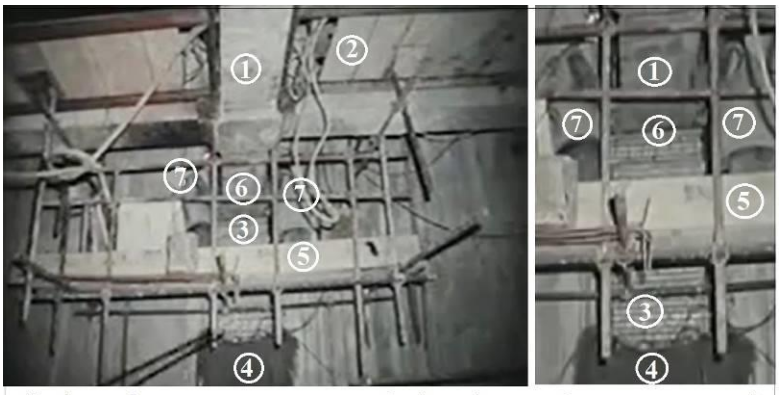
На основу израчунатог оптерећења одређен је број једносмерних хидрауличних цилиндара (ПАН преса)

носивости по 100тона, по местима за подизање, Због различитог оптерећења бетонске решеткасте кровне конструкције разликовао се и број комада од места до места.. Највише је.једносмерних хидрауличних цилиндара (ПАН преса) и то 8 ком (сл,13) је било постављено на стубу код бине (сл.11 у оси13), затим на стубу код лифта 6 ком, и по 4 ком на стубовима удаљеним од бетонских зидова по 1,8 m а унутар бетонских зидова са једне стране и паралелно томе са друге стране (сл.11). уз други зид. Тако су распоређена 48 ком (ПАН преса) хидрауличних цилиндара. Са њима са сваком скупином цилиндара је био повезан по један пумпни агрегат. Укупно је било ангажовано 8 ком пумпних агрегата.

Слика 13. Скупина од 8 хидрауличних ледносмерних цилиндара (ПАН преса) ИМС на једном месту са максималном висиним подизања 100 mm и носивости 100 tona по преси

Испод хидрауличних Пан преса, ради обезбеђења лошег утицаја одизања и неравномерности у току подизања, постављана су неопренска лежишта. То су деформабилни елементи за пренос оптерећења са хидрауличних преса на бетонски стуб које регулишу захтевани притисак на стубу. Међу собом се типски разликују и примењивани су према препоруци технолога.

Подизање је вршено ноћу. при спољним температура до око -15° степени што је још посебно отежавало рад хидрауличнога система због повећања густоће хидрауличног уља. Ради малога хода хидрауличних преса, њиховог премештања више пута, нарастања стубова и сложености таквога начина подизања, процес се одвијао споро у границама могућности опреме. Сваке ноћи подизање крова се остваривало од 0,9m до 1,5m . После свакога завршеног процеса подизања и измузгивања уграђиване су бетонске плоче (сл.10 и 13) на свим постојећим носећим и прихватним стубовима при чему су бетонски стубови „нарастали“. Са тиме су они били спремни за даље подизање. Дању су те додатне бетонске плоче на нарашћеним стубовима (сл.10 и 13) добетонирани по вертикали са две или три стране чиме су стубови постајали компактнији и јачи.



Уграђивање бетонских додатних плоча на стубове"нарашћивање стубова после измузгивања"
1. кровни носач - бетонска просторна утегнута решетка
2. дашчана стаза за раднике на контроли кровне решетке у току подизања
3. уграђене бетонске плоче за нарастање бетонскога стуба
4. добетонирани арматутурни завршетци бетонских плоча за нарастање бетонских стубова
5. радна платформа за раднике који уграђују бетонске плоче за нарастање стубова
6. место ослањања бетонског просторног кровног решеткастога носача
7. Радници који уграшђују бетонске плоче за нарастање бетонских стубова

Слика 14. Нарашћивање бетонских стубова убацивањем бетонских плоча намењених за то

Главни руководиоц подизања је пре почетка морао визуелно да исконтрилише сва места и тек након подизања белих заставица руковаоца пумпних агрегата да изда команду дизања. У току процеса подизања је визуелно посматрао репере (сл.10) на зидовима испод крова и на тај начин пратио равномерност подизања. У случају било каквог одступања пиштаљком је прекидао даље подизање и тек након отклањања примећеног одступања или решавања насталога проблема ндавао команду о наставку подизања.

Због неравномерности рада – неповезаности хидрауличним или каквим другим машинским путем свих пумпних агрегата и хидрауличних ПАН преса, дешавало се и хоризонтално померање крова до 4 сантиметара што је захтевало изналажење начина његовог враћања и одузимало време.

Слика 15. Фото „САВА центра – Конгресно коцертне дворане“

Слика. 16 САВА центар Пословна зграда и Конгресно концертна дворана повезане са топлом везом

Бетонски кров тежине 3400 тона је подигнут за приближно 19 дана на висину од 20m, подизање је започето 31.12.1977 године а завршено 19.01.1978 годне. Био је то веома велики ударнички подвиг у оно време а и светски подвиг у тежини подизања са таквом опремом (сл.15 и сл.16).

4. ЗАКЉУЧАК

Ово је био највећи подухват у то време не само у тадашњој Југославији него и у Европи поготово што је тада компјутерска техника била у зачетку, као и техника подизања, праћења подизања и контроле подизања са навођењем, тако велике и тешке бетонске кровне конструкције. Праћење подизања и контрола је вршена визуелно, методом осматрања маркерних мерних места, репера на стубовима.

Из приложенога се види да је то био један врло сложени посао који је захтевао велику припрему, обученост људи, и првенствено веома опасан посао рад на висини, за који је требала и велика концентрација и тимски рад људи веома стручних људи.

Рад на подизању је обављан искључиво ноћу, спољна температура је била нижа што је додатно оптрећивало подизање. Оптерећење је било неуједначено као и само подизање јер техника за подизање није била у могућности да отклони те недостатке. Опрема се састојала из већег броја самосталних погонских јединица-пумпних хидрауличних агрегата од којих је свака напајала по неколико хидрауличних пан преса. Њихова повезаност, хидрауличним путем није постојала. Сваки почетак рада истовременога подизања зависио је од тренутка укључивања ручица на пумпном агрегату од стране руковаоца. Пумпни агрегати били су разуђени по целој површини испод бетонског кровног просторнога решеткастога носача, и распоређени у непосредној близини места за подизање сваке скупине хидрауличних пан преса.

Подизање се обављало са хидрауличним пресама за утезање које су имале једноструко дејство(извлачење клипа), за разлику од хидрауличних цилиндара који имају двојно дејство – извлачење и увлачење клипа. Ради отпуштања. увлачења клипова на хидрауличним пан пресама конструисан је специјални уређај или опрема , која је добила име „опрема за измузгивање“. Таква опрема је била саставни део свих скупина хидрауличних пан преса.

Време подизања се кретало од 8 до 10 часова, за висине од 1 до 1,5 метара, због веома малога хода (максимални је 10 cm) хидрауличних клипова на пресама за подизање.

Огромна пажња је морала бити посвећена и евентуалном бочном кретању при неравномерном подизању. Услед неравномерности хода подизања и евентуалног бочног кретања бетонског крова, могао је да се део бетонске кровне конструкције упре о бетонске зидове или стубове и дође до заклињавања подизања услед настале допунске силе атхезије међу њима.

Немогуће је било све ово обухватити планирањима али захваљујући руководиоцима са великим искуством су се многе ствари решавале на лицу места.

При пројектовању монтажних бетонских елемената посебна пажња је посвећена расположивом носивости мобилне грађевинске технике – аутодизалица и торањских дизалица који су били на располагању. Додатни напор чинио је и дуги зимски период са дневним температурама до -15° степени.

Захваљујући веома доброј организацији, пожртвованим стручним кадровима са великим ентузијазмом ка томе послу и упорношћу уз јако добру предходну припрему са евентуалним сагледавањем проблема који могу настати и могућим решењима, уз праћење рада по мрежној динамици са укључењем свакога подизвођача у планирано време објекат је завршен у веома краткоме предвиђеноме планираноме року.

Надзор радова у току израде грађења и монтаже вршили су и архитекте, статичари, пројектанти и конструктери који су тиме и пратили своје пројекте. Њихови објекти и данас стоје као сведоци тог времена.

5. ЛИТЕРАТУРА

[1] Проспектно-технолошка документација „КМГ ТРУДБЕНИК“

[2] „САВА центар у Београду“, Београдски издавачки графички завод

[3] „КОНГРЕСНИ ЦЕНТАР САВА У БЕОГРАДУ“, Дирекција за изградњу и реконструкцију Београда

[4] „САВА ЦЕНТАР Београд“, издавач САВА ЦЕНТАР, Београд

[5] Књига «Фабрика бетонских елемената Мирко Томић» аутора Грујице Љубисављевић издање 2025

[6] Техничка документација и фотографије дип.грађ.инг Момира Краставчевића

[7] Филм о Изградњи САВА центра - конгресне дворане аутора дип.грађ инг.Момира Краставчевића

[8] Техничка документација и фотографије дип.грађ.инг. конструктера Душана Арбајтера

Адреса аутора: Душан Арбајтер, дипл.инж.грађевине, Предузеће АРТЕКс, Београд, Србија

е-маил: svabonez@gmail.com

Рад примљен: септембар 2025.

Рад прихваћен: септембар 2025.

AGREKOLOŠKI ASPEKTI INDUSTRIJSKOG KOMPOSTIRANJA U PRESEKU I MOGUĆNOSTIMA ZATVARANJA CIKLUSA PROCESOM FITOREMEDIJACIJE

AGRO-ECOLOGICAL ASPECTS OF INDUSTRIAL COMPOSTING IN CROSS-SECTION AND POSSIBILITIES OF CLOSING THE CYCLE THROUGH THE PHYTOREMEDIATION PROCESS

GELERT GLIGOR[1]
MILANA DRAŠKOVIĆ[2]
DANIJELA JAŠIN[2]

[1]Regionalna deponija Subotica, Bikovački put 280, Subotica-Bikovo, Srbija
[2]Visoka tehnička škola strukovnih studija u Zrenjaninu

REZIME

Količina proizvedenog biorazgradivog otpada u toku upravljanja komunalnom otpadom ima značajan negativni uticaj, opterećenje na životnu sredinu. U sastavu komunalnog otpada pretežno dominira organski otpad. Pored značajnog napretka u oblasti zakonodavstva i tehnološkog tretiranja bio-otpada, veliki procenat organskog otpada završava na deponijama, gde se nastavlja proces aerobne razgradnje što izaziva povećavanje količine emitovanih štetnih gasova u atmosferu, kao i efekat staklene bašte, koja kasnije uzrokuje globalne klimatske promene. U cilju smanjenja negativnog uticaja aerozagađenja i nekontrolisanog opterećenja zemljišta, industrijsko kompostiranje je jedan od vidova rešenja, jer tehnološki omogućuje pretvaranje bio-otpada u koristan biološki produkat. Dobijeni kompost sa stabilizovanom strukturom i nutrijentom vrednošću oplemenjivanja zemljišta ima mogućnost upotrebe u širokom spektru agrara, dok energetske biljke sa sposobnošću fitoremedijacije opcionalne su za zatvaranje ciklusa i poboljšanje kvaliteta devastiranih zemljišta.

ABSTRACT

The amount of biodegradable waste produced during municipal waste management has a significant negative impact, a burden on the environment. The composition of municipal waste is dominated by organic waste. In addition to significant progress in the area of legislation and technological treatment of bio-waste, a large percentage of organic waste ends up in landfills, where the process of aerobic decomposition continues, which causes an increase in the amount of harmful gases emitted into the atmosphere, as well as a greenhouse effect that causes global climate changes. In order to reduce the negative impact of air pollution and uncontrolled soil loading, industrial composting is one of the types of solutions, because technologically it enables the conversion of bio-waste into a useful biological product. The resulting compost with a stabilized structure and nutrient value for soil improvement can be used in a wide range of agriculture, while energy plants with the ability of phytoremediation are optional for closing the cycle and improving the quality of devastated soils.

Ključne reči: Stabilizovani mulj, kompostiranje, fitoremedijacija, agrohemijska analiza zemljišta

Key words: Stabilized sludge, composting, phytoremediation, agrochemical soil analysis
.

1. UVOD

Regionalni sistemi upravljanja komunalnim otpadom prema Strategiji upravljanja otpadom u RS [1] koji je usvojen 2003. godine, predstavlja optimalno rešenje za sanitarno odlaganje otpada za oko 200.000 stanovnika. Aglomeracija subotičke oblasti predstavlja regionalizaciju otpada: prikupljanja, tretiranja i odlaganja sa teritorije sedam lokalnih samouprava. Na osnovu Plana detaljne regulacije (PDR) za lokaciju Regionalne deponije komunalnog otpada u Subotici a u skladu sa Direktivom 1991/31/EC [2] koja usmerava na smanjenje i postepenu zabranu odlaganja biorazgradivog otpada na deponije, izrađena je projektno - tehnička dokumentacija za izgradnju industrijskog kompostilišta zatvorenog tipa [3]. Tehnologija omogućuje da proizvedeni kompost odgovara Evropskim standardima [4] za pripremu komposta, i da može da se upotrebi posle procesa akreditacije kao đubrivo za oplemenjivanje zemljišta [5, 6]. Pored mogućnosti korišćenja na tržištu kao biološki produkat, znatna količina komposta može da se iskoristi za proizvodnju i gajenje brzo rastućih energetskih biljaka sa fitoremedijacijskim sposobnostima. Taj aspekat održava agro - ekološku ravnotežu tla, i pozitivno utiče i poboljšava kvalitet zemljišta [7].

2. OPIS TEHNOLOGIJE I PROCES KOMPOSTIRANjA

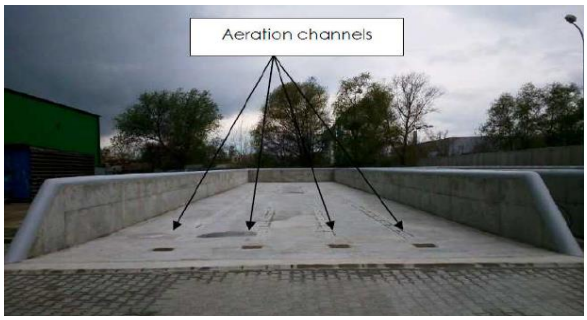
Industrijsko kompostiranje je kontrolisana transformacija: raspadanje organskih materija pomoću mikroorganizama (bakterija i gljiva) u stabilan humusni materijal, tamno braon ili crne boje, koji ima miris zemlje [8,9].

Tehnološki proces kompostiranja biorazgradivog otpada je podeljen u sledeće tehnološke korake:

A.) Isporuka i potvrđivanje količine otpada, ili kompostne sirovine: primljeni otpad koji ulazi u proces kompostiranja, treba da se meri i registruje u SCADA sistemu (softveru) sa pripadajućim indeksnim brojem iz kataloga otpada i procentualnim udelom, ukoliko se radi o smeši.

B.) Mehanička priprema, drobljenje i mešanje otpadne sirovine: tokom pripreme sirovina osnovno je obezbeđenje optimalne veličine zrna kako bi se osposobila adekvatna struktura smeše sa odgovarajućim procentom vlage. Pomoću prevrtača kompost masa se homogenizuje. Posle procesa mehaničke pripreme, početna biomasa se utovarivačem unosi u kasete za kompostiranje, a u isto vreme pripremi se upravljački sistem SCADA, za praćenje procesa.

C.) Biološko tretiranje komposta (faza 1,2): Proces se odvija u zatvorenoj tehnologiji – boksovima (slika 1), ili prizmama koje imaju bočne betonske zidove (25 m x 6 m). U tehnološkoj celini predviđeno je ukupno 14 boksova sa ukupnim projektovanim godišnjim kapacitetom od 20.000 t/god.



Slika 1. Boksovi-kasete za kompostiranje

Svaki boks ima dva kanala sa perforacijama kroz koju se uduvava vazduh pomoću ventilatora i kroz koje se odvodi procedna voda iz mase koja se kompostira. Aerisanje se tokom trajanja ciklusa tretmana, vrši u skladu sa podešavanjima u SCADA softveru. U boksove se utovara pripremljena

smeša i nakon toga prekriva GORE®Cover pokrivačem, ispod koje će se odigrati proces kompostiranja. Termometar, uboden u kompostnu strukturu, prati temperaturu mase u 3 tačke dubine i služi kao pokazatelj procesa kompostiranja u određenom vremenskom intervalu. Aerobno kompostiranje razvija značajnu količinu toplote (do 85°C) i velike količine CO_2 i vodene pare koji se otpušta u atmosferu [10]. Gubici težine mase usled pomenutih gubitaka mogu dostići 50% od težine početne sirovine [11,12]. Predloženo trajanje tretmana u prizmama je 42 dana u dve faze. Termofilna (intenzivna) faza, koja uključuje i sanitizaciju i stabilizaciju, u trajanju od 28 dana, i drugu fazu tretmana - fazu stabilizacije u trajanju od 14 dana [13]. Procedna voda iz procesa, sakuplja se u sabirnom bazenu, i ponovo je upotrebljiva za vlaženje smeše, ukoliko proces zahteva. Na slici 2 je prikazan poluzatvoreni sistem kompostiranja sa semipermabilnom membranom.

Slika 2. Poluzatvoreni sistem kompostiranja sa semipermabilnom membranom

D.) Mehanički, ili post-tretman: prosejavanje obuhvata otvaranje i pražnjenje boksa, proces zrenja komposta i prosejavanje. Nakon isteka 42 dana procesa kompostiranja, kompost se istovara iz boksa. Prosejavanje se vrši sa roto-sitom, i odstranjuju se strani predmeti, nečistoće i nerazgrađen materijal.

E.) Skladištenje – Kompost se čuva na čvrstoj podlozi i pod krovom (slika 3.).

Slika 3. Kompost

3. PROIZVODNjA KOMPOSTA I PRIHRANjIVANjE ENERGETSKIH ZASADA U PROCES FITOREMEDIJACIJE

Upotreba biljaka (direktno ili indirektno) za sanaciju kontaminiranog zemljišta ili vode poznata je kao fitoremedijacija. Ova tehnologija se pojavila kao isplativiji, neinvazivniji i javno prihvatljiviji način za rešavanje problema uklanjanja zagađivača iz životne sredine [14]. Svojstva energetskih biljaka je da se dobro razvijaju i pod teškim uslovima (devastiranim, ili nekvalitetnim zemljištama), brzo napreduju, i godišnjim ciklusima proizvode značajne količine biomase. S obzirom da ove vrste imaju veliku akumulativnu moć nutrijenata, u zemljište pre sadnje je uzoran stabilizovan mulj iz postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda Subotice. Pored proizvodnje biomase, energetske biljke značajno smanjuju i akumuliraju postojeće ekotoksične hemijske elemente u tlu, emisiju štetnih gasova pospešuju i održavaju ravnotežu biodiverziteta na lokacijama gde je zemljište zagađeno [15,16].

4. EKSPERIMENTALNI DEO

Koncipiranje ciljeva eksperimentalnog dela je sledeće:

- istraživanje mogućnosti poboljšanja alternativne energetske efikasnosti brzo rastuće energetske vrbe (*Salix viminalis*)
- alternativna mogućnost proizvodnje biomase, koja može poslužiti kao sirovina u procesu kompostiranja u smeši sa

muljem sa prečistača komunalnih otpadnih voda.

- monitoring energetskih zasada
- agroekološka (hemijska) ispitivanja i utvrđivanje kvaliteta zemljišta, komposta u cilju korišćenja u agrarne svrhe. *Salix viminalis*, ili energetska vrba je drveno, žbunasta biljka koja raste i do 3 cm dnevno, a životni vek i do 25-30 godina. Sadnice su podignute na lokaciji Regionalnog centar za upravljanje otpadom Subotica na površini od 1 ha (slika 4).

a) b.)

Slika 4. a.) Parcela za sadnju i b.) sadnice

U februaru 2021. godine pre sadnje započeta je priprema odabrane parcele zemljišta. Anaerobno stabilizovan mulj sa prečistača komunalnih otpadnih voda je zaoran u zemljište. Sadnja reznica je izvršena nakon pripreme tla u aprilu. Zasad je (slika 5.) tretiran herbicidom protiv širokolisnih korova sa Clopiralyd-om u koncentraciji 3 dl/ha, i uskolisnih korova sa Propakizafop-om u koncentraciji 1l/ha, što je ponoviljeno nakon 3 meseca. Herbicid je raspršen sa dronom, a kasnije u letnjem periodu uspostavljen je sistem za navodnjavanje (kap po kap).

Slika 5. Plantaža energetske vrbe

Agroekološka ispitivanja zemljišta pre sadnje izvršena su na tri lokacije. Na delovima parcele gde je izvršeno đubrenje, na neđubrenom delu, i na lesu. Uzorci zrmljišta su uzeti sondom sa dubina 0-30 cm, 30-60 cm i 60-90 cm. Na slici 6., prikazana je mapa sa tačkama uzorkovanja.

Slika 6. Mapa sa tačkama uzorkovanja

Tokom ispitivanja agrohemijskih osobina zemljišta, vršene su analize u pogledu sadržaja mineralnog azota, vlage, makro i mikro elemente i ekotoksične materije u akreditovanoj laboratoriji Instituta NS Seme iz Novog Sada po referentnim metodama. Pored agrohemijskog ispitivanja zemljišta paralelno je vršeno ispitivanje i fizičko-hemijskog sastava komposta u cilju utvrđivanja kvaliteta i kategorisanja za dalju poljoprivrednu namenu.

5. REZULTATI I DISKUSIJA

Egzaktni podaci pokazuju jasnu razliku između đubrenog dela, neđubrenog dela i lesa iz aspekta količine azota (tabela 1), koja će kao pripremna parcela služiti za dalje istraživanje procesa fitoremedijacije energetske sadnice.

Azot je prisutan u velikim količinama 1,63 puta više nego u neđubrenom delu što potvrđuje da stabilizovani mulj iz tretmana urbanih otpadnih voda je bogat sa azotnim jedinjenjima i ostalim nutrijentima [17]. Rezultati agrohemijske analize zemljišta pre sadnje su prikazani u tabeli

Tabela 1. Sadržaj mineralnog azota (N min)

Op. uzor.	Dubina (cm)	% vlage	kg N/ha aps.suvo	Σ kg N/ha Aps. suvo
Đub.	0-30	32,31	176,69	325,44
	30-60	22,43	67,72	
	60-90	21,62	81,03	
Neđu br.	0-30	17,95	37,02	198,55
	30-60	19,22	69,21	
	60-90	16,90	92,32	
Les	0-30	15,45	30,79	156,78
	30-60	16,33	40,39	
	60-90	18,09	85,60	

Tabela 2. Osnovne hemijske karakteristike zemljišta

Op.uzorka	$CaCO_3$%	Σ N %	AL-P_2O_5 (mg/l)	AL-K_2O (mg/l)
Đub. 30-60cm	16,77	0,265	106,75	42,48
Đub. 60-90cm	24,32	0,206	27,00	20,26
Neđub. 30-60 cm	18,03	0,156	10,62	11,28
Neđub. 30-60 cm	23,48	0,149	6,07	10,80
Les 30-60 cm	30,19	0,100	5,29	8,40
Les 60-90 cm	24,74	0,090	4,70	8,88

U pogledu osnovnih hemijskih karakteristika zemljišta dobijeni su rezultati gde se humus (%) kretalo između 0,95% na lesu, dok najveći prcenat humusa je izkazan na đubrenom delu 3,87%. U prihranjivanom delu parcele vidi se znatno povećanje ukupog sadržaj fosfora do 1582 mg/kg (u cc HNO_3+H_2O_2) kao i fosfornih jedinjenja AL-P_2O_5 (106,75 mg/100g) i AL-K_2O (42,48 mg/100g) u odnosu na parcelu neđubrenog dela i lesa [18]. pH vrednost ne pokazuje elongacije, kreće se u slabo baznom opsegu između 7,32 -7,89 (u KCl), dok (u H_20) 7,9 - 8,62.

Na osnovu dobijenih rezultata u odnosu na maksimalnu dozvoljenu količinu (MDK mg/kg) (tabela 3.), vrednost Cd je ispod granice detekcije <MDL(1,5), dok za taj hemijski element propisan MDK od 3 mg/kg. U pogledu Cr, Cu; Ni, Pb, Zn, Hg uzorkovane lokacije pokazuju parametre da su znatno ispod MDK vrednosti Pravilnika[19].

Tabela 3. Ukupne količine mikroelemanata i teških metala (u cc HNO_3+H_2O_2) mg/kg

Op.uzorka	**Cr**	**Cu**	**Ni**	**Pb**	**Zn**	**Hg**
Đubreno 30-60cm	21,7	23,6	14,2	8,3	58,0	0,038
Đubreno 60-90cm	19,7	23,0	13,4	5,8	40,4	0,024
Neđub. 30-60 cm	19,8	18,5	14,2	6,1	40,7	0,024
Neđub. 30-60 cm	17,0	15,3	13,0	5,4	37,9	0,020
Les 30-60 cm	14,8	13,0	11,5	4,8	34,5	0,018
Les 60-90 cm	14,4	11,7	10,9	4,3	32,1	0,015
MDK mg/l	**100,0**	**100,0**	**50,0**	**100,0**	**300,0**	**2,000**

Hranljive materije i vlažnost su iskoristivi tokom odlaganja mulja iz tretmana otpadnih voda na poljoprivrednom zemljištu, a fizičke - hemijske i mikrobiološke osobine kao i kvalitet tla se poboljšavaju, ako nema prekomernog i nekontrolisanog uticaja teških metala [20]. Ispitivanja pokazuju činjenicu da muljeve treba tako dozirati, da tokom akumulacije ne dođe do prekoračenja dozvoljene koncentracije štetnih materija [21]. Sveukupni rezultati pokazuju da odlagani stabilizovani mulj ne ugrožava kvalitet zemljišta, a povećana količina nutrijenata daje osnovu za pozitivan nastavak fitoremedijacije za uklanjanje istih. Pored ispitivanja zemljišta istraživane su i osobine komposta tokom projekta fitoremedijacije. Industrijski kompost sastavljen od anaerobnog stabilizovanog mulja i zelenog otpada slično kao i upotrebljeni stabilizovani mulj za prihranu parcele, pokazuje kvalitetne fizičke, hemijske osobine predviđeno prema Evropskim propisima za primenu i pripremu komposta [4]. Analizom uzoraka gotovog kompostnog materijala utvrđene su sledeće karakteristike prikazane u tabelama 4 i 5.

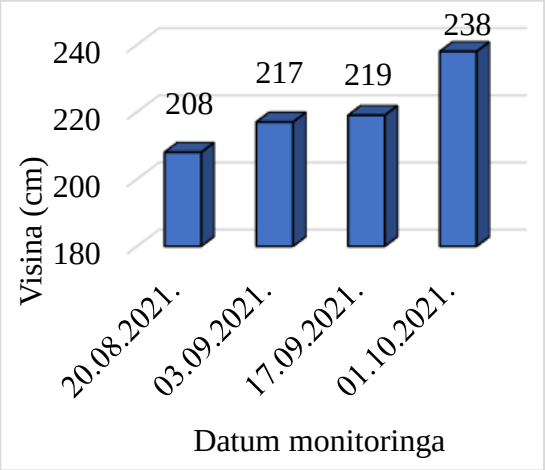
Tabela 4. Količina toksičnih elemenata u kompostu

Sadržaj Cd (mg/kg)	<MDL(1,5)
Sadržaj Cr (mg/kg)	39,99
Sadržaj Ni (mg/kg)	30,04
Sadržaj Pb (mg/kg)	35,78
SadržajHg (mg/kg)	0,763

Tabela 5. Nutrijentna vrednost komposta

Opis analize	
Sadržaj ukupnog azota N %(m/m)	1,858
Sadržaj ukupnog fosfora P_2O_5 %(m/m)	3,76
Sadržaj ukupnog kalijuma K_2O %(m/m)	1,223
Sadržaj organskog ugljenika C %(m/m)	17,55
C/N odnos	10,81
Sadržaj pepela %(m/m)	28,81
Sadržaj organske materije %(m/m)	46,98
Sadržaj vlage %(m/m)	24,20
pH	7,69

Rezultati monitoringa u istraživačkom periodu su pokazali da prihrana sa stabilizovanim muljem pozitivno utiče na rast i razvoj energetske vrbe (*Salix viminalis*). Tokom monitoringa konstatuje se da prvih četiri meseca od sađenja (april-avgust) najveći primerak biljke postiže 208 cm što predstavlja dobar rezultat u prirastu. Od avgusta do oktobra beleži se dodatni porast od 30 cm, što predstavlja i dalju linearnu tendenciju razvoja (slika 7.).



Slika 7. Visina energetske vrbe (*Salix viminalis*)

Konstatuje se da enrgetske vrbe imaju svojstva koja pokazuju ubrzane bioakumulacione sposobnosti na jedinjenja azota i fosfora i mogu da budu jedno od tehnike za rešenje zatvaranje biološkog ciklusa upravljanja tretiranih i stabilizovanih muljeva iz prerade komunalnih otpadnih voda. Kao biljka sa svojstvom fitoekstarkcije pozitivno utiče i na zagađujuća, i devastirana područja u uklanjanju ekotoksičnih i drugih zagađujućih polutanata što potvrđuju i autori [22,23]. Brzi razvoj i rast energetske vrbe omogućuje prinos, brzo i efikasno snabdevanje resursa zelene biomase u proizvodnji industrijskog komposta, kao i mogući izvor održive bioenergije (biogorivo) za snabdevanje alternativnih sistema [24].

6. ZAKLjUČAK

Prelimnarna istraživanja pokazuju da u cilju smanjenja opterećenja organskim, ili biodegradibilnim otpadom koji je najveći

deo komunalnog otpada, može se kombinovati industrijska tehnologija i ekološke tehnike, metode u cilju zatvaranja ciklusa otpad - proizvod. Proizvodnja komposta od anaerobnog stabilizovanog mulja i zelenog otpada u industrijskim uslovima jedan je od vidova zatvaranja ekološkog ciklusa, i pružanje mogućnosti tržišne upotrebe u oplemenjivanju zemljišta. Energetske biljke daju alternativno rešenje u obezbeđivanju energije, smanjenju emisije gasova koji izazivaju efekat staklene bašte i održavaju ravnotežu ekosistema zemljišta.

7. LITERATURA

[1] Nacionalna strategija upravljanja otpadom sa programom približavanja Evropskoj Uniji, Evropskoj uniji (Zaključak Vlade 05 broj: 353-4070/2003-001 od 04.07.2003.

[2] Council Directive 1999/31/EC of 26 April 1999 on the landfill of waste Official Journal L 182 , 16/07/1999 P. 0001 – 0019

[3] Epstein E., Industrial composting, Environmental Engineering and Facilities Management (2011), CRC Press, Taylor and Francis Group, LLC, 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300, Boca Raton, FL 33487-2742

[4] https://www.compostnetwork.info/policy/from-waste/fertilising-products-regulation/#structure

[5] Vermes, L., (1998), Hulladékgazdálkodás, hulladékhasznosítás, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 7-143.

[6] Duarte, E. R., Abrão, F. O., de Oliveira N. J. F. and Cabral, B. L. (2011): Parasitological Contamination in Organic Composts Produced with Sewage Sludge. In: García Einschlag F. S.(ed.): Waste Water - Evaluation and Management. Intech. Rijeka. 313-324. p.

[7] Mockevičienė I., Šiaudinis, G., Karčauskienė D., Repšienė R., Barčauskaitė K., Anne O., The Evaluation of the Phytoremediation Potential of the Energy Crops in Acid Soil by Sewage Sludge Fertilization, Land 2023, 12(4), 866; https://doi.org/10.3390/land12040866

[8] Giloux, P.,(1995), Les finalites du compostage, Techniques Sciences Methodes, (2) 111-115

[9] Alexa, L., Dér, S. (2001): Szakszerű komposztálás, Elmélet és gyakorlat, Profikomp Kft., Gödöllő, p. 264

[10] Kárpáti Á. (2002): Szennyvíziszap rothasztás és komposztálás. Ismeretgyűjtemény 6., Veszprémi Egyetem Környezetmérnöki és Kémiai Technológia Tanszék, Veszprém, 104p.

[11] Kanat, G. - Demir, A. - Ozkaya, B. - Bilgili, M.S.: 2006. Addressing the operational problems in a composting and recycling plant. Waste Management. 26. 1384–1391.

[12] Pálfi Á.: 1996. A mikrobatömeg és aktivitás viszonya szilárd hulladék biológiai lebomlása során. Környezetvédelem. 13-14. 84-91.

[13] Dér S.: 2008. Komposztot a szennyvíziszapból! -új beruházás a Délkomp Kft-nél Biohulladék. 3. 1.

[14] Arthur, Ellen L.; Rice, Pamela J.; Rice, Patricia J.; Anderson, Todd A.; Baladi, Sadika M.; Henderson, Keri L. D.; Coats, Joel R. (2005). „Phytoremediation—An Overview". Critical Reviews in Plant Sciences 24 (2): 109—122. ISSN 0735-2689. doi:10.1080/07352680590952496

[15] Mleczek M.[a], Rutkowski P. [b], Rissmann I. [a], Kaczmarek Z. [c], Golinski P. [a], Szentner K.[a], Strażyńska K. [b], Stachowiak A. [b], Biomass productivity and phytoremediation potential of Salix alba and Salix viminalis, Biomass and Bioenergy, Volume 34, Issue 9, September 2010, Pages 1410-1418

[16] Pilon-Smits, E. (2005). Phytoremediation. Annual Review of Plant Biology, 56, 15-39.

[17] Petersen, O. S., Petersen, J., Rubæk, H. G. (2003), Dynamics and plant uptake of nitrogen and phosphorus in soil amended with sewage sludge, Applied Soil Ecology 24, (2) 2003, 187-195.

[18] Bar-Tal, A., Yermiyahu, U., Beraud, J., Keinan, M., Rosenberg, R., Zohar, D., Rosen, V., Fine, P., (2003), Nitrogen, Phosphorus, and Potassium Uptake by Wheat and Their Distribution in Soil following Successive, Annual Compost Applications. Journal of Environmental Quality 33,(5), 1855-1865.

[19] Pravilnik o dozvoljenim količinama opasnih i štetnih materija u poljoprivrednom zemljištu i vodi za navodnjavanje i metodama njihovog ispitivanja (Sl. Glasnik RS 23/1994)

[20] Kirchmann, H., Börjesson, G., Kätterer, T., Cohen, Y., (2017) From agricultural use of

sewage sludge to nutrient extraction: A soil science outlook, 46(2): 143–154.
[21] Csillag J., Lukács, A., Bujtás, K., Pártay, G., (2001), A Cd-, Cr-, Ni- Pb- és Zn-koncentráció változása talajoldatban szennyezés és savterhelés hatására, laboratóriumi kísérletekben, Agrokémia és Talajtan, (50), 297-309.
[22] Laidlaw W. S.,* Arndt S. K., Huynh T. T., Gregory D., and Baker A. J. M., Phytoextraction of Heavy Metals by Willows Growing in Biosolids under Field Conditions, Journal of Environmental Quality, Volume 41, January 2012
[23] Suhad A. A. A. N. Almuktar, Suhail N. Abed, Miklas Scholz, Biomass Production and Metal Remediation by Salix alba L. and Salix viminalis L. Irrigated with Greywater Treated by Floating Wetlands, Environments 2024, 11(3), 44;
[24] Pu, Y.; Zhang, D.; Singh, P.M.; Ragauskas, A.J. The new forestry biofuels sector. Biofuels Bioprod. Bioref. 2008, 2, 58–73.

Adresa autora: Drašković Milana, Profesor strukovnih studija, Visoka tehnička škola strukovnih studija u Zrenjaninu, Zrenjanin, Đorđa Stratimirovića 23
e-mail: draskovic.milana@gmail.com
Rad primljen: avgust 2025.
Rad prihvaćen: septembar 2025.

ДИТ
Друштво Истраживање Технологије

Научно-стручни часопис
Scientific-profesional journal

Година XXXI, Број 44, септембар 2025. год.
Year XXXI, Issue 44, September 2025. 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

АНАЛИЗА НИВОА МОБИНГА У УСТАНОВАМА КУЛТУРЕ

ANALYSIS OF THE LEVEL OF MOBING IN CULTURAL INSTITUTIONS

ВЛАДИМИР МИЛОШЕВ[1]
МИЛА КАВАЛИЋ[1]
[1]Универзитет у Новом Саду, Технички факултет „Михајло Пупин”, Зрењанин

РЕЗИМЕ

Мобинг, односно злостављање на радном месту, постаје све видљивији проблем у Србији и широм света, погађајући различите секторе, посебно оне у којима доминирају каријеристички модели рада. Његово сложено и вишеструко порекло захтева циљане стратегије превенције и интервенције. Ова студија представља оригинално емпиријско истраживање спроведено у установама културе са циљем процене заступљености и конкретних манифестација мобинга у овом сектору. Подаци су прикупљени анкетним истраживањем на узорку од 35 запослених, при чему су испитивани индикатори физичког, вербалног и институционалног злостављања. Резултати показују да већина облика мобинга описаних у литератури није изражено присутна у испитиваним установама (аритметичке средине испод 3 на петостепеној Ликертовој скали), а као једини значајнији индикатор издваја се додељивање радних задатака испод нивоа квалификација запосленог (аритметичка средина 3,46). На основу добијених података, основна хипотеза о израженом присуству мобинга у установама културе није потврђена, што указује да је ова појава у овом сектору релативно ретка. Ипак, резултати наглашавају значај увођења превентивних мера ради очувања и унапређења здраве и колегијалне радне средине.

Кључне речи: мобинг, злостављање на радном месту, установе културе, превенција.

ABSTRACT

Mobbing, or workplace bullying, has become an increasingly visible issue in Serbia and worldwide, affecting multiple sectors, particularly those influenced by career-driven environments. Its complex and multifaceted origins call for targeted strategies of prevention and intervention. This study presents original empirical research conducted in cultural institutions in Serbia, with the objective of assessing the prevalence and specific manifestations of mobbing in this sector. Data were collected through a survey of 35 employees, focusing on indicators of physical, verbal, and institutional harassment. The findings reveal that most forms of mobbing reported in the literature were not strongly present in the surveyed institutions (mean scores below 3 on a five-point Likert scale). The only significant indicator was the assignment of tasks below the respondent’s level of qualification (mean score 3.46). These results do not confirm the main hypothesis regarding the pronounced presence of mobbing in cultural institutions, suggesting

that such behaviour is relatively rare in this sector. Nevertheless, the study highlights the importance of implementing preventive measures to sustain and further enhance a healthy and respectful work environment.

Key words: mobbing, workplace bullying, cultural institutions, prevention.

1. УВОД

Узроке појаве мобинга у фирмама и установама културе потребно је сагледати са многих становишта – психолошког, социолошког, медицинског и других аспеката. Оно што се намеће као валидно питање јесте како сузбити мобинг или га потпуно искоренити [1]. Потребно је указати на начине борбе против мобинга, као и на актуелно стање по том питању у Србији.

Може се рећи да се о мобингу говори управо зато што је запослени основна вредност сваке радне организације, а мобинг је појава која се догађа на радним местима и чије се негативне последице одражавају на појединца, радну средину и целокупно социјално окружење [2].

У Србији је мобинг највише распрострањен у приватном сектору, а такође и у државној управи, школским и здравственим установама, хотелијерству и угоститељству, односно у секторима које контролише држава. Међутим, јавља се и у фирмама које негују култ каријеризма. Према досадашњим истраживањима, мобинг је најмање изражен у установама културе, посебно у оним у којима више од 50% запослених има високо образовање [3], што их чини занимљивим и важним подручјем за испитивање ове појаве.

2. МОБИНГ (ПОЈАМ, УЗРОЦИ, ПОСЛЕДИЦЕ И МЕХАНИЗМИ ЗАШТИТЕ)

Једно од основних обележја мобинга јесте повреда личног достојанства запосленог. Међутим, мобинг се мора јасно разликовати од сексуалног узнемиравања на радном месту, јер сексуално узнемиравање нарушава достојанство у сфери полног живота, док се код мобинга ради о психичком злостављању и застрашивању [4]. Такође, мобинг се разликује од дискриминације на радном месту, пошто су њихови основи различити. Дискриминација, иако такође нарушава достојанство запосленог, заснива се на урођеним својствима (нпр. инвалидитет, национална припадност, пол) или стеченим својствима (нпр. чланство у политичкој партији или синдикату), која нису повезана са способношћу за обављање посла [5].

Узроци мобинга могу бити различити, у зависности од његове врсте. Најчешћи су:

- лични конфликти на радном месту,
- неодговарајућа организација рада,
- указивање на пропусте или корупцију код послодавца,
- процеси либерализације тржишта.

Ови узроци су често међусобно повезани и произилазе један из другог [6].

Неодговарајућа организација рада може се испољити кроз недостатак адекватне заштите на радном месту (посебно тамо где постоје посебни услови рада, изложеност опасним супстанцама, буци или вибрацијама), али и кроз неадекватне методе управљања (нпр. слаба комуникација са запосленима, честе промене услова рада, распоређивање на мање квалификована радна места без стварне потребе). Неспособност менаџмента да решава проблеме у процесу рада такође доприноси појави мобинга [7].

Посебно је ризичан ауторитативан стил управљања, јер запослени у таквом систему немају могућност учешћа у доношењу одлука [8]. Ова појава је честа у земљама које су прошле транзицију из социјалистичког у либерални економски систем, па се у литератури помиње и појам „транзициони мобинг“ [9]. Поред

тога, процес приватизације значајно је допринео ширењу мобинга, што потврђују упоредна истраживања — он је чешћи у приватном него у јавном сектору [10].

Иако се мобинг јавља у различитим областима, претходна истраживања показују да је у установама културе његова заступљеност мања у односу на друге јавне или приватне институције. Разлог томе може бити специфична организациона структура, виши ниво образовања запослених и често мањи број хијерархијских нивоа. Управо због тога, установе културе представљају значајан и релативно необрађен контекст за испитивање ове појаве, што је и један од главних мотива овог истраживања.

3. МЕТОДОЛОШКИ ОКВИР

Предмет истраживања

Предмет овог истраживања је испитивање појаве мобинга на радним местима у установама културе. Циљ је утврдити да ли се мобинг испољава кроз:

- давање неадекватних радних задатака,
- намерно задржавање информација битних за извршење посла (лоша или ограничена комуникација),
- ширење трачева и неистина,
- игнорисање и омаловажавање личности,
- физичко и вербално злостављање,
- застрашивање.

Сваки од ових сегмената представља један од видова мобинга у складу са теоријским оквиром. Истраживање је усмерено на утврђивање степена присутности сваког од наведених облика.

Проблем истраживања

Основно питање на које истраживање даје одговор јесте: *Колико је мобинг заступљен у установама културе?*

Задаци истраживања

Општи задатак: Утврдити да ли се мобинг врши над запосленима у установама културе.

Посебни задаци:

1. Испитати да ли се мобинг испољава кроз физичко и вербално злостављање.
2. Испитати да ли се мобинг испољава кроз кршење закона и правилника.

Истраживачке хипотезе

X0: Претпоставља се да се мобинг испољава у неком облику у установама културе.

X1: Претпоставља се да се мобинг испољава кроз физичко и вербално злостављање.

X2: Претпоставља се да се мобинг испољава кроз кршење закона и правилника.

Методе и инструменти

Истраживање је спроведено методом испитивања, техником анкетирања, коришћењем упитника од 15 ајтема. Питања су подељена у две групе:

Група 1: Испитивање мобинга кроз физичко и вербално злостављање (ајтеми: 2, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 14)

Група 2: Испитивање мобинга кроз кршење закона и правилника (ајтеми: 1, 3, 4, 10, 11, 13, 15)

Одговори су мерени петостепеном Ликертовом скалом (1 – „сасвим нетачно“ до 5 – „сасвим тачно“).

4. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Истраживање је спроведено на узорку од 35 запослених у установама културе, од којих је 14 мушкараца и 21 жена. Добијени резултати приказани су у табели 1 кроз вредности аритметичке средине за сваку тврдњу из упитника.

Табела 1. Резултати истраживања (аритметичка средина)

Р.Бр	Питање	**M (*Mean*)**
1.	Добијам радне задатке испод мог нивоа квалификација.	**3,46**
2.	Неко намерно задржава информације које утичу на извршење мог посла.	**2,63**
3.	Стално ме опомињу и подсећају на учињене грешке и пропусте.	**2,4**
4.	Мој рад и залагање су изложени константним критикама.	**2,17**
5.	Вређају ме или понижавају увредљивим закључцима о мени као личности (Нпр. моје порекло и навике), мојим ставовима или приватном животу.	**2,06**
6.	О мени круже трачеви и неистине.	**2,03**
7.	Исмевају или омаловажавају оно што радим.	**1,97**
8.	Након што прићем колегама, праве се да ме не примећују или су непријатни према мени.	**1,91**
9.	Одузимају ми се послови за које сам надлежан и додељују ми се тривијални и непријатни задаци.	**1,83**
10.	Ignorišu me i isključuju iz zajedničkih društvenih aktivnosti.	**1,71**
11.	Саветовано ми је, или сигнализирано, да треба да дам отказ.	**1,71**
12.	Колеге са којима се не дружим збијају грубе шале на мој рачун.	**1,63**
13.	На мене вичу или искаљују бес.	**1,6**
14.	На мене се врши притисак да не тражим нешто што ми по закону припада (нпр. боловање, право на годишњи одмор, путне трошкове).	**1,46**
15.	Застрашују ме понашањем као што су претње прстом, уношењем у лице, гуркањем, блокирањем пролаза.	**1,29**

Као потврђене сматрају се тврдње чија је аритметичка средина једнака или већа од 3. У овом истраживању то је само тврдња под бројем 1 – *„Добијам радне задатке испод мог нивоа квалификација“* (3,46). Све остале тврдње имају просек испод 3, што значи да испитаници у већини нису потврдили њихову учесталост у свом радном окружењу..

5. ДИСКУСИЈА

Хипотеза Х1 („Мобинг се испољава кроз физичко и вербално злостављање“) није потврђена. За све тврдње које се односе на овај вид мобинга аритметичка средина је била испод 3:

- Исмевају или омаловажавају оно што радим – 1,97
- О мени круже трачеви и неистине – 2,03
- Игноришу ме и искључују из заједничких друштвених активности – 1,71
- Вређају ме или понижавају увредљивим закључцима о мени као личности – 2,06
- На мене вичу или искаљују бес – 1,60
- Застрашују ме претњама, уношењем у лице, гуркањем, блокирањем пролаза – 1,29
- Након што прићем колегама, праве се да ме не примећују или су непријатни – 1,91
- Колеге са којима се не дружим збијају грубе шале на мој рачун – 1,63

Хипотеза Х2 („Мобинг се испољава кроз кршење закона и правилника“) такође није потврђена. За шест од седам тврдњи просек је био испод 3, а само једна тврдња имала је средњу вредност изнад 3:

- Неко намерно задржава информације које утичу на извршење мог посла – 2,63
- **Добијам радне задатке испод мог нивоа квалификација – 3,46**
- Одузимају ми се послови за које сам надлежан и додељују ми се тривијални задаци – 1,83
- Саветовано ми је или сигнализирано да треба да дам отказ – 1,71
- Стално ме опомињу и подсећају на учињене грешке и пропусте – 2,40
- Мој рад и залагање су изложени константним критикама – 2,17

- На мене се врши притисак да не тражим нешто што ми по закону припада – 1,46

С обзиром на то да ниједна од помоћних хипотеза није потврђена, **основна хипотеза Х0** („Мобинг се испољава у неком облику у установама културе у“) није потврђена.

Ови резултати су донекле изненађујући, с обзиром на преовлађујуће мишљење у Србији да је мобинг, присутан [11][12][13]. Средње вредности за свих 15 тврдњи показују да су индикатори мобинга у установама културе у занемарљиво заступљени. Ово указује на то да је мобинг у овом контексту релативно лако контролисати и потенцијално потпуно искоренити.

6. ЗАКЉУЧАК

Проблем мобинга није нова појава; међутим, током периода транзиције и светске економске кризе добио је значајно место у медијима и јавном дискурсу. Негативна привредна и економска кретања, која су довела до све скупљег и мање доступног новца и за послодавце и за запослене, додатно су подстакла учесталост и видљивост овог феномена. Упркос томе, у Србији се и даље не предузимају довољно конкретни и систематски кораци ка његовом сузбијању.

Могући приступи решавању овог проблема укључују:

- доношење јасног и прецизног антимобиншког закона који штити права радника,
- оснивање специјализованих агенција за пријаву и евидентирање случајева мобинга, у сарадњи са полицијом и судовима,
- интензивне медијске кампање, семинаре и едукативне програме којима би се запослени охрабрили да пријаве мобинг, било да су жртве или сведоци,
- израду јавне листе послодаваца код којих је утврђено мобиншко понашање.

Један од главних разлога због којих жртве мобинга у Србији ретко говоре о свом искуству јесте низак животни стандард и страх од губитка посла, што често доводи до стреса и негативних последица по здравље.

Посебно у контексту установа културе, резултати овог истраживања показују да је мобинг у великој мери ретка појава. Од 15 испитиваних индикатора, само један (*добијање радних задатака испод нивоа квалификација*) имао је средњу вредност изнад 3, док су сви остали били испод те границе. Ови налази оповргли су основну и обе помоћне хипотезе, што указује да установе културе тренутно представљају радну средину са минималним присуством мобинга.

Ипак, и поред ниског нивоа заступљености, превентивне мере и даље су неопходне како би се очувала постојећа здрава радна клима. Ово подразумева континуирану едукацију запослених, јачање комуникације унутар колектива и увођење механизама за рано откривање и санкционисање мобинга.

7. ЛИТЕРАТУРА

[1] Лутген-Сандвик, П., и Трацу, С. J. (2011). Одговори на пет кључних питања о малтретирању на радном месту: Како стипендије за комуникацију пружају вођство у размишљању за трансформацију злостављања на послу. Квартално издање за комуникацију у менаџменту, 26(1), 3–47. https://doi.org/10.1177/0893318911414400

[2] Маттхиесен, С.Б. и Еинарсен, С. (2010). Малтретирање на радном месту: дефиниција, распрострањеност, претходници и последице. Међународни часопис за организациону теорију и понашање, 13(2), 202–248. https://doi.org/10.1108/IJOTB-13-02-2010-B004

[3] Петровић, И. Б., Чизмић, Ч., и Вукелић, М. (2014). Малтретирање на радном месту у Србији: Однос самоетикетирања и искуства понашања са понашањем

везаним за посао. Психологија, 47(2), 185–199. https://doi.org/10.2298/PSI1402185P

[4] Мадсен, И. Е. Х., и Ниелсен, М. Б. Д.(2023). Сексуално и родно узнемиравање на послу: концептуални изазови и потреба за превенцијом заснованом на доказима. Скандинавски часопис „Радно окружење и здравље“, 49(7), 449–452. https://doi.org/10.5271/sjweh.4121

[5] Кулацхок-Титова, Л., и Пакхомова, И. (2023). Правна регулатива антидискриминације и кретања у области рада. Часопис Харковског националног универзитета В. Н. Каразина, (35), 138–148. https://doi.org/10.26565/2075-1834-2023-35-15

[6] Кетскало, Р. (2024). Анализа међународног законодавства у вези са регулисањем манифестација корупције у јавној управи. Јавна управа и регионални развој, (25), 942–959. https://doi.org/10.34132/pard2024.25.11

[7] Схагуфта. Ф., и Усха, С. (2024). Истраживање стратегија за равнотежу између посла и приватног живота међу генерацијом З у сектору образовања: истраживачка анализа. Образовна администрација: теорија и пракса, 30(4), 9597–9611. https://doi.org/10.53555/kuey.v30i5.4438

[8] Кукхар, К. О. (2025). У вези са накнадом моралне штете запосленом као резултатом мобинга на радном месту. Ужгородски национални универзитетски гласник, серија Правни списи, 2(88), 140–145. https://doi.org/10.24144/2307-3322.2025.88.2.19

[9] Буи, Х., Пхам, Л.Х., Пхам, Н., Данг, П.А., Буи, Q., Нгууен, Д., Дуонг, Т.Т., Нгууен, Ц. и Саито, Х. (2024). Вијетнамски туризам на раскрсници социјализма и тржишне економије. Tourism Review, 79(7), 1301–1317. https://doi.org/10.1108/TR-04-2023-0204

[10] Бандаловић, Г., Шуљуг, В. З., и Маретић, Г. (2024). Мобинг на радном месту: Ставови запослених у приватном и јавном сектору у граду Сплиту. International Review, 3-4, 111–119. https://doi.org/10.5937/intrev2404111B

[11] Тришић, М., Петровић, J., и Гарабиновић, Д. (2017). Феномен мобинга у Србији и Европи. Трендови у пословању, 5(1), 39–46. https://doi.org/10.5937/trendpos1701039T

[12] Станков, С., Поштин, J., Јагодић Русић, А., и Мићић, Д. (2020). Утицај финансијских перформанси на мобинг и малтретирање на радном месту у организацијама у Србији. Анали Економског факултета у Суботици, 44, 21–35. https://doi.org/10.5937/AnEkSub2044021S

[13] Ћурчић, Д. (2024). Мобинг над здравственим радницима на територији Аранђеловца. Међународни часопис за трендове у менаџменту: Кључни концепти и истраживања, 3(2), 58–70. https://doi.org/10.58898/ijmt.v3i2.58-70

Адреса аутора: доц. др Мила Кавалић, Технички факултет „Михајло Пупин”, Зрењанин, Универзитет у Новом Саду, Ђуре Ђаковића бб, Зрењанин

е-маил: mila.kavalic@uns.ac.rs

Рад примљен: септембар 2025,

Рад прихваћен: септембар 2025,

DIGITALNO NASILJE KAO FAKTOR LOŠEG USPEHA I POZICIONIRANJA

DIGITAL VIOLENCE AS A FACTOR OF BAD SUCCESS AND POSITIONING

ALEKSANDRA KOVAČEVIĆ[1]
[1]Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin", Zrenjanin, Univerzitet „Metropolitan" u Beogradu

REZIME

Živimo u vremenu primene digitalnih tehnologija na različite načine kao i za različite potrebe. Nastava je u sve većoj meri počela da se bazira na oline pristupu što većina omladine koristi kao jedan o izgovora za što duže vreme provedeno na razlićitim platformama. Mladi se umrežavaju,povezuju kako bi u jednoj meri svoja znanja proširili ali i sa druge strane se zabavljali. Ipak društvo je postalo veoma surovo i često baš putem društvenih mreža dolazi do omalovažavaja na nacionalnoj,polnoj i verskoj osnovi. Stvara se mržnja i velika količina negativne energije koja često eskalira u sukobe. Dostupnost interneta kao i društvenih mreža u mnogome je promenila život današnjice. Mogućnosti pristupa velikom broju informacija u prvi plan je istakla njegovu informativnu i edukativnu funkciju.

Ključne reči: digitalno nasilje, usavršavanje, društvene mreže, informacije, povezivanje, ljudski reursi

ABSTRACT

We live in a time of application of digital technologies in different ways and for different needs. Teaching has increasingly started to be based on the online approach, which most young people use as an excuse for spending as much time as possible on different platforms. Young people network and connect in order to expand their knowledge on the one hand, but also to have fun on the other. However, society has become very cruel and often through social networks there is disparagement on the basis of nationality, gender and religion. It creates hatred and a large amount of negative energy that often escalates into conflicts. The availability of the Internet as well as social networks has changed the life of today in many ways. Possibilities of access to a large amount of information highlighted its informative and educational function.

Key words: digital violence, improvement, social networks, information, connection, human resources

1. УВОД

Današnje generacije odrastaju uz korišćenje informaciono-komunikacionih tehnologija i ne mogu zamisliti svakodnevicu bez olakšica koje one pružaju. Rano uplovljavaju u svet interneta i neretko su informatički pismeniji od svojih roditelja. Kada govorimo o procesu socijalizacije današnjih generacija, sa pravom možemo

uzeti internet kao važan sporedni agens. Nedavna istraživanja pokazuju da deca najmanje koriste internet za informisanje i u obrazovne svrhe, da je njegova primarna funkcija zabava i komunikacija sa vršnjacima (UNICEF, 2016).

Iako su neka istraživanja (Weinstein et al, 2021; Griffith et al, 2018; O'Keeffe et al, 2011) pokazala benefite korišćenja društvenih mreža po adolescente, sve više je onih (Daniels et al., 2021; Göldag, 2020; Jevtić, 2020; Altundağ, 2016) koji ukazuju na posledice usled njihovog prekomerenog korišćenja. Kao jedan od najvećih problema sa kojima se adolescenti suočavaju na društvenim mrežama je upravo digitalno ili elektronsko nasilje. Dok su neke definicije uopštene i uključuju sve oblike uznimiravanja korišćenjem digitalnih tehnologija, druge akcenat stavljaju na specifične oblike elektronskog nasilja (Filipović & Vojnić, 2019). Shodno tome, Popadić i Kuzmanović (2016:20) digitalno ili elektronsko nasilje definišu kao „korišćenje mobilnog telefona, računara, video kamera i sličnih elektronskih uređaja da bi se neko namerno uplašio, uvredio, ponizio ili na neki drugi način povredio". Drugi autori (Smith et al, 2006) elektronsko nasilje definišu kao agresivnu i namernu radnju putem koje pojedinac ili grupa koristi elektronske oblike kontakta, a koja ostaje konstantna tokom vremena sa žrtvom koja se ne može lako odbraniti.

Upotreba savremenih tehnologija (mobilnih telefona i interneta) sa namerom da se osoba na koju je upućeno nasilje ponizi, povredi, uznemiri, ali i da joj se nanese neka šteta u sve većoj meri je prisutna kod nas i može se nazvati sajber nasiljem. Najčešći oblici digitalnog nasilja su pretnje, uznemiravanje, ucenjivanje, sajberbuling, zloupotreba ličnih podataka, pravljenje ili korišćenje lažnih profila, seksualno uznemiravanje putem interneta, dečija pornografija, govor mržnje, različite prevare putem interneta.8 Sajber nasilje je jedan od problema koji je u školama sve prisutniji i brojne studije pokazuju značajne odnose između internetskog nasilja i psihološkog zdravlja, posebno mentalnog zdravlja i problema u ponašanju.9 S obzirom na razvoj tehnologije, digitalno nasilje danas poredstavlja novi fenomen, a pored termina digitalno nasilje mogu se koristiti i nazivi kao što su elektronsko nasilje, sajberbuling i nasilje na internetu. Digitalno nasilje omogućava i obezbeđuje veću publiku. Naime, u školskom dvorištu agresivnu epizodu može videti nekoliko osoba, ali u digitalnom prostoru broj učesnika je neuporedivo veći. Mogli bismo reći da je neograničen, beskonačan.

2. UTICAJ DIGITALNOG NASILJA NA PSIHOLOŠKE PROBLEME OMLADINE

Kao i svako drugo nasilje, digitalno nasilje u mnogo većoj meri utiče negativno na zdravlje mladih , u tom smislu što je nemoguće kontrolisati dešavanja na mrežama i dešava se da zapravo informacije stignu do velikog broja ljudi. Vrlo brzo se sve to širi i deca se osećaju potpuno bespomoćno.

Kada se posmatra efekat na društvo, vidljiva je neprijateljska atmosfera i atmosfera podela u društvu, ostrašćenost i spremnost da se vrlo brzo i lako sukobimo. Na internetu je to sukobljavanje još češće i lakše. Na pojedinaca je užasno štetan uticaj izloženosti svakoj vrsti nasilja, pa tako i digitalnom nasilju. To se smatra traumatičnim događajem, koji ima svoje emocionalne posledice, psihološke.

Glavna motivacija starijih osnovaca i srednjoškolaca da provode vreme na internetu, barem kod nas, je uključenost na društvene mreže (Popadić i Kuzmanović, 2016). U Srbiji, 89% učenika osnovnih škola i 92% učenika srednjih škola ima pristup internetu, a većina srednjoškolaca (92%) i starijih osnovaca (89%) ima profil na nekoj društvenoj mreži (Popadić i Kuzmanović, 2016). Najpopularnije društvene mreže kod dece i adolescenata od 9 do 17 godina u Srbiji 2016. godine su Fejsbuk, pa potom Instagram (Popadić, Pavlović, Petrović, & Kuzmanović, 2016), dok među učenicima

srednjih škola 2020. godine je to Instagram (99% učenika ima nalog na ovoj mreži), pa potom Fejsbuk i JuTjub (po 86%, videti Dinić, Petrović, Zotović Kostić, Milovanović i Mihić, 2021). U poređenju sa ostalim zemljama, u Srbiji je najveća izraženost (45%) pojave da deca ispod zvanično propisane uzrasne granice od 13 godina imaju profile na društvenim mrežama (Smahel et al., 2020). Sajber nasilje u sve većoj meri postaje veoma usko povezano sa vršnjačkim nasiljem.Najzaslužniji autor u oblasti vršnjačkog nasilja i siledžijstva je švedskonorveški psiholog Dan Olveus. Olveus (Olweus, 1993) definiše vršnjačko nasilje (engl. peer violence) kao agresivno ponašanje u kojem akter ili nasilnik koristi svoje telo ili neki predmet (uključujući i oružje) da bi naneo povredu ili neprijatnost drugoj osobi. U navedenoj definiciji nasilje se izjednačava sa fizičkim nasiljem, iako je kasnije i sam Olveus nasilno ponašanje proširio i na druge forme poput verbalnog nasilja, upućivanja određenih uvredljivih gestova, facijalne ekspresije (npr. kolutanje očima dok neko govori), te isključivanje drugoga iz grupe i sl. U skladu sa podelama agresije po formi, mogu se razlikovati i različite forme nasilja, a najčešće ispitivane su fizičko, verbalno i relaciono nasilje među vršnjacima

3. ULOGA INTERNETA U SVERI OBRAZOVANJA

U današnje vreme gotovo je nemoguće zamisliti bilo koju oblast ljudske delatnosti u kojoj internet nije našao svoju primenu. Možemo slobodno reći da je internet napravio revoluciju u gotovo svim aspektima života i rada savremenog čoveka. Shodno tome, internet ima sve veću ulogu i u obrazovanju, pružajući različite mogućnosti za učenje i sticanje znanja na brz i jednostavan način. Potencijal interneta u sferi obrazovanja je ogroman, počevši od mogućnosti lakše i brže komunikacije, brzog dolaska do korisnih i važnih informacija pa sve do menjanja gotovo celokupnog modela obrazovanja Prednosti i nedostaci sinhrone i asinhrone komunikacije mogu se sagledati iz još jednog ugla oslanjajući se na tri tipa komunikacije u online kursevima o kojima govori Hrastinski (2008). Ovi tipovi komunikacije odnose se na komunikacione razmene koje se tiču sadrţaja obrazovanja, planiranja zadataka i socijalnu podršku u online obrazovanju. Bez obzira na veličinu obrazovne grupe sinhrona i asinhrona komunikacija razlikuju se u smislu pogodnosti primene u sva tri navedena domena. Asinhrona komunikacija pogodnija je kada se razmenjuju informacije koje se tiču sadrţaja online obrazovanja, dok je sinhrona komunikacija delotvornija kada su predmeti razmene planiranje online obrazovnih aktivnosti ili socijalna podrška u online obrazovanju (Hrastinski, 2008). Smata se da tehnologije predstavljaju odličan izvor za proširenje i produbljivanje znanja i društvene angažovanosti ukoliko su upotrebljene sa tim ciljem. Iako digitalne tehnologije donose brojne koristi u pogledu učenja i obrazovanja, te doprinose poboljšanju kvaliteta socijalnog života, takođe predstavljaju sredstvo za ostvarivanje malicioznih ciljeva. Jedna od negativnih strana upotrebe digitalnih tehnologija je upravo i pojava digitalnog nasilja. Ovaj fenomen privlači pažnju mnogim istraživačima i njegovo istraživanje se naslanja na istraživanje nasilja uopšte. Ipak, i dalje je nedovoljno ispitan jer uključuje specifičnosti u odnosu na tradicionalno, klasično nasilje, i neretko se vezuje za pogrešna uverenja i mitove u vezi s njegovim uzrocima i posledicama. Kako se u ovoj oblasti koristi puno različitih termina u naučnoj komunikaciji i u svakodnevnom govoru, za razumevanje digitalnog nasilja neophodno je danajpre da razumemo sve te termine i pojmove na koje se odnose, i da ih uporedimo. Stoga će se najpre krenuti od najopštijeg pojma – agresije, pa će se preko vršnjačkog nasilja i siledžijstva definisati i digitalno nasilje. Smatra se da se može povezi digitalno sajber nasilje sa razvojem nasilja u društvu na događajima, proslavama, obrazovnim ustanovama a stepencu dalje nasijem u porodici. Napredak računara

uticao je na nastanak novih medija namenjenih generisanju, prikazivanju i distribuciji informacija, i pokrenuo je prelaz različitih kulturnih sadržaja iz analognih u digitalne (Ristić et al., 2014). Narednu fazu u digitalnoj komunikaciji označava širenje društvenih medija, zasnovanih na Web 2.0 tehnologiji, koji omogućavaju komunikaciju putem teksta, zvuka i slike, dok je njihova primarna funkcija socijalna interakcija (Vuković, 2019). Učestalost nasilničkog ponašanja od strane školske dece je vrlo visoka. Prema nekimistraživanjima, oko polovina dece školskog uzrasta je vršila nasilje, a više od polovine našlo se u ulozi žrtve. Utvrđeno je da dečaci zlostavljaju češće od devojčica, ali i da ne postoji statistički značajna razlika po pitanju pola kada je uloga žrtve u pitanju – dečaci i devojčicebivaju žrtve nasilja u približno istom procentu.

4. POSLEDICE PRIMENE DIGITALNIH TEHNOLOGIJA U OBRAZOVANJU

Jedan od primera neposrednog negativnog korišćenja interneta u sferi obrazovanja u užem smislu odnosi se na primenu copy-paste strategije kako u studentskim radovima, tako i u (pseudo)naučnim tekstovima i novinskim člancima. Budući da je „sve“ dostupno na internetu, jednostavno kopiranje nekog teksta (sa, recimo, Vikipedije ili nekog bloga) postaje univerzalno rešenje kojim se često zamenjuje sopstveni istraživački rad i stvaralačka aktivnost Dolazi do degradacije celokupnog sistema. Studenti ne razvijaju stvaralaštvo i kvalitet svojih misli i vokabulara.Elektronsko učenje je pojam koji se prvi put pominje sredinom i krajem XX veka, kada su kreirani prvi oblici učenja putem kompjutera (Hammad et al., 2018).

Pored termina elektronskog učenja, pedagoškoj javnosti su poznati sinonimi kao što su digitalno učenje, onlajn učenje, virtuelno učenje, distribuirano učenje i učenje na mreži (Chitra & Raj, 2018). Od svih navedenih formulacija, u svetu je opšteprihvaćen pojam elektronskog učenja jer on predstavlja širok dijapazon aktivnosti usvajanja, usavršavanja znanja i veština utemeljene na tehnologiji (Voskesenski i Glušac, 2007)

Prvobitna ideja bila je iskoristiti pozitivne mogućnosti koje daju digitalne tehnologije. Mogućnost učenja na daljinu,fleksibilnost,mogućnost ponavljanja lekcija. Ipak ova ideja jeste zaživela ali je takođe stvorila i niz negativnih nizova. Mladi su više vremena proveli pored računara ali ne zbog dodatnih usavršavanja već zbog upotrebe društvenih mreža u svrhe zabave. Obrazovanje je u velikoj meri počelo da se degradira u smislu prepisivanja, zadaci su timski rađeni,sastavi i eseji su postali međusobne kopije. Mera znanja više nije bila ocena koja se ostvarila na testovima. Rečnik je postao oskudan prvobitna svrha izgubila je smisao. Najveći nedostatak elektronskog učenja tiče se smanjenja ili čak izostajanja interakcije i komunikacije sa nastavnicima, učenicima i obrazovnim institucijama (Adnan & Adwar, 2020; Vasilj i sar., 2017). Nedostatak interakcije može nepovoljno delovati na procese socijalizacije učenika koji su od posebne važnosti za njihov dalji razvoj. Ovde se javlja pojava personalne izolacije, koja podrazumeva osećanje izolovanosti od drugih učesnika nastave i nedostatak žive reči u vaspitno-obrazovnim aktivnostima. Učenik se može osećati usamljeno, tako da mogu izostati važne komponente u razvoju a to su osećajnost, saosećajnost i podrška, i to posebno kod mlađih 58 Milica Dimitrijević učenika kojima je teško da se naviknu na ovakav način rada. Takođe, pored nedostatka interakcije i žive reči, ovde izostaje postojanje i delovanje ličnog primera, što je važan aspekt pri formiranju ličnosti učenika. Elektronskim učenjem smanjena je zastupljenost manuelnih radnji. Iako učenici uče putem tehnologije, ovaj način nije previše efikasan u odnosu na upoznavanje stvarnosti kroz istraživanje pojava, procesa i objekata koji realno postoje. Naposletku, ne smemo zaboraviti i pojavu zdravstvenih problema (Chitra & Raj, 2018) Brojna istraživanja koja su sprovedena pokazala su

da poslednjih godina sve više dece koristi Internet i digitalne uređaje. Digitalna komunikacija postala je uobičajena, a čestopredstavlja i preovlađujući vid komunikacije među decom. Stalnim povećavanjem broja korisnika globalne mreže, kao i količine dostupnog sadržaja na njoj, umnožavaju se i rizici od izloženosti svih grupa korisnika neprimerenim sadržajima i različitim oblicima maltretiranja.

5. DIGITALNE TEHNOLOGIJE U VASPITANJU I OBRAZOVANJU

Upotreba digitalnih tehnologija u obrazovanju i vaspitanju predstavlja živu i razvijajuću istraživačku oblast. Važno pitanje poslednjih godina predstavlja njihova upotreba u obrazovanju i vaspitanju. Sve češće se govori o digitalnoj igri (Fleer, 2016), digitalnom detinjstvu (Danby et al., 2018; Kidron and Rudkin, 2017), o zaštiti u sajber (engl. cyber) prostoru i obrazovanju i vaspitanju na ranom uzrastu (Grey, 2011) i slično. Pod digitalnim tehnologijama podrazumevamo informaciono komunikacione tehnologije kao i druge elektronske, digitalne i androidne uređaje i na njima bazirane aktivnosti (digitalne igračke, tableti, fotoaparati, kompjuteri, pametni telefoni, internet) (Pavlović Breneselović, 2012). Prefiks “digitalno” postao je sastavni 1 Rad predstavlja rezultat rada na projektu Modeli procenjivanja i strategije unapređivanja kvaliteta obrazovanja u Srbiji Instituta za pedagogiju i andragogiju Filozofskog fakulteta u Beogradu (broj 179060, 2011-2018), koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije. 2 E-mail: jelas29@gmail.com 219 Susreti pedagoga: Obrazovna politika i praksa – u skladu ili u raskoraku? deo brojnih procesa i aktivnosti u kontekstu u kom deca odrastaju. Bavljenje pitanjem digitalnih tehnologija je aktuelno jer su one postale, odnosno jesu, svakodnevni kontekst u kom deca odrastaju u većem delu sveta danas (Danby et al., 2018: 1) Kao osnovni faktor adekvatne pedagoške upotrebe digitalnih tehnologija u procesu nastave izdvajaju se kompetencije nastavnika. Osim digitalne pismenosti neophodne za svakodnevni život u digitalnom društvu, digitalne kompetencije nastavnicima omogućavaju da tehnologiju koriste efikasno u nastavnoj praksi i za obavljanje drugih poslova i obaveza u vezi sa nastavnim radom (administracija, saradnja, stručno usavršavanje, razmena iskustava...). Osim digitalne kompetencije nastavnika, ističe se da je važno i da li nastavnici vide digitalnu tehnologiju kao dodatnu vrednost za nastavnu praksu i proces učenja, odnosno da li prepoznaju potencijale digitalnih tehnologija za unapređivanje kvaliteta nastave i učenja. Digitalne kompetencije nastavnika obuhvaćene su posebnim evropskim okvirom DigCompEdu koji podrazumeva 22 kompetencije raspoređene u šest oblasti: profesionalni angažman; digitalni izvori i materijali; učenje i podučavanje; praćenje i vrednovanje; osnaživanje učenika; omogućavanje razvoja i usmeravanje digitalnih kompetencija učenika (Redecker, 2017).Evropskim okvirom za digitalno kompetentne obrazovne organizacije (European Framework for Digitally Competent Educational Organizations – DigCompOrg) obuhvaćena su, osim digitalnih kompetencija i profesionalnog razvoja nastavnika, i pitanja nastave i učenja uz digitalne tehnologije, evaluacije, infrastrukture i opreme i rukovođenja (Kampylis et al., 2015). Na osnovu okvira DigCompOrg razvijena je i platforma SELFIE – besplatan i onlajn dostupan alat za samorefleksiju, namenjen obrazovnim institucijama za identifikovanje jačih strana i slabosti prilikom upotrebe digitalnih tehnologija u nastavi i za učenje.

Kako postoje brojne konceptualizacije pojmova digitalne pismenosti i digitalne kompetencije, tako postoje i različita razumevanja odnosa tih koncepata. Iako se često koriste kao sinonimi (Ilomäki et al., 2011; Ilomäki et al., 2016), koncepti digitalna pismenost i digitalna kompetencija se takođe prikazuju tako da jedan služi kao

osnova za razumevanje drugog koncepta. U različitim konceptualizacijama nailazi se na oba slučaja: da je digitalna kompetencija širi pojam koji obuhvata digitalnu pismenost (Ala-Mutka, 2011; European Commission, 2008) i da je digitalna pismenost širi pojam koji podrazumeva prethodno sticanje digitalne kompetencije (Martin & Grudziecki, 2006). S jedne strane, sve to dodatno komplikuje razumevanje i ovako komplikovanog koncepta digitalne pismenosti i digitalne kompetencije, dok, s druge strane, neprecizna upotreba tih koncepata često uzrokuje lošu komunikaciju i nesporazume (Eshet-Alkalai, 2004). Radoznala i znatiželjna po prirodi, nesvesna opasnosti, mnoga deca često daju prevelikznačaj virtuelnom svetu, što ih čini najosetljivijom grupom korisnika. Dodatnu poteškoću stvara i to što mladi često sebe ne mogu da identifikuju kao žrtvu i u nekim slučajevima prihvataju nasilničko ponašanje kao deo normalnog ponašanja svojih vršnjaka (Almeida et al., 2009).

6. ZAKLJUČAK

U suvremenom društvu digitalna tehnologija i mediji sveprisutni su. Svojim razvojem digitalni mediji integrirani su u svim aspektima čovekovog života. Uporaba istih, što zahteva i informatičku i digitalnu pismenost, postaje imperativ današnjice te time život bez njih gotovo da je nezamisliv Digitalna transformacija obrazovanja u Srbiji odvija se pod uticajem evropskih okvira koji pružaju zajedničku konceptualnu osnovu za diskusiju, razumevanje i razvoj digitalnog obrazovanja u Evropi. Uticaj tih okvira na obrazovnu politiku u Srbiji je primetan, ali se ne primenjuje dosledno, što izaziva konfuziju i neslaganje u korišćenju terminologije i definisanju ključnih koncepata. Digitalnu pismenost možemo odrediti kao sposobnost za život, učenje i rad u razvijajućem i promenljivom digitalno posredovanom društvu korišćenjem digitalnih resursa i razvijanjem digitalnog identiteta i kritičkog angažovanja u umreženom društvu. Nepostojanje jasne granice između onog šta se smatra javnim i onog što se podrazumeva pod privatnim prostorom na internetu predstavlja značajan izvor problema u realizaciji prava krajnjih korisnika digitalnih medija.digitalne tehnologije ispitanici navode njene pozitivne i negativne strane. U pogledu pozitivnih aspekata, primene digitalnih tehnologija ističe se da digitalna komunikacija omogućava ljudima da se osećaju međusobno bliskijim, i da doprinosi obavljanju različitih aktivnosti i njihovoj koordinaciji. Međutim, kao negativne posledice primene digitalne tehnologije prepoznate su nemogućnost razdvajanja profesionalne i privatne sfere u meri u kojoj je to bilo moguće pre njenog razvoja, podrivanje privatnosti i izlaganje ljudi dezinformacijama kao i najvećoj meri omalovažavanje mladih. Iskazivanje međusobne netrpeljivosti i ličnog neuadovoljsva preko društvenih mreža, Na ovaj način mladi ljudi na internetu osećaju veliku nesigurnost a često i strah od napada neistomišljenika. Široka je lepeza znanja o digitalnom nasilju ali se o njoj veoma malo govori u javnosti. U znatnoj meri je moguće da nedostatak svesti o posledicama nasilja i nedostatak edukacije o bezbednom korišćenju interneta i digitalne pismenosti predstavljaju društvene prilike kod nas koje doprinose nasilju na internetu.

7. LITERATURA

[1] Ristić, D., Pajvančić-Cizelj, A., & Marinković, D. (2014). Mapiranje društvene geografije interneta: značenje, materijalnost, moć. U D. Todorović, D. Petrović & D. Prlja (Ur.), Internet i društvo (str. 23-40). Srpsko sociološko društvo. Univerzitet u Nišu – Filozofski fakultet i Institut za uporedno pravo.

[2] Vuković, V. (2019). Društveni mediji i upravljanje komunikacijama. Fakultet dramskih umjetnost

[3] UNICEF (2016). Istraživanje o nivou svesti roditelja o rizicima od zloupotreba

[4] dece na Internetu. Beograd: UNICEF. Posećeno 27. 8. 2018. URL:

http://www.unicef.rs/files/Istrazivanje%20o%20nivou%20svesti%20roditelja%20

[5] Popadić, D. & Kuzmanović, D. (2016). Mladi u svetu Interneta. Beograd: Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja, UNICEF.

[6] Hajnal, A. (2021). Cyberbullying Prevention: Which Design Features Foster the Effectiveness of School-Based Programs? East European Journal of Society and Politics, 70(1), 40–58. https://doi.org/10.17356/ieejsp.v7i1.648 Han, Z., Wang, Z., & Li, Y. (2021). Cyberbullying Involvement, Resilient Coping, and Loneliness of Adolescents During Covid-19 in Rural China. Frontiers in Psychology, 12:664612. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.664612 Harré, R., & Lamb, R. (Eds.) (1993). The encyclopedic dictionary of psychology. Cambridge: MIT Press. Hayashi, Y., & Tahmasbi, N. (2021). Psychological Predictors of Bystanders' Intention to Help Cyberbullying Victims Among College Students: An Application of Theory of Planned Behavior. Journal of Interpersonal Violence. Online First. https://doi.org/10.1177/0886260521992158

[7] Voskresenski, K. i Glušac, D. (2007). Metodika nastave informatike. Zrenjanin: Tehnički fakultet ''Mihajlo Pupin''.

[8] Chitra, A. P. & Raj, M. A. (2018). E-learning. Journal of Applied and Advanced Research, 3, 11-13

[9] Adnan, M. & Anwar, K. (2020). Online learning amid the COVID-19 pandemic: Students' perspectives. Journal of Pedagogical Sociology and Psychology, 2(1), 45–51.

[10] Chitra, A. P. & Raj, M. A. (2018). E-learning. Journal of Applied and Advanced Research, 3, 11-13

[11] Fleer, M. (2016). Theorising digital play: A cultural-historical conceptualisation of children`s engagement in imaginary digital situations. Internatinal research in Early Childhood Education, Vol. 7, No. 2, 75-90.

[12] Grey, A. (2011). Cybersafety in early childhood education. Australasian Journal of Early Childhood, Vol. 36, No. 2, 77-81;

[13] Danby et al. (2018). Digital Childhoods. Singapore: Springer Nature

[14] Redecker, C. (2017). European framework for the digital competence of educators. DigCompEdu. EUR 28775 EN. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

[15] Kampylis, P., Punie, Y., & Devine, J. (2015). Promoting effective digital-age learning. A European framework for digitally competent educational organizations. EUR 27599 EN.

[16] Ala-Mutka, K. (2011). Mapping digital competence: Towards a conceptual understanding. Seville: JRC-IPTS.

[17] Martin, A., & Grudziecki, J. (2006). DigEuLit: Concepts and tools for digital literacy development. Innovation in Teaching and Learning in Information and Computer Sciences, 5(4) 249–267

[18] Eshet-Alkalai, Y. (2004). Digital literacy: A conceptual framework for survival skills in the digital era. Journal of Educational Multimedia and Hypermedia, 13(1), 93–106.

[19] Almeida, A., Correia, I., & Marinho, S. (2009). Moral disengagement, normative beliefs of peer group, and attitudes regarding roles in bullying. Journal of School Violence, 9(1), 23–36.

[20] Hobbs, M. E. (2009). E-bullies: The detrimental effects of cyberbullying on students'

[21] life satisfaction. Ohio: Miami University.

[22] Steinhauer, J. (2008). Verdict in my space case. New York Times, 27th November 2008.

[23] Hokoda, A., Lu, H.-H. A., & Angeles, M. (2006). School bullying in Taiwanese

[24] adolescents. Journal of Emotional Abuse, 6(4), 69–90.

[25] Nabuzoka, D. (2003). Experiences of bullying-related behaviours by English and Zambian pupils: A comparative study. Educational Research, 45(1), 95–109.
[26] Aftab, P. (2006). Stop Cyberbullying. WiredKids, Inc.
[27] Willard, N. (2006). Cyber bullying and cyberthreats: Responding to the challenge of online social cruelty, threats, and distress. Eugene, OR: Center for Safe and Responsible Internet Use
[28] Fein, R., Vossekuil, B., Pollack, W., Borum, R., Modzeleski, W., & Reddy, M. (2002). Threat assessment in schools: A guide to managing threatening situations and to creating safe school climates. Washington, DC: U.S. Department of Education, Office of Elementary and Secondary Education, Safe and Drug-Free Schools Program and U.S. Secret Service, National Threat Assessment Center
[29] Thompson, D. Whitney, I., & Smith, P. (1993). Bullying of children with special needs in mainstream schools. Support for Learning, 9, 103–106.

Adresa autora: Ковачевић Александра, МСц, Univerzitet „ Metropolitan“ u Beogradu
e-mail: aleksandra.unija@gmail.com
Rad primljen: septembar 2025.
Rad prihvaćen: septembar 2025.

Проф. др Милорад Ранчић

БРАНИСЛАВА ПЕРОВИЋ НЕШКОВИЋ

Бранислава Перовић Нешковић је рођена 22. септембра 1920. године у Бањалуци. Школовање је започела у свом родном месту. У петом разреду напустила је бањалучку Гимназију и прешла у Београд. Године 1938. уписала је студије физике на Техничком факултету у Београду. Због ратних дешавања и свог личног ангажовања у политичком животу прекунула је студирање и наставила је након завршетка рата. Дипломирала је на Електротехничком факултету у Београду 1951. године. Одмах након завршетка студија запослила се у Институту за нуклеарне науке „Борис Кидрич“. (Данас је то Институт за нуклеарне науке „Винча“). На Природно математичком факултету у Београду, 1964. године, одбранила је докторску дисертацију под називом „Интеракција тешких јона средњих енергија са чврстим телом“.

На Институту је била ангажована на пројектима у области физике јонизованих гасова и атомских судара. Била су то за оно време пионирска истраживања. Од 1951, до 1960. године радила је на пројектовању и изградњи магнетног сепаратора изотопа и масеног спектограма као и јонског извора на принципу магнетотрона. Били су то најсофистициранији физички инструменти који су израђени на Институту. У саставу Института Бранислава је формирала Одељење за сепарацију радиоактивних изотопа као и Лабораторију за атомску физику. Обављала је и многе друге послове. Била је председница Организационог одбора Светске конференције о физици јонизујућих гасова која је одржана у Београду 1965. године. Такође је била организатор и учесник великог броја националних и међународних научних скупова и конференција у области физике јонизованих гасова.

На функцију Генералног директора Института за нуклеарне науке изабрана је 1976. године. То је био први случај у историји ондашње Југославије да жена добије највишу руководећу функцију у научно-истаживачкој установи која се бави истраживањем у области природних и техничких наука.

Поред истраживачког и научног рада Бранислава Перовић се бавила и образовањем. Била је изабрана за професора на Електротехничком факултету Универзитета у Београду. Предавала је Физичку електронику гасова на редовним студијама. Обављала је такође и функцију руководиоца постдипломских студија на смеру Физика јонизованих гасова. Поред бројних научних радова Бранислава је објавила и више монографија и приручника. Са руског и енглеског језика превела је већи број стручних и научно популарних књига.

Политичко ангажовање Браниславе Бране Перовић отпочело је још у њеним гимназијским данима. Заинтересовала се за идеје комунистичког покрета тако да је пре Другог светског рата постала чланица Савеза комунистичке омладине Југославије (СКОЈ-а). Чланица Комунистичке партије Југославије постала је као студенткиња 1939. године. Обављала је различите илегалне партијске задатке. У току Другог светског рата наставила је рад у илегалној штампарији и одржавала везу између Покрајинског и Централног комитета КПЈ. Године 1943. отишла је у Срем а затим у Јајце где је прикључила Врховном штабу народно ослободилачког покрета. Обављала је бројне партијске активности, између осталих била је уредница листа „Омладина“. Након завршетка рата налазила се напартијским и политичким функцијама све до 1948. године када је њен супруг престао да се активно бави политиком. Искористила је ту прилику и повукла се из политичког живота.. Своју каријеру надаље усмерила је на истраживачки и научни рад.

Бранислава је била удата за Благоја Паровића који је такође био истакнути политички радник. Живели су у Београду и имали троје деце. Четири њене рођене сестре су биле учеснице Народно ослободилачког покрета у Другом светском рату и носиоци Партизанске споменице 1941.

За свој изузетан друштвено-политички и научни рад Бранислава Брана Перовић добила је многобројна признања и одликовања .Носилац је Партизанске споменице 1941., Ордена Републике са златним венцем, Ордена братства и јединства са златним венцем, Ордена за храброст, Ордена рада са златним венцем, Ордена заслуге за народ са сребрном звездом.

Бранислава Перовић Нешковић је преминула 4. фебруара 2008.године у Београду. Сахрањена је Новом гробљу у Београду.

ТЕХНИЧАРСКА ДРУЖИНА

1868 2024

САВЕЗ ИНЖЕЊЕРА И ТЕХНИЧАРА СРБИЈЕ

ПОВЕЉА

Научно-стручни часопис

ДИТ: Друштво, Истраживање, Технологије

Издавач Друштво инжењера Зрењанин

ЗА НАЈБОЉУ ПУБЛИКАЦИЈУ СРБИЈЕ

БЕОГРАД

29. март 2024.

САВЕЗ ИНЖЕЊЕРА И ТЕХНИЧАРА СРБИЈЕ БЕОГРАД

ПРЕДСЕДНИК

др Игор Марић, научни саветник

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
P. fah 3
e-mail: info@dec.rs
www.dec.rs

Tel: +381 23 580 830
381 23 589 030
Fax: +381 23 580 831
+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

METREL®

UM-ING

PETKUS Engineering d.o.o.
Bagljaš Aerodrom bb
23000 Zrenjanin
Rep.Srbija

PETKUS

ГРАЂЕВИНСКО ПРЕДУЗЕЋЕ

GP MPM d.o.o.
Adresa: Aleksandra Belića 14,
23000 Zrenjanin
email: office@gpmpm.rs;
predragmisic@gpmpm.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.