

INSTITUT ZA RUDARSTVO I METALURGIJU BOR

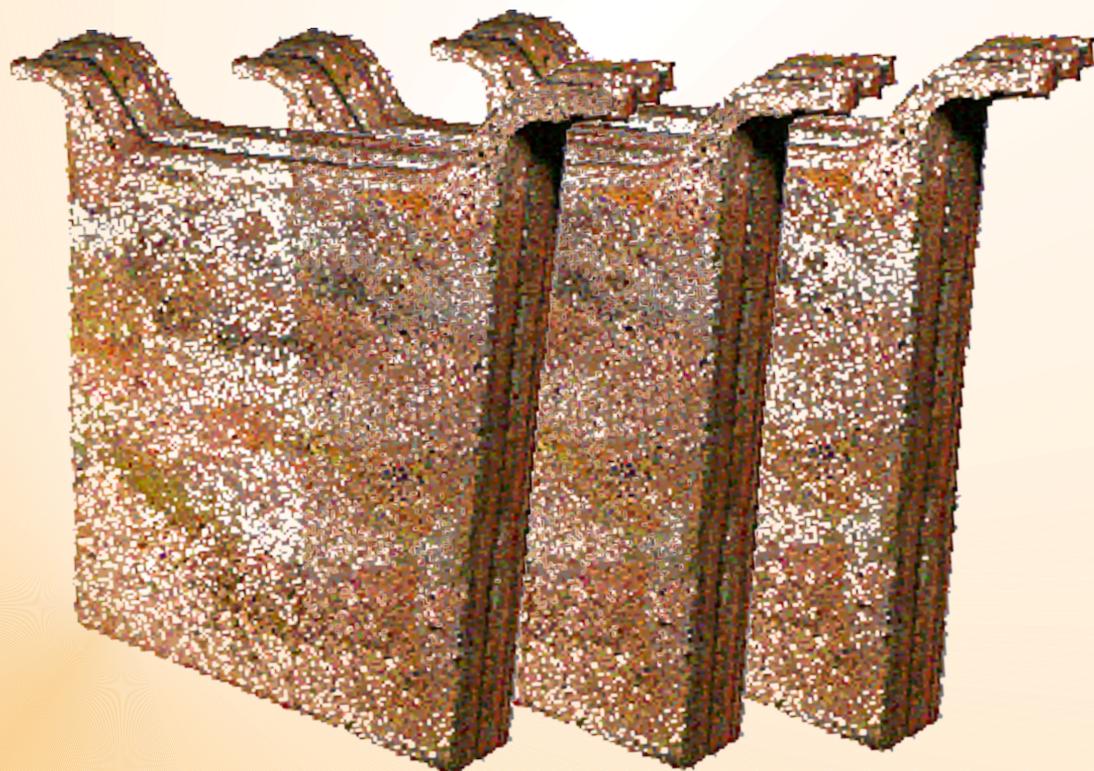


Cu

UDC 669.3  
ISSN 0351-0212

Broj 1 Volumen 43 2018

# BAKAR COPPER



---

**BAKAR** je časopis baziran na bogatoj tradiciji stručnog i naučnog rada ne samo iz oblasti dobijanja i prerade bakra, već i iz oblasti obojene i crne metalurgije, tehnologije, nanotehnologije, hemije, pripreme mineralnih sirovina, zaštite životne sredine, energetske efikasnosti, i primenjene informatike i povezanih srodnih oblasti.

Izlazi dva puta godišnje još od 1968. godine.

**Glavni i odgovorni urednik**

Dr Milenko Ljubojev, *naučni savetnik,*  
*redovni član IAS*  
Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor  
E-mail: [milenko.ljubojev@irmbor.co.rs](mailto:milenko.ljubojev@irmbor.co.rs)  
Tel. 030/454-110

**Zamenik glavnog i odgovornog urednika**

Dr Biserka Trumić, *naučni savetnik*  
Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor  
E-mail: [biserka.trumic@irmbor.co.rs](mailto:biserka.trumic@irmbor.co.rs)  
Tel. 030/454-272

**Urednik**

Vesna Marjanović, *dipl.inž.*

**Prevodilac**

Nevenka Vukašinović, *prof.*

**Tehnički urednik**

Suzana Cvetković, *teh.*

**Priprema za štampu**

Vesna Simić, *teh.*

**Štampa**

Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor

**Tiraž:** 30 primeraka

**Internet adresa**

[www.irmbor.co.rs](http://www.irmbor.co.rs)

**Izdavanje časopisa finansijski podržavaju**

Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog  
razvoja Republike Srbije  
Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor

**ISSN 0351-0212**

*Indeksiranje časopisa u SCIndeksu i u ISI.*

*Nacionalni časopis kategorije M52*

**Izdavač**

Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor  
19210 Bor, Zeleni bulevar 35  
E-mail: [institut@irmbor.co.rs](mailto:institut@irmbor.co.rs)  
Tel. 030/436-826

**Sva prava zadržana.**

**Uređivački odbor**

Dr Mile Bugarin, *naučni savetnik*  
*Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor*  
Prof. dr Milan Antonijević, *red. prof.*  
*Tehnički fakultet Bor*  
Prof. dr Tatjana Volkov Husović, *vanr. prof.*  
*Tehnološko-metalurški fakultet Beograd*  
Doc. dr Bojan Jokić, *docent*  
*Fakultet primenjenih umetnosti u Beogradu*  
Doc. dr Mile Dimitrijević, *docent*  
*Tehnički fakultet Bor*  
Dr Silvana Dimitrijević, *naučni saradnik*  
*Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor*  
Dr Ana Kostov, *naučni savetnik*  
*Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor*  
Dr Lidija Mančić, *viši naučni saradnik*  
*Institut tehničkih nauka SANU*  
Prof. dr Desimir Marković, *red. prof.*  
*Tehnički fakultet Bor*  
Dr Aleksandra Milosavljević, *naučni saradnik*  
*Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor*  
Prof. dr Duško Minić, *red. prof.*  
*Fakultet tehničkih nauka Kosovska Mitrovica*  
Dr Milanče Mitovski  
*RTB - Bor Grupa*  
Dr Miroslav Sokić, *naučni savetnik*  
*Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih*  
*mineralnih sirovina Beograd*  
Dr Jasmina Stevanović, *naučni savetnik*  
*Institut za hemiju, tehnologiju i*  
*metalurgiju Beograd*  
Dr Srećko Stopić  
*RWTH Aachen, IME Aachen, Nemačka*  
Dr Nadežda Talijan, *naučni savetnik*  
*Institut za hemiju, tehnologiju i*  
*metalurgiju Beograd*  
Dr Viša Tasić, *viši naučni saradnik*  
*Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor*  
Prof. dr Vasyl Tomashyk, *red. prof.*  
*Ukrajinska nacionalna akademija nauka,*  
*Institut za poluprovodničku fiziku Kijev*  
Dr Dejan Trifunović, *naučni saradnik*  
*Tehnološko-metalurški fakultet Beograd*

---

---

**COPPER** is a journal based on the rich tradition of expert and scientific work not only in the field of copper production and treatment, but also in the field of non-ferrous and ferrous metallurgy, technology, nanotechnology, chemistry, mineral processing, ecology, energy efficiency, applied informatic, as well as related fields of science. Since 1968, published twice a year.

**Editor-in-Chief**

Ph.D. Milenko Ljubojev, *Principal Research Fellow, full member of ECS*  
Mining and Metallurgy Institute Bor  
E-mail: [milenko.ljubojev@irmbor.co.rs](mailto:milenko.ljubojev@irmbor.co.rs)  
Phone: +38130/454-110

**Co-Editor**

Ph.D. Biserka Trumic, *Principal Research Fellow*  
Mining and Metallurgy Institute Bor  
E-mail: [biserka.trumic@irmbor.co.rs](mailto:biserka.trumic@irmbor.co.rs)  
Phone: +38130/454-272

**Editor**

Vesna Marjanović, *B.Eng.*

**English Translation**

Nevenka Vukašinić

**Technical Editor**

Suzana Cvetković

**Preprinting**

Vesna Simić

**Printed in**

Mining and Metallurgy Institute Bor

**Circulation:** 30 copies

**Web site**

[www.irmbor.co.rs](http://www.irmbor.co.rs)

**COPPER is financially supported by**

The Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic Serbia  
Mining and Metallurgy Institute Bor

**ISSN 0351-0212**

*Journal indexing in SCIndex and ISI.*

*National Scientific Journal categorization M52*

**Published by**

Mining and Metallurgy Institute Bor  
19210 Bor, Zeleni bulevar 35  
E-mail: [institut@irmbor.co.rs](mailto:institut@irmbor.co.rs)  
Phone: +38130/436-826

**All rights reserved.**

**Editorial Board**

Ph.D. Mile Bugarin, *Principal Research Fellow*  
*Mining and Metallurgy Institute Bor*  
Prof.Ph.D. Milan Antonijević,  
*Technical Faculty Bor*  
Prof.Ph.D. Tatjana Volkov Husović,  
*Faculty of Technology and Metallurgy Belgrade*  
Ph.D. Bojan Jokić,  
*Faculty of Applied Arts in Belgrade*  
Ph.D. Mile Dimitrijević,  
*Technical Faculty Bor*  
Ph.D. Silvana Dimitrijević, *Research Associate*  
*Mining and Metallurgy Institute Bor*  
Ph.D. Ana Kostov, *Principal Research Fellow*  
*Mining and Metallurgy Institute Bor*  
Ph.D. Lidija Mančić, *Senior Research Associate*  
*Institute of Technical Science of SASA*  
Prof.Ph.D. Desimir Marković,  
*Technical Faculty Bor*  
Ph.D. Aleksandra Milosavljević, *Research Associate*  
*Mining and Metallurgy Institute Bor*  
Prof.Ph.D. Duško Minić,  
*Faculty of Technical Sciences Kosovska Mitrovica*  
Ph.D. Milanče Mitovski,  
*RTB – Bor Group*  
Ph.D. Miroslav Sokić, *Principal Research Fellow*  
*Institute for Technology of Nuclear and Other*  
*Raw Materials Beograd*  
Ph.D. Jasmina Stevanović, *Principal Research Fellow*  
*Institute of Chemistry, Technology and*  
*Metallurgy Belgrade*  
Ph.D. Srećko Stopić,  
*RWTH Aachen, IME Aachen, Germany*  
Ph.D. Nadežda Talijan, *Principal Research Fellow*  
*Institute of Chemistry, Technology and*  
*Metallurgy Belgrade*  
Ph.D. Viša Tasić, *Senior Research Associate*  
*Mining and Metallurgy Institute Bor*  
Prof.Ph.D. Vasyl Tomashyk,  
*Institute for Semiconductor Physics of*  
*National of Sciences of Ukraine Kyiv*  
Ph.D. Dejan Trifunović, *Research Associate*  
*Faculty of Technology and Metallurgy Belgrade*

UDK: 669.215'22'35(045)=163.41

ORIGINALNI STRUČNI RAD

Oblast: Materijali i hemijska tehnologija

**ISPITIVANJE PROMENE TVRDOĆE TROJNE LEGURE Au-Ag-Cu  
SA TEMPERATUROM I VREMENOM**

**TESTING THE HARDNESS CHANGE OF THE Au-Ag-Cu ALLOY WITH  
TEMPERATURE AND TIME**

Marjan Gorišek, Vesna Krstić, Lidija Gomidželović

Institut za rudarstvo i metalurgiju, Zeleni Bulevar 35, 19210 Bor, Srbija

E-mail: vesna.krstic@irmbor.co.rs

**Izvod**

*U radu je razmatran uticaj termičke obrade legure Au-Ag-Cu, sastava 58.5% Au, 26.0% Ag i 15.5% Cu na njenu tvrdoću. Eksperimentalni rad je zasnovan na istraživanju režima termičke obrade tokom procesa starenja, na različitim temperaturama, u cilju utvrđivanja uticaja temperature i vremena, na promene ojačavanja ispitivane legure. Ojačavanje Au-Ag-Cu legura u procesu starenja praćeno je sistematskim ispitivanjem promene vrednosti tvrdoće, u odnosu na početno stanje. Na osnovu postignutih rezultata, postavljene su eksperimentalne osnove za izbor najpovoljnijeg režima termičke obrade u procesu ojačavanja starenjem u realnom vremenu, u odnosu na zahtevane finalne osobine legura sistema Au-Ag-Cu za primenu u zlatarskoj industriji i za druge funkcionalne namene.*

**Ključne reči:** legura Au-Ag-Cu, čvrsti rastvori, kaljenje, starenje, tvrdoća

**Abstract**

*This paper discusses the impact of thermal processing of the alloy Au-Ag-Cu, composition of 58.5% Au, 26.0% Ag and 15.5% Cu, on its hardness. The experimental work is based on research the heat treatment during the aging process, at different temperatures, in order to determine the impact of temperature and time on hardening changes of the tested alloy. Hardening of the Au-Ag-Cu alloy in the aging process is accompanied by a systematic evaluation the changes in hardness values, as compared to the initial state. Based on the realized results, the experimental basis were set for selection the most favorable heat treatment in the hardening process by aging in real time, in relation to the required final properties of the alloys of the Au-Ag-Cu system for use in the goldsmith industry and other functional purposes.*

**Keywords:** Au-Ag-Cu alloy, solid solutions, hardening, aging, hardness

**1. UVOD**

Kompleksnost proizvodnje nakita koja zahteva različite procese kao što su: livenje, valjanje, duboko izvlačenje, savijanje, prosecanje, ručnu obradu, lemljenje i zavarivanje, kao i razne oblike termičke obrade, neminovno dovodi

proizvod u jedno termodinamički nestabilno stanje [1-4]. U svim ovim postupcima prerade, postoji mogućnost nekog specifičnog unutrašnjeg problema, posebno kada se na kraju proizvodu postavljaju specijalni estetski zahtevi, kao što su visok sjaj i koroziona postojanost [5]. Materijal koji poseduje mogućnost ojačavanja legura starenjem, omogućava da se proizveden zlatarski proizvod, nakon izrade, u jednom termodinamički nestabilnom stanju, sa zaostalim naponima unutar samog materijala i proizvoda, putem termičke obrade, prevede u ojačan proizvod, povećane tvrdoće i čvrstoće u odnosu na polazne veličine [6-8]. Sve ovo zahteva multidisciplinarn pristup problemima proizvodnje nakita.

U razvoju industrije, zlato i srebro imaju veliku primenu, posebno u elektronici, usled svoje odlične elektroprovodljivosti [9], a istovremeno odlične hemijske pasivnosti, takođe su korišćeni u optici zbog odlične refleksije infracrvene svetlosti, a nedavno i u organskoj hemiji zbog katalitičkih svojstava zlatnih nano-čestica [10,11]. I pored toga, zlato se najvećim delom koristi za proizvodnju nakita, dok se srebro i bakar više koriste u industriji provodnika.

Zlato se u elektronici primenjuje kao legura sa drugim plemenitim metalima, kao što su Pt, Rh, Pd, Ag, a takođe i sa bakrom. Zbog svojih električnih osobina, otpornosti na koroziju kao i izrazite duktilnosti, i činjenice da je ekološki veoma prihvatljivo, nije štetno po čovekovo zdravlje i okolinu [12]. Zlato je, bez obzira na visoku cenu, našlo veliku primenu u poluprovodničkoj tehnologiji, ili u obliku tankih filmova ili za povezivanje u poluprovodničkim uređajima, finim zlatnim žicama, tzv. „wire bonding“ [13,14].

Primena zlata u izradi električnih kontakata je takođe značajna, posebno za izradu klizajućih kontakata koji rade u vlažnim sredinama ili drugoj vrsti korozivnih atmosfera. Posebno je značajno za izradu elektro-kontakata u skupim i zahtevnim uređajima, kao što su kompjuteri i komunikaciona oprema za specijalnu namenu, naročito u vazduhoplovnoj i kosmičkoj tehnologiji [9,13].

U radu su prikazani rezultati ispitivanja osobina trojne legure na bazi Au-Ag-Cu, određenog sastava. Obzirom na važnost primene Au-Ag-Cu legure u zlatarskoj industriji, akcent na eksperimentalnog deo istraživanja je stavljen na ispitivanje fizičkih osobina legure, kao što su promene tvrdoće legure u funkciji temperature i vremena.

## 2. EKSPERIMENTALNI DEO

Napravljena je i ispitivana trojna legura Au-Ag-Cu koja sadrži 58.5% Au, 26.0% Ag i 15.5% Cu. Izrađena je u obliku tankog lima. Pripremljeni su uzorci u obliku pločica dimenzija 30x20x1 mm. Napravljena je serija od po 10 uzoraka, žarenih na 750°C u toku od 15 min. Uzorci legure su prevođeni u jednofazno

stanje na različitim temperaturama, a zatim kaljeni u vodi. Svaka serija uzoraka je zatim starena na određenoj temperaturi, a po jedan uzorak vađen je i kaljen u sledećim vremenskim intervalima: 10, 20, 30, 45, 60, 120, 240, 360, 480 i 600 min. Temperature starenja su bile 300, 400, 500 i 600°C. Tako je omogućen uvid u promenu tvrdoće i elektroprovodljivosti u toku vremena do 10 h u temperaturnom intervalu od 300 do 600°C.

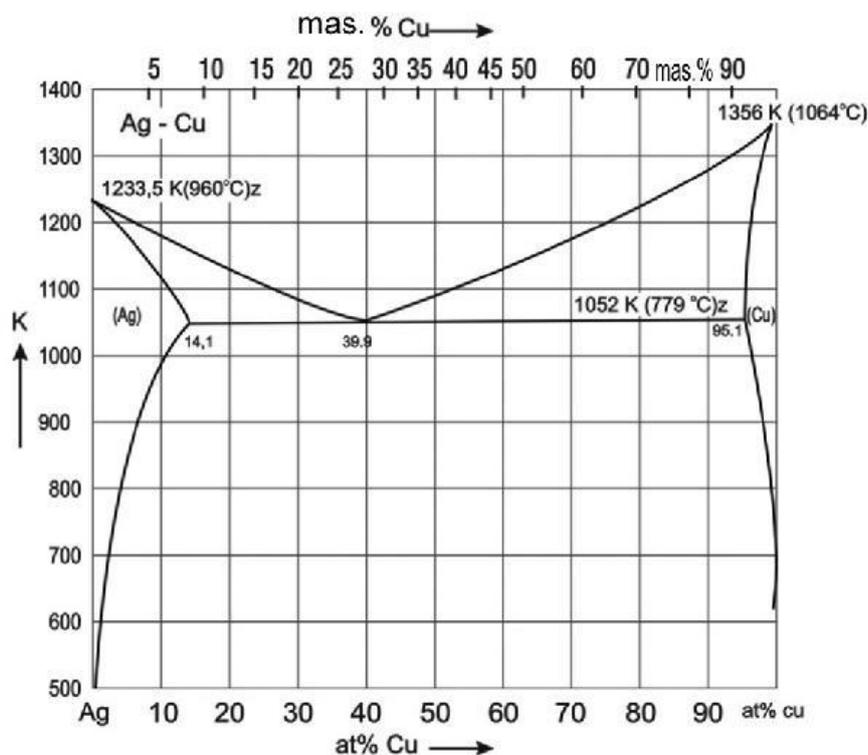
XRF analiza je pokazala prisustvo 0.05% Zn dok ostalih elemenata nije bilo. Za strukturnu analizu korišćen je XRD aparat, proizvođača Siemens, karakteristika  $\text{CuK}\alpha_{1,2}$ , 40 kV, 20 mA i brzina snimanja 1 °/min. Određivanje tvrdoće vršeno je po Brinelu silom od 62,5 kP. Prečnik kuglice je bio 2.5 mm, a vreme trajanja analize je bilo 15 s.

### 3. TEORIJSKA OSNOVA LEGURE Au-Ag-Cu

#### 3.1. Legure dvojnog sistema Au-Ag, Ag-Cu i Au-Cu

Proučavanje trojnog dijagrama stanja Au-Ag-Cu, zahteva prethodnu obradu dvojnih dijagrama stanja Au-Ag, Ag-Cu i Au-Cu, koji ustvari predstavljaju osnovu i polazne postavke trojnog dijagrama.

Sa dijagrama stanja koji se mogu naći u literaturi [15], zaključuje se da se legure Au-Ag, sastoje od neprekidnog niza čvrstih rastvora sa uzanom oblašću očvršćavanja od 10 do 12°C. Izvesni autori smatraju ovu oblast još užom, oko 2°C. Za praktične svrhe može se smatrati da nema nikakvih transformacija u čvrstom stanju i ako postoje indikacije o sređivanju legura u oblasti 50 at.% Ag. U dvojnog sistema Au-Ag [15], postoji potpuna međusobna rastvorljivost komponenata u čvrstom stanju, obrazujući neprekidan niz čvrstih rastvora. Linije likvidusa i solidusa ujednačeno se snižavaju od tačke topljenja zlata, 1064°C (1337 K), pa do tačke topljenja srebra, 960°C (1223 K) [15]. Legure Au-Ag, poseduju dobre livne osobine, kao i otpornost ka oksidaciji, veoma su mekane i plastične. Tehnička primena ovih legura, zbog svojih tehničkih karakteristika [16], niske vrednosti  $R_p \approx 215 \text{ kg/mm}^2$ , pri 50 – 60 at.% Ag, i pri relativnom izduženju 40 – 50 %, relativno je ograničena. Mala čvrstoća (slaba otpornost na kidanje), ne dozvoljavaju korišćenje ove legure ni u zubarstvu, a ni u zlatarstvu. Upotreba ovih legura ograničena je na tehniku kontakata. Za potrebe u zubarstvu i zlatarstvu, koriste se višekomponentne legure koje sadrže pre svega bakar i cink, kao neplemenite, a takođe paladijum i platinu, kao plemenite metale.



Sl. 1. Dijagram stanja Ag-Cu [17,18]

Legure srebra sa Cu daju tipičan eutektički dijagram stanja, slika 1. Na 779°C rastvara se maksimalno 14,1% Cu gradeći čvrst rastvor  $\alpha$ . Sa opadanjem temperature, rastvorljivost Cu u Ag opada gotovo na nulu. Sa druge strane Cu na istoj temperaturi rastvara maksimalno 5% Ag, gradeći čvrst rastvor  $\beta$ . Eutektička tačka se javlja na 39,9% Cu.

Dvojni dijagram stanja Au-Cu, pored dijagrama Au-Ag i Ag-Cu, jedan je od bitnih dijagrama pri izradi trojnog dijagrama stanja Au-Ag-Cu. Dvojni dijagram stanja Au-Cu, sličan je dijagramu Au-Ag, u zoni likvidus-solidus, ali su promene u čvrstom stanju složenije [19]. Zlato i bakar se potpuno mešaju u tečnom stanju, gradeći niz rastvora, sa minimalnom tačkom topljenja od 910°C, i 44,0 at. % Cu [20], tj. na oko 80,0 mas. % Au. Ispod linije solidusa, komponente Au i Cu, grade neprekidan niz čvrstih rastvora, od potpunog očvršćavanja legure, minimalne temperature solidusa oko 910°C, pa sve do oko 410°C, kada

dolazi do pojave karakterističnih struktura sređivanja, i to u obliku superstrukture:  $Au_3Cu$ ,  $AuCu$  i  $AuCu_3$ . Istraživanja rađena kod legura Au-Cu, su najviše usmeravana u ispitivanje zubnih legura, sa velikom količinom zlata,  $\approx 85,0$  mas % Au (65,0 – 75,0 at. % Au), kao i delimično kod legura za nakit sadržaja 75,0 mas. % Au, dok je malo litaraturnih podataka objavljeno sa legurom koja sadrži 58,5 mas. % [2,3].

Stehiometrijska tačka  $\alpha(Au,Cu) \leftrightarrow AuCu_3$  I, je na oko 25,0 at.% Au i 390°C. Eutektoidna tačka transformacije je na 36,0 at.% Au i 284°C [20]. Linija 58,5 %, sa 31,9 at.% Au (58,5 mas.% Au) i 68,7 at.% Cu (41,5 mas.% Cu), a transformacija je  $\alpha(Au,Cu) \leftrightarrow AuCu_3$  II(360°C)  $\leftrightarrow AuCu_3$  I(330°C). Kristalna struktura  $AuCu_3$  (I)-faze formira prototip uređene kubne strukture, u kojoj je na uglovima rešetke Au, koja je površinski centrirana sa Cu atomima. Kristalnas- struktura  $AuCu_3$  (II), je sastavljena od 18 kristalnih rešetki  $AuCu$  I, sa granicom antifaznog domena nakon 9 kristalnih jedinica [20].  $AuCu_3$  II je prelazni oblik od  $\alpha(Au,Cu)$  do  $AuCu_3$  I.

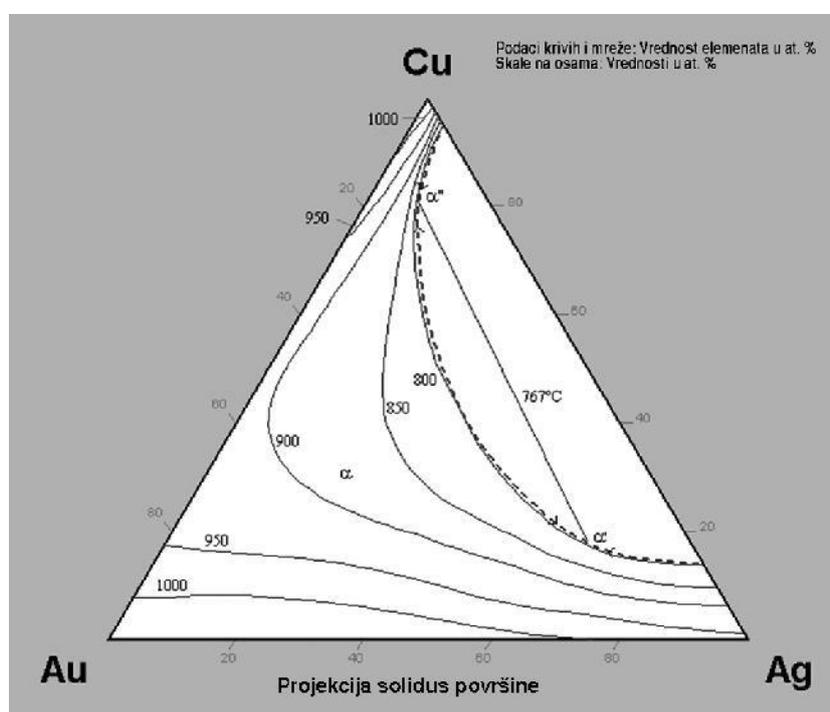
Sistem Au-Cu komponente grade neprekidan niz čvrstih rastvora, te postoji potpuna rastvorljivost u čvrstom stanju, tj. prisutan je samo  $\alpha$  – čvrsti rastvor sa komponentama Au i Cu. Obe komponente kristališu površinski centrirana kubna (FCC) rešetka, i tu dolazi do nastajanja supstitucijskog čvrstog rastvora, sa statističkim rasporedom atoma na određenim mestima u površinski centrirana kubna (FCC) rešetka.

### 3.2. Trojni sistem legura Au-Ag-Cu

Usled složenosti trokomponentnih legura, one su manje izučavane od dvokomponentnih legura. Kao što je poznato, zlato može da se legira sa velikim brojem metala i nemetala, ali kada su u pitanju legure za izradu nakita, onda su to uglavnom legure koje potiču iz sistema Au-Ag-Cu.

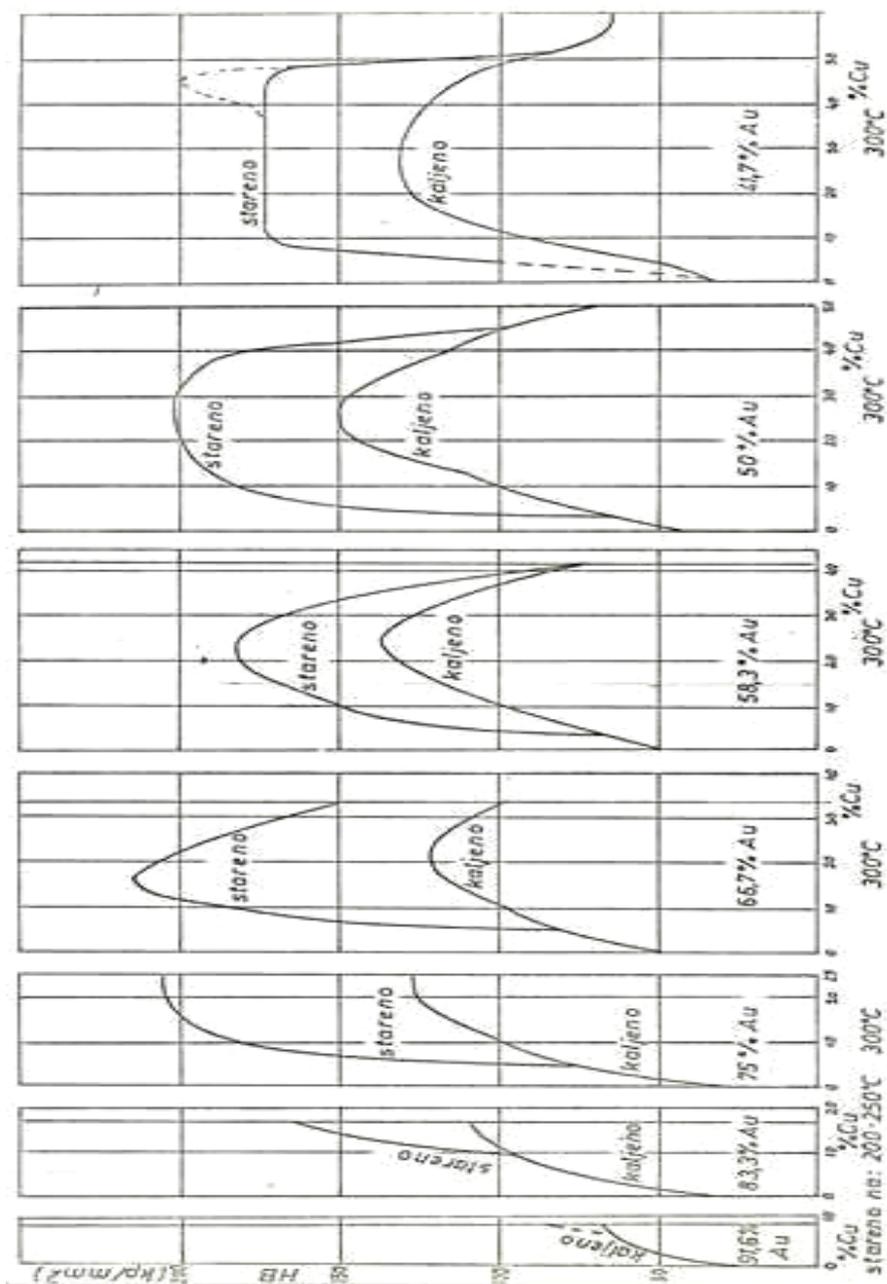
Trokomponentne legure Au-Ag-Cu sistema, odlikuje potpuna rastvorljivost u tečnom stanju, i prilično velika rastvorljivost u čvrstom stanju, prateći odgovarajuće dvojne dijagrame stanja, koji su osnova ovog trojnog dijagrama stanja. Na slici 2, prikazana je solidus površina sa odgovarajućim izotermalnim linijama, kao i temperature za očvršćavanje trojnih legura, a koje su van poluloptastog dvofaznog prostora  $\alpha'(Ag,Au) + \alpha''(Cu,Au)$ , koji nastaje iz  $\alpha(Au,Ag,Cu)$  jednofaznog područja, na 800°C, a što je kritična temperatura vezne linije, između linije likvidusa i  $\alpha'/\alpha''$  [21]. Kritična linija povezivanja za  $\alpha'+\alpha''$ , kao i minimum solidusa prikazan je na 767°C. Ovaj prostor je veoma važan za pojavu starenja legura kao i očvršćavanja starenjem, jer u ovom prostoru dolazi do faznih transformacija u čvrstom stanju.

Mogućnost korišćenja termičke obrade dovodi do toga da se postignu željene osobine krajnjeg stanja legure. Naglim hlađenjem, kaljenjem, iz jednofazne oblasti “zamrzava se” visokotemperaturno stanje pogodno za mehaničku obradu. Odgrevanjem zakaljenjene legure u toku određenog vremena omogućuju se difuzioni procesi sređivanja i formiranja superstrukturnih rešetki, što za posledicu ima poboljšanje mehaničkih osobina legure.



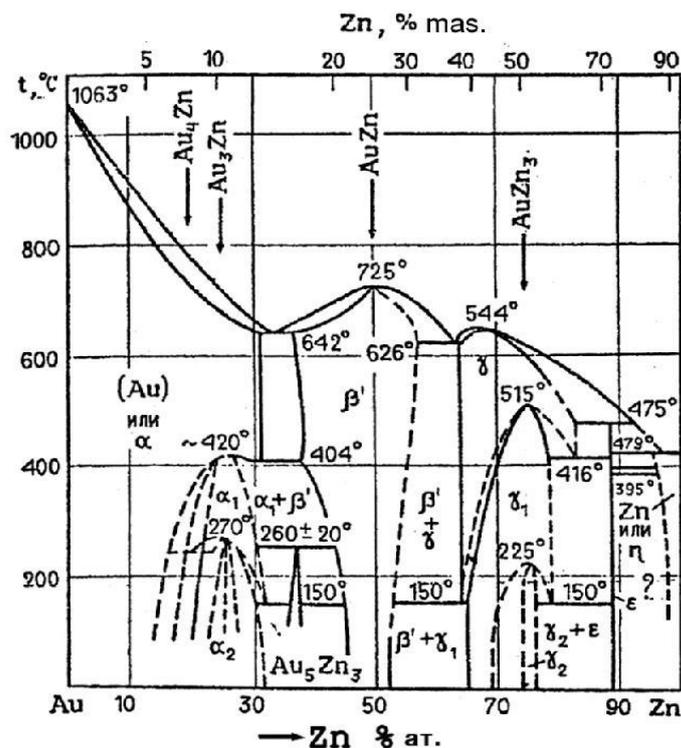
SI. 2. Solidus površina trojnog dijagrama stanja, Au-Ag-Cu, [21]

U literaturi se za označavanje ovog procesa sreću dva naziva: izotermalno sređivanje (žarenje, koje je bliže fizičkoj suštini procesa) i starenje. Kao primer uticaja dva načina termičke obrade na tvrdoću legure Au-Ag-Cu dat je dijagram na slici 3. Apcisa daje promene sadržaja Cu u legurama sa konstantnim sadržajem Au i to 91.60%, 83.30%, 75.00%, 66.70%, 55.35%, 50.00% i 41.70%. Sadržaj Ag je dopuna do 100%. Za legure sa prva dva dijagrama, starenje je vršeno na 250°C, a za ostale na 300°C.



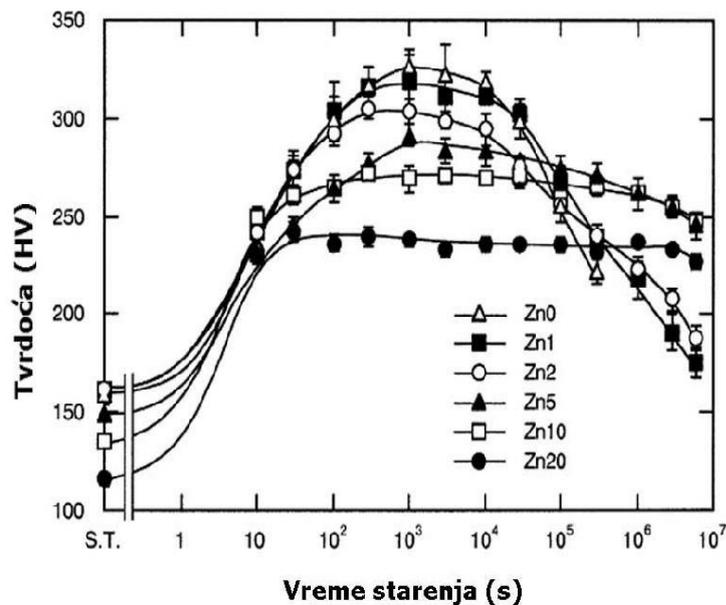
Sl. 3. Uticaj kaljenja i starenja na različite legure Au-Ag-Cu [22]

Uvođenje cinka u različitim količinama, koji može biti prisutan u Au-Ag-Cu zlatnim legurama za proizvodnju nakita, smatra se da u ovim legurama obavlja ulogu modifikatora, tj. u metalurškom smislu usitnjavanje kristalnih zrna prilikom livenja. Na slici 4, prikazan je dvojni dijagram stanja Au-Zn, onako kako je danas prihvaćen [22]. Kao što se vidi sa dijagrama, maksimalna rastvorljivost cinka u zlatu je oko 33,0 at.%, dok je rastvorljivost zlata u cinku max. 4,5 at.%. U sistemu se obrazuje pet hemijskih jedinjenja, tako da prilikom legiranja treba obratiti pažnju na količinu cinka kao legirnog elementa.



Sl. 4. Dvojni dijagram stanja Au-Zn[22]

Slika 5 prikazuje promene tvrdoće pri različitom sadržaju cinka kod pseudo-binarnih legura AuCu-Zn pri konstantnoj temperaturi od 250°C, a pri različitom vremenu trajanja starenja. Dodavanje cinka ravnotežnom AuCu, povećava brzinu starenja, ali se na taj način izbegava prestarenje [23].

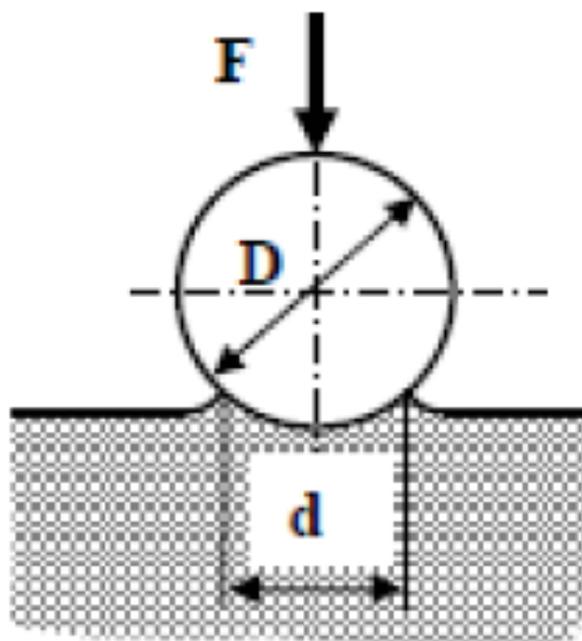


Sl. 5. Krive otvrdnjavanja starenjem za legure sa matricom Au-50,0 at.%, Zn – na slici, Cu – resto,  $t_{const.} = 250^{\circ}C$ , u zavisnosti od vremena starenja [23]

Pored otvrdnjavanja, materijal i nakon starenja mora da poseduje potrebne osobine čvrstoće i elastičnosti potrebnih u proizvodnji nakita. Ukoliko je materijal isuviše krta, pojedini elementi ne mogu da izdrže svakodnevna naprezanja prilikom eksploatacije, i dolazi do pojave naprsline ili loma. Zbog toga je važno da se kontroliše proces faznih transformacija za bilo koju leguru, što zahteva poznavanje temperature promene, i vremena trajanja promene.

### 3.3. Tvrdoća legure

Tvrdoća po Brinellu (HB) je odnos između primenjene sile i površine otisksa. Koristi se kuglica od tvrdog metala, prečnika D koja se utiskuje silom F u površinske slojeve materijala, slika 6.



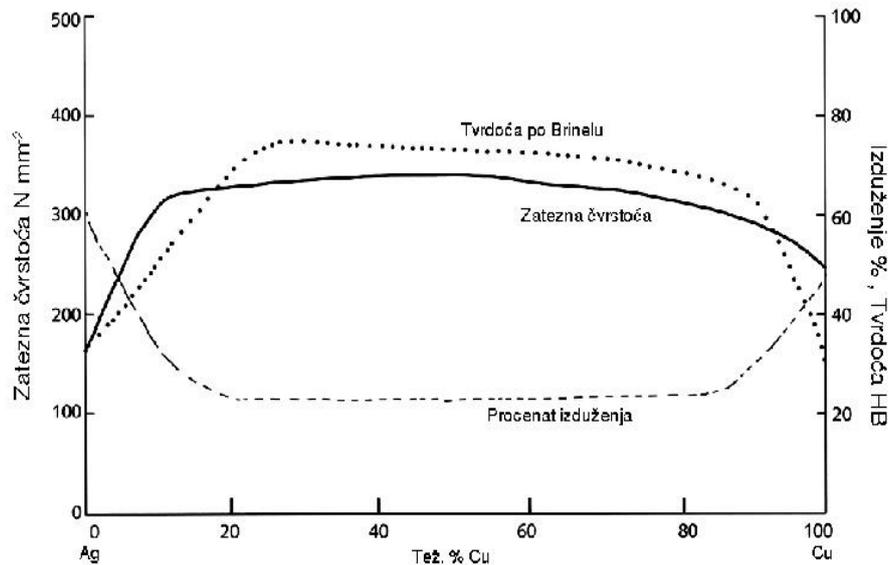
Sl. 6. Ispitivanje Brinellovom metodom [24]

Na tehnologiju legura Au koje sadrže Cu (dvojne ili višekomponentne), znatan uticaj ima pojava sređivanja u određenim oblastima koncentracije. Van ovih oblasti legure su plastične u hladnom i toplom stanju. U oblastima pojave superstrukture potrebno je kaljenjem sprečiti njihovu pojavu da bi se sačuvala plastičnost i mali otpor deformaciji. Kao posledica pojave superstrukture menja se tvrdoća.

Dvokomponentne legure Ag-Cu, sa strane bogate srebrom, poseduju visoku plastičnost, koja se oštro snižava pri stepenu hladne deformacije od  $\approx 20\%$ , ali zatim malo zavise od stepena deformacije, slika 7 [25].

Uticaj hladne deformacije na osobine od koje zavisi čvrstoća, pokazuje da kod legura Ag-Cu, slika 7, postoji od 8,0 – 10,0 mas. % Cu, dok kod legura koje sadrže eutektikum ( $\approx 30,0$  – 50,0 mas. % Cu), granica tečenja u žarenom i deformisanom stanju, praktično ne zavisi od sadržaja Cu.

Značajna zavisnost rastvorljivosti bakra u srebru, u čvrstom stanju, u zavisnosti od temperature, određuje mogućnost ojačanja legura bogatih srebrom, kao rezultat raspada presićenog čvrstog rastvora srebra pri starenju. Na osnovu ovoga, legure sa različitim sadržajem bakra različito se i ponašaju. Maksimalno ojačanje postiže se kod legura sa sadržajem  $\approx 7,5$  mas. % Cu.



Sl. 7. Uticaj sastava na mehaničke osobine Ag-Cu legura [25]

## 4. REZULTATI I DISKUSIJA

### 4.1. Izbor sredstva za kaljenje uzoraka

Izbor najpovoljnijeg sredstva za kaljenje izvršen je eksperimentalno. Na 750°C, u jednofaznom području legure, zagrevano je 4 uzorka i odgrevano 15 min, a zatim svaki kaljen u drugom sredstvu za kaljenje, kao što su miran vazduh, struja vazduha brzine 5-7 m/s, ulje za kaljenje UTO-20E i voda na sobnoj temperaturi. Kriterijum za izbor postupka za kaljenje je najmanja tvrdoća za kaljenje legure. Dobijeni rezultati su prikazani u tabeli 1.

Tabela 1. Različiti načini za kaljenje uzoraka.

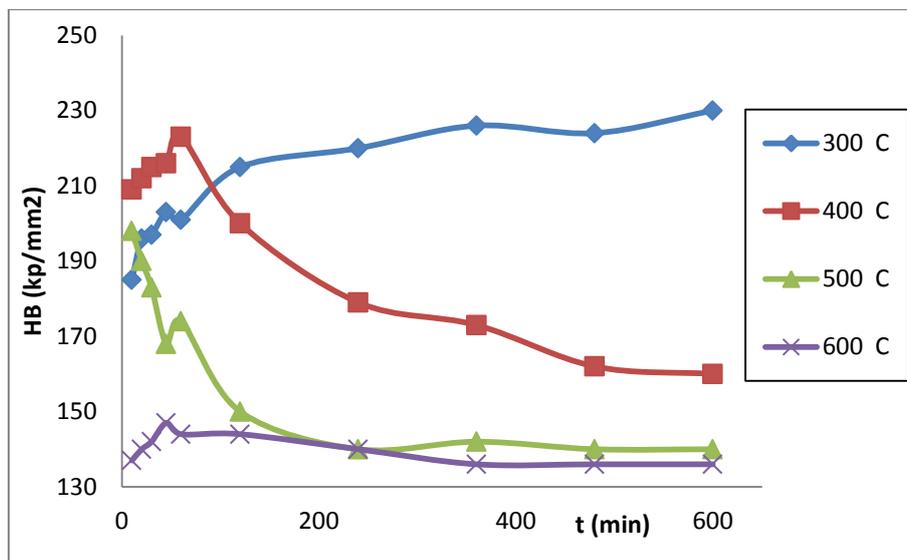
	Uzorak	Tvrdoća HB (kp/mm <sup>2</sup> )
1	polazni	250
2	miran vazduh	210
3	struja vazduha	180
4	ulje za kaljenje UTO-20E	178
5	voda na sobnoj temperaturi	142

Rezultati u tabeli 1 pokazuju da je najpogodnije sredstvo za kaljenje, voda na sobnoj temperaturi. U vodi na sobnoj temperaturi su kaljeni svi uzorci korišćeni u eksperimentalnom radu.

#### 4.2. Određivanje tvrdoće

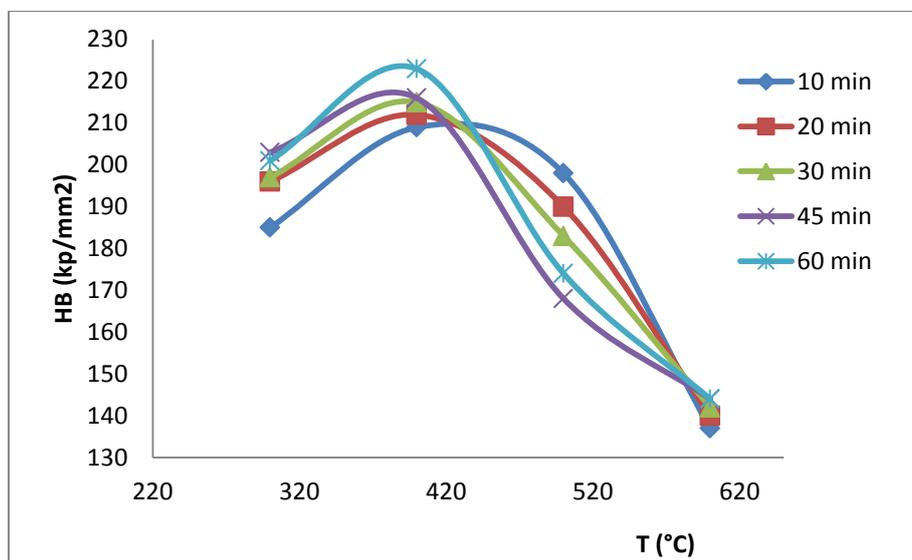
Određivanje tvrdoće vršeno je po Brinelu silom od 62,5 kP, prečnik kuglice 2.5 mm u toku vremena od 15s. Rezultati merenja su dati na Fig. 9. Prisustvo faze koja izaziva povećanje tvrdoće zapaženo je na krivama od 300 i 400°C. Porast tvrdoće u celom vremenskom intervalu za 300°C starenja pokazuju da je rast zrna na ovoj temperaturi minimalan pa ne može da redukuje dejstvo starenja.

Sa slike 8 se vidi da na 300°C, tvrdoća svo vreme raste i do 30 min taj porast je brži. Sa vremenom do 10 h porast je u ujednačeniji i slabijeg intenziteta. Na 400°C tvrdoća raste u prvih 60 min i to su ujedno i najbolji rezultati tvrdoće ispitivane legure, a nakon proteklih 60 min tvrdoća konstantno opada. Na 500°C, najveća promena tvrdoće je u prvih 15 min, posle čega opada. Na 600°C tvrdoća se relativno malo menja, a sa vremenom grejanja opada i konstantno je niska, u poređenju sa tvrdoćom na drugim temperaturama.



Sl. 8. Dijagram promena tvrdoće sa vremenom i temperaturama starenja

Na 500°C starenja, maksimalna tvrdoća postiže se u toku prvih 10 min, jer su u tom intervalu promene parametara rešetke najveće zbog rasta zrna, zatim dolazi do opadanja tvrdoće, koja se posle 240 min ustaljuje. Promene tvrdoće na 600°C su minimalne.



Sl. 9. Zavisnost tvrdoće od temperature pri konstantnom vremenu odgrevanja

Na slici 9. je prikazana zavisnost tvrdoće od temperature pri konstantnom vremenu odgrevanja.

Ispitivana legura Au-Ag-Cu, proizvedena je od elemenata sa površinski centrirana kubna (FCC) rešetka, osim cinka, koji kristališe po g.p.h. – rešetki. Sumiranjem postignutih eksperimentalnih rezultata, nedvosmisleno se može konstatovati da postoji tačka na dijagramu: temperatura – vreme – tvrdoća, na kojoj se postižu maksimalno poboljšana svojstva za svaki istražen uslov merenja ponaosob, u istraživanom optimizovanom režimu ojačavanja starenjem. Ojačavanje, odnosno povećanje tvrdoće, je prevashodno izraženo kod legura sa komponentama koje kristališu po površinski centrirana kubna (FCC) rešetka.

Maksimalno ostvarena tvrdoća, legure Au-Ag-Cu, iznosi 224 HB ( $\text{kp/mm}^2$ ), sa procentom povećanja tvrdoće od 20.62%, pri uslovima starenja temperatura od  $400^\circ\text{C}$  i vreme trajanja procesa  $\tau = 60$  min.

Zlato kao plemeniti metal poseduje visoku vrednost električne provodljivosti, odnosno samo srebro i bakar imaju veću električnu provodljivost po jedinici zapremine, ali se njegova prednost, u odnosu na pomenute metale, ogleda u izuzetnoj otpornosti na koroziju i oksidaciju. Navedene osobine su uticale na činjenicu da je zlato postalo nezaobilazan i veoma značajan materijal za razvoj najsavremenijih i visoko pouzdanih tehnoloških rešenja u elektronici i komunikacijama. Primena zlata u električnim kontaktorima osigurava dobru i pouzdanu vezu, te se zlato koristi za povezivanje različitih i skupih elektronskih, audio, video i USB kablova.

## 5. ZAKLJUČAK

U ovom radu su prezentovani rezultati promene tvrdoće legure Au-Ag-Cu sastava 58.5% Au, 26.0% Ag i 15.5% Cu u zavisnosti od režima termičke obrade. Porast tvrdoće povećava trajnost legure. Rezultati su pokazali da na 400°C, tvrdoća raste u prvih 60 min. To su ujedno i najbolji rezultati tvrdoće ispitivane legure. Dodatak Zn leguri u koncentraciji od 0.05mas.%, poslužio je za degasaciju, odnosno za uklanjanje O<sub>2</sub> koji dospeva u leguru u procesu topljenja i livenja, i u našem slučaju nema bitniji uticaj na osobine legure.

Originalnost sprovedenih istraživanja ogleda se u istraživačkom pristupu, obzirom da je istraživanje ojačavanja starenjem, ispitana u procesu termičke obrade u odabranom temperaturnom intervalu, u vremenu od 10 min do 10 h, što pored naučnog doprinosa ovoj oblasti, ima sa gledišta primenljivosti i značajnu ekonomsku vrednost.

Doprinos sprovedenih istraživanja, na osnovu uporedne analize dobijenih eksperimentalnih rezultata, ogleda se pre svega u činjenici da su postignutim rezultatima u ovom radu, dopunjena i proširena eksperimentalna i teorijska saznanja o značaju termičke obrade i uticaju režima termičke obrade u procesu starenja, na ojačavanje i na sveukupno poboljšanje mehaničkih svojstava istraživane legure iz sistema Au-Ag-Cu.

## ZAHVALNOST

Autori se zahvaljuju Ministarstvu prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije za finansiranje projekata No. 34029.

## LITERATURA

- [1] Ann-Kathrin Maier, Iva Tkalcec, Daniele Mari and Robert Schaller, Grain boundary relaxation and grain growth in 18-carat yellow gold alloy, *Scripta Materialia* 66 (2012) 374–377.
- [2] Olaf Andersen, Hartmut Göhler, Cris Kostmann, Peter Quadbeck, Frédéric Diologent, Damien Colas, Bernd Kieback, Powder metallurgically manufactured cellular metals from carat gold alloys for decorative applications, *Metal Powder Report* 73 (2018) 72-79.
- [3] Yuan Junping, Li Wei, Wang Chang, Nickel Release of 10 K White Gold Alloy for Jewelry, *Rare Metal Materials and Engineering* 2012, 41(6): 0947-0951.

- [4] V. Veiko, G. Odintsova, E. Vlasova, Ya. Andreeva, A. Krivonosov, E. Ageev, E. Gorbunova, Laser coloration of titanium films: New development for jewelry and decoration, *Optics and Laser Technology* 93 (2017) 9–13.
- [5] X.J.Zhang, K.K.Tong, R.Chan, M.Tan, Gold Jewellery Casting: Technology Design and Defects Elimination, *Journal of Materials Processing Technology* 48 (1995) 603–609.
- [6] A. A. Potter, J.J. Hoyt, A molecular dynamics simulation study of the crystal–melt interfacial free energy and its anisotropy in the Cu–Ag–Au ternary system, *Journal of Crystal Growth* 327 (2011) 227–232
- [7] K.V. Chudnenko, G.A. Pal’yanova, Thermodynamic properties of solid solutions in the Ag–Au–Cu system, *Russian Geology and Geophysics* 55 (2014) 349–360.
- [8] Yajun Liu, Jiang Wang, Yong Du, Guang Sheng, Lijun Zhang, Dong Liang, Atomic mobilities and diffusion characteristics for fcc Cu–Ag–Au alloys, *CALPHAD: Computer Coupling of Phase Diagrams and Thermochemistry* 35 (2011) 314–322.
- [9] Shiva Naseri a , Mani Diba a,1 , Saeedeh Golkar b , Aldo R. Boccaccini c , Robin N. Klupp Taylor, Fabrication of gold-nanoshell/polycaprolactone composite films with high electrical conductivity, *Materials Letters* 130 (2014) 164–167.
- [10] C. Mohr, H. Hofmeister, P. Claus, The influence of real structure of gold catalysts in the partial hydrogenation of acrolein, *Journal of Catalysis* 213 (2003) 86–94.
- [11] S. Demirel, K. Lehnert, M. Lucas, P. Claus, Use of renewables for the production of chemicals: Glycerol oxidation over carbon supported gold catalysts, *Applied Catalysis B: Environmental* 70 (2007) 637–643.
- [12] Chonlawan Thammaraksa, Annuwat Wattanawan, Trakarn Prapasongsa, Corporate environmental assessment of a large jewelry company: From a life cycle assessment to green industry, *Journal of Cleaner Production* 164 (2017) 485–494.
- [13] Yi-Wei Tseng, Fei-Yi Hung, Truan-Sheng Lui, Microstructure, tensile and electrical properties of gold-coated silver bonding wire, *Microelectronics Reliability* 55 (2015) 608–612.
- [14] Y. Belfort, J.-M. Caignard, S. Keller, J.-P. Guerveno, Failures on DC–DC modules following a change of wire bonding material from gold to copper, *Microelectronics Reliability* 55 (2015) 2003–2006.

- 
- [15] Smithells Metals Reference Book, Edited by E. A. Brandes CEng, BSc(Lond), ARCS, FIM and G. B. Brook DMet, FEng, FIM, Butterworth-Heinemann Linacre House, Jordan Hill, Oxford OX2 8DP 225 Wildwood Avenue, Woburn, MA 01801-2041, Printed and bound in Great Britain by The Bath Press, Bath.
- [16] L. Stuparević, D. Marković, D. Gusković, B. Stanojević, S. Ivanov, The influence of thermomechanical deformation regime to gold alloys structure and properties, *Glasnik rudarstva i metalurgije*, 28 (1992) 85-91.
- [17] J. Henning, Phase Transformation in 18-carat Gold Alloys Studied by Mechanical Spectroscopy, These No. 4635, Institut de Physique de la Matière Condensée programme Doctoral en Physique, (2010), pp. 1–40.
- [18] L. Vitiello, *Oreficeria moderna, tecnica – pratica*, Editore Ulrico Hoepli Milano, 1987, pp. 183–226;
- [19] V.M. Mališev, D.V. Rumjancev, *Zoloto*, Moskva, Metalurgija, 1979, pp. 23-205;
- [20] H. Okamoto and D.J. Chakrabarti and D.E. Langhlin and T.B. Massalski, The Au-Cu (Gold – Copper) System, *Bylletin of Alloy Phase Diagrams*, 8 (5) (1987) 453-473.
- [21] A. Prince, Silver-Gold-Copper in Ternary Alloys, *A Comprehensive Compendium of Evaluated Constitutional Data and Phase Diagrams*, Petzow, G., Effenberg, G., (Eds), Vol.1, 165-176 (Phase Diagrams, Phase Relations, Crys. Structure, Assessment, 31), 1988, pp.165-176.
- [22] V.M. Mališev, D.V. Rumjancev, *Zoloto*, Moskva, Metalurgija, 1979, pp. 23-205;
- [23] H.J. Seol, T. Shiraishi, Y. Tanaka, E. Miura, K. Hisatsune, H.I. Kim, Ordering behaviors and age-hardening in experimental AuCu-Zn pseudobinary alloys for dental applications, *Biomaterials*, 23 (2002) 4873-4879.
- [24] [http://en.wikipedia.org/wiki/Brinell\\_hardness\\_test](http://en.wikipedia.org/wiki/Brinell_hardness_test)
- [25] M. Grimwade, *Introduction to precious metals, Metallurgy for Jewelers and Silversmith*, by Mark Grimwade, ISBN:978-1-929565-30-6, 2009, Brynmorgen Press, Brunswick, Maine 04011 USA.

UDK: 620.91:551.583(045)=163.41

ORIGINALNI STRUČNI RAD

Oblast: Zaštita životne sredine

**UTICAJ ENERGENATA NA EMISIJU UGLJEN-DIOKSIDA I  
KLIMATSKE PROMENE**

**THE IMPACT OF ENERGY PRODUCTS ON EMISSION OF CARBON  
DIOXIDE AND CLIMATE CHANGE**

Gordana Petrović<sup>1</sup>, Darjan Karabašević<sup>2</sup>, Mladan Maksimović<sup>2</sup>

Osnovna škola, "Živadinka Divac" Kragujevac, Kralja Milutina bb,  
34000, Kragujevac, E-mail: milicakg98@yahoo.com

Fakultet za primenjeni menadžment, ekonomiju i finansije, Beograd, Univerzitet  
„Privredna akademija“ u Novom Sadu, Jevrejska 24, 11000 Beograd

**Izvod**

*Atmosfera je smeša gasova koja okružuje Zemlju. Planeta se zagreva zbog ispuštanja gasova sa efektom staklene bašte (Greenhouse Gases-GHGs) koji zadržavaju toplotu u atmosferi, pa je na Zemlji dosta toplije. Najveću količinu ugljen-dioksida u svetu i kod nas emituju energenti. Usled gomilanja gasova s efektom staklene bašte, nastaju klimatske promene o čemu potvrđuju i izveštaji Međuvladinog panela o klimatskim promenama. Sprečavanje klimatskih promena je strateški prioritet Evropske unije i njenih članica. Kako bi se postigao željeni efekat potrebno je koristiti što više obnovljive izvore energije. Cilj ovog rada je da prikaže u kojoj meri klimatske promene, kao i vremenske nepogode utiču na životnu sredinu. Smanjenjem emisije štetnih gasova koji stvaraju efekst staklene bašte kao i borba protiv klimatskih promena, predstavlja suštinski preduslov brojnih ljudskih aktivnosti za masovnijom upotrebom obnovljivih izvora energije.*

**Ključne reči:** Ugljen-dioksid, efekat staklene bašte, energenti, klimatske promene, obnovljivi izvori energije

**Abstract**

*The atmosphere is a mixture of gases that surround Earth. The planet is heated due to the discharge of greenhouse gases (GHGs-Greenhouse Gases) that trap heat in the atmosphere, so it's much warmer on Earth. The largest amount of carbon dioxide in the world and in our country is emitted by energy sources and products. Due to the accumulation of greenhouse gases, climatic changes are being created, as confirmed by the Intergovernmental Panel on Climate Change. Preventing climate change is a strategic priority for the European Union and its members. In order to achieve the desired effect, more renewable energy sources should be used. The aim of this paper is to demonstrate the extent to which climate change and weather disasters affect the environment. Reducing greenhouse gas emissions and fighting climate change is an essential prerequisite for numerous human activities for the massive use of renewable energy sources.*

**Keywords:** Carbon dioxide, greenhouse effect, energy products, climate change, renewable energy sources

## UVOD

Atmosfera je smeša gasova koja okružuje planetu Zemlju i održava se privlačenjem Zemljine gravitacije. To je bezbojna smeša gasova bez mirisa i ukusa. Sadrži 78% azota, 21% kiseonika i 1% ostalih gasova (npr. 0,03% ugljen-dioksid). Gustina vazduha sa porastom visine opada. Na velikim visinama vazduh je veoma razređen, dok ne pređe u bezvazdušni prostor. Međutim, atmosfera se ne završava naglo, već postepeno postaje ređa, tako da ne postoji jasna granica između atmosfere i svemira.

Nagli rast koncentracije gasova staklene bašte u prethodnom stoleću rezultat je aktivnosti ljudi. To je dovelo do narušavanja energetskog bilansa atmosfere i započeo je proces njenog zagrevanja u globalnim razmerama. Utvrđeno je da se, kao posledica ljudskih aktivnosti, koncentracija pet gasova staklene bašte (CO<sub>2</sub>-ugljen-dioksid, N<sub>2</sub>O-azot suboksid, O<sub>3</sub>-troposferski ozon, CH<sub>4</sub>-metan, HFC-hlorofluorouglenici) i dalje povećava u atmosferi. Najznačajnije ljudske aktivnosti koje doprinose povećanju koncentracije gasova staklene bašte su proizvodnja i potrošnja energije i saobraćaj, [1].

Zemlja se zagreva zbog ispuštanja gasova koji zadržavaju toplotu u atmosferi. GHG gasovi deluju kao zaštitni sloj, koji sprečava hlađenje Zemlje. Zbog gasova koji zadržavaju toplotu na Zemlji je dosta toplije. Bez njih prosečna temperatura na Zemlji bila bi znatno niža i iznosila bi -18 °C. Danas, prosečna temperatura na Zemlji iznosi 15 °C i razlika je za 33°C.

Među gasovima koji zadržavaju toplotu u atmosferi najznačajniji je ugljen-dioksid. Najveća količina ovog gasa nastaje sagorevanjem fosilnih goriva i biomase. Biljkama je za rast potreban ugljen-dioksid i svetlost. Pomoću fotosinteze pretvaraju ugljen-dioksid iz atmosfere u ugljene hidrate, oslobađajući pri tome kiseonik. Rast biomase je prirodni način skladištenja ugljen-dioksida i drugačije je nego kod sagorevanja fosilnih izvora energije. Tokom sagorevanja fosilnih goriva oslobađa se „novi“ dodatni ugljen-dioksid, dok kod proizvodnje energije ili sagorevanja goriva iz obnovljivih sirovina CO<sub>2</sub> je neutralan. Prilikom sagorevanja oslobađa se ugljen-dioksid u istoj količini koja je bila potrebna za rast biomase i ponovo se za nju vezuje tokom rasta sledeće generacije biomase. Problematičan je ugljen-dioksid koji nastaje pri sagorevanju fosilnih goriva. To su nafta, njeni derivati, uglj i zemni gas. Njihova raspoloživost i primena je omogućila industrijski razvoj i upotrebu mnogih novih dobara, razvoj automobilske industrije i drugo. Ugljenik koji se milionima godina taložio u fosilnim gorivima, zbog njihovog sagorevanja vraća se u atmosferu. Količina gasova koji zadržavaju toplotu se, u ovom kratkom vremenu sa geološkog gledišta, bitno povećala i započeo je proces klimatskih promena. Ako taj proces ne budemo zaustavili ili bar usporili, čekaju nas

nepredvidive posledice u obliku vremenskih nepogoda- nevremena, suša, poplava i sličnih elementarnih nepogoda.

## EMISIJA CO<sub>2</sub> U SVETU

Mi tek danas počinjemo da uvidamo da stvarne planetarne granice nisu ograničene rudne rezerve, već su one uglavnom ekološke prirode. Najveće od svih tih pretnji nesumnjivo su antropogene klimatske promene nastale usled gomilanja gasova s efektom staklene bašte, uključujući ugljen-dioksid, metan, azot-suboksid, kao i neke druge industrijske hemije. Do sada ni jedan problem globalne privrede nije bio složen kao ovaj koji stvaraju klimatske promene, [2].

**Tabela 1.** Prosečan sastav vazduha u procentima zapremine (prema S. Hromovu), [3]

Hemijski simboli	Procentat %	Hemijski simboli	Procentat %
Azot (N <sub>2</sub> )	78,084	Vodonik (H <sub>2</sub> )	0,00005
Kiseonik (O <sub>2</sub> )	20,946	Azot oksid (N <sub>2</sub> O)	0,00005
Argon (Ar)	0,934	Ksenon (Xe)	0,0000087
Ugljen-dioksid (CO <sub>2</sub> )	0,033	Ozon (O <sub>3</sub> )	0,000001
Neon (Ne)	0,0018	Superoksid vodonik (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	0,0000001
Metan (CH <sub>4</sub> )	0,0002	Jod (J)	0,0000000035
Kripton (Kr)	0,000114	Radon (Rn)	6.0 · 10 <sup>-18</sup>

Ugljen-dioksid je gas bez boje, mirisa i slabo kiselog ukusa. Gas nastaje u procesu disanja ljudi i životinja i sagorevanjem. Ugljen-dioksid predstavlja veoma važan klimatski činilac.

Ovaj gas intenzivno apsorbuje dugotalasno zračenje (infracrveni zraci 12-16 μm) koje zrači topografska površina. Na taj način ugljen-dioksid utiče i reguliše toplotne procese na našoj planeti. Biljni svet koristi za svoje potrebe godišnje oko 550 milijardi tona ovog gasa: zelene biljke ga razlažu procesom fotosinteze, uzimajući iz njega ugljenik za svoju ishranu, a oslobađajući kiseonik. U okeanima i morima je rastvoreno oko 50 puta više ovog gasa nego što ga ima u atmosferi. Za razliku od kiseonika, čije je procentualno učešće u atmosferi neznatno menja, koncentracija ugljen-dioksida u atmosferi beleži konstantan rast od industrijske revolucije do početka trećeg milenijuma. Proračuni govore da se godišnja emisija ugljen-dioksida iz industrijskih aktivnosti (uglavnom sagorevanjem fosilnih goriva) procenjuje na 6 giga (6 · 10<sup>9</sup>) tona godišnje, [3].

U razvijenim zemljama sveta sve više se govori o mogućnosti skladištenja ugljenika. Ugalj predstavlja glavni izvor emisije ugljen-dioksida. Pošto su termoelektrane najveći potrošači uglja i najveći zagađivači vazduha, ideja je da se ugljen-dioksid ne izbacuje u vazduh. Umesto toga, mogao bi da se izoluje i odvodi ispod zemlje gde bi se skladištio. Međutim, još uvek nedostaju detaljna

naučna znanja, iako se teži ka njima. Stoga, rade se pilot projekti i sve više ulaže u ovaj vid istraživanja.

Ugljen-dioksid se tretira kao značajan zagađivač, zbog njegove sve veće akumulacije u atmosferi i zbog izazivanja efekta staklene bašte. Emisija ugljen-dioksida u svetu je za period 1971-2012. godine povećana za 51,3%, dok je u Srbiji za period 1990-2012. godine smanjena za 28,2%.

**Tabela 2.** Emisija ugljen-dioksida u svetu i Srbiji za period 1971-2012. godina (miliona tona), [4]

	1971.	1975.	1980.	1985.	1990.	1995.	2000.	2005.	2010.	2011.	2012.
Količina CO <sub>2</sub> (milioni tona) u Svetu	14.084,8	15.689,1	18.062,4	18.644,2	20.973,9	21.841,1	23.755,6	27.494,0	30.482,1	31.344,8	31.734,3
Količina CO <sub>2</sub> (milioni tona) u Srbiji	'	'	'	'	61,4	44,0	42,5	49,2	45,8	49,8	44,1

Prema podacima IEA, [5] za 2012. godinu od energetskih izvora najveći zagađivači u svetu koji emituju ugljen-dioksid su:

- ugalj 43,8%, ( 45,0% y 2015. god.)
- nafta 35,3%, (34,0% y 2015. god.)
- prirodni gas 20,3%. (20,0% y 2015. god.)

Potrošnja energenata u 2012. godini povećala se u odnosu na 1990. godinu. Prema podacima potrošnja uglja povećala se za 67,4%, nafte za 27,2% i prirodnog gasa za 69,3%.

Od ukupne emisije ugljen-dioksida u svetu (31,7 GtCO<sub>2</sub>), posmatrano po sektorima ili privrednim delatnostima, prema podacima IEA za 2012. godinu najveći zagađivači su sledeće delatnosti:

- Proizvodnja električne i toplotne energije (13, 3GtCO<sub>2</sub>)
- Korišćenje ostale industrijske energije \*( 1,5 GtCO<sub>2</sub>)
- Industrija proizvodnje i izgradnje (6,4 GtCO<sub>2</sub>)
- Saobraćaj (7,1 GtCO<sub>2</sub>)
- Ostale delatnosti (3,1 GtCO<sub>2</sub>).

U izveštaju, [6] iz 2017. godine najveću količinu CO<sub>2</sub> i dalje emituje sektor energetike. Emisija CO<sub>2</sub> upotrebom uglja se povećala za 75,0% u odnosu na 1990. godinu, nafte za 31,4% i prirodnog gasa za 74,9%. Od država najveći zagađivač u svetu je Kina koja u ukupnoj emisiji CO<sub>2</sub> učestvuje sa 28,0%. U Kini se emisija CO<sub>2</sub> upotrebom uglja povećala u odnosu na 1990. godinu za 310,9%, nafte za 352% i prirodnog gasa za 804,8%.

U borbi protiv klimatskih promena potrebno je smanjiti emisiju GHG gasova. Kako bi se postigao željeni efekat potrebno je uključiti energetski

sektor, sa ciljem da se u svetu sve više koriste obnovljivi izvori energije. U 2012. godini od ukupne potrošnje energije sektor obnovljivih izvora energije je učestvovao sa 13,2%, u 2013. godini sa 22,0%. Predviđa se da će do 2020. godine upotreba obnovljivih izvora energije da poraste za najmanje 26,0%.

### EMISIJA CO<sub>2</sub> U REPUBLICI SRBIJI

Podaci IEA za 2012. godinu za Republiku Srbiju pokazuju da je ukupna emisija ugljen-dioksida iznosila 44,1 MtCO<sub>2</sub>, što je u odnosu na 1990. godinu manje za 28,2%. Najveću emisiju ugljen-dioksida imali su sledeći energenti:

- ugalj 31,2 MtCO<sub>2</sub>,
- nafta 9 MtCO<sub>2</sub>,
- prirodni gas 3,9 MtCO<sub>2</sub>.

Emisija ugljen-dioksida koja nastaje sagorevanjem fosilnih goriva u Republici Srbiji smanjena je u 2012. godinu u odnosu na 1990. godinu i to uglja za 24,4%, nafte za 36,1% i gasa za 35,7%.

Prema podacima IEA za 2012. godinu ukupna emisija CO<sub>2</sub> u Republici Srbiji bila je 44,1 milion tona. Privredne delatnosti koje najviše emituju ugljen-dioksid su:

- Proizvodnja električne i toplotne energije (30,4 MtCO<sub>2</sub>)
- Korišćenje ostale industrijske energije \*( 0,5 MtCO<sub>2</sub>)
- Industrija proizvodnje i izgradnje (5 MtCO<sub>2</sub>)
- Saobraćaj (5,1 MtCO<sub>2</sub>)
- Ostale delatnosti (3,2 MtCO<sub>2</sub>)

Međutim, prema podacima Agencije za zaštitu životne sredine za 2012. godinu, [7], i dalje u strukturi potrošnje primarne energije dominiraju fosilna goriva sa 88% (ugalj učestvuje sa 49%, nafta sa 28% i prirodni gas sa 11%), dok obnovljivi izvori energije učestvuju sa 12%. Učešće obnovljivih izvora energije u 2013. godini je neznatno povećano na 12,2% (biomasa 54,3%, biogas 0,1%, hidroenergija 45,3% i geotermalna energija 0,3%).

U Izveštaju Međunarodne agencije za energiju, [6] emisija CO<sub>2</sub> u Srbiji je smanjena sagorevanjem energenata za 28,2% u odnosu na 1990. godinu. Emisija CO<sub>2</sub> (2015.god.) je smanjena u odnosu na 1990. godinu kod sledećih energenata:

- uglja za 23,2%,
- nafte za 37,4% i
- prirodnog gasa za 41,8%.

Potrebno je smanjiti zagađenje, povećati efikasnost trošenja energije i koristiti obnovljive izvore energije. Sporazum o energetskeoj zajednici

Jugoistočne Evrope obavezuje Srbiju da usvoji Direktive EU usmerene na povećanje korišćenja obnovljivih izvora energije (čl. 35.), [8].

Sektor energetike je veliki zagađivač životne sredine u Srbiji. Najveći zagađivači su termoelektrane, koje koriste lignit, i naftna industrija. Zastarela tehnologija u energetsom sistemu uslovljava nisku energetska efikasnost koja se negativno odražava na životnu sredinu.

U planu je izrada strategije u borbe protiv klimatskih promena Republike Srbije koja će biti usvojena 2019. godine. Strategija će omogućiti sprovođenje Nacionalnog plana ublažavanja posledica klimatskih promena. U 2018. godini planirano je donošenje Zakona o klimatskim promenama koji će takođe omogućiti praćenje i izveštavanje o sprovođenju strategije koje je u skladu sa ciljevima Pariskog sporazuma, [9].

U Strategiji razvoja energetike Republike Srbije od 2025. godine sa projekcijama do 2030. godine navodi se da Srbija u 2012. godini koristi 5,6 miliona tona obnovljivih izvora energije od ukupne količine energije koja se troši. Od obnovljivih izvora energije najviše se koristi energija biomase sa 3,5 miliona tona godišnje, što čini više od 60% od ukupne proizvodnje OIE. Zatim dolazi hidroenergija sa 1,7 miliona tona (29,9%), energija sunca sa 0,2 miliona tona (4,3%), geotermalna energija sa 0,2 miliona tona (3,2%) i energija vetra sa 0,1 milion tona (1,8%). Strategija energetike bazira se na principima održivog razvoja, sadrži elemente zaštite životne sredine i klimatskih promena. Prilikom njenog definisanja, uzete su obzir sve ranije preuzete obaveze koje se reflektuju najviše u smislu obaveza prema Ugovoru o osnivanju Energetske zajednice. Navedeno nam ukazuje da Republika Srbija ima obavezu da poveća energetska efikasnost za 9% do 2018. godine i poveća učešće obnovljivih izvora energije za 27% u bruto finalnoj potrošnji do 2020. godine.

Politika podsticaja za proizvodnju električne energije iz OIE je regulisana Uredbom o merama podsticaja za proizvodnju električne energije korišćenjem OIE i kombinovanom proizvodnjom električne i toplotne energije, [10] Uredba podrazumeva garantovane otkupne cene za svu električnu energiju proizvedenu u malim hidroelektranama, vetroelektranama, solarnim elektranama, postrojenjima na biomasu u periodu od 12 godina od početka proizvodnje. Zakon o energetici, [11] pozitivno prepoznaje značaj obnovljivih izvora energije i podstiče njihovu proizvodnju kroz takozvane "fid-in tarife". Cilj donošenja Uredbi i Zakona je da Republika Srbija postane manje zavisna od uvoza energenata, da se smanji neracionalno i neplansko korišćenje svih prirodnih resursa i vidova energije i poveća korišćenje obnovljivih izvora energije.

---

## IZVEŠTAJ MEĐUVLADNI OG PANE LA 2013. GODINE O KLIMATSKIM PROMENAMA

Peti izveštaj Međuvladinog panela o klimatskim promenama (IPCC) potvrđuje da je čovek odgovoran za klimatske promene i globalno zagrevanje. Ljudska nebriga dovela je u pitanje opstanak života na planeti. Klimatske promene, kao i prirodne nepogode, rezultat su čovekovog negativnog uticaja na životnu sredinu.

Temperatura na globalnom nivou i dalje raste. Na severnoj hemisferi od 1983. do 2012. godine zabeležen je najtopliji 30-ogodišnji period u poslednjih 1400 godina. Prosečna temperatura iznad kopna i okeana, na globalnom nivou, pokazuje povećanje od 0,85°C. Prema najblažem klimatskom scenariju globalne površinske temperature na kraju XXI veka premašiće 1,5°C, dok prema najgorem scenariju premašiće 2°C u odnosu na period 1850-1900. godine.

Promene u mnogim ekstremnim vremenskim i klimatskim događajima su sve češće. Broj hladnih dana i noći je smanjen, dok je broj toplih dana i noći povećan. Učestalost toplotnih talasa je porasla u većem delu Evrope, kao i učestalost i intezitet obilnih padavina.

Zagrevanje okeana na globalnom nivou znatno je veće pri površini. U gornjem sloju na dubini od 75 m zagrevanje je 0,1°C po deceniji za period 1971-2010. godine. Više od 60 % energije u klimatskom sistemu akumulira se u okeanu na dubini od 0-700 m, dok se oko 30 % energije akumulira u sloju ispod 700 m.

Tokom poslednje dve decenije ledeni pokrivač na Grenlandu i Antarktiku gubi masu, glečeri se smanjuju skoro širom sveta. Prosečna stopa gubitka leda iz glečera širom sveta bila je 226 Gt po godini u periodu 1971-2009. godine. Na severnoj hemisferi dolazi do opadanja snežnog pokrivača od sredine XX veka. U martu i aprilu smanjen je 1,6 % po deceniji, dok je u junu 11, 7 % po deceniji.

Povećanje nivoa mora u periodu 1901-2010. godine je 1,7 mm po godini, dok je u periodu 1971-2010. povećanje nivoa mora po godini iznosilo 2,0 mm, a već između 1993-2010. povećanje je bilo znatno veće i iznosilo je 3,2 mm po godini. Pretpostavlja se da globalna srednja visina nivoa mora raste mnogo brže nego što je u proteklih 40 godina.

Povećanje ugljen-dioksida, metana, azotnog oksida u atmosferi beleži najveći porast u poslednjih 800 godina. Koncentracija ugljen-dioksida porasla je za 40 %, metana za 150 % i azot oksida za 20 % u odnosu na pred-industrijski period. Okean apsorbuje oko 30 % emitovanog ugljen-dioksida, čime se povećava kiselost okeana.

Godišnja emisija ugljen dioksida u periodu 2002-2011. godina bila je 8,3 GtC. Emisija ugljen-dioksida u 2011. godini porasla je na 9,5 GtC ili što je 54 % više u odnosu na 1990. godinu. Od 1750-2011. godine emisija ugljen dioksida u atmosferi iznosila je 375 GtC, dok su seča šuma i druge promene korišćenja zemljišta emitovale 180 GtC ugljen dioksida.

Emisija GHG gasova najviše dolazi iz sektora proizvodnje električne i toplotne energije 25%, AFOLU 24%, industrije 21%, saobraćaja 14%, proizvodnje ostale energija 9,6 % i stambenih i poslovnih zgrada 6,4%, [12].

Aktivnosti koje treba sprovesti u cilju smanjenja rizika od negativnog delovanja klimatskih promena spadaju u oblast adaptacije. Jasno predočenje uticaja promena doprinosi boljem preduzimanju neophodnih i potrebnih mera. Zato je vrlo bitno praćenje klimatskih promena i razvoj klimatskih modela (RCP- Representative Concentration Pathways) kao i adekvatan izbor scenarija promene klime:

- *RCP 8.5* razvijen je pomoću modela MESSAGE (model RCP 8.5) kao i okvira Međunarodnog Instituta primenjene sistemske analize (IIASA) iz Austrije. Ovaj RCP karakteriše povećana emisija gasa staklene bašte tokom vremenskog perioda, koja je karakteristična za one scenarije u književnosti koji vode ka visokom nivou koncentracije gasa staklene bašte, [13].
- *RCP 6* razvijen je od strane AIM (model RCP 6) tima za modeliranje na nacionalnom Institutu za istraživanja životne sredine (NIES) u Japanu. To je scenario stabilizacije po kome se ukupna radijativna snaga stabilizuje odmah posle 2100., bez prekoračivanja, uz pomoć primene širokog aspekta tehnologija i strategija za smanjenje emisije gasa staklene bašte, [14,15].
- *RCP 4.5* razvijen je od strane GCAM (model RCP 4.5) tima za modeliranje Pacifičke severozapadne nacionalne laboratorije Istraživačkog instituta globalnih promena (JGCRI) u SAD-u. To je scenario stabilizacije po kome se ukupna radijativna snaga stabilizuje odmah posle 2100. i to bez prekoračivanja nivo dugoročnog radijativnog cilja, [16,17,18].
- *RCP 2.6* razvijen je od strane IMAGE (model RCP 2.6) tima za modeliranje Holandske agencije za procenu životne sredine. Pravac emisije reprezentativan je scenario u literaturi koji vodi ka veoma niskim nivoima koncentracije gasa staklene bašte. To je scenario „vrha i dna“; njegov radijativni nivo prvo dostigne vrednost od oko  $3.1\text{W}/\text{m}^2$  do polovine veka, a zatim se vraća na  $2.6\text{W}/\text{m}^2$  do 2100. Da bi se došlo do takvih radijativnih nivoa, emisija gasa staklene bašte (i indirektno emisija zagađivača vazduha) smanjuje se postepeno, tokom vremena, [19].

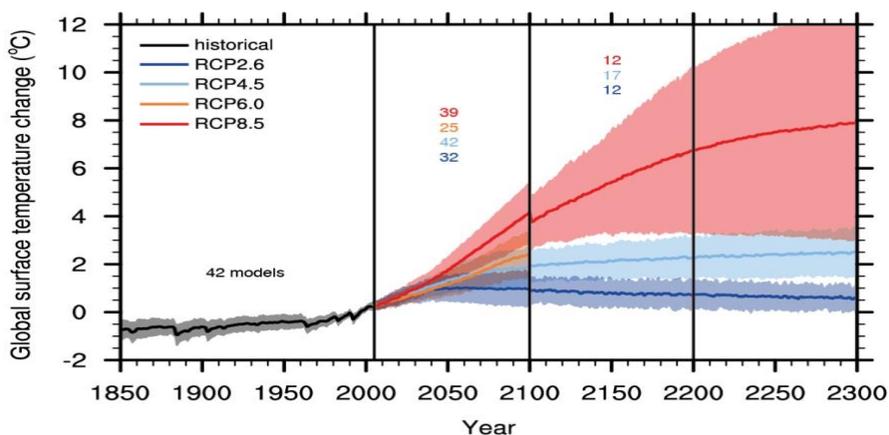
Scenario promena na kraju XXI veka, zasnovan na naučnim činjenicama, predviđa da će doći do povećanja globalne srednje temperature za period 2016-2035. godine u odnosu na period 1986-2005. i to u rasponu 0,3-0,7°C.

Povećanje globalnih srednjih temperatura za period 2081-2100. godinu u odnosu na period 1986-2005. projektovan za scenario RPC 2.6 iznosi  $1,0^{\circ}\text{C}$  ( $0,3-1,7^{\circ}\text{C}$ ). Scenario RCP 4.5 beleži porast od  $1,8^{\circ}\text{C}$  ( $1,1-2,6^{\circ}\text{C}$ ). Scenario RCP 6.0 ima povećanje temperature od  $2,2^{\circ}\text{C}$  ( $1,4-3,1^{\circ}\text{C}$ ), dok će scenario RCP 8.5 imati najveće povećanje temperature od  $3,7^{\circ}\text{C}$  ( $2,6-4,8^{\circ}\text{C}$ ).

Prema scenariju RCP 8.5 doći će do povećanja padavina u ekvatorijalnim oblastima i u oblastima na većim geografskim širinama, dok će se smanjiti količina padavina u oblastima srednje geografske širine.

Najveće zagrevanje okeana na severnoj hemisferi biće u tropskim i subtropskim oblastima. Na većim dubinama najveći intezitet zagrevanje biće u Južnom okeanu. Procena je da će zagrevanje okeana na kraju XXI veka na dubini od 100 m biti od  $0,6^{\circ}\text{C}$  (RPC 2.6) do  $2,0^{\circ}\text{C}$  (RPC 8.5), dok će zagrevanje na dubini od 1000 m biti od  $0,3^{\circ}\text{C}$  (RPC 2.6) do  $0,6^{\circ}\text{C}$  (RPC 8.5).

Smanjenje ledenih površina na Arktiku do kraja XXI veka biće u rasponu od 43% (RPC 2.6) do 94% (RPC 8.5) u septembru mesecu, dok će u februaru smanjenje biti u rasponu od 8% (RPC 2.6) do 34% (RPC 8.5).



**Slika 1.** Scenario porasta temperature vazduha od 1850-2300. god [20]

Takođe, očekuje se smanjenje ledenih površina na Antarktiku do kraja XXI veka po scenariju RPC 2.6 i iznosiće 15-55 %, a po scenariju RPC 8.5 iznosiće 35-85 %.

Smanjenje snežnog pokrivača na severnoj hemisferi očekuje se od 7 % (RPC 2.6) do 25 % (RPC 8.5).

Globalni srednji porast nivoa mora za period 2081-2100. godine u odnosu na period 1986-2005. godine, biće u intervalu 26-55 cm (RPC 2.6), 32-63 cm (RPC 4.5), 33-63 cm (RPC 6.0) i 45-82 cm (RPC 8.5).

Zagrevanje planete dokumentovano je podacima o povećanju globalne prosečne temperature vazduha i okeana, pojačanom topljenju snega i leda i porastu globalnog prosečnog nivoa mora. Klimatske promene u velikoj meri utiče na najsiromašniju populaciju u svetu. U nekim delovima sveta, klimatske promene već doprinose pogoršanju bezbednosti hrane, smanjenju dostupnosti sveže vode, širenju bolesti i drugih pretnji po ljudsko zdravlje. Osim povišene temperature vazduha, očekuju se promene u vazдушnim strujanjima koje mogu prouzrokovati olujne vetrove i obilnije padavine praćene ekstremnim vremenskim uslovima. Proces privikavanja na klimatske promene već je počeo u mnogim zemljama sveta. Klima se menja, a vremenske prilike postaju sve ekstremnije, zato je neophodno predvideti negativne efekte promene klime i preuzeti odgovarajuće mere kako bi se sprečila ili ublažila šteta. Pretpostavlja se da će negativni uticaji biti veći tamo gde je kapacitet za prilagođavanje manji.

## **EVROPSKA UNIJA O KLIMATSKIM PROMENAMA**

Sprečavanje klimatskih promena je strateški prioritet. Evropska komisija i države članice EU razvile su strategiju, koja treba da odoli neizbežnom uticaju promene klime. Prva Strategija održivog razvoja usvojena je 2001. godine u Geteborgu (Švedska).

Evropska komisija redovno prati napredak koji se ostvaruje prema ciljevima održivog razvoja u okviru EU i pojedinačno država članica, pozivajući se na indikatore održivog razvoja čije sprovođenje publikuje u dvogodišnjim izveštajima. Poslednji izveštaj publikovan je 2013. godine. Najvažniji indikatori u Strategiji održivog razvoja EU su:

- socioekonomski razvoj-osnovni indikator-BDP po glavi stanovnika,
- održiva potrošnja i proizvodnja, osnovni indikator-resursna produktivnost,
- socijalna inkluzija, osnovni indikator-rizik od siromaštva,
- demografske promene, osnovni indikator-stopa zaposlenosti starijih radnika,
- javno zdravlje, osnovni indikator-očekivani životni vek,
- klimatske promene i energenti, osnovni indikator-emisija štetnih gasova i potrošnja obnovljivih energenata,
- održivi transport, osnovni indikator-potrošnja energenata u odnosu na BDP,
- prirodni resursi, osnovni indikatori-obilje ptica i očuvanje zaliha ribe,
- globalno partnerstvo, osnovni indikator-zvanična razvojna pomoć,
- dobro upravljanje, osnovni indikator-osnovni indikator nije definisan, [21].

Strateško planiranje ima veliki značaj zbog redukcije gasova staklene bašte. Cilj EU je da se do 2020. godine, putem obavezujućih zakona, ispune tri ključna momenta koje nazivaju i energetske pakete. Potrebno je 20% smanjiti emisiju gasova staklene bašte u odnosu na nivo iz 1990. godine. Udeo potrošnja energije u EU treba da bude iz obnovljivih izvora do 20 % , a poboljšanje energetske efikasnosti 20 %.

Strategija EU do 2030. godine je da se u okviru klimatske i energetske politike smanji 40% emisija gasova staklene bašte u odnosu na nivo iz 1990. godine, a 27 % poveća udeo obnovljivih izvora energije i energetska efikasnost. Cilj je da se do 2050. godine smanji emisija GHG gasova za 80 % u odnosu na nivo iz 1990. godine.

Povećanim korišćenjem obnovljivih izvora energije smanjuje se emisija gasova staklene bašte. Evropska unija je 2004. godine imala učešće obnovljivih izvora energije sa 8,3% u bruto finalnoj potrošnji energije, a 2012. godine učešće obnovljivih izvora energije poraslo je na 14,3%. Od svih članica EU Švedska (51,1%) i Norveška (65,9%) su imale u 2012. godini najveće učešće obnovljivih izvora energije u bruto finalnoj potrošnji energije.

Smanjenje gasova staklene bašte prisutno je u svim sektorima (Tabela 3), izuzev saobraćaja gde je povećana emisija za 14%. Ukupna emisija GHG gasova u EU za period 1990-2012. smanjena je za 19%, a BDP je povećan za 45%, [22]. To pokazuje da se privredni rast može ostvariti u uslovima smanjene emisije gasova staklene bašte.

Od početka XXI veka do 2009. godine EU je smanjila emisiju gasova staklene bašte za 9,3%. U ovom periodu najveće smanjenje registrovano je 2009. godine i iznosilo je više od 350 MtCO<sub>2</sub> eq. Smanjenje emisije ugljen-dioksida je rezultat klimatskih i energetske politike, ali veliki uticaj ima i ekonomska kriza (preko 350 miliona tona ekvivalenata CO<sub>2</sub>).

**Tabela 3.** Emisija gasova staklene bašte u EU (milion tona CO<sub>2</sub> eq), [22]

	GODINA	
	1990.	2012.
Proizvodnja energije	1.696.152	1.408.894
Prerađivačka industrija i građevinarstvo	860.513	533.060
Saobraćaj	782.580	893.060
Industrijska proizvodnja	461.985	320.632
Poljoprivreda	617.158	469.104
Otpad	205.579	140.803
Ostalo	1.072.185	913.259
<b>Ukupna emisija gasova staklene bašte</b>	<b>5.696.152</b>	<b>4.678.812</b>

Klimatske promene i antropogeni uticaj gasova staklene bašte čine dugotrajan politički i ekonomski izazov za EU. Klimatski scenario za Evropu predviđa da će se promene odraziti i na infrastrukturu i zgrade u vidu niske otpornosti na oluje i poplave, koje su posledica podizanja nivoa mora ili izlivanja reka iz rečnog korita. Energetski sistem može biti pogođen smanjenjem potražnje za grejanjem, naročito u severnom delu Evrope, a povećanom potražnjom energije za hlađenje u južnom delu Evrope. Promene u poljoprivredi očekuju se u vidu smanjenih prinosa i lokacija gde mogu da se gaje različite kulture. Poljoprivredna sezona na severu Evrope biće produžena, zbog ranijeg početka rasta biljnih kultura u proleće i duže vegetacije u jesen, dok će znatno veća pogođenost klimatskim promenama biti u regiji južne Evrope. Efekti promene klime odraziće se u šumarstvu u vidu požara, povećanog broja štetočina, što će uticati na rasprostranjenost površina pod šumom. Zato će se smanjiti rast šuma u južnoj, a povećati u severnoj Evropi. Gledano na duži vremenski period klimatske promene mogu u manje razvijenijim delovima Evrope i sveta, gde su povećane socijalne razlike, uzrokovati da osiguranje bude privilegija bogatih sredina i ljudi. Ekonomske posledice za regione u kojima je turizam primarna delatnost mogu biti značajne. Predviđa se da će promet turista u južnom delu znatno opasti u letnjem periodu, a povećati se u drugim godišnjim dobima. Smanjenje snežnog pokrivača negativno će se odraziti na zimske sportske centre. U evropskim zemljama smrtnost je povezana sa ekstremnim temperaturama. Izuzetno topli periodi će sve više uticati na povećanu smrtnosti, a predviđa se da će u toku narednog perioda topli periodi postati češći i duži. Smrtnost uzrokovana hladnoćom biće problem u srednjim geografskim širinama, ali se očekuje da će se smanjiti zbog blažih zimskih temperatura. Klimatske promene mogu uticati na povećanje smrtnosti i povreda uzrokovanih elementarnim nepogodama, kao što su oluje, poplave i požari. Potrebno je voditi brigu o deci, starim ljudima, ženama i ostaloj populaciji koja može biti ugrožena u datim vremenskim uslovima.

## ZAKLJUČAK

Nagli rast koncentracije gasova sa efektom staklene bašte u prethodnom veku rezultat je aktivnosti ljudi. To je prouzrokovalo narušavanja energetskog bilansa atmosfere i započeo je proces njenog zagrevanja u globalnim razmerama. Zemlja se zagreva zbog ispuštanja gasova koji zadržavaju toplotu u atmosferi. GHG gasovi deluju kao zaštitni sloj, koji sprečava hlađenje Zemlje. Zbog gasova koji se zadržavaju u atmosferi na Zemlji je dosta toplije. Među njima najznačajniji je ugljen-dioksid. Najveća količina ovog gasa nastaje sagorevanjem fosilnih goriva i biomase. Sektor energetike je veliki zagađivač životne sredine u Srbiji i svetu. Emisija ugljen-dioksida u svetu je za period

1971-2012. godine povećana za 51,3%, dok je u Srbiji za period 1990-2012. godine smanjena za 28,2%.

Peti izveštaj Međuvladinog panela o klimatskim promenama (IPCC) potvrđuje da je čovek odgovoran za klimatske promene i globalno zagrevanje. Ljudska nebriga dovela je u pitanje opstanak života na planeti. Klimatske promene, kao i prirodne nepogode, rezultat su čovekovog negativnog uticaja na životnu sredinu.

Temperatura na globalnom nivou i dalje raste. Promene u mnogim ekstremnim vremenskim i klimatskim događajima su sve češće. Broj hladnih dana i noći je smanjen, dok je broj toplih dana i noći povećan. Učestalost toplotnih talasa je porasla u većem delu Evrope, kao i učestalost i intezitet obilnih padavina.

Sprečavanje klimatskih promena je strateški prioritet Evropske unije čiji je cilj da do 2020. godine, putem obavezujućih zakona, ispuni tri ključna momenta koje nazivaju „energetski paket“. Potrebno je 20% smanjiti emisiju gasova staklene bašte u odnosu na nivo iz 1990. godine. Udeo potrošnja energije u EU treba da bude iz obnovljivih izvora do 20 % , a poboljšanje energetske efikasnosti 20 %.

Uprkos različitim interpretacijama koje se u literaturi mogu naći, ovom konceptu danas pripada centralno mesto u razmatranju drugoročne perspektive opstanka i napretka čovečanstva. Smanjenje emisije gasova sa efektom staklene bašte i borba protiv klimatskih promena, javlja se kao suštinski preduslov efikasne organizacije brojnih ljudskih aktivnosti, čiji je cilj što veća upotreba obnovljivih izvora energije.

## LITERATURA

- [1] [http://www.sepa.gov.rs/download/1\\_web.pdf](http://www.sepa.gov.rs/download/1_web.pdf) (26. 3. 2015.)
- [2] Saks D. Dž. (2014), Doba održivog razvoja. Centar za međunarodnu saradnju i održivi razvoj. str. 371-372
- [3] Crnogorac Č. Spahić M., Osnovi geoekologije. Prirodno-matematički fakultet. Banja Luka.. 2012., str.120.
- [4] [http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/CO2 EmissionsFrom FuelCombustionHighlights2014.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/CO2_EmissionsFrom_FuelCombustionHighlights2014.pdf).(12.4. 2015.
- [5] <http://www.iea.org>. IEA-International Energy Agency; (12. 4. 2015.)
- [6] The International Energy Agency. CO<sub>2</sub> emissions from fuel combustion, Highlights, 2017.
- [7] Izveštaj o stanju životne sredine u Republici Srbiji za 2012. godinu, str.140.

- 
- [8] [http://www.seio.gov.rs/upload/documents/sporazumi\\_sa\\_eu/zakon\\_o\\_ratifikaciji\\_ugovora\\_o\\_osnivanju\\_energetske\\_zajednic.pdf](http://www.seio.gov.rs/upload/documents/sporazumi_sa_eu/zakon_o_ratifikaciji_ugovora_o_osnivanju_energetske_zajednic.pdf) (25. 7. 2015.)
- [9] <http://www.ekologija.gov.rs/srbija-je-posvecena-borbi-protiv-klimatskih-promena-i-prilagodjavanju-novim-klimatskim-uslovima/> (18.11.2017.)
- [10] Sl. glasnik RS 8/13. Uredba o merama podsticaja za proizvodnju električne energije korišćenjem OIE i kombinovanom proizvodnjom električne i toplotne energije.
- [11] Službeni glasnik RS. br. 145/14 Zakon o energetici
- [12] AFOLU-Agriculture, Forestry, and Other Land Use
- [13] Riahi, K., Grübler, A., & Nakicenovic, N. (2007). Scenarios of long-term socio-economic and environmental development under climate stabilization. *Technological Forecasting and Social Change*, 74(7), 887-935.
- [14] J. Fujino, R. Nair, M. Kainuma, T. Masui, Y. Matsuoka, Multi-gas mitigation analysis on stabilization scenarios using AIM global model, *The Energy Journal*, (2006), 343-353.
- [15] Y. HIJIOKA, Y. MATSUOKA, H. NISHIMOTO, T. MASUI, M. KAINUMA, Global GHG emission scenarios under GHG concentration stabilization targets, *Journal of Global Environment Engineering*, 13 (2008), 97-108.
- [16] L. Clarke, J. Edmonds, H. Jacoby, H. Pitcher, J. Reilly, R. Richels, Scenarios of greenhouse gas emissions and atmospheric concentrations, US Department of Energy Publications, 6 (2007).
- [17] S. J. Smith, T. M. L. Wigley, Multi-gas forcing stabilization with Minicam, *The Energy Journal*, (2006), 373-391.
- [18] M. Wise, K. Calvin, A. Thomson, L. Clarke, B. Bond-Lamberty, R. Sands, ... J. Edmonds, Implications of limiting CO2 concentrations for land use and energy, *Science*, 324(5931) (2009), 1183-1186.
- [19] Graham Wayne (2013). *The Beginner's Guide to Representative Concentration Pathways*, p.14, (2013).
- [20] <http://wwwf.imperial.ac.uk/blog/climate-at-imperial/2014/07/> (3.1. 2016.)
- [21] Sustainable development in the European Union: Monitoring report of the EU sustainable development strategy. Eurostat. Luxembourg: Publications Office of the European Union., 2013., str. 8
- [22] European commission (2014). *Kyoto and EU 2020*. Brussels.p.7.

UDK: 621.391(045)=163.41

ORIGINALNI STRUČNI RAD

Oblast: Elektronika

**JEDAN NAČIN MERENJA PROCESNIH VELIČINA**  
**ONE METHOD FOR MEASURING OF PROCESS VARIABLES**

Stanko Stankov

Univerzitet u Nišu, Elektronski fakultet, A. Medvedeva 14, Niš, Srbija,  
e-mail: stanko.stankov@elfak.ni.ac.rs

**Izvod**

*Savremeni proizvodni sistemi zahtevaju precizno merenje i održavanje u zadatim granicama raznih tehnoloških veličina: temperature, vlažnosti, pritiska, protoka, nivoa, brzine obrtanja, ubrzanja, sile, linearnog pomeraja, ugaonog pomeraja, nivoa vibracija itd. Ovi se zahtevi ispunjavaju najčešće korišćenjem električnih i elektronskih metoda merenja pomenutih veličina, pri čemu se merena neelektrična veličina transformiše u odgovarajuću električnu poput napona, struje, kapacitivnosti, otpornosti, induktivnosti i dr. U radu je prikazan sistem za merenje, akviziciju i prikazivanje procesnih veličina, zasnovan na PLC kontroleru uz upotrebu multipleksera. Opisana merna konfiguracija nalazi primenu kod upravljačko - nadzornih sistema i omogućava uštedu kablova i analognih ulaza.*

**Ključne reči:** merenje, procesne veličine, multiplexer, analogni ulaz

**Abstract**

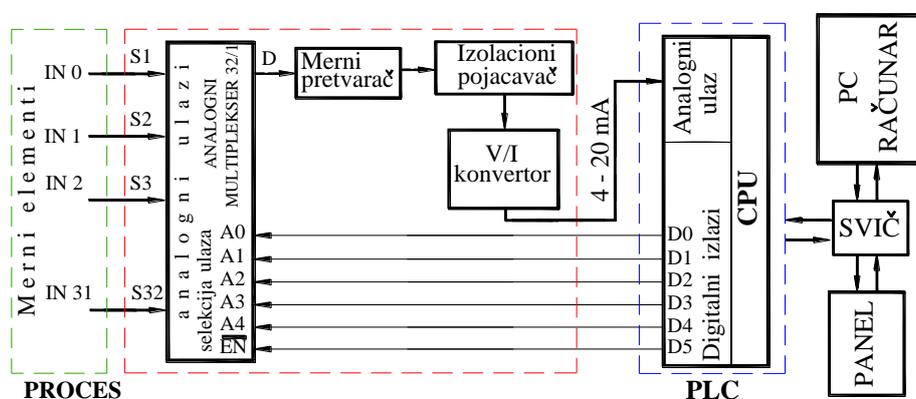
*Modern production systems require precise measurement and maintenance within the given limits of different technological sizes: temperature, humidity, pressure, flow, level, speed, acceleration, power, linear motion, measurement of angular moving, vibration levels, etc. These requirements are met by the most commonly used electrical and electronic methods for measuring those sizes, whereby the measured non-electric size is converted into the appropriate electrical one such as voltage, current, capacitance, resistance, inductivity, etc. This paper presents the system for measuring, acquisition and display of process quantities, based on the PLC controller using the multiplexer. The described measurement configuration is applicable to control and monitoring systems and allows cable and analog inputs to be saved.*

**Keywords:** measurement, process variables, multiplexer, analog input

**UVOD**

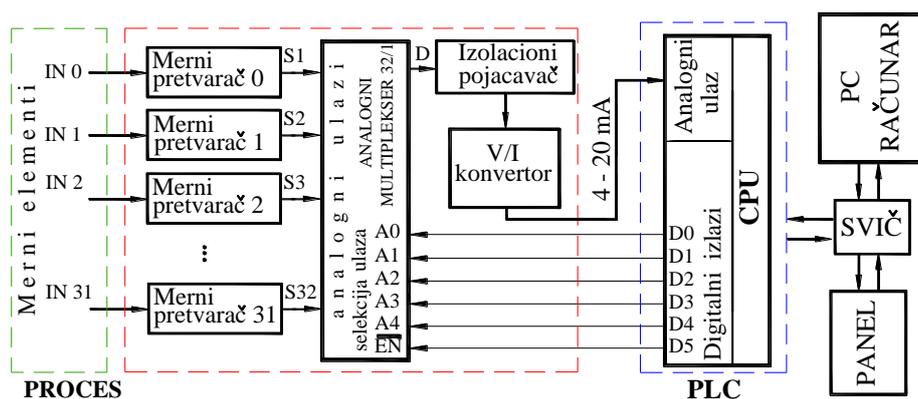
Razvoj nauke, tehnike i proizvodnje ne može se zamisliti bez električnih merenja raznih neelektričnih veličina. Ova merenja su takođe neophodna tokom istraživanja, razvoja, razrade, eksperimentisanja, ispitivanja, kontrole kvaliteta proizvoda, kao i prilikom projektovanja i izrade uređaja i opreme za regulaciju, upravljanje i automatizaciju. Jedna od karika u tom lancu je merni pretvarač koji prihvata promenu merene veličine i pretvara je u promenu određene

električne veličine, pogodne za pojačavanje i prenos na određenom rastojanju. Obrada signala se vrši u kontroleru i prezentuje operateru na ekranu ili panelu u vidu brojne vrednosti i/ili grafički. U većini slučajeva tehnološke veličine koje su karakteristične za neki proces su neelektrične [1]. Ovde je prikazana konfiguracija za akviziciju podataka s programabilnim logičkim kontrolerom (PLC), jednim analognim multiplekserom (MUX) i jednim mernim pretvaračem (transducer-om) - ovo je varijanta kada se mere istoredne fizičke veličine (slika 1) [2, 3].



Sl. 1. Merenje istih po prirodi procesnih veličina

Ukoliko se mere različite veličine šema ima izmenjenu strukturu (slika 2). Naime, ovde je potreban za svaku veličinu poseban pretvarač, pri čemu se merni elementi najpre vezuju na pretvarače, a ovi na ulaze MUX-a.

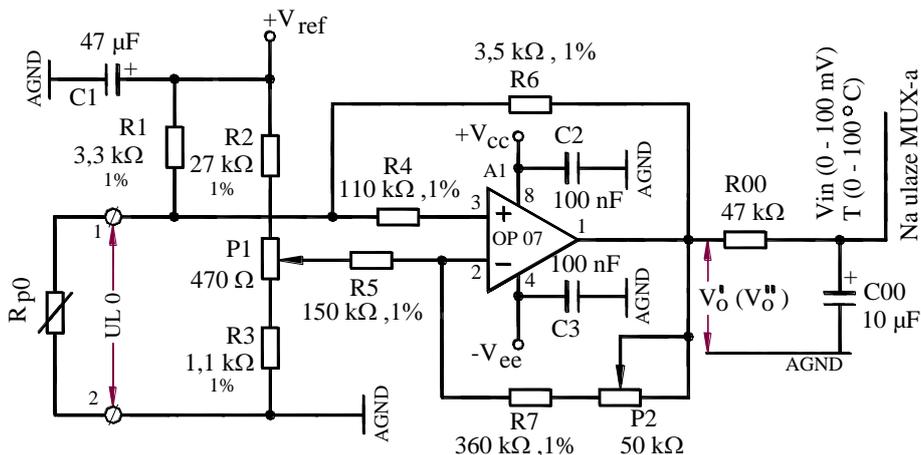


Sl. 2. Merenje raznorodnih procesnih veličina

Predložene šeme s *MUX*-ima omogućavaju prenos bilo koje fizičke veličine, uz primenu adekvatnog mernog pretvarača. U radu je dat primer za merenje temperatura na karakterističnim mestima četiri generatora. Ako se sa  $n$  označi broj ulaza analognog modula, pri čemu je uobičajeno  $n=2, 4, 8, 16$  ili  $32$ , uz primenu jednog analognog ulaznog modula može se meriti  $n \times m$  sporopromenljivih analognih vrednosti, gde je  $m$  broj ulaza analognog *MUX*-a. U konkretnom slučaju su primenjena dva *MUX*-a s 32 ulaza (kod generatora *G3* i *G4*) i dva 16 ulazna *MUX*-a (kod generatora *G1* i *G2*). *MUX*-i su povezani s fizičkim veličinama u procesu preko mernih pretvarača, izolacionog pojačavača, naponsko – strujnog pretvarača i sistema za akviziciju, nadzor i upravljanje.

## 2. MERNI PRETVARAČ

U razmatranom slučaju kao davači temperature su *Pt 100* elementi čija se otpornost menja s promenom temperature. Za pretvaranje ove promene u naponski signal upotrebljen je operacioni pojačavač *A1* (*OP 07*) [4]. To je linearno integrisano kolo u kombinaciji sa *RC* elementima, koje vrši i linearizaciju naponskog signala tako da se na ulaz multipleksera dovodi signal  $U = kf(T)$ . Na slici 3 je prikazana šema mernog pretvarača temperature. Očigledno da se *Pt 100* senzor nalazi u grani mosta koga čine otpornici  $R1$ ,  $R_p$ ,  $R2$ ,  $P1$ ,  $R3$  ( $P1$  i  $P2$  su potencijometri), a izlazni napon mosta se vodi u pojačavač *A1*. Potencijetrom  $P1$  podešava se ravnoteža mosta, odnosno nula, a potencijetrom  $P2$  se obezbeđuje proporcionalnost izlaznog napona pretvarača (ulaza u multiplekser) s promenom temperature koju registruje *Pt 100* element ( $V = 0 \div 100 \text{ mV}$ ,  $T = 0 \div 100 \text{ }^\circ\text{C}$ ).

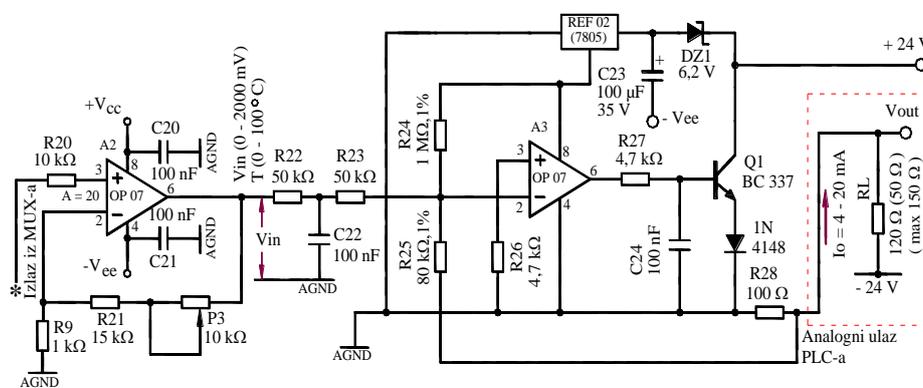


Sl. 3. Šema mernog pretvarača

Napon sa izlaza pretvarača se vodi na integrator ( $R=47\text{ k}\Omega$ ,  $C=10\text{ }\mu\text{F}$ ), a zatim na ulaz *MUX*-a koji ga bez promene prosleđuje na svoj izlaz. Ovaj signal se zatim vodi na razdvojni pojačavač *A2* (*OP 07*) čije je pojačanje  $A=20$ . Ovo kolo ima veliku ulaznu i malu izlaznu otpornost, što omogućava prenos naponskog signala sa ulaza na izlaz bez izobličenja i istovremeno se vodi na ulaz pretvarača napon-struja. Primenjeni analogni *MUX*-i su: *ADG 732 32* - ulazni (ulazi *S1*, *S2*, ..., *S32*) i *16* - ulazni *ADG706BRUZ* koji ima *16* analognih ulaza (*S1*, *S2*, ..., *S16*). *MUX*-i imaju po jedan analogni izlaz (*D*) i selekzione ulaze (*A0*, *A1*, *A2*, *A3*, *A4*,  $\bar{E}N$ ) (slike 2 i 3). Na analogne ulaze se dovode signali sa senzora temperature (*Pt 100* elementi). Na 5 selekcionih ulaza *MUX*-a dovodi se napon *24 V DC* sa digitalnih izlaza *PLC*-a, pri čemu svaka od kombinacija  $2^5$  (kod prvog *MUX*-a) i  $2^4$  (kod drugog) „proziva“ jedan od *32*, odnosno *16* ulaza, a digitalni izlaz ( $\bar{E}N$ ) se koristi za selekciju samog *MUX*-a. Od *MUX* – a se strujni signali vode jednim dvožilnim kablom u ulaz analognog modula *PLC* – a [2-5].

### 3. NAPONSKO – STRUJNI PRETVARAČ

Šema koja služi za pretvaranje napona mernog pretvarača u strujni signal sastavljena je od pojačavača *A3* (*OP 22* ili *LM 358*) [5], stabilisanog izvora napona  $+5\text{ VDC REF 02}$  (*7805*), tranzistora *Q1* (*BC 337*), dioda i *RC* elemenata (slika 4).



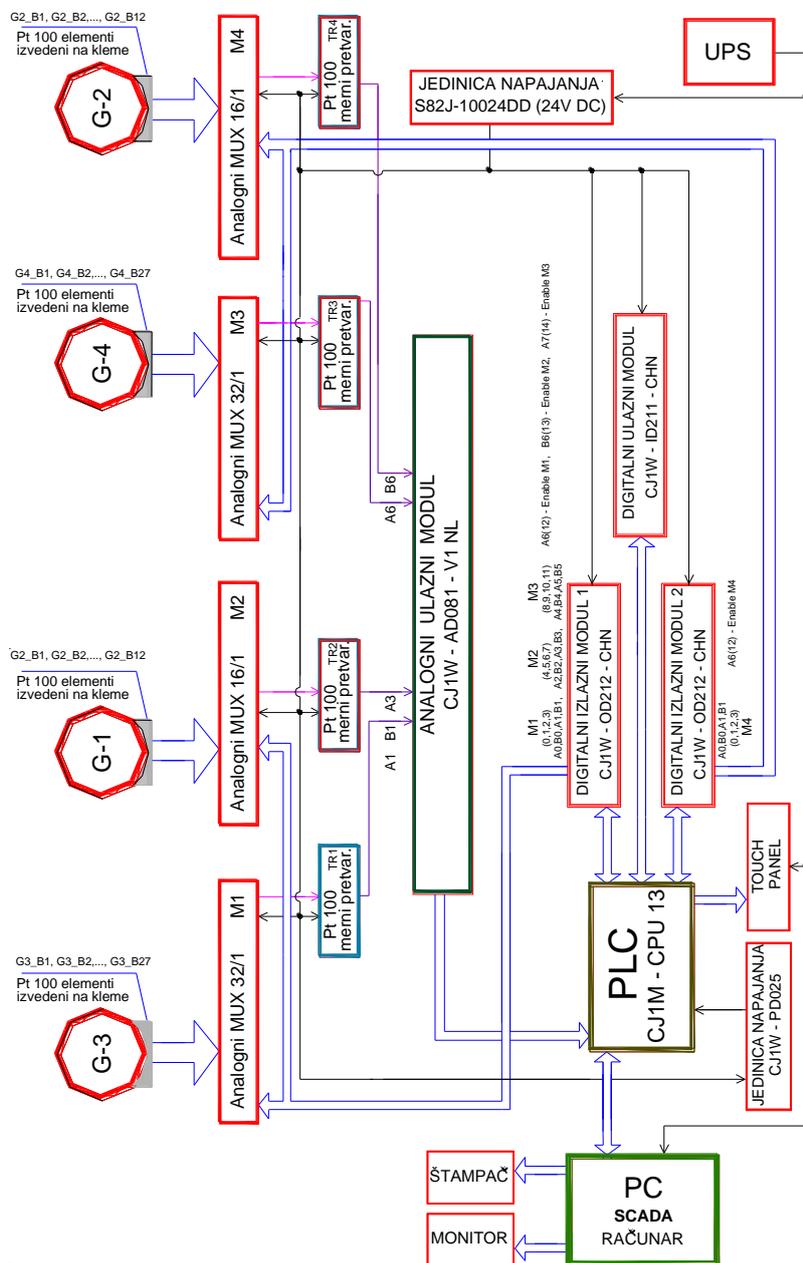
Sl. 4. Šema naponsko-strujnog pretvarača

Pre ovog pretvarača, signal iz *MUX*-a se uvodi u još jedan pojačavački stepen – *A2* čiji je izlazni napon u opsegu  $0 \div 2000\text{ mV}$ . Ovaj napon se dodatno filtrira preko kola *R22* – *C22* – *R23* i uvodi u naponsko-strujni pretvarač, koji daje na izlazu struju  $4 \div 20\text{ mA}$  (kada je na ulazu pretvarača napon  $0\text{ V}$ , struja na izlazu je  $4\text{ mA}$ , a za vrednost ulaznog napona  $100\text{ mV}$ , izlazna struja je  $20\text{ mA}$ ) [3, 6].

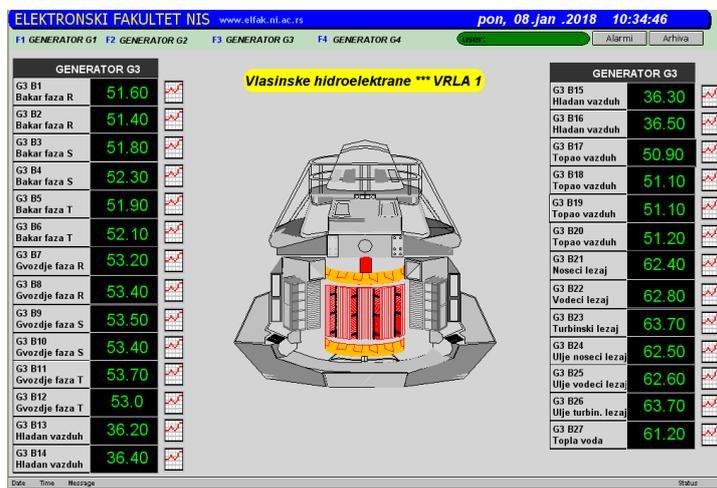
#### 4. REALIZACIJA SISTEMA

Imajući u vidu relativno veliki broj mernih mesta (*78 Pt 100* elemenata) pribegnuto je rešenju sa analognim *MUX*-om. Ovakav izbor daje dobro rešenje budući da je temperatura u ovom slučaju sporopromenljiva veličina. Pomoću *MUX*-a analognih signala (*M1 ÷ M4*) sukcesivno se dovode signali na jedan od kanala analognog ulaznog modula (*CJIW-AD081-VI-NL*). Konkretna realizacija sistema merenja data je na slici 5, na kojoj su prikazani sastavni elementi, njihova međusobna veza kao i tok mernih i upravljačkih signala. Sistem može da prihvati 96 signala sa *Pt* sonde (dva *MUX*-a  $\times$  32 kanala i druga dva *MUX*-a  $\times$  16 kanala). Koji će ulaz da se očitava sa *MUX*-a određuje se pomoću dva izlazna digitalna modula *CJIW-OD212-CHN*, pri čemu je modul 1 vezan sa *MUX1*, *MUX2*, a modul 2 sa *MUX3*, *MUX4*. U zavisnosti od kombinacije 5 izlaznih signala modula *OD212* selektuje se jedan od 32 ulaza određenog *MUX*-a (kod 16-kanalnih *MUX*-a kombinacije 4 izlaza selektuju 1 od 16 ulaza).

Selektovanje pojedinog *MUX*-a takođe se vrši pomoću signala sa digitalnih izlaznih modula (*out 12 - MUX1*, *out 13 - MUX2*, *out 14 - MUX 3*, *out 15 - MUX 4*). *MUX*-i i merni pretvarači su smešteni u posebnim limenim ormarima koji su instalirani neposredno uz generatore. Signali se vode od *MUX*-a do mernih pretvarača (*Pt 100* transducer-a - *TR1*, *TR2*, *TR3*, *TR4*). Transduceri daju na izlazu strujne signale  $4 \div 20$  mA (podaci o temperaturama sa mernih mesta svakog generatora: bakar i gvožđe u fazama *L1*, *L2*, *L3*, hladan vazduh, topao vazduh, vodeći ležaj, ulje vodećeg ležaja, noseći ležaj, ulje nosećeg ležaja, turbinski ležaj, ulje turbinskog ležaja, topla voda), koji se preko provodnika dovode na analogni ulazni modul *CJIW - AD081 - VINL*. Merni pretvarači su kalibrisani za opseg temperatura  $0 \div 100$  °C ( $0$  °C – 4 mA,  $100$  °C – 20 mA). Ukoliko je otpornost mernih elemenata van ovog opsega pretvarači daju struju 1.26 mA, što znači da merenje nije korektno. *PLC* i analogni modul su smešteni u upravljačkom pultu. *PLC* (s centralnom procesorskom jedinicom *CJIM - CPU13*) je povezan s *PC* računaru koji je i *SCADA* računar sa Omron *SCADA*-om *CX - SUPERVISOR - RUN - HL - VI.22*. Modul napajanja 230 VAC/24 VDC je *CJIW PD025*. Slika 6 prikazuje glavni *SCADA* ekran merenja temperatura karakterističnih tačaka generatora *G1*, *G2*, *G3*, *G4* koji su u sastavu hidroelektrane „Vrla 1“.



Sl. 5. Blok šema PLC konfiguracije za merenje temperatura generatora u elektrani „Vrta 1“



Sl. 6. SCADA ekran merenja karakterističnih temperatura generatora G3 (trenutne vrednosti)

Izbor generatora koji će se prikazivati vrši se funkcijskim tasterima na tastaturi računara ili levim klikom miša na natpis određenog generatora. Na ekranu su prikazane vrednosti temperatura u određenom trenutku. Desno od trenutnih vrednosti su ikonice trend grafova svakog mernog mesta. Levim klikom miša na ikonicu otvara se trend graf za određenu mernu tačku. Na slici 7 je prikazan trend graf temperature gvožđa faze L1 generatora G3, koji pokazuje da je temperatura ovog mernog mesta u dozvoljenom opsegu.



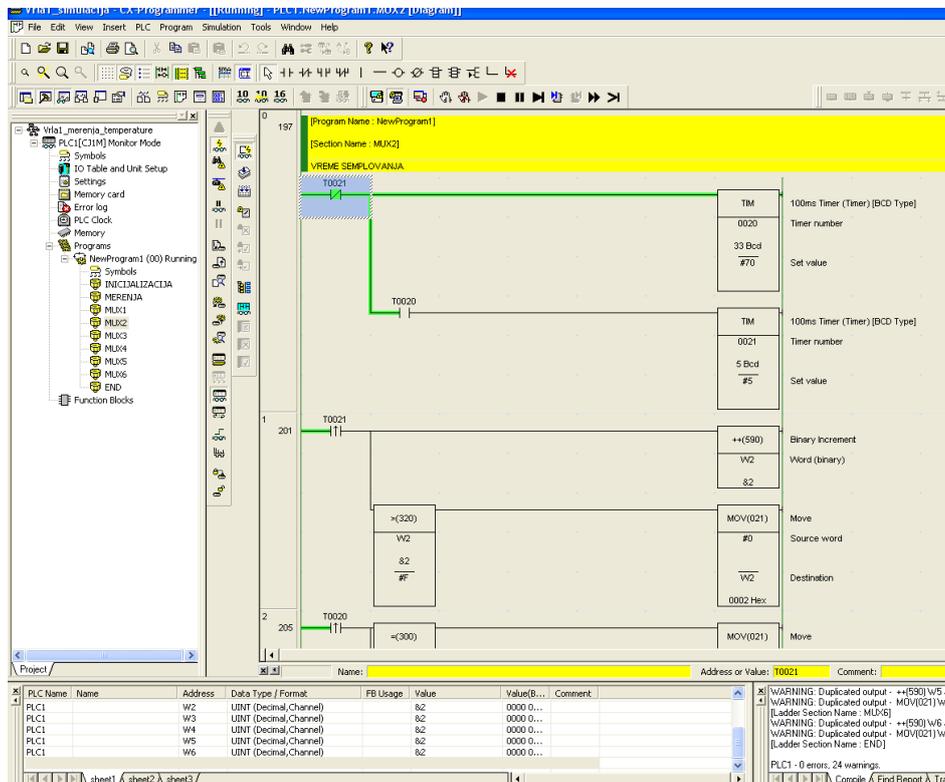
Sl. 7. Trend graf temperature gvožđa faze L1 (R) generatora G3

Na slici 8 je prikazan trend graf temperature toplog vazduha generatora G3, na kome se uočava nedozvoljen porast temperature.



SI. 8. Trend graf temperature toplog vazduha generatora G3

Posle nekog vremena kriva menja boju iz zelene (temperatura u normalnim granicama) u narandžastu (temperatura van dozvoljenih granica – zona upozorenja), a crvena boja krive označava opasno prekoračenje temperature (uključuju se svetlosni i zvučni alarm, uz blinkanje crvene deonice krive na ekranu) što je signal operateru i službi održavanja da preduzimaju mere kako bi se otklonio uzrok rasta temperature. Opisana PLC konfiguracija je instalirana u hidrocentrali „Vrla I“, koja je jedna od četiri elektrane u sistemu Vlasinskih elektrana. PLC program je napisan u programskom paketu *CX programer*-u, a SCADA aplikacija u *CX supervisor*-u. Slika 9 prikazuje deo LADDER programa koji omogućava prihvatanje rezultata merenja i njihovu interpretaciju na SCADA računaru.



SI. 9. Insert iz LADDER dijagrama

## 5. ZAKLJUČAK

Upotreba multipleksera pri merenju sporopromenljivih veličina omogućava uštede u PLC konfiguraciji (smanjen broj analognih modula), mernim pretvaračima i kablovima koji služe za prenos signala. Imajući u vidu udaljenost mernih elemenata od upravljačko-nadzornog sistema, često i preko 100 m, multiplekser sa 5 selekcionih ulaza prenosi jednim kablom 32 merna signala i koristi samo jedan merni pretvarač, jedan dvožilni STP kabl i jedan ulaz analognog modula. U slučaju velikog broja mernih mesta, bez upotrebe multipleksera, potreban je veliki broj analognih ulaza i isto toliko kablova sa širmom. Opisani sistem realizuje merenje procesnih veličina pomoću PLC konfiguracije, a SCADA prikaz, arhiviranje i generisanje izveštaja za određen vremenski interval se vrši na PC računaru.

**LITERATURA**

- [1] M. Popović, *Senzori i merenja*, IV izdanje, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Srpsko Sarajevo, Bosna i Hercegovina, 2004.
- [2] S. Stankov, D. Mitić, D. Antić, Z. Jovanović, *Projekat merenja temperatura na generatorima G1, G2 HE "Vrla2", u Surdulici, pomoću PLC i SCADA sistema*, Elektronski fakultet, Niš, 2006.
- [3] S. Stankov, D. Antić, Z. Jovanović, *Projekat merenja temperatura na generatorima G1, G2, G3, G4, HE "Vrla 1", u Surdulici, pomoću PLC i SCADA sistema*, Elektronski fakultet, Niš, 2007.
- [4] H. Zumbahlen, *Basic Linear Design*, Analog Devices, 2006, ISBN: Also available as *Linear Circuit Design Handbook*, Elsevier-Newnes, Chapter 7, 2008.
- [5] W. Kester, *Analog-Digital Conversion*, Analog Devices, 2004, Chapter 7. Also available as *The Data Conversion Handbook*, Elsevier/Newnes, Chapter 7, 2005.
- [6] P. L. Gray, P. J. Hurst, S. L. Lewis, R. G. Meyer, *Analysis and design of analog integrated circuits*, Fifth Edition, publisher: Don Fowley, University of California, Berkeley, 2009.

UDK: 622.012:006.1(045)=163.41

ORIGINALNI STRUČNI RAD

*Oblast: Menadžment*

**ANALIZA POSLOVNIH RIZIKA U RUDARSKIM KOMPANIJAMA  
ANALYSIS OF BUSINESS RISKS IN MINING COMPANIES**

Slavica Miletic<sup>1</sup>, Dejan Bogdanovic<sup>2</sup>, Dragan Mihajlovic<sup>3</sup>, Vesna Krstic<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institut za rudarstvo i metalurgiju, Zeleni Bulevar 35, 19210 Bor,  
slavica.miletic@irmbor.co.rs, vesnazajecar@yahoo.com

<sup>2</sup>Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet Bor, Vojske Jugoslavije 12, Bor,  
dbogdanovic@tfbor.bg.ac.rs

<sup>3</sup>Univerzitet „Džon Nezbit“ Beograd, Fakultet za Menadžment Zaječar,  
Park šuma Kraljevica bb, daragan.mihajlovic@fmz.edu.rs

**Izvod**

*Rizik se može definisati kod rudarskih kompanija kao negativno odstupanje, moguće neprilike ili opasnosti i kao pozitivno odstupanje prilike i šanse.*

*Identifikacija aktivnosti zasnovana na riziku u rudarskim kompanija zasniva se na: rizike upravljanja ljudskim resursima, rizike od povećanja troškova materijala i delova, rizike zagađenja životne sredine, rizike kod razvoja novih proizvoda, rizike pri promene deviznog kursa i rizike prilikom korišćenja zastarele opreme.*

*Cilj AHP analize rizika i mogućnosti postavljaju osnovu za efikasnije upravljanje sistemom kvaliteta, postizanje boljih rezultata i sprečavanje negativnih efekata.*

**Ključne reči:** rizik, iso 9000:2015, rudarske kompanije, ahp metoda

**Abstract**

*The risk can be defined by the mining companies as a negative deviation, possible disturbances or hazards, as well as a positive departure from the opportunities and chances.*

*The identification of risk-based activities in the mining companies is based on: human resource management risks, risks of increasing the costs of materials and parts, risks related of environmental pollution, risks in development the new products, risks in changing the exchange rate and risks in using the outdated equipment.*

*The aim of the AHP analysis of risks and opportunities are the basis for efficient quality management system, achievement the better results and prevention the adverse effects.*

**Keywords:** Risk, ISO 9000:2015, Mining companies, AHP method

**UVOD**

Budućnost savremenog poslovanja kod rudarskih kompanija sa sobom nosi neizvesnost koja prouzrokuju rizike. Razmišljanje na bazi rizika, šanse i opasnosti zastupljeno je u svakodnevom poslovanju i svuda ga treba primeniti. Rizici su od-

ređeni zahtevima standarda ISO 9001:2015. U ISO standardu se rizici i standardi navode zajedno. Za neku rudarsku kompaniju što može biti šansa ili mogućnost za neku drugu rudarsku kompaniju može biti opasnost ili pretnja.

U ovom radu su autori analizirali sledećih rizika: rizike upravljanja ljudskim resursima (alternative A1), rizike od povećanja troškova materijala i delova (alternative A2), rizike zagađenja životne sredine (alternative A3), rizike koji se odnose na osvajanje novih proizvoda (alternative A4), rizike od promene deviznog kursa (alternative A5) i rizike prilikom korišćenja zastarele opreme u cilju ostvarenja proizvodnog procesa (alternative A6).

Analiza rizika je urađena jednom od metodi višekriterijumskog odlučivanja, AHP (Analitički Hijerarhijski Proces) metodom. AHP metoda je jedna od najčešćih metoda koja se koristi kao pomoćni alat u procesu odlučivanja. Proces identifikacije poslovnih rizika u rudarskim kompanijama je složen proces i može pokazati negativne i pozitivne smernice, što ih dovodi do pozitivnih ili negativnih rezultata.

Cilj rada je procena poslovnog rizika u rudarskim kompanijama primenom AHP metode radi usklađivanja poslovanja sa planiranom strategijom, suočavanja sa novim poslovnim izazovima, poštovanje ciljeve održivog razvoja i implementaciji održivog poslovanja.

## 2. EKSPERIMENTALNI DEO

Savremeno poslovno okruženje rudarskih kompanija funkcioniše u veoma turbulentnom vremenu što dovodi do povećanane potrebu za organizacijsku odgovornost gde je uključeno poslovanje „razmišljanje na osnovu rizika“. Velika je potreba za proučavanjem poslovnog okruženja zasnovanu na bazi rizika kod rudarskih kompanija s obzirom da one ne posluju profitabilno i efikasno. Ovakva situacija zahteva procenu snaga, slabosti, mogućnosti i pretnje koje pružaju potpunu analizu internog i eksternog okruženja (SWOT) analiza. Rudarske kompanije dobijaju analizu opstanaka, rasta i razvoja uz kompetentan menadžment.

Menadžeri ne smeju biti svesni samo onoga što predstavljaju elemente njihovog poslovnog okruženja, već takođe treba da budu u stanju da odgovore na snage okruženja koje neminovno utiču na poslovanje organizacije [1,2]. Kako bi se izbegli rizici u rudarskim kompanijama menadžeri treba da primene najbolje alate za analizu rizika u cilju ostvarenja pozitivnih rezultata. Određivanje prioriteta rizika koji treba da eliminišu menadžeri u skladu sa ISO 9001:2015, „razmišljanje na bazi rizika“ autori su predložili AHP metodu.

Standard ISO 9001:2015 verzija podržava „procesni pristup“ [3] i poseduje više izmena (ISO 9001:2015). Jedna od ključnih izmene je „razmišljanje na bazi rizika. Nova klauzela bazirana na rizicima fokusirana je na brzom prepoznavanju i sprečavanju rizika da nebi došlo do ne željenih efekata, to jest neodgovarajućih proizvoda i usluga. Razmišljanje na bazi rizika pruža modućnost menadžerima

da donose odluke na bazi rizika preko strukture upravljanja rizikom. ISO 9001:2015 daje nam mogućnost za lakšu i bržu implementaciju više standarda u jednoj kompaniji zavisno od delatnosti kompanije. Implementacijom ISO standarda 9001:2015 menadžeri dobijaju poslovanje, razmišljanje zasnovanu na bazi rizika.

Definicija termina „rizik“ je definisan kao mogućnost stvaranja opasnost i neizvesnost [4], kao što je u radu slučaj za rudarske kompanije.

Rizici sa kojima se suočavaju rudarske kompanije su karakterizovani na:

1. rizike upravljanja ljudskim resursima (alternativa 1);
2. rizike od povećanja troškova materijala i delova (alternativa 2);
3. rizike zagađenja životne sredine (alternativa 3);
4. rizike koji se odnose na osvajanje novih proizvoda (alternativa 4);
5. rizike od promene deviznog kursa (alternativa 5)
6. i rizike prilikom korišćenja zastarele opreme u cilju ostvarenja proizvodnog procesa (alternativa 6).

*Alternativa A1:* Turbulentno poslovno okruženje kod rudarskih kompanija zahteva kompetentno upravljanje ljudskim resursima radi efikasnijeg prepoznavanja šanse i opasnosti.

*Alternativa A2:* Savremeno poslovanje rudarskih kompanija zahteva ulaganje u tekući materijal i delove što povećavaju troškove i dovode kompaniju do finansijski rizik.

*Alternativa A3:* Zagađenje životne sredine kao rizik stvara se tehnološkim postupcima otkopavanjem i preradom rude.

*Alternativa A4:* Trenutno poslovno okruženje i promenljivo tržište od rudarskih kompanija zahteva osvajanje novih proizvoda što povećava rizik kompanije.

*Alternativa A5:* Nestabilan devizni kurs poslovanje kod rudarskih kompanija dovodi do neizvesnosti izvoza i uvoza što prouzrokuje ogromne rizike.

*Alternativa A6:* Procedure zasnovane na zastareloj opremi prilikom proizvodnog procesa su pretnja ili mogućnost za rudarske kompanije.

Kriterijumi za identifikaciju i ocenu rizika kod rudarskih kompanija su:

1. Kriterijum C1-Implementacija integrisanog sistema menadžmenta (ISM), implementacijom ISM kod rudarskih kompanija bi menadžeri na efektivan i efikasan način upravljali što dovodi do održivog poslovanja [5].

2. Kriterijum C2-Upravljanje rizicima, je zaštita rudarske organizacije od neželjnih efekata ili gubitaka. Ali prirodnim katastrofama je nemoguće upravljati rizikom. Vrlo je bitno da svi zaposleni zajedno sa menadžmentom razmišljaju na bazi rizika to znači da bi svi upravljali rizikom. Za upravljanje rizikom su neophodni ciljevi organizacije gde ih stalno prate informacije.

3. Kriterijum C3-Prepoznavanje rizika, nuklearna katastrofa u Fukušimi nam ukazuje da menadžment uvek nije u mogućnosti da prepozna (predvidi) rizik. Takođe, finansijska kriza 2008. godine izazvala je globalne katastrofe gde Srpske kompanije još uvek osećaju posledice.

4. Kriterijum C4-Menadžment, postavljen na neadekvatan način od strane vlade ili druge strukture doveli su kompanije (institucije) do globalne recesije [6]. Menadžment nije stalno u mogućnosti da spreči pojavu koja dovodi kompanije do neželjnih efekata. Postavlja se pitanje da li boljim menadžmentom može da se izbegne rizik. Menadžment je deo svakog procesa u organizaciji gde se donose odluke. Zbog nepostojanja kompetentnog menadžmet naše kompanije su pretrpele velike gubitke.

Za razumevanje kategorija (alternativa) rizika, autori rada daju smernice menadžerima rudarskih kompanija da odaberu najprikladnije pomoćne alate za analizu rizika. Analizom rizika kod rudarskih kompanija menadžment postiže svoje očekivane proizvode i usluga, zadovoljstvo korisnika i uspostavljanje pozitivno strateško upravljanje. Strateško upravljanje može doprineti pozitivnim ciljevima održivog razvoja, a time se izgrađuje konkurentna prednost kompanije [7].

Za indentifikaciju rizika autori su implementirali AHP metodu čiji je tvorac Saaty, (1980) [8]. AHP metoda se najviše koristi u poslednju deceniju i to u različitim oblastima procesa evaluacije u odlučivanju. Primenjena je u radovima sledećih autora: Bartusková & Krestab, 2016 [9]; Miletić et al., 2016b [10]; Miletić et al., 2016c [11]; Modaka et al., 2017 [12]; Colombo et al., 2018 [13].

Za analizu poslovnih rizika je korišćen softer Criterium Decision Plus.

AHP tehnika polazi od dekompozicije složenog problema u procesu odlučivanja u višedimenzionalnu hijerarhijsku strukturu, prvo ciljeva, zatim alternativa i na kraju kriterijuma. AHP kao kvantitativna metoda vrši evaluaciju uticaja kriterijuma, zatim se upoređuju alternative na svaki pojedinačno kriterijum i na kraju se vrši rangiranje alternativa gde se dobijaju konačni rezultati.

Za određivanje kriterijuma i alternativa koristimo skalu sa ocenama os 1 do 9 – Tabela 1.

**Tabela 1.** Skala poređenja elemenata odlučivanja

Opis	Ocena
Jednako	1
Slaba dominacija	3
Jaka dominacija	5
Vrlo jaka dominacija	7
Apsolutna dominacija	9

2,4,6,8 međuvrednosti

Rezultati težinskih koeficijenata kriterijuma su prikazani u Tabeli 2 i Tabeli 3.

**Tabela 2.** Definisane težinskih koeficijenata kriterijuma

Kriterijumi	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>
C <sub>1</sub>	1	3	3	1/7
C <sub>2</sub>		1	1/2	1/5
C <sub>3</sub>			1	1/2
C <sub>4</sub>				1

**Tabela 3.** Rezultati upoređenja

Kriterijumi	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>
Težine kriterijuma	0,204	0,072	0,142	<b>0,583</b>
Stepen konzistentnosti		<b>0,01</b>		

Kao što se vidi iz Tabele 3., stepen konzistentnosti iznosi 0,01 što je manje od 0,1. Dobijeni rezultati pokazuju da C4 kriterijum (menadžment) najviše utiče na konačni rezultat jer njegov težinski koeficijent ima najveću vrednost 0,583. Zbir težinskih koeficijenata je jednak 1. Ako ukupan zbir nije jednak 1 onda postupak mora da se ponovi.

Sledeći korak je procena rizika (alternativa) u odnosu na svaki definisani kriterijum pojedinačno, koji je prikazan od Tabele 4 do Tabele 9. Za ocenjivanje alternativa koristi se Tabela 1. ocenama od 1 do 9, gde stepen konzistentnosti treba da bude manji od 0,1.

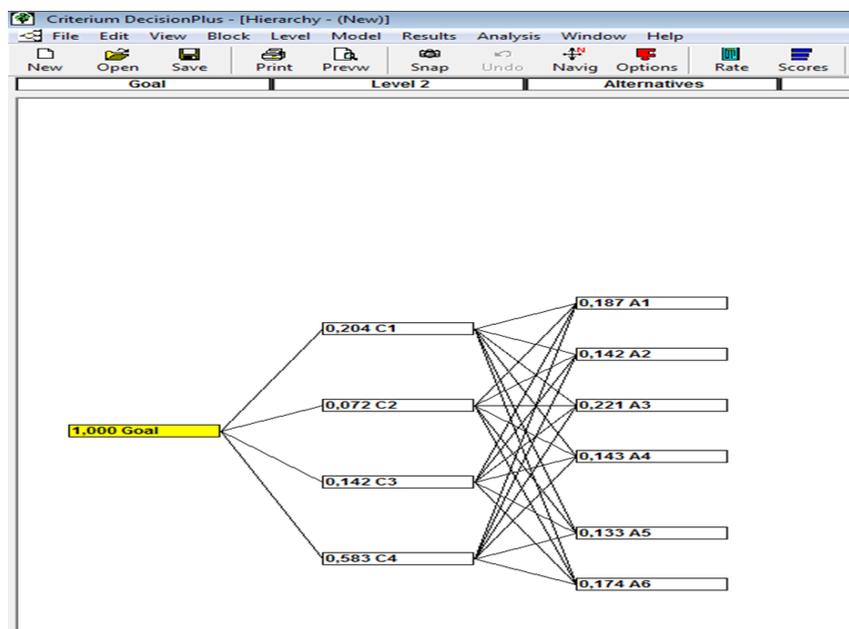
Stepen konzistentnosti se izračunava sledećim obracem:

$$CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1) \quad (1)$$

$\lambda_{\max}$  predstavlja značajan parametar, koristi se kao referentni indeks za prikazivanje informacija pri proračuna stepena konzistentnosti (CR) koji se računa sledeći način:

$$CR = CI / RI \quad (2)$$

RI predstavlja slučajni indeks konzistentnosti dobijen nasumice iz matrice poređenja.



Sl. 1. Hijerarhija rangiranja (Criterium Decision Plus software)

Tabela 4. Upoređivanje alternativa u odnosu na kriterijm  $C_1$

Alternac	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>
A <sub>1</sub>	1	1	1/3	1	1	1/4
A <sub>2</sub>		1	1/3	1	1	1/3
A <sub>3</sub>			1	1/2	1	1/2
A <sub>4</sub>				1	2	3
A <sub>5</sub>					1	2
A <sub>6</sub>						1

Stepen konzistentnosti 0,078

Tabela 5. Upoređivanje alternativa u odnosu na kriterijm  $C_2$

Alternac	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>
A <sub>1</sub>	1	1	1/4	3	2	1/2
A <sub>2</sub>		1	1/3	2	2	1/3
A <sub>3</sub>			1	3	4	2
A <sub>4</sub>				1	1	1/3
A <sub>5</sub>					1	1/3
A <sub>6</sub>						1

Stepen konzistentnosti 0,029

**Tabela 6.** Upoređivanje alternativa u odnosu na kriterijum  $C_3$ 

Alternae	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>
A <sub>1</sub>	1	3	1	3	2	1
A <sub>2</sub>		1	1/2	2	1	1/2
A <sub>3</sub>			1	3	4	2
A <sub>4</sub>				1	1	1/3
A <sub>5</sub>					1	1/3
A <sub>6</sub>						1

Stepen konzistentnosti 0,022

**Tabela 7.** Upoređivanje alternativa u odnosu na kriterijum  $C_4$ 

Alternae	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>
A <sub>1</sub>	1	2	1	1	1	2
A <sub>2</sub>		1	1	2	1	1
A <sub>3</sub>			1	2	2	1
A <sub>4</sub>				1	1	1
A <sub>5</sub>					1	1
A <sub>6</sub>						1

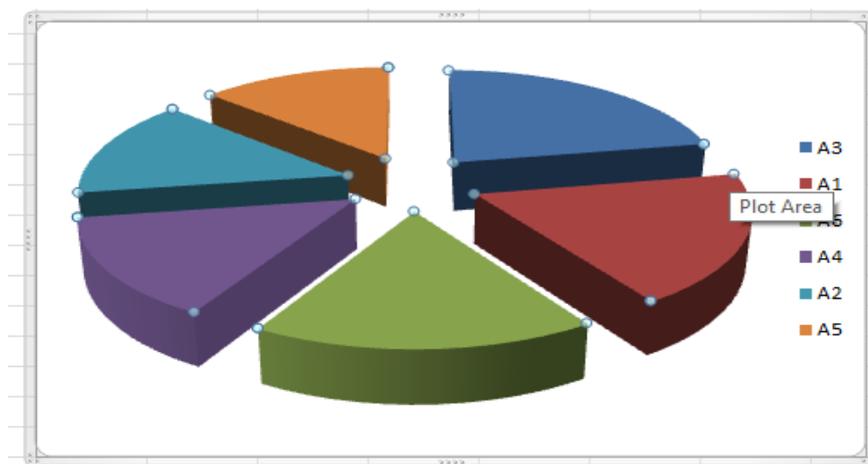
Stepen konzistentnosti 0,035

Konačani rezultati su prikazani u Tabeli 8. Rezultati prikazuju da je kod svih upoređivanja alternativa u odnosu na svaki pojedinačni kriterijum stepen konzistentnosti manji od 0,1, to znači da su dobijeni odgovarajući rezultati.

AHP analizom rizika kod rudarskih kompanija dobija se da najprioritetniji rizik zagađenje životne sredine čiji koeficijent iznosi 0,221. Menadžeri (kriterijum  $C_4$ ) čiji težinski koeficijent iznosi 0,583 su ti koji su kompetentni da donose odluke radi izbegavanja rizika.

**Tabela 8.** Konačni rang procene rizika

Red.br	Prednosti	Rezultat
1.	A3 (rizici zagađenja životne sredine)	0,221
2.	A1 (rizici upravljanja ljudskim resursima)	0,187
3.	A6 (rizici pri promeni deviznog kursa)	0,174
4.	A4 (rizici prilikom osavjanja novih proizvoda)	0,143
5.	A2 (rizici koji nastaju povećanjem troškova)	0,142
6.	A5 (rizici prilikom korišćenja stare opreme)	0,133



Sl. 2. Prikaz procene rizika

### 3. ANALIZA REZULTATA

Analiza rezultata AHP metodom obuhvata redosled prioritetnijih rizika koji menadžeri rudarskih kompanija moraju da rešavaju u skladu sa strategijom kompanije i ostvarenja ciljeva održivog razvoja. Rezultati pokazuju da je iznos njihovih koeficijenata približan, nema mnogo velike diferencijacije između težinskih koeficijenata, što znači da sve kategorije rizika predstavljaju mogućnost ili opasnost za poslovanje kod rudarskih kompanija.

*Analiza kriterijuma* (Tabela 2.): Analizirajući kriterijume dobija se da je na prvom mestu kriterijum C4 sa težinskim koeficijentom 0,583. Kriterijum C4, menadžment najviše utiče na proceni alternativa i na dobijeni rezultat. Složeni proces rada rudarske kompanije zahteva kompetentan menadžment u cilju konkurentne prednosti i ostvarenja ciljeva održivog razvoja.

Na drugom mestu je kriterijum C1, Integrirani sistem menadžmenta sa težinskim koeficijentom 0,204. Implementacijom integriranih sistema menadžmenta: Sistema menadžmenta ISO 9001; Sistema menadžmenta zaštite životne sredine ISO 14001 i Sistema za zaštitu zdravlja i bezbednosti zaposlenih OHSAS 18001 rudarske kompanije konstantno poboljšavaju svoje poslovanje i smanjuju rizike.

Na trećem mestu je kriterijum C3, prepoznavanje rizika čiji koeficijent iznosi 0,142. Menadžment u toku procesa rada uvek nije u mogućnosti da prepozna rizik, npr žalbe korisnika.

Na četvrtom mestu je kriterijum C2, upravljanje rizicima sa težinskim koeficijentom 0,072. Menadžment (upravljanje) rizicima u poslednje vreme sve više zauzima značajno mesto u svetu poslovanja. Efektivno upravljanje rizicima kompaniji smanjuje sve vrste rizika i kompaniju vodi ka uspehu.

*Analiza alternativa* (Tabela 8 i Slika 2): Tehnološki postupci, otkopavanje i prerada rude dovodi do rizika zagađenja životne sredine (alternativa A3) koja je na prvom mestu sa težinskim koeficijentom 0,221. Briga za zaštitu životne sredine i održivog razvoja je povećana.

Na drugom mestu po prioritetu procene rizika su rizici upravljanja ljudskim resursima čiji težinski koeficijent iznosi 0,187. Kompetetno upravljanje ljudskim resursima zahteva za održivim poslovanjem kod rudarskih kompanija.

Na trećem mestu su rizici koji nastaju prilikom korišćenja zastarele opreme, njihov težinski koeficijent iznosi 0,174. Korišćenjem zastarale opreme po novim tehnološkim procesima ne podržava ni jedan ISO standard.

Na četvrtom mestu analizirajući procenu rizika AHP metodom su rizici osvajanja novih proizvoda sa težinskim koeficijentom 0,143. Turbulento tržište u savremenom poslovanju u procesu osvajanja novog proizvoda je rizik (mogućnost) za rudarske kompanije. Zato je jako bitno za rudarske kompanije da menadžment bude kompetentan.

Na petom mestu su rizici od povećanja troškova, materijala i delova sa težinskim koeficijentom 0,142. Potrebno je da menadžeri na vreme identifikuju povećanje troškova i delova u cilju održivosti rudarske kompanije.

AHP analizom je dobijeno da su rizici od promene deviznog kursa (alternativa A5) na šestom mestu. Njihov koeficijent iznosi 0,133. Promene deviznog kursa rudarskim kompanijama osim opasnosti donose i mogućnosti.

Nova verzija standarda ISO 9001:2015 podržava procesni pristup sa izmenama gde se poslovanje odvija „razmišljnje na bazi rizika“. Novi standard povezuje se sa strateškim planiranjem uključujući najviše rukovodstvo (menadžment) što su i autori dobili tokom AHP analize.

Analiza poslovnih rizika menadžerima služi da rudarske kompanije mogu dovesti do konkurentne prednosti i do efikasnijeg upravljanja životnom sredinom. Kompanija može dobiti konkurentsku prednost od interakcije sa aktivnostima upravljanja životnom sredinom [14, 15].

## ZAHVALNOST

*Istraživanja su finansirana od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije kao deo projekta TR 33023: Razvoj tehnologije flotacijske koncentracije rude bakra i plemenitih metala radi postizanja boljih tehnoloških rezultata.*

## ZAKLJUČAK

Menadžment rizicima u savremenom poslovanju smatra se važnim aspektom dobrog korporativnog vođenja jedne uspešne rudarske kompanije.

U naporima usmerenim ka poboljšanju procesa rada na osnovu rizika u rudarskim kompanijama analiza poslovnih rizika ima veliki uticaj na poslovanje same kompanije u cilju održivosti. Analizom rizika u rudarskim kompanijama se poboljšava verovatnoća za ostvarenja održivih ciljeva.

Analiza poslovnih rizika AHP metodom gradi snažnu bazu znanja, povećava zadovoljstvo i poverenje korisnika, obezbeđuje kvalitet proizvoda i usluga, uspostavlja proaktivnu kulturu i preduzeća postaju održiva jer je sistem zasnovan na menadžmentu rizicima. Prilikom identifikacije rizika važno je razumeti ulogu održivih preduzeća u cilju ostvarenja ciljeva održivog razvoja, kao i „zelenu konkurenciju“ i nove poslovne aktivnosti koji mogu da stimulišu inovacije kao novi izvor buduće konkurentne prednosti [15 -17].

Buduća istraživanja usmeriti ka identifikaciji ostalih poslovnih rizika kod rudarskih kompanija, kako bi menadžeri uspeali da odgovore na nove izazove u budućnosti (razmišljanje zasnovano na bazi rizika).

## LITERATURA

- [1] Kuye, J. O., Continental policy targeting and the nepadisation process: Issues, trends and options. *Journal of Public Administration*, 39(4), (2004), pp. 458–469.
- [2] Ansah, H. R, Sorooshian, S., 2017. Effect of lean tools to control external environment risks of construction projects. *Sustainable Cities and Society* 32, (2017), pp. 348–356.
- [3] Miletić, S., Bogdanović, D., Paunković, J., Selection the optimal model of integrated sustainable management system in the mining companies. *J Min Metal Eng Bor*, 2, (2015), pp. 181-204

- 
- [4] The American Heritage Dictionary, Fourth Edition copyright Houghton Mifflin Company, (2009).
- [5] Miletić, S., Paunković, Dž., Bogdanović, D., Mihajlović, D., Primena višekriterijumskog odlučivanja u cilju procene održivog poslovanja rudarskih kompanija. *Reciklaža i održivi razvoj*, 9/2016a, pp. 15-20.
- [6] Blundell-Wignall, A., Atkinson, P., & Lee, S., The current financial crisis: Causes and policy issues. *Financial Market Trends*, (2008), pp. 11-31.
- [7] Sullivan, K., Thomas, S., Rosano, M., Using industrial ecology and strategic management concepts to pursue the Sustainable Development Goals. *J Cleaner Prod*, 174, (2018), pp. 237-246.
- [8] Saaty, T.L., *The Analytic Hierarchy Process*, New York: McGraw Hill. International (1980).
- [9] Bartusková, T., Krestab, A., Application of AHP method in external strategic analysis of the selected organization. *Procedia Econ Finance*, 30, (2016), pp.146-154.
- [10] Miletić, S., Paunković, Dž., Bogdanović, D., Evaluacija indikatora održivosti za donošenje odluka u rudarskim kompanijama. *Megatrend revija*, 13(2), (2016b), pp. 83-96.
- [11] Miletić, S., Bogdanović, D., Milanović, D., Advantages of implementation the process model for sustainable business operations of mining companies. *J Min Metal Eng Bor*, 3, (2016c), pp. 71-82.
- [12] Modaka, M., Pathak, K., Ghosha, K.K., Performance evaluation of outsourcing decision using a BSC and Fuzzy AHP approach: A case of the Indian coal mining organization. *Resour Policy*, 52, (2017), pp. 181-191.
- [13] Colombo, E., Romeo, F., Mattarolo, L., Barbieria, J., Morazzob, M., An impact evaluation framework based on sustainable livelihoods for energy development projects: an application to Ethiopia. *Energy Research & Social Science* 39, (2018), pp. 78–92.
- [14] Hart, S.L., (1995). A Natural-Resource-Based View of the Firm. *Academy of Management Review* 20, 986–1014.
- [15] Hart, S.L., Dowell, G. (2011). A Natural-Resource-Based View of the Firm: Fifteen Years After. *Journal of Management* 37, 1464–1479.

- [16] Amit, R., Zott, C., Creating value through business model innovation. *MIT Sloan Management Review* 53, (2012), pp.41–49.
- [17] Hajer, M., Nilsson, M., Raworth, K., Bakker, P., Berkhout, F., de Boer, Y., Beyond Cockpit-ism: Four Insights to Enhance the Transformative Potential of the Sustainable Development Goals. *Sustainability* 7, (2015), pp. 1651–1660.
- [18] Rahdari, A., Sepasi, S., Moradi, M., Achieving sustainability through Schumpeterian social entrepreneurship: The role of social enterprises. *Journal of Cleaner Production*, 137, (2016), pp. 347–360. Normativna dokumenta, ISO 9001:2015

UDK: 669.3:669.21:006.1(045)=163.41

ORIGINALNI STRUČNI RAD

*Oblast: Industrijski menadžment*

**UPOREDNA ANALIZA CENA BAKRA I ZLATA U PERIODU  
OD 2012. DO 2017. GODINE**

**COMPARATIVE ANALYSIS OF THE PRICES OF COPPER AND  
GOLD IN THE TIME PERIOD FROM YEAR 2012. TO 2017.**

Aleksander Ilić<sup>1</sup>, Dejan Bogdanović<sup>2</sup>, Nenad Milijić<sup>2</sup>

<sup>1</sup>andyilic1983@gmail.com

<sup>2</sup>Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru, Odsek za inženjerski  
menadžment, Ul. Vojske Jugoslavije 12, 19210 Bor, Srbija,  
e-mail: dbogdanovic@tfbor.bg.ac.rs; nmilijic@tfbor.bg.ac.rs

**Izvod**

*U naučnom radu prikazano je kretanje cena bakra i zlata u periodu od pet godina, tačnije od 2012. do 2017. godine i njihovo poređenje. Analiziran je takođe i širi period kretanja cena – od 2010. do početka 2018. godine, a sve radi upoređivanja i nalaženja određenih zakonitosti u oscilaciji cena aktuelnih metala na svetskoj berzi. Primećen je najpre rast cena, a potom oscilacije što se više ide prema 2018. godini, a verovatno sve zbog posledica Svetske ekonomske krize, ponude i potražnje na tržištu kao i stanja na svetskim berzama.*

**Ključne reči:** bakar, zlato, cena, analiza, tržište, berza, Svetska ekonomska kriza

**Abstract**

*The prices of copper and gold in the time period of five years (from 2012 to 2017) were shown in this paper. The prices were also analyzed for a wider time period – from 2010 until 2018, due to comparing and finding certain rules of oscillations in the prices of certain metals on the world stock market. Firstly, the increase in prices was noticed, and after that further oscillations have been observed until 2018, which are probably all due to the World economic crisis, supply and demand on the market and also the state on the world markets.*

**Keywords:** copper, gold, analysis, market, stock market, World economic crisis

**UVOD**

**BAKAR**

Bakar [1] je izuzetno važan industrijski materijal čije se pozicioniranje na svetskoj berzi pomno prati. Veoma je značajna sirovina u svim velikim svetskim ekonomijama pa je praćenje kretanja njegove vrednosti kroz berzanski sistem od velike važnosti za investitore.

Hemijska oznaka bakra je Cu. Poznat je čovečanstvu još od davnih vremena. Najpre se koristio za izradu oruđa, skulptura i dekoracija, koristili su ga drevni Sumeri, bio je naširoko upotrebljavan i u Starom Egiptu, a primenu nalazi sve do modernih vremena kada se eksploatiše kao važna sirovina za industriju.

Zemlje koje su u poslednje vreme zabeležile značajan privredni rast poput Kine, Rusije i Indije izražavaju povećanu potrebu za ovim metalom. Smanjeni resursi, a povećana potražnja doveli su do toga da se bakar uzdigne na svetskoj berzi. Bakar se u Srbiji kopa i prerađuje u ležištima rude Bor, Majdanpek, Krivelj i Cerovo, a eksploatiše se još od praistorijskog doba. Procenjuje se da Srbija raspolaže sa oko dva procenta ukupnih svetskih zaliha bakra. Kretanje cena aktuelnog metala od 2010. pa sve do početka 2018. godine može se videti na slici 1.



Sl. 1. Dijagram cene bakra od 2010. do početka 2018. godine [2]

Aktuelna cena [2] na dan 16. februar 2018. Godine bila je skoro 7.200 dolara po toni crvenog metala. Prateći na dijagramu konkretan slučaj naveden u naučnom radu, tačnije period od pet godina – od 2012. do 2017. godine vidi se da je u prvoj polovini 2012. godine bakar dostigao vrednost od oko 8.250 dolara, a već krajem 2016. odnosno početkom 2017. godine beleži pad na oko 5.500 dolara po toni, što je pad za oko 33% u aktuelnom rasponu godina.

U čistoj formi [3], bakar se najčešće upotrebljava u svrhu izrade žica, kablova i cevi, kao i u svrhu proizvodnje delova i komponenti koje su uključene u sastav električnih uređaja. Kada se bakar [3] upotrebljava u neke druge svrhe, na primer za proizvodnju nakita ili različitih dekorativnih predmeta, tada se u okviru procesa proizvodnje bakar legira, odnosno meša i sjedinjava sa drugim vrstama metala, uglavnom sa srebrom ili zlatom, a razmera u kojoj se bakar u

tom slučaju meša sa zavisi od sastava nakita i kakav kvalitet nakita proizvođač želi da dobije.

S obzirom na činjenicu da je cena bakra na berzi niža od cene zlata, kao i od cene srebra, komadi nakita koji u sebi sadrže visoku koncentraciju bakra, smatraju se manje kvalitetnim i samim tim postižu nižu cenu na tržištu u odnosu na komade nakita koji u svom sastavu sadrže manju koncentraciju bakra [3].

## ZLATO

Kada je o zlatu reč [4], to je “prelazni element” hemijske oznake Au, veoma mekan i lak za kovanje. Zajedno sa srebrom naziva se još i “plemeniti metal”. Najpre je korišćen u izradi nakita, ali u ranije doba, nije mogao biti korišćen za izradu predmeta praktične upotrebe već samo za dekoraciju.

Najvažnija industrijska upotreba zlata je u izradi elektronike. Komponente u elektronici napravljene od zlata su visoko pouzdane, a najveća je upotreba u izradi konektora, prekidača, releja, zalemljenih spojeva, konektorskih žica i traka.

Zlato se koristi na mnogim mestima u standardnim računarima ili laptopima. Brz i tačan transfer informacija kroz kompjuter i od jedne komponente do druge zahteva efikasan i pouzdan provodnik. Od svih metala za ovu svrhu najbolji je zlato. Cena zlata je opravdana zbog njegovog visokog kvaliteta i odličnih performansi. Cena zlata za period od 20 godina, od sredine jula 1998. do početka 2018. godine izražena u američkim dolarima po kilogramu data je na slici broj 2 [5].



SI. 2. Cena zlata po kilogramu [5]

---

Sa grafikona se za aktuelni dvadesetogodišnji period jasno može videti postepeni rast cene zlata, da bi najveći pik dostigao oko 2011. godine, a potom i variranje u ceni sve do početka aktuelne 2018. Uzimajući konkretnu tematiku ovog naučnog rada, posmatramo period od 2012. do 2017. godine. Imajući u vidu da je najveći pik rasta primećen sredinom 2011. godine, jasno se nakon samo šest meseci od datog slučaja jasno mogu videti oscilacije sve do aktuelnog perioda.

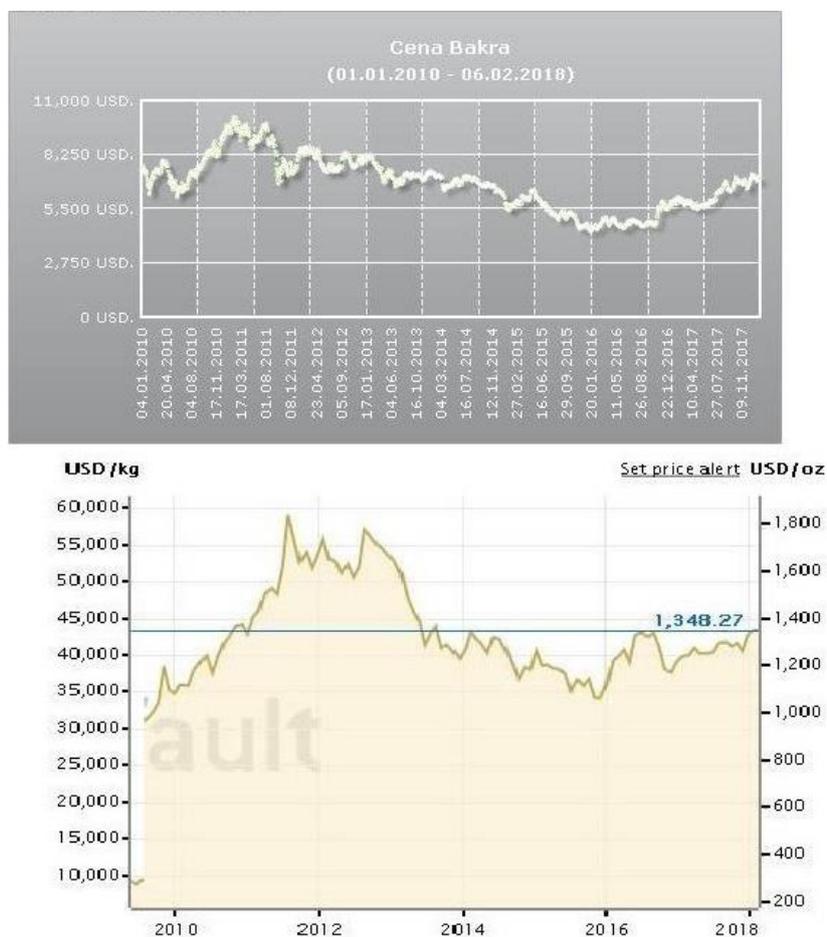
Trenutna cena zlata je oko 43.300 dolara po kilogramu. Treba spomenuti da je za formiranje cene ovog plemenitog metala najordgovornija Londonska berza – LBMA. Tu se cena formira dva puta na dnevnom nivou, u 10 sati i 30 minuta i 15 sati po lokalnom vremenu u Londonu, a izražava se u dolarima, evrima i funtama. Osim ove, poznate su i veoma bitne i Sidnejska berza, ona u Hong Kongu i dve Njujorške berze – GLOBEX i SIMEX.

Zlato svakako predstavlja najpogodniji i najpopularniji plemeniti metal za investiranje. Sa nekih najnovijih lista, zemlje sa najvećim rezervama zlata na Svetu su Sjedinjene Američke Države sa oko 8.150 tona, Nemačka sa oko 3.400 tona, Italija i Francuska sa oko 2.500 tona, kao i Kina, koja poseduje oko 1.800 tona ovog plemenitog metala [6].

## **ANALIZA REZULTATA**

Posmatrajmo sada grafikone date na slici 3 tako se najbolje može uvideti uporedna analiza cena bakra i zlata za određeni vremenski period.

Prateći sekvencu od 2010. pa do početka aktuelne godine, ne može a da se ne primeti izvesna zakonitost u cenama ova dva metala. Najpre dolazi do određenog rasta cena negde do 2012. godine, da bi potom došlo do variranja u cenama, bakra od oko 10.000 dolara početkom 2011. pa sve do nekih 5.000 po toni početkom 2016., što predstavlja pad od oko 50 procenata, a u slučaju zlata, od skoro 60.000 dolara sredinom 2011. pa sve do negde ispod 35.000 dolara po kilogramu početkom 2016., što je pad od nešto preko 40 procenata. [2,5].



Sl. 3. Dijagram cene bakra i zlata od 2010. do početka 2018. godine [2,5]

Uzima se konkretan vremenski period koji zahteva ovaj naučni rad. Primetno je da je cena bakra u prvoj polovini 2012. godine bila oko 8.250 dolara po toni, a da je cena zlata početkom iste te godine bila nešto preko 55.000 dolara po kilogramu. Na kraju 2016. i početkom 2017. godine cena bakra pada na oko 5.500 dolara po toni, a cena zlata na oko 40.000 dolara po kilogramu. U procentima to iznosi oko 33 i oko 27, respektivno. Sa grafikona se jasno vidi da, uslovno rečeno, tendencija pada cene bakra prati i pad cene zlata i obratno, što je verovatno direktna posledica Svetske ekonomske krize, tržišne ponude i potražnje, kao i stanja na svetskim berzama [2,5].

Na osnovu date analize može se zaključiti da postoji veoma jaka korelacija između kretanja cena bakra i zlata u analiziranom vremenskom periodu. To može značajno da pomogne menadžerima prilikom upravljanja i poslovanja preduzećima koja se bave ovom vrstom posla.

### **ZAKLJUČAK**

Analizirana je cena bakra i zlata za period od pet godina – od 2012. do 2017. godine. Takođe, posmatran je i period od 2010. pa sve do početka 2018. Primetna je zakonitost u cenama ova dva metala, tačnije, najpre dolazi do porasta cene, a potom i do variranja u istoj. Mogao bi se, uslovno rečeno, doneti zaključak da se sve to verovatno dešava zbog direktne posledice Svetske ekonomske krize, tržišne ponude i potražnje, kao i stanja na svetskim berzama. Potrebna su i dalja istraživanja kako bi se podrobnije došlo do jasnijih rezultata u budućnosti.

### **LITERATURA**

- [1] <https://cenazlata.org/cena-bakra-po-gramu-na-berzi-i-u-srbiji/>
- [2] <http://www.servisinfo.com/biz/cena-bakra>
- [3] <https://cenazlatasrebra.com/cena-bakra-po-gramu-na-berzi-i-u-srbiji/>
- [4] <http://zlato-otpad.com/2013/12/zlato.html>
- [5] <https://www.bullionvault.com/gold-price-chart.do>
- [6] <https://cenazlata.org/>

## UPUTSTVO AUTORIMA

**Časopis BAKAR** izlazi dva puta godišnje i objavljuje naučne, stručne i pregledne radove. Za objavljivanje u časopisu prihvataju se isključivo originalni radovi koji nisu prethodno objavljivani i nisu istovremeno podneti za objavljivanje negde drugde. Radovi se anonimno recenziraju od strane recenzenta posle čega uredništvo donosi odluku o objavljivanju. Rad priložen za objavljivanje treba da bude pripremljen prema dole navedenom uputstvu da bi bio uključen u proceduru recenziranja. Neodgovarajuće pripremljeni rukopisi biće vraćeni autoru na doradu.

**Obim i font.** Rad treba da je napisan na papiru A4 formata (210x297 mm), margine (leva, desna, gornja i donja) sa po 25 mm, u Microsoft Wordu novije verzije, fontom Times New Roman, veličine 12, sa razmakom 1,5 reda, obostrano poravnat prema levoj i desnoj margini. Preporučuje se da celokupni rukopis ne bude manji od 5 strana i ne veći od 10 strana.

**Naslov rada** treba da je ispisan velikim slovima, bold, na srpskom i na engleskom jeziku. Ispod naslova rada pišu se imena autora i institucija u kojoj rade. Autor rada zadužen za korespondenciju sa uredništvom mora da navede svoju e-mail adresu za kontakt u fusnoti.

**Izvod** se nalazi na početku rada i treba biti dužine do 200 reči, da sadrži cilj rada, primenjene metode, glavne rezultate i zaključke. Veličina fonta je 10, italic.

**Ključne reči** se navode ispod izvoda. Treba da ih bude minimalno 3, a maksimalno 6. Veličina fonta je 10, italic.

**Izvod i ključne reči** treba da budu date i na engleski jezik.

**Osnovni tekst.** Radove treba pisati jezgrovito, razumljivim stilom i logičkim redom koji, po pravilu, uključuje uvodni deo s određenjem cilja ili problema rada, opis metodologije, prikaz dobijenih rezultata, kao i diskusiju rezultata sa zaključcima i implikacijama.

**Glavni naslovi** trebaju biti urađeni sa veličinom fonta 12, bold, sve velika slova i poravnati sa levom marginom.

**Podnaslovi** se pišu sa veličinom fonta 12, bold, poravnato prema levoj margini, velikim i malim slovima.

**Slike i tabele.** Svaka ilustracija i tabela moraju biti razumljive i bez čitanja teksta, odnosno, moraju imati redni broj, naslov i legendu (objašnjenje oznaka, šifara, skraćenica i sl.). Tekst se navodi ispod slike, a iznad tabele. Redni brojevi slika i tabela se daju arapskim brojevima.

**Reference u tekstu** se navode u ugličastim zagradama, na pr. [1,3]. Reference se prilažu na kraju rada na sledeći način:

[1] B.A. Willis, Mineral Processing Technology, Oxford, Pergamon Press, 1979, str. 35. (za poglavlje u knjizi)

[2] H. Ernst, *Research Policy*, 30 (2001) 143–157. (za članak u časopisu)

[3] www: <http://www.vanguard.edu/psychology/apa.pdf> (za web dokument)

Navođenje neobjavljenih radova nije poželjno, a ukoliko je neophodno treba navesti što potpunije podatke o izvoru.

**Zahvalnost** se daje po potrebi, na kraju rada, a treba da sadrži ime institucije koja je finansirala rezultate koji se daju u radu, sa nazivom i brojem projekta; ili ukoliko rad potiče iz magistarske teze ili doktorske disertacije, treba dati naziv teze/disertacije, mesto, godinu i fakultet na kojem je odbranjena. Veličina fonta 10, italic.

Radovi se šalju prevashodno elektronskom poštom ili u drugom elektronskom obliku.

Adresa uredništva je:

Časopis BAKAR

Institut za rudarstvo i metalurgiju

Zeleni bulevar 35, 19210 Bor

E-mail: [nti@irnbor.co.rs](mailto:nti@irnbor.co.rs) ; [biserka.trumic@irnbor.co.rs](mailto:biserka.trumic@irnbor.co.rs)

Telefon: 030/454-260; 030/454-272

*Svim autorima se zahvaljujemo na saradnji.*

## INSTRUCTIONS FOR THE AUTHORS

**COPPER Journal** is published twice a year and publishes the scientific, technical and review paper works. Only original works, not previously published and not simultaneously submitted for publications elsewhere, are accepted for publication in the journal. The papers are anonymously reviewed by the reviewers after that the Editorial decided to publish. The submitted work for publication should be prepared according to the instructions below as to be included in the procedure of reviewing. Inadequate prepared manuscripts will be returned to the author for finishing.

**Volume and Font Size.** The paper needs to be written on A4 paper (210x297 mm), margins (left, right, top and bottom) with each 25 mm, in the Microsoft Word later version, font Times New Roman, size 12, with 1.5 line spacing, justified to the left and right margins. It is recommended that the entire manuscript cannot be less than 5 pages and not exceed 10 pages.

**Title of Paper** should be written in capital letters, bold, in Serbian and English. Under the title, the names of authors and their affiliations should be written. Corresponding author must provide his/her e-mail address for contact in a footnote.

**Abstract** is at the beginning of the paper and should be up to 200 words include the aim of the work, the applied methods, the main results and conclusions. The font size is 10, italic.

**Keywords** are listed below the abstract. They should be minimum 3 and maximum of 6. The font size is 10, italic.

**Abstract and Keywords** should be also given in English language.

**Basic Text.** The papers should be written concisely, in understandable style and logical order that, as a rule, including the introduction part with a definition of the aim or problem of the work, a description of the methodology, presentation of the obtained results as well as a discussion of the results with conclusions and implications.

**Main Titles** should be done with the font size 12, all capital letters and aligned to the left margin.

**Subtitles** are written with the font size 12, bold, aligned to the left margin, large and small letters.

**Figures and Tables.** Each figure and table must be understandable without reading the text, i.e., must have a serial number, title and legend (explanation of marks, codes, abbreviations, etc.). The text is stated below the figure and above the table. Serial numbers of figures and tables are given in Arabic numbers.

**References in the text** are cited in square brackets, e.g. [1,3]. References are enclosed at the end of the paper as follows:

[1] B.A. Willis, *Mineral Processing Technology*, Oxford, Pergamon Press, 1979, p. 35. (*for the chapter in a book*)

[2] H. Ernst, *Research Policy*, 30 (2001) 143–157. (*for the article in a journal*)

[3] <http://www.vanguard.edu/psychology/apa.pdf> (*for web document*)

Citation of the unpublished works is not preferable and, if it is necessary, as much as possible completed data source should be listed.

**Acknowledgement** is given, as needed, at the end of the paper and should include the name of institution that funded the given results in the paper, with the project title and number; or if the work is resulted from the master thesis or doctoral dissertation, it should give the title of thesis/dissertation, place, year and faculty/university where it was defended. Font size is 10, italic.

The manuscripts are primarily sent by e-mail or in other electronic form.

Editorial Address: Journal COPPER  
Mining and Metallurgy Institute Bor  
35 Zeleni bulevar, 19210 Bor  
E-mail: nti@irmbor.co.rs; biserka.trumic@irmbor.co.rs  
Telephone: +381 30/454-260; +381 30/454-272

We are thankful for all authors on cooperation.

**SADRŽAJ**  
**CONTENS**

---

Marjan Gorišek, Vesna Krstić, Lidija Gomidželović <b>ISPITIVANJE PROMENE TVRDOĆE TROJNE LEGURE Au-Ag-Cu SA TEMPERATUROM I VREMENOM</b> TESTING THE HARDNESS CHANGE OF THE Au-Ag-Cu ALLOY WITH TEMPERATURE AND TIME .....	1
Gordana Petrović, Darjan Karabašević, Mladen Maksimović <b>UTICAJ ENERGENATA NA EMISIJU UGLJEN-DIOKSIDA I KLIMATSKE PROMENE</b> THE IMPACT OF ENERGY PRODUCTS ON EMISSION OF CARBON DIOXIDE AND CLIMATE CHANGE .....	17
Stanko Stankov <b>JEDAN NAČIN MERENJA PROCESNIH VELIČINA</b> ONE METHOD FOR MEASURING OF PROCESS VARIABLES .....	31
Slavica Miletić, Dejan Bogdanović, Dragan Mihajlović, Vesna Krstić <b>ANALIZA POSLOVNIH RIZIKA U RUDARSKIM KOMPAIJAMA</b> ANALYSIS OF BUSINESS RISKS IN MINING COMPANIES .....	41
Aleksander Ilić, Dejan Bogdanović, Nenad Milijić <b>UPOREDNA ANALIZA CENA BAKRA I ZLATA U PERIODU OD 2012. DO 2017. GODINE</b> COMPARATIVE ANALYSIS OF THE PRICES OF COPPER AND GOLD IN THE TIME PERIOD FROM YEAR 2012. TO 2017. ....	53

---