

INSTITUT ZA RUDARSTVO I METALURGIJU BOR



Cu

UDC 669.3
ISSN 0351-0212

Broj 1 Volumen 38 2013

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 meta-lurgije, 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@irnbor.co.rs
Tel. 030/454-110

Zamenik glavnog i odgovornog urednika

Dr Ana Kostov, *naučni savetnik,*
dopisni član IAS

Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor
E-mail: ana.kostov@irnbor.co.rs
Tel. 030/454-108

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: 100 primeraka

Internet adresa

www.irnbor.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@irnbor.co.rs
Tel. 030/436-826

Sva prava zadržana.

Uredivački odbor

Dr Vlastimir Trujić, *naučni savetnik*

Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor

Prof. dr Milan Antonijević, *red. prof.*

Tehnički fakultet Bor

Dr Mile Bugarin, *viši naučni saradnik*

Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor

Prof. dr Tatjana Volkov Husović, *vanr. prof.*

Tehnološko-metalurški fakultet Beograd

Doc. dr Milica Gvozdenović, *docent*

Tehnološko-metalurški fakultet Beograd

Doc. dr Mile Dimitrijević, *docent*

Tehnički fakultet Bor

Prof. dr Dragana Živković, *red. prof.*

Tehnički fakultet Bor

Prof. dr Nedeljko Magdalinović, *red. prof.*

Fakultet za menadžment Zaječar

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, *vanr. prof.*

Fakultet tehničkih nauka Kosovska Mitrovica

Dr Milanče Mitovski

RTB - Bor Grupa

Dr Miroslav Sokić, *naučni saradnik*

Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih

mineralnih sirovina Beograd

Prof. dr Jasmina Stevanović, *vanr. prof.*

IHTM-Centar za elektrohemiju Beograd

Dr Srećko Stopić

RWTH Aachen, IME Aachen, Nemačka

Dr Nadežda Talijan, *naučni savetnik*

Institut za hemiju, tehnologiju i

metalurgiju Beograd

Dr Viša Tasić, *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
Phone: +38130/454-110

Co-Editor

Ph.D. Ana Kostov, *Principal Research Fellow,*
corresponding member of ECS
Mining and Metallurgy Institute Bor
E-mail: ana.kostov@irmbor.co.rs
Phone: +38130/454-108

Editor

Vesna Marjanović, *B.Eng.*

English Translation

Nevenka Vukašinović

Technical Editor

Suzana Cvetković

Preprinting

Vesna Simić

Printed in

Mining and Metallurgy Institute Bor

Circulation: 100 copies

Web site

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
Phone: +38130/436-826

All rights reserved.

Editorial Board

Ph.D. Vlastimir Trujić, *Principal Research Fellow*
Mining and Metallurgy Institute Bor
Prof.Ph.D. Milan Antonijević
Technical Faculty Bor
Ph.D. Mile Bugarin, *Senior Research Associate*
Mining and Metallurgy Institute Bor
Prof.Ph.D. Tatjana Volkov Husović
Faculty of Technology and Metallurgy Belgrade
Ph.D. Milica Gvozdenović
Faculty of Technology and Metallurgy Belgrade
Ph.D. Mile Dimitrijević
Technical Faculty Bor
Prof.Ph.D. Dragana Živković
Technical Faculty Bor
Prof.Ph.D. Nedeljko Magdalinović
Faculty of Management Zaječar
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, *Research Associate*
Institute for Technology of Nuclear and Other
Raw Materials Beograd
Prof.Ph.D. Jasmína Stevanović
IHTM-Department of Electrochemistry 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, *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: 536.7:669.35.5.71(045)=861

ORIGINALNI NAUČNI RAD

Oblast: Materijali

**Cu-Al-Zn SISTEM: TERMODINAMIČKA ANALIZA
PRIMENOM RKM MODELA**

**Cu-Al-Zn SYSTEM: THERMODYNAMIC ANALYSIS BY
RKM MODEL**

Lidija Gomidželović¹, Ana Kostov¹, Dragana Živković²,
Emina Požega¹, Vesna Krstić¹

¹Institut za rudarstvo i metalurgiju, Zeleni bulevar 35, 19210 Bor

²Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet, VJ 12, 12910 Bor

Izvod

U radu su predstavljeni rezultati termodinamičke analize legura u sistemu Cu-Al-Zn. U okviru termodinamičke analize, primenjena je RKM metode predviđanja, i to u preseccima iz ugla aluminijuma, bakra i cinka sa molskim odnosom druge dve komponente jednakim 1:3, 1:1 i 3:1, na osnovu čega su određene vrednosti integralne molarne ekscerne Gibbsove energije i aktivnosti svih prisutnih komponenti u temperaturnom intervalu od 873 do 1673K.

Ključne reči: termodinamika, RKM model, Cu-Al-Zn sistem

Abstract

The results of thermodynamic analysis of alloys in ternary system Cu-Al-Zn are been presented in these work. Thermodynamic analysis was carried out by applying RKM method in sections from Al, Cu and Zn corner, respectively, with following ratios 1:3, 1:1, 3:1. in the temperature interval from 873K to 1673K.

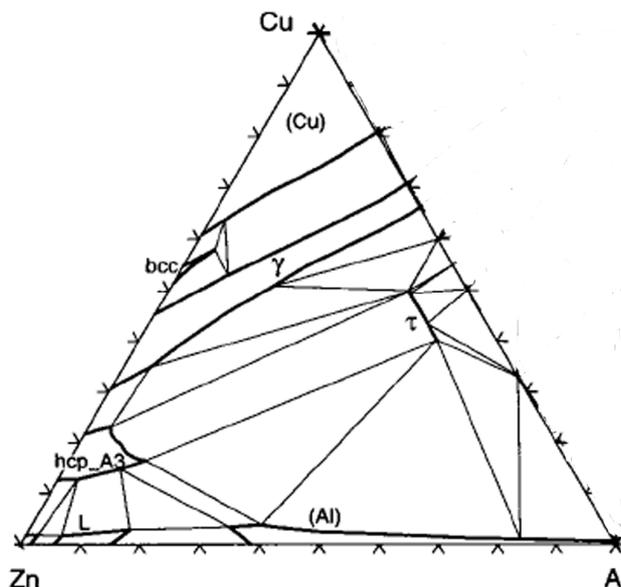
Keywords: thermodynamics, RKM model, Cu-Al-Zn system

UVOD

Polje aplikacije legura na bazi trojnog sistema Cu-Al-Zn neprestano se širi, što ih čini veoma atraktivnim za istraživače. Ovi materijali, većinom korišćeni

¹ E-mail: lgomidzelovic@yahoo.com

kao SMA (engl. Shape memory alloys) materijali na bazi bakra, tj. materijali koji pamte oblik [1-5], takođe su našli primenu u katalizi [6-8] i elektronici [9]. Istraživanja su većinom bila fokusirana na martenzitnu transformaciju [10-16] i efekat pamćenja oblika [17-20]. Takođe je istraživana otpornost na koroziju [21], mikrostruktura i mehaničke osobine [22-25]. Fazni dijagram Cu-Al-Zn sistema, zbog svog tehničkog značaja je istraživan od strane velikog broja istraživača, a detaljni pregled tih podataka dali su Liang and Chang [26]. Nasuprot tome, u literaturi se može zapaziti ozbiljan nedostatak termodinamičkih podataka vezanih za ovaj trojni sistem, a dostupni podaci su većinom ograničeni na užu raspon koncentracija [27-30]. U okviru studije četvorkomponentnog Al-Cu-Mg-Zn sistema Seifert et al. [31] su proračunali isotermalnu sekciju Cu-Al-Zn sistema na 673 K (Slika 1). Prošle godine, upotrebom opšteg modela rastvora, izvršena je termodinamička analiza Cu-Al-Zn sistema u temperaturnom rasponu 1373-2173K [32]. Cilj ovog rada je da se dopune postojeći termodinamički podaci vezani za ispitivani sistem.



Sl. 1. Izotermalna sekcija na 673 K [31]

TEORIJSKE OSNOVE

Postoji mnogo metoda za predviđanje termodinamičkih osobina ternarnih sistema baziranih na informacijama o binarnim sistemima koji ulaze u njihov

sastav. Jedan od tih modela je i Redlich-Kister-Muggianu model [33] koji je u ovom radu iskorišćen za predviđanje termodinamičkih osobina ispitivanih trojnih sistema.

Osnovna jednačina Redlich-Kister-Muggianu modela [33] za trojni sistem glasi:

$$\begin{aligned} \Delta G^E = & x_1 \cdot x_2 [L_{12}^0 + (x_1 - x_2) \cdot L_{12}^1 + (x_1 - x_2)^2 \cdot L_{12}^2 + \dots] + \\ & + x_2 \cdot x_3 [L_{23}^0 + (x_2 - x_3) \cdot L_{23}^1 + (x_2 - x_3)^2 \cdot L_{23}^2 + \dots] + \\ & + x_1 \cdot x_3 [L_{13}^0 + (x_1 - x_3) \cdot L_{13}^1 + (x_1 - x_3)^2 \cdot L_{13}^2 + \dots] + L_{123} \cdot x_1 x_2 x_3 \end{aligned} \quad (1)$$

Prilikom proračuna je usvojeno da je vrednost ternarnog interakcionog parametra L_{123} jednaka nuli, odnosno zanemarene su sve ternarne međuatomske reakcije zbog nedostatka odgovarajućih eksperimentalnih podataka za ispitivane trojne sisteme.

U prethodno navedenoj jednačini, ΔG^E i ΔG_{ij}^E odgovaraju integralnim molarnim eksces Gibbsovih energijama za ternarni i binarne sisteme, respektivno, dok x_1 , x_2 , x_3 odgovaraju molarnim udelima komponenti ispitivanog ternarnog sistema.

Parcijalne termodinamičke veličine za aluminijum, bakar i cink su proračunate prema jednačinama:

$$G_i^E = G^E + (1 - x_i) \left(\frac{\partial G^E}{\partial x_i} \right) = RT \ln \gamma_i \quad (2)$$

i

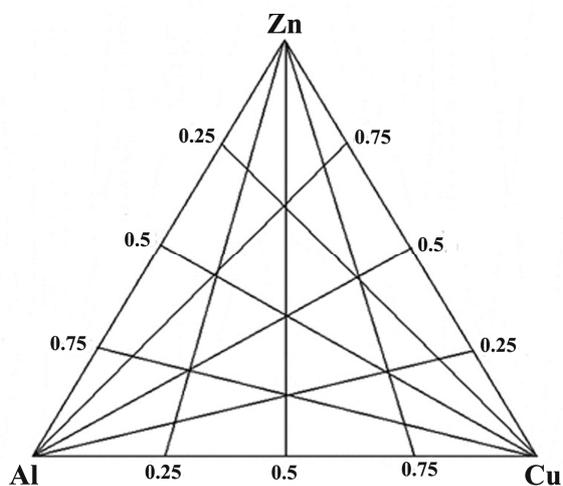
$$a_i = x_i \gamma_i \quad (3).$$

REZULTATI I DISKUSIJA

Iz koncentracionog područja ternarnog sistema Al-Cu-Zn izabrani su preseki prikazani na slici 2. i izvršeno je termodinamičko predviđanje korišćenjem RKM metode pri sadržaju treće komponente $x_i = 0, 0.1 - 0.9, 1$ u temperaturnom intervalu 873 - 1673 K. Kao polazni podaci za proračun poslužili su Redlich-Kister parametri dati u tabeli 1. Vrednosti integralne ekscesne Gibbsove energije i aktivnosti, dobijene na ovaj način, prezentovane su u tabeli 2 i na slici 3.

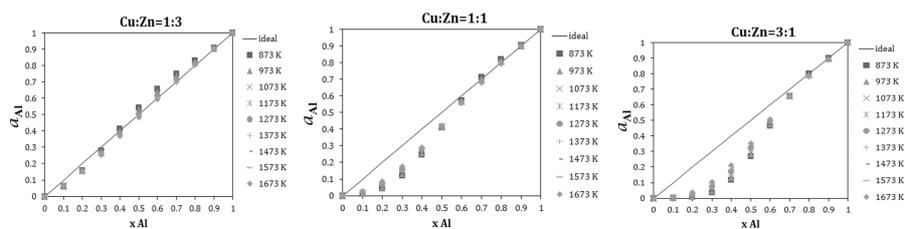
Tabela 1. Redlich-Kister parametri za konstitutivne binarne sisteme

System ij	$L^0_{ij}(T)$	$L^1_{ij}(T)$	$L^2_{ij}(T)$	$L^3_{ij}(T)$
Al-Cu [34]	$-67094 + 8.555T$	$32148 - 7.118T$	$5915 - 5.889T$	$-8175 + 6.049T$
Cu-Zn [35]	$-40695.54 + 12.65269T$	$4402.72 - 6.55425T$	$7818.1 - 3.25416T$	0
Al-Zn [36]	$10465.55 - 3.39259T$	0	0	0

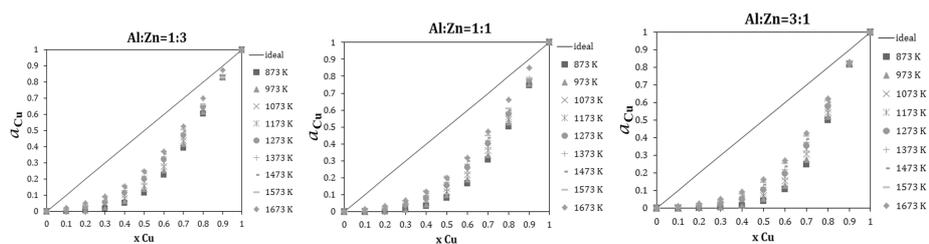
**Sl. 2.** Šematski prikaz ispitivanih koncentracionih područja ternarnog sistema Al-Cu-Zn**Tabela 2.** Integralna ekscesna Gibbsova energija za preseke iz ugla bakra za ternarni sistem Al-Cu-Zn na temperaturama 873-1673 K prema metodi RKM-a

Al:Zn=1:3									
	ΔG^E (J/mol)								
x Cu	873 K	973 K	1073 K	1173 K	1273 K	1373 K	1473 K	1573 K	1673 K
0	1407	1343	1280	1216	1153	1089	1025	962	898
0.1	-1968	-1899	-1830	-1761	-1691	-1622	-1553	-1484	-1415
0.2	-4884	-4713	-4543	-4372	-4201	-4031	-3860	-3690	-3519
0.3	-7194	-6956	-6718	-6480	-6242	-6005	-5767	-5529	-5291

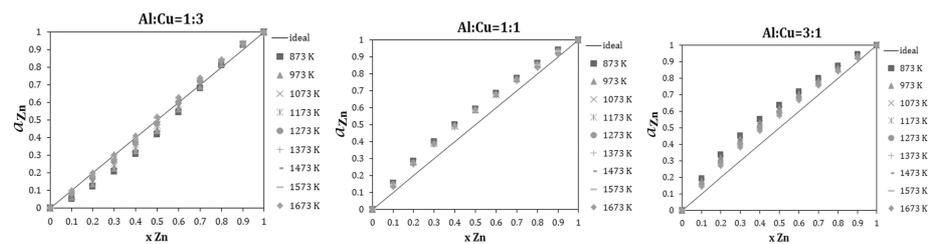
a) preseći iz ugla aluminijuma



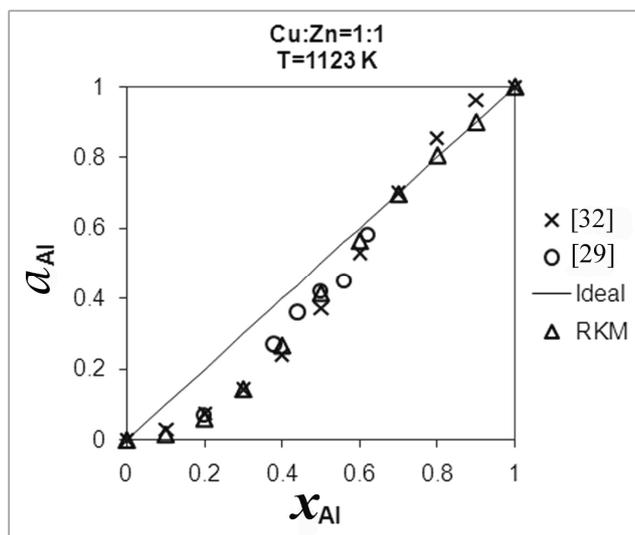
b) preseći iz ugla bakra



c) preseći iz ugla cinka



Sl. 3. Aktivnost za ternarni sistem Cu-Al-Zn na temperaturama 873-1673 K prema metodi RKM-a



Sl. 4. Zavisnost aktivnosti aluminijuma od sastava na 1123 K, prema metodi RKM-a, upoređeno sa dostupnim literaturnim podacima [29, 32]

Zbog obimnosti proračunatih podataka u tabeli 2 su date vrednosti samo za preseke iz ugla bakra u temperaturnom interavlu 873-1673 K.

Dodatno su proračunate aktivnosti aluminijuma na 1123 K i upoređene sa dostupnim literaturnim podacima [29, 32] (slika 4). Moguće je zaključiti da postoji dobro slaganje između podataka dobijenih RKM metodom sa podacima dobijenim eksperimentalnim putem [29] i primenom opšteg modela rastvora [32], naročiti pri nižem sadržaju aluminijuma u leguri.

ZAKLJUČAK

Termodinamička analiza ternarnog sistema Al-Cu-Zn izvršena je korišćenjem RKM metoda. Vrednosti integralne ekscerne Gibbsove energije dobijene RKM modelom za sve preseke, za raspon temperatura od 873 – 1673 K, su izrazito negativne, sa minimalnim vrednostima u opsegu do -14 kJ/mol, ne pokazujući značajne međusobne razlike.

Proračunate vrednosti za aktivnost bakra u svim ispitivanim presecima pokazuju izrazito negativno odstupanje od Raoult-ovog zakona.

Aktivnost aluminijuma pokazuje promenljiv karakter odstupanja od Raoult-ovog zakona, pri čemu je prisutno negativno odstupanje pri nižim sadržajima

aluminijuma koje prelazi u pozitivno odstupanje sa povećanjem sadržaja aluminijuma. Karakteristično je da se granica prelaska iz negativnog u pozitivno odstupanje od idealnog stanja pomera ka višim vrednostima sadržaja aluminijuma u presecima sa većim sadržajem bakra.

Vrednosti aktivnosti cinka pokazuju pozitivno odstupanje od Raoult-ovog zakona u celom području koncentracija, osim za vrednosti aktivnosti u preseku Al:Cu=1:3, gde se pri sastavu legura sa $x_{Zn} < 0.7$ uočava negativno odstupanje.

Rezultati prezentovani u ovom radu upotpunjavaju poznavanje termodinamičkih osobina legura Au-In-Sb ternarnog sistema.

ZAHVALNOST

Autori su zahvalni Ministarstvu prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (projekti 34005: „Razvoj naprednih materijala i tehnologija za multifunkcionalnu primenu zasnovanih na ekološkom znanju“ i 172037: „Savremeni višekomponentni metalni sistemi i nanostrukturni materijali sa različitim funkcionalnim svojstvima“) za finansijsku podršku.

LITERATURA

- [1] A. Milosavljević, A. Kostov, R. Todorović, Smart Bakar, 36(1) (2011), 39-44. (in Serbian)
- [2] L. Janke, C. Czaderski, M. Motavalli, J. Ruth, Materials and Structures, 38 (2005), 578-592.
- [3] Z. G. Wei, R. Sandström, S. Miyazaki, Journal of Materials Science, 33 (1998), 3743 -3762.
- [4] W. M. Huang, Z. Ding, C. C. Wang, J. Wei, Y. Zhao, H. Purnawali, Materials Today, 13 (7-8) (2010), 54-61.
- [5] A. Milosavljević, A. Kostov, R. Todorović, Bakar, Vol. 36, 1 (2011), 39-44.
- [6] J. Li, W. Zhang, L. Gao, P. Gu, K. Sha, H. Wan, Applied Catalysis A: General, 165 (1-2) (1997), 411-417.
- [7] F. Huber, H. Meland, M. Ronning, H. Venvik, A. Holmen, Topics in Catalysis, 45 (1-4) (2007), 101-104.
- [8] J. P. Breen, J. R.H. Ross, Catalysis Today, 51 (1999) 521-533.
- [9] N. Kang, H. S. Na, S. J. Kim, C. Y. Kang, Journal of Alloys and Compounds, 467 (2009), 246-250.
- [10] A. Tolley, A. Condo, Materials Science and Engineering A, 273-275 (1999), 347-351.

- [11] M. Stipcich, R. Romero, *Materials Science and Engineering A*, 273–275 (1999), 581–585.
- [12] X. M. Zhang, U. M. Liu, J. Fernandez, J. M. Guilemany, *Materials and Design*, 21 (2000), 557-559.
- [13] J. X. Zhang, Y. F. Zheng, Y. C. Luo, L. C. Zhao, *Acta Materialia* 47 (12) (1999), 3497-3506.
- [14] H. Xu, S. Tan, *Scripta Metallurgica et Materialia*, 33 (5) (1995), 749-754.
- [15] J. L. Pelegrina, R. Romero, *Materials Science and Engineering A*, 282 (2000), 16–22.
- [16] A. Cuniberti, R. Romero, *Scripta Materialia* 51 (2004), 315–320.
- [17] S. Longauer, P. Makroczy, G. Janak, M. Longauerova, *Materials Science and Engineering A*, 273–275 (1999), 415–419.
- [18] J. Cederstrom, V. Kolomytsev, A. Kozlov, P. I Titov, G. Zatulskii, S. Kondratjuk, *Materials Science and Engineering A*, 273–275 (1999), 804–808.
- [19] J. Pons, M. Masse, R. Portier, *Materials Science and Engineering A*, 273–275 (1999), 610–615.
- [20] E. Cingolani, M. Ahlers, *Materials Science and Engineering A*, 273–275 (1999), 595–599.
- [21] M. M. Ahmed, *Portugaliae Electrochimica Acta*, 24 (2006), 1-22.
- [22] G. Lojena, I. Anžel, A.C. Kneissl, A. Križman, E. Unterweger, B. Kosec, M. Bizjak, 13th International Scientific Conference on achievements in mechanical and materials engineering, May 2005, Gliwice-Wisla, Poland, 399-402.
- [23] T. Savaskan, M.S. Turhal, *Materials Characterization*, 51 (2003), 259– 270.
- [24] S.R. Casolco, G. Dominguez, D. Sandoval, J.E. Garay, *Materials Science and Engineering A*, 471 (2007), 28–33.
- [25] H. Pal, S. K. Pradhan, M. De, *Materials Transactions, JIM*, 36(4) (1995), 490-495.
- [26] H. Liang, Y.A. Chang, *Journal of Phase Equilibria*, 19 (1) (1998), 25-37.
- [27] J. Sebkova, L. Kubicek, *Kovove Materialy Metallic Materials* 23(1) (1985), 3-7.
- [28] S. Sugino, H. Hagiwara, *Jpn. Inst. Metals*, 50, 1068-1074 (1986).

-
- [29] Tan Dang Van, Luc Segers, and René Winand, *Journal of the Electrochemical Society* 14(4) (1994), 927-933.
- [30] J. Miettinen, *Calphad*, 26(1) (2002), 119-139.
- [31] H. J. Seifert, P. Liang, H. L. Lukas, F. Aldinger, S. G. Fries, M., G. Hamerlin, F. Faudot, T. Jantzen, *Material Science and Technology*, 16 (2000), 1429-1433.
- [32] L. Gomidželović, I. Mihajlović, A. Kostov, D. Živković, *Hemijska industrija*, doi:10.2298/HEMIND120306041G
- [33] O. Redlich, A. T. Kister, *Ind. Eng. Chem.*, 24 (1948), 345 – 348.
- [34] V. T. Witusiewicz, U. Hecht, S. G. Fries, S. Rex, *Journal of Alloys and Compounds*. 385 (2004), 133-143.
- [35] A. T. Dinsdale, A. Kroupa, J. Vízdal, J. Vrestal, A. Watson, A. Zemanova, *COST531 - Thermodynamic Database for Lead-free Solders*, 3.1 ver., 2008.
- [36] San Mey, Re-evaluation of the Al-Zn system, *Z. Metallkde.* 84 (7) (1993), 451-455.

UDK: 66.061:579.6:661.85:662.343(045)=861

ORIGINALNI NAUČNI RAD

Oblast: Hidrometalurgija

**MOGUĆNOST PROIZVODNJE OLOVO (II) OKSIDA
ZA POTREBE KUPELACIJE IZ OLOVO – SULFATA
DOBIJENOG BIOLUŽENJEM POLIMETALIČNIH
SULFIDNIH KONCENTRATA**

**THE POSSIBILITY OF LEAD (II) OXIDE PRODUCTION
FOR CUPELLATION FROM LEAD – SULPHATE
OBTAINED THROUGH BIOLEACHING POLYMETALLIC
SULPHIDE CONCENTRATES**

Suzana Dragulović¹, Danijela Simonović¹, Brankica Anđelić¹,
Nevenka Petrović¹, Branka Pešovski¹, Vesna Conić¹

¹Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor

Izvod

U radu je prikazana mogućnost proizvodnje olovo (II) oksida iz olovo (II) sulfata koji se dobija bioluženjem polimetalčnih sulfidnih koncentrata.

Pri bioluženju polimetalčnih sulfidnih koncentrata koji sadrže Cu-Zn-Pb-Ag-Au u sumporno kiselom rastvoru, nastaju lako rastvorni sulfati bakra i cinka i nagradjuje se nerastvorni olovo-sulfat. Olovo-sulfat nije rastvoran u sumpornoj kiselini, već je ispitana njegova rastvorljivost u rastvoru natrijum-hlorida, pri određenim uslovima, pri čemu se dobija rastvorno jedinjenje Na₂PbCl₄.

Olovo iz rastvora Na₂PbCl₄ se taloži alkalijama (NaOH ili Na₂CO₃), pri čemu se dobija olovo-hidroksid, odnosno, olovo-karbonat, koji su pogodni za dalju preradu u komercijalni proizvod, olovo (II) oksid. Olovo (II) oksid dobijen na ovaj način može da se primeni za određivanje sadržaja plemenitih metala metodom kupelacije.

Ključne reči: bioluženje, polimetalčni sulfidni koncentrat, kupelacija, olovo(II)oksid

Abstract

In the paper is described the method of lead (II) oxide preparation from lead (II) sulphate obtained by bioleaching polymetallic sulphide concentrates.

¹ E-mail: danijelasena@gmail.com

In bioleaching polymetallic sulphide concentrates containing Cu-Zn-Pb-Ag-Au in the sulfur acid solution, easily soluble sulphates of copper and zinc and insoluble lead sulfate are obtained. Lead sulfate is not soluble in sulfuric acid, its solubility has been tested in sodium chloride, in certain conditions, resulting in water-soluble compound Na_2PbCl_4 .

Lead from the Na_2PbCl_4 solution precipitates using alkalies NaOH or Na_2CO_3 , the resulting lead hydroxide and lead carbonate, are suitable for further processing into commercial product, lead (II) oxide. Lead (II) oxide produced in this manner can be applied to determine the content of precious metal through cupellation method.

Keywords: *bioleaching, polymetallic sulphide concentrates, cupellation, lead (II) oxide*

UVOD

Bioluženjem polimetalčnih sulfidnih koncentrata [1], koji najčešće sadrže Cu-Zn-Pb-Ag-Au, u rastvoru sumporne kiseline, nastaju lako rastvorni sulfati bakra i cinka i ostaje, u sumpornoj kiselini nerastvorni talog, koji većim delom čini olovo-sulfat, srebro, zlato i druge primese.

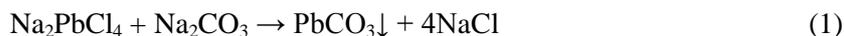
Eksperimentalna laboratorijska istraživanja postupaka bioluženja kompleksnih sulfidnih koncentrata vršena su na laboratorijskom postrojenju za bioluženje bakra i cinka, solventnu ekstrakciju bakra, reekstrakciju bakra i elektrolitičko izdvajanje bakra, pri čemu je dobijen katodni bakar komercijalnog kvaliteta.

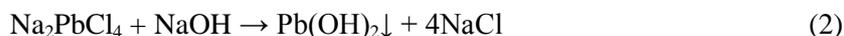
Nerastvorni deo koncentrata (koji je sadržao olovo-sulfat u najvećem procentu, zlato i srebro i druge primese koje nisu rastvorene prilikom bioluženja) tretiran je rastvorom natrijum – hlorida [2] sa ciljem da se olovo-sulfat prevede u rastvor [2, 3]. U radovima [2, 3] prikazani su rezultati eksperimentalnog rada i definisani su parametri procesa pri kojima je izluženje olova 100%:

- Koncentracija NaCl – 250 g/l
- Temperatura – 80°C
- Odnos Č:T – 1:20
- Vreme luženja – 20 minuta

S obzirom da polimetalčni sulfidni koncentrat sadrže 5-14% Pb, rastvor, koji je dobijen luženjem taloga zaostalog posle bioluženja istih u rastvoru natrijum – hlorida, korišćen je za eksperimentalna laboratorijska istraživanja proizvodnje olovo – oksida odgovarajućeg kvaliteta za potrebe kupelacije.

Naime, prilikom luženja nerastvornog taloga, koji zaostaje posle bio-luženja, u rastvoru natrijum – hlorida nastaje rastvorni olovo (II) hloridni kompleks – Na_2PbCl_4 . Dejstvom natrijum - karbonata ili natrijum – hidroksida na rastvor olovo (II) hloridnog kompleksa vrši se precipitacija olova u obliku olovo (II) karbonata ili olovo (II) hidroksida, prema sledećim reakcijama [4]:





Nagrađeni talozi olovo (II) karbonata i olovo (II) hidroksida se na povišenim temperaturama razgrađuju, pri čemu nastaje olovo (II) oksid [5], prema sledećim reakcijama:



Cilj rada je bio ispitivanje mogućnosti dobijanja olovo (II) oksida odgovarajućeg kvaliteta, iz polimetalčnih sulfidnih koncentrata, kombinacijom više faza:

1. Bioluženja.
2. Hidrometalurških procesa.
3. Procesa precipitacije olova u obliku PbCO_3 ili Pb(OH)_2 .
4. Procesa termičkog razlaganja PbCO_3 ili Pb(OH)_2 do PbO .

Prva i druga faza su detaljno ispitane i rezultati prikazani u više radova [2, 3], dok su u ovom radu prikazani rezultati ispitivanja treće i četvrte faze procesa dobijanja olovo (II) oksida.

EKSPERIMENTALNI DEO

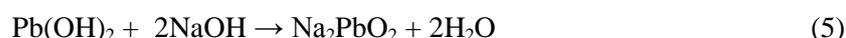
Eksperimentalna laboratorijska istraživanja su rađena sa uzorcima koji su dobijeni luženjem nerastvornog ostatka od bioluženja u rastvoru natrijum - hlorida. Luženje nerastvornog ostatka u rastvoru natrijum – hlorida je vršeno pri istim uslovima pri kojima je izluženje sintetički dobijenog olovo (II) sulfata bilo 100%, a to su:

- Koncentracija NaCl	250 g/l
- Temperatura	80°C
- Odnos Č:T	1:20
- Vreme trajanja luženja	20 minuta

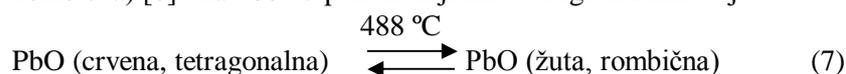
Za izvođenje eksperimenata korišćena je magnetna mešalica tipa Velp Scientifica, koja je služila i za zagrevanje i za mešanje reakcione smeše. Temperatura reakcione smeše je održavana na 80 ± 2 °C, što je proveravano pomoću živinog termometra.

Nakon završetka luženja, nerastvorni deo taloga je odvojen filtriranjem, a dobijeni rastvor Na_2PbCl_4 dalje tretiran u cilju dobijanja olovo (II) oksida. Treba napomenuti da je deo rastvora Na_2PbCl_4 dat na hemijsku analizu, kako bi se odredio sadržaj olova u njemu. Sadržaj olova u rastvoru je odredjen u hemijskoj laboratoriji na atomskom adsorpcionom spektrofotometru.

Na osnovu sadržaja olova u rastvoru Na_2PbCl_4 i količini istog, obračunata je potrebna količina natrijum – hidroksida (odnosno natrijum – karbonata) za taloženja olovo - hidroksida (odnosno olovo – karbonata). Taloženje olova iz rastvora natrijum – olovo – hlorida (Na_2PbCl_4) vršeno je zasićenim rastvorom natrijum hidroksida (natrijum karbonata) do pH 10-12, prema reakcijama (1) i (2). Treba napomenuti da se mora pratiti pH prilikom taloženja, jer u višku taložnog sredstva dolazi do rastvaranja taloga olovo (II) hidroksida, prema sledećoj reakciji:



Dobijeni talog olovo (II) hidroksida (odnosno olovo (II) karbonata) je osušen na 105 °C. Suvi talog je usitnjen, a zatim žaren na 650 °C, kako bi se dobio krajnji proizvod – olovo (II) oksid rombične strukture (žute boje). Treba napomenuti da postoje dve modifikacije olovo (II) oksida (crvena – tetragonalna i žuta – rombična) [6] i na 488 °C prelazi iz jedne u drugu modifikaciju:



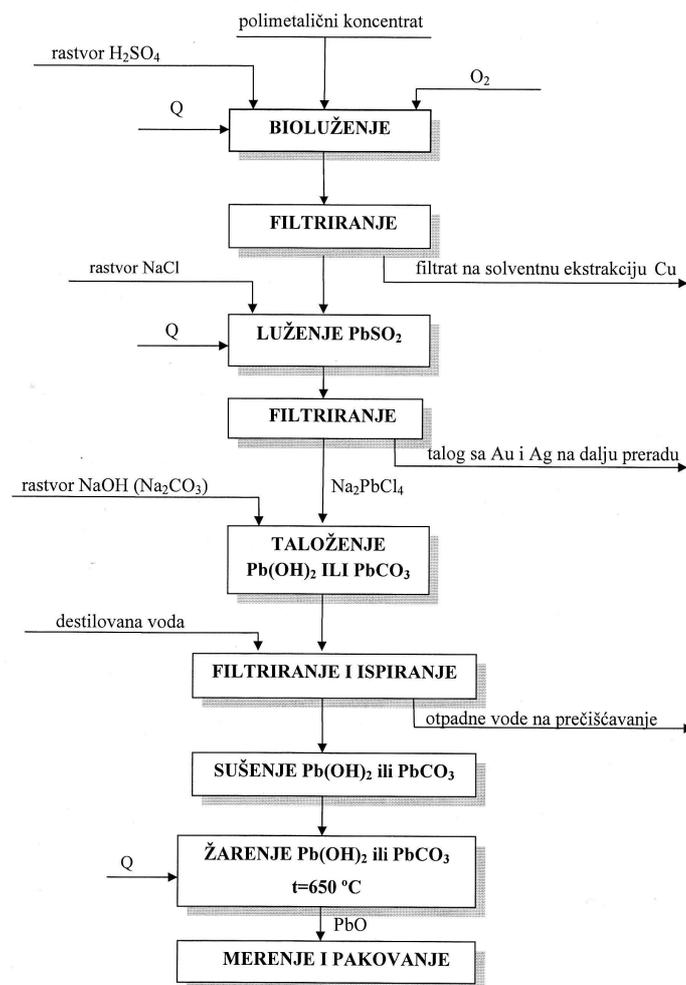
REZULTATI I DISKUSIJA

Na slici 1 dat je šematski prikaz redosleda tehnoloških operacija pri dobijanju olovo (II) oksida iz polimetalčnih sulfidnih koncentrata kombi-nacijom više postupaka prerade. Olovo (II) oksid proizveden iz polimetalčnih sulfidnih koncentrata prema opisanoj tehnologiji, primenjen je pri određivanju plemenitih metala metodom kupelacije. Rezultati hemijske analize metodom kupelacije sa proizvedenim olovo (II) oksidom u IRM - u i sa olovo (II) oksidom iz uvoza bili su identični.

Ekperimentalnim laboratorijskim istraživanjima definisani su uslovi taloženja i žarenja olovo – hidroksida (olovo–karbonata):

- Taloženje olovo-hidroksida (olovo-karbonata) vrši se zasićenim rastvorom natrijum-hidroksida (natrijum-karbonata) do pH 10-12 (reakcije 1 i 2).
- Ispiranje taloga olovo – hidroksida (olovo – karbonata) vrši se destilovanom vodom do pH 7.
- Sušenje taloga istih vrši se na 105 °C.
- Žarenje taloga olovo – hidroksida (odnosno olovo – karbonata) vrši se na 650 °C u trajanju od 6 časova i pri ovim uslovima se dobija žuta – rombična modifikacija olovo – oksida. U koliko se žarenje vrši na nižoj temperaturi, dobija se mešavina ove dve modifikacije koja se takođe može upotrebiti za kupelaciju. Međutim, cilj eksperimentalnog rada

bio je dobijanje žute modifikacije olovo – oksida koja bi po kvalitetu odgovarala olovo – oksidu iz uvoza.



Sl. 1. Blok dijagram proizvodnje PbO iz PbSO₄ dobijenog bioluženem polimetalničnih sulfidnih koncentrata

ZAKLJUČAK

1. Kombinacijom bioluženja i hidrometalurških postupaka prerade polimetalničnih sulfidnih koncentrata, kao jedan od proizvoda, može se

dobiti olovo oksid za potrebe određivanja plemenitih metala metodom kupelacije.

2. Olovo oksid dobijen kombinacijom navedenih postupaka testiran je u Laboratoriji za hemijsko-tehničku kontrolu za određivanje plemenitih metala u različitim materijalima metodom kupelacije, a dobijeni rezultati su bili identični sa rezultatima dobijenim primenom olovo oksida iz uvoza.
3. Eksperimentalnim laboratorijskim istraživanjima definisani su svi parametri procesa, tako da je moguće organizovati proizvodnju olovo oksida iz polimetalčnih sulfidnih koncentrata.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je realizovan u okviru projekta TP 34004 za period 2011-2014 pod nazivom "Razvoj ekoloških i energetski efikasnijih tehnologija za proizvodnju obojenih i plemenitih metala kombinacijom bioluženja, solventne ekstrakcije i elektrolitičke rafinacije" koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

LITERATURA

- [1] D. Stanković, V. Conić, Z. Stanojević Šimšić, S. Ivanov, Z. Vadu-
vesković, V. Krstić, J. Petrović, Fizičko hemijske karakteristike
piritnog i polimetalčnog koncentrata, Ginduša i Tenka, BAKAR, Vol.
37, 2 (2012) 55-62.
- [2] V. Conić, B. Pešovski, V. Cvetkovski, Z. Stanojević Šimšić, S.
Dragulović, D. Simonović, S. Dimitrijević, Određivanje optimalnih
uslova luženja olovo – sulfata rastvorom natrijum – hlorida, Hemijska
industrija doi 102298/HEMIND 120503096C,
<http://www.doiserbia.nb.rs/issue.aspx?issueid=1336>
- [3] A. Aydin, Thesis Submitted to the Graduate School of Natural and
Applied Science of middle East technical University, „Recovery of zinc
and lead from cinkur leach residues by using hidrometallurgical
techniques”, Turkey, Avgust 2007.
- [4] G. Brauer, Handbuch der Präparativen Anorganish Chemie, Ferdinand
Enke Verlag, Stuttgart 1975.
- [5] Jander – Blasius, Lehrbuch der analytischen und präparativen
anorganischen Chemie, S. Hirzel, Verlag, Stuttgart.
- [6] Westermann, Näser, Gruhl, Anorganische Chemie, VEB Deutscher
Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig.

UDK: 504.06:629.113(045)=861

ORIGINALNI NAUČNI RAD

Oblast: Ekologija

**UTICAJ AUTOMOBILSKIH KATALIZATORA NA
ZAŠTITU ŽIVOTNE SREDINE**

**EFFECT OF VEHICLE CATALYST ON ENVIRONMENTAL
PROTECTION**

Vesna Krstić¹, Lidija Gomidželović¹, Marija Milivojević¹,
Valentina Janošević¹, Tamara Urošević¹, Radoica Đalović¹

¹Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor, Srbija

Izvod

Izduvni gasovi automobila su najveći zagađivači vazduha u svetu. Aero zagađenje koje potiče od automobila izvor je velikih problema, kao što su: smog, kisele kiše, efekat staklene bašte, kao neposredan uticaj na živi svet. Zbog toga su napori istraživača usmereni ka smanjenju ili čak potpunoj eliminaciji štetnih produkata izduvnih gasova automobila. U ovom radu biće dat kratak pregled važnosti korišćenja automobilskih katalizatora u urbanim sredinama, kao i njihov neposredni uticaj na smanjenje zagađenosti životne sredine. Katalizatori u automobilima imaju ulogu da smanje elemente zagađivača koji se nalaze u izduvnim gasovima automobila korišćenjem tehnike katalize.

Ključne reči: automobilski katalizatori, plemeniti metali, zagađenje.

Abstract

Vehicle exhaust is the biggest air polluters in the world. Air pollution from cars is a major source of problems, such as smog, acid rain, the greenhouse effect, as an immediate impact on wildlife. Therefore, the research efforts aimed at reducing or even completely eliminate harmful products of exhaust gases. This paper provides a brief overview of the importance of using automotive catalysts in the urban areas, as well as the orientation of direct impact on the reduction of environmental pollution. Catalytic converters in automobiles have a role to reduce pollutants elements contained in the exhaust fumes of cars using the technology of catalysis.

Keywords: Automobile catalysis, precious metals, pollution.

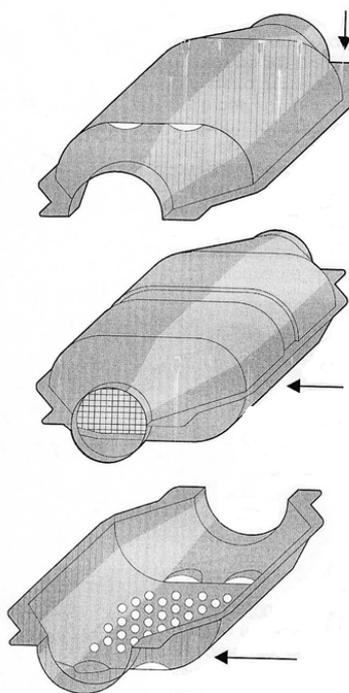
¹ E-mail: vesna.krstic@irmbor.co.rs

UVOD

Katalizatori u automobilima imaju ključnu ulogu u smanjenju elemenata zagađivača koji se nalaze u izduvnim gasovima automobila. Tehnika katalize je sredstvo kojom se ovo postiže. Radi se o uređaju koji je instaliran na cevi za izduvne gasove, blizu motora, obzirom da su u tom delu gasovi na višim temperaturama [1]. Ova toplotna energija prolazi kroz katalizator i podiže njegovu sopstvenu temperaturu koja je u opesgu od 400-700°C.

Katalizator se spolja sastoji od nerđajućeg čelicanog lima, obično obavijenog metalom koji ne propušta toplotu koji je isto tako od nerđajućeg čelika, koji štiti auto od razvijenih visokih temperatura, kao što je prikazano na slici 1.

Unutrašnji deo sadrži keramički nosač ili nosač od monolita, ovalne forme ili cilindrične, sa strukturom od višestrukih ćelija u obliku saća, gustine oko 70 ćelija po kvadratnom centimetru. Njegova površina je impregnirana disperziom koja sadži plemenite metale kao Pt [2,3], Pd, koji omogućavaju oksidaciju, i Rh koji je odgovoran za redukciju. Ovi plemeniti metali su aktivna komponenta katalizatora, odnosno započinju i ubrzavaju hemijske reakcije između ostalih supstanci sa kojima dolaze u kontakt, bez da učestvuju u reakcije.



Sl. 1. Šematski prikaz automobilske katalizatora

Izduvni gasovi kao proizvod rada motora, kada dođu u kontakt sa aktivnom površinom katalizatora ili sa metalima, parcijalno se transformišu u elemente zagađivača. U poslednje vreme različiti autori se bave ispitivanjem metala u cilji zagađenja i zaštiti životne sredine, što se može potvrditi brojnim objavljenim radovima iz ove oblasti [4-14].

U ovom radu će se razmatrati uloga automobilskih katalizatora i njegova važnost u današnjem svetu, obzirom da izduvni gasovi iz automobila doprinose zagađenosti 21. veka koji je danas veliki problem u svetu. Posledice zagađenja izduvnih gasova automobila i način njihovog odklanjanja biće diskutovani u osnovnim crtama.

REZULTATI I DISKUSIJA

U procesu prečišćavanja štetnih gasova, kao katalizatori se koriste plemeniti metali kao što su Pt, Pd i Rh. Kao što je već spomenuto, katalitički konvertor se ugrađuje u automobile blizu motora. Ovakav položaj je odabran zbog toga što reakcije katalize ne počinju da se odvijaju sve dok se ne postigne potrebna temperatura od 200°C. Međutim, katalizator ne sme biti preblizu motora, jer ako bi bio zagrevan brže nego što je predviđeno, smanjio bi se njegov radni vek. Većina proizvođača automobila postavljaju katalizatore ispod prednjeg sedišta, dovoljno daleko od motora da temperatura ne bi porasla toliko da ga ošteti.

Većina automobila danas koristi strukturu katalizatora u obliku pčelinjeg saća. Keramički materijal koji se najčešće koristi za izradu ove strukture je kordijerit (čiji je sastav približno 2 molekulska udela MgO, pet SiO₂ i dva Al₂O₃ sa tačkom omekšavanja iznad 1300°C). Struktura u obliku saća (nazvana nosač katalizatora), prevučena plemenitim metalima, sačinjavaju prekursor (preteča katalizatora), koji prilikom oksidacije na određenim temperaturama prelazi u katalizator. Ovakva struktura katalizatora, prema načinu korišćenja i prema nameni, naziva se automobilski katalizatori.

Ulazeći u katalizator, gasovi iz motora prvo nailaze na prvi deo katalizatora u kome se vrši redukcija. Redukcioni deo je keramički nosač prevučen legurom obično Pt/Rh. Kada molekuli azotnih oksida dođu u dodir sa površinom katalizatora, katalizator izdvaja atom azota koji se vezuje sa drugim atomom stvarajući molekul azota, a kiseonik se oslobađa.

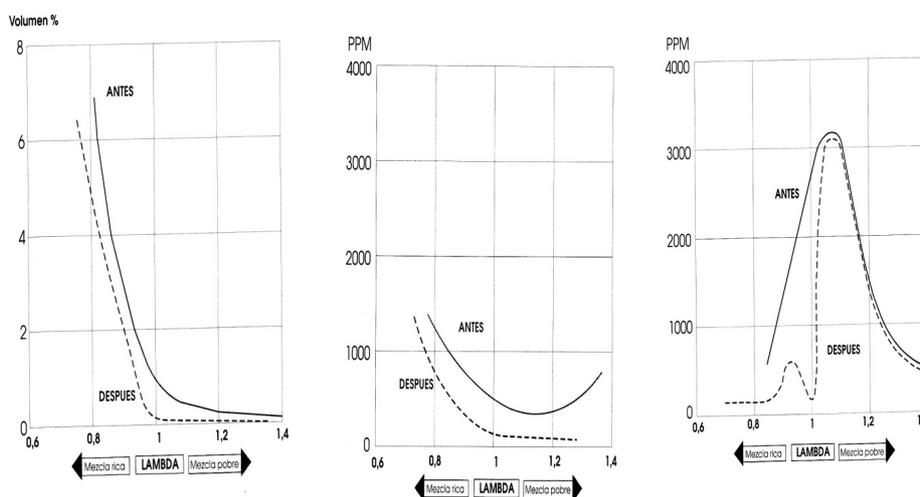
Okidacija katalizatora je druga faza katalitičkog konvektora i sastoji se od keramičkog nosača (monolit) prevučenog legurom Pt i Pd. On vrši oksidaciju nesagorelih hidrokarbonata i CO sa preostalim kiseonikom iz izduvnih gasova.



Da bi se smanjila emisija štetnih gasova kod modernih automobila, potrebno je da se dostigne stehiometriška tačka, odnosno idealan odnos vazduha i goriva. Teorijski, pri ovom odnosu, svo gorivo će sagoreti iskoristivši sav kiseonik iz vazduha. Za benzin, stehiometrijski odnos je oko 14,7:1 što znači da će za svaki litar benzina biti potrebno 14,7 litara vazduha. Odos realne količine sagorljivog vazduha koja se iskoristi po kg benzina (X) i stehiometrijskog faktora od 14,7 daje koeficijentom λ koji je predstavljen formulom (3):

$$\lambda = \frac{X}{14,7} \quad (3)$$

Na slici 2 su predstavljene emisije a) CO, b) HC i c) NO_x u funkciji λ pre i posle korišćenja katalizatora.



SI. 2. Šematski prikaz a) CO, b) HC i c) NO_x u funkciji λ .

Katalizatori za dizel vozila se razlikuju od onih za vozila koja koriste benzin. Dizel gorivo se ubrizgava u veoma komprimovan vazduh u komorama motora gde je temperature dovoljno visoka da bi se paljenje izvršilo. Ovo dovodi do hlađenja sagorelih gasova i manje formiranih azotnih oksida. Proces rada kod automobila sa dizel motorima odvija se u 3 agregatna stanja: -čvrsto - suvi ugljenik ili gar,

- tečno - nesagorivo gorivo, sačinjavaju mazivno ulje (što je zbirno predstavljeno kao SOF) i tečni sulfati od koga se prvenstveno formira sumporna kiselina.

- gasno - ugljen-monoksid, hidro-karbonati izdvojeni iz delimično sagorelog goriva, oksidi azota i sumpora.

Uloga katalizatora je da smanji SOF i gasove CO i HC, kao što je prikazano na slici 2, ali specijalna selektivna uloga katalizatora je da smanji oksidaciju SO₂ u SO₃.

Za proizvodnju prevlake nosača katalizatora koriste se soli Pt metala koje se rastvaraju u organskim rastvaračima, a zatim se u taj rastvor potapaju keramički nosači. Potopljeni keramički nosači odlaze na sušenje i pečenje čime se dobija stabilna prevlaka debljine oko 50 μ metala. Zatim se tako pripremljeni keramički nosači pakuju u metalno telo katalizatora nerđajućeg čelika. Sve zajedno sačinjava automobilski katalizator.

ZAKLJUČAK

Izduvni gasovi automobila u gusto nasljenim urbanim sredinama, pored teške industije karakteristične za industrijske zone, su najveći zagađivači vazduha u svetu. Rad na razvijanju i poboljšanju tehnologija automobilskih katalizatora, kako bi izduvni gasovi iz motora bili ispušteni u atmosferu u obliku koji malo uticu na promene ravnoteže sastava vazduha, zbog zaštite životne sredine. Ekonomska opravdanost istraživanja u ovom pravcu se ogleda u zaštiti životne sredine.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je pisan u okviru projekata Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije TR34029 pod nazivom: „Razvoj tehnologije proizvodnje Pd katalizatora-hvatača za smanjenje gubitaka platine u visoko temperaturnim procesima katalize“ i projekta 34005 pod nazivom: „Razvoj naprednih materijala i tehnologija za multifunkcionalnu primenu zasnovanih na ekološkom znanju“, na čemu se autori zahvaljuju.

LITERATURA

- [1] R. M. Heck, R. J. Farrauto, Automobile exhaust catalysts, Appl. Catal. A: Gen. 221 (2001) 443–457.
- [2] By B. J. Cooper, Durability of Platinum-Containing Automotive Exhaust Control Catalysts, Platinum Metals Rev., 1983, 27, (4) 146-155.
- [3] J. Singh, E. M. C. Alayon, M. Tromp, O. V. Safonova, P. Glatzel, Generating Highly Active Partially Oxidized Platinum during

- Oxidation of Carbon Monoxide over Pt/Al₂O₃: In Situ, Time-Resolved, and High-Energy-Resolution X-Ray Absorption Spectroscopy, *Angew. Chem. Int. Ed.* 2008, 47, 9260–9264.
- [4] B. Trumić, D. Stanković, V. Trujić, Examining the surfaces in used platinum catalysts, *J. Mining and Metallurgy*, 45 (1) B-Metallurgy, (2009), 79-87.
- [5] B. Trumić, D. Stanković, V. Trujić, Impact of the increased active surface of the platinum catalysts on the total ammonia recovery coefficient, *J. Mining and Metallurgy*, 45 (1) B-Metallurgy, (2009), 69-78.
- [6] B. Trumić, D. Stanković, A. Ivanović, The impact of cold deformation, annealing temperatures and chemical assays on the mechanical properties of platinum, *J. Mining and Metallurgy*, 46 (1) B-Metallurgy, (2010), 51-59.
- [7] H. S. Gandhi, G. W. Graham, R. W. McCabe, Automotive exhaust catalysis, *J. Cataly.* 216 (2003), 433–442.
- [8] H. Shinjoh, Rare earth metals for automotive exhaust catalysts, *J. Alloys and Compounds* 408–412 (2006), 1061–1064.
- [9] S. Matsumoto, Recent advances in automobile exhaust catalyst, *Cataly. Surveys from Japan*, 1 (1997), 111 – 117.
- [10] D. Živković, I. Katayama, L. Gomidželović, D. Manasijević, R. Novaković, Comparative thermodynamic study and phase equilibria of the Bi-Ga-Sn ternary system, *Int. J. Mat. Res.* 98 (10) 2007, 1025-1030.
- [11] D. Jendrzeczyk-Handzlik, D. Živković, W. Gierlotka, D. Manasijević, K. Fitzner and D. Minic, Phase relations near ternary eutectic point in the Ag-In-Sb system, *J. Mining and Metallurgy* 43 B (2) (2007) 161 – 169.
- [12] M. Dimitrijević, A. Kostov, V. Tasić, N. Milosević, Influence of pyrometallurgical copper production on the environment, *J. Hazardous Mater.*, (2009), Vol. 164, br. 2-3, str. 892-899.
- [13] A. Kostov, A. Milosavljević, L. Gomidželović, R. Todorović, Lead-free alloys for ecological solder manufacturing, 9th International multidisciplinary scientific geoconference SGEM, Bulgaria, November 2009, pp. 555-561.
- [14] V. Marjanović, A. Ivanović, J. Petrović, D. Simonović, Poreklo i sadržaj olova u životnoj sredini, *Bakar*, Vol. 36, 1 (2011) 31-38.

UDK: 546.821:661.64/183(045)=861

ORIGINALNI NAUČNI RAD

Oblast: Hemijska tehnologija

**SORBENT TITAN-DIOKSID DOPOVAN GVOŽĐEM ZA
SORPCIJU ARSENA**

**SORBENT TITANIUM DIOXIDE DOPED WITH IRON FOR
THE ARSENIC SORPTION**

Tamara Urošević¹, Vesna Krstić¹, Marija Milivojević¹,
Valentina Janošević¹, Biserka Trumić¹, Saša Marjanović²

¹Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor,

²Tehnički fakultet u Boru, Univerziteta u Beogradu

Izvod

Teški metali su glavni izvori zagađenja iz industrijske proizvodnje. Arsen (As) svoju izrazitu toksičnost pokazuje i pri veoma niskim koncentracijama, pa je neophodno koristiti metodu dovoljno osetljivu za detekciju jako niskih koncentracija arsena. U ovom radu je od različitih spektroskopskih metoda odabrana ICP (atomska emisijska spektrometar sa induktivno kuplovanom plazmom) za određivanje As. Cilj ovog eksperimenta je upoređivanje sorpcije As^{+3} i As^{+5} na sorbentu TiO_2 sa različitim sadržajem gvožđa (1%, 10% i 20% Fe) na osnovu Langmuir-ovih i Freundlich-ovih adsorpcionih izoterma. TiO_2 koji smo sintetisali dopovan je gvožđem da bi mu se povećala adsorpciona moć, što se pokazalo uspešnim za sorpciju As. Najpogodniji za sorpciju As^{+3} i As^{+5} je TiO_2 sa 20% Fe.

Ključne reči: TiO_2 sorbent, As, Freundlich-ova izoterma, Langmuir-ova izoterma.

Abstract

Heavy metals are major sources of air pollution from industrial processes. Arsenic (As) shows its extreme toxicity even at very low concentrations, so it is necessary to use a method sensitive enough to detect very low concentrations of arsenic. In this paper, the different spectroscopic methods selected ICP (inductively coupled plasma spectroscopy) for the determination of arsenic. The aim of this experiment was to compare the sorption of As^{+3} and As^{+5} on TiO_2 sorbent with different contents of iron (1%, 10% and 20% Fe) on the basis of Langmuir's and Freundlich's adsorption isotherm. We synthesized TiO_2 is doped with iron in order to increase its power of adsorption, which proved successful, and the adsorption of arsenic will be shown in this paper. The most suitable for the sorption of As^{+3} and As^{+5} is TiO_2 with 20% of Fe.

Keywords: TiO_2 sorbent, As, Freundlich's isotherm, Langmuir's isotherm.

¹ tamara-urosevic@hotmail.com

UVOD

Zagađenje životne sredine je jedan od glavnih problema u svetu, koji potiče od različitih toksičnih neorganskih i organskih hemikalija koje zagađuju okolinu. Ovo izaziva ozbiljna zagađenja voda i zemljišta. Teški metali su glavni zagađivači koji potiču iz rudnika, hemijske industrije, ekstraktivne metalurgije, fabrika boja i lakova, nuklearne i druge industrije [1]. Teški metali vrše štetan uticaj na floru i faunu reka i jezera. Takođe, u većim količinama mogu izazvati različite negativne efekte na zdravlje ljudi koje se ispoljavaju kroz slabljenje mentalnih i neuroloških funkcija.

Arsen zbog svoje toksičnosti predstavlja svetski problem u prirodnim vodama. Dugoročna konzumacija vode za piće, koja sadrži arsen u koncentraciji većoj od dozvoljene (0,01 mg/L), prouzrokuje različite vrste raka (kože, pluća, bubrega, bešike...). U cilju uklanjanja arsena iz voda, kao jedna od metoda, primenjavana je adsorpcija uz korišćenje različitih sorbenata, zbog svoje jednostavnosti, niske cene i efikasnosti.

Ispitan je veliki broj komercijalno dostupnih i jeftinih sorbenata za sorpciju arsena. Neki od sorbenti koji se koriste za sorpciju arsena su, na primer, aktivni ugalj, crveni mulj, šljaka, pepeo, glina, pesak, zeoliti, mnogi oksidi (mangana, gvožđa, titana...), morski sedimenti, fosfati, biosorbenti i drugi.

Što se tiče konkretno titana, rađeni su mnogi laboratorijski eksperimenti u cilju utvrđivanja adsorpcionog kapaciteta za sorpciju arsena. Neki od tih eksperimenata su izdvojeni i predstavljeni.

Nanokristalni TiO_2 ima sposobnost da ukloni arsenat i arsenit i da fotokatalitički oksiduje As^{+3} u As^{+5} . Nanokristalni TiO_2 je pripremljen hidrolizom titan-sulfata. Adsorpcioni i oksidacioni eksperimenti su izvođeni sa TiO_2 suspenzijom u 0,04M vodenom rastveru NaCl. TiO_2 se pokazao kao dobar sorbent za sorpciju As^{+5} pri $\text{pH} < 8$, a do maksimalnog uklanjanja As^{+3} je došlo pri pH oko 7,5. Adsorpcioni kapacitet nanokristalnog TiO_2 za As^{+3} i As^{+5} je bio znatno veći u odnosu na TiO_2 (Degussa P25) i zrnasti gvožđe-oksid. U prisustvu sunčeve svetlosti i rastvorenog kiseonika, As^{+3} se potpuno fotokatalitički oksidovao do As^{+5} u roku od 25 minuta u 0,2g/L TiO_2 suspenzije [2, 3].

Adsorpcija As^{+3} i As^{+5} na komercijalno dostupnoj suspenziji TiO_2 (Hombikat UV100 and Degussa P25), ispitivana je u odnosu na pH vrednost i početne koncentracije adsorbata. Više As^{+5} i As^{+3} je adsorbovano na česticama Hombikat UV100, nego na Degussa P25.

Adsorpcija As^{+5} je bila veća u odnosu na As^{+3} na suspenziji TiO_2 na $\text{pH}=4$, dok je adsorpcioni kapacitet za As^{+3} bio veći na $\text{pH}=9$. Pomoću Freundlich-ovih i Langmuir-ovih jednačina izoterma je tumačena adsorpcija na suspenziji TiO_2 [4].

Bang i saradnici [5] su ispitivali zrnasti TiO_2 za adsorpciju arsena iz podzemnih voda. Istraživanja su pokazala da je više arsenata adsorbovano u odnosu na arsenit na TiO_2 na $\text{pH}=7$. Adsorpcioni kapaciteti za As^{+3} i As^{+5} na TiO_2 su bili 32,4, odnosno 41,4 mg/g, dakle slični (približno 40 mg/g), a analizirana je bila podzemna voda iz Bangladeša.

Nakajima i saradnici [6] su takođe istraživali kombinovano korišćenje TiO_2 -fotokatalizatora i kao sorbenta sa visokom adsorpcionom sposobnošću za As^{+5} pod foto-iradijacijom. Uspešna oksidacija As^{+3} u As^{+5} dobijena je kada je rastvor As^{+3} mešan i ozračen sunčevom svetlošću ili pomoću ksenonove lampe u prisustvu TiO_2 suspenzije i bilo je uklonjeno 89% As^{+5} nakon 24h.

Jezeque and Chu [7] su istraživali primenu TiO_2 za uklanjanje As^{+5} iz vode. Adsorpcione izoterme su rađene na $\text{pH}=3$ i $\text{pH}=7$. Došlo se do zaključka da adsorpcija sledi Langmuir-ov model. Pored toga, dodatak fosfata je smanjio adsorpciju arsenata.

U ovom radu su prikazani rezultati adsorbovanog As na sintetizovanom TiO_2 dopovanom gvožđem, kako bi mu se povećala adsorpciona moć. Rezultati pokazuju da je TiO_2 sa dodatkom Fe dobar sorbent za sorpciju As^{+3} i As^{+5} .

EKSPERIMENTALNI DEO

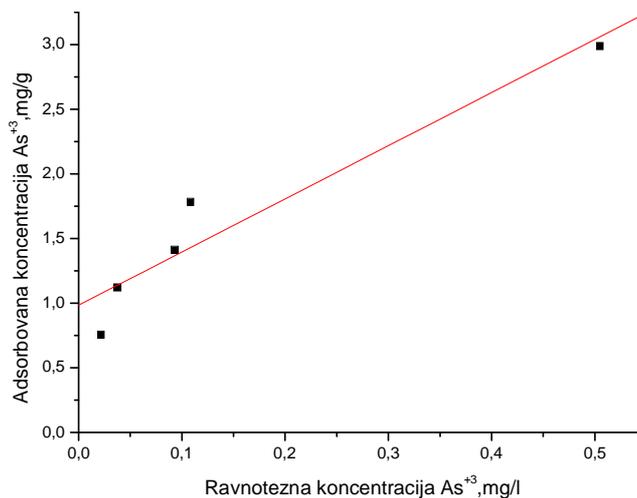
Po završetku pripreme standardnih rastvora koncentracije 1 g/L, pripremljena je serija razblaženih rastvora koncentracija 400, 600, 800, 1000 i 2000 ppb za As^{+3} i 800, 1000, 1500, 2000, 2500 i 3000 ppb za As^{+5} . Za razblaženja je korišćena destilovana voda. U razblažene standardne rastvore, koji su prebačeni u poliuretanske bočice od 100 mL, dodato je po 50 mg sorbenta (titan-dioksida dopovanog sa 1%, 10% i 20% Fe). Za svaku koncentraciju je rađen triplikat. Uzorci su mućkani na mućkalici 1h. Po završetku mućkanja, rastvori različitih koncentracija su prebačeni u plastične kivete od 50 mL i centrifugirani. Nakon centrifugiranja, bistri rastvori, odvojeni od taloga, prebačeni su u poliuretanske bočice od 50 mL i u svaku je dodato po 100 μL koncentrovane azotne kiseline. Tako pripremljeni uzorci su snimani na optičkom emisionom spektrometru sa induktivno spregnutom plazmom (ICP-OES). Rađena je hidridna tehnika.

REZULTATI I DISKUSIJA

Podaci dobijeni snimanjem na ICP-u, koji su zatim obrađeni pomoću softverskog programa Origin 6.1, predstavljeni su na slikama 1 i 2, kao i u tabeli 1.

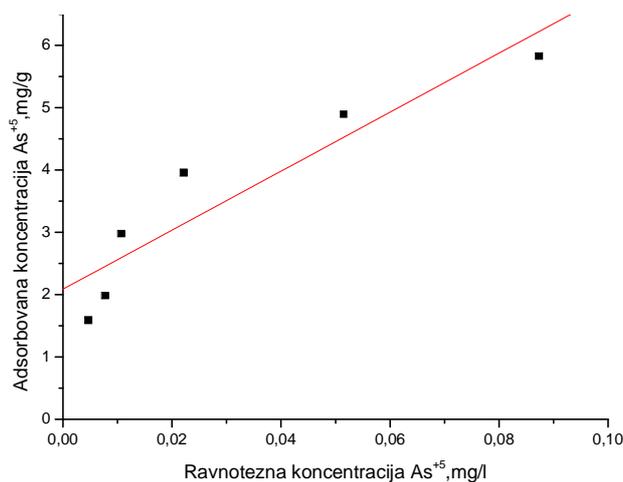
Na slici 1 su prikazani rezultati Langmuir-ova izoterma za As^{+3} na sorbentu TiO_2 koji sadrži 20% Fe. Vreme mućkanja smeše je u trajanju od 1 h. Na grafiku

je predstavljena zavisnost adsorbovane koncentracije As^{+3} , koja je izražena u mg/g u zavisnosti od ranotežne koncentracije izražene u mg/L.



Sl. 1. Langmuir-ova izoterma za As^{+3} na sorbentu TiO_2 sa 20 % Fe, vreme mućkanja 1h

Langmuir-ovim modelom se uočava da se adsorpcioni kapacitet (K) povećava u nizu: TiO_2 sa 1% Fe, zatim TiO_2 sa 10% Fe i na kraju TiO_2 sa 20% Fe što je dato sledećim rezultatima 0,76309, 0,9699, 0,9842 respektivno. Najveća vrednost Langmuir-ovog adsorpcionog kapaciteta (K) dobijena je za sorbent TiO_2 sa 20% Fe, što znači da je ovaj sorbent najbolji za sorpciju As^{+3} .



Sl. 2. Langmuir-ova izoterma za As^{+5} na sorbentu TiO_2 sa 20 % Fe, vreme mućkanja 1h

Takodje, Langmuir-ovim modelom se uočava da se adsorpcioni kapacitet (K) povećava u nizu: TiO_2 sa 1% Fe, zatim TiO_2 sa 10% Fe i na kraju TiO_2 sa 20% Fe za sorpciju As^{+5} . Najveća vrednost Langmuir-ovog adsorpcionog kapaciteta (K) dobijena je za sorbent TiO_2 sa 20% Fe, što znači da je ovaj sorbent najbolji za sorpciju As^{+5} .

U Tabeli 1 su date vrednosti Langmuir-ovih konstanti za sorpciju As^{+3} i As^{+5} na sorbentu TiO_2 sa 1%, 10 % i 20 % Fe. Langmuir-ov adsorpcioni kapacitet, Q_0 , izražen u (mg/g) za As^{+3} i As^{+5} , za sorbent od TiO_2 koji sadrži 20% Fe, a koji je mućkanje u vremenu od 1h, iznosi 0,9842 i 2,0874 mg/g, respektivno.

Langmuir-ov koeficijent korelacije, r, za sorbente TiO_2 sa 1% Fe, TiO_2 sa 10% Fe i TiO_2 sa 20% Fe za As^{+5} , je u blagom opadanju sa vrednostima od 0,9848, 0,9848 i 0,9303, respektivno. Ponašanje Langmuir-ovog koeficijenta korelacije, r, za isti redosled sorbenta za As^{+3} , daje približne vrednosti kao i za As^{+5} , ali sa izvesnim razlikama.

Generalno gledano, rezultati su pokazali da je od svih navedenih sorbenata, za sorpciju As^{+3} i As^{+5} , najpogodniji TiO_2 sa sadržajem od 20% Fe.

Tabela 1. Vrednosti Langmuir-ovih konstanti za sorpciju As^{+3} i As^{+5} na sorbentu TiO_2 sa 1 %, 10 % i 20 % Fe

	$\text{As}^{+3}\text{TiO}_2$ sa 1 % Fe, mućkanje 1h	$\text{As}^{+3}\text{TiO}_2$ sa 10 % Fe, mućkanje 1h	$\text{As}^{+3}\text{TiO}_2$ sa 20% Fe, mućkanje 1h	$\text{As}^{+5}\text{TiO}_2$ sa 1% Fe, mućkanje 1h	$\text{As}^{+5}\text{TiO}_2$ sa 10% Fe, mućkanje 1h	$\text{As}^{+5}\text{TiO}_2$ sa 20% Fe, mućkanje 1h
Langmuir-ov adsorpcioni kapacitet, Q_0 (mg/g)	0,76309	0,9699	0,9842	1,5931	2,0578	2,0874
Langmuir-ov koeficijent korelacije, r	0,9737	0,9442	0,9597	0,9848	0,9848	0,9303

ZAKLJUČAK

Adsorpcioni kapacitet (K) za Langmuir-ov model pokazuje da se adsorpciona moć povećava u nizu: TiO_2 sa 1% Fe, zatim TiO_2 sa 10% Fe i na kraju TiO_2 sa 20% Fe. Najveća vrednost Langmuir-ovog adsorpcionog kapaciteta (K) dobijena je za sorbent TiO_2 sa 20% Fe, a to pokazuje da je ovaj sorbent bolji za sorpciju As^{+3} od sorbenta sa manjom koncentracijom Fe.

Takodje, Langmuir-ovim modelom se uočava da se adsorpcioni kapacitet (K) povećava u nizu: TiO_2 sa 1% Fe, zatim TiO_2 sa 10% Fe i na kraju TiO_2 sa 20% Fe za sorpciju As^{+5} . Najveća vrednost Langmuir-ovog adsorpcionog

kapaciteta (K) dobijena je za sorbent TiO₂ sa 20% Fe, što znači da je ovaj sorbent najbolji za sorpciju As⁺⁵.

Rezultati istraživanja su pokazali da je od svih navedenih sorbenata, najpogodniji za sorpciju As⁺³ i As⁺⁵, TiO₂ sa sadržajem od 20% Fe.

ZAHVALNOST

Autori se zahvaljuju Ministarstvu prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije na finansijskoj podršci za projekat TR 34029 pod nazivom: „Razvoj tehnologije proizvodnje Pd katalizatora-hvatača za smanjenje gubitaka platine u visoko temperaturnim procesima katalize“.

LITERATURA

- [1] D. Chandra, S. K. Das, A. Bhaumik, A fluorophore grafted 2D-hexagonal mesoporous organosilica: Excellent ion-exchanger for the removal of heavy metal ions from wastewater, *Micropor. Mesopor. Mater.* 128 (2010), 34-40.
- [2] M. E. Pena, G. P. Korfiatis, M. M. Patel, L. L. Lippincott, X. X. Meng, Adsorption of As(V) and As(III) by nanocrystalline titanium dioxide, *Water Res.* 11 (2005), 2327–233.
- [3] X. G. Meng, M. M. Dadachov, G. P. Korfiatis, C. C. Christodoulatos, Method of Preparing a Surface-activated Titanium Oxide Product and of Using the Same in Water Treatment Processes, Patent pending, application No. 20030155302, 2003.
- [4] P. K. Dutta, A. K. Ray, V. K. Sharma, F. J. Millero, Adsorption of arsenate and arsenite on titanium dioxide suspensions, *J. Colloid Interf. Sci.* 278 (2004), 270–275.
- [5] S. S. Bang, M. M. Patel, L. L. Lippincott, X. X. Meng, Removal of arsenic from groundwater by granular titanium dioxide adsorbent, *Chemosphere* 60 (3) (2005), 389–397.
- [6] T. T. Nakajima, Y. H. Xu, Y. Y. Mori, M. M. Kishita, H. H. Takashi, S. S. Maeda, A. A. Ohki, Combined use of photocatalyst and adsorbent for the removal of inorganic arsenic(III) and organoarsenic compounds from aqueous media, *J. Hazard. Mater.* 120 (1–3) (2005), 75–80.
- [7] H. H. Jezeque, K. H. Chu, Removal of arsenate from aqueous solution by adsorption onto titanium dioxide nanoparticles, *J. Environ. Sci. Health Part A* 41 (2006), 1519–1528.

UDK: 669:378.1(045)=861

STRUČNI RAD

Oblast: Metalurgija

**AKTUELNO STANJE U RAZVOJU VISOKOG OBRAZOVANJA
METALURŠKE STRUKE U REGIONU**

**THE CURRENT SITUATION IN THE DEVELOPMENT OF
METALLURGICAL ENGINEERS HIGH EDUCATION IN THE REGION**

Dragana Živković¹, Tatjana Volkov Husović², Diana Čubela³, Jožef Medved⁴,
Žarko Radović⁵, Mirko Gojić⁶, Ružica Manojlović⁷

¹Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru, Srbija

²Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet u Beogradu, Srbija

³Univerzitet u Zenici, Fakultet za metalurgiju i materijale, Bosna i Hercegovina

⁴Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Slovenija

⁵Univerzitet Crne Gore, Metalurško-tehnološki fakultet u Podgorici, Crna Gora

⁶Univerzitet u Zagrebu, Metalurški fakultet u Sisku, Hrvatska

⁷Univerzitet „Sv. Kiril i Metodije“ vo Skopje, Tehnološko-metalurški fakultet,
Makedonija

Izvod

U radu je dat pregled aktuelnog stanja u razvoju visokog obrazovanja metalurške struke u regionu, kao i prikaz međusobne usklađenosti na primeru Tehničkog fakulteta u Boru Univerziteta u Beogradu, Tehnološko-metalurškog fakulteta u Beogradu Univerziteta u Beogradu, Fakulteta za naravoslovije in tehnologiju Univerze v Ljubljani (Slovenija), Metalurškog fakulteta u Sisku Sveučilišta u Zagrebu (Hrvatska), Fakulteta za metalurgiju i materijale Univerziteta u Zenici (BiH), Metalurško-tehnološkog fakulteta u Podgorici Univerziteta Crne Gore (Crna Gora), kao i Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta "Sv. Kiril i Metodije" vo Skopje (Makedonija).

Ključne reči: visoko obrazovanje, studijski program, metalurško inženjerstvo

Abstract

This paper gives an overview on the current situation in the development of metallurgical engineers high education in the region, as well as mutual compliance in example of University of Belgrade, Technical Faculty in Bor; University of Belgrade, Faculty of Technology and Metalurgy in Belgrade; University of Zenica, Faculty for Metallurgy and Materials (Bosnia and Herzegovina); University in Ljubljana, Faculty of Natural Sciences and Engineering (Slovenia); University of Montenegro, Faculty of Metallurgy and Technology in Podgorica (Montenegro); University of Zagreb,

¹ E-mail: dzivkovic@tf.bor.ac.rs

Faculty of Metallurgy in Sisak (Croatia) and University „Sv. Kiril i Metodije“ Skopje, Faculty of Technology and Metallurgy, (Macedonia).

Keywords: *high education, study programme, metallurgical engineering*

UVOD

Savremeni trendovi u razvoju visokog obrazovanja u Evropi započeti potpisivanjem Bolonjske deklaracije 1999. godine, nastavljeni su inicijativom za stvaranje evropskog prostora visokog obrazovanja i istraživanja, pokrenutom od strane Evropske komisije 2000. godine [1]. Sve dalje aktivnosti koje su vođene u smislu ispunjenja postavljenog cilja, unapređenja i ujednačavanja kvaliteta visokog obrazovanja u Evropi, podrazumevale su niz reformi koje su se odrazile na promenu stanja postojećih studijskih programa u procesu koji traje već duže od decenije i na ovim prostorima.

U ovom radu će biti izložen razvoj visokog obrazovanja metalurške struke u regionu, počev od pregleda istorijskog razvoja, do aktuelnih trendova i prikaza međusobne usklađenosti na primeru Tehničkog fakulteta u Boru Univerziteta u Beogradu, Tehnološko-metalurškog fakulteta u Beogradu Univerziteta u Beogradu, Fakulteta za naravoslovlje in tehnologiju Univerze v Ljubljani (Slovenija), Metalurškog fakulteta u Sisku Univerziteta u Zagrebu (Hrvatska), Fakulteta za metalurgiju i materijale Univerziteta u Zenici (BiH), Metalurško-tehnološkog fakulteta u Podgorici Univerziteta Crne Gore (Crna Gora), kao i Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta “Sv. Kiril i Metodije“ vo Skopje (Makedonija).

ISTORIJSKI PREGLED RAZVOJA VISOKOG OBRAZOVANJA U REGIONU

Razvoj visokog obrazovanja metalurške struke u regionu započet je, kao samostalni studijski program, na Univerzitetu u Ljubljani 1939. godine [2]. Posle nepunih desetak godina osnovan je i Metalurški odsek na Tehnološkom fakultetu u Beogradu ustanovljenom 1948. godine, nakon reorganizacije Tehnološkog odseka tadašnjeg Tehničkog fakulteta Univerziteta u Beogradu [3].

U godinama koje slede – krajem pedesetih i početkom šezdesetih godina prošlog veka, snažan zamajac industrijalizacije utiče na demetropolizaciju visokog obrazovanja u tadašnjoj Jugoslaviji i javljaju se prvi fakulteti izvan velikih univerzitetskih centara [4]. U tom procesu su, u značajnim industrijskim centrima, osnovana još tri fakulteta na kojima se izučava metalurgija, i to u Zenici 1959. godine [5], Sisku 1960. godine [6] i Boru 1961. godine [4], sa ciljem da se stvori potrebna podrška u stvaranju kadrova za razvoj crne i obojene metalurgije u tadašnjoj zemlji.

Ciklus formiranja metalurških fakulteta u regionu zaokružuje se osnivanjem studija metalurgije u Kosovskoj Mitrovici [7], Podgorici 1973. godine [8], te formiranjem Fakulteta za metalurgiju i rudarstvo 1976. godine u Skoplju [9].

Opšte stanje u periodu do devedesetih godina bilo je obeleženo kontinuiranim, koordiniranim i konstantnim industrijskim razvojem metalurgije [10], pri čemu je struktura metalurške privrede uglavnom bila monostrukturalna obuhvatajući primarnu proizvodnju i preradu osnovnih crnih i obojenih metala u velikim metalurškim kombinatima i većim prerađivačkim pogonima [11].

Poslednja decenija dvadesetog veka, pored istaknute problematike globalizacionih i tranzicionih dešavanja - prelaza na nove tehnologije, smene tehnoeekonomskih paradigmatičkih karakteristika, promene načina poslovanja, te značajno povećanog učešća informacionih tehnologija, na prostoru regiona biva dodatno opterećena bremenom raspada Jugoslavije, što sve dovodi do problema u privredi, industrijskom sektoru i metalurškom kompleksu novonastalih država Zapadnog Balkana, a odrazilo se - i još uvek se odražava - i na stanje u visokom obrazovanju u oblasti metalurgije.

VISOKO OBRAZOVANJE METALURŠKE STRUKE U REGIONU DANAS

Problematične devedesete prošlog veka, pored pada industrijske proizvodnje i smanjenog ukupnog obima metalurških aktivnosti u regionu, donele su, dakle, i značajne promene u obrazovnoj oblasti - vezano za implementaciju bolonjskog procesa. Iz tog razloga, u periodu prve decenije XXI veka dolazi do krupnih reformi i u visokom obrazovanju u oblasti metalurškog inženjerstva u regionu. Ove promene uslovljene se zakonskim odrednicama, i bile su sprovedene negde bržim, negde sporijim tempom.

Prema sagledavanju trenutnog stanja u regionu, studije iz oblasti metalurgije obavljaju se na sedam visokoobrazovnih institucija, i to (dato u originalu):

- u Ljubljani, *na Naravoslovnotehniškoj fakulteti Univerze v Ljubljani u okviru Oddeleka za materiale in metalurgijo* [2], gde se trenutno izučavaju: a) visokoškolski študijski program prve stopnje: Metalurške tehnologije; b) univerzitetni študijski program prve stopnje: Inženirstvo materijalov; c) univerzitetni magistrski študijski program druge stopnje: Metalurgija in materijali; d) doktorski študijski program: Znanost in inženirstvo materijalov
- u Sisku, *na Metalurškom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu u okviru smerova Metalurško inženjerstvo i Industrijska ekologija* [12], gde se trenutno izučavaju: a) preddiplomski sveučilišni redoviti studij Metalurgija sa smjerovima: Metalurško inženjerstvo i Industrijska ekologija; b) diplomski sveučilišni redoviti studij: Metalurgija; c) poslijediplomski doktorski studij: Metalurgija, i d) sveučilišni stručni izvanredni studij: Ljevarstvo

- u Zenici, na *Fakultetu za metalurgiju i materijale Univerziteta u Zenici u okviru odseka Metalurgija i Metalni materijali* [13], gde se trenutno izučavaju: a) studij prvog ciklusa – Metalurgija, sa četiri modula: Metalurgija gvoždja i čelika, Metalurgija neželjeznih metala, Ljevarstvo i Plastična prerada metala, b) studij prvog ciklusa – Metalni materijali, c) master studij drugog ciklusa – Metalurgija sa četiri modula: Metalurgija gvoždja i čelika, Metalurgija neželjeznih metala, Ljevarstvo i Plastična prerada metala, d) master studij drugog ciklusa – Metalni materijali
- u Beogradu, na *Tehnološko-metalurškom fakultetu Univerziteta u Beogradu* [14], gde se trenutno izučavaju: a) osnovne akademske studije na studijskim programima Metalurško inženjerstvo i Inženjerstvo materijala, modul Metalni materijali, b) master akademske studije na studijskim programima Metalurško inženjerstvo i Inženjerstvo materijala, c) doktorske akademske studije na studijskim programima Metalurško inženjerstvo i Inženjerstvo materijala
- u Boru, na *Tehničkom fakultetu u Boru Univerziteta u Beogradu na studijskom programu Metalurško inženjerstvo* [15], gde se trenutno izučavaju: a) osnovne akademske studije, sa dva modula: Ekstraktivna metalurgija i Prerađivačka metalurgija, b) master akademske studije, i c) doktorske akademske studije
- u Podgorici, na *Metalurško-tehnološkom fakultetu Univerziteta Crne Gore na studijskom programu Metalurgija* [16], gde se trenutno izučavaju: a) osnovne studije, b) postdiplomske specijalističke studije sa usmerenjima: Metalurgija aluminijuma, Metalurgija čelika i Metalurško inženjerstvo, c) postdiplomske magistarske studije, i d) postdiplomske doktorske studije
- u Skoplju, na *Tehnološko-metalurškom fakultetu Univerziteta “Sv. Kiril i Metodije”* [17], gde se trenutno izučavaju: dodiplomski studii Metalurgija, dizajn i menadžment sa modulima Ekstraktivno metalurško inženjerstvo, Prerabotivačko metalurško inženjerstvo, Menadžment i energetska efikasnost vo metalurško inženjerstvo; posle diplomski studii Metalurgija i metalni materijali, Ekstraktivna metalurgija; i doktorski studii programa Metalurgija.

Nastavni planovi i programi svih pomenutih studijskih programa u celini su predstavljeni na datim sajtovima. Iako se pregledom i poređenjem navedenih kurikuluma može uočiti određena raznolikost, te specifičnost svakog od razmatranih programa, činjenica je da je stepen usklađenosti vrlo visok, što je uslovljeno s jedne strane zahtevima bolonjskog procesa, a sa druge strane uvođenjem preciznih kriterijuma za akreditaciju studijskih programa, kao i kontrolu kvaliteta obrazovanja

– kao konstitutivnog dela strategije i obrazovne politike evropskog visokog obrazovanja. Na taj način, povećava se stepen usaglašavanja ciljeva i ishoda učenja, kompetencija, inoviranih sadržaja, pedagoško-metodičkih komponenti, načina praćenja angažovanosti studenata u toku nastavnog procesa, novih sistema usvajanja znanja studenata, izboja osnovne i šire literature i sl. [18]

U periodu od 2008. godine, stvoreni su novi povoljni uslovi za bolje povezivanje pomenutih visokoobrazovnih institucija u oblasti metalurške struke u regionu – međusobno su potpisani bilateralni ugovori o saradnji, pokrenuti su zajednički bilateralni i međunarodni projekti (COST, Eureka, Erasmus Mundus Basileus, FP7), zajednički se organizuju naučni skupovi, povećana je mobilnost studenata i nastavnika, pokrenuta je inicijativa za formiranje akademske mreže regiona pod nazivom Met-Net, itd. Ove aktivnosti mogu ići u prilog i biti pozitivan podsticaj daljem razvoju, pre svega imajući u vidu težak period za nama, koji su karakterisali mali broj studenata, loša finansijska situacija, otežana saradnja sa privredom, problematična i usporena nabavka kapitalne istraživačke opreme, jer podizanje kvaliteta nastave po inoviranim, reformisanim programima pre svega se zasniva na osavremenjavanju NIR-a, kao prve pretpostavke kompetentnosti svake institucije ponaosob, što se dalje treba da potvrdi i na međunarodnom planu, povećanjem broja publikovanih radova na SCI listi i broja patenata zaposlenih na navedenim visokoobrazovnim institucijama [11].

ZAKLJUČAK

Prezentovani rezultati pregleda aktuelnog stanja u razvoju visokog obrazovanja metalurške struke u regionu ukazuju na to da se trenutno metalurgija izučava na sedam visokoobrazovnih institucija u regionu – u Ljubljani, Sisku, Zenici, Beogradu, Boru, Podgorici i Skoplju. Uočava se visok stepen usklađenosti kurikuluma pomenutih studijskih programa, po odgovarajućim nivoima, uz određenu diferencijaciju, pre svega na nivou modula. Takođe, stoji činjenica da pojedini fakulteti još uvek nisu do kraja sproveli neophodne reforme po Bolonjskom procesu, ali se očekuje da u skorijem periodu i ovi nedostaci budu otklonjeni, što će doprineti boljoj međusobnoj saradnji i mobilnosti, kao i praćenju tendencije stalnog poboljšanja u skladu sa najboljom svetskom praksom u ovoj oblasti [19].

LITERATURA

1. B. Komnenović, Srbija i Crna Gora u evropskom prostoru nauke, istraživanja i visokog obrazovanja (Evropski prostor nauke, istraživanja i visokog obrazovanja – mogućnosti Srbije i Crne Gore, priredio

-
- B. Komnenović), Alternativna akademska obrazovna mreža, Beograd, 2005., str. 7-14.
2. <http://www.ntf.uni-lj.si/ntf/index.php?page=static&item=276>
 3. <http://www.tmf.bg.ac.rs/index.php?p1=3&p2=2&p3=3&p4=0&p5=0&lang=sr>
 4. D. Živković et al., Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru - 50 godina visokog obrazovanja i nauke 1961.-2011., Grafomed, Bor, 2011.
 5. S. Muhamedagić, Pedeset godina Metalurškog - Fakulteta za metalurgiju i materijala i pet decenija razvoja visokog školstva Zenice, Bemust, Sarajevo, 2010.
 6. M. Gojić, Sveučilište u Zagrebu, Metalurški fakultet - 50 godina studija metalurgije, monografija 1960.-2010., Denona d.o.o., Zagreb, 2010.
 7. <http://www.pr.ac.rs/sr/home/o-univerzitetu/istorijat-univerziteta>
 8. <http://www.mtf.ucg.ac.me/>
 9. <http://www.tmf.ukim.edu.mk/Index.aspx?id=ist&grupa=zafak&page=static>
 10. Ž. Kamberović, T. Pavlović, K. Raić, 60 godina Saveza inženjera metalurgije 1952.-2012., RIC TMF, Beograd, 2012.
 11. Ž. Živković, D. Živković, Obrazovanje kadrova metalurške struke kod nas i u svetu početkom XXI veka, Tehnika RGM, 9-10 (1997), 72-74.
 12. <http://www.simet.unizg.hr/o-fakultetu/informacijski-paket-1>
 13. http://www.famm.unze.ba/index.php?option=com_content&view=article&id=132&Itemid=67
 14. <http://www.tmf.bg.ac.rs/index.php?p1=101&p2=0&p3=0&p4=0&p5=0&lang=sr>
 15. <http://www.metalurgija.tf.bor.ac.rs/>
 16. <http://www.mtf.ucg.ac.me/metalurgija.php>
 17. <http://www.tmf.ukim.edu.mk/Index.aspx?id=mdm&page=static&grupa=ndodiplomski>
 18. O. Gajić, S. Budić, B. Lungulov, „Jedinstvo u različitosti“ kao evropska dimenzija visokog obrazovanja, u: Evropske dimenzije promena obrazovnog sistema u Srbiji, Istraživanje i razvoj (Filozofski fakultet, Novi Sad), 5 (2009), 133 – 146.
 19. <http://www.usnews.com/education/worlds-best-universities-rankings/best-universities-metallurgy-and-materials?page=2>

UDK: 330.1:546.56(045)=861

STRUČNI RAD

Oblast: Ekonomija

TRŽIŠNI ASPEKTI BAKRA

MARKET ASPECTS OF COPPER

Gordana Slavković¹, Sandra Filipović¹, Jelena Stanković¹

¹Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor, Srbija

Izvod

Bakar je pored zlata i srebra, poznat kao osnovni proizvod Borskog rudarenja. Proizvodnja bakra u svetskim rudnicima, u poslednjih sto godina, je u stalnom porastu, zahvaljujući konstantnom razvoju tehnike i iznalaženju novih mogućnosti primene bakra i njegovih legura u različitim industrijama. Zadnju deceniju karakteriše trend porasta cena obojenih i plemenitih metala na Svetskom tržištu. Zato proizvodnja bakra, može biti znatno atraktivnija industrijska grana privrede Srbije od nekih drugih. Kako društvene potrebe za bakrom rastu, tako se otvaraju novi rudnici i postrojenja prerade bakra, a postojeći se proširuju.

Ključne reči: bakar, rudarstvo, proizvodnja, cena, potrošnja, industrija

Abstract

Copper is beside to gold and silver, known as the main product of the Bor mining. Production of copper mines in the world in the last hundred years is on the rise, thanks to the constant development of technology and finding new possibilities of application of copper and its alloys in different industries. The last decade characterizes upward trend in prices of non-ferrous and precious metals in the world market. Because of that, copper production may be more attractive industrial sectors of the Serbian economy than others. How social need for copper increases, that opening of new mines and copper processing plants, and existing are expand.

Keywords: copper, mining, production, price, consumption, industry

UVOD

Proizvodnja bakra u svetskim rudnicima, u poslednjih sto godina, je u stalnom porastu, zahvaljujući konstantnom razvoju tehnike i iznalaženju novih mogućnosti primene bakra i njegovih legura u različitim sferama života. Procenjuje se da je prosečni godišnji rast proizvodnje bakra u svetu oko 4%. U

¹ E-mail: gordana.slavkovic@irmbor.co.rs

rudnicima u svetu je, prema podacima ICSG (International Copper Study Group), proizvodnja bakra u 1900. godini iznosila oko 495.000 t bakra u rudi, dok je u 2012. godini proizvedeno preko 20.000.000 t, što je ilustrovano sledećom tabelom:

Tabela 1. Proizvodnja i potrošnja bakra i prognoza (000 t)

Godina	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Svetska proizvodnja prerađenog bakra	18361	18344	18816	19583	20565	21928	23218	24021	25219
Svetska potrošnja prerađenog bakra	18097	17655	18598	19746	20912	22067	23245	24256	25329

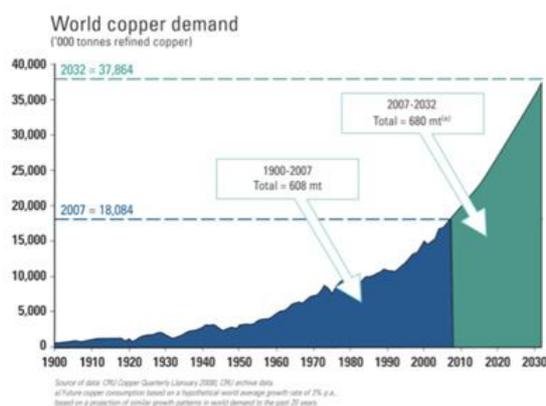
TRŽIŠNI ASPEKTI CENA BAKRA

Ekonomski, tehnološki i društveni faktori utiču na odnos ponude i potražnje bakra. Kako društvene potrebe za bakrom rastu, tako se otvaraju novi rudnici i postrojenja prerade bakra, a postojeći se proširuju. U vremenima kada je ponuda bakra veća od potražnje, postojeća proizvodnja se smanjuje ili negde čak i obustavlja, dok se planirana proširenja rudnika odlažu. Na taj način se vrši izvesna regulacija tržišta bakra.

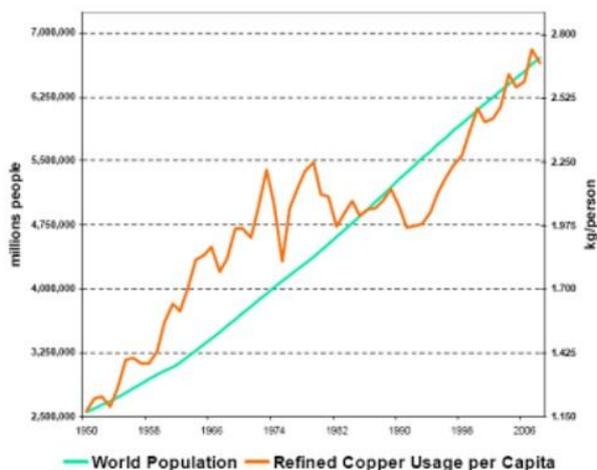
Potrošnja bakra u svetu prikazana je na grafiku 1.

Sa grafika 1. se uočava da pored primarne topioničke prerade, rast beleže i prerada bakra SX-EW tehnologijom kao i prerada sekundarnog bakra tj. reciklaža bakra. Potražnja za bakrom je naglo porasla u regionu Azije. U poslednjih petnaestak godina potrošnja u Aziji se duplirala, prvenstveno zahvaljujući ogromnom privrednom rastu Kine.

Potražnja za bakrom, u vidu poluproizvoda ili za primarnu potrošnju, prati porast svetske populacije. Na grafiku 2. prikazana je potrošnja bakra po glavi stanovnika u svetu.



Grafik 1. Potrošnja bakra u svetu (1000 t bakra) – izvor: CRU Copper group



Grafik 2. Potrošnja bakra po glavi stanovnika u svetu (1000 t bakra) – izvor: ICSG

Na teritoriji Srbije postoje mnogobrojne pojave i ležišta bakra od kojih je znatan broj u manjem ili većem stepenu istraživani i eksploatisani u različitim periodima počev od praslenskog.

Poznati genetski tipovi ležišta bakra koji se javljaju na teritoriji Srbije su uglavnom skarnovski tip i hidrotermalna ležišta bakra. Najznačajnija ležišta i pojave bakra formirana na teritoriji Srbije pripadaju grupi hidrotermalnih ležišta mineralnih sirovina. Najveće koncentracije bakra nalaze se u Borskoj metalogenetskoj zoni, Karpato – Balkanske metalogenetske provincije, dužine preko 100 km, širine do 20 km.

Proizvodnja bakra u Srbiji, od svog početka, 1905. godine, imala je stalni rast uz sporadične kratkotrajne padove, tako da je 1990. godine dostigla nivo od 105.000 t katodnog bakra iz sopstvenih sirovina, da bi od tada pa do danas bila u stalnom padu i sada iznosi oko 20.000 t godišnje.

Sadašnja proizvodnja bakra limitirana je sa nekoliko faktora, koji su vezani pre svega za: stanje rudarskih radova u rudnicima, zastarela oprema i tehnologija i instalisane rudarske i metalurške kapacitete. Zbog zastarelosti opreme i tehnologije ostvaruju se veoma niski učinci u proizvodnji, a u isto vreme visoki troškovi proizvodnje.

Na osnovu utvrđenih i raspoloživih mineralnih resursa rude bakra, proizvodnja bakra u Srbiji može da se podigne na značajno viši nivo, 100.000 t do 150.000 t katodnog bakra godišnje, a to može biti veoma važan činilac u privredi Srbije, obzirom da zadnju deceniju karakteriše trend porasta cena obojenih i plemenitih metala na Svetskom tržištu.

Kretanje cena bakra u periodu 1970 - 2012. godina prikazana je na grafiku 3.

Najniža cena bakra u posmatranom periodu bila je 1970. godine 1.416 US\$/t. Od 2004. godine postoji trend rasta cene bakra sa privremenim padom

cene u 2009. godini. U 2011. godini cena bakra dostigla je istorijski maksimum: prosek 8.828 US\$/t. Dugoročna prognoza cene za ovaj metal je oko 6.800 US\$/t, grafik 4.



Grafik 3. Cene bakra u periodu 1970.-2012. godine



Grafik 4. Prognoza cene bakra za period 2013.-2025. godina

TRŽIŠNI ASPEKTI CENA ZLATA I SREBRA

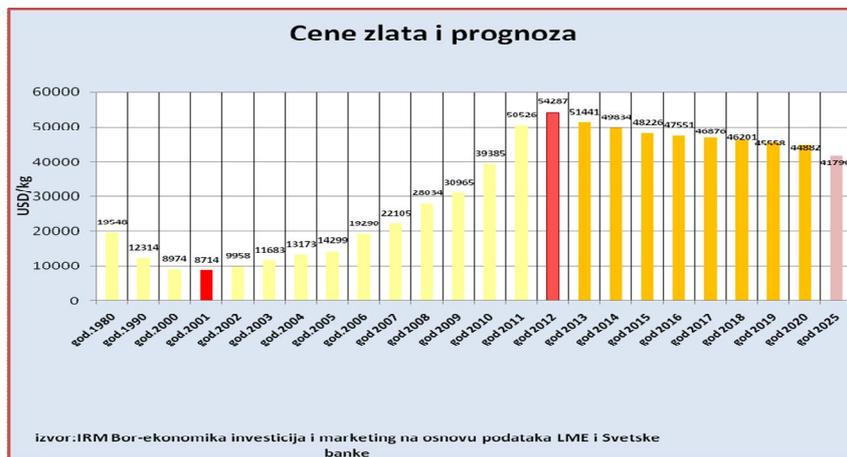
Cene zlata u prošlosti, kao i prognoza kretanja cena zlata u budućnosti prikazana je na grafiku 5.

Najniža cena zlata bila 2001. godine 8.714 US\$/kg. Od 2001. godine postoji trend rasta cena zlata. U 2012. godini cena zlata dostigla je istorijski maksimum: prosek 54.287 US\$/kg. Dugoročna prognoza cene za ovaj metal je oko 40.000 US\$/kg.

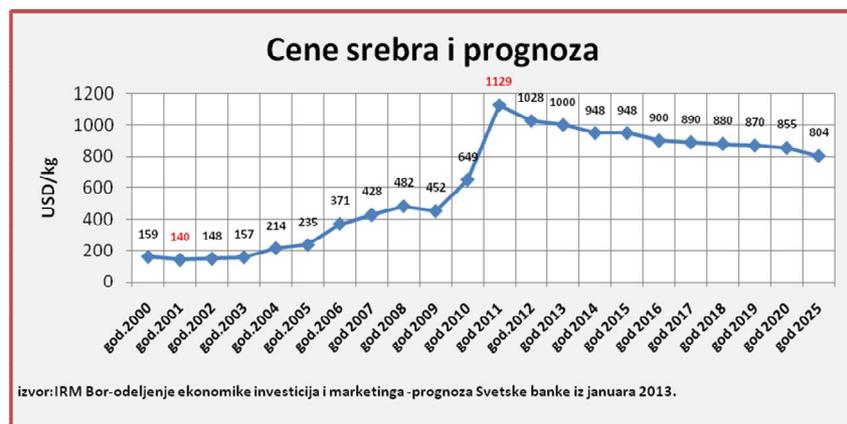
Cene srebra u prošlosti, kao i prognoza kretanja cena srebra u budućnosti prikazana je na grafiku 6.

Najniža cena srebra bila 2001 godine 140 US\$/kg. Od 2001 godine postoji trend rasta cena srebra. U 2011 godini cena srebra dostigla je istorijski

maksimum: prosek 1071 US\$/kg. Dugoročna prognoza cene za ovaj metal je oko 800 US\$/kg.



Grafik 5. Kretanje i prognoza cena zlata



Grafik 6. Kretanje i prognoza cena srebra

Zašto proizvodnja bakra i proizvodi na bazi bakra i njegovih legura, može biti znatno atraktivnija industrijska grana privrede Srbije od nekih drugih?

Osnovne prednosti proizvodnje bakra i proizvoda od bakra i njegovih legura u odnosu na većinu drugih proizvoda srpske privrede su:

- vrhunski kvalitet proizvoda, (katode čistoće 99,99%), koji su apsolutno konkurentni na svetskom tržištu,
- obezbeđeno tržište za kompletan proizvodni program,
- siguran devizni priliv za državu,

- postoji ogromno iskustvo, stručni kadrovi i dugogodišnja tradicija proizvodnje bakra u Srbiji,
- postoji potrebna infrastruktura i drugi komunalni objekti.

ZAKLJUČAK

Bakar je pored zlata i srebra, poznat kao osnovni proizvod Borskog rudarenja. Proizvodnja bakra u svetskim rudnicima, u poslednjih sto godina, je u stalnom porastu, zahvaljujući konstantnom razvoju tehnike i iznalaženju novih mogućnosti primene bakra i njegovih legura u različitim industrijama. Zadnju deceniju karakteriše trend porasta cena obojenih i plemenitih metala na Svetskom tržištu.

Analiza cena metala bakra, zlata i srebra obuhvata kako njihovo sagledavanje u prošlosti (po mogućnosti za što duži vremenski period) tako i razmatranje prognoza renomiranih institucija kao što je Svetska banka. Najniža cena bakra u posmatranom periodu bila je 1970. godine 1.416 US\$/t. Od 2004. godine postoji trend rasta cene bakra sa privremenim padom cene u 2009. godini. U 2011. godini cena bakra dostigla je istorijski maksimum: prosek 8.828 US\$/t. Dugoročna prognoza cene za ovaj metal je oko 6.800 US\$/t.

Najniža cena zlata bila 2001. godine 8.714 US\$/kg. Od 2001. godine postoji trend rasta cene zlata. U 2012. godini cena zlata dostigla je istorijski maksimum: prosek 54.287 US\$/kg. Dugoročna prognoza cene za ovaj metal je oko 40.000 US\$/kg. Najniža cena srebra bila 2001. godine 140 US\$/kg. Od 2001. godine postoji trend rasta cene srebra. U 2011. godini cena srebra dostigla je istorijski maksimum: prosek 1.071 US\$/kg. Dugoročna prognoza cene za ovaj metal je oko 800 US\$/kg.

ZAHVALNOST

Ovaj rad je proistekao iz projekta broj 37001 pod nazivom: „Uticaj rudarskog otpada iz RTB-a Bor na zagađenje vodotokova sa predlogom mera i postupaka za smanjenje štetnog dejstva na životnu sredinu“ koji je finansiran sredstvima Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

LITERATURA

- [1] Berzanski podaci (LME, NYMEX, COMEX)
- [2] Metal Bulletin Research London, GFMS, JM, ICSG, CRU
- [3] www.worldbank.org

UDK: 658.8.03:546.56(045)=861

STRUČNI RAD

Oblast: Ekonomija

**ISTRAŽIVANJE UTICAJNIH FAKTORA NA KRETANJE
CENA METALA BAKRA**

**THE RESEARCH ON THE INFLUENTIAL FACTORS ON
THE PRICEMOVEMENTS OF COPPER**

Andela Vasiljević¹

¹Fakultet inženjerskih nauka u Kragujevcu

Izvod

Rast i razvoj proizvodnje bakra je sa većim ili manjim intenzitetom pratio razvoj industrijske proizvodnje u svetu. Potrošnja bakra je u stalnom porastu, s tim što je u poslednjih 30 godina znatno intenzivnija u odnosu na raniji period. Nepredvidive promene na finansijskim tržištima primoravaju investitore da tragaju za boljim načinima procene budućih kretanja ekonomije, pri čemu učesnici tržišta tradicionalno i uspešno prate promene cene bakra kao pokazatelja promena. Bakar i cena bakra na berzi su u snažnoj vezi sa privrednim rastom, na prvom mestu u industrijskom razvoju Kine. Pored toga što je ekonomski veoma isplativa, reciklaža bakra predstavlja vrlo važan faktor za očuvanje životne sredine.

Cene metala, odnosno cenu bakra, određuju cene na svetskim berzama. Kompleksno je prognozirati cene metala. Time se bave specijalizovane institucije. Rad daje osvrt na kretanje cene bakra na berzi i faktore koji na nju utiču.

Ključne reči: proizvodnja, potrošnja, reciklaža, cena, bakar, berza

Abstract

The growth and the development of the production of copper have more or less followed the development of the industry in the world. Copper consumption is in constant growth, especially in the last 30 years. Unpredictable fluctuations on financial markets have been forcing the investors to search for better ways of predicting the future movements of the market. Market participants have traditionally and successfully followed the changes of the price of copper as the indicator of the changes on the market. Copper and copper prices on the stock market are in firm relation to the growth of industry, with the industry growth of China in the first place. Apart from being very lucrative, the recycling of copper is a very important factor for the preservation of the environment.

Metal or copper prices are determined by prices on world exchanges. Forecast of metal prices is complex. Specialize institutes are practicing by that. This paper gives description of copper prices and their forecast.

Keywords: production, spending, recycling, price, copper, exchange

¹ E-mail: andjelavasiljevic88@hotmail.com

UVOD

Zahvaljujući svojim prirodnim svojstvima, bakar je imao ogromnu ulogu u razvoju svetske civilizacije. Nepredvidive promene na finansijskim tržištima primoravaju investitore da tragaju za boljim načinima procene budućih kretanja ekonomije, pri čemu učesnici tržišta tradicionalno i uspešno prate promene cene bakra kao pokazatelja promena. Bakar je godinama imao tendenciju da se kreće naviše kada je globalni rast jak, i naniže kad je globalni rast slabiji. Eksperti prate cenu bakra da bi predvideli rast ekonomije ili recesiju. Na rast cena bakra u velikoj meri uticala je i potražnja iz Kine, ali i nizak sadržaj metala u rudnicima širom sveta. [1] Rast i razvoj proizvodnje bakra je sa većim ili manjim intenzitetom pratio razvoj industrijske proizvodnje u svetu, pojavu novih proizvoda i krupne strukturne promene u toj oblasti. Ali ta veza nije bila jednosmerna u kojoj se razvoj proizvodnje bakra pojavljuje kao posledica opšteg privrednog progressa, već je bakar sa svojim upotrebnim svojstvima bio podsticaj i osnova za istraživanje i pojavu novih proizvoda kojima se širila struktura svetske proizvodnje u skladu sa naučnim i tehnološkim dostignućima. Rast proizvodnje bakra u dvadesetom veku zasnivao se na intenzivnom razvoju tehnike i tehnologije, koji je omogućio masovnu proizvodnju i eksploataciju sve siromašnijih ruda, povećanje produktivnosti rada i realno sniženje troškova proizvodnje.

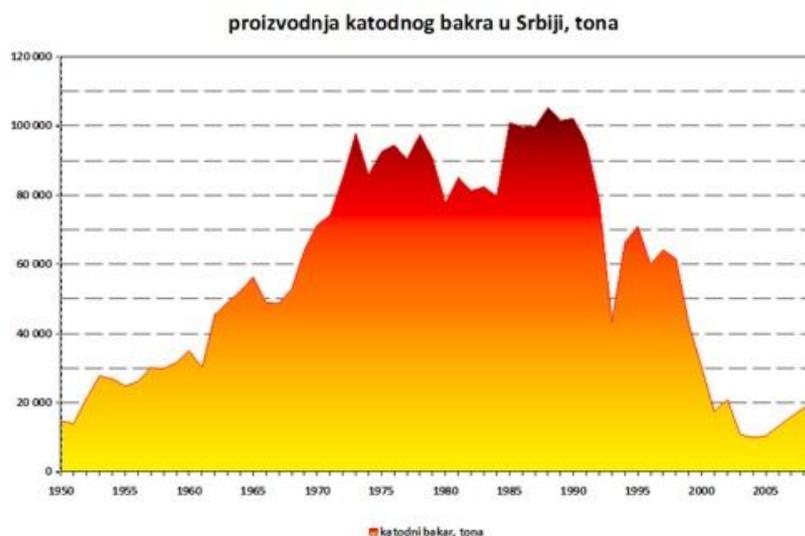
Prosečna stopa rasta proizvodnje bakra u svetu za period od kada se ona prati, a to je od 1900. godine, iznosi 4%. U zadnjih 20 godina, proizvodnja bakra u svetu je znatno intenzivnija u odnosu na prethodni period, što se jasno vidi sa dijagrama na slici 3. Potrošnja bakra je takođe u stalnom porastu, s tim što je potrošnja bakra u poslednjih 30 godina takođe znatno intenzivnija u odnosu na raniji period (slika 9). Ovakav nivo potrošnje uzrokovan je uglavnom naglim industrijskim razvojem Kine i nekih drugih zemalja dalekog istoka. Proizvodnja bakra u Srbiji, nažalost ima potpuno suprotan trend u odnosu na svet, tako da je proizvodnja pala sa 105 hiljada tona katodnog bakra u 1990. na 20 hiljada tona u 2009. godini, za šta ako se uzmu raspoloživi mineralni resursi rude bakra u Srbiji nema nikakvog opravdanja. Srbija raspolaže rudnim rezervama bakra, sa oko 2% u odnosu na svetske rezerve. A proizvodnja bakra u Srbiji u odnosu na svetsku proizvodnju iznosi 0,00092%, što je očigledna disproporcija proizvodnje u odnosu na raspoložive mineralne resurse u Srbiji. Mineralni resursi rude bakra u Srbiji, koji iznose oko 2,5 milijarde tona rude sa oko 10,5 miliona tona bakra u rudi, omogućavaju znatno viši nivo proizvodnje bakra, a to može da predstavlja ozbiljan privredni potencijal Srbije. [2]

Cilj ovog rada je istraživanje uticajnih faktora na kretanje cene bakra i da se ukaže na ekonomske i ostale faktore koji utiču na kretanje cene bakra. U ovom radu će biti dat kratak osvrt na reciklažu bakra jer se smatra da se oko dve trećine upotrebljenog bakra može vremenom ponovo koristiti kao sekundarna sirovina.

1. PROIZVODNJA BAKRA

1.1. Proizvodnja bakra u Srbiji

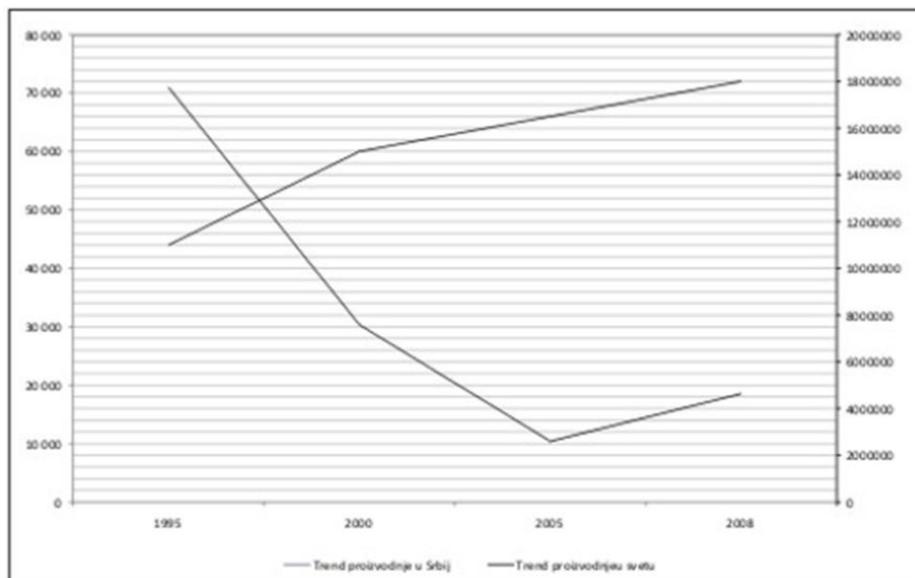
Proizvodnja bakra u Srbiji, kao što je i prikazano na slici 1, od svog početka, 1905. godine, imala je stalni rast uz sporadične kratkotrajne padove, tako da je 1990. godine dostigla nivo od 105.000 t katodnog bakra iz sopstvenih sirovina, da bi od tada pa do danas bila u stalnom padu i sada iznosi oko 20.000 t godišnje.



Sl. 1. Proizvodnja katodnog bakra u Srbiji [2]

Sadašnja proizvodnja bakra limitirana je sa nekoliko faktora, koji su vezani presvega za: stanje rudarskih radova u rudnicima, zastarela oprema i tehnologija i instalisane rudarske i metalurške kapacitete. Zbog zastarelosti opreme i tehnologije ostvaruju se veoma niski učinci u proizvodnji, a u isto vreme visoki troškovi proizvodnje, što sadašnju proizvodnju bakra čini neprofitabilnom i uprkos veoma povoljnoj ceni bakra. Značajno intenzivirana proizvodnja i potrošnja bakra krajem prošlog i početkom ovog veka, svakako nameću potrebu sagledavanja i preispitivanja perspektive proizvodnjebakra u Srbiji u svetlu tih promena.

Međutim, ono što je nažalost činjenica, a to je, da je trend proizvodnje u svetu u zadnjih 20 godina u intenzivnom porastu, a da je u Srbiji proizvodnja bakra u tom istom periodu u naglom padu, što je jasno prikazano dijagramom na slici 2, što je gledano sa finansijske strane ne nadoknativ gubitak za Srbiju.



Sl. 2. Proizvodnja bakra u Svetu i Srbiji, u tonama [2]

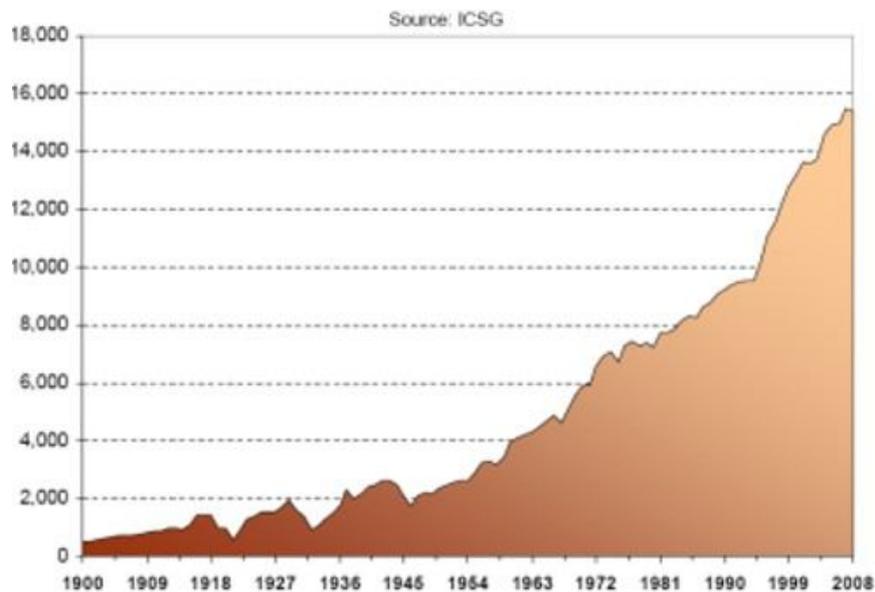
Istražene geološke rezerve su dovoljne za daleko veću proizvodnju od sadašnje, za narednih 5 do 6 decenija, ne računajući potencijalne i nove rezerve koje će biti istražene. Da bi se značajno podigao nivo proizvodnje bakra u Srbiji, potrebno je investirati u rudarstvo oko 300.000.000 dolara u narednih 5 godina, i oko 200.000.000 dolara za izgradnju nove topionice. Tako da se sa sadašnjih 25.000 t bakra dostigne nivo od oko 70.000 do 80.000 t katodnog bakra godišnje. Pri tome se moraju imati u vidu nekoliko veoma važnih činjenica, kao što su: količine i kvalitet raspoloživih rudnih rezervi, razvoj tehnike i tehnologije, cene bakra i osnovne faktore koji određuju njihovo dugoročno kretanje, izgrađene rudničke i metalurške kapacitete, kadrovski potencijal i stečeno iskustvo u ovoj oblasti, raspoložive infrastrukturne, komunalne i druge objekte. Procena perspektive razvoja ove proizvodnje mora biti sveobuhvatna, zasnovana na relevantnim činjenicama. Dugoročno gledano takva proizvodnja može da se ostvari podizanjem sadašnjih instalisanih kapaciteta za preradu rude u rudnicima od oko 13.000.000 t na oko 23.000.000 t rude godišnje. Ovakvo povećanje proizvodnje bakra u Srbiji u narednih 5 godina, donelo bi Srbiji 300.000.000 do 500.000.000 dolara deviznog prihoda, tako da proizvodnja bakra može da bude

veoma važan oslonac privredi Srbije, što bi značajno moglo da utiče na devizni deficit Srbije [2].

S tim što treba napomenuti da se godišnja proizvodnja bakra može povećati i na nivo od 100.000 do 150.000 t katodnog bakra, uključenjem u rudarsku proizvodnju i eksploataciju ležišta Borska reka, koje će se eksploatisati podzemnim načinom otkopavanja. Procenjena ulaganja za otvaranje rudnika Borska reka su oko 300.000.000 dolara. Tako da prihodi od proizvodnje bakra u Srbiji mogu da dostignu i nivo do jedne milijarde dolara godišnje. A to je moguće, ako država Srbija proizvodnju i preradu bakra stavi u strateški pravac razvoja srpske privrede.

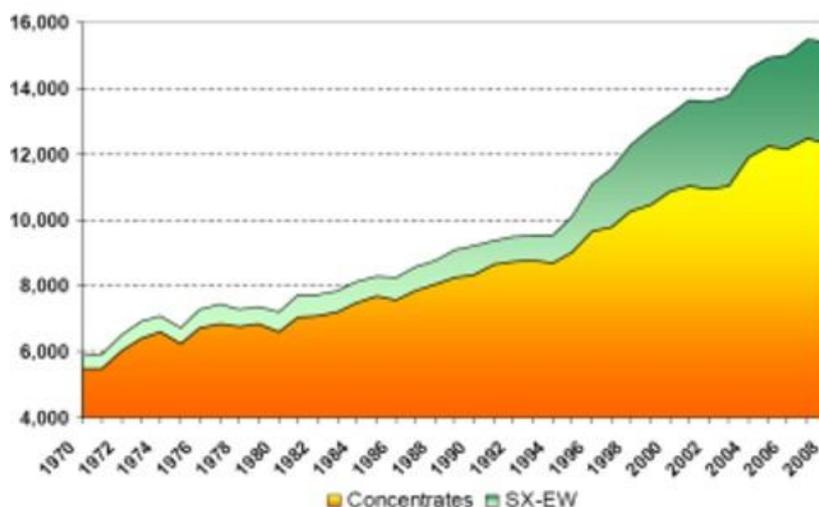
1.2. Proizvodnja bakra u svetu

Proizvodnja bakra u svetskim rudnicima, u poslednjih sto godina, je u stalnom porastu, zahvaljujući konstantnom razvoju tehnike i iznalaženju novih mogućnosti primene bakra i njegovih legura u različitim sferama života. Procenjuje se da je prosečni godišnji rast proizvodnje bakra u svetu oko 4%. U rudnicima u svetu je, prema podacima ICSG (*International Copper Study Group*), proizvodnja bakra u 1900. godini iznosila oko 495.000 t bakra u rudi, dok je u 2008. godini proizvedeno preko 15.000.000 t, što se jasno vidi na slici 3.



Sl. 3. Proizvodnja bakra u svetskim rudnicima u periodu od 1900 - 2008. godine (1000 t bakra u rudi) [6]

U poslednjih tridesetak godina, pored klasičnog načina otkopavanja i prerade rude i koncentrata bakra u rudnicima, razvijene su i alternativne metode dobijanja i prerade bakra, kao što su luženje kiselinama ili bio-luženje i prerada Solvent Extraction- Electro Winning tehnologijom (SX-EW). Izraziti rast i razvoj alternativnih metoda dobijanja bakra naročito je izražen u poslednjih desetak godina.

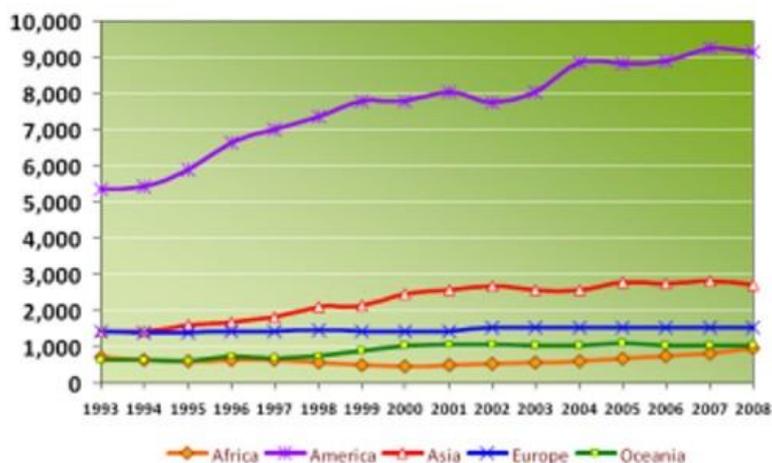


Sl. 4. *Proizvodnja bakra u svetskim rudnicima u periodu od 1970. - 2008. godine u zavisnosti od načina prerade (1000 t bakra u rudi) [6]*

Proizvodnja bakra po svojoj prirodi nužno podrazumeva dugoročnu strategiju razvoja zasnovanu na raspoloživim prirodnim resursima, praćenju potrošnje i proizvodnje u zemlji i svetu, analizi proizvodnih troškova, prodajnih cena i svim drugim poznatim relevantnim faktorima koji određuju mogućnosti i potrebe razvoja ove proizvodnje.

Strateški cilj proizvodnje bakra je:

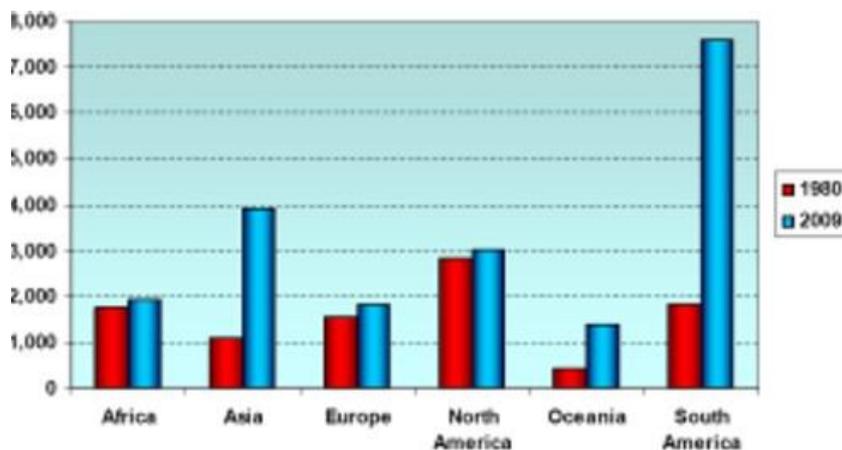
- Ekonomična proizvodnja bakra u postojećim prirodnim uslovima eksploatacije sa odgovarajućim količinama pratećih metala i potpunim korišćenjem kapaciteta.
- Unapređenje proizvodnje primenom najsavremenijih dostignuća u svetu u tehnici i tehnologiji, s ciljem da se uz visoki stepen korišćenja izgrađenih kapaciteta bitno povećava produktivnost rada, obezbedi rentabilnija proizvodnja bakra a naročito u uslovima eksploatacije siromašnih rudnih rezervi.
- Smanjenje troškova proizvodnje u svim fazama procesa rada i njihovo uklapanje u svetske kriterijume.



Sl. 5. Proizvodnja bakra u svetskim rudnicima u periodu od 1993. - 2008. godine po regionima (1000 t bakra u rudi) [6]

Posmatrano po regionima u svetu, veoma je izražen razvoj rudarske proizvodnje u Južnoj Americi, gde je Čile vodeći svetski proizvođač bakra, sa proizvodnjom od preko 5.300.000 t u 2008. godini.

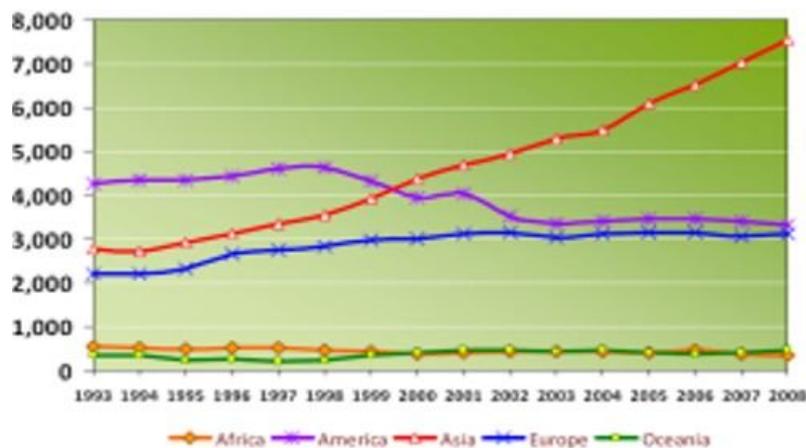
Geološkim istraživanjima i otvaranjem novih rudnika u svetu, kao i razvojem tehnike i tehnologije u rudarstvu, značajno su povećani raspoloživi godišnji kapaciteti rudnika [4].



Sl. 6. Rudnički kapaciteti po regionima [6]

Međutim, rast rudarske proizvodnje u Južnoj Americi nije praćen i rastom topioničke prerade. Primat u topioničkoj preradi, od pre desetak godina, preuzeo je region Azije, gde najveću ulogu ima Kina, sa oko 23% od ukupne svetske

topioničke prerade u 2008. godini, uz konstantno povećanje svojih topioničkih kapaciteta.



Sl. 7. *Proizvodnja bakra u svetskim topionicama u periodu od 1993. - 2008. godine po regionima (1000 t bakra u rudi) [6]*

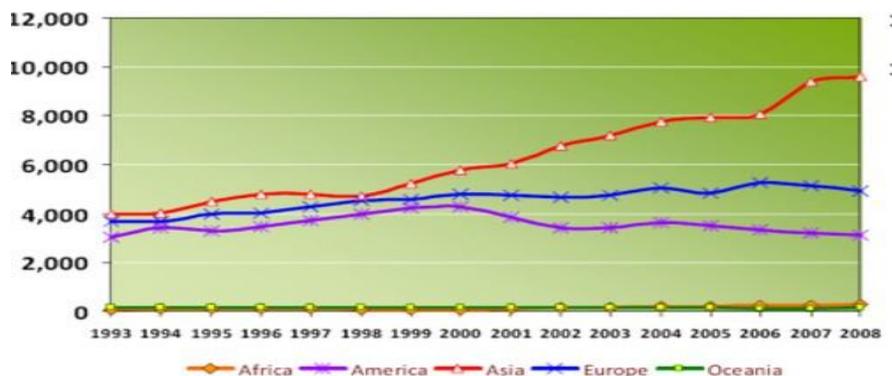
2. POTROŠNJA BAKRA U SVETU

Posmatrajući period od 1900. godine, potrošnja bakra u svetu je u konstantnom porastu, prateći globalni rast i razvoj čovečanstva. Od oko 500.000 t bakra u 1900., potražnja za bakrom je porasla na oko 18.000.000 t u 2008. godini, sa prosečnim godišnjim rastom od oko 4%.



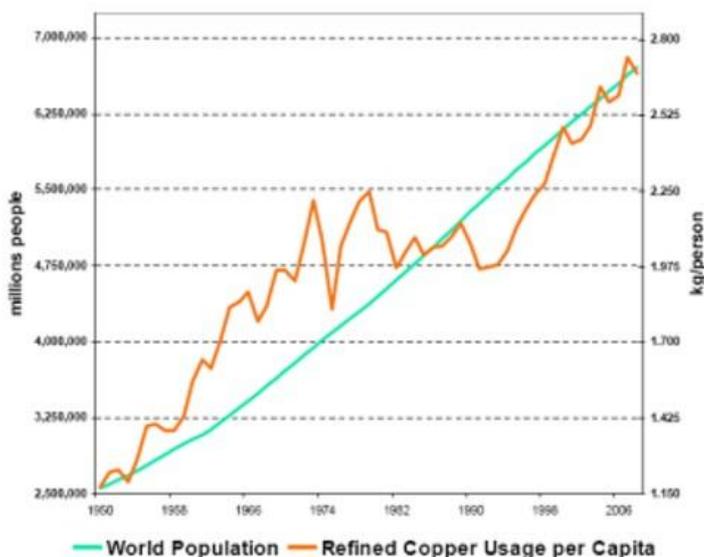
Sl. 8. *Potrošnja katodnog bakra u svetu u periodu od 1900 - 2008. (1000 t bakra) [6]*

Potražnja za bakrom je naglo porasla u regionu Azije. U poslednjih petnaestak godina potrošnja u Aziji se duplirala, prvenstveno zahvaljujući ogromnom privrednom rastu Kine [4].



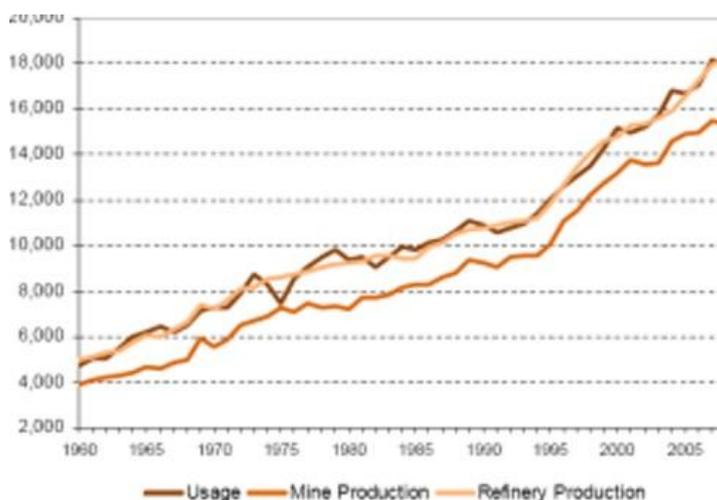
Sl. 9. Potrošnja katodnog bakra u svetu po regionima u periodu od 1993. - 2008. [6]

Potražnja za bakrom, u vidu poluproizvoda ili za primarnu potrošnju, prati porast svetske populacije. Na sledećem dijagramu prikazana je potrošnja bakra po glavi stanovnika u svetu [4].



Sl. 10. Potrošnja bakra po glavi stanovnika u svetu u periodu od 1950. - 2008. godine (1000 t bakra) [6]

Ekonomski, tehnološki i društveni faktori utiču na odnos ponude i potražnje bakra. Kako društvene potrebe za bakrom rastu, tako se otvaraju novi rudnici i postrojenja prerade bakra, a postojeći se proširuju.



Sl. 11. Proizvodnja i potrošnja bakra u svetu u periodu od 1960 - 2008. (1000 t bakra) [6]

U vremenima kada je ponuda bakra veća od potražnje, postojeća proizvodnja se smanjuje ili negde čak i obustavlja, dok se planirana proširenja rudnika odlažu. Na taj način se vrši izvesnaregulacija tržišta bakra, što se može videti na uporednom dijagramu proizvodnje i potrošnje u svetu [2].

3. KRETANJE CENE BAKRA

Cene metala, nezavisno od proizvodne cene, određuju, pre svega, cene na svetskim berzama (LME, NYMEX, COMEX, SHME...). Veoma je kompleksno i neizvesno predvideti buduće cene, ali se mogu uzeti trendovi sa berze metala, kao i analize specijalizovanih eksperata. Kompleksnost se ogleda u preplitanju privredno-ekonomskih, političkih i geopolitičkih prilika u svetu.

Desetogodišnja prosečna cena bakra iznosi 3.035 USD/t, dok petogodišnja prosečna cena bakara iznosi 4.425 USD/t.

Za 2007. godinu kretanje cene bakra prikazano je u tabeli 1. Tokom januara 2008. i početkom februara berzanska prodajna cena katode bakra iznosi oko 7.000 USD \$/t. Inače prosečna cena bakra (poslednjih 14 godina) iznosi 2.872 USD/t. Najniža cena bila je 1999. godine u proseku 1.574 USD/t.

Tabela 1. Kretanje cene bakra u 2007. godini (u US \$) [3]

Mesec	Pros. cena u USD\$/T
Januar	5.700
Februar	5.980
Mart	6.452
April	7.764
Maj	7.764
Jun	7.476
Jul	7.973
Avgust	7.514
Septembar	7.513
Oktoabar	8.008
Novembar	6.967
Decembar	6.588

Dugoročnu prognozu cena bakra data je u tabeli 2 od strane poznatih analitičara consulting institucija [3], dok su ekonomisti Međunarodnog monetarnog fonda (IMF) predvideli cenu bakra u 2012. oko 3.000 \$/t katode.

Ekonomisti IMF i ABARE-Australijskog Biroa, prognoziraju (u „World Economic Outlook GDP”) sniženje cene bakra (i aluminijuma) do 2012. Godine postepeno od 35-57 %.

Prosečna cena kretanja bakra u 2007. iznosila je 7.135 \$/t. Tokom januara 2008. i početkom februara berzanska prodajna cena katode bakra iznosi oko 7.000 USD \$/t. Prosečna cena bakra (poslednjih 14 godina) iznosi 2.872 USD/t. Najniža cena bila je 1999. godine u proseku 1.574 USD/t.

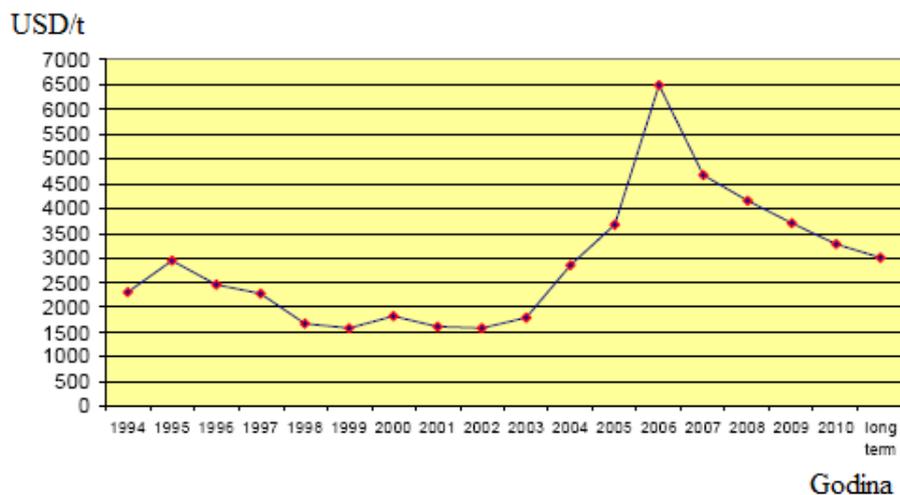
Cene bakra su od septembra 2010. godine opale za 23%, iznenađujući berzanske trgovce i ukazujući na razlike za finansijska tržišta. Cena bakra za isporuke u decembru je na Njujorškoj berzi „Comex“ opala za 5,6% na 3,236 dolara za libru, minimum u prethodnih 13 meseci.

Bakar ima široku primenu praktično u svim industrijskim sektorima, zbog čega se smatra za jedan od najboljih ekonomskih indikatora. Tako je 2009. godine u jeku globalne krize krahu berzi prethodio pojefinjenje tog metala. Razlog za pad cene bakra ima i previše, upozoravaju analitičari i ukazuju na globalno usporavanje tempa rasta svetske ekonomije i pad tražnje na tržištima u usponu, posebno Kini koja obezbeđuje 40% svetske potrošnje tog metala.

Tabela 2. Dugoročna prognoza kretanja cene bakra (u US \$) [3]

USS/T	2007.	2008.	2009.	2010.	dugor.
CRU	2.778	2.205	1.984	2.205	2.205
Brook Hunt	3.086	2.160	2.160	2.160	2.160
Barclays Capital Research	4.221	3.792	3.792	3.792	2.205
Macquarie Research	3.527	2.976	2.646	2.646	2.425
Prosek	3.395	2.778	2.315	2.425	2.315
Bloomberg (prognoza)	4.627	4.144	3.704	3.285	3.285

U 2010. Bloomberg koriguje svoju prognozu cene bakra za 2012. godinu na prosečnu cenu od 6.430 \$/t. Codelco tvrdi da će cena bakra ostati iznad dugoročno projektovane cene bakra zbog velike tražnje za „crvenim“ metalom koja dolazi iz Azije. Dugoročno gledano, cene svih obojenih metala će se spustiti sa trenutno visokih nivoa, jer će proizvodnja nastaviti da se usklađuje sa tražnjom, iako će viši proizvodni troškovi (zarade radnika, troškovi za gorivo i opremu), takođe gledano na duži rok, verovatno održati cene iznad istorijskih proseka. Analitičari ukazuju da slabljenje američke ekonomije verovatno neće duže delovati negativno na cenu bakra jer vodeći potrošač tog metala nisu SAD nego Kina [3].

**Sl. 12.** Kretanje cene bakra (u US \$) [3]

Na Londonskoj berzi metala, trenutna cena bakra iznosi 7.946 \$/t, što se i vidi na slici 13. U analizama kretanja cena na međunarodnom finansijskom tržištu

cena bakra na berzi vrlo često zauzima značajno mesto i interesovanje investitora. To je posledica uske povezanosti bakra kao robe, sa privrednim rastom vodećih svetskih ekonomija sveta [10].



Sl. 13. Kretanje cene bakra od 01.01.2010. do 19.12.2012. [10]

4. EKONOMSKI FAKTORI

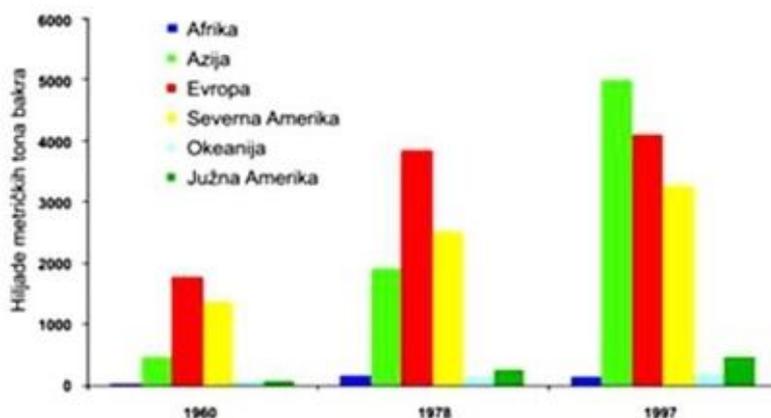
Svetska potražnja za bakrom sve više uzima maha u poslednjim decenijama (slika 14), prateći rapidnu ekspanziju kineske ekonomije i razvoj država bivšeg Sovjetskog Saveza. Tokom proteklih deset godina, potrošnja bakra u Kini iznosila je 12%, da bi 2005. godine ta vrednost iznosila čak 22% svetske proizvodnje bakra. Tokom zadnjeg perioda, primarna svetska proizvodnja bakra rasla je u proseku 3,2% godišnje.

Povećana potražnja bakra dovela je i do drastičnog pada cena od 2003. godine. Prosečna cena tone bakra na Londonskoj berzi metala 2005. godine bila je US\$ 3.684/t Cu (US\$ 1.67/lb), što je bila njegova najveća vrednost od 1989. godine. Do maja 2006. cena bakra je porasla na više od US\$ 4.04/lb, a najnoviji podaci ukazuju da je cena bakra u 2009. godini išla uzlaznom putanjom i približila se vrednosti od US\$ 7.500/t Cu (slika 15), dok u tekućem periodu ove godine ta cena varira od US\$ 6.500-8.000/t Cu.

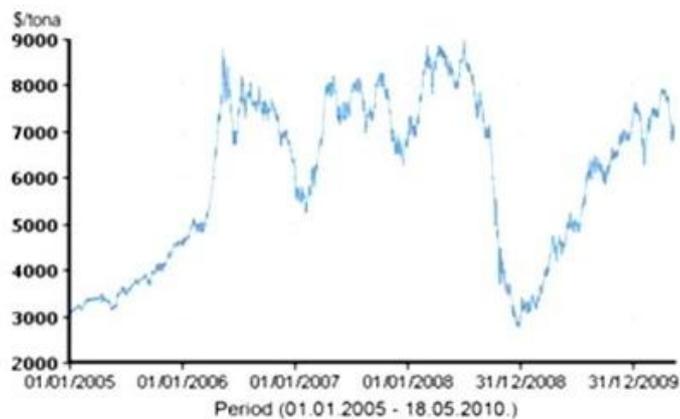
Iako su sredinom prošlog veka postojali brojni pokušaji zamene bakra jeftinijim metalima, posebno u oblasti elektronike i elektrifikacije, pokazalo se da bakar kao takav, zbog svojih karakteristika ne može imati adekvatnu zamenu, što je još jedan razlog sve veće proizvodnje i potražnje. Raspodela primene bakra po

industrijskim granama u poslednjih nekoliko godina bila bi: građevinska industrija - 37%, elektroindustrija - 26%, saobraćaj - 11% [11].

Prosečni podaci za navedeni period ukazuju da svetska potražnja za rafinisanim bakrom iznosi oko 16.500.000 t.



Sl. 14. Potrošnja bakra u svetu u periodu 1960.-1997. godine [11]



Sl. 15. Cena bakra na Londonskoj berzi metala u periodu 2005.-2010. godina [11]

4.1. Ostali uticajni faktori

Faktori koji pored ekonomskih mogu uticati na cenu bakra su:

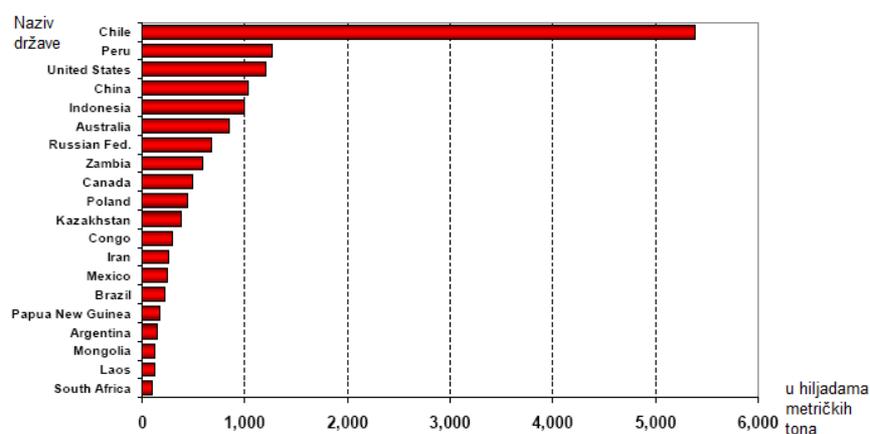
1. Cene bakra značajno i brzo slede *promene u tražnji i zalihama*. Trend cena usko je povezan sa poslovnim ciklusom. Bakar se prodaje na svetskom

nivou i proizvodi se u većoj meri za izvoz i to u zemljama koje same nisu veliki potrošači. Zbog toga su cene bakra posebno osetljive na finansijske i političke događaje koji su vezani za zemlje potrošače [12].

2. *Međusobni odnosi valuta* - U analizama kretanja cena na međunarodnom finansijskom tržištu cena bakra na berzi vrlo često zauzima značajno mesto i interesovanje investitora. Za sve učesnike na međunarodnom finansijskom tržištu i svetskim robnim berzama od suštinskog je značaja činjenica da su bakar i cena bakra na berzi u snažnoj vezi sa privrednim rastom, na prvom mestu u industrijskom razvoju Kine. Potražnja za bakrom je naglo porasla u regionu Azije. U poslednjih petnaestak godina potrošnja u Aziji se duplirala, prvenstveno zahvaljujući ogromnom privrednom rastu Kine. Posebna važnost ove informacije je u tome što se zna da je Kina najrazvijenija zemlja trećeg sveta, zajedno sa Indijom, te da poslednjih godina ima značajnu ulogu u dešavanjima globalnih tržišnih prilika. Velike potrebe Kine za bakrom koja ima značajni rast proizvodnje u građevinskoj i telekomunikacijskoj industriji prouzrokovala je i nagle promene cena bakra na berzi. Slična situacija je i u drugim vodećim ekonomijama sveta, tako da je krajem prošle godine zabeležena rekordna cena bakra na berzi u Londonu, a kao razlog tome navedena je informacija o isčekivanju globalnog privrednog napretka s početka tekuće 2011. godine. Tom prilikom je zabeležena cena od 9.392 dolara za metričku tonu bakra, što je izuzetno visoka cena bakra na berzi. Sve vodeće brokerske kuće pažljivo prate kretanje cena zlata, nafte i bakra, kao strateški važnih sirovina, a posebno zbog njihovog uticaja na tržišna kretanja uopšte.

Da bi se razumeo značaj bakra kao strateškog materijala i visoka cena bakra na berzi, potrebno je napraviti detaljniju analizu o najvećim proizvođačima. Vodeći svetski proizvođač bakra je Čile (na slici 16 su dati najveći proizvođači bakra u 2009.), ali Čileanski pezo nije u sistemu plutajućih valuta. Zato je značajniji drugi najveći proizvođač bakra u svetu, Australija sa svojom slobodno plutajućom valutom, australijskim dolarom koji spada u najtrgovanije valute na međunarodnom forex tržištu. Ništa manje važna činjenica za kretanje cena bakra na berzi je i podatak da veza ove robne valute igra veoma bitnu ulogu u kretanju cene kanadskog i novozelanskog dolara. Uopšteno, tesna povezanost odnosa roba i valuta se posebno prati i izražava kroz indeks cene robe (CRB) gde obavezno figuriraju kretanje cena bakra, zlata i nafte. Indeks cena robe je izuzetno koristan kao merilo inflatornog pritiska, jer kad cene roba rastu, taj porast cena se može dalje proširiti na privredu usled povećanja troškova proizvodnje i roba. Dakle, poseban značaja ima činjenica da cena bakra na berzi ima višestruku refleksiju na kretanje cena na međunarodnom finansijskom tržištu uopšteno posmatrano, a razlog tome je velika povezanost sa vodećim svetskim valutama i privredama, gde kao sponu zasigurno nalazi u rasprostranjenosti

uticaja australijskog dolara kao važne valute i zlata kao strateški važne robe, ali i više od toga. Naime, australijski dolar se često u analizama posmatra kao azijska valuta jer ima ogroman uticaj na rast azijske proizvodnje. Budući da je u uzajamno tesnoj vezi i sa američkim dolarom, a po svojoj temeljnoj osobenosti predstavlja valutu koja možda najviše zavisi od cena robe i trgovini, sa sigurnošću se može tvrditi da je kao vodeći svetski proizvođač zlata i bakra, u izuzetno zavisnom odnosu, kao i svi njegovi najveći tržišni partneri, od toga kako se ponaša cena bakra na berzi [13].



Sl. 16. Najveći proizvođači bakra u 2009. godini [12]

3. *Stopa inflacije* - Cene plemenitih metala će nastavljati da rastu sve dok postoji strah od inflacije i smanjenje vrednosti valuta. One će da rastu u periodima kada se investitori pribojavaju da bi inflacija mogla da smanji vrednost valuta.

4. Veoma važan razlog zbog koga će cena ovog metala ostati visoka je *nizak sadržaj metala u rudnicima širom sveta*, što dodatno podiže proizvodnu cenu bakra tj. troškove njegove eksploatacije

5. Jak uticaj na cenu bakra imaju *periodi ekonomske recesije u zemljama, potrošačima bakra*. Taj uticaj se ostvaruje preko smanjene tražnje i povećanih zaliha. Nagomilavanje zaliha bakra na svetskom tržištu izuzetno utiče na smanjenje cene bakra i suprotno, ukoliko se njegove zalihe smanjuju njegova cena će rasti. Analitičari smatraju da će potražnja za bakrom nastaviti da raste do kraja tekuće godine ali i 2012., kao i da ponuda neće pratiti taj rast. Veća tražnja od ponude uticaće da cena "crvenog" metala ostane visoka u 2012. godini i ona neće biti niža od prosečnih 8.000 dolara po toni. Bakar je sada među najiskorišćenijim industrijskim metalima i razlog tome treba tražiti u ekspanziji kineskog tržišta.

6. Značajan uticaj na cenu bakra i njegovu ponudu imaju razni mehanizmi ekonomske kontrole kao što su: *uvozne kvote, garantovana prodaja, takse, ponuda i tražnja novca*. Direktna finansijska pomoć domaćim proizvođačima, u uslovima drastične devalvacije valute, je efiksna kod održavanja proizvodnje u uslovima pada cena [12].

7. Na cenu bakra mogu da utiču i cene drugih sporednih proizvoda: cena zlata i srebra. Zlato privlači veliko interesovanje investitora u periodima ekonomske krize. Po pravilu investitori posežu za zlatom u traženju bezbednosti. Ova strategija ipak može biti veoma opasna. Kada cena zlata ili bilo koje druge investicione aktive postane previše visoka, javlja se opasnost od prenaduvanog balona. To znači da su cene dostigle neodrživo visok nivo i da pri iznenadnom šoku može doći do raspada tržišta i gubitka novca. Ima mnogo drugih vrednih metala, koji mogu biti mnogo bolja investicija. Bakar je jedan od metala sa najširoom primenom. On se koristi u elektronskim kablovima, akumulatorima, elektronskim čipovima, pri proizvodnji cevi i izgradnji zgrada, pri stvaranju solarnih instalacija i proizvodnji muzičkih instrumenata.

8. *Potrošački i proizvođački indeksi cena, najave kamatnih stopa, i količina gotovog novca u opticaju* predstavljaju indikatore koji utiču na određivanje stope inflacije a samim time imaju uticaj i na cenu metala. Makroekonomski pokazatelji, kao što su stopa nezaposlenosti i bruto domaći proizvod, takođe ukazuju na snagu jedne privrede i mogu uticati na investitore da se opredele za/protiv ulaganja novca u metale.

9. *Politički događaji* mogu takođe uticati na cenu metala između ostalog i cenu bakra. Da bi se zaštitili od neizvesnih političkih događaja, investitori mogu povući svoja sredstva i uložiti ih u metale. Navedeni događaji mogu uticati i na cenu nafte i drugih dobara, a time posredno i uticati na to da se kretanje cene metala usmeri u istom pravcu kao cena nafte.

5. MOGUĆNOST RECIKLAŽE

Bakar se hiljadama godina koristi u ljudskoj civilizaciji. Iako su rezerve bakra još uvek značajne, teško će se održati uz trenutni tempo potrošnje. Porast povećane potražnje za bakrom u odnosu na ponudu je uticao na nagli rast cene bakra, a najtraženiji su liveni delovi. Bakarni otpad ima veoma veliku cenu, koja sve više raste. Zbog toga je manjak raspoloživog bakra i rast cene uticao na buđenje svesti o finansijskoj vrednosti industrijskog otpada. A doveo je i do sve veće aktivnosti celog društva u pogledu reciklaže bakarnog otpada. Pored toga što je ekonomski veoma isplativa, reciklaža bakra predstavlja vrlo važan faktor za očuvanje životne sredine. Reciklaža metala može uštedeti ogromne svote novca u industrijskoj i automobilskoj proizvodnji, ali i doprineti očuvanju neobnovljivih prirodnih resursa [14].

Sekundarni bakar je već decenijama veliki izvor proizvodnje i potrošnje bakra u svetu. Bakar ima visok stepen reciklaže u odnosu na mnoge druge obojene metale. Računa se da se oko dve trećine upotrebljenog bakra vremenom može ponovo koristiti kao sekundarna sirovina. Za razliku od rudnih rezervi, sekundarni bakar predstavlja obnovljivi resurs za proizvodnju bakra.

Otpadni bakar sve veći udeo zauzima kao sirovina za dobijanje gotovih bakarnih proizvoda prvenstveno što u sebi već ima akumuliranu veliku količinu rada i znatno je ekološki prijatniji u odnosu na preradu rude bakra. Po proizvodnji obojenih metala iz sekundarnih sirovina vodeći položaj u svetu zauzimaju SAD. One proizvode oko polovine ukupnog bakra dobijenog u zapadnim zemljama iz proizvodnog i amortizacionog otpada. U Rusiji, 2000. godine bilo je predviđeno da se priprema proizvodnog i amortizacionog otpada poveća na 70-95 % u odnosu na 1985. godinu.

Dok je globalna struktura potrošnje sekundarnog bakra prema nameni u zapadnom svetu relativno stabilna, ona je veoma različita po pojedinim zemljama. U 1997. potrošnja bakra u SAD-u, Japanu i zemljama zapadne Evrope iznosila je 3.973.000 t ili 83% ukupne potrošnje ovih sirovina u zapadnom svetu. U proizvodnji rafinisanog bakra u Nemačkoj je utrošeno 55,5%, Belgiji 87,8%, Kanadi 71,3%, Francuskoj 49,6% i Velikoj Britaniji 58,6 %. Na drugoj strani, ta potrošnja je u Japanu iznosila samo 11,9%, Italiji 10,4% i SAD 25,3%. Kod nas je do 1990. dobijeno oko 20.000 t obojenih metala iz sekundarnih sirovina. Iako ne raspoložemo svim podacima o potrošnji sekundarnih sirovina u zemljama bivšeg socijalističkog bloka, važno je istaći da je u 2000. u Kini utrošeno 329.400 t ovih sirovina za proizvodnju rafinisanog bakra ili 23,6% od ukupne proizvodnje, a u Rusiji 307.200 t, ili 37,6%. Glavni izvori sekundarnog bakra su zemlje razvijenog sveta, što je i razumljivo, s obzirom na koncentraciju svetskih kapaciteta za preradu bakra i realni potencijal za reciklažu starog bakra. Takođe, preko 80% ukupnih sekundarnih sirovina se troši u tim zemljama. Veoma je razvijen sistem sakupljanja, sortiranja i pripreme za preradu svih sirovina kako bi se iskoristile sve korisne komponente i ostvarili najpovoljniji ekonomski efekti [14,15].

ZAKLJUČAK

Na osnovu utvrđenih i raspoloživih mineralnih resursa rude bakra, proizvodnja bakra u Srbiji može da se podigne na značajno viši nivo, 100.000 do 150.000 tona katodnog bakra godišnje, a to može biti veoma važan činilac u privredi Srbije. Bakar i cena bakra na berzi su u snažnoj vezi sa privrednim rastom, na prvom mestu u industrijskom razvoju Kine. Velike potrebe Kine za bakrom koja ima značajni rast proizvodnje u građevinskoj i telekomunikacijskoj industriji prouzrokovala je i nagle promene cena bakra na berzi.

Takođe, treba naglasiti i činjenicu da cena bakra na berzi ima višestruku refleksiju na kretanje cena na međunarodnom finansijskom tržištu uopšteno posmatrano, a razlog tome je velika povezanost sa vodećim svetskim valutama i privredma. Što se tiče uticaja inflacije na cenu metala, cena metala će nastavljati da raste sve dok postoji strah od inflacije i smanjenje vrednosti valuta. Kao razlog visoke cene bakra može se navesti i činjenica da je nizak sadržaj ovog metala u rudnicima širom sveta.

U analizama kretanja cena bakra na međunarodnom finansijskom tržištu cena bakra na berzi vrlo često zauzima značajno mesto i interesovanje investitora. To je posledica uske povezanosti bakra kao robe, sa privrednim rastom vodećih svetskih ekonomija sveta. Upravo zbog široke primene bakra, pre svega u industriji, a relativno malih svetskih rezervi, bakar predstavlja materijal od strateškog značaja u svetu.

Razloga za pad cene bakra ima i previše, upozoravaju analitičari i ukazuju naglobalno usporavanje tempa rasta svetske ekonomije, i pad tražnje na tržištima u usponu, posebno Kini koja obezbeđuje 40% svetske potrošnje tog metala.

LITERATURA

- [1] Economy.rs, Tanjug, (2011), Bakar-pokazatelj ekonomskih promena, <http://www.economy.rs/vesti/18345/Bakar-pokazatelj-ekonomskih-promena.html>
- [2] Mitrović S., Živković M., Nikolić K. (2010), Bakar, prirodni resurs Srbije u 21. veku, <http://udruzenjeir.org/clanci/34/>
- [3] Slavković, G., (2007), Bakar, Cena bakra, 33 (2008) 1, 65-68.
- [4] Mitrović S., Živković M., Dugoročni koncept proizvodnje bakra u RTB Bor, Bor, 2009.
- [5] ICSG, The World Copper Study Group, Lisbon, Portugal, 2009.
- [6] The International Copper Study Group (ICSG), www.icsg.org.
- [7] Nikolić K., Dugoročni plan geoloških istraživanja u RTB Bor, Bor, 2009.
- [8] Cvetanović N., Bakar u Svetu, Bor, 2005.
- [9] RTB Bor, Tehnički izveštaji proizvodnje bakra, Bor, 2005.
- [10] <http://www.servisinfo.com/biz/cena-bakra>.
- [11] Balanović Lj., „Analiza životnog ciklusa procesa proizvodnje i reciklaže bakra“, Zbornik radova: TECHNO EDUCA - Inovativnošću i kompetencijama do novih radnih mesta, Zenica, oktobar 2010.

-
- [12] Slavković, G., Madić, B., 2000, Svetska cena bakra i osnovni faktori koji na nju utiču, 25(2000), Bakar, 119-124.
 - [13] <http://www.trgovanje-akcijama.com/cena-bakra-na-berzi-i-njen-uticaj-na-trziste-valuta>
 - [14] <http://www.ereciklaza.com/Zasto-je-vazna-reciklaza-bakra-43.html>
 - [15] Todorović, R., Urošević, D., Slavković G., Reciklaža metalnog otpada - bakar i bakarne legure, 32 (2007) Bakar/1, 91-92.

UDK: 338.5:671.11(045)=861

STRUČNI RAD

Oblast: Ekonomija

**ANALIZA KRETANJA CENE ZLATA U PERIODU
OD 2008. DO 2013. GODINE**

**ANALYSIS OF THE GOLD PRICE MOVEMENTS
THE PERIOD FROM 2008 TO 2013 YEAR**

Slavica Miletić¹, Dejan Bogdanović², Bojan Đorđević³

¹Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor, Zeleni Bulevar 35, 19210 Bor, Srbija

²Tehnički fakultet Bor, Univerzitet u Beogradu, Vojske Jugoslavije 12,
19210 Bor, Srbija

³Fakultet za menadžment Zaječar, Megatrend univerzitet Beograd

Izvod

Kako se aktuelna svetska kriza tretira kao posledica sloma hipotekarnog tržišta u svetu koji je izazvan deregulacijom finasijskih tržišta i bankarskih sistema došlo je do naglog rasta cene zlata. Cena zlata je naglo počela da raste tokom leta 2008. godine. Od tog trenutka zlato kao plemeniti metal dobija primat za investiranje, ulaganje ili štednju. Iz tog razloga, u ovom radu je urađena analiza kretanja cene zlata u periodu od 2008. do 2013. godine sa prognozom daljeg kretanja u bliskoj budućnosti.

Ključne reči: *cena zlata, svetska kriza, tržište, investicije*

Abstract

Since the current world crisis is treated as a consequence of the collapse of housing loan market in the world caused by the deregulation of financial markets and banking system, there was a sharp rise in the price of gold. The price of gold began to rise sharply in the summer of 2008. From that moment, gold as the precious metal began primary tool for investing or saving. According to that, in this paper is made the analysis of change process of the gold price in the period from 2008 to 2013, with a forecast of further price movements in the near future.

Keywords: *gold prices, the global crisis, market, investment*

¹ E-mail: slavica.miletic@irmbor.co.rs

UVOD

Na konferenciji u američkom mestu Breton Vudsu (Bretton Woods) 1944. godine, doneta je odluka o osnivanju Međunarodnog monetarnog fonda (MMF) i Međunarodne banke za obnovu i razvoj (sadašnje Svetske banke). Američka nacionalna novčana jedinica – dolar postao je svetski novac, a Američka centralna banka (Sistem federalnih rezervi – FED), garantovala je konvertibilnost dolara u zlato (35 dolara za jednu uncu – oko 31 grama – zlata). Kvote zemalja članica MMF-a iskazivane su u dolarima i uplaćivane u dolarima ili zlatu. U isto vreme pariteti nacionalnih valuta iskazivani su u zlatu ili dolarima [1].

Da su SAD emitovale dolar u obimu za koje su imali pokriće u zlatu uopšte nebi došlo do velikih preokreta u ekonomiji, ali oni su postali halapljivi za veliki i nedostižan novac. Uvoz realnih resursa (materijalnih dobara) iz susednih zemalja pokrivali su dolarima emitovanim bez pokrića.

Nakon jedne činjenice da je francuski predsednik De Gol pokušao, krajem 60-tih godina prošlog veka, da svoje rezerve iz dolara konvertuje u zlato, otkriveno je da je samo 5% emitovanih dolara pokriveno zlatnim rezervama. Nakon toga SAD (1971. godine) jednostrano ukidaju konvertibilnost dolara za zlato i tu je papir zamenio zlato (dolar odštampan na papiru bez realnog pokrića). Zbog svoje ekonomske, političke i vojne moći SAD je sve ovo mogao da nametne ostalima zemljama.

Tako su Amerikanci ni od čega postali bogati, jednostavno „štampanjem“ dolara dolaze do ogromnih realnih materijalnih dobara iz celoga sveta.

Ovakvo stanje u svetu dovelo je do mogućnosti da cena zlata raste velikom brzinom. Tako je cena zlata dostigla iznos od 682 USD/oz oktobra 2008. godine. Te godine (2008.) počinje ponovo ekonomska kriza izazvana stambenim kreditima u SAD-u. Upoređujući trenutnu krizu sa krizom od 1929. do 1933. godine, jačaju tvrdnje da će ova sadašnja kriza doneti mnogo veće poteškoće nego što je to donela kriza 1933. godine. S obzirom da je na finasijskom tržištu vladala neizvesnost, investitori i trgovci su kupovali zlato da bi zaštitili svoju imovinu. To je dovelo do toga da zlato dobije primat i da dostigne cenu od 1900,30 USD/oz u 2013. godini. Prognozeri predviđaju i dalji rast cene zlata što je prikazano u daljem tekstu ovog rada.

ANALIZA KRETANJA CENE ZLATA U PERIODU 2008. – 2013. GODINE

Zlato se može naći kao slobodno (ali veoma retko čisto) u obliku grumenija, listića ili veoma finih koloidnih čestica. Može se takođe naći i kao deo teluridnih

jedinjenja. Ova teluridna jedinjenja su veoma važna ako se nalaze u velikim ležištima, kao što su: Cripple Creek, Kolorado i Goldfield, Nevada, zapadna Australija i Kanada [2].

U poslednje vreme sve je više novih mesta na kojima se obavlja otkup zlata. S porastom cene zlata, počeo je da raste interes investitora za ulaganje u plemenite metale, tako da se danas otkupom zlata bave i firme koje zlato dalje pretvaraju u investicioni oblik. Zlato otkupljuju čak i menjačnice, što je dodatni pokazatelj da ono postaje alternativa novcu. Njegova cena se određuje dva puta dnevno u Londonu. Članovi londonskog udruženja trgovine zlatnim izlvcima su najznačajnije banke, trgovci, proizvođači i prerađivači zlata. Cena se menja tokom dana zavisno od raznih uticaja kao sto je prikazano na slici 1.



SI. 1. Dnevno trgovanje zlatom [3]

Danas se zlatom može trgovati na međunarodnom deviznom tržištu Forexu, gde se cena zlata na tržištu prati u realnom vremenu. Treba imati samo internet konekciju i novčana sredstva za trgovanje. Još jedna prednost Forexa je leveridž (poluga) uvećanja investicije koji dozvoljava da se u trgovinu zlatom uđe sa većim iznosom od uloženog i tako da se ostvari veći profit. Trgovina zlatom je jedan od najunosnijih načina investiranja. Bez obzira na kretanje cene, vrednost zlata kroz istoriju konstantno raste. Kompanija FXLider nudi platforme za trgovanje sa skoro svim finansijskim instrumentima. Tu je i zlato, koje spada u

najtrgovanije robe na svetu - obimom prometa zauzima treće mesto među svim finansijskim instrumentima sa 9,12%. Kao investicija niskog rizika, zlato je poželjno kod mnogih investitora. Otkup zlata može se obaviti direktno sa FXLider računa [4].

Ako se daje upoređenje vrednosti zlata i valute videće se da je 1908. go-dine vrednost automobila bila 1.300 g zlata. Sto godina kasnije vrednost auto-mobila je takođe 1.300 g zlata što se vidi na slici 2. Jedina razlika je u vrednosti valute. Cena automobile FORDA iz 1908. godine je 850 USD, dok je cena forda iz 2008. godine 39.600 USD.



Sl. 2. Upoređenje zlata i valute USD [5]

Inflacija poslednjih godina brzo raste. Samo investicije u zlato mogu sačuvati vrednost imovine. Znači, dolazi se do zaključka da cena zlata raste i da je štednja u zlatu dobra investicija.

Na slici 3. je prikazano kretanje cene zlata za poslednjih 10 godina. Sa grafikona se vidi da od 2002. godine cena zlata blago raste sve do 2006. godine. Od 2006. godine se pojačava intezitet rasta cene zlata postepeno do 2008. godine. Od 2008. godine cena zlata naglo raste, tako da 2012. dostiže cenu od 1900,30 USD/oz. Ekomomska kriza počinje sa 2008. godinom, a posledica su cene nekretnina na američkom tržištu. Krediti su dodeljivani bez dovoljno pokrića i nastao je finasijski haos. Zbog takve situacije cena zlata počinje naglo da raste od 2008. godine.



Sl. 3. Cena zlata u periodu 2002-2012. [5]

Faktori koji utiču na cenu zlata su: dolar, inflacija, dehedžing, oficijalna prodaja centralne banke, diverzifikacija centralnih banaka, nafta i naftni derivati, tražnja zlatara, industrijska tražnja za zlatom, tražnja i ponuda, akcije i nekretnine, evro, geopolitička situacija i politička situacija u sveta. Svi ovi faktori na različite načine utiču na rast cene zlata. 2013. godine cena zlata je imala i padove, ali se brzo vraćala, a u nekim periodima je dostizala i abnormalne cene.

Ekonomska kriza u svetu dovela je do mogućnosti da cena zlata raste velikom brzinom. Iako je cena ovog metala praktično od 2004. u stalnom porastu, zbog nepoverenja u valute, prošle godine je u više navrata probijala rekorde (slika 3). Tako je za uncu zlata (33,3 g) u 2004. bilo potrebno odvojiti 400 USD, dok je u 2011. cena skočila na neverovatnih 1.921,15 USD.

Iako je početkom 2012. godine vrednost zlata u blagom padu, poznavaoći ocenjuju da ćemo biti svedoci i novih rekordnih vrednosti unce. Zlato i 2013. drži cenu, iako je zabeležilo neznatan pad u odnosu na recimo 2011. godinu. U februaru je unca zlata koštala oko 1.700 USD, 200 USD manje u odnosu na septembarski rekord, ali je to i dalje oko 300 USD više u odnosu na kraj 2010. godine (slika 4). Od 2004. do 2007. godine cena unce je rasla za oko 100 USD godišnje. Već u 2008. godini za 33 g zlata bilo je potrebno izdvojiti više od 1.000 USD.



Sl. 4. Kretanje cene zlata u periodu od 2008. do 2012. [6]

Svetski analitičari i za ovu godinu predviđaju nastavak trenda rasta cene zlata, a na kretanje cene će uticati dešavanja u Japanu, Americi i Evropi. Prema prognozama francuske bankarske grupacije BNP Paribas, cena jedne unce zlata će se ove godine kretati u rasponu od 1.950 do 2.080 USD. Kao argument za dalji rast, navode rastuću tražnju u Aziji. Analitičari Superfonda smatraju da će cena ovog metala do 2014. godine biti 50 % veća ili čak duplirana. Rojtersovi analitičari navode da bi dešavanja u svetu, kao što je na primer, legalizacija zlata i srebra kao zvanične valute u Juti, mogla da ubrzaju taj rast [5].

Činjenica je da je u poslednjih pet godina cena zlata uvećana čak tri puta. Ko je pre pet godina oročio 10.000 EUR zaradio je oko 2.500, a ko je za iste pare kupio kilogram dragocenog metala sada može da ga proda za neverovatnih 41.000 EUR. Kriza valuta koja je obeležila 2011. godinu donela je pravo bogatstvo onima koji su se pre desetak godina setili da ulažu u zlato.

Nakon skoka cene na 1.006 USD/oz februara 2009. godine, cena zlata se konsolidovala između 865 i 990 dolara po unci u trenutku kada je tržište shvatilo šta se desilo i u kom pravcu ide. Činjenica da je cena probila psihološku gornju granicu konsolidovanog obrasca bikovskog tržišta za zlato, predstavlja zabrinutost da tržišni nedostaci predstavljaju veliki problem za finansijska tržišta u narednim nedeljama i nadolazećim mesecima. Ukoliko se ovi problemi pojave u obliku dvostruke recesije dolara i krize obveznica ili stagflacije i inflacije, ili deflacije rezultat će biti uočljiv.

Cena zlata se skromno povećala u prvom kvartalu 2010. godine. Na kraju prvog kvartala cena zlata iznosila je u Londonu 1.115,50 USD/oz u poređenju sa 1.087,50 USD/oz na kraju četvrtog kvartala 2009. godine. Prosečna cena zlata je

takođe rasla neznatno od 1.109,12 do 1.099,63 po unci dolara za prvi kvartal. Tokom kvartala zlatom se uglavnom trgovalo između 1.058,00 i 1.153,0 USD/oz. Određeni faktori su podržavali rast cene, dok su drugi zadržavali njen dalji rast. Spot cena bila je negde oko 1.200 USD nakon istorijske cene od 1.238,93 USD/oz 12.05.2010. godine. Međutim, 25.05.2010. godine cena zlata dosegla je iznos od 1.242,70 USD/oz (slika 5.) [7].



Sl. 5. Cena zlata, 25. maj 2010. [6]

Cena zlata prošle godine u septembru je dostigla i najveću vrednost od 1.900,30 USD/oz, što je prikazano na slici 6, zatim se periodično smanjivala i brzo rasla. Na slici 6 dat je detaljan prikaz kretanje cene zlata u periodu od 2008. do 27. marta 2013. godine. Iz grafikona se vidi da cena zlata naglo raste i brzo se menja počev od 2008. godine. To znači da tražnja za ovim metalom se naglo povećava do avgusta 2012. godine, a od tada cena zlata počinje da pada.

Na slici 7. dat je šestomesečni prikaz cene. Cena zlata je po prvi put posle petnaest godina dostigla najduži pad od 1996. godine. Cena zlata zadnjih šest mesec pada (slika 7).



Sl. 6. Cene zadnjih pet godina [8]



Sl. 7. Cena zlata zadnjih šest meseci [9]

Cena zlata iznosi 1.579 USD/oz, dok paladijum i platina dostižu višemesečne maksimalne vrednosti. Na pad cene zlata utiče pad potražnje zlata na najvećem svetskom tržištu zlata, pad potražnje u Indiji. Velika ponuda zlata na njihovom tržištu je smanjila potražnju zlata. To je dovelo da smanjenja cene zlata, ali cena srebra se povećala u odnosu na prethodni period. Zlato je u februaru izgubilo 5% svoje vrednosti, jer se usled velike finansijske krize smanjuje potražnja za ovim plemenitim metalom. Za pad cene zlata eksperti krive “živahnu berzu“. Veliki broj ljudi koristi ovaj vredan metal da učvrste svoje pozicije u finansijskim institucijama kao osiguranje od eventualnih finansijskih gubitaka i pada dolara. Što je kriza u svetu veća, to je valuta nestabilnija i potražnja za zlatom veća, pa je i cena u porastu. Međutim, s obzirom da svi

pokazatelji ukazuju na oporavak svetske privrede i jačanje svetske valute i cena, zlata pada jer finansijske zalihe rastu [10]. Niska cena zlata je odličan period za kupovinu ovog dragocenog metala. Predviđa se da će cena zlata u narednom periodu padati, ali nakon toga se očekuje ponovni skok. Pri tome, očekuje se njen skok čak i do 2.000 USD/oz. Na poslednji pad cena proizvođači ruda su odgovorili proizvodnjom najkvalitetnije sirovine na kojima zarađuju najviše. To bi značilo odustajanje od zlata jeftinijeg kvaliteta i zatvaranje manje profitabilnih poslova. Ovo bi moglo da izazove krizu snabdevanja, uprkos velikoj potražnji za zlatom koja dolazi iz Kine i Azije, a što bi moglo da utiče na ponovni rast cena zlata [10].

Tabela 1. *Dragoceni metali i sirova nafta [11]*

USD/po unci	2008.	2009.	3. kv. 2009.	4. kv. 2009.	1. kv. 2010.	April 2010.	Maj 2010.	Jun 2010.
Zlato	882,05	1.096,95	1.007,70	1.096,95	1.113,25	1.179,20	1.216,20	1.223,45
Srebro	11,39	16,88	16,65	16,88	17,48	18,64	18,56	18,36
Platina	934,50	1.465,50	1.298,00	1.465,50	1.643,50	1.736,75	1.561,50	1.556,50
Paladijum	187,00	407,80	296,00	407,80	480,00	548,25	1.651,50	458,00
Sirova nafta USD/barel	44,60	79,36	70,61	79,36	83,76	86,15	73,97	72,86

Na osnovu baznog rizika prilagođavanja, plemeniti metali će nadmašiti ostale robe u njihovom međusobnom poređenju, kao i međunarodnu aktivu koja je potcenjena na tržištu SAD-a i na tržištu aktive u zemljama u razvoju. Tu se misli na trezorske zapise u prvom kvartalu 2010. godine u SAD. Posebno tržišta u razvoju ostvaraju korist od ekonomskog rasta i aprecijacije valuta. U slučaju naftnih derivata imamo trend značajne varijabilnosti u odnosu na zlato. Stopa prinosa sirove nafte po jedinici rizika u prvom kvartalu 2010. godine bila je veća nego kod zlata. Tražnja za industrijskim metalima nastavlja da raste sa globalnim oporavkom, naročito u određenim zemljama u razvoju, rezultirajući dvostrukim rastom cena, kako na kvartalnom, tako i na godišnjem nivou. U prvom kvartalu 2010. godine nikal i paladijum imali su najbolje performanse i njihova vrednost rasla je za 35% i 17,6%, dok je cink pao za 8,2%. Zlato i srebro pokazuju sličan rast od 2,6% i 3,0% tokom prvog i drugog kvartala (videti Tabelu 1). Poljoprivredni proizvodi snažno su pali za 16,9%, kao rezultat rekordne proizvodnje u svetu [11].

ZAKLJUČAK

U radu je data analiza kretanje cene zlata u periodu od 2008. do 2013. godine. Ekonomska kriza izazvana stambenim kreditima 2008. godine u SAD-u dovela je do naglog povećanja cene zlata. Cena zlata je septembra 2012. godine dostigla i najveću vrednost od 1.900,30 dolara po unci. Na finasijskom tržištu je vladala neizvesnost, investitori i trgovci, da bi zaštitili svoju imovinu, kupovali su zlato kao najbolju investiciju.

Avgusta 2012. godine cena zlata pada i takav pad cene zlata nije se dogodio zadnjih petnaest godina od 1996. godine.

Zlato prolazi kroz veoma zanimljiv period jer postoji mnoštvo faktora koji utiču na cenu zlata. Trenutni pad cene zlata podstiče kupovinu zlata od strane investitora i trgovaca, tako da eksperti očekuju da će cena zlata ubrzo rasti i dostići vrednost čak do 2.000 dolara po unci.

LITERATURA:

- [1] Dušanić, B. J. (2010): Svetska ekonomska kriza MADE IN USA, Škola biznisa broj 1/2010.
- [2] Bugarin M., Trujić V.: Nanosna ležišta zlata, Bor, RTB Bor Institut za bakar Bor (2006), str. 161.
- [3] http://www.trgovanje.rs/wp-content/uploads/2011/11/2011-11-04_223148.gif
- [4] http://www.fxlider.com/edukacija/asr_otkup-zlata.
- [5] <http://www.zlatnapoluga.eu/zlato-i-trziste/najnovije-vesti/plemeniti-metali-imaju-pauzu-pre-sledeceg-rasta>, 01.03.2012.
- [6] <http://goldprice.org/spot-gold.html>, 06.08.2012.
- [7] [http://www. Hang Seng Bank](http://www.HangSengBank.com), 2010, s. 1.
- [8] <http://www.srebrozlato.com/cijena-zlata/cijena-zlata-u-zadnjih-5-godina>, 26.03.2013.
- [9] <http://www.srebrozlato.com/cijena-zlata/cijena-zlata-u-zadnjih-6-mjeseci.shtml>, 26.03.2013.
- [10] <http://cenazlata.org/najduzi-pad-cene-zlata-u-poslednjih-15-godina/>, 27.03.2013.
- [11] Baumohl (2010), [http// www.economicoutlookgroup.com](http://www.economicoutlookgroup.com)

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@irmbor.co.rs ; ana.kostov@irmbor.co.rs
Telefon: 030/454-254; 030/454-108

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 Zelenci bulevar, 19210 Bor
E-mail: nti@irmbor.co.rs ; ana.kostov@irmbor.co.rs
Telephone: +381 30/454-254; +381 30/454-108

We are thankful for all authors on cooperation.

SADRŽAJ
CONTENS

L. Gomidželović, A. Kostov, D. Živković, E. Požega, V. Krstić Cu-Al-Zn SISTEM: TERMODINAMIČKA ANALIZA PRIMENOM RKM MODELA Cu-Al-Zn SYSTEM: THERMODYNAMIC ANALYSIS BY RKM MODEL	1
S. Dragulović, D. Simonović, B. Anđelić, N. Petrović, B. Pešovski, V. Conić MOGUĆNOST PROIZVODNJE OLOVO (II) OKSIDA ZA POTREBE KUPELACIJE IZ OLOVO – SULFATA DOBIJENOG BIOLUŽENJEM POLIMETALIČNIH SULFIDNIH KONCENTRATA THE POSSIBILITY OF LEAD (II) OXIDE PRODUCTION FOR CUPELLATION FROM LEAD – SULPHATE OBTAINED THROUGH BIOLEACHING POLYMETALLIC SULPHIDE CONCENTRATES	11
V. Krstić, L. Gomidželović, M. Milivojević, V. Janošević, T. Urošević, R. Đalović UTICAJ AUTOMOBILSKIH KATALIZATORA NA ZAŠTITU ŽIVOTNE SREDINE EFFECT OF VEHICLE CATALYST ON ENVIRONMENTAL PROTECTION	17
T. Urošević, V. Krstić, M. Milivojević, V. Janošević, B. Trumić, S. Marjanović SORBENT TITAN-DIOKSID DOPOVAN GVOŽĐEM ZA SORPCIJU ARSENA SORBENT TITANIUM DIOXIDE DOPED WITH IRON FOR THE ARSENIC SORPTION	23
D. Živković, T. Volkov Husović, D. Čubela, J. Medved, Ž. Radović, M. Gojić, R. Manojlović AKTUELNO STANJE U RAZVOJU VISOKOG OBRAZOVANJA METALURŠKE STRUKE U REGIONU THE CURRENT SITUATION IN THE DEVELOPMENT OF METALLURGICAL ENGINEERS HIGH EDUCATION IN THE REGION	29
G. Slavković, S. Filipović, J. Stanković TRŽIŠNI ASPEKTI BAKRA MARKET ASPECTS OF COPPER	35
A. Vasiljević ISTRAŽIVANJE UTICAJNIH FAKTORA NA KRETANJE CENA METALA BAKRA THE RESEARCH ON THE INFLUENTIAL FACTORS ON THE PRICEMOVEMENTS OF COPPER	41
S. Miletić, D. Bogdanović, B. Đorđević ANALIZA KRETANJA CENE ZLATA U PERIODU OD 2008. DO 2013. GODINE ANALYSIS OF THE GOLD PRICE MOVEMENTS THE PERIOD FROM 2008 TO 2013 YEAR	61
