



РУДАРСКИ ГЛАСНИК BULLETIN OF MINES

Број 1-2, год. CXI, децембар 2014.

No 1-2, vol. CXI, December 2014.



РЕДАКЦИЈА

Проф. др Слободан Вујић, главни и одговорни уредник-
Проф. др Игор Миљановић, заменик глав. и одгов. уредника
Симеун Маријанац, секретар редакције

Проф. др Надежда Ђалић, проф. др Немања Поповић, проф. др Александар Милутиновић проф. др Мирко Вујошевић, проф. др Душко Сунарић, проф. др Раде Јеленковић, проф. др Миленко Буразер, проф. др Лазар Кричак, др Светомир Максимовић, доц. др Владимир Чебаšek, Мр Саша Митић, Ненад Макал, Ивана Симовић, Бранка Јовановић, Ненад Радосављевић, Михајло Гигов, Виолета Чолаковић.

МЕЂУНАРОДНИ ИЗДАВАЧКИ САВЕТ

Мр Милинко Радосављевић, *Рударски институт Београд*
Академик проф. др Валентин А. Чантурија, *Руска академија наука, Научни институт за опште освајање минералних ресурса, Москва, Русија*

Академик проф. др Николај Н. Мељников, *Руска академија наука, Рударски институт, Апатити, Русија*

Проф. др Виктор Н. Опарин, *дописни члан Руске академије наука, Рударски институт, Новосибирск, Русија*

Академик проф. др Владан Ђорђевић, *Српска академија наука и уметности, Београд*

Проф. др Александар Грубић, *редовни члан Академије инжењерских наука Србије, Београд*

Др Емилија Боти-Раичевић, *Рударски институт Београд*

Проф. др Неђо Ђурић, *дописни члан Академије наука и уметности Републике Српске, Бања Лука*

Проф. др Венцислав Иванов, *Рударско-геолошки универзитет Св. Иван Рилски, Софија, Бугарска*

Проф. др Љубен Тотев, *Рударско-геолошки универзитет Св. Иван Рилски, Софија, Бугарска*

Проф. др Зоран Панов, *Универзитет Гоце Делчев, Факултет природних и техничких наука, Штип, Македонија*

Др Марјан Худеј, *РГП Велење, Словенија*

Проф. др Марек Цала, *АГХ универзитет за науку и технологију, Краков, Пољска*

Проф. др Аруна Мангалпади, *Национални институт за технологију, Рударски одсек, Карнаџака, Индија*

Проф. др Бахтијар Инвер, *Хаџетепе универзитет, Одсек за рударско инжењерство, Анкара, Турска*

Проф. др Мариан Долипски, *Силесиан универзитет за технологију, Рударско-геолошки факултет, Гливице, Пољска*

Проф. др Раул Кастро, *Универзитет Чиле, Одсек за рударско инжењерство, Антофагаста, Чиле*

Проф. др Владимир Сливка, *ВСБ Технички универзитет, Рударско-геолошки факултет, Острава, Чешка*

Проф. др Ана Марабини, *Национални савет за истраживања, Фраскати, Италија*

Проф. др Тунсел М. Јегулалп, *Колумбија универзитет, Рударска школа Хенри Крумб, Њујорк, САД*

Проф. др Верес Јоел, *Универзитет у Петрошану, Рударски факултет, Петрошан, Румунија*

Проф. др Карстен Дребенштет, *ТУ Рударска академија Фрајберг, Институт за рударство, Фрајберг, Немачка*

EDITORIAL BOARD

Prof. Dr Slobodan Vujić, Editor in Chief

Prof. Dr Igor Miljanović, Deputy Editor in Chief

Simeun Marijanac, Editorial Secretary

Prof. Dr. Nadežda Čalić, prof. Dr Nemanja Popović, prof. Dr Aleksandar Milutinović, prof. Dr Mirko Vujošević, prof. Dr Duško Sunarić, prof. Dr Rade Jelenković, prof. Dr Milenko Burazer, prof. Dr Lazar Kričak, Dr Svetomir Maksimović, doc. Dr Vladimir Čebašek, MSc Saša Mitić, Nenad Makar, Ivana Simović, Branka Jovanović, Nenad Radosavljević, Mihajlo Gigov, Violeta Čolaković.

INTERNATIONAL PUBLISHING COUNCIL

MSc Milinko Radosavljević, *Mining Institute Belgrade, Serbia*

Academician Prof. Dr. Valentin A. Chanturiya, *Russian Academy of Sciences, Research Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources, Moscow, Russia*

Academician Prof. Dr. Nikolai N. Melnikov, *Russian Academy of Sciences, Institute of Mining, Apatiti, Russia*

Prof. Dr. Victor N. Oparin, *Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Institute of Mining, Novosibirsk, Russia*

Academician Prof. Dr. Vladan Đorđević, *Serbian Academy of Sciences and Arts, Belgrade, Serbia*

Prof. Dr. Aleksandar Grubić, *Full Member of the Academy of Engineering Sciences of Serbia, Belgrade, Serbia*

Dr. Emilija Boti-Raičević, *Mining Institute Belgrade, Serbia*

Prof. Dr. Nedo Đurić, *Corresponding Member of the Academy of Sciences and Arts of the Republika Srpska, Banja Luka, Republika Srpska*

Prof. Dr. Vencislav Ivanov, *University of Mining and Geology St. Ivan Rilski, Sofia, Bulgaria*

Prof. Dr. Lyuben Totev, *University of Mining and Geology St. Ivan Rilski, Sofia, Bulgaria*

Prof. Dr. Zoran Panov, *University Goce Delčev, Faculty of Natural and Technical Sciences, Štip, Macedonia*

Dr. Marjan Hudej, *RGP Velenje, Slovenia*

Prof. Dr. Marek Cala, *AGH University of Science and Technology, Krakow, Poland*

Prof. Dr. Aruna Mangalpady, *National Institute of Technology, Department of Mining, Karnataka, India*

Prof. Dr. Bahtiyar Ünver, *Hacettepe University, Department of Mining Engineering, Ankara, Turkey*

Prof. Dr. Marian Dolipski, *Silesian University of Technology, Faculty of Mining and Geology, Gliwice, Poland*

Prof. Dr. Raúl Castro, *University of Chile, Department of Mining Engineering, Antofagasta, Chile*

Prof. Dr. Vladimír Slivka, *VSB-TU, Faculty of Mining and Geology, Ostrava, Czech Republic*

Prof. Dr. Anna Marabini, *National Research Council, Frascati, Italy*

Prof. Dr. Tuncel M. Yegulalp, *Columbia University, Henry Krumb School of Mines, New York, USA*

Prof. Dr. Vereş Ioel, *University of Petrosani, Faculty of Mining, Petrosani, Romania*

Prof. Dr Carsten Drebienstedt, *TU Bergakademie Freiberg, Institute of Mining, Freiberg, Germany*

УВОДНА РЕЧ

Први број Рударској гласника, најстарије часописа за рударство у Србији, штампан је 1903. године и редовно је излазио до 1912. године када је штампање обустављено из финансијских разлога. Оснивач и власник часописа био је рударски инжењер Петар Илић.

После пола века Рударски институт у Београду покрено је издавање часописа под истим називом. Први број обновљеној Рударској гласника штампан је 1962. године. Часопис је брзо постао престижан и високо рангиран у стручним и научним круговима. Редовно је излазио до 1999. године када је збој материјалних и других проблема дошло до застоја.

После сто једанаест година од изласка првој броја и десет и две године од обнављања издавања часописа, ово је нови наставак Рударској гласника чији су издавачи Рударски институт у Београду и Одељење рударских, геолошких и системских наука Академије инжењерских наука Србије.

У новој мисији часопис ће наставити да шири научне и стручне хоризонте рударства, геологије и блиских области, да омогућава проток информација, сазнања, идеја, размену мишљења, критичких ставова и оцена, обухватајући широк круг тема из рудничких технологија, припреме минералних сировина, рудничке и других области геологије, економике индустрије минерала, пројектовања рудника, геомеханике и механике stijena, одводњавања рудника, рудничке опреме и машина, аутоматизације и управљања процесима, експлоатације и минирања, математичкој моделовања и симулације, системских наука и оперативних истраживања, оценој ризика, применој рачунарства и информацијских технологија, заштити животне средине, рекултивације, заштите на раду, рударских мерења, инжењерској образовања, историје рударства, прописа, стандарда, законске регулативе и других тема везаних за минерално-сировински комплекс.

Драго нам је да вас позовемо на сарадњу, ваши доприноси су од кључној значаја за поновно успостављање високих стручних и научних стандарда Рударској гласника.

FOREWORD

The first issue of the Bulletin of Mines, the oldest mining journal in Serbia was printed in 1903. and regularly came out until 1912. when printing was stopped for financial reasons. The founder and owner of this magazine was mining engineer Petar Ilić.

After half a century the Mining institute of Belgrade has recommenced the publishing of the magazine under the same name. The first issue of the renewed Bulletin of Mines was printed in 1962. The magazine quickly became prestigious and was highly ranked in expert and scientific circles. It regularly came out until 1999. when printing was halted because of material and other problems.

After a hundred and eleven years since the first issue came out and fifty two years since the magazine's renewal, this is a new continuation of the Bulletin of Mines of which the Mining institute of Belgrade and the Division of Mining, geological and system sciences of the Academy of engineering sciences of Serbia will all act as publishers and provide support.

In this new mission the magazine will continue to expand the scientific and expert horizons in mining, geology and associated sciences, to enable the flow of information, knowledge, ideas, exchange of opinions, critical viewpoints and evaluations, encompassing wide range of themes about mining technologies, preparation of mineral ores, mineral industry economy, mine designing, geo-mechanics and rock mechanics, mine drainage, mining equipment and machinery, automation and processes management, explosives and mining (demolition), mathematical modeling and simulations, systemic sciences and operational research, risk evaluation, applied computers and information technologies, environment preservation, reclamation, job safety, mining measurements, engineering education, history of mining, regulations, standards, legislation and other themes related to the mineral-ore complex.

We are pleased to extend this invitation to you because your contribution is of great importance for the reestablishment of high expert and scientific standards of the Bulletin of Mines.

Слободан Вујић / Slobodan Vujić
Главни и одговорни уредник / Editor in Chief

САДРЖАЈ / TABLE OF CONTENTS

РАДОВИ / PAPERS

Природне катаклизме као последице периодичних контракција и ширења Земље
Алберт В. Зубков, Јаков И. Липин, Иван В. Бирјучјуов, Констјантин В. Селин, Сергеј В. Сентјабов
 Natural cataclysms as a consequence of periodic contraction and expansion of the Earth
Albert V. Zoubkov, Yakov I. Lipin, Ivan V. Biryuchyov, Konstantin V. Selin, Sergey V. Sentyabov 1

Преглед металних минералних ресурса Србије
Рад Јеленковић
 A general overview of the metallic mineral deposits of Serbia
Rade Jelenković 7

Неопходност примене УН класификације резерви минералних ресурса
Љубомир Спасојевић, Велибор Качунковић
 Inevitability of application of the UN mineral ore reserves classification
Ljubomir Spasojević, Velibor Kačunković 20

Међусекторски моделски приступ у управљању сложеним рударским системима
Светомир Максимовић
 Intersector approach model in managing complex mining systems
Svetomir Maksimović 27

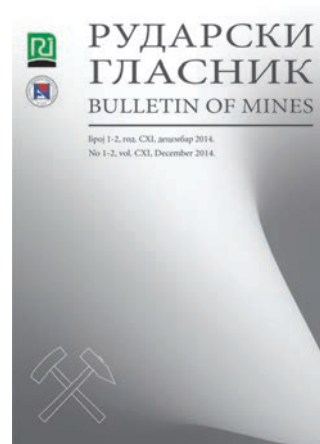
Модел управљања у мулти-варијабилним рудничким условима
Марјан Худеј, Милинко Радосављевић, Зоран Бартуловић, Слободан Вујић
 Management models in multi-variable mining conditions
Marjan Hudej, Milinko Radosavljević, Zoran Bartulović, Slobodan Vujić 38

Избор рекултивационог решења Површинског копа Богutowo село Угљевик вишеатрибутног анализом
Бојан Димитријевић, Игор Милановић
 Selecting the land reclamation type at the Bogutovo selo Ugljevik through a multi-attribute analysis
Bojan Dimitrijević, Igor Miljanović 47

Костолачки басен пример могућег приступа одрживе површинске експлоатације угља
Милинко Радосављевић, Ненад Макар, Симеун Маријанац, Владан Чановић
 Basin of Kostolac, an example of a possible approach in sustainable surface coal mining
Milinko Radosavljević, Nenad Makar, Simeun Marijanac, Vladan Čanović ... 55

Трајна обустава експлоатације угља и пренамена простора ПК Ћириковац
Драган Милошевић, Жељко Прашталo
 Permanent cessation of coal mining and repurposing of the OPM Ćirikovac area
Dragan Milošević, Željko Praštalo 61

Интеракција конструкције завршне косине и контуре експлоатационог захвата на површинском копу Мутал
Бранка Јовановић
 Interaction of the end slope and contour construction at the exploitation site at the Open pit Mine Mutal
Branka Jovanović 68



ОСТАЛО / OTHER

Догађаји / Events 74

Беспилотна аерофотограмetriја
 Unmanned aerophotogrammetry 74

Рударски басен Колубара: Потопљени површински копови Велики Црљени и Тамнава западно поље
 Mining basin Kolubara: Flooded open pit mines Veliki Crljeni and Tamnava zapadno polje 76

Термоелектране и копови Костолац: Проблем са водом на површинском копу Дрмно
 Thermal Power plants and Open pit mines Kostolac: Problem with water at the Open pit Drmno 77

Рударски басен Колубара: Покренута производња угља на површинском копу Тамнава западно поље
 Mining basin Kolubara: Production of coal at the open pit mine Tamnava zapadno polje started 78

Рударско-топионичарски басен Бор: Нова топионица и фабрика сумпорне киселине / Mining and smelting Basin Bor: A new smelter and sulfuric acid factory 79

Приказ књига / Books review 81

Фази логика у рударству / Fuzzy logic in mining 81

Српско рударство и геологија у другој половини XX века / Serbian mining and geology in the second half of XX century 82

Сећање / In memoriam 84

Миливоје Макар / Milivoje Makar 84

Драган Дражовић / Dragan Dražović 85

Блажо Ђукић / Blažo Đukić 86

Илија Ђоковић / Ilija Đoković 87

Десимир Стевић / Desimir Stević 88

ПРИРОДНЕ КАТАКЛИЗМЕ КАО ПОСЛЕДИЦЕ ПЕРИОДИЧНИХ КОНТРАКЦИЈА И ШИРЕЊА ЗЕМЉЕ NATURAL CATACLYSMS AS A CONSEQUENCE OF PERIODIC CONTRACTION AND EXPANSION OF THE EARTH

Алберт В. Зубков, Јаков И. Липин,
 Иван В. Бирјучјуов, Константин В. Селин,
 Сергеј В. Сентјабов

Albert V. Zoubkov, Yakov I. Lipin,
 Ivan V. Biryuchyov, Konstantin V. Selin,
 Sergey V. Sentyabov,

Рударски институт Уралског одељења Руске академије наука,
 stress.igd@mail.ru

Institute of Mining, Urals Division of Russian Academy of Sciences
 stress.igd@mail.ru

Сажетак: Установљено је да варирања напонских деформација земљине коре корелацирају са цикличним варирањем соларне константе, што се описује у релативним деформацијама степенске масе током 11-годишње периоде, достицања вредности $\epsilon = (2-4) \times 10^{-4}$, пулсирајуће најпрезања (10–20) МПа, са последицама у облику катастрофалних ломова површинских и подземних степенских структура. У раду се аргументовано показује веза природних катастрофа, варирања напонских деформација у земљиној кори и промена соларног зрачења.

Кључне речи: земљина кора, напонска деформација, варирање соларне константе, природна катастрофа.

Abstract: It has been determined that the variations of stress-strain state of the Earth's crust correspond to cyclic variations of Solar constant, resulting in relative deformation of the rock mass during 11-year period of time, reaching the value of $\epsilon = (2-4) \times 10^{-4}$ and pulsating stresses reaching the value of (10–20) MPa and as a consequence in catastrophic failures of both surface and underground structures. The paper advocates a connection of natural cataclysms, variations in stress-strain deformations of Earth's crust and the variations in Solar radiation.

Key words: earth's crust, stress-strain state, solar constant variations, natural catastrophe.

Варирања напонских деформација у земљиној кори

Природне катастрофе повезане су са варирањем напонских деформација у земљиној кори, а манифестују се земљотресима и поремећајима у структури стенских маса. Главни задатак Лабораторије за геодинамику и стенски притисак Рударског института Уралског одељења Руске академије наука из Јекатеринбурга, је истраживање напона у стенским масивима изван зоне утицаја подземних рударских радова. Оваква истраживања спроведена су на 25 лежишта Урала, Казахстана и Сибира [1].

У општем облику, напоне у стенском масиву описују релације:

$$\begin{aligned}
 \sigma_z &= \lambda \gamma H + \sigma_{ztp}^C + \sigma_{zp} \\
 \sigma_3 &= \lambda \gamma H + \sigma_{3tp}^C + \sigma_{3p} \\
 \sigma_1 &= \lambda \gamma H + \sigma_{1tp}^C + \sigma_{1p}
 \end{aligned}$$

Stress-strain state variations in Earth's crust

Natural cataclysms are associated with variations of stress-strain state (SSS) of the Earth's crust resulting in earthquakes and failures of structures erected in rock masses. The main task of the Geodynamics and Rock Pressure Laboratory of Institute of Mining within Urals Division of Russian Academy of Sciences (IM UD RAS) is investigation of stresses in rock masses outside zone of influence of underground mining operations and these investigations have been carried out at 25 ore deposits of Urals, Kazakhstan and Siberia (Zoubkov et al, 2010).

In general form they obey to following relationships:

$$\begin{aligned}
 \sigma_z &= \lambda \gamma H + \sigma_{ztp}^C + \sigma_{zp} \\
 \sigma_3 &= \lambda \gamma H + \sigma_{3tp}^C + \sigma_{3p} \\
 \sigma_1 &= \lambda \gamma H + \sigma_{1tp}^C + \sigma_{1p}
 \end{aligned}$$

где су:

H – дубина мерења, m;

γ – специфична тежина стена повлате, kN/m^3 ;

λ – коефицијент хоризонталног напона у опсегу $\mu/1-\mu$ до 1.0;

μ – Поасонов коефицијент;

$\sigma_{zp}, \sigma_{3p}, \sigma_{1p}$ – стални тектонски напони, МПа;

$\sigma_{ztp}, \sigma_{3tp}, \sigma_{1tp}$ – тектонски пулсирајући напони, МПа.

По први пут, вредности σ_{tp} регистроване су током експеримената у подземним просторијама на дубини 300 метара подножја планине, где је у раздобљу 1990–1996. регистровано повећање вредности σ_{tp} за 8 МПа.

Експерименти везани са утврђивањем σ_{tp} на Северном, Средњем и Јужном Уралу у подземним рудницима угља у близини градова Красноу-ринск, Нижњи Тагил, Берјозовски и Гуи почели су 1998.

where:

H – depth at which measurements are made, m;

γ – specific weight of overlying rocks, kN/m^3 ;

λ – coefficient of horizontal stress which is within range from $\mu/1-\mu$ to 1.0;

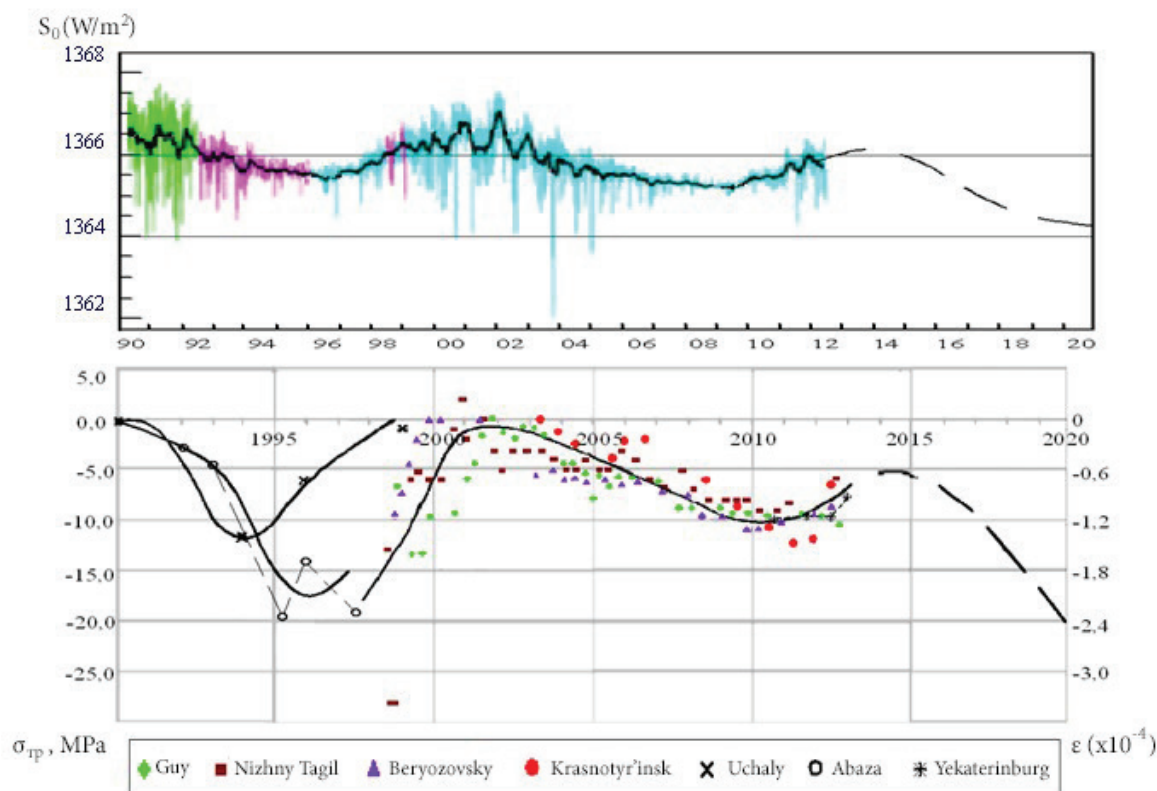
μ – Poisson's ratio;

$\sigma_{zp}, \sigma_{3p}, \sigma_{1p}$ – constant tectonic stresses, МПа;

$\sigma_{ztp}, \sigma_{3tp}, \sigma_{1tp}$ – tectonic pulsating stresses, МПа.

For the first time σ_{tp} have registered during experimental work performed in galleries being driven at the level of 300 meters above mountain foot where σ_{tp} has increased by 8 МПа during the period of time from 1990 to 1996.

Regular special experiments associated with determination of σ_{tp} in the North, Middle and South Urals in underground ore mines of cities Krasnotour'sinsk, Nizhny Tagil, Beryozovsky and Guy have begun from 1998.



Слика 1. Промене најрезања стијенске масе (σ и ϵ) и сунчевој зрачења S_0 у рудницима угља на Уралу и у Сибиру.

Figure 1. Variation of rock mass stress-strain state (σ and ϵ) and solar radiation S_0 at coal mines of Urals and Siberia.

На овим рудницима су изван зоне утицаја подземних рударских радова постављени базни профили различитих азимута и дужина 40-50 мета-

At these ore mines base lines having 40-50 meters length with different azimuth have been laid outside zone of influence of underground mining opera-

ра. На основу три мерења деформација услед хоризонталних напрезања и азимута њиховог деловања ($\Delta\sigma_1$, $\Delta\sigma_2$, α) одређен је тектонски пулсирајући напон:

$$\sigma_{tp} = (\Delta\sigma_1 + \Delta\sigma_2) / 2$$

Поред ових мерења и израчунавања, вредности за σ_{tp} утврђиване су и обрадом података мерења напона у рудницима у близини градова Учали на Уралу и Абазе у Сибиру, слика 1, [2]. Добијене вредности за тектонске пулсирајуће напоне σ_{tp} пројектоване су на криву варијације соларне константе S_0 , слика 1, према мерењима Физичко-метеоролошке опсерваторије Давос, светском центру за зрачење [3].

Корелативност промена S_0 и σ_{tp}

Анализа резултата показала је да су:

- Периоди варијација соларне константе S_0 и тектонских пулсирајућих напона σ_{tp} еквивалентни и да трају просечно 11 година;
- Релативна варијација соларног радијуса $\epsilon_0 = \Delta R_0 / R_0 = \Delta S_0 / S_0$ током циклуса 21-23 порасла је са $3,1 \times 10^{-4}$ на $5,1 \times 10^{-4}$ кореспондирајући са променом од R_0 до 200–250 km;
- Максимална вредност σ_{tp} у одвојеним циклусима износила је 10–20 МПа кореспондирајући са релативном деформацијом стенског масива 3×10^{-4} и могућој варијацији полупречника Земље R_z за 1,5 – 2,0 km.

Сходно овоме релативна деформација Сунца и Земље у просеку се поклапа ако се деформација стенске масе прошири на Земљину кору. Може се претпоставити да постоје таква физичка поља у свемиру која имају исти утицај на Сунце и на Земљу.

Утицај σ_{tp} на стенску масу ствара велике опасности, нпр. бетонска или армирано бетонска конструкција изведена у припремљеном простору у земљи (усек за брану хидроелектране или отварања рудника) током варирања σ_{tp} у потпуности преузима оптерећење:

- При порасту σ_{tp} конструкције се сабија и може бити здобљена;
- При смањењу σ_{tp} конструкција се растеже и може бити прекинута као последица повећања димензије „шупљине”;
- Током експлоатационог века (траје више

tions. Based on combinations of three measurements of deformations changes in horizontal stresses and azimuths of their action ($\Delta\sigma_1$, $\Delta\sigma_2$ and α) have been determined and then:

$$\sigma_{tp} = (\Delta\sigma_1 + \Delta\sigma_2) / 2$$

In addition to these data values of σ_{tp} have been determined by means of special processing of stress measurement results received at ore mines of Urals (Uchaly city) and Siberia (Abaza city), Figure 1 [2]. Received values of stresses σ_{tp} have been projected onto the curve of variation of solar constant S_0 provided by Phisikalish-Meteorologisches Observatorium Davos World Radiation Center [3].

Correlation of S_0 and σ_{tp} variations

Analysis of these results has shown that:

- periods of variation of solar constant S_0 and σ_{tp} are equal in average to 11 years;
- relative variation of solar radius $\epsilon_0 = \Delta R_0 / R_0 = \Delta S_0 / S_0$ during cycles 21 – 23 has increased from 3.1×10^{-4} to 5.1×10^{-4} corresponding to variation of R_0 to 200–250 km;
- maximum value of σ_{tp} in separate cycles has been equal to 10 – 20 МПа corresponding to relative deformation of rock mass up to 3×10^{-4} and possible variation of Earth radius R_z by 1.5 – 2.0 km.

Consequently relative deformation of the Sun and Earth in average coincide if deformation of the rock mass extend to the Earth's crust. It may be supposed that there are such physical fields in the cosmic space that have equal influence on the Sun and Earth.

Effect of σ_{tp} on the structure created in a rock mass bring the following major danger. Usually concrete or ferroconcrete structure is created in already prepared space (canyon for dam of hydroelectric station and mining opening) and during variation of σ_{tp} completely take the load:

- at increasing σ_{tp} the structure may be squashed;
- at decreasing σ_{tp} the structure may be disrupted as a result of increasing dimensions of “cavity”;
- during several decades capital structure experience several cycles of expansion and contraction of the Earth with various intensity.

Табела 1, Несреће у хидроелектранама и рудницама

Објект	Висина бране, или дубина рудника (m)	Година почетка изградње	Година када се догодила несрећа	$\sigma_{тр}$	Коментар
ХИДРОЕЛЕКТРАНЕ					
Сент Франсис, Калифорнија	60	1924	1928	min	Услед ширења кањона и слабења контакта са косинама, делови водотока порушени.
Тактоглу, Памир	215	(1975)	1982-83	$\approx \max$	Пуцање закивака на кућишту турбине услед контракције у тунелу турбине.
Нурек, Памир	300	1961 (1972)	1983	$\approx \max$	Пуцање 50 завртњева и закивака на кућишту турбине.
Сајано- Шушенскаја	275	1967 (1978)	2009	$\approx \max$	Пуцање 65 % завртњева на кућишту турбине.
РУДНИЦИ					
Рудник Таштагол, Ново-капиталнаја, Сибир		- 1960	1964 1971	max min	Пукотине у бетонској подгради у три правца, ширине 20- 200 mm и дужине 10 m.
Рудничко окно, Сибир			1991	min	Пукотине у бетонској подгради на дубини 560 – 606 m, и на армирано-бетонској подгради на дубини 840 – 965 m. Појачана подграде на дубини 756 – 865 m.
Рудничко окно у близини града Кромтау, Казахстан		1980	1984	max	Хаварија 200 m бетонске подграде на дубинама 520 и 720 m.
Рудник Сан Цозе, Чиле	700		2010	max	Хаварија вертикалног и косог окна на дубинама 400 и 500 m.
Рудник Березники, Бр. 3, Урал			1986	max	Поплављен рудник
Рудник Соликамск, Бр. 2, Урал			1995	max	Земљотрес магнитуде 5 степени
Рудник Березники, Бр. 1, Урал			2006	$\approx \max$	Поплављен рудник
Рудник Соколовски, Казахстан			2006	max	Поплављен рудник
Рудник Засјадко меморијал, Украјина	1078		2006-2007	$\approx \max$	Изненадна провала метана Настрадало 13 лица Настрадало 89 лица
Рудник Лењин, Казахстан			2006	$\approx \max$	Настрадало 41 лице
Рудник Хелемба, Шлезеја	1030		2006	$\approx \max$	Настрадало 23 лица
Рудник Уљановскаја, Кузбас			2007	$\approx \max$	Настрадало 110 лица
Рудник Распадскаја, Кузбас			2010	max	Настрадало 90 лица

Table 1. Accidents at hydro power plants and mines

Object	Dam height, underground mine depth, m	Beginning of construction (start up), year	Accident, year	σ_{tp}	Remark
HYDRO POWER PLANTS					
Saint-Francis station (California)	60	1924	1928	min	Waterside sections have been broken off as a result of canyon expansion and weakening of their contact with waterside slopes
Taktogul station (Pamir)	215	(1975)	1982-83	$\approx$ max	Rupture of bolts of turbine cover as a result of turbine pit deformation during its contraction
Nurek station (Pamir)	300	1961 (1972)	1983	$\approx$ max	Rupture of 50 nuts and pins of turbine cover from 72 nuts and pins (69%) as a result of the same action
Sayano-Shushenskaya station	275	1967 (1978)	2009	$\approx$ max	Rupture of 65% nuts and pins of turbine cover as a result of the same action
MINES					
Tashtagol ore mine, "Novo-Capitalnaya" underground mine (Syberia)		– 1960	1964 1971	max min	Failure of concrete support, along 3 azimuths; cracks had width 20-200 mm and L = 10 m
Mine shaft (Syberia)			1991	min	Cracks in concrete support at H = 560 – 606 meters and in ferroconcrete support at H = 840 – 965 meters. Repeated supporting at H = 756 – 865 meters.
Mine shaft in Khromtau city (Kazakhstan)		1980	1984	max	Failure of 200 meters of concrete support at H = 520 and 720 meters
San-Jose underground mine (Chile)	700		2010	max	Failure of vertical and inclined shafts at H = 400 and 500 meters
Berezniki ore mine No.3 (Urals)			1986	max	Flooding of ore mine
Solikamsk ore mine No.2 (Urals)			1995	max	Earthquake with magnitude of 5 points
Berezniki ore mine No.1 (Urals)			2006	$\approx$ max	Flooding of ore mine
Sokolovsky underground mine (Kazakhstan)			2006	max	Flooding of ore mine
Zasyadko Memorial underground mine (Ukraine)	1,078		2006-2007	$\approx$ max	Sudden gas outburst Death of 13 persons Death of 89 persons
Lenin Memorial underground mine (Kazakhstan)			2006	$\approx$ max	Death of 41 persons
Halemba underground mine (Silesia)	1,030		2006	$\approx$ max	Death of 23 persons
Ulyanovskaya underground mine (Kuzbass)			2007	$\approx$ max	Death of 110 persons
Raspadskaya underground mine (Kuzbass)			2010	max	Death of 90 persons

деценија) овакве капиталне конструкције пролазе кроз неколико циклуса контракција и ширења Земље различитог интензитета.

Закључак

Када $\sigma_{\text{тр}}$ порасте за 10 - 20 МПа, структура конструкције постаје слична стенској маси спуштеној за 400 – 800 метара у односу на постојећу позицију, узрокујући тако оштећења капиталних објеката у раздобљу максималне ($\sigma_{\text{тр}} = \text{max}$, односно $S_0 = \text{min}$) и минималне контракције ($\sigma_{\text{тр}} = \text{min}$, односно $S_0 = \text{max}$) контракције Земљине коре, табела 1.

Уколико би се догодило смањење S_0 на 1.364 до 2.020 w/m² [4] тада би се вредности $\sigma_{\text{тр}}$ могле повећати на 30 – 40 МПа или више, што је еквивалентно спуштању нивоа рударских радова за 1.000 – 1.500 метара и више у односу на достигнућу дубину. То би изазвало хаварије већине брана и зауставило радове у рудницима.

Примљен: јун 2013.

Прихваћен: децембар 2013.

Conclusion

When $\sigma_{\text{тр}}$ increase by 10 – 20 MPa our structure become as-if lowered in the rock mass by 400 – 800 meters in relation to existing depth of the structure thereby causing failures of capital structures during periods of maximum contraction of the Earth's crust ($\sigma_{\text{тр}} = \text{max}$, that is $S_0 = \text{min}$) (Table 1) and minimum contraction of the Earth's crust ($\sigma_{\text{тр}} = \text{min}$, that is $S_0 = \text{max}$).

If one would cater for projected decrease of S_0 to 1,364 w/m² till 2,020 (Abdusamatov Kh.I.) then $\sigma_{\text{тр}}$ may increase to 30 – 40 MPa and more and it will be equivalent to lowering of the level of mining operations by 1,000 – 1,500 meters and more in relation to those depths that have been reached. It will cause failures of majority of dams in canyons as well as permanent workings and stopes at ore mines.

Литература / References

1. Zoubkov A.V et al., Regularities of development of Earth's crust stress-state in Urals in time, Lithosphere, 2010, p. 84-93.
2. Zoubkov A.V., Biryuchyov I.V., Krinitsyn R.V. et al., 2012, Study of rock mass stress-strain state, Gorny Journal, (in Russian), p 44-47.
3. Frohlich, C. and Lean J., 2004, Solar Radiative Output and its Variability: Evidence and Mechanisms, Astron. and Astrophys. Rev., p.273-320, doi: 10.1007/s00159-004-0024-1.
4. Abdusamatov Kh. I. Project Astrometry for measurement of time dependent variations of Sun shape and diameter. – Access mode: <http://www.qao.spb.ru>.

Received: June 2013.

Accepted: December 2013.

ПРЕГЛЕД МЕТАЛИЧНИХ МИНЕРАЛНИХ РЕСУРСА СРБИЈЕ A GENERAL OVERVIEW OF THE METALLIC MINERAL DEPOSITS OF SERBIA

Раде Јеленковић

Rade Jelenković

Рударско-геолошки факултет,
 rade.jelenkovic@rgf.bg.ac.rs

Faculty of Mining and Geology,
 rade.jelenkovic@rgf.bg.ac.rs

Сажетак: Металични минерални ресурси Србије су настали у сложеним процесима металојенетској развоја њене територије, током више металојенетских епоха. Посматрано са аспектa геолошко-економског значаја, међу њима су од посебног интереса: 1) ресурси Cu (∇Au), Pb-Zn (∇Ag), и, у знатно мањој мери, 2) ресурси Sb , Ni , Co , Sn , W , Mo , Mn , U , Ti и природно легираних руда гвозђа. У циљу повећања укључених количина металичних минералних ресурса и резерви Србије, у наредном периоду током геолошких истраживања, посебну пажњу треба посвећивати: хидротермалним лежиштима Cu-Au и расејаној минерализацији злата у седиментним стенома на подручју Борске металојенетске зоне и суседних терена; порфирским Cu-Au лежиштима у металојенетској зони Леце-Халкидик; Pb-Zn (∇Ag) (∇Au) лежиштима Српско-македонске провинције и лежиштима легирајућих метала у различитим геолошким срединама. Геолошка истраживања лежишта урана налазе се у функцији савремених одређења државе у погледу коришћења енергетских ресурса.

Кључне речи: металичне руде, ресурси, минерални потенцијал, Србија.

Abstract: The metallic mineral resources of Serbia were formed by complex processes of metallogenic development and in various geological epochs. The most important group of them includes Cu (∇Au), Pb-Zn (∇Ag), and, to a considerably lesser extent, Sb , Ni-Co , Sn , W , Mo , Mn , U , Ti and the naturally mixed Fe ores. All of them were formed by complex processes of metallogenic development of territory of Serbia and in numerous geological epochs. In future geological explorations greater attention should be given to the hydrothermal Cu-Au and sediment-hosted gold deposits localized in the Bor metallogenic zone, the porphyry Cu-Au deposits in the Lece-Halkidiki metallogenic zone, to the Pb-Zn deposits (Au-Ag with the accompanying elements) in the region of the Serbian-Macedonian province, and to the deposits of alloyed metals. The exploration of uranium ores will depend on the strategy of the state concerning the utilization of energy resources.

Key words: metallic ores, resources, mineral potential, Serbia.

Увод

Металични минерални ресурси Србије, као и шире металојенетске јединице у оквиру којих се налазе, представљају део металојенетских и геотектонских јединица регионалних размера које прелазе географско-политичке границе њене територије. Из поменутих разлога, положај, време и услови стварања металичних минералних ресурса Србије, налазе се у функцији сложених процеса вулканизма, седиментације и метаморфизма на њеној територији, али и од геотектонске еволуције ширег простора њихове локализације. Геолошки и економски значај металичних минералних ресурса Србије, међутим, у поменутих геотектонским и металојенетским јединицама, условљен је припадношћу лежишта одређеним генетским класама, временом и карактеристикама средина њиховог стварања, типоморфним минералним асоцијацијама рудних

Introduction

The metallic mineral resources of Serbia and the metallogenic units within which they are located are constituent parts of regional metallogenic and geotectonic units larger than its territory. Accordingly, the position, time and conditions of the formation of the metallic mineral resources of Serbia depended to a large extent on the geotectonic evolution of that broad territory accompanying volcanic, sedimentary and metamorphic processes. The importance of the metallic mineral deposits in the above mentioned metallogenic and geotectonic units varies depending on their territorial distribution, their type and environment, the extent of their occurrences, the association of the ore and accompanying elements, and the chronological span of their formation. From the metallogenic point of view, they are all incorporated into the Tethyan-Eurasian Metallogenic Belt, or, in

и пратећих елемената, садржајима корисних и штетних компоненти али њиховом територијалном дистрибуцијом и учестаношћу појављивања.

Посматрано са аспекта металогенетске рејонизације, металични минерални ресурси Србије су део Сектора СИ Медитерана Тетијско-евроазијског металогенетског појаса (ТЕМП) [Јанковић, 1990; 1997], односно део Алпско-Балканско-Карпатско-Динаридске металогенетске и геодинамичке провинције (АБЦД) Тетијског (или Алпско-Хималајског) орогеног система, који се пружа са подручја Западне Европе до ЈИ Азије [Heinrich and Neubauer, 2002; Schmid et al, 2008]. Детаљнија металогенетска рејонизација металичних минералних ресурса Србије унутар поменуте геотектонско-металогенетске јединице, заснована је на анализи односа појединачних лежишта металичних минералних сировина и специфичних геолошких средина за које су она просторно и (пара) генетски везана [Јанковић, Јеленковић и Вујић, 2003; Јеленковић et al, 2008].

Порекло и еволуција минерализације

Металични минерални ресурси Србије су груписани у четири металогенетске јединице регионалног карактера: 1) за Динаридску металогенетску провинцију која захвата простор западне и југозападне Србије, затим 2) за Карпато-Балканску металогенетску провинцију (CBMP), која је развијена на територији источне Србије, 3) Српско-македонску металогенетску провинцију (SMMP), на простору централне Србије и 4) за Дакијску металогенетску провинцију (DcMP) у крајњем СИ делу Србије. Унутар поменутих металогенетских провинција налази се више металогенетских зона, рудних области и рудних поља, специфичних карактеристика у погледу стварања рудних лежишта, њихове припадности одређеним генетских класама лежишта и економском значају (сл. 1).

Лежишта металичних минералних сировина Србије су сагласно концепцији тектонике плоча издвојена у четири групе: 1) лежишта везана за процесе интраконтиненталних рифтовања; 2) лежишта везана за офиолитске комплексе; 3) лежишта везана за процесе субдукције и 4) лежишта везана за процес сударања континената и пратећу тектонску и вулканску активност. Иако су међу њима доминантна магматогена лежишта металичних минералних сировина, позната и бројна лежишта металичних минералних сировина у седиментним басенима неогене старости (уран, литијум и др.) [Јанковић, 1990].

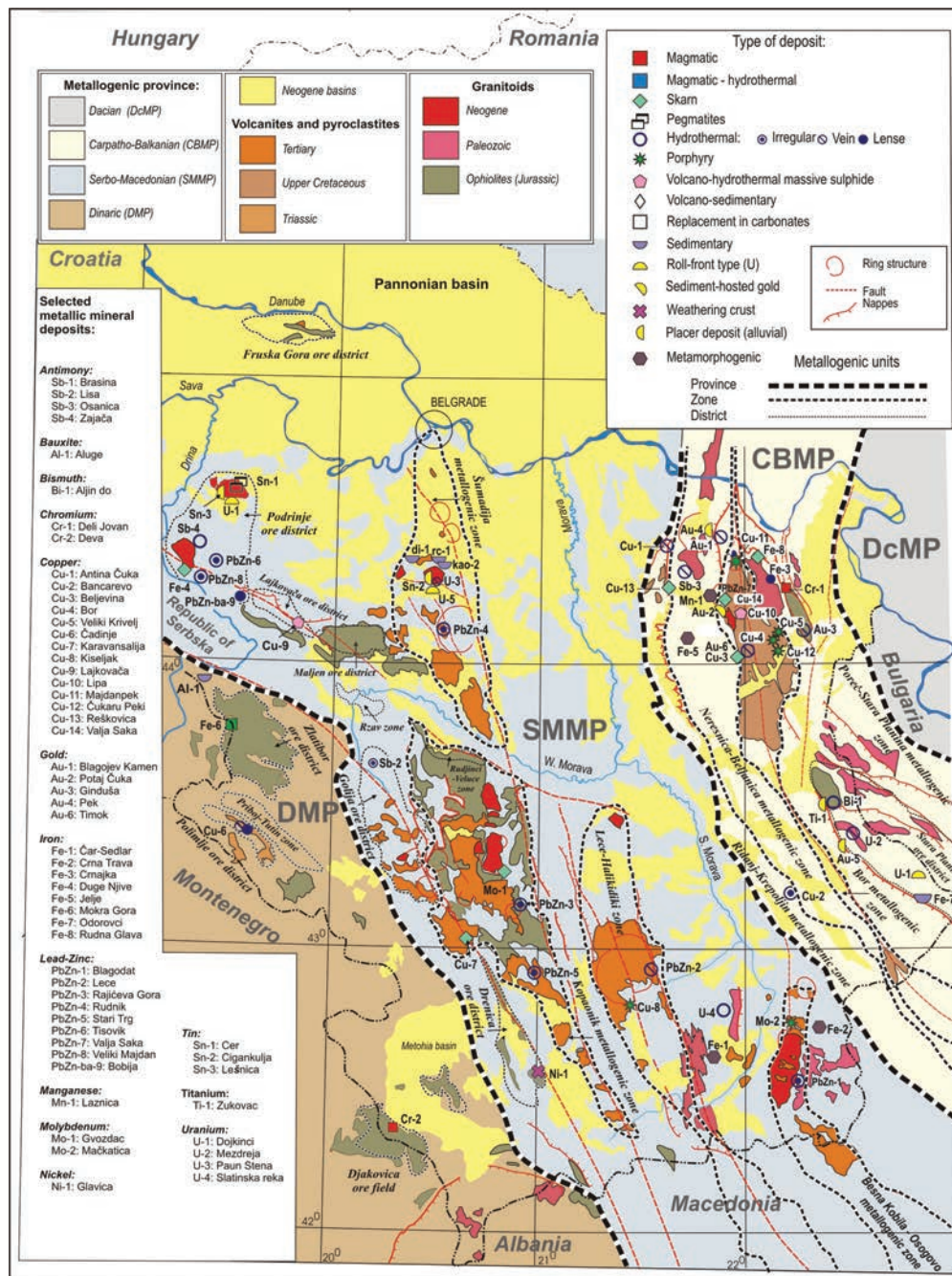
the broader scale into the so-called North-Eastern Mediterranean Sector [Janković, 1990; 1997], or, the Alpine-Balkan-Carpathian-Dinaride metallogenic geodynamic province (ABCD), which is part of the Tethyan (or Alpine-Himalayan) orogenic system that extends from Western Europe to South East Asia [Heinrich and Neubauer, 2002; Schmid et al., 2008]. A more detailed territorial grouping of these units is based on an analysis of the relationship between the mineral deposits and the geological environment with which they are genetically and territorially associated [Janković, Jelenković & Vujić, 2003; Jelenković et al., 2008].

The origin and evolution of mineralization

Metallic mineral deposits of the Serbia are concentrated into four regional metallogenic units that spatially extend territory boundaries of the country: 1) the Dinaridic metallogenic province (DMP) covering western part of Serbia, 2) the Carpatho-Balkan metallogenic province (CBMP) in the NE part of the Serbia, 3) the Serbo-Macedonian metallogenic province (SMMP) in the central part of the Serbia and 4) the Dacian metallogenic (DcMP) province that include an extremely small area in the far north-eastern part of Serbia. All of them are subdivided into several metallogenic zones, ore districts and ore fields, some of which have specific features associated with the origin of the deposits (Figure 1).

According to the contemporary knowledge of plate tectonics and of the geotectonic and metallogenic development of the terrain in Serbia, its metallic mineral resources can be classified as: 1) deposits related to intracontinental rifting; 2) deposits related to ophiolite complexes; 3) deposits of subduction related setting and 4) deposits of continent-continent collision related setting the collision of continents. Apart from magmatogenic ore deposits, some other mineral deposits (uranium, lithium etc.) hosted by Neogene basins had been identified in Serbia [Janković, 1990].

Deposits related to intracontinental rifting. The processes of rifting, both of the initial and advanced stages, lasted from Early to Late Triassic have been suggested, but in some sectors of Serbia (Dinarides, Vardar zone) continued lateral spread of the sea-floor, have led to the opening of the ocean (Late Triassic – Late Jurassic). Tectonic setting is characterized by elongated and mostly subparallel horst-graben structures. Two principal groups of magmatic rocks are distinguished in relation with



Слика 1. Главне металојенейске јединице, рудна лежишта и значајније појаве металичних минералних сировина Србије.

Figure 1. The main metallogenic units, mineral deposits and some important metallic mineral occurrences of the Serbia.

Лежишта везана за интерконтинентална рифтовања. Сложени процеси интерконтиненталног рифтовања испољени у појединим деловима Србије у периоду од доњег до горњег Тријаса, условили су латерално ширење, истањивање и размицање континенталне коре, што је у коначном облику у периоду од горњег Тријаса до горње Јуре, на простору Динарида и Вардарске зоне довело до отва-

intracontinental rifting and opening and oceanic spreading: 1) quartzkeratophyres, porphyrites and albite-granites (processes of intracontinental rifting) and 2) diabases and basalts (spilites), processes of opening and spreading.

Predominant types of ore mineralization in relation to intracontinental rifting are lead-zinc and subordi-

рања океана. У поменутим процесима, на овом простору формирано је више издужених, субпаралелних хорст-грабен структура за које су везане две основне групе стена: 1) кварцкератофири, порфирити и албитски гранити везани за процесе интраконтиненталних рифтовања и 2) дијабази и базали (спилити), везани за процесе отварања и ширења океанске коре. За поменуте процесе и њихове продукте, везан је и настанак економски више значајних лежишта олова и цинка, делом и лежишта бакра која припадају групама: 1) хидротермално-седиментних и хидротермално жичних и штокверкних орудњења и 2) групи хидротермалних масивно-сулфидних и хидротермално-жичних орудњења везаних за офиолитски меланж западне Србије. На истом простору, налази се и више лежишта других минералних сировина: а) високотемпературна хидротермална жична и сочиваста лежишта гвожђа; б) лежишта Fe-Mn оксида и карбоната праћена нижим садржајима Pb-Zn и Fe; в) лежишта живе и д) лежишта бокси-та у карстификованим кречњацима.

Рудна лежишта везана за офиолитске комплексе. Латерално ширење континенталне коре које је започело у почетном стадијуму интраконтиненталног рифтовања, довео је до стварања нове океанске коре и на и испод океанског дна, бројних тектонских елемената (активне осе ширења, вруће тачке и др.) који су од посебног металогенетског значаја за стварања рудних лежишта. Офиолитски комплекси који су настали у овим процесима, на подручју Србије граде два појаса: западни, локализован на простору Унутрашњих Динарида и источни, који се пружа од Вардарске зоне до Азије. Металогенија поменутих појасева је везана са њихове петрохемијске карактеристике и геотектонску грађу. У саставу офиолитских комплекса западног појаса преовлађују лерзолити, габропироксенити и ортопироксенити, док су преовлађујућа ендогена лежишта металних минералних сировина везана за те комплексе, сулфидна лежишта Ni-Co-Cu-Fe, бакроносно-пиритска лежишта, спорадично лежишта магнетита и подређено, минерализација злата. У саставу офиолитских комплекса источног појаса преовлађују перидотити богати магнезијумом и дунити. Основно обележје њихове металогеније је присуство лежишта хромита и економски значајних бакроносно-пиритских лежишта, локално силикатних лежишта никла и никлоносних лежишта гвожђа.

Лежишта везана за зоне субдукције (субдукција испод активних континенталних маргина /креда/) се налазе у источној Србији, на простору Карпато-балканске металогенетске провинције.

nate copper. From the genetic point of view, they are classified as follows: 1) hydrothermal volcano-sedimentary, hydrothermal stockwork and vein types and 2) hydrothermal massive sulphide ores and hydrothermal veins in relation to ophiolite melange of Western Serbia. Several other groups of mineral deposits in addition to Pb-Zn and Cu, are present: a) high temperature hydrothermal Fe-veins and lenses; b) Fe-Mn oxides and carbonates accompanied by minor Pb-Zn and Fe sulphides; c) mercury deposits and d) bauxite deposits developed on the karstified limestone.

Ore deposits related to ophiolite complexes. When the lateral spreading of continental crust continues from the stage of intracontinental rifting, new oceanic crust begins to form. The floor of the ocean has many tectonic elements (the active spreading axes, hot-spot etc.) that are considered to be significant metallotects of ore deposits. The ophiolites form two distinct belts: the Western Belt located in the Inner Dinarides, and the Eastern Belt, extends from the Vardar zone to the Asia. Metallogeny of these ophiolitic complexes is closely associated with their petrochemical features and geotectonic settings. The ophiolites of the Western Belt are characterized by the dominance of lherzolite peridotite, gabbro-pyroxenite and orthopyroxenite. Endogenous ore deposits related to these ophiolitic complexes are mostly the Ni-Co-Cu-Fe sulphides, pyritic cupriferous deposits, sporadically magnetite deposits and minor gold mineralization. The ophiolites of the Eastern Belt consists mainly of Mg-rich peridotite and dunite. Their metallogeny is characterized by major chromite and significant pyritic cupriferous deposits, locally nickel silicate and nickeliferous iron deposits.

Deposits of subduction-related setting (subduction beneath the active continental margin /Cretaceous/) are located in the East Serbian part of Carpatho-Balkan metallogenic province. The most important deposits related to subduction-related setting are of the porphyry copper and related high sulphidation Cu-Au mineralization (massive-sulphide): Bor, Majdanpek and other deposit (Bor metallogenic zone) and Ridanj-Krepoljin zone (Reškovica etc.) and, rare Pb-Zn. The ore elements are mostly leached from the host rock (andesites and analogue plutonites; magmatic arc above the subduction zone or of the rifts over the subduction zone) in the convectional systems by fluids derived from the subducted oceanic plate and partly dehydrated continental crust mixed with descending solution.

Економски најважнија међу њима су порфирска лежишта бакра и са њима повезана Cu-Au лежишта типа високе сулфидизације (лежишта масивних сулфида): лежишта Бор, Мајданпек и друга (Борска металогенетска зона), затим лежишта на простору Ридањско-крепољинске зоне (Решковица и др.), и, ређе, минерализација олова и цинка. Рудни елементи који се налазе у поменутих лежиштима, највећим делом потичу из околних стена (андезита и аналогних плутонита; магматски лук изнад субдукционе зоне или рифтови у зони субдукције) из којих су излужени конвективним системима хидротермалних флуида, тј. мешавином вода из океанске коре, дехидриране континенталне коре и десцендентних раствора.

Лежишта везана за зоне судара континента. Затварање тетијског океана дуж зоне Вардар-Измир-Централна Анадолија почев од олигоцена, довело је до судара афричког и европског континента и испољавања значајне магматско-тектонске активности. Рудна лежишта настала дуж активне континенталне маргине везана су за средњекиселе вулканске и магматске стене, настале кристализацијом магме која је издвојена из доњих делова континенталне коре, али која је током кретања ка површини, могла да буде контаминирана појединим елементима из габро-перидотитских комплекса (Cu, Au), или одређеним литофилним елементима из континенталне коре (Sn, W, Nb, Ta). У поређењу са вулканским стенама које су развијене у зонама субдукције у источносрпском делу Карпато-балканида, вулканске стене терцијарне старости у овој тектонској средини карактеришу се повишеним садржајима олова и цинка и нижим садржајима бакра. Главна рудна лежишта везана са овим геотектонским условима (на подручју Вардарске зоне и Српско-македонског масива) су скарновска и хидротермална лежишта везана за вулcano-интрузивне комплексе: хидротермална метасоматска и жична, локално порфирска Cu и штокверкно-импрегнациона Mo. Преовлађујући метали у тим лежиштима су Pb-Zn, Sb, Bi, Ag, As, док се бакар и злато налазе спорадично. Рудни елементи су излужени из околних стена мешавином флуида који су везани за субкрусталне магме И-типа, контаминираним крусталним материјалом и загрејаним десцендентним растворима.

Постојеће стање и потенцијали металних минералних ресурса Србије

На подручју Србије се налази 214 лежишта (Fe-30; Mn-7; Cr-26; Ni-Co-8; W-1; Sn-4; Mo-1; Cu-33; Pb-Zn-50; Sb-17; Hg-2; bx-9; Au-14; U-11; Ti-1) и 990

Deposits of Continent-Continent Collision-related Setting. The closure of a branch of the Thetian Ocean along the Vardar-Izmir-Central Anatolia zone, starting in Oligocene, was followed by the collision between Africa and Europe, resulting in magmatic-tectonic activity. Ore deposits formed along the active continental margin are related to intermediate volcanic and magmatic rocks. Magmas are derived from the lowest levels of up-domed continental crust, but during upward movement, they can be contaminated by some elements from gabbro-peridotite complexes (Cu, Au), or some lithophile elements from the continental crust (Sn, W, Nb, Ta). In comparison with the volcanic rocks developed in the subduction-related setting of the Eastern Serbian part of the Carpatho-Balkanides, the Tertiary volcanic rocks in this tectonic setting are characterized by an increased content of lead and zinc, and by a diminished content of copper. The principal ore deposits in Serbia associated with this geotectonic condition (at the territory of the Vardar zone and the Serbo-Macedonian Massif) occur as skarn-type to hydrothermal deposits related to volcano-intrusive complexes (hydrothermal metasomatic and veins, locally porphyry-Cu and stockwork-disseminated Mo-types). The dominant metals in these deposits are Pb-Zn, Sb, Bi, Ag, As. Copper and gold occurs only occasionally. Ore elements were leached from host rocks by fluids from the subcrustal magmas of I-type, strongly contaminated by the crustal material and mixed with the heated descendent solutions.

The present state and potential of the metallic mineral resources of Serbia

There are 214 metallic mineral deposits (Fe-30; Mn-7; Cr-26; Ni-Co-8; W-1; Sn-4; Mo-1; Cu-33; Pb-Zn-50; Sb-17; Hg-2; bx-9; Au-14; U-11; Ti-1) and 990 metallic mineral occurrences (Fe-86, Mn-25; Cr-127; Ni-Co-6; W-23; Sn-7; Mo-27; Cu-235; Pb-Zn-239; Sb-62; Hg-8; bx-11; Au-46; U-83; Ti-1; As-4) at territory of Serbia [Jelenković, 2011]. Many of ore deposits were still exploited until as late as the end of the twentieth century. Today, however, the mining production has been either abandoned (Fe, Cr, Mn, W, Ni and others) or greatly reduced (Pb-Zn, Cu, Au, Ag, Sb). This is a consequence of the intensive exploitation of the better-quality reserves in order to reduce the production costs, of the exhaustion of economic reserves of Cr, Mn, W and other ores, as well as of the considerable reduction of geological exploration. The base metals (Cu, Pb-Zn), precious metals, partly Ni, Al, and some others, have been more thoroughly explored and their

појава металичних минералних сировина (Fe-86, Mn-25; Cr-127; Ni-Co-6; W-23; Sn-7; Mo-27; Cu-235; Pb-Zn-239; Sb-62; Hg-8; bx-11; Au-46; U-83; Ti-1; As-4) [Јеленковић, 2011]. До краја XX века многа од њих била су у експлоатацији, док је данас рудничка производња у многим лежиштима престала (Fe, Cr, Mn, W, Ni и др.) или је услед интензивне експлоатације квалитетнијих резерви ради снижења трошкова производње и значајног смањења обима геолошких истраживања битно смањена (Pb-Zn, Cu, Sb, Au, Ag) или је услед исцрпљивања билансних резерви (Cr, Mn, W и др.) обустављена. Обојени метали (Cu, Pb-Zn), племенити метали (Au), делом Al, Ni и др., нешто су детаљније су истраживани и њихови укупни ресурси су увећани, тако да упркос бројним проблемима они и даље представљају развојни потенцијал Србије.

Економски најзначајнији металични минерални ресурси Србије могу се груписати на следећи начин:

- Металични минерални ресурси у експлоатацији са значајним резервама на којима су већ изграђени прерађивачки капацитети (Cu-Au, Pb-Zn-Ag) а које и даље представљају основу индустријског развоја земље. Овој групи ресурса припадају: лежишта бакра Борске зоне, Pb-Zn лежишта металогенетских зона Копоника, Шумадије, Леца, Бесне Кобиле, као и рејона Борање. Основне карактеристике поменутих лежишта су претежно низак садржај метала и значајни рудни потенцијали.
- Минерални ресурси са идентификованим, економски интересантним, претежно малим резервама које нису у експлоатацији а чије је повећање могуће, као и сировине које се налазе у малим количинама, довољним за кратке периоде производње и покривање домаћих потреба. Ову групу сировина чине Mo, Sn, Mn, U и Ti.
- Потенцијално значајне сировине са непотпуно дефинисаним ресурсима чија је валоризација условљена техничко-економским параметрима, као и сировине ниског степена истражености са повољним изгледима за повећање резерви. Њих чине Ni, Co, Sb, Al, као и природно легиране Fe-руде. Поменутој групи сировина припадају и Au и Ag. Иако су ове сировине углавном ниског степена истражености, према познавању геолошке грађе и металогеније Србије, постоје повољни изгледи за проналазак нових ресурса.
- Сировине чије се присуство може очекивати на територији Србије (Au, Ag, ретки и расејани метали). На основи спроведених мета-

resources have been augmented, so that they still represent, in spite of numerous problems attending their exploitation, the developmental potential of Serbia.

The economically most important metallic mineral resources of Serbia may be grouped as follows:

- Metallic mineral resources with significant reserves, which are in exploitation and are already provided with processing capacities (Cu-Au, Pb-Zn-Ag), and which continue to be the basis of the industrial development of the country. This group includes the Cu deposits in the Bor zone, the Pb-Zn deposits in the metallogenic zones of Kopaonik, Šumadija, Lece, Besna Kobila and the Podrinje. The basic characteristics of these deposits are a predominantly low metal content and substantial ore potential.
- Mineral resources with identified, economically interesting, predominantly small reserves which are not in exploitation, and mineral resources occurring in small quantities, sufficient for brief periods of production and the supply of domestic requirements. This group includes Mo, Sn, Mn, U, and Ti.
- Potentially significant resources with partly defined resources, the valorization of which depends on technical-economic parameters, as well as the partly explored mineral resources with favorable prospects for reserve increase. They include, Au, Ni, Co, Sb, Al, mixed Fe-ores. Although most of these resources are only partly explored, the study of the geological setting and metallogenic processes of Serbia show that there are favorable prospects for the discovery of new resources.
- Mineral resources likely to be found in the territory of Serbia (precious and disseminated metals). The metallogenic analyses carried out so far show that new resources of gold are likely to be discovered in the Eastern Serbia (sediment-hosted deposits), the Blagojev Kamen area (hydrothermal quartz-vein type in the Neresnica-Beljanica zone), the Timok volcanic complex (porphyry copper-gold and related epithermal Cu-Au deposits in the Bor metallogenic zone) and Lece volcanic complex (high and low sulphidation epithermal Cu-Au mineralization) in the Lece-Halkidiki metallogenic zone and in some other areas.
- Mostly exhausted or non-economic mineral resources. They include Cr, Fe (suitable for the technology of blast furnaces) and W. Prospects

логенетских анализа, реално је очекивати нове минералне ресурсе злата на подручју источне Србије (расејана минерализација злата у седиментима), затим у рејону Благојевог Камена (хидротермалне кварцне жице), Тимочког вулканског комплекса (порфирска и епитермална Cu-Au лежишта на подручју Борске металогенетске зоне) и Лецког магматског комплекса (лежишта Cu-Au високе и ниске сулфидације) на простору металогенетске зоне Леце-Халкидик и др.

- Највећим делом исцрпљене или неекономичне сировине (Cr, Fe, W). Мали су изгледи за проналазак нових, економски потенцијално значајних минералних ресурса.

На основу претходног, могуће је закључити да су најзначајнији метални минерални ресурси Србије ресурси обојених и племенитих метала, потом ресурси легирајућих метала и, делом, ресурси радиоактивних елемената. Економским значајем и потенцијалима, међу њима се истичу лежишта бакра и злата, као и лежишта олова-цинка и сребра са пратећом асоцијацијом рудних елемената (табела 1).

Бакар. Економски најзначајније руде бакра у Србији налазе се на простору: 1) Борске металогенетске зоне Карпато-балканске металогенетске провинције (порфирска лежишта бакра и високосулфидациона лежишта масивних сулфида), 2) у офиолитском меланжу рудног рејона Лајковаче (хидротермална вулcano-седиментна лежишта масивних сулфида) и 3) металогенетске зоне Леце-Халкидик (порфирско Cu-Au лежиште Кисељак). Осим њих, у теренима Србији издвојени су и бројни други простори у којима постоје реалне геолошке предиспозиције за проналажење нових Cu-лежишта, превасходно порфирског, делом и масивно-сулфидног типа. У једном од њих, на простору рудног поља Брестовац, ~5 km јужно од Бора, недавно је пронађено лежиште бакра Чукару Пеки. Рудна минерализација овог лежишта припада порфирском типу орудњења и типу високе сулфидације, а налази се испод више од 250 m дебелог пакета миоценских и кредних седимената. Минерализација бакра и злата у типу високе сулфидације (масивни сулфиди) представљена је ковелином и борнитом, као доминантним минералима, подређено енаргитом и халкозином. Поменути минерали се у лежишту налазе у виду масивних тела, жица и цемента у хидротермалним бречама. Просторно су везани за зоне напредне аргилизације (кварц-алунит) и зону аргилитиса-них андезита. У дубљим деловима лежишта преовлађује порфирски тип минерализација бакра представљен халкопиритско-пиритским жицама

for the discovery of new, economically significant reserves are small.

The most important metallic mineral resources of Serbia are non-ferrous metals and precious metals, ferroalloy metals, partly fissionable metals. Especially important, as regards resource potential and economic importance, are the deposits of copper-gold and lead-zinc-silver, with the accompanying elements of association (table 1).

The non-ferrous metals and precious metals are economically important group of metallic mineral resources of Serbia. The most important are: Cu, Pb-Zn, Au and Ag.

Copper. The most important copper ores are located in: 1) the Bor metallogenic zone of the Carpatho-Balkan metallogenic province (porphyry copper and related high sulphidation massive sulphide deposits), 2) the Lajkovača ore district (hydrothermal volcano-sedimentary massive sulphide deposits) - one of ophiolitic melange, and, partly, 3) in the Lece-Halkidiki metallogenic zone (Kiseljak porphyry Cu-Au deposit).

The metallogenic analyses carried out so far in Serbia have indicated the areas the geological features of which show that they are likely to contain new Cu-deposits, predominantly of a porphyry type, and, to a lesser extent, of a massive-sulphide ore types (the Bor metallogenic zone). One of them is the Čukaru Peki deposit, located ~5 km south of the Bor (the Brestovac ore field). Ore mineralization covered by up to 250 m of Miocene sediments, is of both epithermal high sulphidation systems and porphyry style mineralization. High sulphidation Cu-Au „massive sulphide” mineralization consists of covellite with bornite, enargite and chalcocite in zones, blebs, veins, hydrothermal breccias with copper minerals as matrix and replacements hosted by strongly altered advance argillic (quartz-alunite) and argillic andesite. Porphyry style chalcopyrite-pyrite veins or blebs with rare molybdenite have been intersected in the deeper intervals, often with a later overprint of disseminated covellite with strongly altered argillic andesite.

According to results of today explorations, inferred resource for the high sulphidation zone (above a 1% CuEq cut-off grade) to be 65.3 Mt (2.6% Cu and 1.5 g/t Au). The inferred resource includes the high-grade massive sulphide domain containing an estimated 6.8 Mt at an average grade of 9.6% Cu and 5.9 g/t Au at a 1% CuEq cut-off, and a significant proportion of the semi-massive sulphide domain containing 14 Mt at an average grade of 3.2%

Табела 1. Металични минерални ресурси Србије

(извор: Министарство природних ресурса, рударства и просторног планирања; модификовано).

Table 1. Metallic mineral resources of Serbia

(source: Ministry of natural resources, mining and spatial planning of Serbia; modified).

	Измерени + индицирани ресурси / Measured + indicated resources			Претпостављени ресурси / Inferred resources		
	Ресурси / Resources	Садржај / Grade	Метала / Metal	Ресурси / Resources	Садржај / Grade	Метала / Metal
Cu ¹ Au ¹ Ag ¹	1.250 Bt ¹	0,38 % 0,138 g/t 1,04 g/t	4,75 Mt 173 t 1.295 t	1.350 Bt	0,37 % 0,11 g/t 0,95 g/t	4.99 Mt 149 t 1.285 t
Cu ² Au ²				300,5 Mt ²	0,27 % 0,26 g/t	811,4 t 78,13
Cu ³ Au ³				63 Mt	2,6% 1,5 g/t	1.638 Mt 94,5 t
Au ⁴	46,3 Mt	1,56 g/t	72,3 t	8,7 Mt	1,3 g/t	11,31 t
Pb Zn Ag	16.27 Mt	4% 3% 95 g/t	0,65 Mt 0,49 Mt 1545 t	2.69 Mt	4% 3% 82,8 g/t	0,11 Mt 0,08 Mt 223 t
Pb ⁵ Zn ⁵ Ag ⁵	31.26 Mt	4.1 % 3 % 110 g/t	1,28 Mt 0,94 Mt 3438 t	24.47 Mt	4% 3% 70 g/t	0,98 Mt 0,73 Mt 1713 t
Fe + Ni ⁶	3.97 Mt -	37.53 % -	1,49 Mt -	115.4 Mt 90 Mt ⁶	23.99% 0,7%	27,68 Mt 0,63 Mt
Mn	-	-	-	9,5 Mt	20 %	1,9 Mt
Cr	89.000	15,7%	13.973	0.02 Mt	15 %	3000 t
Ti	-	-	-	56000t	42% TiO ₂	
Ni Co	19,92 Mt	0,75 % 0,08%	149.400 t 15.936 t	18.73 Mt	1.14 % 0,07%	213.522 t 13.111 t
Sb	0,98 Mt	1,53 %	14.994 t	1.2 Mt	1.3 %	15.600 t
Al	2,69 Mt	44-48% Al ₂ O ₃	-	1,2 Mt	35-40% Al ₂ O ₃	-
SnO ₂	5,49 Mm ³	286,3 g/m ³	1,572 t	20 Mm ³	167 g/m ³	3,340 t
Ta-Nb	4,96 Mm ³	86,01 g/m ³	427 t	20 Mm ³	10 g/m ³	200 t
Mo	150 Mt	0,044 %	66.000 t	164.5 Mt	0.07 %	115.150 t
W	0,33 Mt	3,5% WO ₃	11.500 t WO ₃	0.025 Mt	1,65% WO ₃	412,5 t WO ₃
Hg	0,083 Mt	0,33 %	27.390 t	-	-	
U	2.154 Mt	338 g/t	728,1 t	1.5 Mt	310 g/t	465 t

са ретким молибденитом и, у зонама аргилитиса-них андезита, млађим, расејаним ковелином.

Према подацима до данас извршених истражи-вања, претпостављени минерални ресурси бакра и злата у зони високе сулфидације (гранични са-држај је изнад 1% CuEq) износе 65,3 Mt руде (2,6% Cu и 1,5 g/t Au). У оквиру ове зоне налази се мања субзона масивних сулфида са 6,8 Mt руде и сред-њим садржајем Cu од 9,6% и 5,9 g/t Au (гранични садржај је изнад 1% CuEq), као и семимасивно сул-фидна зона са 14 Mt руде и средњим садржајем Cu од 3,2% и 2,7 g/t Au (гранични садржај је 3% CuEq). Порфирска минерализација бакра која се налази испод зоне масивних сулфида, у дубљим деловима терена, још увек није детаљно истражена. Истра-жним бушењем је прослеђена на растојању од ~700

Cu and 2.7 g/t Au at a 3% CuEq cut-off grade. The underlying porphyry type mineralisation has not been modelled at this time. It is drilled ~700m with 0.8-0.9% CuEq grade (potential resources are 0.5-1.0 Bt, respectively), with a ~300m thick sub-inter- val with ~1.1% CuEq grade (~210Mt or ~2.1Mt of CuEq).

Gold and other elements of ore association occur either together with copper (porphyry copper de- posits, massive sulphide, hydrothermal quartz- veins, placer deposits) or separately. The potentials of gold are great. According to results of geologi- cal explorations performed in period 2008-2013, along the western margin of the Timok magmatic complex is diccovered a previously unrecognized sediment-hosted style of gold mineralization (SHG

m, са 0,8-0,9% CuEq (потенцијални ресурси износе између 0,5-1 милијарди тона руде), а у оквиру ње се налази субинтервал дебљине ~300 m са садржајем ~1,1% CuEq (~210 Mt или ~2,1 Mt CuEq).

Злато и пратећи елементи асоцијације се у лежиштима Србије налазе заједно са бакром (порфирска лежишта бакра, масивни сулфиди, хидротермалне кварцне жице, наноси и др.), ређе у виду самосталних концентрација. Потенцијали злата су велики. Према резултатима геолошких истраживања која су извршена само у периоду од 2008. до 2013. године, у западном ободном појасу Тимочког магматског комплекса је пронађен нови, раније непознати тип расејане минерализације злата у седиментима (СХГ појас), који се пружа на дужини од 30 km, при ширини већој од 8 km. Од посебног значаја на овом простору је новооткривена рудносна зона Потај Чука - Тисница, у којој се налазе лежишта злата Коркан, Краку Пештер и Бигар Хил. Минерализација злата која је у поменутих лежиштима истраживана дијамантским истражним бушењем, везана је за интензивно тектонизоване кластичне седименте, подређено и кречњаке, затим за зоне усложњених кластита, цемент бреча у палеокарсту и за тектонске структуре з прерудном монзониту Потој Чуке. На основу данас познатих карактеристика околних стена оруђања, асоцијација рудних и пратећих елемената (Au, As, Hg, Tl, S и Sb > Pb, Zn, Cu), високог односа Au: Ag, финозрне природе минерализације злата везане за пирит (реакције сулфидације) и бројних фацијама хидротермалних алтерација које укључују каолинизацију, декарбонатизацију карбонатних седиментних стена у близини минерализације злата и, подређено, присуства јаспероида, уочена је сличност минерализације злата на простору Потај Чука - Тисница са карлинским типом лежишта.

Олово и цинк. Pb-Zn лежишта Србије су бројна и економски значајна. Највећи број истих се налази на Косову. Потенцијални ресурси су такође значајни и налазе се у непосредној близини познатих лежишта (Благодат, Леце, Велики Мајдан, Стари Трг), као и у срединама у којима постоје повољне металогенетске предиспозиције за њихово формирање - претежно у домену калко-алкалних вулcano-интрузивних комплекса неогене старости на простору Српско-македонске металогенетске провинције. Претварање данас познатих, измерених, индицираних и претпостављених минералних ресурса олова и цинка (или једног њиховог дела) у вероватне и доказане резерве захтева време, систематску проспекцију и даља геолошка истраживања. Значајан проблем при валоризацији руда везан је и са високим раз-

belt); it extends over a strike length of more than 30 km and is up to 8 km wide. Of the special interest is the Potaj Čuka-Tisnica zone, where Korcan, Kraku Pešter and Bigar Hill gold deposits are located. To date, gold mineralization intersected in diamond drilling has been associated with brecciated (faulted) clastic sediments and subordinate limestone, 'stratabound' intersections within clastic sediments, paleokarst infill breccias within limestone-dominated stratigraphy and within the monzonite (Potoj Čuka) pre-ore stock.

On the basis of the character of the sedimentary host, the metal association (Au, As, Hg, Tl, S and Sb > base metals), high Au:Ag ratio, the fine grained nature of the gold mineralization, association with pyrite (sulfidation reaction) and a number of alteration styles including kaolinitization, decarbonatization of calcareous sedimentary rock adjacent to the gold mineralization and occasionally jasperoids, it is recognized the similarity of the sediment-hosted gold in the Potaj Čuka-Tisnica with Carlin-type deposits.

Lead and zinc. The Pb-Zn deposits of Serbia are numerous and economically significant. The greatest number of them is in Kosovo. The potential resources are also substantial and are located in the vicinity of known deposits – Blagodat, Lece, Veliki Majdan, Stari Trg, and in environments with favorable metallogenic conditions – predominantly in the region of calc-alkaline, volcano-intrusive complexes of Neogene age in the SMMP. The conversion of measured, indicated and inferred lead-zinc mineral resources (or a part of them), into proven and probable reserves requires time and further explorations. An important problem in the valorization of these ores is connected with the high mining loss during excavation and low flotation recovery.

Tin. The resources of tin are small and cannot meet domestic demand over a longer period. Tin is found in greissen and alluvial deposits. The primary Sn-occurrences are not economically interesting because of the small resources and low content, while the placer deposits are on the verge of rentability. It should be pointed out, however, that not much attention has been devoted to the prospecting of the Sn-deposits in the past.

Aluminium. The deposits of bauxite are of small economic significance. They are of limited extent and poor quality.

Resources of iron and ferroalloy metals (Fe, Mn, Ti, Cr, Ni, Co, Mo, and W) are, generally speaking, rath-

блажењима при откопавању руде, као и ниским флотацијским искоришћењима.

Калај. У Србији је познато неколико мањих лежишта калаја која не могу да задовоље потребе земље у дужем временском периоду. Иста припадају класама грајзенских и алувијалних лежишта. Примарна лежишта калаја нису економски интересантна услед малих резерви и ниских садржаја, док су наносна лежишта те сировине на граници рентабилне валоризације. Треба, међутим, истаћи да проспекцији Sn-лежишта у протеклом периоду у Србији није поклањана посебна пажња, иако на основу металогенетских карактеристика наших гранитоида није искључено да се могу открити и економски интересантна лежишта.

Алуминијум. Лежишта боксита Србије су скромног економског значаја, претежно малих су размера и ниског квалитета.

Ресурси гвожђа и феролегура (Fe, Mn, Cr, Ni, Co, Mo и W) су генерално посматрано, ограниченог економског значаја; недовољно су истражени, непотпуно технолошки испитани и на основу данашњег степена познавања, не могу да задовоље потребе домаће металургије у дужем периоду.

Гвожђе. Посматрано са економског становишта, у Србији су најзначајнији следећи типови руда гвожђа: 1) лакотопиве лимонитске руде из лежишта Мајданпек; 2) магнетитске руде из: а) скарновских лежишта, б) метаморфогених лежишта и ц) порфирских лежишта бакра; 3) комплексе оксидно-карбонатно-силикатне руде из вулканогено-седиментних лежишта и 4) латеритске и преталожене латеритске Fe-Ni-Cr руде гвожђа. Иако је њихов минерални потенцијал релативно значајан, тренутно нису од већег интереса услед недовољно утврђеног квалитета.

Манган. Најзначајније руде мангана Србије су: 1) оксидне и силикоманганске руде вулканогено-седиментног типа које су настале у вези са дијабаз-рожначком западне Србије и, ређе, порфирит-рожначком формацијом средњетријаске старости, и 2) олигонитске Fe-Mn карбонатне руде. Први тип руда је у прошлости био експлоатисан док, данас, познатих резерви нема. Потенцијалне рудоносне средине за проналазак нових лежишта силикоманганских руда су зона Прибој-Тутин и рејон Шумадије са рудама чије технолошка својства нису у потпуности изучена; претпоставља се да садржи и до 0,1 Mt Mn. Дефинисање минералног потенцијала мангана Србије захтева систематска геолошка истраживања и технолошка изучавања. Олигонит-

er limited and do not meet the requirements of the domestic metallurgy.

Iron. The economically most important iron ores are: 1) the easy meltable limonitic ores from Majdanpek deposit; 2) the magnetite ores from: a) skarn deposits, b) metamorphogenetic deposits and c) magnetite in porphyry Cu deposits; 3) the complex oxide-carbonate-silicate ores of the volcano-sedimentary type and 4) lateritic and redeposited lateritic Fe-Ni-Cr ores. The mineral potential of the redeposited Fe-Ni-Cr ores is great, but they have not been sufficiently explored from the metallurgical point of view.

Manganese. The most important manganese ores in Serbia are: 1) the oxide and silico-manganese ores from the volcanogenic-sedimentary deposits which originated in association with ophiolitic melange or, less frequently, porphyrite-chert formation of Middle Triassic age, and 2) the Fe-Mn carbonate ores. The first type was exploited in the past, but at present there are no known reserves any more. The potential environments for the discovery of new deposits of silica-manganese ores are the Priboj-Tutin zone and the Rzav zone. Another area is Šumadija, with ores whose technological characteristics have not been fully explored yet, and which is supposed to contain ~0.1 Mt Mn. The determination of the mineral potential of manganese in Serbia requires systematic geological explorations and technological analyses.

The Fe-Mn carbonate ores of manganese in Serbia originated in association with the sulphide Pb-Zn deposits in the Kopaonik metallogenic zone: Stari Trg deposits etc. They have not been much exploited in domestic metallurgy in the past, although they contain iron in addition to carbonates.

Titanium. Primary titanium deposits of Serbia are small and economically limited. In contrast, the mechanical sediment deposits have significant amount of ilmenite, which under certain conditions may be of economic importance. They are located in the river sediments of the Žukovačka reka near Knjaževac.

Chromium. Chromium is exploited in Serbia in the period from 1945 to 1970. Miner's production is stimulated primarily from mining complexes in Đakovica and Brezovice. Today, the production of chromium due to exhaustion of known reserves and limited perspectives for finding new resources.

Nickel and cobalt. The Ni-Co deposits of Serbia are associated with the lateritic zones of serpentinites

ске руде мангана Србије су настале у вези са сулфидним Pb-Zn лежиштима Копаоничке области (Стари Трг и др.). У прошлости нису значајније коришћене у црној металургији иако, поред карбоната, садрже и до десетак процената гвожђа.

Титан. Примарне појаве титана у Србији су малих размера и малог економског значаја. За разлику од њих, у појединим лежиштима механичких седиментата налазе се значајније масе илменита које под одређеним условима могу бити и од економског значаја (нанос Жуковачке реке код Књажевца).

Хром. Хром је у Србији експлоатисан у периоду од 1945-1970. године, првенствено из рудника у комплексима Ђаковице и Брезовице. Данас је производња хрома услед исцрпљености познатих резерви обустављена а перспективе за проналазак нових резерви су мале.

Никл и кобалт. Лежишта никла и кобалта су на подручју Србије везана за коре распадања на серпентинитима Косова, Врњачке Бање и другим локалитетима. Њихова детаљна истраживања, нажалост, нису вршена а неопходна су у фази пре евентуалне валоризације руде.

Молибден. Највеће масе молибдена у Србији се налазе у лежишту Мачкатица. У истој металогенетској зони (Бесна Кобила) налази се и више појава молибдена које нису у потпуности геолошко-економски оцењене. Све остале појаве су само прелиминарно истраживане (контактне зоне гранитоида Борање и Копаоника, као и Мо-минерализација из порфирских Cu-лежишта у источној Србији).

Волфрам. Ресурси волфрама су мали и углавном везани за кварцно-шелитске жице у зони Благојевог Камена. Подручја која потенцијално могу бити од значаја су: Благојев Камен, Голија и Копаоник. Могуће је да ће новим истраживањима у поменутих срединама бити пронађене нове појаве шелита у скарновима чији економски значај данас није могуће предвидети.

Ресурси легирајућих метала Србије су ограниченог економског значаја. Најзначајнији међу њима су ресурси антимона.

Антимон. Без обзира на чињеницу да су на подручју западне Србије многа раније позната рудна тела антимона исцрпљена, оно још увек представља најинтересантнији простор за проналажење нових ресурса те минералне сировине. Осим њих, у многим лежиштима антимона са овог подручја налазе се значајни ресурси те сировине, који

of Kosovo, within the Rudjinci-Veluće ore zone etc. More thorough explorations are necessary, however, for a valorization of the ore.

Molybdenum. The largest deposit of molybdenum in Serbia is Mačkatica. Several occurrences of molybdenum have been found in the Besna Kobila metallogenic zone, but no full geological and economic estimate of them has been made so far. Only preliminary explorations have been made in the case of the other occurrences (the contact zones of the granitoides of the Podrinje ore district, Kopaonik metallogenic zone, and the Mo-mineralization in the Majdanpek porphyry copper deposit).

Tungsten. The resources of tungsten are small. It is mainly concentrated in quartz veins (shellite). The areas of potential interest for the prospecting of tungsten are the zones of Blagojev Kamen, Golija and Kopaonik. It is possible that future explorations will lead to the discovery of the occurrences of sheetites in scarns, the economic significance of which is not possible to predict.

Resources of minor metals and related non-metals are of limited economic importance in Serbia. The most important of them are antimony deposits.

Antimony. Western part of Serbia, despite the prevailing exhaustion of known ore bodies, is still the most interesting area in terms of antimony mineralization. Mineral resources in a number of deposits are significant but marginal or non-economic. Special interests has the complex Sb-Pb-Zn-As Rujevac deposits. Its resources may be treated only as a conditional-balanced until the issue is resolved technological process of preparing and obtaining commercial concentrate antimonite. The future of mining production of antimony in Serbia, especially in a period of 10-15 years, basically depends on successful technological and economic solutions to obtain commercial concentrates of antimony from Rujevac, as well as solutions that would eventually allow the use of poor mineralization Sb-Pb from Rajićeva Gora. Potentiality yet unidentified mineral resources of antimony jaseperoid type, especially in western Serbia, it is still considered a significant but under-researched and explored.

Fissionable metals. The most significant concentrations of uranium in the territory of Serbia are associated with the granitoid complexes of Hercynian age (Mezdraja deposit), Tertiary age (Paun Stena deposit), sedimentary series of Permian age (Dojkinci deposit) and Neogene basins in the

су услед сложених технолошких карактеристика тренутно маргиналног економског интереса. Од посебног значаја међу њима је комплексно Sb-Pb-Zn-As лежиште Рујевац чији се познати ресурси услед нерешених технолошких процеса добијања комерцијалних концентрата антимонита могу сматрати условно-билансним. Отуда се будућа производња антимонита у Србији, посебно у периоду од наредних 10-15 година, налази у функцији успешности налажења нових технолошких и економски исплативих решења прераде руде и добијања комерцијалних концентрата из лежишта Рујевац, као и решења која ће омогућити прераду сиромашне Sb-Pb минерализације из лежишта Рајићева Гора на Копаонику. Потенцијално значајни су и још увек непотпуно дефинисани и недовољно истражени и испитани ресурси антимона цаспериодног типа са подручја западне Србије.

Нуклеарни минерални ресурси. Најзначајнији минерални ресурси урана на простору Србије су везани за гранитоидне комплексе терцијарне и херцинске старости (Цер, Букуља, Јања и др.), седиментне серије пермтријаске старости (Дојкинци), као и за неогене басене у ободним зонама гранитоида (Врањски басен, Белановачки, басен Иверка, Барешки басен итд.). Генерално посматрано, припадају групама претежно ниско до средње температурних хидротермалних лежишта и класи инфилтрационо-седиментних лежишта. Економски најзначајнија лежишта урана се налазе у Карпато-Балканидима источне Србије (Јања) и Српско-македонске металогенетске провинције (Букуља, Цер и др.). Хидротермална лежишта су углавном жичног и штокверног типа, локализована у зонама разламања, док лежишта урана у седиментним серијама припадају roll front типу минерализације. Даља истраживања нуклеарних ресурса Србије се налазе у функцији стратешког опредељења државе ка њиховом коришћењу као енергетских сировина.

Закључак

Последње године XX и почетак XXI века означавају период значајног пада рудничке производње у многим лежиштима металних минералних сировина Србије. Такво стање представља последицу више фактора при чему се основним сматрају: 1) интензивна експлоатација руда вишег квалитета; 2) значајно смањење обима геолошких истраживања и 3) недовољна материјална улагања у развој нових технологија припреме и прераде минералних сировина на основи којих би могле комплексно да буду валоризоване и сировине нижег квалитета. Даљи развој металних минералних

fringe zones of granitoides. Uranium deposits associated with the granitoid complexes belongs to the group of hydrothermal vein and stockwork deposits located in the fault zones, while uranium deposit related to sedimentary series belongs to the group of ore of roll-front type of mineralization. The further exploration of the uranium resources will depend on the strategic decision of the state to use them as the raw material for the production of energy.

Conclusion

At the end of the twentieth century and the beginning of the twenty-first century marked a period of substantial decline of the mining production in many deposits of metallic mineral resources of Serbia. This is a consequence of several factors, the most important being: 1) intense exploitation of higher-quality ores; 2) substantial reduction of the basic and applied geological exploration and 3) inadequate investments in the development of new technologies of the preparation and processing of mineral resources which would enable the valorization of lower quality ores as well. The further development of the metallic mineral resources of Serbia depends on the mineral policy of the country, new mining law, the strategic decisions concerning future investment of domestic and foreign capital into systematic geological exploration of deposits and prospective terrains, the development and introduction of new technological methods of ore processing, the adaptation of the existing procedures of ore processing to the newly discovered deposits of mineral resources and the increased profitability of exploitation.

References

1. Janković, S., The ore deposits of Serbia: Regional metallogenic settings, environments of deposition, and types. Faculty of Mining and Geology, Belgrade, 1990, p. 760 (in Serbian, with a summary in English).
2. Janković, S., The Carpatho-Balkanides and adjacent area: a sector of the Tethyan Eurasian metallogenic belt Mineralium Deposita, Vol. 32, No. 5, 1997, p. 426-433. Springer Berlin / Heidelberg.
3. Heinrich, C.A., Neubauer, F., Cu-Au-Pb-Zn-Ag Metallogeny of the Alpine-Balkan-Carpathian-Dinaride Geodynamic Province. Mineralium Deposita, 37, 2002, p. 533-540.
4. Schmid, S. M., Bernoulli, D., Fügenschuh, B., Matenco, L., Schefer, S., Schuster, R., Tischler, M., Ustaszewski, K., The Alpine-Carpathian-Dinaridic orogenic system: correlation and evolution of tectonic units.

ресурса Србије налази се у функцији минералне политике земље, доношења нових закона, стратешких одлука у области будућих улагања домаћег и иностраног капитала у систематска геолошка истраживања лежишта и перспективних терена, развијања и увођења нових технолошких поступака третирања равне руде, прилагођавања постојећих видова технолошке прераде руда новооткривеним типовима лежишта минералних сировина и повећања рентабилитета експлоатације.

Литература

1. Janković, S., The ore deposits of Serbia: Regional metallogenic settings, environments of deposition, and types. Faculty of Mining and Geology, Belgrade, 1990, p. 760 (in Serbian, with a summary in English).
 2. Janković, S., The Carpatho-Balkanides and adjacent area: a sector of the Tethyan Eurasian metallogenic belt Mineralium Deposita, Vol. 32, No. 5, 1997, p. 426-433. Springer Berlin / Heidelberg.
 3. Heinrich, C.A., Neubauer, F., Cu-Au-Pb-Zn-Ag Metallogeny of the Alpine-Balkan-Carpathian-Dinaride Geodynamic Province. Mineralium Deposita, 37, 2002, p. 533-540.
 4. Schmid, S. M., Bernoulli, D., Fügenschuh, B., Matenco, L., Schefer, S., Schuster, R., Tischler, M., Ustaszewski, K., The Alpine-Carpathian-Dinaridic orogenic system: correlation and evolution of tectonic units. Swiss Journal of Geosciences 101, 2008, p. 139-183.
 5. Janković, S., Jelenković, R. & Vujić, S., Mineral resources and potential prognosis of metallic and non-metallic mineral raw materials in Serbia and Montenegro at the end of the XX century. Monograph. Engineering Academy of Serbia and Montenegro. Margo-Art, Belgrade, 2003, p. 875 (in Serbian, with a summary in English).
 6. Jelenković, R., Kostić, A., Životić D., Ercegovac, M., Mineral Resources of Serbia. Geologica Carpathica, 59, 4, 2008, p. 345-361.
 7. Јеленковић Р., Atlas of metallic mineral deposits of Serbia (Атлас металичних минералних сировина Србије). Министарство природних ресурса, рударства и животне средине. Београд, 2011, 315 стр.
 8. Вујић С., Грубић А., Јеленковић Р. и други, Српско рударство и геологија у другој половини XX века, АИНС, Матица српска, Рударски институт Београд, Београд, 2014, 564 стр.
- Swiss Journal of Geosciences 101, 2008, p. 139-183.
5. Janković, S., Jelenković, R. & Vujić, S., Mineral resources and potential prognosis of metallic and non-metallic mineral raw materials in Serbia and Montenegro at the end of the XXth century. Monograph. Engineering Academy of Serbia and Montenegro. Margo-Art, Belgrade, 2003, p. 875 (in Serbian, with a summary in English).
 6. Jelenković, R., Kostić, A., Životić D., Ercegovac, M., Mineral Resources of Serbia, Geologica Carpathica, 59, 4, 2008, p. 345-361.
 7. Jelenković R., Atlas of metallic mineral deposits of Serbia (Atlas metaličnih mineralnih sirovina Srbije). Ministarstvo prirodnih resursa, rudarstva i životne sredine, Beograd, 2011, 315 str.
 8. Vujić S., Serbian mining and geology in the second half of the XX century, SASA, Matica Srpska, Mining Institute Belgrade, Belgrade, 2014., p. 564.

Received: November 2013.

Accepted: February 2014.

Примљен: новембар 2013.

Прихваћен: фебруар 2014.

НЕОПХОДНОСТ ПРИМЕНЕ УН КЛАСИФИКАЦИЈЕ РЕЗЕРВИ МИНЕРАЛНИХ РЕСУРСА

INEVITABILITY OF APPLICATION OF THE UN MINERAL ORE RESERVES CLASSIFICATION

Љубомир Спасојевић, Велибор Качунковић

Ljubomir Spasojević, Velibor Kačunković

Академија инжењерских наука Србије,
 Одељење рударских, геолошких и системских наука
 ains@ains.rs

Academy of Engineering Sciences of Serbia,
 Division of mining, geology and system sciences
 ains@ains.rs

Сажетак: У њихово свим земљама се уједначавају (стандардизују) критеријуми класификације минералних сировина према УН оквирној класификацији резерви и ресурса чврстих минералних сировина, са уважавањем националних специфичности и потреба. У раду су дајени погледи на функционалност УН класификације.

Кључне речи: минералне сировине, минерални ресурси, класификација, резерве.

Abstract: In almost all countries the criteria and classifications of mineral ores are being standardized in accordance with the UN classification of reserves and resources of solid mineral ores, but still taking care about national specificities and needs. This paper presents views on the functionality of the UN classification.

Key words: mineral ores, mineral resources, classification, reserves.

Увод

Земље са развијеном рударском индустријом раде на развоју и увођењу у примену напреднијих система за приказивање квантитативног и квалитативног стања својих минералних ресурса. То је утицало на повећање броја и различитост националних система и појачало проблем компатабилности. Уочено је да се бројне националне класификације минералних сировина могу хармонизовати уз помоћ јединственог међународног оквирног система. У том смислу Економска комисија Уједињених нација за Европу (УН/ЕЦЕ) урадила је "УН оквирну међународну класификацију резерви/ресурса чврстих горива и минералних сировина" (скраћено: УН оквирна класификација – УНФЦ) [1], која представља основу за развој применљивог међународног поступка техно-економске процене минералних сировина за услове тржишне економије и уз уважавање критеријума националне економије. Приступ је заснован на приближном уједначавању критеријума приказа и класификује минералне сировине, на побољшању комуникације на националном и међународном нивоу, обезбеђењу бољег међусобног разумевања и потпуном познавању расположивих резерви и ресурса. Циљ је да се релативно

Introduction

Countries with a developed mining industry are working on development in introduction in application of advanced systems for displaying the quantitative and qualitative states of their mineral resources. This has influenced the increase in the number and diversity of national systems and has increased the problem of compatibility. It was determined that numerous national classifications of mineral ores can be harmonized with help of a unified international classification system. In this sense the Economic committee of the United nations for Europe (UN/ECE) has created the "UN framework for the international classification of reserves/resources of solid fuels and mineral ores" (in short: UN framework classification - UNFC) [1], which represents the basis for development of the applicable international procedure of techno-economical evaluation of mineral ores for the conditions of the market economy all the while respecting the criteria of a national economy. The approach is based on a proximate criteria equalization of displays and classification of mineral ores, and for improvement of communication on a national and international level, securing a better international understanding and a complete overview of available

једноставном и разумљивом УНФЦ процедуром инвестирање у минерално-сировински комплекс учини сигурнијим и привлачнијим.

У раду су објашњени основни принципи УН оквирне класификације, и дато је наше виђење решења националног система класификације заснованог на УНФЦ-у.

Основни принципи УНФЦ-а

Полазећи од савременог погледа на минералне сировине као тржишно-економску категорију, мање као натуралну, УНФЦ предвиђа да се у моделу класификације минералних сировина интегришу: геолошка (Г), техничко-технолошка (Ф) и економска оцена (Е). У моделу се успоставља веза између степена геолошке истражености (Г), нивоа обраде техничко-технолошке документације (Ф) и степена економичности (Е).

Према степену геолошке истражености (детаљна истраживања, основна истраживања, проспекција, рекогносцирање) ради се геолошка студија као подлога за утврђивање и класификацију ресурса и за техничко-технолошку (Ф) оцјену оправданост експлоатације, дефинисану претходном студијом исплативости, студијом исплативости и рударским пројектом. Овако формирана техничко-технолошка документација представља основу за економско вредновање (Е) лежишта или дела лежишта, које може бити: економично, потенцијално економично и неекономично (може има и својства економично или условно економично). Дакле, четири степена геолошке истражености ($G = 1$ до 4), три степена обраде техничко-технолошке документације ($F = 1$ до 3) и три степена економичности ($E = 1$ до 3) опредељују КОД (ЕФГ) конкретног лежишта или дела лежишта. Сагласно изложеном УНФЦ прагматично и рационално ради једноставнијег поступка предлаже матрицу класификације резерви и ресурса, табела 1. Основне карактеристике ове класификације су:

- a) Национални системи у принципу прихвата УНФЦ истраживања и оцјене;
- б) Вредновање и класификација могу бити изведени по комерцијалним или националним критеријумима, и то:
 - Комерцијално вредновање, изводи се на принципима тржишних норми, мерено комерцијалним стопама економичности.
 - Национално вредновање (Н), утврђује се према условима националних економских критеријума, за лежишта разврстана у две

resources and reserves. The goal is to make investments in mineral ore complexes safer and more appealing through a simple and understandable UNFC procedure.

This paper explains the basic principles of the UN framework classification, and presents our view of the solution for the national classification system based on the UNFC.

Basic principles of UNFC

Starting off from the modern viewpoint on the mineral ores as a market category, less as natural, UNFC foresees that in the model of mineral ores classification the following be integrated: geological (G), technical-technological (F) and economical evaluation (E). This model establishes a link between the degree of geological exploration (G), the level at which the technical-technological documentation is processed (F) and the economical degree (E).

According to the degree of the geological exploration (detailed research, basic research, prospection, reconnaissance), a geological study is done as a basis for the determination and classification of resources and for the technical-technological (F) evaluation for the justification of exploitation, defined by a previous study of profitability and a mining project. Thusly formed technical-technological documentation represents the basis for the economical evaluation (E) of the deposit or part of a deposit, which can be: economical, potentially economical and non-economical (it can also have the properties of economical or conditionally economical). Therefore there are four degrees of exploration ($G=1$ to 4), three degrees of processing of the technical-technological documentation ($F=1$ to 3) and three degrees of economics ($E=1$ to 3) determine CODE (EFG) of a particular deposit or part of the deposit. In accordance with the presented UNFC pragmatically and rationally and in order to simplify the procedure a matrix of reserve and resource classifications, table 1. Basic characteristics of this classification are:

- a) National systems accept in general accepts UNFC research and assessments;
- b) Evaluation and classification can be conducted according to commercial or national criteria and are:
 - Commercial evaluation, conducted on the principles of market norms, measured in commercial degrees of profitability.
 - National evaluation (N), is determined according to the conditions of national economic criteria, for deposits separated in

Табела 1. УН класификација резерви и минералних ресурса, комерцијално и национално вредновање.

Оквирна класификација			Истраживање			
УН	Национално		Детаљно геол. истраживање (1)	Основно геол. истраживање (2)	Проспекција (3)	Рекогносцирање (4)
Студија исплативости и/или рударски пројекат 1	Студија исплативости Рударски пројекат Дугорочни програм експлоатације	Комерцијално Вредновање	(1) сигурне резерве (111)	Није битно		
			(2) сигурни ресурси (211)			
			(1) могуће резерве (121)	(122)		
Претходна студија исплативости 2	Претходна студија исплативости		(2) могући ресурси (221)			
Геолошка студија 3	Геолошка студија		(1-2) ≡ (3) Прорачунати ресурси (331)	(1-2) ≡ (3) Индикативни ресурси (332)	(1-2) ≡ (3) Претпостављени ресурси (333)	(?) Рекогносцирани ресурси (334)
Студија исплативости и/или рударски пројекат 1	Студија исплативости Рударски пројекат Дугорочни програм експлоатације	Национално вредновање (Н)	(1) Сигурне резерве (Н-111)	Није битно		
			(2) Сигурни ресурси (Н-211)			
			(1) Могуће резерве (Н-121)	(Н-122)		
Претходна студија исплативости 2	Претходна студија исплативости	Средње и високо капитална улагања за експлоатацију	(2) Могући ресурси (Н-221)			
Геолошка студија 3	Геолошка студија	Национално вредновање (Н)	(1-2) ≡ (3) Прорачунати ресурси (Н-331)	(1-2) ≡ (3) Индикативни ресурси (Н-332)	(1-2) ≡ (3) Претпостављени ресурси (Н-333)	(?) Рекогносцирани ресурси (Н-334)
			(1) НКЛ – резерве (НКЛ-131)	(1) НКЛ – резерве (НКЛ-132)	(1) НКЛ – резерве (НКЛ-133)	Некласификовано
			(2) НКЛ – ресурси (НКЛ-231)	(2) НКЛ – ресурси (НКЛ-232)	(2) НКЛ – ресурси (НКЛ-233)	
			Практично се не појављује (НКЛ-332)		(3) НКЛ – ресурси (НКЛ-333)	(?) НКЛ – ресурси (НКЛ-334)

Тумач: Следи економичности: (1) Економично, (2) Појединачно економично, (3) До појединачно економично, (4) Присујне индиције економичности, Н - Национално вредновање, НКЛ – Нискокапитална лежишта (нискокапитално улагање у експлоатацију).

групе: (1) Лежишта средњих и високих капиталних улагања и (2) лежишта ниских капиталних улагања, то су лежишта која се користе за мање локалне потребе или локалну индустријску потрошњу (глина, песак, шљунак, кречњак и др.) што се обухвата термином "мало рударство".

- в) На основу извршеног вредновања, класе резерви и ресурса обележавају се одговарајућим КОД-ом (ЕФГ) и префиксом националног вредновања (Н) или (НКЛ). На пример: КОД (122) значи да су то могуће резерве, за које је

two groups: (1) Deposits of medium and high capital investments and (2) Deposits of low capital investments, these are deposits which are used for smaller or local needs or local industrial consumption (clay, sand, gravel, limestone etc.) for which the term "small mining" is used.

- с) Based on the completed evaluation, reserve and resource classes are marked with a proper CODE (EFG) and a prefix of national evaluation (N) or (LCD). For example: CODE (122) means that these are possible reserves, for which

Table 1. UN classification of reserves and mineral ores, commercial and national evaluation.

Framework Classification			Exploration			
UN	National		Detailed exploration (1)	General exploration (2)	Prospecting (3)	Reconnaissance (4)
Feasibility study and/or mining report 1	Feasibility study mining project long-term mining program	Commercial evaluation	(1) Safe reserves (111)	Unimportant		
			(2) Safe resources (211)			
Prefeasibility study 2	Prefeasibility study		(1) Possible reserves (121) (122)			
			(2) Possible resources (221) (222)			
Geological study 3	Geological study		(1-2) ≡ (3) Calculated resources (331)	(1-2) ≡ (3) Indicative resources (332)	(1-2) ≡ (3) Assumed resources (333)	(?) Reconnaissed resources (334)
Feasibility study and/or mining report 1	Feasibility study mining project long-term mining program	National evaluation (N)	Medium and high capital mining investments	(1) Safe reserves (N-111)	Unimportant	
				(2) Safe resources (N-211)		
Prefeasibility study 2	Prefeasibility study			(1) Possible reserves (N-121) (N-122)		
				(2) Possible resources (N-221) (N-222)		
Geological study 3	Геолошка студија			(1-2) ≡ (3) Calculated resources (N-331)	(1-2) ≡ (3) Indicative resources (N-332)	(1-2) ≡ (3) Assumed resources (N-333)
	Geological study (LCD)	Low capital mining investment	(1) LCD – reserves (HK/I-131)	(1) LCD – reserves (HK/I-132)	(1) LCD – reserves (LCD-133)	Unclassified
			(2) LCD – resources (LCD-231)	(2) LCD – resources (LCD-232)	(2) LCD – resources (LCD-233)	
			Practically does not appear (LCD-331) (LCD-332)		(3) LCD – resources (LCD-333)	(?) LCD – resources (LCD-334)

Legend: Profitability degree: (1) profitable, (2) potentially profitable, (3) potentially profitable, (4) present indications of profitability. N - National evaluation, LCD - Low capital deposits (low capital exploitation investments)

- доказана комерцијална економичност експлоатације (E = 1), која је утврђена у Претходној студији исплативости (Φ = 2), после извршених основних геолошких истраживања (Γ = 2).
- г) Класификација допушта комбинацију резерви и ресурса вреднованих по различитим критеријумима.

- a commercial exploitation profitability has been proved (E=1), which was determined in a previous profitability study (F=2), after conducted basic geological research (G=2).
- d) The classification allows for the combination of reserves and resources evaluated through different criteria.

Матрица класификације резерви и ресурса, табела 1, има 10 класа код комерцијалног и националног вредновања, а код нискокапиталних лежишта (НКЛ) остављена могућност формирања три класе НКЛ-резерви и пет класа НКЛ-ресурса. За развр-

The classification matrix of reserves and resources, table 1, has 10 classes for commercial and national evaluation, and for low capital deposits (LCD), the possibility of formation of three classes of LCD reserves and five classes of LCD resources exists. In or-

Табела 2. Критеријуми класификације (предлог)
Table 2. Criteria and classifications (proposition).

Резерве и ресурси Reserves and resource	КОД CODE	Степен геолошке истражености Degree of geological exploration	Поузданост документације и трошкова Documentation and expenditure reliability	Економско вредновање Profitability evaluation	
				Комерцијално Commercial	Национално National
				K_k = комерцијално ИРР / комерцијално ДС K_k = commercial IRR / commercial DS	K_n = национално ИРР / национално ДС K_n = national IRR / national DS
Сигурне резерве Safe reserves	111	1	> 90%	> 1,00	
	211	1	> 75%	> 0,70	
Моруће резерве Possible reserves	121	1	> 75%	> 0,80	
	122	2	> 75%	> 0,80	
Морући ресурси Possible resources	221	1	> 75%	> 0,60	
	222	2	> 75%	> 0,60	
Сигурне резерве Safe reserves	N-111	1	> 90%		> 1,00
Сигурни ресурси Safe resources	N-211	1	> 75%		> 0,70
Моруће резерве Possible reserves	N-121	1	> 75%		> 0,80
	N-122	2	> 75%		> 0,80
Морући ресурси Possible resources	N-221	1	> 75%		> 0,60
	N-222	2	> 75%		> 0,60
НКЛ-резерве LCD-reserves	НКЛ-131 LCD-131	1			E
	НКЛ-132 LCD-132	2			E
	НКЛ-133 LCD-133	3			E
НКЛ-ресурси LCD-resources	НКЛ-231 LCD-231	1			PE
	НКЛ-232 LCD-232	2			PE
	НКЛ-233 LCD-233	3			PE
	НКЛ-333 LCD-333	3			HE UP
	НКЛ-334 LCD-334	4			HE UP

Тумач: Е-економично, ПЕ-појединачно економично, НЕ-непозната економичност.

Legend: E-economical, PE-potentially profitable, UP- Unknown profitability.

ставање по класама, односно дефинисање припадајућег КОД-а препоручују се следећи критеријуми:

1. Степен геолошке истражености.
2. Поузданост (ниво обраде) техничко-технолошке и економске документације за планирану експлоатацију.
3. Економичност експлоатације исказана кое-

der to classify them i.e. define the attributing CODE the following criteria are recommended:

1. Degree of geological exploration
2. Reliability (processing level) of the technical-technological and economic documentation for the planned exploitation.
3. Profitability of the exploitation displayed

фицијентом економичности (К), који може имати: (1) комерцијално вредновање (Кк), као однос утврђене интерне стопе рентабилности (ИРР) и комерцијалне дисконтне стопе (ДС). (2) Национално вредновање (Кн), као однос утврђене националне интерне стопе рентабилности и националне дисконтне стопе за поједине привредне гране.

Предлог критеријума приказан је у табели 2, са напоменом да о вредностима коефицијента Кк и Кн треба постићи општу стручну сагласност. Без коректно детерминисаних критеријума процена и класификација резерви и ресурса по овој методологији губи смисао. Пример припреме података по класама за потребе процене и класификације резерви и ресурса приказан је у табели 3, у коју се уносе сви релевантни подаци из студије или пројекта

through the profitability coefficient (C), which can have: (1) commercial value (Cv), as a relation of the determined profitability degree (IRR) and a commercial discount rate (DR). or (2) National value (Cn) as a ratio of the determined national internal profitability rate and the national discount rate for certain branches of industry.

The proposal of the criteria is displayed in table 2, with a remark that about the values Kk and Kn a general expert consensus is yet to be reached. Without correctly determined criteria of evaluations the reserve and resource classification in accordance with this methodology loses its meaning. An example of preparation of data by classes for the needs of assessment and classification of reserves and resources is presented in table 3, containing all the relevant data from the case study or the Project.

Табела 3. Пример података за једну класу резерви / ресурса.
Table 3. An example of data for a single class of reserves / resources.

Степен истражености Exploration level		Детаљно Detailed			
Студија исплативости / Рударски пројекат (F = 1) Feasibility study / Mining Project (F = 1)		Сигурне резерве (111) Safe reserves (111)			
Подаци из студије / пројекта Case study/Project data	Компоненте у минералној маси Mineral mass components	M ₁	M ₂	M ₃ ...	... M _n
	Минерална маса „in situ“ Weight of the minerals "in situ", t				
	Садржај компоненти „in situ“ Contents of components "in situ", % or g				
	Маса компоненти „in situ“ Components weight "in situ", t				
	Искоришћење при откопавању Mining recovery, %				
	Осиромашење при откопавању Quality deterioration in mining, %				
	Маса равне ископине Weight of run-of-mine ore, t				
	Садржај компоненти у равној ископини Contents of components in run-of-mine ore, %				
	Маса компоненти у равној ископини Weight of components in run-of-mine ore, t				
	Искоришћење у припреми минералних сировина Mineral processing recovery, %				
	Искоришћење у металуршком процесу Metalurgical process recovery, %				
	Масе корисних компоненти за тржиште Valuable components weights for the market, t				

Закључак

У раду је сажето принципијелно приказана класификација резерви и минералних ресурса према

Conclusion

This paper concisely and in principle displays the reserve and mineral resource classification according

методологији Уједињених Нација, која минералне сировине не третира само кроз натуралну вредност већ и као тржишно-економску категорију. Неопходно је да се у нашој нормативној и законској регулативи са пратећим упутствима осавремени класификације резерви минералних ресурса уважавајући УНФЦ приступ. На тај начин постигнута компатабилност са међународним конвенцијама и стандардима, омогућила би поузданије вредновање минерално-сировинских потенцијала и квалитетнију трансмисију информација, што је од кључног значаја за улагања и развој рударства, за национална стратешка опредељења у минералној економији и нарочито у успостављању ефикасних надзорно-управљачких механизма.

Литература

1. United Nations International Classification for Reserves/Resources, Solid Fuels and Mineral Commodities, ECE, Ženeva, 1996.
2. Guidelines to the United Nations International Framework Classification for Reserves/Resources, ECE, Ženeva, 1997.
3. Orijentacioni sadržaj tehničko-tehnološke dokumentacije za ekonomsko vrednovanje ležišta mineralnih sirovina: geološka studija, prethodna studija isplativosti, studija isplativosti, rudarski projekat (dugoročni program eksploatacije) – Predlog koji su autori uradili uz navedeni Pravilnik.
4. Report of the Task Force on Practical Implementation of the United Nations Framework Classification for Reserves/Resources, ECE, Ženeva, 2000.

Примљен: новембар 2013.
Прихваћен: мај 2014.

to the UN methodology, which does not treat ores only through their natural value but market-economical value as well. It is necessary that in our normative legislative regulations with the following guidelines, the classification of reserves of mineral resources modernize in accordance with the UNFC approach. Thusly achieved compatibility with international conventions and standards, would enable a more reliable evaluation of mineral-ore potentials and a higher quality information transmission, which is of key importance for investments and mining development, for national strategic predilections in ore economy and especially in establishment of efficient supervisory-management mechanisms.

References

1. United Nations International Classification for Reserves/Resources, Solid Fuels and Mineral Commodities, ECE, Genève, 1996.
2. Guidelines to the United Nations International Framework Classification for Reserves/Resources, ECE, Genève, 1997.
3. Orientational content of technical-technological documentation for profitability evaluation of mineral ore deposits: geological study, previous profitability study, profitability study, mining project (long-term exploitation program) - Proposition which the authors made along with the aforementioned Rule book (In Serbian)
4. Report of the Task Force on Practical Implementation of the United Nations Framework Classification for Reserves/Resources, ECE, Genève, 2000.

Received: November 2013.
Accepted: May 2014.

МЕЂУСЕКТОРСКИ МОДЕЛСКИ ПРИСТУП У УПРАВЉАЊУ СЛОЖЕНИМ РУДАРСКИМ СИСТЕМИМА

INTERSECTOR APPROACH MODEL IN MANAGING COMPLEX MINING SYSTEMS

Светомир Максимовић

Svetomir Maksimović

Електропривреда Србије, Дирекција за производњу енергије
 bojan.dimitrijevic@rgf.bg.ac.rs

Electric Power Distribution Industry of Serbia,
 svetomir.maksimovic@eps.rs

Сажељак: Међусекторски моделски приступ представљају значајан иновациони искорак у системским наукама, али још увек нем значајнију примену у рударству Србије. Усамљене покушаје чинила је група аутора окуљена око проф. др Ј. Петрића, а у новије време извесни ђомаци су нађављени на Катедри за примену рачунара и системско инжењерство Рударско-геолошком факултету у Београду под руководством проф. др С. Вујића, где је урађена и прва докторска дисертација на ову тему код нас. На примеру ПД ТЕ-КО Костолац у раду је ђоказан међусекторски модел за ђодришку ђланирању и ђроизводно-ђсловну анализу сложене рударско-енергејске системе.

Кључне речи: Електропривреда Србије, Костолац, међусекторски модел, ђроизводња уља и електро енергије.

Abstract: Inter sector approach model represents a significant innovative step forward in system sciences, however it is still not widely applied in mining operations of Serbia. Some attempts were made by a group of authors gathered around prof. dr J. Petrić, and lately certain progress was made at the department for applied computers and systems engineering at the Mining-geological faculty in Belgrade under management of prof. dr S. Vujić, where the first doctoral dissertation in our country was written on this subject. In the example of Business association Thermal power plant – Open pit mines (BA TPP-OPM) Kostolac, the inter sector model for support in planning and production-business analysis of a complex mining-energy system is displayed.

Key words: Electric power industry of Serbia, Kostolac, intersector model, production of coal and power.

Увод

Електропривреда Србије је у процесу реструктурирања и то у врло сложеним условима који намеђу потребу примене савремених економетријских и математичких модели код припреме и доношења далекосежних пословних одлука. Примена модела међусекторске анализе у ЕПС-у и његовим привредним друштвима има веђи значај после доношења одређених системских закона и оштријих захтева за побољшање финансијских и техно-економских перформанси производње и пословања.

У намери да се читаоцима приближи међусекторски моделски приступ као ефикасан математичко-моделски алат за управљање сложеним производним и пословним системима, у првом делу рада изложене су особености међусекторске анализе, а у наставку су приказани неки од ефеката који би се постигли применом међусекторске анализе у ПД ТЕ-КО Костолац. Намера је, да се

Introduction

The Electric industry of Serbia is in the process of restructuring under very complex conditions which require the application of modern econometric and mathematical models for the preparation and making of long term business decisions. The application of the inter sector analysis model within EIS and its subsidiaries has a greater significance after certain systemic laws and stricter requirements were made for the improvement of financial and technological-economical performance of production and enterprising.

With the purpose of making the readers acquainted with the inter sector model approach as an efficient mathematical-model tool in management of complex production and business systems, the first part of the paper presents the characteristics of inter sector analysis, and in the second some of the effects which would be achieved through application of inter sector analysis in BA TPP-OPM Kostolac. The purpose of

укаже на практични значај примене модела код организовања, успостављања и развоја система за подршку одлучивању, односно код планирања, праћења и управљања сложеним производно-пословним системима.

Методолошке основе међусекторске анализе

Модели међусекторске анализе производно-пословних система слични су моделима међусекторске анализе макроекономских система. Успостављање складних односа између организационих јединица унутар комплексних привредних друштава, организација у својству снабдевача репроматеријалима, енергентима, резервним деловима, експлозивима и др., и корисника производа и услуга, у принципу је захтевно и сложено.

Пођимо од претпоставке да привредно друштво (ПД) чини n основних радних јединица (РЈ) $x_1, x_2, \dots, x_n$, да је свака РЈ заокружена производно-технолошка целина са дефинисаном производњом и трошењем одређених материјалних ресурса линеарно зависно од обима производње. Међусекторску табелу, табела 1, чине три табеларна сегмента са елементима (показатељима) вредносног типа. У првом сегменту (δ) описана је структура репродукционе потрошње између РЈ:

$$\sum_{i=1}^n x_{ij}, \sum_{j=1}^n x_{ij}; i, j = 1, 2, \dots, n$$

Други сегмент (ν) приказује структуру екстерне реализације, односно испоруке финалних производа и услуга РЈ: $Y_1, Y_2, \dots, Y_n$;

У трећем сегменту (α) који је испод сегмента (δ), садржани су елементи екстерних трошкова РЈ (репроматеријал, енергенти, резервни делови и друго), друштвена давања, лични дохоци, амортизација, фондови итд. Укупна производња, односно билансна јединична производња РЈ (X_i) износи:

$$X_i = \sum_{j=1}^n X_{ij} + Y_i, \dots, i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

где је:

$$\sum_{i=1}^n X_{ij}, (i \neq j, i, j = 1, 2, \dots, n)$$

производња РЈ коју користе (преузимају) остали сектори.

this is to point out the practical importance of applying the model in organization, implementation and development of support systems in decision making i.e. planning, monitoring and management of complex production-business systems.

Methodological basics of intersector analysis

The models of inter sector analysis of production-business systems are similar to those of inter sector analysis of macro economical systems. Establishment of harmonious relations between organizational units within complex companies, organization in terms of supplier of raw materials, energy resources, spare parts, explosives etc., and users of products and services is in principle, a demanding and complicated process.

With the assumption that a company (C) consists of n base working units (WU) $x_1, x_2, \dots, x_n$, and that each WU is a rounded production-technological whole with a defined production and resource expenditure with linear dependence on the production. The inter sector table, table 1, is made up of three tabular segments with value type elements (indicators). The structure of reproduction expenditures is described in the first (δ) segment.

The second segment (ν) displays the structure of external realization i.e. shipment of finalized products and services RJ: $Y_1, Y_2, \dots, Y_n$;

In the third segment (α) located under the (δ) segment, are the elements of expenditures of WU (raw materials, energy sources, spare parts etc.), societal payments, personal income, amortization, funds etc. The overall production, i.e. the balance unit production RJ (X_i) is:

where:

production of WU which is used (overtaken) by other sectors.

Табела 1. Општи модел међусекторске матрице.

Table 1. General model of the intersector matrix.

Примаоци Receivers Даваоци Providers		Репродукциона потрошња у радним јединицама Reproduction expenditure in working units							Финална потрошња /екстерна реализација/ Final expenditure /external realization/					Σ	Укупно распод. произв. Overall distrib. product. X
		1	2	...	j	...	n	Σ	DZH	INV	IZV	LP	OP		
Материјални трошкови по сегментима Material expenditures by segments	1	x ₁₁	x ₁₂	...	x _{1j}	...	x _{1n}	Σ _{j=1} ⁿ x _{1j}	ΔZ ₁	J ₁	E ₁	C ₁	K ₁	Y ₁	X ₁
	2	x ₂₁	x ₂₂	...	x _{2j}	...	x _{2n}	Σ _{j=1} ⁿ x _{2j}	ΔZ ₂	J ₂	E ₂	C ₂	K ₂	Y ₂	X ₂
	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	i	x _{i1}	x _{i2}	...	x _{ij}	...	x _{in}	Σ _{j=1} ⁿ x _{ij}	ΔZ _i	J _i	E _i	C _i	K _i	Y _i	X _i
	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	n	x _{n1}	x _{n2}	...	x _{nj}	...	x _{nn}	Σ _{j=1} ⁿ x _{nj}	ΔZ _n	J _n	E _n	C _n	K _n	Y _n	X _n
Σ		Σ _{j=1} ⁿ x _{1j}	Σ _{j=1} ⁿ x _{2j}	...	Σ _{j=1} ⁿ x _{ij}	...	Σ _{j=1} ⁿ x _{nj}	Σ _{i=1} ⁿ Σ _{j=1} ⁿ x _{ij}	Σ _{i=1} ⁿ ΔZ _i	Σ _{i=1} ⁿ J _i	Σ _{i=1} ⁿ E _i	Σ _{i=1} ⁿ C _i	Σ _{i=1} ⁿ K _i	Σ _{i=1} ⁿ Y _i	Σ _{i=1} ⁿ X _i
UMT		UMT ₁	UMT ₂	...	UMT _j	...	UMT _n	Σ _{j=1} ⁿ UMT _j	UMT	Укупни мат. трошкови Overall mat. expenditures		DZH	Повећање залиха Stockpile increase		
AM		D ₁	D ₂	...	D _j	...	D _n	Σ _{j=1} ⁿ D _j	AM	Амортизација Amortisation		INV	Инвестициона потрошња Investment expenditure		
NP		D ₁	D ₂	...	D _j	...	D _n	Σ _{j=1} ⁿ D _j	NP	Нето приходи Net incomes		IZV	Извезени производи Exported products		
VP		D ₁	D ₂	...	D _j	...	D _n	Σ _{j=1} ⁿ D _j	VP	Вишак произвође Production excess		LP	Лична потрошња Personal expenditure		
DP		D ₁	D ₂	...	D _j	...	D _n	Σ _{j=1} ⁿ D _j	DP	Друштвени производ Societal product		OP	Општа потрошња General production		
DBP		X ₁	X ₂	...	X _j	...	X _n	Σ _{j=1} ⁿ X _j	DBP	Друштвени бруто производ Social gross product					
ΔZH		ΔZ ₁	ΔZ ₂	...	ΔZ _j	...	ΔZ _n	Σ _{j=1} ⁿ ΔZ _j	ΔZH	Смањење залиха Stockpile decrease					
UV		U ₁	U ₂	...	U _j	...	U _n	Σ _{j=1} ⁿ U _j	UV	Увоз Import					
RS		X ₁	X ₂	...	X _j	...	X _n	Σ _{j=1} ⁿ X _j	RS	Укупна расположива производња Overall available production					

$$\sum_{j=1}^n X_{ij}, (i = j, i, j = 1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

производња PJ коју она користи за сопствене потребе;

production of WU which it uses for its own purposes;

$$Y_i, (i = 1, 2, \dots, n)$$

производња PJ намењена екстерној реализацији.

production of WU intended for external realization.

Према колонама у табели 1 једначина трошкова гласи:

According to the columns in table 1 the expenditure equation is:

$$X_j = \sum_{i=1}^n X_{ij} + D_j, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

где су:

where:

$$\sum_{i=1}^n X_{ij}, \quad i, j = 1, 2, \dots, n$$

производни (материјални) трошкови настали у интерној реализацији

production (material) expenses generated through internal realization

$D_j, j = 1, 2, \dots, n$, – додатни (екстерни трошкови), су сви остали трошкови производње:

$D_j, j = 1, 2, \dots, n$, – additional (external expenses) i.e. all remaining production expenses:

$$D_j = M_j + O_j + A_m + N_z + U_0 + Z_0$$

где су:

where:

M_j – трошкови материјала и услуга

M_j – expenses for materials and services

O_j – остали трошкови

O_j – other expenses

A_m – амортизација

A_m – amortization

N_z – нето зарада

N_z – net profit

U_0 – уговорене обавезе

U_0 – contractual obligations

Z_0 – законске обавезе

Z_0 – legal obligations

Помоћу билансних (1) и једначина трошкова (2), а полазећи од релације $X_i = X_j$ којом се изражава суштину међусекторског моделског принципа, баланс између производње и трошкова, добија се једначина:

Using the balance (1) and expenditure (2) equations, starting from the relation $X_i = X_j$ which expresses the essence of the inter sector model principle, the balance between production and expenditures, give the following equation:

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} + Y_j = \sum_{i=1}^n X_{ij} + D_j, \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

Која за привредно друштво има форму:

Which for a company has the following form:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n X_{ij} + \sum_{i=1}^n Y_j = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n X_{ij} + D_j$$

Или у сажетом облику:

Or the abridged version:

$$\sum_{i=1}^n Y_i = \sum_{j=1}^n D_j$$

Међусекторски модел ПД ТЕ-КО Костолац

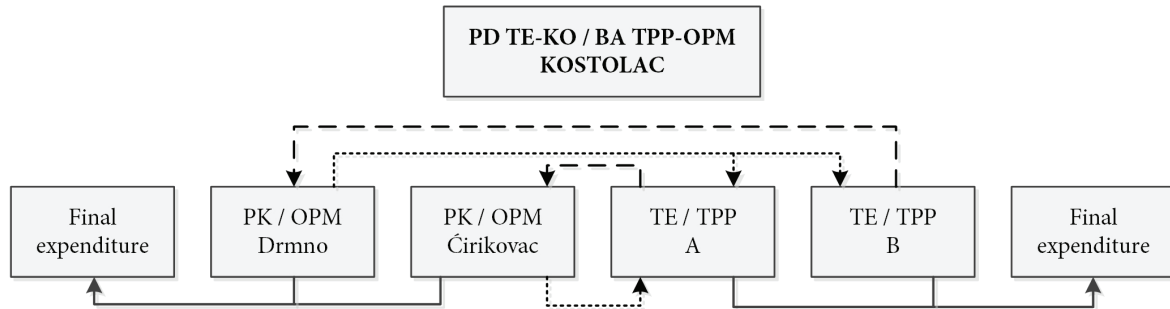
Intersector model of BA TPP-OPM Kostolac

Међусекторски модел за четири радне јединице ПД ТЕ-КО Костолац постављен је увођењем

The inter sector model for four work units of the BA TPP-OPM Kostolac was implemented by introduc-

техничких коефицијената, коефицијената реализације и додатних (екстерних) трошкова. Овако постављен међусекторски модел омогућава анализу економских односа између РЈ у привредном друштву. Напомињемо да је модел постављен за потребе истраживања у току израде докторске дисертације, пре обуставе радова на ПК Ћириковац.

ing technical coefficients, realization coefficients and additional (external) expenses. Thusly set inter sector model enables the analysis of economic relations between WU's in a company. It should be pointed out that this model was created for research purposes for a doctoral dissertation, before operations ceased at the OPM Ćirikovac.



Слика 1. Шематски приказ међузависности производних делова ПД ТЕ-КО Костолац.

Figure 1. Schematic display of dependencies of production parts of PD TE-KO Kostolac.

Технички коефицијенти, табеле 2 и 3, који су у суштини нормативи размене између РЈ, са коефицијентима екстерних трошкова служе за испитивање економске међузависности РЈ, и РЈ и тржишта - односно снабдевача који генеришу екстерне трошкове. За сваку РЈ утврђене су потребне количине материјала, енергије и других ресурса (екстерних трошкова) које треба обезбедити да би јединица функционисала у склопу система.

Technical coefficients, tables 2 and 3, which are in essence norms of exchange between WU, with the coefficients of external expenses serve to examine the economic co-dependence of WUs, and WUs and the market i.e. the suppliers that generate external expenses. For each WU, the required amounts of materials, energy and other resources (external expenditures) which have to be necessitated for the unit to function as part of the system is determined.

Технички коефицијенти, табела 2, представљају директну производну зависност РЈ, а коефицијенти инверзне матрице, табела 3, као индиректне зависности, показују колико треба повећати производњу i-те РЈ да би екстерна реализација j-те РЈ порасла за јединицу. Из табеле 2 уочава се да је за РЈ₁ потребно 0,01629 јединица из производње РЈ₄, или нпр. да РЈ₁ 0,09696 јединица из своје производње упућује РЈ₃ и 0,81088 јединица за РЈ₄. Уколико је потребно повећати или смањити производњу и услуге РЈ, на основу техничких коефицијената или норматива производње утвр-

Technical coefficients, table 2, represent the direct production dependence of a WU, and the coefficients of the inverse matrix, table 3, as an indirect value, display how much the production should be increased in the WU denoted with i so that external realization of WU denoted with j is increased by 1. From table 2 it is determined that WU₁ requires 0,01629 units from the production of WU₄ or for example, WU₁ sends 0.09696 units from its production to WU₃ and 0.81088 units to WU₄. If there is a requirement to increase or decrease production and services of a WU, based on the technical coefficients or norms of production, the necessary

Табела 2. Матрица техничких коефицијената $A=[a_{ij}]$.

Table 2. Matrix of technical coefficients $A=[a_{ij}]$

PJ WU	PJ WU			
	1	2	3	4
1	0,00043	0	0,09696	0,81088
2	0	0,00052	0,57173	0
3	0	0,02150	0,01686	0
4	0,01629	0	0	0,01086

Табела 3. Инверзна матрица техничких коефицијената $(I - A)^{-1}$.

Table 3. Inverse matrix of technical coefficients $(I - A)^{-1}$

PJ WU	PJ WU			
	1	2	3	4
1	1,014	0,010	0,270	0,519
2	0	1,013	0,330	0
3	0	0,040	1,030	0
4	0,027	0	0,007	1,025

ћују се потребне количине и врсте производа и услуга осталих РЈ у систему. Из табеле 3 нпр. види се да је за производњу јединице финалног производа РЈ₁ потребно повећати њену производњу за 1,014 и РЈ₄ за 0,027 јединица производа. Технички коефицијенти и коефицијенти инверзне матрице погодни су за анализе економских односа и структурне усклађености РЈ у систему.

Индијектна зависност у овом тексту односи се на производну, а може се односити и на увозну зависност. Матрица коефицијената индијектне зависности РЈ ПД ТЕ-КО Костолац има облик:

$$\sum_{s=2}^{\infty} A^s = \begin{vmatrix} 0,01357 & 0,00100 & 0,01165 & 0,01310 \\ 0 & 0,01248 & 0,00965 & 0 \\ 0 & 0,00163 & 0,01314 & 0 \\ 0,00088 & 0 & 0,00700 & 0,01414 \end{vmatrix}$$

или у табеларној форми:

Табела 4, Матрица $[I - A]^{-1}$.

Table 4, Matrix $[I - A]^{-1}$.

PJ WU		PJ WU			
		1	2	3	4
1	ДИР DIR	1,00043	0	0,25835	0,50590
	ИНД IND	0,01357	0,01000	0,01165	0,01310
	Σ	1,01400	0,01000	0,27000	0,51900
2	ДИР DIR	0	1,00052	0,32035	0
	ИНД IND	0	0,01248	0,00965	0
	Σ	0	1,01300	0,33000	0
3	ДИР DIR	0	0,03837	1,01686	0
	ИНД IND	0	0,00163	0,01314	0
	Σ	0	0,04000	1,03000	0
4	ДИР DIR	0,02612	0	0	1,01086
	ИНД IND	0,00088	0	0,00700	0,01414
	Σ	0,02700	0	0,00700	1,02500
Σ	ДИР DIR	1,02655	1,03889	1,59556	1,51676
	ИНД IND	0,01445	0,02411	0,04144	0,02724
	Σ	1,04100	1,06300	1,63700	1,54400

quantities and types of products and services of other WUs in the system is determined. For example, in table 3 it is shown that in order to manufacture a unit of a finalized product of WU₁, it is necessary to increase its production by 1.014 and of WU₄ by 0.027 units of product. Technical coefficients and inverse matrix coefficients are suitable for analysis of economical relations and structural harmony of WUs in the system.

The indirect dependence in this text relates to production, and can also relate to import dependence. The matrix of coefficients of indirect dependence of WU PD TE-KO Kostolac is as follows:

or, in tabular form:

Табела 5, Индијектна зависност у (%).

Table 5, Indirect dependence in (%).

PJ WU		PJ WU			
		1	2	3	4
1	ДИР DIR	98,66	0	95,69	97,48
	ИНД IND	1,34	100,00	4,31	2,52
	Σ	100,00	100,00	100,00	100,00
2	ДИР DIR	0	98,77	97,08	0
	ИНД IND	0	1,23	2,92	0
	Σ	0	100,00	100,00	0
3	ДИР DIR	0	95,93	98,72	0
	ИНД IND	0	4,07	1,28	0
	Σ	0	100,00	100,00	0
4	ДИР DIR	96,74	0	0	98,62
	ИНД IND	3,26	0	100,00	1,38
	Σ	100,00	0	100,00	100,00
Σ	ДИР DIR	98,61	97,73	97,47	98,24
	ИНД IND	1,39	2,27	2,53	1,76
	Σ	100,00	100,00	100,00	100,00

Репродукциони процес, табела 4, који обезбеђује нпр. да PJ_1 произведе јединицу производа (угаљ) у вредности од рецимо 100 динара, захтева да се у виду индиректне производне зависности додатно произведе у PJ_1 још 1,36 динара а у PJ_4 0,09 динара. У противном вишефазни репродукциони процес не би могао функционисати.

На релативан значај директне и индиректне производне зависности PJ указује табела 5. На пример PJ_1 која производи угаљ зависна је од испоруке електричне енергије из PJ_4 са 96,74%, а незнатно од функционисања репродукционог тока у PJ_4 са 3,26%. Слично је и са PJ_4 , она директно зависи од испоруке угаља из PJ_1 са 97,48%, а незнатно од функционисања репродукционог процеса у $PJ(1)$ са 2,52%.

Директна и индиректна производна зависност прерађивачке од производне PJ , сведено на јединицу финалне потрошње, приказана је у табели 6.

Табела 6. Структура матрице $[I - A]^{-1}$.

Table 6. Matrix Structure $[I - A]^{-1}$

PJ WU		PJ WU			
		1	2	3	4
1	ДИР DIR	96,10	0	15,78	32,77
	ИНД IND	1,31	0,94	0,71	0,85
	Σ	97,41	0,94	16,49	33,62
2	ДИР DIR	0	94,12	19,57	0
	ИНД IND	0	1,17	0,59	0
	Σ	0	95,29	20,16	0
3	ДИР DIR	0	3,61	62,12	0
	ИНД IND	0	0,16	0,80	0
	Σ	0	3,77	62,92	0
4	ДИР DIR	2,51	0	0	65,47
	ИНД IND	0,08	0	0,43	0,91
	Σ	2,59	0	0,43	66,38
Σ	ДИР DIR	98,61	97,73	97,47	98,24
	ИНД IND	1,39	2,27	2,53	1,76
	Σ	100,00	100,00	100,00	100,00

The reproduction process, table 4, which secures for example, that WU_1 makes a unit of product (coal) for a value of about 100 dinars, requires that in the form of indirect production dependence additional 1,36 dinars are produced in WU_1 , and 0,09 dinars in WU_4 . Otherwise the multi phased reproduction process could not function.

The relative importance of direct and indirect production dependence is pointed out in table 5. For example, WU_1 which produces coal is dependent on the supply of electricity from WU_4 with 96,74%, and little dependent on the functioning of the reproduction process in WU_4 with 3,26%. It is similar with WU_4 , it is directly dependent on coal shipments form WU_1 with 97,48%, and less dependent on the functioning of a reproduction process in $WU(1)$ with 2,52%. The direct and indirect production dependency of a refining WU on the production WU , reduced to a unit of final consumption, as displayed in table 6.

Табела 7. Вредносна структура по јединици финалне производње.

Table 7. Value structure by final production unit.

PJ WU		1	2	3	4	Σ
UMT	ДИР DIR	0,33935	0,17652	0,09284	0,03261	0,14304
	ИНД IND	0,00550	0,00909	0,13234	0,17639	0,10894
	Σ	0,34485	0,18561	0,22518	0,20900	0,25198
AM	ДИР DIR	0,20830	0,08594	0,05682	0,22694	0,19177
	ИНД IND	0,00804	0,00561	0,10287	0,11699	0,07381
	Σ	0,21634	0,09155	0,15969	0,34393	0,26558
NP	ДИР DIR	0,10470	0,31442	0,12499	0,02832	0,08253
	ИНД IND	0,00223	0,01014	0,13598	0,05505	0,04504
	Σ	0,10693	0,32456	0,26097	0,08337	0,12757
VP	ДИР DIR	0,32110	0,38423	0,14979	0,19537	0,24189
	ИНД IND	0,01078	0,01405	0,20437	0,16833	0,11298
	Σ	0,33188	0,39828	0,35416	0,36370	0,35487
DP	ДИР DIR	0,63410	0,78459	0,33160	0,45063	0,51619
	ИНД IND	0,02105	0,02980	0,44322	0,34037	0,23183
	Σ	0,65515	0,81439	0,77482	0,79100	0,74802
1		1	1	1	1	1

Тако нпр. да би PJ_1 дала захтевану производњу, PJ_4 јој из своје производње испоручује 2,51% електричне енергије, тако да је уз сопствени угаљ 96,10%, укупна зависност 98,61%. Ово не би било остварљиво уколико репродукциони систем не би дао још недостајућих 1,39% од количина угља и електричне енергије PJ_1 .

У вредносној структури финалне јединице производње учешће имају компоненте производа, уколико су присутни и материјални трошкови екстерног порекла они се такође укључују. Конкретно у овом моделу та позиција није укључена. Вредносна структура финалне производне јединице приказана је у табели 7. Јединица производње из PJ_1 , која служи за подмирење производње електричне енергије, у износу од 100 динара садржи производ од 65,5 динара непосредно настао производњом PJ_1 са 63,4 динара и индиректном активношћу репродукционог система са 2,1 динара, табела 8. У јединици производа PJ_1 намењеном финалној потрошњи није садржан само директан друштвени производ, већ је обухваћен

For example, in order for the WU_1 to output the required production, WU_4 must deliver 2,51% of electricity from its production, so that with its own coal 96,10% the total dependency is 98,61%. This would not be possible if the reproduction system was not supplying the missing 1,39% of coal and electricity to WU_1 .

In the value structure of the final unit of production the components of the product also participate, and if there are material costs of external origin they are included as well. However this model does not include this position. The value structure of final production unit is displayed in table 7. Production unit from WU_1 , which serves to settle electricity production, for the amount of 100 dinars contains a product of 65,6 dinars which is immediately produced in WU_1 for the value of 63,4 dinars and indirect activity of the reproduction system for 2,1 dinars, table 8. The unit of product of WU_1 intended for final consumption does not only contain the direct social product, but encompasses a hidden social product made by multi phased activities of the reproduction system.

Табела 8. Друштвени производ.

Table 8. Social product.

PJ WU	PJ WU			
	1	2	3	4
ДИР DIR	0,63410	-	-	-
ИНД IND	0,00888	0,00634	0,17121	0,32910
Σ	0,64298	0,00634	0,17121	0,32910
ДИР DIR	-	0,78459	-	-
ИНД IND	-	0,01020	0,25891	-
Σ	-	0,79479	0,25891	-
ДИР DIR	-	-	0,33160	-
ИНД IND	-	0,01326	0,00995	-
Σ	-	0,01326	0,34155	-
ДИР DIR	-	-	-	0,45063
ИНД IND	0,01217	-	0,00315	0,01127
Σ	0,01217	-	0,00315	0,46190
ДИР DIR	0,63410	0,78459	0,33160	0,45063
ИНД IND	0,02105	0,02980	0,44322	0,34037
Σ	0,65515	0,81439	0,77482	0,79100

Табела 9. Вишак производа.

Table 9. Product excess.

PJ WU		PJ WU			
		1	2	3	4
1	ДИР DIR	0,32109	-	-	-
	ИНД IND	0,00450	0,00321	0,08670	0,16665
	Σ	0,32559	0,00321	0,08670	0,16665
2	ДИР DIR	-	0,38423	-	-
	ИНД IND	-	0,00499	0,12680	-
	Σ	-	0,38922	0,12680	-
3	ДИР DIR	-	-	0,14979	-
	ИНД IND	-	0,00599	0,00449	-
	Σ	-	0,00599	0,05428	-
4	ДИР DIR	-	-	-	0,19537
	ИНД IND	0,00527	-	0,00137	0,00488
	Σ	0,00527	-	0,00137	0,20025
Σ	ДИР DIR	0,32109	0,38423	0,14979	0,19537
	ИНД IND	0,00977	0,01419	0,21936	0,17153
	Σ	0,33086	0,39842	0,36915	0,36690

и скривени друштвени производ настао вишефазним активностима репродукционог система.

Јединица производње намењене подмирењу потреба финалне потрошње у вредности од 100 динара садржи вишак производње у вредности од 33,1 динара настале непосредном производњом PJ_1 за 32,1 динара, табела 9. Из репродукционе активности PJ_1 издвојено је за амортизацију 0,45 динара, а из PJ_4 0,53 динара. Највеће издвајање за вишак производње је у PJ_2 39,8 динара, што није резултат остварене производње већ прерасподеле у оквиру производног система, а најмање у PJ_1 33,1 динара (пошто су из ове PJ пренета средства на PJ_2).

Јединица производње намењена подмирењу потреба финалне потрошње у вредности од 100 динара садржи амортизацију у вредности од 19,3 динара настале директном производњом PJ_1 за 18,5 динара. Из репродукционе активности PJ_1 издвојено је за амортизацију 0,26 динара, а из PJ_4 0,54 динара. Највеће издвајање за амортизацију је у PJ_4 34,4 динара, табела 10. Да би се произвела једи-

Unit of production intended to settle the needs of final production in the value of 100 dinars contains production in excess of 33.1 dinars made through direct production of WU_1 for 32.1 dinars, Table 9. From the reproductive activity WU_1 a total of 0.45 dinars was separated for amortization, and from WU_4 a sum of 0.53 dinars. The highest expenditure for excessive production is noted in WU_2 , 39.8 dinars, not as the result of the production achieved, but of the redistribution within the production system. The lowest is in the WU_1 at 33.1 dinars (since the resources were transferred from this WU to WU_2)

Unit of production intended to settle the needs of final production in the value of 100 dinars contains amortization for the value of 19.3 dinars made through direct production of WU_1 for the value of 18.5 dinars. From the reproduction activity of WU_1 0.26 dinars were set apart, and from WU_4 , 0.54 dinars. The biggest amount set apart is for WU_4 34.4 dinars, table 10. In order to produce a unit of production for the value of 100 dinars in WU_1 , 10.47 dinars should be paid to the workers in net profit,

Табела 10. Амортизација.

Table 10. Amortization.

PJ WU		PJ WU			
		1	2	3	4
1	ДИР DIR	0,18481	-	-	-
	ИНД IND	0,00259	0,00222	0,05692	0,10996
	Σ	0,18740	0,00222	0,05692	0,10996
2	ДИР DIR	-	0,08594	-	-
	ИНД IND	-	0,00112	0,02836	-
	Σ	-	0,08706	0,02836	-
3	ДИР DIR	-	-	0,05682	-
	ИНД IND	-	0,00227	0,00170	-
	Σ	-	0,00227	0,05852	-
4	ДИР DIR	-	-	-	0,22693
	ИНД IND	0,00545	-	0,01589	0,00703
	Σ	0,00545	-	0,01589	0,23396
Σ	ДИР DIR	0,18481	0,08594	0,05682	0,22693
	ИНД IND	0,00804	0,00561	0,10287	0,11699
	Σ	0,19285	0,09155	0,15969	0,34392

Табела 11. Нето зарага.

Table 11. Net profit.

PJ WU		PJ WU			
		1	2	3	4
1	ДИР DIR	0,10470	-	-	-
	ИНД IND	0,00147	0,00105	0,02827	0,05434
	Σ	0,10617	0,00105	0,02827	0,05434
2	ДИР DIR	-	0,31442	-	-
	ИНД IND	-	0,00409	0,10376	-
	Σ	-	0,31851	0,10376	-
3	ДИР DIR	-	-	0,12499	-
	ИНД IND	-	0,00500	0,00375	-
	Σ	-	0,00500	0,12874	-
4	ДИР DIR	-	-	-	0,02833
	ИНД IND	0,00076	-	0,00020	0,00071
	Σ	0,00076	-	0,00020	0,02904
Σ	ДИР DIR	0,10470	0,31442	0,12499	0,02833
	ИНД IND	0,00223	0,01014	0,13598	0,05505
	Σ	0,10693	0,32456	0,26097	0,08338

ница производње у вредности од 100 динара у РЈ, треба исплатити 10,47 динара радницима као нето зараду, док се за производњу производа који су раније коришћени у оквиру репродукционог система (да би се обезбедили услови за производњу у РЈ), треба исплатити још 0,223 динара, табела 11.

Закључак

Анализа, у раду само делимично приказаног, међусекторског модела ПД ТЕ-КО Костолац истиче да ови модели обезбеђују ефикасну информативну прегледност, прегледност материјалних и енергетских токова, екстерних трошкова и других битних производно-економских параметара, веома погодно за оперативно планирање у рударским системима са сложенем пословно-производном структуром као што су рударско енергетски системи Колубара и Костолац или нпр. Рударско топионичарски басен Бор.

Управљање комплексима експлоатације угља и производње електричне енергије, односно у рударским комплексима у ширем смислу, представља стално отворено подручје за иновације и истраживања, која генеришу помаке у развоју нових приступа за подршку одлучивању. С обзиром на реманенцију индустрије угља и рударства уопште, прихватања и примене нових алата за подршку одлучивању, одвијаће се неминовно, али успорено и постепено, у том смислу препознаје се и примена међусекторске анализе.

Литература

1. Станојевић Р., (1998), Међусекторски модели, Економски институт, Београд.
2. Петрић Ј., Поповић С., Нешић В., (1981), Примена модела међусекторске анализе у натуралним показатељима у удруженом раду, Директор бр.4, стр.37-40.
3. Vujić S., I. Miljanović, S. Maksimovic, A. Milutinovic, T. Benovic, M. Hudej, B. Dimitrijevic, V. Cebasek and G. Gajic, Optimal dynamic management of exploitation life of the mining machinery: models with undefined interval, Journal of Mining Science, Springer New York, DOI: 10.1007/s10913-01-0053-2, Volume 46, Number 4, 2010, (425-430).
4. Vujić S., Miljanović I., Maksimović S. i ostali, (2010), Optimal dynamic management of exploitation life of the mining machinery with undefined interval, Journal of Mining Science, Vol.46, No. 4. 2010., Moskva.
5. Максимовић С. (2009), Примена међусекторске анализе у привредним друштвима термоенергетског сектора „Електропривреде Србије“, Електро-

whereas for the production of the products which were previously used for the reproduction system (in order to secure the necessary production conditions in WU₁), 0,223 dinars should be paid out, table 11.

Conclusion

Analysis, only partially displayed in this paper, of the inter sector mode of BA TPP-OPM Kostolac points out that these models secure an efficient informative overview, as well as overview of material and energy flows, external costs and other important production-material parameters, which is very suitable for operative planning in mining systems with a complex business-production structure such as mining energy systems Kolubara and Kostolac or for example, mining and smelting basin Bor.

Management of coal and electricity production complexes i.e. of mining complexes in a broad presents a constantly opened area for innovation and research, which generate improvements in development of new approaches for decision making support. Considering the remanence of the coal industry and mining in general, accepting and application of new tools for support in decision making, will imminently continue, but gradually and in sequence, in which sense the application of inter sector analysis is recognized.

References

1. Stanojević R., (1998), Inter sector models, Institute of economy, Belgrade (In Serbian)
2. Petrić J., Popović S., Nešić V., (1981), Application of the model of inter sector analysis in natural indicators in combined operations, Director num.4, pg.37-40 (In Serbian)
3. Vujić S., I. Miljanović, S. Maksimovic, A. Milutinovic, T. Benovic, M. Hudej, B. Dimitrijevic, V. Cebasek and G. Gajic, Optimal dynamic management of exploitation life of the mining machinery: models with undefined interval, Journal of Mining Science, Springer New York, DOI: 10.1007/s10913-01-0053-2, Volume 46, Number 4, 2010, (425-430).
4. Vujić S., Miljanović I., Maksimović S. i ostali, (2010), Optimal dynamic management of exploitation life of the mining machinery with undefined interval, Journal of Mining Science, Vol.46, No. 4. 2010., Moscow
5. Maksimović S. (2009), Application of inter sector analysis in the companies of the thermal energy sector "Elektroprivreda Srbije", Electric distribution num. 1, Belgrade, pg. 85-92. (In Serbian)

- привреда бр.1, Београд, стр.85-92.
6. Максимовић С., Миљановић И., и др.,(2010), Место инпут-оутпут модела у методологији управљања привредним друштвима ТЕ-КО „Костолац“, III Међунаордни симпозијум, Енергетско рударство ЕР 2010, Бања Јунаковић, Апатин.
 7. Максимовић С., Миљановић И., и др.,(2010), Осетљивост производње појединих производних сектора у привредном друштву ТЕ-КО „Костолац“ на промене техничких коефицијената, Рударство 2010., Тара, стр.85-92.
 8. Maksimović S., Miljanović I.,(2011), Application of structure models in planning the development of EPIS production sectors, IMCET 2011, Ankara-Turkey.
 9. ПД ТЕ-КО „Костолац“, Извештај о пословању за 2007. годину.
-
- Примљен: новембар 2013.
Прихваћен: март 2014.
6. Maksimović S., Miljanović I., and others, (2010), The role of the input-output model in the company management methodology of TE-KO “Kostolac”, III International symposium, energy mining ER 2010, Banja Junaković, Apatin (In Serbian)
 7. Maksimović S., Miljanović I., and others (2010), Production sensitivity of certain mining sectors in the TE-KO “Kostolac” company to the changes of technical coefficients, Mining 2010., Tara, pg.85-92. (In Serbian)
 8. Maksimović S., Miljanović I.,(2011), Application of structure models in planning the development of EPIS production sectors, IMCET 2011, Ankara-Turkey.
 9. PD TE-KO “Kostolac”, Business report for 2007. (In Serbian).
-

Received: November 2013.
Accepted: March 2014.

МОДЕЛИ УПРАВЉАЊА У МУЛТИ-ВАРИЈАБИЛНИМ РУДНИЧКИМ УСЛОВИМА

MANAGEMENT MODELS IN MULTI-VARIABLE MINING CONDITIONS

Марјан Худеј¹, Милинко Радосављевић²,
 Зоран Бартуловић³, Слободан Вујић²

Marjan Hudej¹, Milinko Radosavljević²,
 Zoran Bartulović³, Slobodan Vujić²

¹РГП Велење, marjan.hudej@rlv.si

¹RGP Velenje, marjan.hudej@rlv.si

²Рударски институт, slobodan.vujic@ribeograd.ac.rs

²Mining Institute, slobodan.vujic@ribeograd.ac.rs

³Институт за технологију нуклеарних и других минералних сировина, bartulovic.zoran@itnms.ac.rs

³Institute for technology of nuclear and other mineral raw materials, bartulovic.zoran@itnms.ac.rs

Сажетак: Одлучивање и управљање у рударству карактеришу сложеност, променљивост, вишезначност, осетљивост и ризик. Један од кључних разлога овакве априориције је мултиваријабилност амбијенталних услова и функционална и структурна сложеност рударских система [човек - природа (радна средина) - машина - окружење]; Значајно овоме доприноси не постојање опште научне сагласности око оценовања модела за подршку одлучивању и управљању. Трећи јак разлог је чињеница да ако би сагласност и постојала, није сигурно да би расположиви модели, методе и тактике одлучивања и управљања, дале еквивалентне резултате за исте рудничке услове. У том смислу рад у сажетом облику даје приказ проблема и модела управљања у рудничким условима.

Кључне речи: мултиваријабилност, рударство, одлучивање, управљање, модели управљања.

Abstract: Decision making and management in mining is characterized by complexity, variability, polysemy, sensitivity and risk. One of the key reasons for such characterization is the multi-variability of the ambient conditions and a functional and structural complexity of mining systems [man - nature (work environment) - machine - surroundings]; This is significantly contributed to by the non-existence of a general scientific consensus about evaluation of models for support in decision making and management. The third strong reason is the fact that even if such consensus existed, it is uncertain that the available models, methods and tactics of decision making and management, would provide equivalent results for the same mining conditions. In that sense this paper concisely displays the problems and models of management in mining conditions.

Key words: multi-variability, mining, decision making, management models.

Увод

Управљање пројектима и активностима у рударству у принципу је захтеван вишезначни инжењерски задатак, често високе осетљивости и ниске толеранције према ризицима. Доношење одлука се најчешће не одвија без проблема и тешкоћа, у рударству су то [1]:

1. Утицаји тешко предвидљивих чинилаца, нпр. концентрација метана у јами, продор воде, спекулативна берзанска догађања (промене цена нафте, обојених метала, злата итд.), технолошки експеси, пожари и сл.
2. Сложена или тешка мерљивост и квантифика-

Introduction

Management of projects and activities in mining is principally a demanding poly-significant engineering task, often of high sensitivity and a low tolerance for risks. Decision making is mainly not done without problems and difficulties, and in mining those are [1]:

1. Influence of factors that are difficult to predict i.e. methane concentration in a pit, water spills, speculative stock event (changes in oil prices, colored metals, gold etc.), technological excesses, fires and the like.
2. Complex or difficult measurability and quanti-

кација свих релевантних параметара као обележја стања и процеса у рудницима, нпр. напонско-деформациона стања стенског масива, анизотропија радне средине и сл.

3. Недостатак довољног броја поузданих података и информација о стањима и процесима у систему и у окружењу, нпр. број и позиција геолошких и геомеханичких узорак у дужем временском периоду.
4. Ограниченост времена за одлучивање и управљачко деловање, нарочито у брзим процесима, и недостатак времена за тестирање и проверу понуђеног решења, нпр. нагли продори воде, промена динамике вентилационог процеса у руднику, дозирање реагенса у флотацијском процесу и сл.
5. Присуство конфликтних ситуација, повишених ризика и неповољних догађаја, нпр. интеракција технолошких процеса и геостатичке стабилности рудничких објеката, утицај подземних рударских радова на слегање терена и сл.

Доношење управљачких одлука у рударству било би мање захтевно и ризично да није непредвидљивих промена и догађања у рудничким системима, односно када би доносилац одлуке увек могао предвидети нова стања током управљачког деловања - извршења одлуке. Дакле присутна је реална могућност да доносилац одлуке и поред коректног избора решења у датим околностима, ипак погрешити и доведе руднички систем у неповољну ситуацију. Илустрације ради узмемо пример управљања флотацијским процесом [2]. На основу параметара добијених анализом узорака из флотације (минерализација, садржај корисне компоненте у руди, геохемијски параметри итд.) дозирају се флотацијски реагенси и ово би се одвијало релативно једноставно да нема реманенције [1], пошто се одлука о дозирању реагенса и корективно управљачко деловање на флотацијски процес, догађа се после добијених резултата лабораторијских анализа, у моменту када реперни процесни параметри могу значајно одступати од констатованих.

Отуда је логично да је код доношења управљачких одлука осим поузданих и правовремених података и информација потребна и одговарајућа научно заснована методолошка подршка. Доношење управљачких одлука у оваквим амбијентима, подразумева избор једне од могућих алтернатива као ефикасне, рационалне, оптималне или на други начин дефинисане. У том смислу неопходно је дефинисати циљ или циљеве решавања задатка, критеријуме којима се мери достизање циља/циљева и између расположивих алтернативних решења избор

фикацију свих релевантних параметара као карактеристике стања и процеса у рудницима и сл. напонско-деформациона стања масива, анизотропија радне средине и сл.

3. Lack of a sufficient amount of reliable data and information about the states and processes in a system and the environment for example, the number of positions of geological and geo-mechanical samples in a longer time frame.
4. Time limitations for decision making and management, especially in fast processes, and the lack of time for testing and reviewing the solution presented for example, sudden water spills, change of dynamics of the ventilation processes in a mine, dosing of reagents in the flotation process etc.
5. Presence of conflict situations, increased risks and unfavorable events i.e. interaction of technological processes and geo-static stability of the mining facilities, the influence of underground mining operations on terrain settling etc.

Decision making in mining would be less demanding and risky if it were not for unpredictable changes and events in mining systems i.e. if the decision maker could always predict new conditions during management - decision making. Therefore there is a real possibility that the decision maker could make a mistake and jeopardize the mining system even if he made the right decision. For illustration purposes, let us take the example of flotation process management [2]. Based on the parameters given through sample analysis from the flotation (mineralization, share of the useful component in ores, geo-chemical parameters etc.), flotation reagents are dosed and this would be relatively simple if remanence was not present [1], and this takes place after the results of lab analysis are obtained which means that the benchmark parameters could significantly deviate from the ones determined.

Hence, it makes sense that when making decisions, besides reliable and timed data, a suitable scientific methodology support is required. Making management decisions in such ambience, means choosing one of the possible alternatives as efficient, rational, optimal or in other ways defined. In this sense it is necessary to define a goal or goals for problem solving, criteria which measures goal achievement and making a choice of one available alternative solution which would most efficiently achieve the goals set. This process means evaluating the possible solutions - decisions. When evaluation is done according to one criterion and a decision is determined through which the value of the goal function is emphasized,

оног које најбоље достиже постављени циљ/циље-
ве. У оваквом поступку управљати значи вредно-
вати могуће одлука - решења. Када се вредновање
изводи према једном критеријуму и детерминише
одлука којом се екстремизира вредност функције
циља, поступак се декларише као једнокритери-
јумска оптимизација[3]. У рударству су међутим
чешћи сложенији структурирани проблеми, где се
избор најбољег из групе могућих решења, изводи
на основу више критеријума, па се и поступак ин-
дикативно назива вишекритеријумски или вишеа-
трибутни, чија су основна обележја [1,4]:

1. Истовремено постојање више критеријума,
често међусобно опречних и конфликтних;
2. Инкомпатибилност могућих решења (једно
решење је боље од другог решења по једном
критеријуму, а по другом није);
3. Немогућност дефинисања бољег решења без
преференције доносиоца одлуке;
4. Укључивање доносиоца одлуке у поступак, у
већој или мањој мери отвара простор утица-
ју тзв. "субјективне објективности";
5. Не постоји решење које је боље од других ре-
шења по свим критеријумима, те у строгом
математичком смислу не постоји оптимално
већ компромисно решење проблема.

Постављају се три важна питања: Коју нормали-
зацију применити при редукцији полазне струк-
туре проблема, како обједињено третирати више
критеријума, и како одредити одступања од иде-
алног решења?

Одговоре на ова питања, са извесним разликама,
дају методе вишекритеријумске анализе у интер-
активној спрези са доносиоцем одлука, чији је
задатак у овом поступку много суптилнији и за-
хтевнији од доношења коначне одлуке, а односи се
на дефинисање могућих алтернативних решења,
избор критеријума за оцене алтернатива и веома
осетљиво питање дефинисања преференција.

Методе вишекритеријумске анализе одликује ра-
зличитост критеријума избора, а последица је да се
у решавању истог проблема добијају различити ис-
ходи, што доношење управљачких одлука још више
компликује и чини осетљивијим. Избор коначног
решења, не зависи само од понуде алтернатива,
избора критеријума и дефинисања преференција,
већ и од примењене методе вишекритеријумске
анализе. Полазећи од овога, управљање у рудар-
ству интегрише: сагледавање реалних рудничких
услова и ограничења, карактеризацију потенци-
јално применљивих метода вишекритеријумске
анализе у решавању управљачког задатка, упоред-

the process is declared as a one criterion optimi-
zation [3]. In mining however, complex structural
problems are more frequent, where the best choice
is picked based on multiple criteria, hence the name
multi-criteria or multi-attribute, and has the follow-
ing qualities [1,4]:

1. Simultaneous existence of multiple criteria, of-
ten in contrast and conflict with each other;
2. Incompatibility of possible solutions (one solu-
tion is better than another solution according to
one criterion and is not according to another);
3. Inability to define a better solution without the
decision maker's preference;
4. Inclusion of the decision maker into the process,
leaves room in lesser or greater measure, for the
so-called "subjective objectivity";
5. There is no solution that is better than other
solutions according to all of the criteria, so that
in a mathematical sense there is no optimal, but
a compromise solution to the problem.

Three important questions are posed: Which nor-
malization should be applied during reduction of
the initial problem structure, how to uniformly treat
multiple criteria and how to determine deviations
from the ideal solution?

Answers to these questions, with certain differenc-
es, are given through methods of a multi-criteria
analysis in an interactive relation with the decision
maker, whose task in this process is more subtle and
demanding than the final decision, and refers to de-
fining possible alternative solutions, criteria choice
in order to evaluate alternatives and the very sensi-
tive question of preference definition.

The multi-criteria analysis method is characterized
by the diversity choice criteria, the consequence be-
ing that in solving the same problem different out-
comes are achieved, which makes decision making
even more complex and sensitive. The choice of a
final solution, does not depend only on the alter-
natives offered, criteria chosen and definition of
preferences, but also on the applied method of the
multi-criteria analysis. Starting from this, mining
management integrates: overview of the real min-
ing conditions and limitations, characterization of
potentially applicable methods of the multi-criteria
analysis in management task solution, comparative
analysis of methods in real problematic conditions
and identification of approach in determining a
compromise solution in a plethora of offered alter-
natives, Figure 1.



Слика 1. Генерализовани алгоритам управљања.

ну анализа одзива метода у реалним проблемским условима и идентификацију приступа детерминације компромисног решења у конгломерату понуђених алтернатива, слика 1.

Модели управљања

Мултиваријабилност амбијенталних услова рудничких система, није повољна за систематизацију приступа управљања али не значи да није могућа према заједничким својствима. Ово није формално већ суштински важно питање, које обезбеђује селекцију и адекватан избор математичко-моделских приступа за подршку одлучивању и управљању. У литератури се нуди више класификација, мишљења смо да је класификација управљања према одређености стања реалног система најпогоднија за рударство. Према овој класификацији управљање може бити у:

1. Условима одређености;
2. Условима неизвесности;
3. Условима ризика;
4. Условима конфликта;
5. Условима секвенцијалности.

Управљање у условима одређености је најпожељније, али су ситуације са потпуном одређеношћу реалног система и окружења, када доносилац одлуке може са сигурношћу да тврди која је одлука најбоља, веома ретке у рударској пракси. Одлучивање у условима одређености подразумева ситуације у којима се са сигурношћу зна у ком ће стању бити

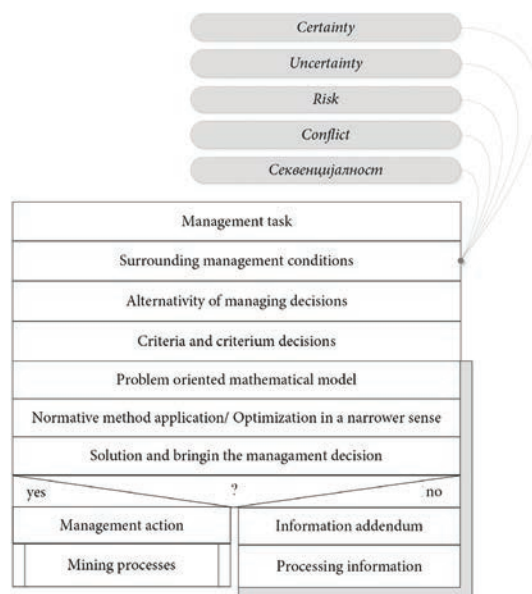


Figure 1, Generalized algorithm of self-management.

Management models

Multi-variability of the ambient conditions in mining systems is not favorable for systematization of the management approach but this does not mean that it is not possible according to common qualities. This is not a formal but an important question, which secures selection and an adequate choice of the mathematical-model approaches for support in decision making and management. Literature offers multiple classifications, but we are of the opinion that the management classification according to the condition of the real system is most suitable in mining. According to this classification and management can be done in:

1. Conditions of certainty;
2. Conditions of uncertainty;
3. Conditions of risk;
4. Conditions with conflict;
5. Conditions of sequentiality.

Management in conditions of certainty is most desirable, but situations with complete certainty of the real system and environment, when the decision maker can claim with certainty which decision is best, are very rare in mining practice. Decision making in conditions of certainty refers to situations in which one knows with certainty in what condition the system will be when the decision is made and is executed. The problem with decision making in conditions of certainty comes down to choosing an alternative which would be most efficient in conditions given. Methods of linear and non-linear programming are

систем када се одлука донесе и постане извршна. Проблем одлучивања у условима одређености својди се на избор алтернативе која ће дати највећи ефекат у задатим условима. За решавање ове класе задатака одлучивања најчешће се користе методе линеарног и нелинеарног програмирања [1,3].

Одлучивање по условима побројаним под два и три, готово је уобичајено за рударство [5]. У знатном броју рудничких ситуација присутно је и одлучивање по четвртом услову. У условима неизвесности, претпоставља се да руднички систем може бити у неколико стања. Ако се за свако од стања може дефинисати вероватноће појаве, сматра се да се одлука доноси у условима ризика. У случају када постоји листа могућих стања система али не и вероватноће њихових појава, у питању је доношење одлуке у условима неизвесности или неодређености. Најчешћи критеријуми одлучивања у условима неизвесности и ризика су [1]:

- Критеријум оптимизма, полази од претпоставке да ће увек наступати најповољнија стања система која ће омогућавати максимални ефекат од донесене управљачке одлуке.
- Критеријум песимизма, супротно претходном, полази од песимистичке претпоставке да ће за било коју алтернативу увек наступити најнеповољније стање система, и сугерише опрезност.
- Критеријум жаљења, тумачи се као изгубљена прилика за доношење одлуке која би обезбедила најповољнији резултат. За меру жаљења узима се разлика између резултата који би се постигао избором најповољније одлуке за стварно стање система и резултата који би се остварио донесеном одлуком, односно изабраном алтернативом.
- Критеријум рационалности, односи се на ситуације одлучивања у условима ризику, а полази од претпоставке да је мало стања у којима се систем може наћи и за која се не може дефинисати вероватноћа појаве.

Одлучивање и управљање у условима ризика, као што смо констатовали, подразумева да се систем може наћи у више стања чије су вероватноће познате, или уколико нису познате претпоставка је да их доносилац одлуке може поуздано проценити. У рударству су ретке ситуације у којима се знају вероватноће појава одређених стања система, те се приликом доношења одлука овај проблем премаштава ослањањем на субјективну процену доносиоца одлуке ослободу на искуство, а као критеријум за избор алтернативе претежно се користи максимална вредност очекиване користи. Код доношења одлука у условима

used for solving this class of assignments in decision making [1,3].

Decision making in order of conditions mentioned under numbers two and three, is almost common in mining [5]. In a considerable number of mining situations, decision making according the fourth condition is present. In conditions of uncertainty, it is assumed that a mining system can be in several states. If a probability of an occurrence of each of the conditions can be defined, it is considered that the decision is being made in risky conditions. In a case when there is a list of possible conditions of a system but not the probabilities of their appearance, the decision is considered to be made in conditions of uncertainty i.e. indeterminacy. The most common criteria for decision making in conditions of uncertainty are [1]:

- Optimism criterion, goes from the assumption that the most favorable system conditions will occur and enable a maximum impact of the decision that was made.
- Pessimism criterion, opposite to the criterion above, goes from the assumption that for any alternative, the most unfavorable system conditions will occur, and suggests caution.
- Criterion of mourning, interpreted as a lost opportunity for making a decision that would give the best result. As a mourning measurement the difference between results which would be achieved through making the best decision for the real condition of the system, and results which would be achieved by the decision being made i.e. the chosen alternative.
- Rationality criterion, refers to situations of decision making in conditions of risk, and goes from the assumption that there are few conditions in which the system could be and for which a probability of occurrence cannot be defined.

Decision making and management in risky conditions, as previously mentioned, means that a system can be in multiple conditions for which probabilities are known, otherwise if they are unknown it is assumed that the decision maker can reliably assess them. In mining, situations in which the probabilities of certain system conditions are known are rare, in which case during the process of decision making this problem is bypassed by relying on the subjective assessment of the decision maker based on his experience, and as a criterion for choosing an alternative, the maximum value of expected gain is used. When making a decision in

ризика или неизвесности, треба водити рачуна и о неизбежно присутном субјективном односу доносиоца одлуке према ризику [4]. Познато је да се људи не понашају једнако у ситуацијама присутног ризика, неко лако прихвата ризик и склон је ризику, други имају одбојан став, а трећи рационалан однос према ризику.

Одлучивање и управљање у условима конфликта, је одлучивање у условима постојања супротстављених интереса две или више страна, и присуством неодређености избора могућих алтернативних решења. Одлучивање се одвија у условима присуства конфликта и неодређености, те се као најподеснији математичко-моделски алат користи теорија игара. Задаци одлучивања ове класе проблема, у пракси се најчешће свде на прикупљање информација из прошлости и статистичкој формализацији неке конфликтне ситуације. Овакав приступ не уважава допунске информације до којих доносилац може накнадно доћи, и које могу у извесној мери смањити првобитну неодређеност. Иначе једини прихватљив начин мерења неодређености и ризика је вероватноћа [4].

Одлучивање и управљање у условима секвенцијалности, је одлучивање када постоји интерактивни низ ситуација и стања у којима се руднички систем може налазити. За моделовање проблема секвенцијалног одлучивања и управљања користи се техника стабла одлучивања базирана на Бајесовој статистици, формализована на принципима:

- Анализе структуре и формирање дијаграма тока одлучивања;
- Анализе вероватноћа;
- Анализе користи и вредности информација;
- Прорачуну вредности секвенцијалних чворова;
- Синтетичком приказу резултата.

Секвенцијални приступ се своди на креативну игру као у шаху доносиоца одлуке са реалним системом и увођења вероватноћа појава могућих стања система. Почетни запис задатка управљања формализује се у матричном облику, у табели 1 [1] дат је илустративан пример.

Осим наведених елемената, за одлучивање и управљање важно је и познавање:

- Права доношења управљачких одлука, дефинисаног надлежношћу у организационој структури рудника (предузећа, компаније,...);
- Тока или процеса одлучивања и управљања, условљеног технологијом производње, при-

conditions of risk or uncertainty, one should take care about the inevitably present subjective views of the decision maker towards the risk [4]. It is common knowledge that different people do not react the same way in situations of risk, some easily accept it and are prone to taking risks, others avoid it at all costs, and some take a rational approach towards it.

Decision making and management in conditions of conflict done in situations where sides of opposing interests exist, and the choice of possible alternatives is undetermined. In such a case, the most suitable mathematical-model tool is the game theory. Tasks of decision making in this class of problems are in practice usually reduced to gathering of information from the past and a statistical formalization of a certain conflict situation. This approach does not make room for additional information which the decision maker can get later on, and which could in some measure reduce the original uncertainty. The only acceptable method of measuring uncertainty and risk is probability [4].

Decision making and management in conditions of sequentiality, is decision making when an interactive set of situations and conditions in which the mining system can be exists. In order to model the problems of sequential decision making and management the tree technique is used based on the Bajesovoj statistics, formed on the principles of:

- Structure analysis and formation of the decision making diagram;
- Probability analysis;
- Usefulness and information value analysis;
- Calculation of the values of the sequential knots;
- Synthetic result display.

The sequential approach is reduced to a creative game, like in chess, of the decision maker with the real system and introduction of the probabilities of the possible conditions of the system. The initial record of tasks for management is formalized in the form of a matrix, table 1 [1] illustrates this.

Apart from these elements, in order to reach a decision it is also important to be familiarized with:

- The rights of making managerial decisions defined by jurisdiction within the mine organizational structure (enterprise, company...);
- The flow i.e. process of decision making and management, conditioned by production technology, applied approaches (models) during decision making and management of the mine.

мењеним приступима (моделима) и током одлучивања и управљања у руднику.

Табела 1. Почетна матрица секвенцијалног приступа.

Table 1. Initial matrix of the sequential approach.

Могуће управљачке одлуке Possible managing decisions	Могућа алтернативна решења Possible alternate solutions		
	R_1	R_2	R_3
	$p(R_1) =$	$p(R_2) =$	$p(R_3) =$
O_1	e_{11}	e_{12}	e_{13}
O_2	e_{21}	e_{22}	e_{23}
O_3	e_{31}	e_{32}	e_{33}

Тумач: $p(R_i)$ – Вероватноћа примене алтернативног решења;

e_{ij} – Ефекат примене алтернативног решења.

Legend: $p(R_i)$ - probability of alternative application;

e_{ij} - effect of alternative application

Претпоставка успешности управљања је структурираност процеса одлучивања, слика 1, која обухвата иницијалну, аналитичку и фазу коначне одлуке, са дефинисаним:

- Циљем или циљевима управљања, који произилази(е) из намере да се нешто постигне. Циљ или циљеви морају бити прецизно дефинисани, што у пракси понекад прави извесне тешкоће. Доносилац управљачке одлуке, може бити један или више стручњака који у том случају тимски доносе одлуке. Ради елиминисања или минимизирања субјективности доносиоца управљачке одлуке, увек када је то могуће препоручује се тимско доношење одлука [3].
- Алтернативама, као средствима за постизање једног или више циљева, и представљају могућа решења проблема али која се међусобно искључују. Проблем одлучивања постоји захваљујући постојању више начина за постизање циља или циљева, када тога нема, нема ни одлучивања. Формирање скупа алтернативних решења је кључно важан и најкреативнији део задатак у процесу одлучивања. Осим од познавања проблема, стручности, знања, искуства, способности и домишљатости актера у доношењу одлуке, формирање скупа алтернатива зависи и од проблема. Нема општег упутства за генерисање алтернатива, а непосредни акт одлуке је избор једне од алтернатива, у том смислу јасно је да је квалитет одлуке условљен квалитетом могућих алтернативних решења [2,3].
- Условима, као скупу улива који утичу на избор алтернатива, односно на исход одлуке.
- Критеријумом или критеријумима избора.

The assumption of the success rate of management is how the decision making process is structured, picture 1, which encompasses the initial, analytical and final decision stages, with defined:

- Goal or goals of management, which come from the intention to achieve something. Goal or goals must be precisely defined, which can in practice, lead to certain difficulties. The decision maker, can be one or several experts which in such a case, make decisions as a team. In order to eliminate or reduce subjectivity of the decision maker, it is always recommended to reach a decision as a team [3].
- Alternatives, as means of achieving one or multiple goals, also represent possible solutions for problems but are mutually exclusive. The problem of decision making exists due to the existence of multiple alternatives to achieve a goal. When there are no alternatives, there is no need for decision making. Forming a set of alternative solutions is essential and the most creative part of the task in decision making. Aside from knowing what the problem is, expertise, knowledge, experience, abilities and resourcefulness of the decision makers, the formation of a set of alternatives depends on the problem as well. There is no general guideline for the creation of alternatives, and the immediate act of the decision is choosing one of them, and in this sense it is clear that the quality of the decision is determined by the quality of the possible alternative solutions [2,3].
- Condition which as a set influence the choice of alternatives i.e. the outcome of the decision.
- Criterion or criteria of choice. If the outcome of a decision depends on one criterion it is called uni-criteria, whereas in practice more common are the cases where the outcome of the decision depends on several factors in which case the problem is a multi-criteria problem.

Beside the quality of the suggested alternatives, the quality of the decision is influenced by the choice of criteria and the definition of criteria values for each of the alternatives. When solving practical problems in mining, numerous and different criteria are present out of which some are mutually exclusive - in conflict. The criteria formation can be quantitative (number values i.e. profit, expenses, rentability, production output, consumption...) or qualitative (verbal values i.e. good, bad, the best, weak, high, low, warm, cold, rational...) Criteria choice and criteria value definitions of the alternatives depends on the problem at hand, which is a very delicate and demanding engineering task, with an immediate influence on the final out-

Ако исход одлуке зависити од једног критеријума каже се да је проблем једнокритеријумски, у пракси су чешћи случајеви да исход одлуке зависи од више показатеља, тада се каже да је проблем вишекритеријумски.

Осим од квалитета предложених алтернатива, на квалитет одлуке утиче избор критеријума и дефинисање критеријумских вредности за сваку од алтернатива. У решавању практичних проблема у рударству, фигуришу бројни и различити критеријуми од којих су неки међусобно супротстављени – конфликтни. Формулација критеријума може бити квантитативна (бројчане вредности, нпр. профит, трошкови, рентабилност, обим производње, потрошња, ...) или квалитативна (вербалне вредности, нпр. добро, лоше, најбоље, слабо, високо, ниско, топло, хладно, рационално, ...). Избор критеријума и дефинисање критеријумских вредности алтернатива зависи од конкретног проблема, то је веома осетљив и захтеван инжењерски задатак, са непосредним утицајем на коначан исход одлуке [2,3]. Осетљивост и захтевност задатака избора критеријума и критеријумских вредности по алтернативама, присутна је због неизбежности фактора субјективности, манифестованог преко одговорности и преференције доносиоца одлуке, према критеријумима, њиховим вредностима, према ризицима и сл.

Методе за избор алтернативе (доношење управљачких одлуке), конституисане су на квалитативним или квантитативним принципима. Квалитативне методе су базиране на анимацији експерта или експерата, а квантитативне користе математичко-моделске алате за избор (најбоље, најефикасније, рационалне, оптималне итд.) једне између расположивих алтернатива.

Закључак

Управљању у мултиваријабилним рудничким условима може се прићи на различите начине, у принципу они се међусобно не искључују. У миљеу могућих приступа, избор је компликованији него што се чини. Један разлог је што нема опште применљивог модела управљања и сагласности око начина избора метода и приступа управљања, а други је што нема сигурности да ће исте или сличне методе и приступи дати исте резултате у различитим условима. Добра дијагноза управљачког проблема не гарантује само по себи ефикасан рецепт за његово решење, али без дијагностиковања нема ни наде да ће проблем бити адекватно решен. Зато је за добро разумевање проблема управљања у конкретним рудничким условима

come of the decision [2,3]. The sensitivity and requirements of the tasks when choosing criteria and criteria values for alternatives, is present because of the unavoidable factors of subjectivity, manifested through the responsibility and preference of the decision maker, towards the criteria, their values, risks etc.

The methods for choosing an alternative (making a management decision), are based on qualitative and quantitative principles. Qualitative methods are based on the animation of experts, and quantitative use mathematical-model tools for making a choice (best, most efficient, rational, optimal etc.) of one of the alternatives available.

Conclusion

Management in the multi-variable mining conditions can be approached in many ways, which in principle are not mutually exclusive. In the milieu of possible approaches, the choice is more complicated than it seems. One reason is that there is no generally applicable management model and consensus on the matter of choosing a the method and management approach, and the other is that there is no guarantee that the same or similar methods in the approach will give the same results in different conditions. A good diagnosis of the management problem is not its own guarantee for an efficient recipe for its solution, but without it there is no hope that the problem will be properly solved. This is why it is necessary to thoroughly review the system and its surroundings, to study the relevant factors and to use different methods of observation.

References

1. Hudej M., Multivariable models of management in mining, doctoral disertation, University of Belgrade, Mining-geology faculty of Belgrade, 2013, pg. 143. (In Serbian)
2. Hudej, M., Vujić, S., Radosavljević, M., A Selection of the MainShaft Location by a Multi-Model Analysis, Journal of Mining Science, Springer, Vol. 49, № 6, 2013, pp. 127-132.
3. Vujić, M. Hudej, I. Miljanović, Results of the Promethee Method Application in Selecting the Technological System at the Majdan III Open mine pit, Archives of Mining Sciences, Polish Academy of Siences, Vol. 58, Issue 4, 2013, pp. 1229-1240.
4. Vujić, S., Boševski, S., Miljanović, I., Hudej, M., Petrovski, A., Milutinović, A., Risk Assessment in Consumables Supplies Management in Mines, 35th Symposium on application of Computers and Operations Research in the Mineral industry, University

неопходно добро сагледати систем и окружење, проучити релевантне утицајне чиниоце и при-
бећи према могућностима различитим методама
опсервације.

Литература

1. Худеј, М., Мултиваријабилни модели управљања у рударству, докторска дисертација, Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет Београд, 2013, 143 стр.
2. Hudej, M., Vujić, S., Radosavljević, M., A Selection of the Main Shaft Location by a Multi-Model Analysis, Journal of Mining Science, Springer, Vol. 49, № 6, 2013, pp. 127-132.
3. Vujić, M. Hudej, I. Miljanović, Results of the Promethee Method Application in Selecting the Technological System at the Majdan III Open Pit Mine, Archives of Mining Sciences, Polish Academy of Sciences, Vol. 58, Issue 4, 2013, pp. 1229-1240.
4. Vujić, S., Boševski, S., Miljanović, I., Hudej, M., Petrovski, A., Milutinović, A., Risk Assessment in Consumables Supplies Management in Mines, 35th Symposium on application of Computers and Operations Research in the Mineral industry, University of Wollongong, Australia, XXXV APCOM, Proceedings, 2011, pp. 571-579.
5. Vujić, S., Miljanović, I., Kuzmanović, M., Bartulović, Z., Gajić, G., Lazić, P., The Deterministic Fuzzy Linear Approach in Planning the Production of Mine System with Several Open Pits, Archives of Mining Sciences, Polish Academy of Sciences, Vol. 56, Issue 3, 2011, pp. 489-497.

of Wollongong, Australia, XXXV APCOM, Proceedings, 2011, pp. 571-579.

5. Vujić, S., Miljanović, I., Kuzmanović, M., Bartulović, Z., Gajić, G., Lazić, P., The Deterministic Fuzzy Linear Approach in Planning the Production of Mine System with Several Open Pits, Archives of Mining Sciences, Polish Academy of Sciences, Vol. 56, Issue 3, 2011, pp. 489-497.

Received: May 2013.

Accepted: August 2014.

Примљен: мај 2013.

Прихваћен: август 2014.

ИЗБОР РЕКУЛТИВАЦИОНОГ РЕШЕЊА ПОВРШИНСКОГ КОПА БОГУТОВО СЕЛО УГЉЕВИК ВИШЕАТРИБУТНОМ АНАЛИЗОМ SELECTING THE LAND RECLAMATION TYPE AT THE BOGUTOVO SELO UGLJEVIK THROUGH A MULTI-ATTRIBUTE ANALYSIS

Бојан Димитријевић, Игор Миљановић

Bojan Dimitrijević, Igor Miljanović

Рударско-геолошки факултет,
 bojan.dimitrijevic@rgf.bg.ac.rs

Faculty of Mining and Geology,
 bojan.dimitrijevic@rgf.bg.ac.rs

Сажетак: У овом раду приказан је проблем реализације постексплоатационих предела, насталих након површинске експлоатације лежишта угља на површинском копу Богутово Село код Угљевика у Републици Српској. Законом о рударству дефинисана је реализација техничке и биолошке рекултивација и уређење простора, у функцији заштите животне средине, као и рејенерације, ревитализација и уређење нарушених површина на површинским коповима и одлагалиштима. Главни задатак приликом пројектовања односи се на избор рекултивационе варијанте као коначног решења и уређења њезажног предела нарушених површина. За решавање ових проблема примењена је вишеатрибутна анализа методом PROMETHEE и даје аналитички и прегледни табеларни приказ резултата овог модела.

Кључне речи: Постексплоатациони предел, рекултивационо решење, вишеатрибутна анализа, површински коп Богутово Село

Abstract: This paper presents the problem of realization of post exploitation areas, created after the exploitation of the coal deposit at the open pit Bogutovo Selo near Ugljevik in Republika Srpska. The realization of technical and biological reclamation and landscaping, for the purpose of environment preservation, as well as regeneration, revitalization and sanitation of compromised surfaces at open pits and deposits has been defined through the Mining bill. The main task during planning is to choose a reclamation variant as a final solution and landscaping of the compromised areas. In order to solve these problems, a multi attribute analysis was implemented using the PROMETHEE method and an analytical and tabular overview of the results of this model is displayed.

Key words: post exploitation area, reclamation solution, multi attribute analysis, open pit Bogutovo selo

Увод

Ширење површинске експлоатације минералних сировина а нарочито енергетских ресурса фосилних горива, чини површинске копове угља просторно доминантним објектима великих рударских басена како у нас тако и у свету. Експлоатациона активност, прати негативне еколошке утицаје на животну средину шире околине, што нас обавезује на интегрално планирање, ревитализацију, рекултивацију и уређење нарушеног простора за његово поновно хумано коришћење у постексплоатационом периоду. Постексплоатационо санирање и уређење предела површинских копова и одлагалишта односно нарушеног простора изазваног рударским радовима и пратећих објеката, представља синтетички мултидисциплинарно-интердисциплинаран веома

Introduction

The expansion of surface exploitation of minerals, energy sources of fossil fuels in particular, makes open coal pits spatially dominant objects of big mining basins in our country as well as in the world. The exploitation activities negatively impacts the environment in a wide area, which obligates us to conduct integral planning, revitalization, reclamation and landscaping of a compromised area for its subsequent humane use in the post exploitation period. The post exploitation sanitation and landscaping of open pits and deposits i.e. compromised areas created through mining operations and subsequent facilities, presents a synthetically multi disciplinary - inter disciplinary complex multi phased engineering project assignment.

комплексан вишефазни инжењерски пројектни задатак.

Досадашња рекултивациона пракса у свету, показала је могућност стварања нових пољопривредних, шумских, акваторних, ливадских и других обновљених просторе чему треба тежити и у нас. Рекултивација има мултидисциплинарни и интердисциплинарни карактер јер представља синтезу рударско-технолошких, инжењерско-геолошких (геотехничких и хидрогеолошких), хидротехничких и биоинжењерских (агрономских и шумарских мелиоративних поступака), као и других техничких мера које се предузимају у циљу трансформације техногено нарушеног земљишта у стање погодно за пољопривреду, шумарство, рибарство, рекреацију, туризам, и простор за грађевинарство различите намене, парковске и пејзажно амбијенталне целине. Природњачки посматрано, рекултивацијом се поспешује обнављање старих и оживљавање нових биљних и животињских врста, формирање стабилних еко-заједница у циљу еколошке равнотеже човекове околине и одрживог развоја природних обновљивих и необновљивих ресурса. У том смислу предео рекултивисаних површина уклапа се у постојећи еко систем или се пак у целини или делимично мења његова намена за новим потребама.

Површински коп Богutowo село

Површински коп Богutowo село у својој завршној косини, простире се на површини од око 3,5 km², при чему површина простора Северног ревира износи око 2,3 km², а површина Јужног ревира око 1,2 km².

Површински коп Богutowo Село - Угљевик је подељен на Северни и Јужни ревир. Максимална дужина Северног ревира у правцу исток-запад износи 2,4 km док је максимална дужина Јужног ревира у истом правцу 1,7 km. Максимална ширина површинског копа у правцу север-југ износи око 2 km, ширине Северног ревира од 1,05 km а Јужног ревира 0,95 km.

Динамика извођења рударских радова по годинама рада дефинисана је на основу прорачунатих количина откривке и угља по реверима са задатим годишњим капацитетом на производњи угља ради поузданог снабдевања термоелектране. Производња угља која је обезбеђивана из Северног ревира површинског копа, по пројекту је требало да буде завршена 2009. године, када је отпочела експлоатација угља у Јужном ревиру.

The reclamation practice in the world has demonstrated so far the possibility of creating new agricultural, forest, aquatic, plane and other renewed areas to which we should strive as well. Reclamation has multi disciplinary and inter disciplinary characteristics because it represents a synthesis of mining-geological, engineering-geological (geotechnical and hydro geological), hydro technical and bioengineering (agronomical and forest melioration actions), as well as other technical measures which are taken for the purpose of transformation of the compromised land into a state suitable for agriculture, forestry, fishing, recreation, tourism, area for facilities of various purposes, parks and landscape ambiance as a whole. From a naturalistic perspective, reclamation enables a renewal of the old and new plant and animal life, formation of stable eco-communities for the purpose of ecological balance of the environment and a sustainable development of naturally renewable and un-renewable resources. In that sense, the area of reclaimed surfaces either fits into the existing ecosystem or its purpose is altered wholly or partially in service of other necessities.

Open pit Bogutowo село

The open pit Bogutowo Selo spreads across the surface of around 3,5 km² at its end slope, while the surface of North mining district is around 2,3 km² and the South mining district's surface area is around 1,2 km².

The open pit Bogutowo Selo - Ugljevik is divided into the North and the South mining district. Maximum length of the North district in direction east-west is 2,4 km while the length of the South district in the same direction is 1,7 km. The maximum width of the open pit in the north-south direction is around 2 km, the North district being 1,05 km and the South district being 0,95 km wide.

The dynamics of mining by years is defined based on the calculated quantities of waste rock and coal in the mining districts with a target annual capacity for coal production in order to properly supply the thermal power plant. According to the project, coal production from the North mining district was supposed to be completed in 2009. when the coal exploitation in the South mining district began. Digging of waste rock in the South district began in 2004. with a capacity of 1.100.00 m³ per annum which in the fifth year of exploitation would reach 5.950.000 m³ per annum. Mining operations secured the required amounts of coal, by first supplying it

Радови на откопавању откривке у Јужном ревиру отпочели су 2004. године, са капацитетом од 1.100.000 m³/годишње да би у петој години експлоатације тај капацитет постигао 5.950.000 m³/годишње. Рударским радовима обезбеђивана је сигурна производња потребних количина угља, тако што се прво обезбеђивала само из Северног ревира, затим истовремено из Северног и Јужног ревира а на крају само из Јужног ревира.

Површине нарушене експлоатацијом угља на простору површинског копа Богutowo Село обухватају површине ревира у којима је вршено откопавање откривке, угља и слојне и међуслојне јаловине, као и површине спољашњих одлагалишта и индустријским кругом. Укупна површина земљишта захваћена утицајима рударских радова по пројектном решењу износи 815,7 ha, а од тога по реверима и одлагалиштима, табела 1.

Табела 1, ПК Богutowo Село, површине захваћене рударским радовима

	Површина	Површина (m ²)
1.	Северни ревер	2.311.000
2.	Ревер Стара Јама	140.000
3.	Јужни ревер	1.059.000
4.	Ревер Јаблани	322.000
5.	Западно одлагалиште	3.737.000
6.	Северно одлагалиште	588.000
	Σ	8.157.000

Како до сад није дефинисана будућа намена овог простора, део поменутих површина које су представљене спољашњим одлагалиштима су намењене за рекултивацију. Простор површинског копа у целини, односно појединих ревира, и у будућности ће бити у функцији експлоатације угља угљевичког угљеног басена, као простор резервисан за смештај откривке и јаловине са будућих површинских копова, као и пепела и шљаке из термоелектране. На овај начин може се реализовати основни стратешки циљ у области ревитализације и рекултивације простора и заштите животне средине: смањење неповољних утицаја експлоатације и прераде лигнита на стање пољопривредног земљишта, шума, вода, ваздуха, живог света и других природних и социо-економских услова живљења, упоредо са предузимањем ефикасних мера за постепено остваривање сталног и приметног побољшавања еколошких, економских и амбијентално-пејзажних обележја целог подручја.”[5]

only from the North mining district, then from both the North and the South mining districts, and in the end only from the South mining district.

Surfaces which were compromised through coal exploitation at the open pit Bogutowo Selo encompass areas of the districts in which waste rock digging, coal mining and layered and interstitial waste, as well as the areas of outer depositories and the factory grounds. The total area impacted through mining is 815,7 ha according to the project, and divided into mining districts and depositories, table 1.

Table 1, OP Bogutowo Selo, areas encompassed by mining operations

	Area	Area (m ²)
1.	North mining district	2.311.000
2.	Mining district Stara Jama	140.000
3.	South mining district	1.059.000
4.	Jablani mining district	322.000
5.	Western depository	3.737.000
6.	Northern depository	588.000
	Σ	8.157.000

As the future purpose of this area is not defined, a part of the areas mentioned which are presented as outer depositories are intended for reclamation. The area of the open pit in its entirety i.e. individual districts will still be used as areas reserved for depositing waste rock and waste from future open pits, as well as for the deposition of ash and bottom ash from the thermal power plant. In this manner the main strategic goal of revitalization and reclamation and environment preservation can be realized: decrease of undesirable influences from lignite exploitation and processing on agricultural lands, forests, waters, air, flora and fauna and other natural and socio-economical living conditions, and at the same time implementing efficient measures for gradual realization of a permanent and noticeable improvement of ecological, economical and ambience-landscape features of the entire area. “[5]

Throughout the designing of the reclamation project for the open pit Bogutowo Selo - Ugljevik, the main engineering task will be to chose the manner and a technical-technological solution for reclamation and landscaping of the post exploitation pit area. The plethora of possible alternatives i.e. solutions, the multitude of their combinations, the number of criteria and their contrasts opens a teamwork question: what is the best solution?

Израдом пројекта рекултивације за површински коп Површински коп Богutowo Село - Угљевик, главни инжењерски задатак опредељуваће избор облика и техничко-технолошког решења рекултивације и уређења простора постексплоатационог простора поља. Бројност могућих алтернативних варијанти или решења, разноликост њихових комбинација, број критеријумских услова и њихова међусобна супростављеност отвара питање тимског карактера: шта је најбоље решење? Оперативни одговор пружа вишеатрибутна или вишекритеријумска анализа.

Код избора модела вишеатрибутне анализе, консултована је класификација са две групе модела:

1. У првој су модели према којима се вишеатрибутни проблеми континуалног математичког облика своде на проблем решив неком од познатих приступа математичког програмирања, и
2. У другој групи су модели према којима се проблеми решавају анализом и рангирањем алтернатива. Претпоставка је да су све алтернативе критеријумски вредноване на исти начин, а поступак вредновања може бити математичко израчунавање, експериментално мерење, хеуристичко вредновање или субјективно оцењивање.

Природа и логика овог проблема, упућује на другу групу модела као што су: ELECTRE, PROMETHEE, AHP, VIKOR и др. међу којима треба тражити приступ за избор облика и начина рекултивације и уређења предела експлоатационог поља површинског копа Богutowo Село - Угљевик. За потребе пројектног решења предлагем модел PROMETHEE. Без улажења у анализу и оцену вишеатрибутних модела, при избору модела превагу има искуство у његовом коришћењу, постигнути досадашњи резултати и уграђеност у PROMETHEE модел шест генерализованих критеријума за исказивање преференција доносиоца одлуке, што ублажава субјективитет доносиоца одлуке. Ово не негира остале методе и не искључује њихову применљивост у решавању овог типа проблема [7].

Вишеатрибутни модел

ПРЕЛИМИНАРНОМ АНАЛИЗОМ УСТАНОВЉЕНО ЈЕ ДА СУ ЗА УСЛОВЕ ПОВРШИНСКОГ КОПА БОГУТОВО СЕЛО - УГЉЕВИК МОГУЋА СЛЕДЕЋА РЕКУЛТИВАЦИОНА РЕШЕЊА: a_1 - шумарство, a_2 - пољопривреда (ратарство и повртарство), a_3 - пољопривреда (воћарство), a_4 -

The operative response is supplied through the multi attribute i.e. multi criteria analysis.

When making the choice for a model of multi attribute analysis, a classification with two groups of models was considered:

1. In the first are models according to which the multi attribute problems of a continual mathematical character are reduced to a problem solvable through one of various approaches of mathematical programming, and
2. The second group which contains models according to which problems are solved through analysis and ranking of alternatives. The assumption is that all of the alternatives are criteria evaluated in the same manner, the process of evaluation being mathematical calculations, experimental measuring, heuristic evaluation or subjective evaluation.

The nature and logic of this problem directs us to the second group of models such as: ELECTRE, PROMETHEE, AHP, VIKOR etc. amongst which an approach for choosing the manner of reclamation and landscaping of the exploitation area of the open pit Bogutowo Selo - Ugljevik. For the purposes of a design solution I would suggest the PROMETHEE model. Without getting into the analysis and evaluation of multi attribute models, the advantage it has above other models is the experience in its use, the accomplished results so far and integration of six generalized criterions into the PROMETHEE model to display the preferences of the decision maker, which reduces the subjectivity of the choice maker. This does not negate the other methods and does not exclude their applicability in solving these types of problems [7].

The Multi attribute model

Through preliminary analysis it has been determined that the following reclamation solutions for the open pit Bogutowo Selo - Ugljevik are possible: a_1 - forestry, a_2 - agriculture (farming and olericulture), a_3 - agriculture (pomiculture), a_4 - forestry and agriculture with the combination a_1/a_2 , a_3 , a_4 , a_5 - aquatic complex (water areas for sports and recreation) + fishing with the combination a_1-a_5 , a_6 - industrial construction area, a_7 - temporary deposits (ash, bottom ash, waste, etc.) with the combination $a_1 - a_9$, a_8 - farming-animal husbandry complex combined with tourist and park landscaping with the combination a_3 , a_4 , a_5 , a_9 - expansion of natural reservations

шумарство и пољопривреда комбинације a_1/a_2 , a_3 , a_4 , a_5 - акваторијални комплекс (водене површине за спорт и рекреацију) + рибарство у комбинацији a_1-a_5 , a_6 - зона за индустријску градњу a_7 - привремена одлагалишта (пепела, шљаке, јаловине и др.) у комбинацији $a_1 - a_9$, a_8 - сточарско-фармерски комплекс у комбинацији са туристичким и парковским уређењем и у комбинацији са a_3 , a_4 , a_5 , a_9 - проширење природних резервата и (диорезервата) у комбинацији са већим бројем решења.

and (bioreservations) u combined with a number of solutions.

It is estimated that 12 criterions cover the ecological, technical-technological, economical, aesthetic-landscape, local, social and other aspects of evaluation that are important for choosing the reclamation solution. K_1 - The height of investments per unit of surface, K_2 - Investment period, K_3 - Time required for the investment to pay off, K_4 - Annual expenses

Табела 2, ПК Бођутово Село, иницијална матрица одлучивања.

Table 2, OP Bogutovo Selo, initial decision matrix.

Алтернатива Alternative	Критеријум Criterion											
	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6	K_7	K_8	K_9	K_{10}	K_{11}	K_{12}
a_1	3	9,5	3	3	8	7	5	4,5	8,5	80	8,5	6,5
a_2	10	2,5	6,5	6	8,5	8,5	6,5	6	8	20	8,75	7
a_3	25	6	7,5	5,25	9	9	6	5,5	8,5	70	9	6
a_4	12,67	6	5,6	4,75	8,5	8,25	6,5	5,3	8,25	80	8,75	6,5
a_5	2,5	2,5	1,5	3	4	4	3	3	5	10	4	2
a_6	30	4	3,5	8,5	6,5	9	6	5	5	7	8,5	6
a_7	10	2,5	7,5	4	6,5	5	4	3,5	3	30	5	7
a_8	20	9	2	9	9,5	9,5	7,5	7	9	30	9,5	3
a_9	1	6	3,5	4,0	8	7	5	4	5	25	5	4
Тип критеријума Criterion type	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Тежина Weight	0,7	0,6	0,6	0,8	0,5	0,9	0,3	0,3	0,6	0,1	0,85	0,25
Екстрем Extreme in value	MIN	MAX	MIN	MIN	MAX	MAX	MIN	MIN	MIN	MAX	MAX	MAX

Оцењено је да 12 критеријума покрива еколошке, техничко-технолошке, економске, естетско-пејзажне, локалне, социјалне и друге аспекте вредновања важне за избор решења рекултивације. K_1 - Висина инвестиционих улагања по јединици површине, K_2 - Инвестициони период – време инвестирања, K_3 - Време повраћаја уложених средстава, K_4 - Годишњи трошкови континуираног одржавања по јединици површине, K_5 - Уклопљивост рекултивационог решења у амбијенталну целину, K_6 - Локалне потребе (интерес локалне заједнице), K_7 - Технолошка сложеност извођења рекултивационих радова, K_8 - Организациона захтевност (сложеност) извођења радова, K_9 - Време пост рекултивационог континуираног одржавања, K_{10} - Процентуални удео рекултивационе форме (варијанте) у укупном рекултивационом захвату, K_{11} - Социјални и економски значај рекултивације за локалну заједницу, K_{12} - Корелациони однос просторне и временске динамике рекултивационих радова. На основу овако по-

of continued maintenance pre surface unit, K_5 - Integration of the reclamation solution into the ambient, K_6 - Local requirements (community interests), K_7 - Technological complexity of reclamation operations, K_8 - Organization requirements (complexity) of reclamation, K_9 - The period of post reclamation continued maintenance, K_{10} - The percent share of the reclamation form (variant) in the total reclamation procedure, K_{11} - Social and economical significance of the reclamation for the local community, K_{12} - Correlation between the spatial and temporal dynamics of reclamation. Based on these criteria the initial matrix model for multi attribute problem analysis has been determined using the PROMETHEE method.

Analysis results

Based on the multi criteria analysis using the PROMETHEE method table 2 is presented, which gives

стављених услова детерминисан је иницијални матрични модел за вишеатрибутну анализу проблема методом PROMETHEE.

Резултати анализе

На основу виšekритеријумске анализе методом PROMETHEE добијена је Табела 2, која даје вредности индекса преференција појединих пројектних рекултивационих решења као могућих алтернативних варијанти уређења пострекултивационих предела на површинском копу и одлагалишним просторима на примеру Богutowo Село

the index values of preferences for certain project reclamation solutions as possible alternatives of landscaping of the post reclamation areas at the open pit and the depository areas in the Bogutovo Selo coal basin example. Through ranking the optimal solution for the given areas was found: 1. a_1 - Forestry, 2. a_9 - Expansion of natural reservations (biodiversity), 3. a_8 - Animal husbandry-farming complex, 4. a_4 - Forestry and agriculture combined, 5. a_3 - Agriculture (pomiculture), 6. a_5 - Aquatic complex (water areas and fishing), 7. a_2 - Agriculture (farming and olericulture), 8. a_7 - Temporary deposits (ash, slack, slurry and communal waste), 9. a_6 - Industrial construction site.

Табела 3, ПК Богutowo Село, исходна матрица PROMETHEE анализе.

Table 3, OP Bogutovo Selo, outcome matrix of the PROMETHEE analysis.

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9	T^+	T^-	Ранг Rank
a_1	0,0000	0,5231	0,5615	0,5077	0,4923	0,6385	0,7769	0,5615	0,4923	0,5692	0,2212	1
a_2	0,4769	0,0000	0,3308	0,3769	0,4000	0,4923	0,4385	0,4538	0,3846	0,4192	-0,0885	7
a_3	0,3462	0,6692	0,0000	0,3923	0,4923	0,5462	0,4538	0,3615	0,4000	0,4577	-0,0106	5
a_4	0,4385	0,3692	0,5154	0,0000	0,4923	0,5846	0,5462	0,4692	0,4000	0,4769	0,0154	4
a_5	0,3846	0,5077	0,5077	0,5077	0,0000	0,4308	0,4154	0,5077	0,3077	0,4462	-0,0462	6
a_6	0,2308	0,5077	0,2308	0,4154	0,4769	0,0000	0,4538	0,3462	0,3077	0,3712	-0,1692	9
a_7	0,2231	0,3231	0,4538	0,4538	0,4923	0,4692	0,0000	0,4538	0,2385	0,3885	-0,1269	8
a_8	0,4385	0,5462	0,6385	0,5308	0,4923	0,6538	0,5308	0,0000	0,5462	0,5471	0,0962	3
a_9	0,2462	0,6154	0,5077	0,5077	0,6000	0,5077	0,5077	0,4538	0,0000	0,4933	0,1087	2
T^-	0,3481	0,5077	0,4683	0,4615	0,4923	0,5404	0,5154	0,4510	0,3846			

угљевичког басена угља. Рангирањем је добијено најбоље - оптимално решење за дате пределе и оно представља: a_1 - Пошумљавање, 2. a_9 - Проширење природних резервата (биодиверзитет), 3. a_8 - Сточарско-фармерски комплекс, 4. a_4 - Шумарство и пољопривреда у комбинацији, 5. a_3 - Пољопривреда (воћарство) 6. a_5 - Акваторијални комплекс (водене површине и рибарство), 7. a_2 - Пољопривреда (ратарство и повртарство), 8. a_7 - Привремена одлагалишта (пепела, шљаке, јаловине и комуналног отпада), 9. a_6 - Зона за индустријску градњу.

Закључак

Избор уређења и техничко-технолошког рекултивационог решења нарушених постексплоатационих површина, представља вишефазни и мултидисциплинарни пројектни задатак, од чијег исхода зависе биолошко-еколошки, друштвено-економски, естетски, андрагошко-хуманистички и други аспекти са дугорочним ефектима

Conclusion

The choice of landscaping and technical-technological reclamation solution of compromised post exploitation areas, presents a multi phased and multi disciplinary project assignment, out of who's outcome the biological-ecological, socio-economical, aesthetic, andragogy-humane and other aspects with long-term impacts on nature and man depend. The approach this paper presents, can be an inspiration in the solution of this and similar cases, and thusly transcends the importance for just one open coal pit. The experience so far shows that the PROMETHEE method is effective in the analytical approach of a similar type, while choosing and determining the variant of a reclamation solution in analogous multi criteria i.e. multi attribute problems of optimization in the mining area and beyond.

In this example, obviously the main factor that contributed to the choice of forestry was the lowest cost, and a relatively high foresting area, among

на природу и човека. Приказани приступ у овом раду, може бити инспирација за решавање предметног и сличних случајева, па с тога превазилази значај једног површинског копа угља. Досадашње искуство указује да је метода PROMETHEE делотворна у аналитичким приступима сличног типа, при избору и одлучивању варијанте рекултивационог решења код аналогних виšekритеријумских односно вишеатрибутних проблема оптимизације у области рударства и шире.

Очигледно је на овом примеру, пресудан утицај на избор пошумљавања имала апсолутно најнижа цена, и релативно висока могућа површина заузимања шумом, поред осталих повољних критеријуми који су утицали на доношење овакве одлуке. Затим следе проширења природних резервата и (биорезервата), сточарско-фармерски комплекс у комбинацији са туристичким и парковским уређењем, комбинација шумарства и пољопривреде, акваторијални комплекс у виду водених површина за спорт и рекреацију и/или рибарство, ратарство и повртарство, привремена одлагалишта пепела, шљаке, јаловине и друго, и на крају могућност изградње зоне за индустријску градњу. У сваком случају за један брдовит и заталасан крајолик какав је угљевички, ови резултати се уклапају у постојећи еко систем и представљају могући рекултивациони избор у погледу биодиверзитетског, пејзажног, антропогеног и друштвеног наслеђа и традиције.

Литература

1. Brans, J.P., Mareschal, B., PROMETHEE methods, Figueira J., Greco S., Ehrgott M., eds Multiple decision criteria state of the art surveys, Springer, 2005, pp. 163-196.
2. Димитријевић Б., Оптимизација управљања процесима рекултивације површинских копова угља, докторска дисертација, Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет, Београд, 2014.
3. Димитријевић Б., Избор рекултивационог решења површинског копа Тамнава Западно поље вишеатрибутом анализом, 6. Међународна конференција УГАЉ 2013, Златибор, 2013, стр. 37-42,
4. Dimitrijević, B., Vujić, S., Matić, I., Marijanac, S., Nikolić, J., Čolaković, V., Multiattribute model support in selecting the land reclamation at the open pit mine Klenovnik of the coal basin Kostolac, Journal of Mining Science, Springer, Vol. 50, No 2, 2014, pp. 319-325
5. Павловић В., главни пројектант са сарадницима, Технички пројекат откривке и угља на површинском копу Богutowo село - Угљевик за период од 2004. до 2008, Универзитет у Београду Рударско-геолошки факултет, Београд, 2004.

other favorable criteria that influenced the making of this decision. This is followed by expansion of natural reservations and (bio reservations), animal husbandry-farming complex combined with tourist and park landscaping, a combination of forestry and agriculture, aquatic complex envisioned as water bodies for the purpose of sports and recreation and/or fishing, farming and olericulture, temporary ash, slack and slurry deposits, and finally industrial construction areas. In any case, for such a mountainous and undulating territory such as Ugljevik, these results fit into the existing ecosystem and present a possible reclamation choice viewed as a bio diverse, landscaped, anthropogenic and cultural heritage and tradition.

References

1. Brans, J.P., Mareschal, B., PROMETHEE methods, Figueira J., Greco S., Ehrgott M., eds Multiple decision criteria state of the art surveys, Springer, 2005, pp. 163-196.
2. Dimitrijević, B., Optimization of reclamation processes management for open coal pits, doctoral dissertation, University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology, Belgrade, 2014. (in Serbian).
3. Dimitrijević, B., The choice of reclamation solution of the open pit Tamnava Zapadno polje through multi attribute analysis, 6. International conference UGALJ 2013., Zlatibor, 2013., pp. 37-42 (in Serbian).
4. Dimitrijević, B., Vujić, S., Matić, I., Marijanac, S., Nikolić, J., Čolaković, V., Multiattribute model support in selecting the land reclamation at the open pit mine Klenovnik of the coal basin Kostolac, Journal of Mining Science, Springer, Vol. 50, No 2, 2014, pp. 319-325 (in Serbian).
5. Pavlović, V., chief designer et al, Technical project of overburden and coal at the open pit Bogtovo Selo Ugljevik for the period from 2004. to 2008, University of Belgrade, Mining-geological faculty, Belgrade, 2004 (in Serbian).
6. Vujić, S., et al, Selective digging and depositing of overburden for the purpose of reclamation of open coal pits, Electric industry of Serbia, University of Belgrade, Mining-geological faculty and the Academy of engineering sciences SCG, 2006, 232 p.
7. Vujić, S, Cvejić J., Miljanović I., Dražić D., Designing land reclamation and spatial arrangement at the open pit mines, University of Belgrade, Faculty of Mining and geology and Academy of Engineering Sciences of Serbia, Belgrade, 2009, 366 p.
8. Vujić, S., Cvejić, J., Miljanović, I., Petrovski, A., Project solution for land reclamation and spatial arrangement of the Srebro Open Pit Mine at the Fruška Gora National Park, The Journal of the Southern African, Institute of Mining and Metallurgy, Volume 111, 2011, pp. 365-370.

6. Вујић С. и др., Селективно откопавање и одлагање откритке у функцији рекултивације површинских копова угља, Електропривреда Србије, Универзитет у Београду Рударско-геолошки факултет и Академија инжењерских наука СЦГ, 2006, 232 стр.
7. Вујић С., Цвејић Ј., Миљановић И., Дражић Д., Пројектовање рекултивације и уређење предела површинских копова, Универзитет у Београду Рударско-геолошки факултет и Академија инжењерских наука Србије, Београд, 366 стр.
8. Vujić, S., Cvejić, J., Miljanović, I., Petrovski, A., Project Solution for Land Reclamation and Spatial Arrangement of the Srebro Open Pit Mine at the Fruška Gora National Park, The Journal of the Southern African, Institute of Mining and Metallurgy, Volume 111, 2011, pp. 365-370.
9. Vujić, S., Hudej, M., Miljanović I., Results of the Promethee Method Application in Selecting the Technological System at the Majdan III Open Pit Mine, Archives of Mining Sciences, Vol. 58, No 4, 2013, pp. 1229-1240
10. Вујић С., Димитријевић Б., Николић Ј., Милошевић Д., Макар Н., Маријанац С., Избор рекултационог решења површинског копа Кленовник вишеатрибутом анализом: Моделски приступ код избора, XL SYM-OP-IS, Универзитет у Београду, Факултет организационих наука, Београд-Златибор, 2013, стр. 745-747.
9. Vujić, S., Hudej, M., Miljanović I., Results of the PROMETHEE Method application in selecting the technological system at the Majdan III Open Pit Mine, Archives of Mining Sciences, Vol. 58, No 4, 2013, pp. 1229-1240
10. Vujić, S., Dimitrijević, B., Nikolić, J., Milošević, D., Makar, N., Marjanac, S., Selecting the land reclamation type at the Klenovnik open pit mine by multi attribute analysis: Model approach, XL SYM-OP-IS, University of Belgrade, Faculty of Organizational Sciences, Belgrade-Zlatibor, 2013, pp. 745-747.

Received: December 2012.

Accepted: March 2014.

Примљен: децембар 2012.

Прихваћен: март 2014.

КОСТОЛАЧКИ БАСЕН ПРИМЕР МОГУЋЕГ ПРИСТУПА ОДРЖИВЕ ПОВРШИНСКЕ ЕКСПЛОАТАЦИЈЕ УГЉА BASIN OF KOSTOLAC, AN EXAMPLE OF A POSSIBLE APPROACH IN SUSTAINABLE SURFACE COAL MINING

Милинко Радосављевић, Ненад Макал,
 Симеун Маријанац, Владан Чановић

Milinko Radosavljević, Nenad Makar,
 Simeun Marijanac, Vladan Čanović

Рударски институт
 direktor@ribeograd.ac.rs

Mining Institute
 direktor@ribeograd.ac.rs

Сажељак: За површинску експлоатацију угља, данас доминирајући облик експлоатације ове сировине, присујно је мишљење у јавности да деградира предео. Са стручног аспекта нема дилеме у том погледу, али нема ни дилеме да је остварљива успешна санација начињених „озледа“ на површинама терена, са могућим унапређењем животне средине и предела. У раду се наведе пример који то потврђује, а Костолачки угљени басен са пројектом Кленовник узима се као показни пример доброг планирања одрживе површинске експлоатације угља.

Кључне речи: површинска експлоатација угља, одрживост, Костолац, Кленовник.

Abstract: Surface mining of coal, today the dominant form of mining of this ore, is thought by the general public to be degrading for the mining areas. From an expert perspective that is not even a question, however there is also no question that successful rehabilitation of the “damage” done to the surface areas, with possible improvements of the environment is also possible. This paper provides examples which confirm this claim, with the coal basin of Kostolac with the Klenovnik project being taken as an example of good planning of sustainable coal mining. Key words: Open pit, end slope, contour of the mining field, borderline procedure, Mutalj, cement factory of Beočin.

Key words: open pit coal mining, sustainability, Kostolac, Klenovnik.

Увод

Пројектовање рекултивације на рудницима, као извршни креативан инжењерски задатак, конкретним решењима треба да отклони или у највећој могућој мери ублажи последице настале извођењем рударских радова. Сагласно Закону о рударству у поступку прибављања одобрења за експлоатацију минералне(их) сировине(а) и одобрења за извођење рударских радова у лежишту, потребан је пројекат рекултивације на који је дата сагласност министарства надлежног за послове заштите животне средине. Сагласно овоме, пројектовање рекултивације није само сагледавање пост експлоатационог стања и детерминисање решења отклањања или ублажавања последица, већ је планирање правовременог спровођења мера баланса између рударских радова, заштите, неге и уређења предела експлоатационог поља [1]. Овако постављен циљ, није могуће остварити само решењима у пројекту рекултивације. Без обзира колико су она стручно

Introduction

Designing of reclamation of mines, as an executive creative engineering task, is meant to remove i.e. mitigate the consequences of mining operations in the broadest possible way. In accord with the mining laws about the procedure of gaining permission for mineral ores mining and the permission for mining at a basin, a reclamation project approved by the department designated for environment preservation is necessary. In accordance with this, reclamation designing does not consist only of the overview of the post mining conditions and determining the solution for removal or mitigation of mining consequences, but also planning of a timed implementation of measures of balance between mining operations, preservation, care and landscaping of the mining field area [1]. A goal set like this, is not possible to achieve only through solutions of the reclamation project. Regardless of how expertly they are planned, it is necessary that the solutions of

добро осмишљена, неопходно је да решења у техничким пројектима главног рударског пројекта, која се односе на отварање лежишта, откопавање, утовар, транспорт, одлагање, односно депоновање маса (јаловине и корисне минералне сировине), и заштиту рудника од вода, буду хармонизована са концепцијом и решењима пројекта рекултивације. Дакле, проблем рекултивације и заштите животне средине у рударству, није статичан проблем коначног стања, већ активног трајања у току и након експлоатационог века рудника који може трајати више десетина година и у току којег се могу десити промене услова и утицајних чинилаца (тржишних, привредних, политичких, законских, нормативних, урбанистичких, социјалних, еколошких, ...) [1]. У том смислу пројектовање рекултивације на рудницима, представља осетљив, сложен и захтеван инжењерски задатак, који у простору и времену, треба да предвиди утицаје, сагледа могућа догађања и последице, и пружи конкретна рационална решења, усаглашених економских и техничко-технолошких циљева са захтевима заштите и очувања животне средине [2].

Обележја површинске експлоатације угља

Површинска експлоатација угља, данас доминирајући облик експлоатације ове сировине, носи печат „прљаве” производње. Овај облик експлоатације чврстих минералних сировина ствара извесне проблеме еколошке природе, али је и чињеница да се површинској експлоатацији чврстих минералних сировина приписује много више негативног него што она стварно то чини [1]. Основни разлог негативног мишљења јавности лежи у визуелном утиску који површински копови стварају, разарањем стенске масе, заузимањем и деградирањем пољопривредног земљишта, уништавањем пошумљених површина итд. При овоме се заборавља, не зна или једноставно не увиђа чињеница, да је то привремено стање простора у коме се изводе рударски радови, и да се мерама техничке и биолошке рекултивације деградирани простори могу успешно рекултивисати и уредити [2].

Као аргумент овом ставу наводимо пример површинског копа лигнита Фортуна (Fortuna) у Немачкој где су експлоатациони радови завршени 1993. године. Припремни радови за отварање површинског копа лигнита Фортуна Гарсдорф (Fortuna Garsdorf) почели су 1953. године, површински коп је отворен 1955. године [1]. Током експлоатационог века, на површинском копу Фортуна Гарсдорф откопано је око 2.090 милиона метара кубних откривке и 1.030 милиона тона угља. Нај-

the technical projects of the main mining project, which have to do with the opening of the pit, mining, loading, transport, deposition i.e. deposition of masses (waste and ore), waterproofing the mines, be harmonized with the concept and reclamation project solutions. Therefore, the problem of reclamation and environment preservation in mining, is not a static problem, but a variable one which goes on throughout and after the mining period which can last for several decades and during which conditions can change as well as other impactful conditions (market, industrial, political, legal, normative, urban, social, ecological etc.) [1]. In this sense reclamation designing for mines, presents a sensitive, complex and demanding engineering task, which has to foresee influences, consider events and consequences, and provide concrete rational solutions, with harmonized economical and technical-technological goals along with the goal of environment preservation [2].

Open coal pit mining characteristics

Open coal pit mining, today a prevalent form of mining of this ore, bears a stigma of a “dirty” form of industry. This form of mining of mineral ores creates certain problems which are ecological in nature, but the fact remains that the open pit mining is attributed with far more negative influences than it actually has [1]. The main reason for a negative opinion in the public is the visual impression that open pit mining creates, by destroying of rocks, overtaking and degradation of agricultural areas, deforestation etc. However, people seem to forget, do not know, or simply neglect the fact that these are temporary conditions of an area where mining is done, and that through measures of technical and biological reclamation, these areas can be successfully reclaimed, and landscaped [2].

As an argument for this stance, the example of the open lignite pit Fortuna in Germany where mining ceased in 1993. is pointed out. The preparation operations for the opening of the open lignite pit Fortuna Garsdorf began in 1953. with the open pit being opened in 1955.[1]. During the mining period, at the open pit Fortuna Garsdorf around 2.090 million cubic meters of waste was dug, and around 1.030 million tons of coal. The greatest depth of the open pit was 360 m. The greatest coal production of 48 million tons was achieved in 1979. The last tons of coal were produced on 13th of May 1993. The mining operations encompassed 2.220 ha. Out of that 1.730 ha was reclaimed into agricultural surfaces (figure 2.5), 420 ha into forests and swamps,

већа дубина површинског копа износила је 360 m. Највећи годишња производња од 48 милиона тона угља остварена је 1979. године. Последње тоне угља на копу су произведене 13. маја 1993. године. Рударским радовима укупно је захваћено 2.220 ha. Од тога је рекултивисано 1.730 ha у пољопривредне површине (слика 2.5.), 420 ha шуме и мочваре, а око 30 ha се налази под саобраћајницама. До краја 1993. године, око 50 % захваћених површина је већ било рекултивисано [1]. Данас се на месту на коме су се изводили рударски радови налазе фарме, а у зони завршних радова површинског копа, формирано је 1997. године језеро површине 20 ha, које са околним површинама заузима око 90 ha и има највећу дубину 25 m. Површина под шумама данас је двоструко већа него пре отпочињања рударских радова. Рекултивација на простору површинских копова Бергхајм и Гарсдорф завршена је 2005.

Са стручног аспекта, нема дилеме да се површинском експлоатацијом угља деградирају површине земљишта, и нема дилеме да је остварљива успешна санација начињених „озледа“ на површинама терена, са могућим унапређењем животне средине [1]. Утицаји рударских радова на ближу и ширу околину површинских копова могу се манифестовати: заузимањем пољопривредног и шумског земљишта, променама морфологије терена, стварањем стерилних земљишних површина (одлагалишта, јаловишта), иницијализацијом ерозионих процеса, измештањем водотокова, микроклиматским променама, хидрогеолошким променама-снижавањем нивоа и променама режима струјања подземних вода услед дренажног утицаја депресија копова и дејства система за одводњавање у току извођења експлоатационих радова, могуће су појаве померања тла, прекид ланца исхране и друге промене биоценозе, миграција популација, измештање насеља, индустријских објеката, културних, историјских споменика и других објеката [1].

Специфични конфликти су са археолошким налазиштима, споменицима културе и заштићеним подручјима као што су национални паркови. Стара кинеска пословица „Никада се не зна зашто је нешто добро“, у извесним конфликтним ситуацијама овога типа има своје тумачење [1]. Да није површинске експлоатације, данас бисмо били ускраћени за значајна археолошка налазишта, као што је нпр. или праисторијско насеље старо 5000 година пре нове ере на локалитету површинског копа Тамнава Западно поље у РБ Колубара или антички град и војни логор Виминацијум, главни град римске провинције Горња Мезија, на локалитету површинског копа угља Дрмно у Костолцу [1].

and around 30 ha is now beneath roadways. By the end of 1993, around 50% of encompassed surfaces were already reclaimed [1]. In the place where mining was performed, today there are farms, and in the zone of end operations of the open pit, a lake was formed in 1997 with a surface of 20 ha, which along with surrounding areas takes around 90 ha with the greatest depth being 25 m. The forest area today is twice the size it was before mining began. The reclamation at the open pit area Berghaim and Garsdorf was completed in 2005.

From an expert perspective that is not even a question, however there is also no question that successful rehabilitation of the “damage” done to the surface areas, with possible improvements of the environment is also possible [1]. The impact of mining operations on narrow and wider area of open pits can be manifested as: overtaking of agricultural land and forests, changes to the land morphology, creating sterile land surfaces (depositories, waste), initializing of erosion processes, relocation of water flow, micro climate alterations, hydro-geological changes - lowering of the level and changing the course of underground waters because of the drainage influence of pit depressions and the influence of the drainage systems during mining, soil shifts are possible, breaking of the food chain and other changes in biocenosis, population migration, settlement, industrial, cultural, historical monuments and other object relocation [1].

Special conflicts are with archeological sites, cultural monuments and protected areas such as national parks. The ancient Chinese proverb “You never know why it is a good thing” can be applied in some of these conflict situations [1]. Were it not for open pit mining, today we would not know of many archeological sites, such as the ancient historical settlement dating back to 5000 B.C. at the location of the open pit Tamnava Zapadno Polje in Mining Basin Kolubara, or the ancient city and military encampment Viminacium, capital of the Roman province of Upper Moesia, at the location of the open coal pit Drmno in Kostolac [1].

Reclamation and landscaping of the OPM Klenovnik

The Mining institute of Belgrade has engineered the Main mining project for permanent cessation of operations at the open pit Klenovnik. As part of the project a reclamation and landscaping solution for the degraded area of the mining field 2.7 million m² in surface [3].

Рекултивација и уређење предела ПК Кленовник

Рударски институт из Београда урадио је Главни рударски пројекат за трајну обуставу радова на површинском копу Кленовник. У склопу пројекта дато је решење рекултивације и уређења деградираниог предела експлоатационог поља површине 2,7 милиона m^2 [3].



Слика 1, Косџолачки басен, постојећи и планирани објекти:

- 1 - Пристаниште на Дунаву,
- 2 - Град Косџолац, 3 - Музеј рударства,
- 4 - Просџор некадашњег ПК Кленовник,
- 5 - Термоелектране,
- 6 - Археолошки парк Виминацијум,
- 7 - ПК Дрмно, 8 - Село Дрмно.

Figure 1, Basin of Kostolac, existing and planned objects:

- 1 - Port at the Danube, 2 - City of Kostolac,
- 3 - Museum of mining, 4 - Area of the former OP Klenovnik,
- 5 - Thermal plants,
- 6 - Archeological park Viminacium,
- 7 - OP Drmno, 8 - Village of Drmno.

Према пројекту планиране намене површина су у међусобној функционалној вези и уклопљене су у амбијент Косџолачког угљеног басена, слика 1, при томе водећи рачуна о природним и туристичким потенцијалима, културним и историјским садржајима и потребама локалне заједнице [4]. Северни део експлоатационог поља предвиђен је за шумљавање и препуштање природној сукцесији, у централном делу предвиђено је формирање ликовне колоније, музеја рударства, спортско-рекреативног комплекса и центра за образовање са смештајним комплексом [3,4]. На јужним површинама деградираниог простора планирано је формирање пољопривредних површина, шумљавање и формирање шумских заштитних појасева, слика 2.

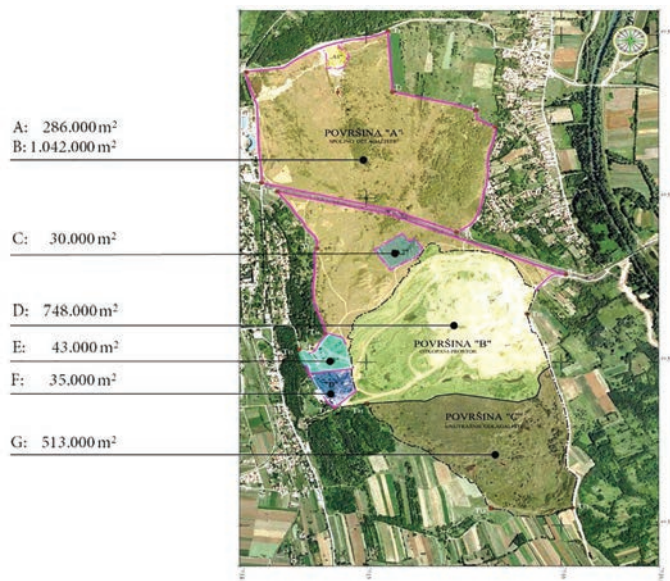
Музеј рударства по организацији и садржају експоната био би јединствен на просторима Балкана, слика 3. Зграда музеја која би се добила реконструкцијом и мањом доградњом постојећег рудничког објекта служила би као изложбени простор за мале експонате, за графичко и виртуелно представљање рударства Косџолаца са салом опремљеном за презентације, предавања и сличне активности. На отвореном простору у парковском амбијенту предвиђена је стална поставка оригиналне опреме и машина које су коришћене

seum, sports-recreational complex and an education centre with living facilities [3,4].

On the south areas of the degraded surface, formation of agricultural areas, forestry and the formation of forest protective layer is planned, figure 2.

The mining museum would be unique in the Balkans because of its organization and content, figure 3. The museum building which would be made through reconstruction and extensions of the existing mining object would serve as an exhibiting area for small items, with a graphic and virtual presentation of mining in Kostolac with a hall equipped for presentations, lectures and similar activities. In the open area in a park ambiance, original equipment and machines used in mining in Kostolac is planned to be placed. A special item of the museum will be an underground dig with a display of underground coal mining [4].

The sports and recreation complex was designed as a combined structure of green parks and sports facilities such as football fields, tennis fields, basketball fields, volleyball fields, bowling alleys, rugby, bicycle tracks, running and walking tracks etc. [4]. The goal of this complex is to provide the possibilities for rec-



Слика 2, План намене површина:

A - Спонтани процеси, B - Пошумљено, C - Ликовна колонија, D - Спорт и рекреација, E - Музеј рударства, F - Образовни и смештајни простор, G - Пољопривреда и шумарство.

Figure 2, Area repurposing plan:

A - Spontaneous processes, B - Forests, C - Arts colony, D - Sports and recreation, E - Mining museum, F - Educational and living facilities, G - Agriculture and Forestry.

у Костољцу. Посебну занимљивост музеја представљаће поткоп са приказом подземне експлоатације угља [4]. Спортско рекреативни комплекс пројектован је као комбинована структура зелених парковских садржаја и спортских објеката као што су терени за фудбал, тенис, кошарку, рукомет, одбојку, боћање, рагби, бицикличке стазе, стазе за трчање и ходања и слично [4]. Циљ је да садржаји овог комплекса обезбеде могућности за рекреацију, боравак у природи, али и услове за припреме врхунских спортиста.

Планиране су две целине образовног и смештајног комплекса, једна треба да пружи услове за одржавање наставе током вишедневног борава ученика, а други за њихов комфоран смештај. Комплекс је укомпонован у парковски амбијент. У уметничкој колонији предвиђена је изградња галерије, атељеа, апартмана, кафеа, радионице и плато за јавне садржаје. Објекти су тако постављени да дају северну оријентацију осветљења и поглед на Дунав. Пољопривредне парцеле и шумске секције на јужном делу уклопљене су у структуру околног предела. Заравњене површине намењене су пољопривреди, на падинама је предвиђено формирање воћњака, а на преосталим површинама предвиђено је пошумљавање и садња жбунастих врста [4].

У циљу функционалне интеграције свих садржаја на простору Костољачког угљеног басена предложена је изградње ускоколосечне пруге која би повезала Дунав и Костолац са садржајима Кленовника и археолошког парка Виминацијум, слика 1. Вожња туристичким возом између ових локација била би за посетиоце занимљива.

reation, staying in nature, as well as conditions for training of professional athletes.

Two units of the educational and living complex are planned, one is supposed to provide conditions for teaching and several day long stay of students, and the other is for their comfortable lodging. The complex is integrated into a park ambience.

For the art colony, construction of a gallery, studio, apartments, cafes, workshops and public content plateaus is planned. The facilities are oriented towards the north lighting conditions and have a view of the Danube.

The agricultural parcels and forest sections at the south area are integrated into the structure of the surroundings. The flattened areas are intended for agriculture, the slopes are intended for orchards, and the remaining surfaces are intended for forestry bush planting [4].

For the purpose of better integration of all contents at the area of the Kostolac coal basin, construction of a narrow railway line which would connect the Danube and Kostolac with the contents of Klenovnik and the archeological park Viminacium has been proposed, Figure 1. The ride on a tourist train between these locations would be interesting for visitors.

Conclusion

This approach, with integrated restoration of natural functions of a degraded area, functional connection of the contents of the Kostolac coal Basin and the establishment of new economic functions of signif-



Слика 3, Музеј рударства, план уређења и компјутерска анимација изгледа музеја.

Figure 3, Mining museum, landscaping and a computer animation of the appearance of the museum.

Закључак

Представљени приступ у коме је интегрисано враћање природних функција деградираном простору, функционално повезивање садржаја Костолачког угљеног басена и успостављање нових економских функција од значаја за локалну и ширу заједницу, примерен је савременим погледима не само рекултивације, ревитализације и уређења индустријски деградираних предела већ и чување индустријске историјске баштине.

Литература

1. Вујић, С., Цвејић, Ј., Миљановић, И., Дражић, Д., Пројектовање рекултивације и уређења предела на површинским коповима, Универзитет у Београду Рударско-геолошки факултет и Академија инжењерских наука Србије, 2009, 366 стр.
2. Вујић, С., Цвејић, Ј., Ратковић-Вујић М., Рекултивација и ревитализација простора површинских копова Мајдан I и II у Кањижи – пејзажно, архитектонско и урбанистичко решење, Комсеко '98, Кањижа, 1998, стр. 227-232.
3. Dimitrijević, B., Vujić, S., Matić, I., Marijanac, S., Nikolić, J., Čolaković V., Multiattribute Model Support in Selecting the Land Reclamation at the Open Pit Mine Klenovnik of the Coal Basin Kostolac, Journal of Mining Science, Springer, Vol. 50, №2, 2014, pp. 136-143.
4. Макар, Н., руководилац пројекта, Главни рударски пројекат за трајну обуставу радова на површинском копу Кленовник, Рударски институт Београд, 2013.

icance to the local and wider community, is appropriate for the modern age of not only reclamation, revitalization and landscaping of the industrially degraded areas but also, protection of the history of industry.

References

1. Vujić S., Cvejić J., Miljanović I., Dražić D., Reclamation designing and landscaping of open pits, Mining and geology institute, University of Belgrade and the Academy of engineering sciences of Serbia 2009, pg. 366 (In Serbian)
2. Vujić S., Cvejić J., Ratković-Vujić M., Reclamation and revitalization of the open pit areas of Majdan I and II in Kanjiža - landscaping, architectural and zoning solution, Komseko'98, Kanjiža, 1998, pg. 227-232 (In Serbian)
3. Dimitrijević, B., Vujić, S., Matić, I., Marijanac, S., Nikolić, J., Čolaković V., Multiattribute Model Support in Selecting the Land Reclamation at the Open Pit Mine Klenovnik of the Coal Basin Kostolac, Journal of Mining Science, Springer, Vol. 50, №2, 2014, pp. 136-143.
4. Makar N., project manager, Main mining project for permanent cessation of operations at the open pit Klenovnik, Mining institute of Belgrade, 2013. (In Serbian).

Примљен: фебруар 2014.

Прихваћен: јуни 2014.

Received: February 2014.

Accepted: June 2014.

ТРАЈНА ОБУСТАВА ЕКСПЛОАТАЦИЈЕ УГЉА И ПРЕНАМЕНА ПРОСТОРА ПК ЋИРИКОВАЦ PERMANENT CESSATION OF COAL MINING AND REPURPOSING OF THE OPM ĆIRIKOVAC AREA

Драган Милошевић, Жељко Праштало

Dragan Milošević, Željko Praštalo

Рударски институт
 dragan.milosevic@ribeograd.ac.rs

Mining Institute
 dragan.milosevic@ribeograd.ac.rs

Сажетак: Акционим планом заштите животне средине костолачкој региону и одлуком Стручној савјету Електропривреде Србије, одређено је да се њега и шљака из Термоелектране Костолац Б одлаже у откопану депонију површинској коју Ћириковац. Пројектно решење депоније усклађено је са просторним и технолошким ограничењем, физичко-механичким карактеристикама радне средине и другим условима. У раду су приказана обележја депоније, услови стабилности терена и основни технолошки елементи изградње депоније њега и шљаке на ПК Ћириковац.

Кључне речи: Костолац, Ћириковац, површински коју угља, клизиште, потпорни бегем.

Abstract: Through the action plan of environment preservation of the kostolac region and the decision of the Expert council of the Electric industry of Serbia, it was determined that the ash and bottom ash from the thermal plan Kostolac B should be deposited into the dug up area of the open pit of Ćirakovac. The project solution for the depository has been coordinated with the spatial and technological limitations, physical-mechanical characteristics of the work environment and other conditions. This paper presents the characteristics of the area, field stability conditions and the basic technological elements of the ash and bottom ash depository construction at the OP Ćirakovac.

Key words: Kostolac, Ćirakovac, coal open pit mine, landslide, support enbankment.

Увод

Са обустављањем експлоатације угља 2009. године на површинском копу Ћириковац, Привредно друштво (ПД) Термоелектране и копови (ТЕ-КО) Костолац, у поступку трајне обуставе рударских радова почињу активности на припреми депресије копа за одлагање пепела и шљаке из Термоелектране (ТЕ) Костолац Б. С тим у вези пројектантски задатак био је детерминација граница простора депоније, северне косине до коте +92 m и реконструкција постојећег система прикупљања, транспорта и одлагања пепела и шљаке из термоелектране ради минимизације негативних утицаја депоније на окружење (воду, земљиште и ваздух).

Introduction

With the cessation of coal mining in 2009, at the open pit Ćirakovac, Business association (BA) Thermal power plant and open pits (TPP-OPM) Kostolac, in the process of permanent cessation of mining operations, the preparations on the depression of the pit begin in order to deposit ash and bottom ash from the thermal power plant (TPP) Kostolac B. With this in mind, the project task was to determine the boundaries of the depository, North Slope to the altitude +92 m and the reconstruction of the existing gathering, transport and bottom and top ash depositing systems from the thermal plant in order to minimize the negative impact of the depository on the surrounding area (water, land and air).

Основна обележја стања ПК Ћириковац

По престанку експлоатације угља на ПК Ћириковац, почетком априла 2009. године, настављени су

Basic characteristics of the conditions at OP Ćirakovac

Upon cessation of mining of coal at the OP Ćirakovac,

раније започети радовима на припреми и уређењу простора деоресије копа за одлагање пепела и шљаке. Крајем априла запажене су појаве пукотина на северној косини, а 1. маја 2009. године дошло је до померања тла, слика 1.



Слика 1, ПК Ћириковац, лево-косина пре обуставе експлоатације уља, 8. април 2009, десно- површина терена изнад највише етаже на косини, 01. мај 2009.

Figure 1, OP Ćirikovac, left-slope before coal mining ceased, 8. April 2009, right- surface of the terrain of the highest floor at the slope, 1. May 2009.

У оваквој ситуацији приоритет у пројектовању депоније, односно изградњи касете за одлагање густе хидромешавине из термоелектране, дат је санацији клизишта као предуслову за изградњу објеката депоније. Истовремено у фокусу пажње било је санирање највише етаже по ободу копа у близини манастира Рукумија, ублажавање углова косина у појасевима који су могли генерисати наставак клизања (пре свега) у зони постављања фолије за изоловање депоније пепела и шљаке.

Концепција уређења простора и извођења радова

Да би се утврдио механизам, границе и обим клизања на северној косини ПК Ћириковац, изведена су истраживања која су обухватила гедетско снимање, истражно бушење са уградњом пијезометара и инклинометара, картирање језгра, и лабораторијска геомеханичка испитивања на узетим узорцима. Након добијених резултата, анализом је установљено да се клизање одвијало дуж 4 клизне површи од којих је најнижа на дубини већој од 100 m, слика 2, детерминисане су масе, обим санационих земаљаних радова, технологија и динамика извођења радова.

Према овом решењу у низу активности приоритетна је уређење северне косине, које обухвата секвенцијално формирање етажа од највише ка најнижој, од запада према североистоку. Конструкција завршне контуре депресије повр-

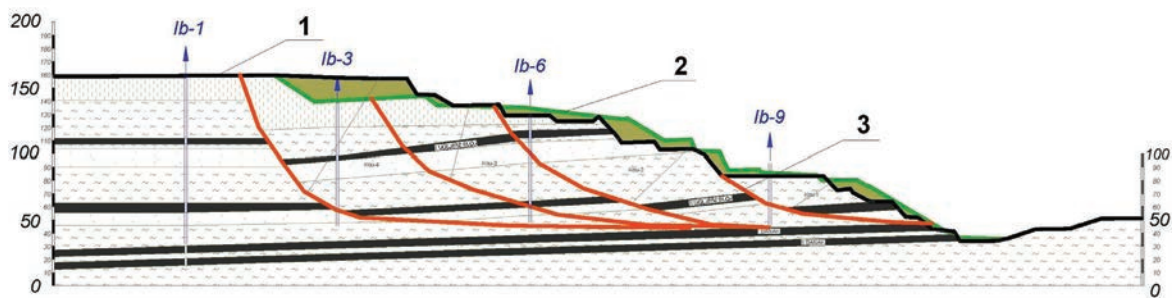
at the beginning of April 2009., efforts on preparation and landscaping of the depression area of the dig site for depositing top and bottom ash have been continued. By the end of April, cracks at the north slope were spotted, and by May 1st 2009. a landslide occurred, Figure 1.

In a situation such as this, the priority in depository design i.e. the construction of a cassette for deposition of a thick hydro-mixture from the thermal plant, is landslide sanitation as a prerequisite for the construction of the depository facilities. At the same time the focus of attention was the sanitation of the highest floor at the ridge of the dig site near the Rukumija monastery, smoothing of the slope angles in the areas which could have generated other landslides (most importantly) in the zone for placement of the foil for insulation of top and bottom ash.

Concept of area landscaping and construction

In order to determine the mechanism, limits and the extent of the landslide at the north slope of OP Ćirikovac, research which included geodetic recording, exploratory drilling with installation of monitoring wells and inclinometers, mapping of the core, and lab geo-mechanical tests on samples was conducted. After the results were obtained, analysis showed that the landslide went along 4 slide surfaces out of which the lowest was at a depth greater than 100 m, Figure 2, masses, the extent of sanitation operations, the technology and the operation dynamic were determined.

According to this solution, the priority is to repair the north slope, which includes floor creation in sequence from the highest to the lowest, from west to northeast. The construction of the final contour of the depression of the open pit is adjusted to the



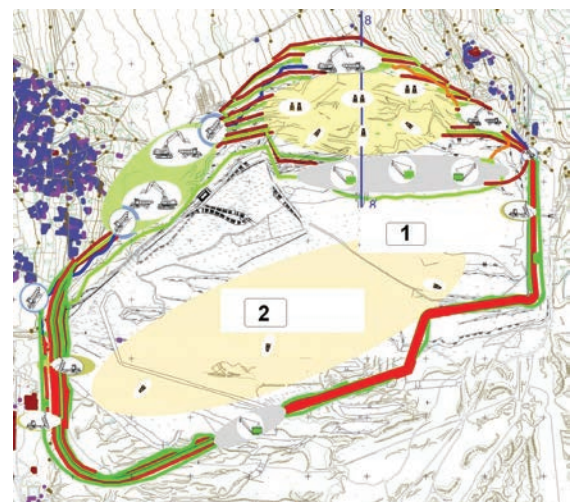
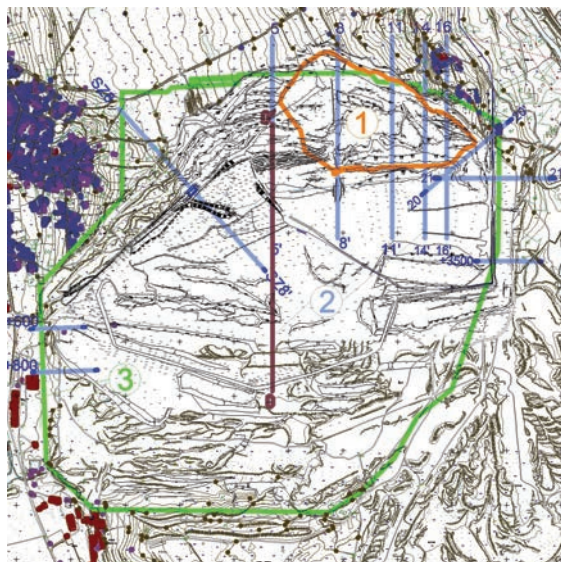
Слика 2, ПК Ћириковац, профил северне косине 8-8'
Тумач: 1 – Стање пре појаве клизишта; 2 – После појаве клизишта; 3 – Клизне површи.
Figure 2, OP Ćirikovac, profile of the north slope 8-8'
Legend: 1-Condition before the landslide; 2 - After the landslide; 3-Landslide surfaces.

шинског копа прилагођена је стању на терену, а верификација изведена геостатичком анализом стабилности косина. Профилске линије за геостатичку анализу стабилности постављене су, тако да обухвате тело клизишта, зону манастира Рукумија, Брдарачко гробље, радове на косинама ван клизишта и ветрозаштитни појас. На ситуационом плану на слици 3 приказане су позиције профилских линија на којима су извршене геостатичке провере из којих су проистекли следећи закључци:

- Део северне косине захваћен клизиштем мора се осигурати потпорним насипом на коти +72 m, косина изнад насипа може имати угао 11°;
- Угао на делу северне косине који није наста-

field conditions, while verification was conducted through a geostatic analysis of slope stability. The profile lines for the geostatic analysis were placed so that they would encompass the landslide body, monastery Rukumija area, Brdarачко cemetery, operations on slopes outside of the landslide and the wind protection belt. In the situation plan in Figure 3, positions of the profile lines at which geostatic checks were made and from which the following conclusions were drawn:

- Part of the north slope affected by the landslide must be secured with a support embankment at the altitude +72 m, the slope above it can be at an angle of 11°;
- The angle at the part of the north slope which is stable can be 14°, and the angle of the slope of



Слика 3, ПК Ћириковац ситуациони план, лево - позиције профилских линија на којима је изведена геостатичка провера, десно - распоред ископавања, утовара, транспорта и одлагања маса.

Picture 3, OP Ćirikovac situation plan, left - positions of the profile lines at which the geostatic check was conducted, right - order of digging, loading, transport and masses deposition.

билан може бити 14°, а угао косине унутрашњег одлагалишта 5°;

- Пре почетка изградње ветрозаштитног бедема, извести пробну деоницу да би се проверили параметри чврстоће уграђеног материјала;
- Косине треба да се заштите од подземних и површинских вода.

На карактеристичан профил 8-8' северне косине, на слици 4 приказано је пројектно решење. За извођење потпорног насипа у подножју северне косине предложено је рационално решење према коме се користе суфицитне масе приликом уређења-обликовања косине. У погледу откопавања, транспорта и уградње земљаног материјала у потпорни насип булдозерима и багерима дреглајнима, решење је рационално и једноставно за извођење.

Према пројекту предвиђено је да се радови на санацији и уређењу простора ПК Ћириковац, северне и северозападне косине, и изградње ветрозаштитног појаса, изведу булдозерима и багерима дреглајнима у две фазе:

- У првој фази уређује се простор западно од линије профила 8-8', гради касета 2 и започињу радови на изградњи других објеката.
- Друга фаза предвиђа уређење простора источно од профилске линије 8-8' и формирање касете 1.

the internal depository can be 5°;

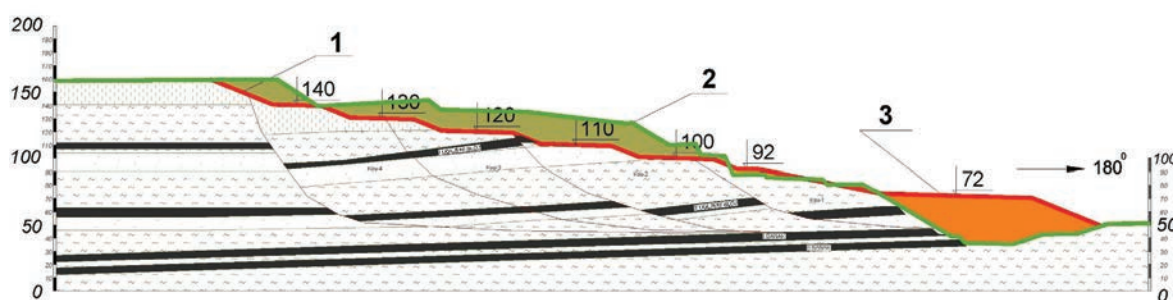
- Before the beginning of the construction of the wind protection belt, a test section should be constructed in order to test the solidity parameters of the installed materials;
- The slopes should be protected from underground and surface waters.

On the characteristic profile 8-8' of the north slope, Figure 4, displays the design solution. For the construction of the support embankment in the foothill of the north slope, a rational solution was suggested according to which the excess masses would be used during the landscaping-shaping of the slope. In terms of digging, transport and installation of the ground materials into the support embankment with bulldozers and dragline dredges, the solution is rational and simple to implement.

According to the project, the work on sanitation and landscaping of the area of the OP Ćirikovac, north and northwest slope, and construction of the wind protection belt, should be done using bulldozers and dragline dredges in two stages:

- In the first stage the area west of the profile line 8-8' is landscaped, cassette 2 is built and construction on other facilities begins.
- In the second stage the area east of the profile line 8-8' is landscaped and cassette 1 is formed.

The operations are different at a certain point. Digging and pushing of materials down the hillside of



Слика 4, ПК Ћириковац, профил 8-8', санационо решење
Тумач: 1 - Пројектовано стање; 2 - После појаве клизишта; 3 - Потпорни насип.

Figure 4, OP Ćirikovac profile 8-8', sanitation solution
Legend: 1 - Projected condition; 2 - After the landslide; 3 - Support embankment.

Извођење радова је технолошки у извесној мери се диферентно. Откопавање и гурање материјала низ падину северне косине, изводи се булдозерима до зоне захвата багера дреглајна, којима се затим пребацује у потпорни насип, слика 5. Нивелисање и примарно збијање насутаг мате-

the north slope is done using bulldozers up to the zone of dragline dredges, which then transport the materials into the support embankment, Figure 5. Leveling and primary compression of the poured materials is done with bulldozers, and then additionally compressed with rollers.

ријала обавља се булдозерима, и затим додатно збија ваљцима.

По уређењу северне косине, радови се настављају на уређењу северозападне косине хидрауличним багером и камионима. Део маса са северне и северозападне косине, одлагаће се по траси пројектованог ветрозаштитног појаса. Ветрозаштитни појас на источном делу изградиће се од маса са североисточног обода. Маса са унутрашњег одлагалишта биће нивелисањем само прегруписане како би се формирала косина пројектованог нагиба 5° .

Према пројектном решењу, да би се постигла стабилности косина треба формирати етаже накотама +72, +92, +100, +110, +120, +130 и +140 m. Фронт радова код формирања етажних равни, пројектован је од истока према западу, са падом 3% према југу. На тако припремљеним нивелетама биће изграђивани објекти одводњавања.

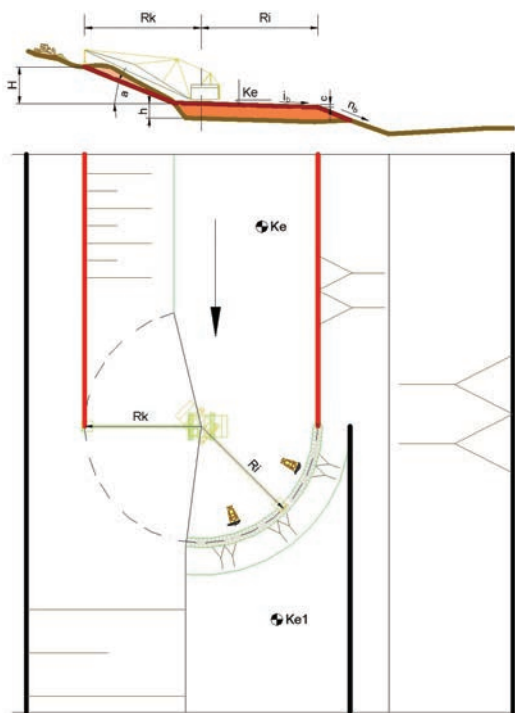
Уређењем јужне косине, тј. унутрашњег одлагалишта ПК Ћириковац стварају се услови за заштитен полагање фолије и формирање касета за одлагање пепела и шљаке са најнижом нивелетом +40 m и највишом +92 m као пројектованом граничном котом одлагања пепела и шљаке.

Upon the landscaping of the north slope work continues on the landscaping of the northwest slope with a hydraulic dredge and trucks. A part of the masses from the north and northwest slope, will be deposited along the route of the projected wind protection belt. Masses from the internal depository will be regrouped through leveling in order to form a slope of 5° .

According to the project solution, in order to achieve stability of the slopes, floors at altitudes of +72, +92, +100, +110, +120, +130, and +140 m should be formed. The front of the operations of floor formation is projected from east to west, with a drop of 3% towards south. On vertical alignments prepared like this, drainage facilities will be constructed.

By landscaping the south slope i.e. the internal depository of OP Ćirikovac, the conditions for installation of the protective foil and formation of cassettes for top and bottom ash deposition with the lowest altitude of +40 m and the highest of +92 m as well as the projected border height for top and bottom ash deposition are created.

In order to protect the depression of OP Ćirikovac from underground waters, a drainage carpet was built along the foot of the north slope. Along the



Слика 5, ПК Ћириковац, принципна технолошка шема формирања носивог насипа.

Figure 5, OP Ćirikovac, principal technological scheme of the formation of the support embankment.

За заштиту депресије ПК Ћириковац од подземних вода изграђен је дренажни тепих дуж ножи-

south slope drainage canals were installed and integrated into the drainage carpet. Based on the same

це северне косине. По јужној косини изведени су дренажни канали који су уведени у дренажни тепих. По истом принципу предвиђена је градња дренажних канала на северној косини након њене санације. Воде из дренажног тепиха се преко црпне станице одводе у главни водосабирник и из њега потисним цевоводом и затим каналом гравитационо одводе у реку Млаву.

Етажни канали скупљају површинску воду са етажних равни на северној косини и одводе ван контуре копа у збирни ободни канла, а потом у главни водосабирник. За заштиту југозападне и јужне косине предвиђени су ободни канали из којих се вода атмосферског порекла одводи у водосабирник а из њега потисним цевоводом и затим каналом гравитационо у реку Млаву, слика 6. Простор између насипа и ветрозаштитног појаса, од атмосферских вода штити се на сличан начин.

Пројекат предвиђа рекултивацију којом се жели спречити ерозија и побудити педогенетски процес којим ће се формирати нови педолошки слој. Коначан циљ рекултивације је успостављање новог екосистема на деградираном простору ПК Ђириковац. На слици 7 приказан је нивелациони план техничке рекултивације.

Закључак

На око 30 ха северне косине је више клизних површина по којима се одвија померање маса. Анализа и искуство упућује на опрезност, прогноза је да ће клизиште и даље бити активно али споријег померања. Зато је неопходно током извођења радова стално осматрање косина, и према ситуацији адаптивно прилагођавати динамику и технологију извођења радова.

Литература

1. Вујић, С., и др., Математичко моделирање транспорта загађења подземним водама као последица одлагања пепела и шљаке у откопане просторе површинских копова, Универзитет у Београду Рударско-геолошки факултет, 1995, 132 стр.
2. Вујић, С., и др., Селективно откопавање и одлагање откритке у функцији рекултивације површинских копова угља, Електропривреда Србије, Универзитет у Београду Рударско-геолошки факултет, Академија инжењерских наука СЦГ, 2006, 232 стр.
3. Вујић, С., Цвејић, Ј., Миљановић, И., Дражић, Д., Пројктовање рекултивације и уређења предела површинских копова, Универзитет у Београду Ру-

principle, the construction of drainage canals at the north slope is planned after its sanitation. Waters from the drainage canal go through the suction station and into the main water collector from where they are moved via the pressure pipeline and finally gravitationally drained into the Mlava river.

Floor canals collect the surface water from the floor planes on the north slope and drain it outside of the contour of the dig site into the collection ridge canal, and after that into the main water collector. In order to protect the southwest and south slope, ridge canals are planned from which the atmospheric water would be drained into the water collector from which it would be drained through a pressurized pipeline and wind protection belt, gravitationally into the river Mlava, Figure 6. The area between the embankment and the wind protection belt is protected from atmospheric waters in a similar way.

This project predicts reclamation which would prevent erosion and create a pedogenetic process which would form a new pedological layer. The final goal of reclamation is the establishment of a new ecosystem at the degraded area of OP Ćirikovac. Figure 7 displays the leveling plan of technical reclamation.

Conclusion

On about 30 ha of the north slope there are several landslide surfaces along which landslides occur. Analysis and experience point towards caution, the prognosis being that the landslide will remain active but slower in movements. That is why it is necessary to constantly observe the slopes during construction, and according to the situation adjust the dynamics and construction technology.

References

1. Vujić S., and others, Mathematical transport modeling of pollution through underground water as a consequence of top and bottom ash deposition into the dug up areas of open pits, University of Belgrade, Mining and geology faculty, 1995. pg. 232. (In Serbian)
2. Vujić S. and others, Selective mining and waste deposition in function of reclamation of the open coal pits, Electric industry of Serbia, University of Belgrade, Mining and geology faculty, Academy of engineering sciences SCG, 2006, pg. 232. (In Serbian)
3. Vujić S., Cvejić J., Miljanović I., Dražić D., Reclamation designing and landscaping of open pit areas,

- дарско-геолошки факултет, Академија инжењерских наука Србије, 2009, 365 стр.
4. Дражевић, Д, главни и одговорни пројектант, Допунски рударски пројекат трасе цевовода густе хидромешавине и одлагања пепела и шљаке ТЕ Костолац Б у откопани простор ПК Ћириковац - Варијанта југ, Рударски институт Београд, 2011.
 5. Дражевић, Д, главни и одговорни пројектант, Главни рударски пројекат трајне обуставе радова на ПК Ћириковац –Костолац, Рударски институт Београд, 2012.
 6. Макар, Н., главни и одговорни пројектант, Упростићени рударски пројекат санације клизишта на откопном фронту ПК Ћириковац, Рударски институт Београд, 2011.
-
- University of Belgrade, Mining and geology faculty, Academy of engineering sciences of Serbia, 2009. pg. 365. (In Serbian)
4. Dražević D., Chief designer, Additional mining project of the pipeline route for dense hydro-mixture and top and bottom ash deposition for TP Kostolac into the dug up space of OP Ćirikovac - Variant south, Mining institute of Belgrade, 2011. (In Serbian)
 5. Dražević D., Chief designer, Main mining project of permanent cessation of operations in the OP Ćirikovac - Kostolac, Mining institute of Belgrade, 2012. (In Serbian)
 6. Makar N., Chief designer, Simplified sanitation project of the landslide at the digging front OP Ćirikovac, Mining institute of Belgrade 2011. (In Serbian).
-

Примљен: мај 2012.

Прихваћен: септембар 2014.

Received: May 2014.

Accepted: September 2014.

ИНТЕРАКЦИЈА КОНСТРУКЦИЈЕ ЗАВРШНЕ КОСИНЕ И КОНТУРЕ ЕКСПЛОАТАЦИОНОГ ЗАХВАТА НА ПОВРШИНСКОМ КОПУ МУТАЉ INTERACTION OF THE END SLOPE AND CONTOUR CONSTRUCTION AT THE EXPLOITATION SITE AT THE OPEN PIT MINE MUTALJ

Бранка Јовановић

Branka Jovanović

Рударски институт,
 povrsinska@ribeograd.ac.rs

Mining Institute,
 povrsinska@ribeograd.ac.rs

Сажетак: У пројектовању површинских копова дефинисање граничног захвата је у принципу задатак условљен бројним чиниоцима, као што су: геомеханичке карактеристике радне средине, хидролошки и хидрогеолошки услови, садржај корисне компоненте, дебелина слоја минералне сировине, коефицијент откопне, експерни фактори, концесионо право итд. На примеру површинског копа кречњака Муталј који послује у систему Беоцинске фабрике цемента, у раду је представљен проблем интеракције геомеханике завршне косине, контуре експлоатационог поља и утицајних чинилаца.

Кључне речи: површински коп, завршна косина, контура експлоатационог поља, гранични захват, Муталј, беоцинска фабрика цемента.

Abstract: In the designing process of open pits defining of the borderline web is mainly a task conditioned by numerous factors like: geo-mechanical characteristics of the work environment, hydrological and hydro-geological conditions, contents of the useful component, the thickness of the ore layer, overburden coefficient, external factors, concession rights etc. In the example of the open pit Mutalj which operates as part of the Cement factory of Beočin, this paper presents the problem of interaction of the end slope geometry, the contour of the exploitation area and influential factors.

Key words: open pit, end slope, contour of the exploitation field, borderline procedure, Mutalj, cement factory of Beočin.

Увод

На површинском копу Муталј експлоатише се кречњак за производњу цемента у Беоцинској фабрици цемента. Коп је на јужним падинама Фрушке горе, око 19 km од индустријских погона фабрике цемента у Беочину.

Кречњак и пратећи седименти, глина, лапорци и пешчари, откопавају се хидрауличним багерима и транспортују камионима, корисна сировина у фабрику у Беочину, а јаловина се одлаже у депресији површинског копа Бели Камен где су обустављени експлоатациони радови. Лежиште кречњака Муталј истражено је бушењем на површини око 100 ha. Геолошку средину граде језерски седименти, састављени од глина са сочивима шљунковито-глиновитих пешчара и морски седименти које чине кречњаци, лес и песковито-шљунковите глине. Кречњаци су променљиве дебелине од 6 m у североисточном делу до 136 m у јужном и југоисточ-

Introduction

At the open pit Mutalj limestone is being exploited for cement production at the Cement factory of Beočin. The pit is located on the southern slopes of Fruška Gora, about 19 km away from the industrial facilities of the cement factory of Beočin.

The limestone and trace sediments, clay, marlstone and sandstones, are being mined with hydraulic dredges and transported by trucks, useful ores into the factory at Beočin, and waste is being deposited into the depression of the open pit Beli Kamen where exploitation has ceased. The Mutalj limestone basin was explored by drilling at a surface of around 100 ha. The geological area consists of lake sediments, made out of clays with lenses of gravel-clay sandstones and out of sea sediments that consist of limestone, loess and sand-gravel clays. The limestone is of variable depth ranging from 6 m in the north-east to 136 m in the south and south-east part of the basin, of aver-



Слика 1. Површински кој кречњака Муџаљ.

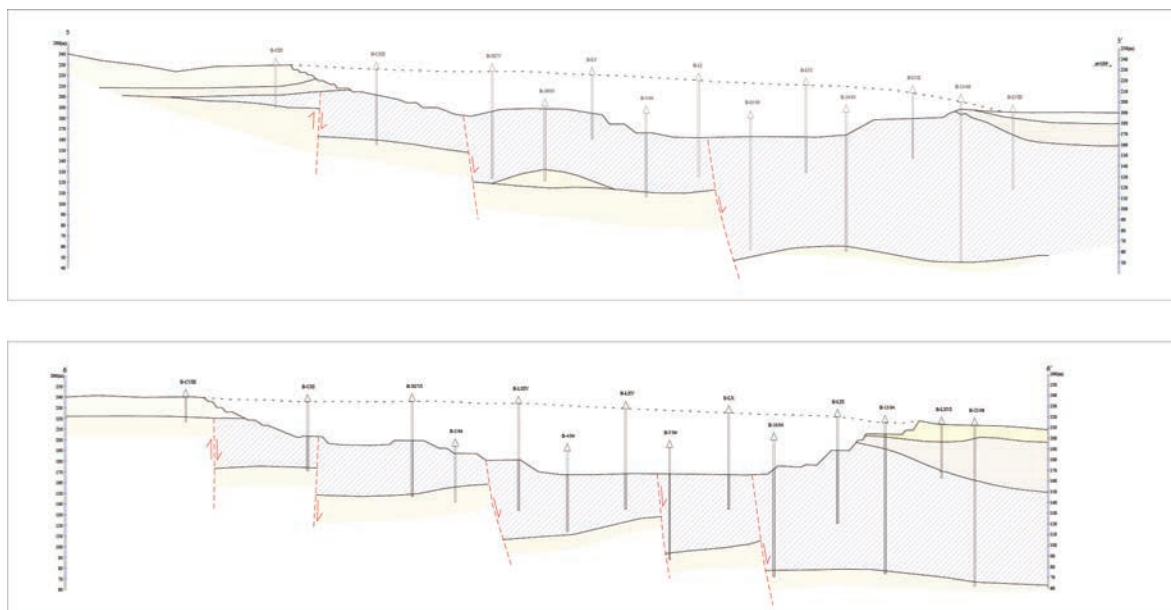
Figure 1. Open limestone pit Mutalj.

ном делу лежишта, просечне су дебљине око 53 m. Кречњак залеже ка југу и југозападу под углом од 16-29°. Просечна дебљина откривке је 23,5 m, максимална је 65 m у источном делу лежишта.

У тектонском погледу карактеристично је да постоје два система тектонских раседа, 4 раседа правца северозапад-југоисток и 3 раседа правца југозапад-североисток, који каскадно раздвајају

age thickness of about 53 m. The limestone stretches from south and south-west at an angle of 16-29°. The average waste thickness is around 23,5 m, with its maximum being 65 m in the eastern part of the basin.

In tectonic sense it is a characteristic that there are two systems of tectonic rifts, 4 rifts in the direction northeast-southeast and 3 rifts in the direction



Слика 2. Лежиште кречњака Муџаљ, карактеристичан геолошки профили [2].

Figure 2. Limestone basin of Mutalj, geological profiles [2].

Табела 1. Лежишће кречњака Мутаљ, физичко-механички параметри лежишта [3].

Table 1. Limestone basin of Mutalj, physical-mechanical parameters of the basin [3].

Седимент Sediment	Запреминска тежина Bulk density γ (kN/m ³)	Угао унутрашњег трења Internal friction angle ϕ (°)	Кохезија Cohesion c (kPa)
Откривка, просечно Overburden, average	20,53	21,25	20,81
Лес Loess	20,57	21,19	17,98
Глина Clay	20,21	18,35	21,00
Кречњак Limestone	25,69	36,57	3,54
Новоодложени материјал Newly deposited material	17,11	15,43	9,28

делове лежишта, слика 2. Пошто су седименти у подини кречњака водонепропусни или слабопропусни, а кречњаци водопрпусни, у слоју кречњака је формирана издан која се прихрањује водама атмосферских падавина и из ободних издани. У табели 1 приказани су физичко-механички параметри литолошких чланова у лежишту.

Конструкција завршне косине површинског копа

Због специфичног положаја лежишта у зони Националног парка Фрушка гора, експлоатациони захват лежишта Мутаљ условљен је не само природним, техничко-технолошким и економским атрибутима већ и захтевима Просторног плана Фрушка гора. Пројектоване су три фазе развоја површинског копа Мутаљ, односно три експлоатационе фазе:

1. У контури максималног захвата резерви кречњака;
2. У контури одобреног експлоатационог поља;
3. У контури I фазе развоја.

Површински коп Мутаљ пројектован је тако да североисточна и источна завршна косина, рудничка саобраћајница и плато за претовар кречњака имају стаалан положај у свим фазама експлоатације. Присутан је и значајан проблем, количине јаловине у контури експлоатационог поља веће су од капацитета одлагалишта на површинском копу Бели Камен, тако да треба обезбедити додатни смештајни простор за откривку.

То су разлози што је откопавање кречњака и пратећих седимената у контури I фазе (3) са одлагањем јаловине на површинском копу Бели Камен

southwest-northeast, which separate parts of the basin in a cascade, picture 2. Since the sediments in the limestone floor are waterproof or semi waterproof, and limestone is permeable, in the limestone layer an well water was formed which is fed with waters of rain and from rim well waters. Table 1 displays the physical-mechanical parameters of lithological factors in the basin.

The construction of the end slope of the Open pit

Because of the specificity of the position of the basin in the zone of the National park of Fruška Gora, the mining of the Mutalj basin is conditioned not only by natural, technical-technological and economical attributes, but also by the demands of the Zoning plan of Fruška Gora. Three stages of development were designed for the open pit Mutalj i.e. three exploitation phases:

1. In the contour of the maximum range of the limestone reserves;
2. In the contour of the approved exploitation area;
3. In the contour of the first stage of development.

The open pit Mutalj was designed so that the northeast and east end slope, mining roadway and the limestone reloading plateau have a fixed position in all exploitation stages. A big problem is present here, the amounts of waste in the exploitation field contour are greater than the capacity of the depository at the open pit Beli Kamen, and therefore additional deposition areas must be assigned.

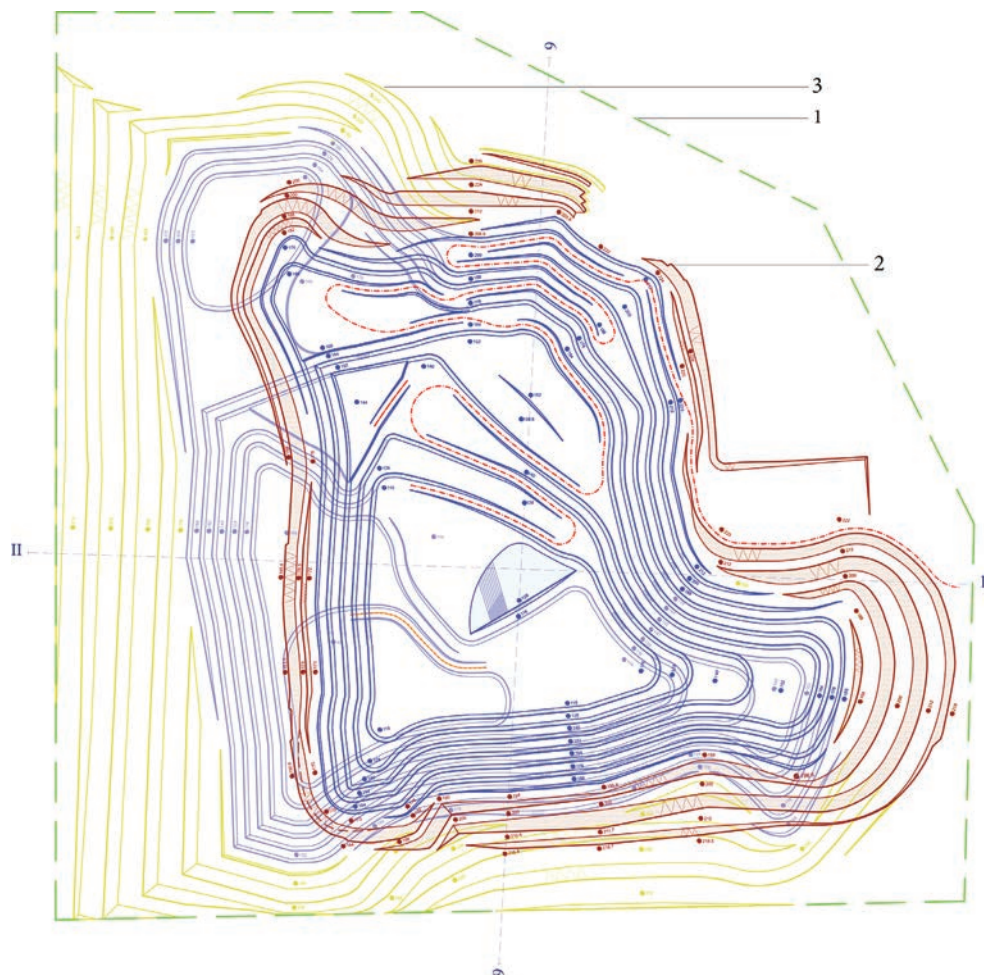
These are the reasons why the limestone and trace sediments exploitation with waste deposition at the open pit Beli Kamen in the 1st stage (3) has been de-

дефинисано као прелазно решење до обезбеђења услова за нормални развој радова у контури одобреног експлоатационог поља (2).

Интеракција ограничавајућих чинилаца (природних, техничких, технолошких, комуникационих, окружујућих и др.) и просторних ограничења ра-

finied as a transitional solution until conditions for normal work development in the contour of the exploitation field are provided (2).

The interaction of the limiting factors (natural, technical, technological, communication, surroundings etc.) and spatial limitations of the mining develop-



Слика 3, Површински коп Муџаљ, развој и конструкција завршних косина
Тумач: 1 - Граница одобреног експлоатационог поља; 2 - Завршна косина фазе 3; 3 - Завршна косина фазе 2.

Figure 3. Open pit Mutalj, construction development of the end slopes

Legend: 1- boundary of the approved exploitation field; 2 - end slope of phase 3; 3 - end slope of phase 2

звоја рударских радова, утицало је на адаптивно дефинисање завршне косине према развоју радова на површинском копу Муџаљ, слике 3 и 4.

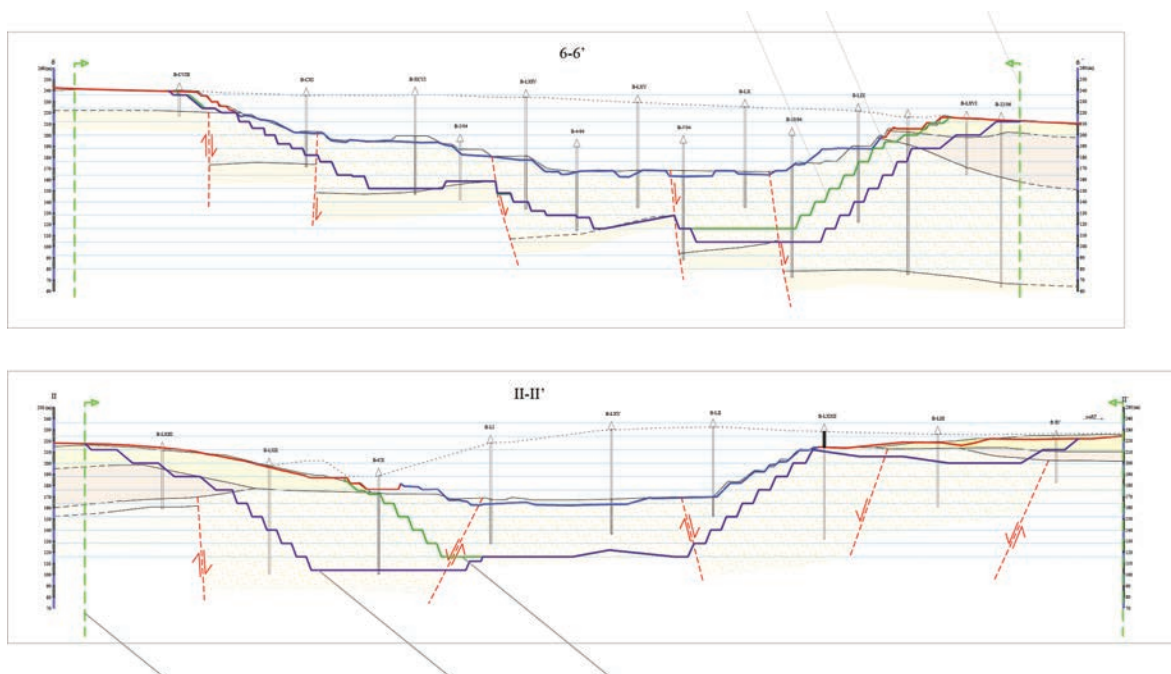
Геостатичка анализа стабилности овако конструисаних косина површинског копа урађена је одвојено за косине у кречњаку и у откритици. Методом А. W. Бишоп-а анализирана је стабилност косина у откритици, а методом Е. Хоек-а (раван лом косине) у кречњаку. На основу ове анализе, а према захтеваним факторима сигурности за рад-

ment, has affected the adaptive definition of the end slope towards exploitation development at the open pit Mutalj, pictures 3 and 4.

The geostatic analysis of stability of thusly constructed slopes of the open pit was done separately for slopes in limestone and overburden. Using the method of A. W. Bishop, slope stability in the overburden was analyzed, and using the method of E. Hoek (flat break of the slope) stability of limestone was analyzed. Based on this analysis, according to the safety re-

не $F_{\min} = 1,3$ и завршне косине $F_{\min} = 1,5$, дефинисани су конструктивни параметри: угао завршне косине, угао нагиба етажа, ширина етажне равни и висина етаже.

quirements for exploitation $F_{\min} = 1.3$ and end $F_{\min} = 1.5$ slopes, construction parameters were designed: the angle of the end slope, angle of the floor, width of the floor plane and floor height.



Слика 4. Геолошки профили ПК Мутаљ.

Figure 4. Geological profiles of the OPM Mutalj.

Закључак

Експлоатација кречњака у лежишту Мутаљ одвија се у сложеним природним, техничко-технолошким и окружујућим условима, додатно отежаним посебним захтевима због близине Националног парка Фрушка гора. У пројектантском смислу површински коп Мутаљ потврђује правило да у пројектовању нема пропорције између величине рудничког објекта, сложености и захтевности у креирању пројектних решења.

Conclusion

Limestone exploitation in the Mutalj basin is being conducted in complex natural, technical-technological and surroundings conditions, made additionally harder because of the special requirements due to the proximity of the National park of Fruška Gora. In a design perspective, open pit Mutalj confirms the rule that in design there is no proportion between the size of the mining object, complexity and demands in creation of design solutions.

Литература

1. Јовановић Б., пројектант, Технички пројекат експлоатације кречњака и откривке на површинском копу Мутаљ – I фаза, Рударски институт д.о.о Београд, 2014.
2. Елаборат о резервама кречњака као цементне сировине у лежишту Мутаљ код Бешенова, Геотим д.о.о. Београд, 2011.
3. Јовановић Б., пројектант, Студија верификације стабилности површинског копа и спољашњег одлагалишта Мутаљ код Беочина, Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет, 2012.

References

1. Jovanović B., designer, Technical limestone and waste exploitation project for the open pit Mutalj - I stage, Mining institute I.L.C Belgrade, 2014. (In Serbian)
2. Study on limestone reserves as a cement ore in the Mutalj basin near Bešenovo, Geotim I.L.C. Belgrade, 2011. (In Serbian)
3. Jovanović B., designer, Study on stability verification of the open pit and the external depository of Mutalj near Beočin, University of Belgrade, Mining-geological faculty, 2012. (In Serbian)

4. Вујић, С., главни и одговорни уредник, Монографија Српско рударство и геологија у другој половини XX века (Поглавље 4.4), Академија инжењерских наука Србије, Матица српска и Рударски институт Београд, 2014, 694 стр.

Примљен: август 2014.
Прихваћен: новембар 2014.

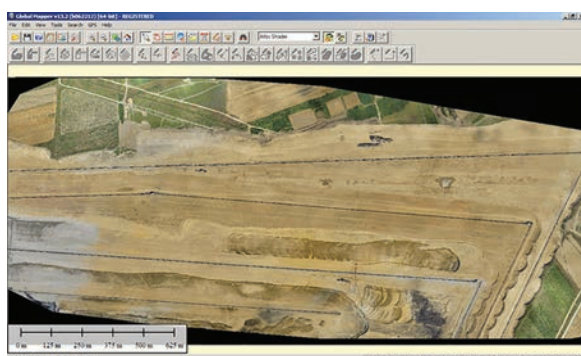
4. Vujić S., chief editor, Serbian mining and geology in the second half of the XX century monograph (chapter 4.4), Academy of engineering sciences of Serbia, Matica srpska and the mining institute of Belgrade, 2014, 694 pg. (In Serbian)

Received: August 2014.
Accepted: November 2014.

ДОГАЂАЈИ

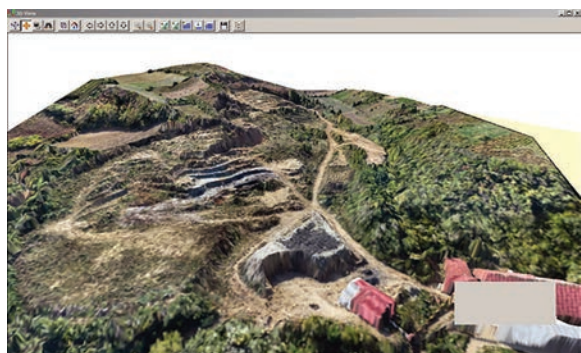
БЕСПИЛОТНА АЕРОФОТОГРАМЕТРИЈА

Развој беспилотних летилица за цивилне намене је новијег времена, данас је у великом успону, и у аерофотограметрији представља значајан технолошки искорак. Минијатурне роботизоване летилице осим функције авиона, преузимају функцију пилота, навигатора и сниматеља, и постају еквива-



Површински кој Дрмно / Open pit mine Drmno

лент класичним авионским аерофотограметријским системима. У домену мерења, праћења стања и промена на површинама, аерофотограметрија беспилотних летилица неисцрпних тематских могућности, задовољава основни услов - прецизност снимања и знатно повећава ефикасност надзора и управљања у проширеном и реалном времену.



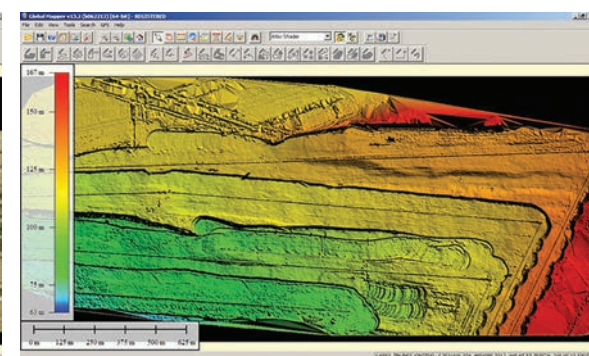
Површински кој Сџражилово / Open pit mine Stražilovo

У односу на класичну, предности беспилотне аерофотограметрије су: доступност, расположивост, цена, безбедност, ефикасност и широк опсег примена. Технологија не захтева специјализо-

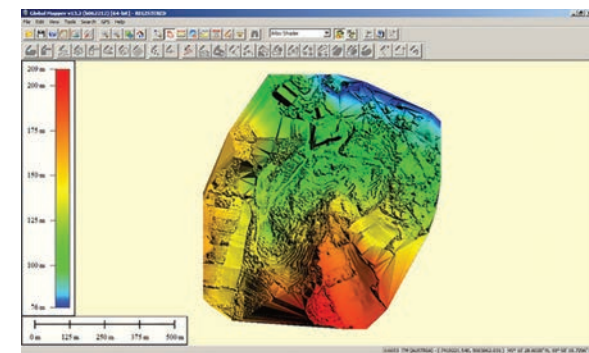
EVENTS

UNMANNED AEROPHOTOGRAMMETRY

The development of unmanned drones for civilian use is new, with its use spreading in the present, and represents a significant technological step forward in a technological sense. Miniature robotic aircrafts take the functions of an airplane, and besides that, the functions of the pilot, navigator and cameraman,

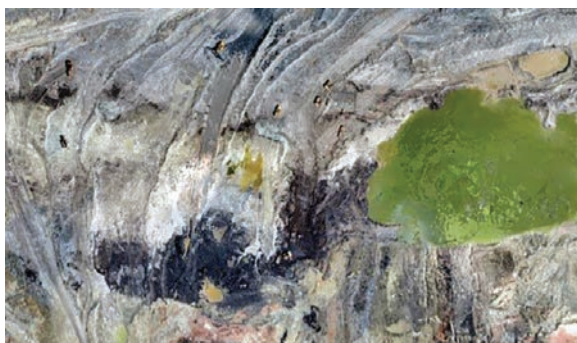


and are becoming an equivalent to classical airplane aero photogrammetric systems. In the tracking domain, state monitoring and monitoring of changes on surfaces, aero photogrammetry of unmanned drones satisfies the basic condition of recording precision and greatly increases the efficiency of supervision and management in expanded and real time as well.

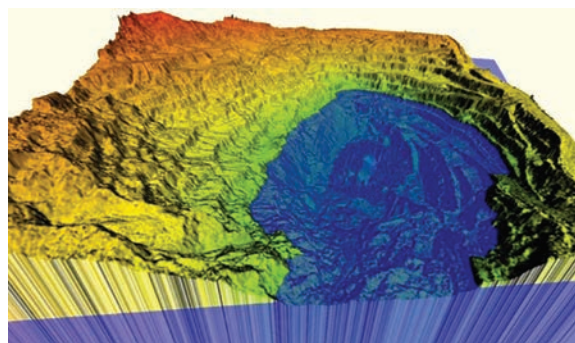


Compared to the classical, the advantages of unmanned aero photogrammetry are: availability, price, safety, efficiency and a wide range of applications. The technology does not require special

вану обученост за аерофото снимање, које је код класичног рада искључива привилегија специјализованих геодетских и инжењерских институција, доступна је широком кругу корисника и фамилијарна у погледу експлоатације. Омогућава без ризика мерења тешких, неприступачних или опасних терена и објеката. Прикупљање и обрада података је ефикасна, не зависи од бројних чинилаца као код класичног авио снимања, и држа је од било које терестричке технологије мерења.



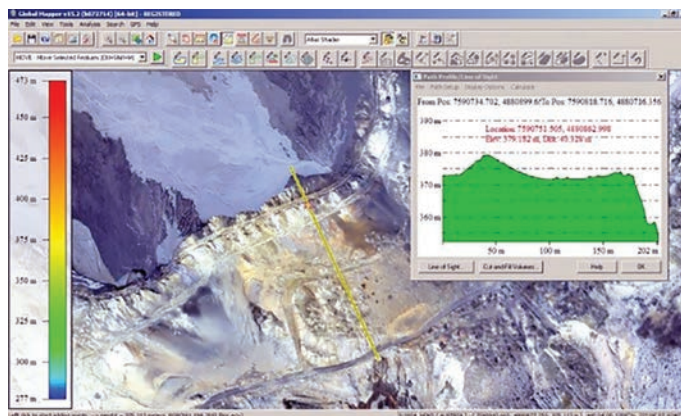
training for aerial photo recording, which is with the classical approach an exclusive privilege of specialized geodetic and engineering institutions, and is available to a wide range of users and familiar for the purposes of exploitation. It enables a risk-free measuring of difficult, unreachable, or dangerous terrains and objects. Gathering and information processing is efficient, does not depend on numerous factors as with classical aerial recording, and is faster than any terrestrial measuring technology.



Површински коп Бођутово село / Open pit mine Bogutovo selo

Тим стручњака Ливоне и Рударског института из Београд 24. јула 2013. године, на површинском копу угља Дрмно у Костолцу, обавио је прво аерофото снимање у Србији беспилотном летилицом. После месец дана снимање је поновљено ради упоређења стања радова и откопаних маса на делу откопног фронта. Анализа показује да су резултати снимања беспилотном летилицом еквивалентни резултатима конвенционалних геодетских мерења спроведених по редовној процедури. После почетних одличних резултата, изведена су мерења локације будућег површинског копа глине Средња страна и Специјалног резервата природе Слано Копово код Новог Бечеја, површинског копа глине Стражилово у Сремским Карловцима, површинског копа угља у Угљевик и флотацијског јаловишта у Бору.

A team of experts from Livona and the Mining institute of Belgrade has conducted the first aerial photo recording in Serbia via an unmanned drone on June 24, 2013. at the open coal pit Drmno in Kostolac. After a month the recording was conducted again in order to compare conditions of operations and dug up masses at the area of the mining front. A comparative analysis has shown that the results of the aerial photo recording via the unmanned drone are co-relative and equivalent with the results of conventional geodesic measuring methods. After the initial excellent results, measurements of the location of the future open clay pit of Srednja strana and the Special nature reservation Slano Kopovo near Novi Bečej, the open clay pit in Sremski Karlovci, open coal pit in Ugljevik and the flotation tailings in Bor were conducted.



Флотацијско јаловиште Бор
Flotation tailings Bor

Узимајући у обзир садашња дешавања, развојне и апликативне трендове на овом пољу, реално је очекивати даљи успон професионалне имплементације беспилотне аерофотограметријске технологије.

РУДАРСКИ БАСЕН КОЛУБАРА ПОТОПЉЕНИ ПОВРШИНСКИ КОПОВИ ВЕЛИКИ ЦРЉЕНИ И ТАМНАВА ЗАПАДНО ПОЉЕ

Средином маја 2014. године незапамћене падавине и поплаве нанеле су штету огромних размера Србији. У ноћи између 14. и 15. маја набујала река Колубара, са притокама Пештан и Турија, поплавила је површинске копове Велики Црљени и Тамнава Западно поље у Рударском басену Колубара. Излило се око 210 милиона m^3 воде у депресије копова. Под водом се нашло пет роторних багера, багер ведричар, два одлагача, четири багера дрегљајна, пет самоходних транспортера, 22 погонске станице и 29,3 km транспортера, 10 трансформаторских станица, девет разводних постројења и 17 помоћних машина (булдозери, утоваривачи, цевополагачи итд.).



На основу оцене да се из депресије површинског копа Велики Црљени може брже уклонити вода и покренути производња угља, испумпавање воде је започето 20. маја 2014. године. Ангажоване су 34 центрифугалне пумпе, до 6. августа испумпано је 27 милиона m^3 воде и започета производња угља, просечно дневно око 20.000 t.



Taking into consideration the present events, the developing and alternative trends in this field, it is realistic to expect a further expansion of professional implementation of unmanned aero photogrammetric technology.

THE MINING BASIN OF KOLUBARA FLOODED OPEN PIT MINES VELIKI CRLJENI AND TAMNAVA ZAPADNO POLJE

In the middle of May 2014. unrecorded rainfalls and floods inflicted great damage to Serbia. In the night between the 14. and 15. of May, the river Kolubara with its tributaries Peštan and Turija, has flooded the open pits of Veliki Crljeni and Tamnava Zapadno polje in the mining basin of Kolubara. About 210 million m^3 of water flooded the depression pits. Five rotary dredges, a bucket dredge, two stackers, four dragline dredges, five loading units - transporters, 22 drive stations and 29,3 km of conveyor belts, 10 transformer stations, 9 distribution lines and 17 auxiliary machines (bulldozers, loaders, pipelayers, etc.)



Based on the evaluation that the water could be removed faster from the depression of the open pit Veliki Crljeni, and coal production restarted, the drainage of water began on May 20th 2014. 34 centrifugal pumps were deployed and by the 6th of August, 27 million m^3 of water were drained and coal production began with an average of 20.000 t daily.



Из депресије површинског копа Тамнава Западно поље испумпавање је започето 24. јула пумпом снаге 3 MW и капацитета око 3 m³/s. Престајањем

At the depression of the open pit Tamnava Zapadno polje, drainage began on July 24. with a pump of 3 MW and a capacity of 3m³/s. When



потребе ангажовања пумпи на површинском копу Велики Црљени, премештане су на површински коп Тамнава Западно поље. До 17. септембра 2014. год. испумпано је 21,4 милиона m³ воде, када је на испумпавању ангажована фирма „Енерготехника - Јужна Бачка“ са 18 дизел пумпи великог капацитета, просечан дневни капацитет испумпавања подигнут је на 1,2 милиона m³ воде. На монтажи и демонтажи понтона и постављању пумпи ангажована је и опрема Војске Србије. До 16. децембра из депресије површинског копа Тамнава Западно поље испумпано је око 127 милиона m³ воде. Ово је највећа несрећа која је задесила Рударски басен Колубара од оснивања.

the need for pumps at the open pit Veliki Crljeni ended, they were relocated at the open pit Tamnava Zapadno polje. By September 17. 2014. 21,4 million m³ of water was drained when the company “Energotehnika - Južna Bačka” was contracted for 18 diesel pumps of large capacity, the daily average of drained water was raised to 1,2 million m³ of water. For the installation and removal of the pumps, the equipment of the Army of Serbia was contracted. By December 16. around 127 million m³ of water was drained from the depression of the open pit Tamnava Zapadno polje. This was the greatest disaster to ever hit the mining basin of Kolubara since its founding.

ТЕРМОЕЛЕКТРАНЕ И КОПОВИ КОСТОЛАЦ: ПРОБЛЕМ СА ВОДОМ НА ПОВРШИНСКОМ КОПУ ДРМНО

После обилних падавина (у јулу 289 l/m² кише) између 22. и 23. јула 2014. године у западном делу, на најнижим котама површинског копа угља Дрмно, дошло је до бујичног плављења водом и муљем дела рударске опреме на производњи угља. Потопљена су два роторна багера и три транспортне траке дужине 1.130 m. Да би се застој у производњи угља отклонио, одмах је започета интервенција на успостављању транспортне везе за угаљ преко I БТО система, што је успешно завршено 29. јула 2014. године, и обезбеђен неометан рада термоенергетских блокова. Током редовног ремонта угљеног система од 10. септембра до 10. октобра 2014. године изведена

THERMAL POWER PLANTS AND OPEN PIT MINES KOSTOLAC: PROBLEM WITH WATER AT THE OPEN PIT DRMNO

After large rainfalls (289 l/m² of rain) between 22. and 23. of July 2014. in the western part, at the lowest altitudes of the open coal pit of Drmno, there has been a flooding of water and sludge of a part of the mining equipment for coal production. Two rotary dredges and three conveyor belts 1.130 m in length were flooded. In order to remove the hold up in coal production, the establishment of a transport line for coal through I ECS systems began immediately which was successfully completed on 29. of July 2014. and unimpeded operations of thermal energy blocks was secured. During regular maintenance of the coal system from 10. of September to 10. of October 2014. a mandatory reconstruction was done for the export systems



је у овим околностима изнуђена реконструкција извозног система за угља. Изведене су нове трасе, пренесено је на нове позиције више од 3000 m транспортера, три погонске станице и сл., чиме је успостављен нови транспортни пута за угља према дробиличном постројењу.



for coal. Two new lanes were made, more than 3000 m of conveyor belts were placed at new locations, three drive stations were placed etc. through which a new transport route for coal was established towards the processing facility.



Почетком септембра поново је дошло до обилних падавина (око 150 l/m^2), што је погоршало и овако већ тешко стање. Од 22. јула до 1. новембра 2014. године са површинског копа Дрмно испумпано је око 2 милиона m^3 воде.

РУДАРСКИ БАСЕН КОЛУБАРА: ПОКРЕНУТА ПРОИЗВОДЊА УГЉА НА ПОВРШИНСКОМ КОПУ ТАМНАВА ЗАПАДНО ПОЉЕ У

Пошто је из депресије површинског копа Тамнава Западно поље испумпано око 130 милиона m^3 воде и снижен ниво више од 23 m, створени су услови за покретање производње угља. Из воде је "изронило" пет багера, транспортери II БТО система, део транспортера угљених система и део помоћних машина.

Да се не би чекало на санацију и ревитализацију машина које су били под водом, са монтажног плаца



In the beginning of September great rainfalls occurred again (around 150 l/m^2) which worsened an already difficult situation. From 22. of July to 1. of November 2014. around 2 million m^3 of water was drained.

MINING BASIN KOLUBARA: PRODUCTION OF COAL AT THE OPEN PIT TAMNAVA ZAPADNO POLJE STARTED

Since 130 million m^3 of water was pumped out the open pit Tamnava Zapadno polje and the water level was lowered by more than 23 meters, the prerequisite conditions for coal production continuation were achieved. Five excavators, transporters and BTO systems, a part of transporters of coal systems and some auxiliary machines.

In order to skip the waiting for sanitation and machine revitalization, a new rotary excavator SchRs 740×25/6 was moved from the montage area to the

премештен је нови роторни багер SchRs 740×25/6 на етажу II БТО система. Транспорт багера је почео 15. новембра 2014. године на деоници од 5.500 m. Од 8. децембра 2014. године багер је радио на откопавању јаловине на етажи II БТО система, а затим је премештен (2.700 m) на угљену етажу I БТУ система на источну страну површинског копа, где од 26. децембра 2014. године ради на откопавању угља.



floor II of the BTO system. The transport of excavator began on November 15. 2014. on a section 5,500 m long. Since December 8. 2014. the excavator e was digging waste rock at the floor II of the BTO system, and was later moved (2,700 m) to the coal floor I of the BTU system to the east side of the open pit, where it is digging coal since December 26. 2014.

Роторни багер SchRs 740×25/6 у раду на површинском копу Тамнава Западно поље, 26.12.2014. (Фото: kWh Електричарства Србије)
Rotary excavator SchRs 740×25/6 in operation at the open pit Tamnava Zapadno polje, 26.12.2014. (Photo: kWh Electric Industry of Serbia)

Основне техничке карактеристике роторног багера SchRs 740×25/6 : теоретски капацитет 4.800 m³/h, специфична сила откопавања за угаљ min 100 kN/m, максимална висина копања 25 m, максимална дубина копања испод нивоа планума 6 m, растојање од осе радног точка до осе багера (хоризонтална позиција стреле радног точка) 35 m, брзина дизања носача радног точка мерена у центру радног точка 5 m/min, брзина обртања горње градње мерена у оси радног точка од 6 до 30 m/min, притисак на тло max 112 kN/m², брзина транспорта 3 до 6 m/min, нужна брзина 8 m/min, најмањи радијус кривине ~ 50 m, број гусеница 6 (1 стационаран и 2 вођена пара).

The main technical characteristics of the rotary excavator SchRs 740×25/6 : theoretically the capacity is 4.800 m³/h, the specific coal digging force is min 100 kN/m, maximum digging height is 25 m, the maximum digging depth below the plane level is 6 m, the distance from the axis of the operating wheel to the axis of the excavator (horizontal position of the operating wheel arrow) 35m, the speed at which the operating wheel carrier is lifted measured at the centre of the operating wheel is 5 m/min, the speed of rotation of the upper build measured in the operating wheel axis is from 6 to 30 m/min, the soil pressure is 112 kN/m², transport speed is 3 to 6 m/min, the necessary speed is 8 m/min, the smallest curve radius is ~ 50m, the number of caterpillars is 6 (1 stationary and 2 guided pairs).

РУДАРСКО-ТОПИОНИЧАРСКИ БАСЕН БОР: НОВА ТОПИОНИЦА И ФАБРИКА СУМПОРНЕ КИСЕЛИНЕ

У Рударско-топионичарском басену Бор је 23. децембра 2014. године обележен завршетак изградње нове топионице и фабрике сумпорне киселине. Функционално испитивање опреме и постројења трајаће три месеца, а затим паљење пећи и њено постепено загревање 21 дан. Покретање нових погона топионице и фабрике сумпорне киселине је од великог економског и еколошког значаја за РТБ Бор и целу државу. Емисија сумпора у атмосферу, као једна од основних побуда

MINING-SMELTING BASIN BOR: A NEW SMELTER AND SULFURIC ACID FACTORY

The completion of construction of the new smelter and sulfuric acid factory at the Mining-smelter Basin Bor was marked on December 23rd, 2014. Functionality tests of equipment and the plant will last for another three months, and will be followed by the furnace starting and its gradual heating for 21 days. The startup of the new smelter and sulfuric acid factory is very important both in economy and ecology sense for the MSB Bor and for the country in whole. The emission of sulfur in the atmosphere, being one



Фото / Photo: Kolektiv, Bor

реализације овог пројекта, биће испод прописаних вредности, а превођење сумпор диоксида у комерцијални производ - сумпорну киселину биће веће од 98%. Очекује се веће технолошко искоришћење бакра, на основу садашњих цена бакра, процене су да би само по овој основи добит требала да износи 20 милиона долара годишње. Економске користи се очекују и од већег искоришћења злата, сребра, веће производње сумпорне киселине и сл.

of the primary reasons for this project, will be lower than required by law, and the transition of sulfur-dioxide into the commercial product - sulfuric acid will surpass 98%. Higher technological recovery is expected, and based on the current copper prices, it is estimated that solely on this basis, the profit margin would exceed 20 millions of USD per year. Economical benefits are expected also from the higher recovery of gold, silver, higher production capacity of sulfuric acid, etc.

ПРИКАЗ КЊИГА

BOOKS REVIEW

ФАЗИ ЛОГИКА У РУДАРСТВУ

У издању Одељења рударских, геолошких и системских наука Академије инжењерских наука Србије и Рударског института у Београду објављена је монографија „Фази логика у рударству“. Књига је резултат дугогодишњег истраживачког и инжењерског рада аутора, проф. др Слободана Вујића, проф. др Игора Миљановића и њихових сарадника, у решавању рудничких проблема планирања и управљања у проширеном и реалном времену.

Од 1995. године када је објављен рад „Планирање производње у сложеним рударским системима са више површинских копова фази линеарним програмирањем“ примена фази логике у рударству је знатно еволуирала и проширена на различита подручја, од математичко-моделских, аналитичких и инжењерских примена у подршци одлучивању, преко регулације, аутоматизације и управљања процесима, развоја рудничких рачунарски подржаних надзорно-управљачких система, развоја нове генерације роботизованих рударских машина итд.

За већину рударских стручњака, још увек се иза израза „фази логика“ крије непознаница и тајновитост. Ово није случајно, већ последица инерције образовног система. На срећу, технолошки напредак се не обазире на инерцију школе, и пред изазовима времена, а у циљу задовољења захтева и потреба, својом логиком отвара нове и шири постојеће путеве истраживања и развоја на пољу примене фази логике у рударству. Фази логика је прихватљива рударству као ефикасно, разумљиво, лако прилагодљиво и манипулативно релативно једноставно математичко оруђе, погодно за подршку одлучивању у проширеном и реалном времену. Фази логика може бити ефикасно али није свемогуће оруђе у рукама инжењера. Резултати примене не зависе од њене потенцијалности већ од успешности споја фазилогичког приступа

FUZZY LOGIC IN MINING ENGINEERING

The monograph “Fuzzy logic in mining” was published by the department of mining, geological and systemic sciences of the Academy of engineering sciences of Serbia and the Mining institute of Belgrade. The book is a result of longtime research and engineering by the authors, prof. dr Slobodan Vujic, prof. dr Igor Miljanovic and their associates, in solving mining problems and planning and management in expanded and real time.

Since 1995. when the paper “Planning of production in complex mining systems with multiple open pits through fuzzy linear programming” was published, the application of fuzzy logic in mining has significantly evolved and has expanded to different areas, from mathematical-model, analytical and engineering applications in support of decision making, to regulation, automation and process management, development of computer supported surveillance-management systems, development of a new generation of automated mining machines etc.

For most of the mining experts, the phrase “fuzzy logic” represents something unknown and mystical. This is not by accident, but a consequence of the inertia of the educational system. Luckily, technological progress is not influenced by the inertness of the schools, and when confronted with the tests of time through its logic, for the purpose of meeting the demands and needs, opens and expands the existing areas of research and development in the field of application of fuzzy logic in mining. Fuzzy logic is acceptable to mining as an efficient, understandable, adaptable, and manipulative relatively simple mathematical tool, suitable for support in decision making in expanded and real time. Fuzzy logic can be an efficient but not omnipotent tool in the hands of an engineer. The results of application do not depend on its potential but on the connection of the fuzzy logic



са реалним проблемом. У томе доминантну позицију има знање корисника.

Књига „Фази логика у рударству“ представља стручно и научно дело које спаја идеје и решења. Материја је изложена у пет поглавља: Увод; Основе фази логике; Примери примене фази логике у управљању рудничком производњом у проширеном времену; Примери примене фази логике у припреми минералних сировина и Закључак. Попис коришћених литературних извора садржи 132 библиографске јединице са више језичких подручја.

Књига је писана тако да буде разумљива широком кругу корисника, истраживачима, рударским и другим стручњацима, докторантима, а може се користити и као помоћни уџбеник на основним, мастер, специјалистичким и докторским студијама. Пошто је то једна од ретких књига на ову тему, она је и промотор фази логике и њене примене у рударству.

approach and the problem. This is where the user's knowledge is key.

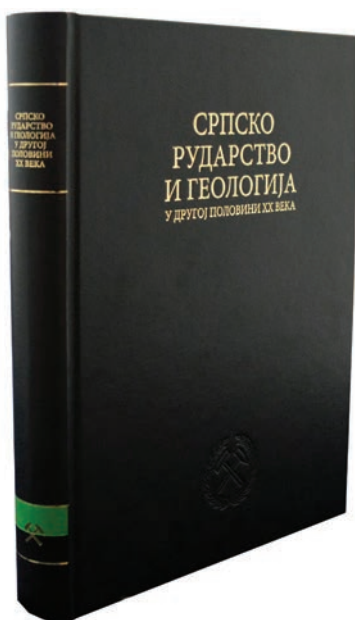
The book “Fuzzy logic in mining” represents an expert and scientific paper which combines ideas and solutions. The material is presented in five chapters: Introduction; Basics of fuzzy logic; Examples of fuzzy logic application in management of mining production in expanded time; Examples of fuzzy logic application in preparation of mineral ores; and the conclusion. The literature used contains a list of 132 bibliographic units from multiple languages.

The book was written so that it would be understandable to a wide circle of users, researchers, mining and other experts, doctor candidates, and can be used as an auxiliary textbook for basic, master, specialist and doctoral studies. Since it is one of few books on the subject, it acts as a promoter of fuzzy logic and its application in mining.

СРПСКО РУДАРСТВО И ГЕОЛОГИЈА У ДРУГОЈ ПОЛОВИНИ XX ВЕКА

SERBIAN MINING AND GEOLOGY IN THE SECOND HALF OF XX CENTURY

После више од пет година истраживачког рада, прикупљања, анализе и обраде изворни података, писања и припреме, из штампе је у издању Академије инжењерских наука Србије, Матице српске и Рударског института у Београду изашло капитално дело српског рударства и геологије, њихов „Magnum Opus“. Монографија Српско рударство и геологија у другој половини XX века представља јединствен и обиман истраживачки и издавачки подухват. Она није само сведочанство о рударској и геолошкој науци, школи, инжењерству и привреди у другој половини XX столећа, већ је вредан фактографски извор за шира проучавања нашег развоја. Сложеност и захтевност овог издавачког подухват без премца у српском рударству, илуструју следећи подаци:



After more than five years of research, gathering, analysis and processing of source data, writing and preparation, published by the Academy of engineering sciences of Serbia, Matica srpska and the Mining institute of Belgrade, a capital paper was published on the subject of Serbian mining and geology, their “Magnum Opus”. The monograph Serbian mining and geology in the second half of the XX century represents a unique and extensive research and publishing endeavor. It is not only a testament about the mining and geology science, school, engineering and industry in the second half of the XX century, but is also a valuable factual source for broader studies of our development. The complexity and demands of this publishing endeavor is unmatched in Serbian mining, illustrated by the following data:

2370 страна изворног материјала, 592 стране штампано издање, 617 графичких илустрација, 530 појмова у индексу кључних речи, 214 скраћеница, 350 штампаних примерака, 15 чланова уређивачког одбора, 75 аутора, 12 рецензената, 4 лектора, 88 година најстарији аутор, 30 година најмлађи аутор и 13 институција материјално помогло штампање;

Када се има у виду обим и различитост података и информација разуђеног простора српског рударства и геологије, схвата се зашто је рађање Монографије трајало пет година и колико је било потребно креативног напора, истраживачке енергије и специфичних стручних знања. Пред носиоцима овог задатка стајала је шума разноврсних, често скривених и тешко доступних података у бројним изворима, монографијама, књигама, инжењерско-пројектној, техничкој и фото документацији, у статистичким прегледима, архивским материјалима, интернет изворима, личној документацији, до којих је најпре требало доћи, а затим проверити, обрадити, адекватно и тачно приказати. У том смислу, књига је истраживачко дело чија ће вредност и значај временом бити све већа.

За осам хиљада година трајања рударства и геологије на нашим просторима највећи развој и успон српско рударство и геологија доживели су у два раздобља – у време процвата средњовековне српске државе и у другој половини XX века. Непосредна поређења ових раздобља нису могућа, нема експлицитних метричких података о рударству средњег века, али ова чињеница истиче значај дилеме о могућој сличности побуда које су утицале да баш ова два раздобља имају овакву атрибутску сличност. Одговор је у разумевању рударства и геологије као супструктуре свих цивилизација, супструктуре која је делила судбину човечанства и имала успоне и стагнације.

Монографија кроз са четири логички интегрисана поглавља, Корени, Научне, школске и друге институције, Геологија и Рударство, обухвата фактографске и аналитичке елементе који прецизно осликавају успон, развој, достигнућа и пад српског рударства и геологије у другој половини XX века.

2370 pages of source material, 592 printed pages, 617 graphical illustrations, 530 terms in the key word index, 214 abbreviations, 350 printed copies, 15 members of the editorial boards, 75 authors, 12 reviewers, 4 lecturers, 88 years of age of the oldest author, 30 years of age of the youngest author, 13 institutions which financially helped with printing;

Having in mind the complexity and diversity of information and data of the jagged area of Serbian mining and geology, it can be understood why the birth of the Monograph took five years in how much of the creative effort, research energy and specific expert knowledge was needed. In front of the bearers of this task was a forest of diverse, often hidden and barely obtainable data in numerous sources, monographs, books, engineering-project, technical and photo documentation, in statistical reviews, archive materials, internet sources, personal documentation, which first had to be found, then checked out, processed, and adequately and accurately displayed. In this sense, the book is a work of research whose value and significance will only grow over time.

In eight thousand years of mining and geology on our territory, the greatest development and rise of mining and geology happened in two periods - in the time of abundance of the medieval Serbian state and in the second half of the XX century. Immediate comparisons between these periods are not possible, there are no explicit metrical data about the mining of the medieval times, but this fact does point out the significance of the dilemma about a possible similarity of motives which have influenced that these specific periods have such and attributive similarity. The answer lies in understanding of mining and geology as a substructure of all civilizations, a substructure which has shared in mankind's fate and had its ups and downs.

The Monograph is integrated through four logically connected chapters, Roots, Scientific, educational and other institutions, Geology and mining, encompasses factual and analytical elements which precisely present the rise, development, accomplishments and the fall of Serbian mining and geology in the second half of the XX century.

СЕЋАЊЕ

IN MEMORIAM



Миливоје Макар (Сирач, Осјек, 16.01.1928 – Београд, 08.06.2012) дипл. инж. рударства, истакнути пројектант у области површинске експлоатације угља. Школовао се у Осјеку и Београду. Студије рударства завршио је 1953. године на Рударском факултету Техничке велике школе у Београду. Од дипломирања до 1956. године радио је на пројектовању у Рудникпројекту у Београду. Преласком 1956. године у Рударско-енергетски комбинат Колубара, радио је на пословима шефа инвестиционих радова на површинском копу угља Поље „Б“, шефа Пројектног бироа, главног надзорног инжењера изградње површинског копа угља Поља „Д“ и његовог директора. Прелази 1968. у Рударски институт у Београду где ради до пензионисања 1993. године као пројектант, начелник тематске области и управник Завода за површинску експлоатацију. На Рударско-геолошком факултету Универзитета у Београду, на четвртој години студија на Смеру за машинство и електротехнику у рударству, у раздобљу 1968-1970. био је хонорарно ангажован у настави из предмета Машине за површинску експлоатацију.

Аутор је бројних научних и стручних радова и студија из области површинске експлоатације, стручне публикације за обуку надзорника и руковоаоца багера на површинским коповима и јединствене монографије Теорија багеровања роторним багерима (РИ, Београд, 1990), номиноване за Октобарску награду града Београда. Коаутор је монографије Селективно откопавање и одлагање откритке у функцији рекултивације површинских копова угља (АИНС, РГФ и ЕПС, Београд, 2006). Био је носилац југословенског дела реферата на Светском рударском конгресу

Milivoje Makar (Sirač, Osijek, 16.01.1928 - Beograd, 08.06.2012) graduate mining engineer, prominent designer in the area of surface coal exploitation. Educated in Osijek and Belgrade. Graduated in 1953. from the Mining faculty of Great technical school in Belgrade. Since his graduation up to 1956. he worked as a designer in Rudnik-projekat in Belgrade. In 1956. he moved on to work as the head of investment projects at the open coal pit Field "B", head of the project bureau, chief supervising engineer on the construction of the open coal pit Field "D" and was its director with the mining and energy combine Kolubara. In 1986 he moved on to the Mining institute in Belgrade where he worked until his retirement in 1993. as a designer, chief of the theme field, manager of the bureau for surface exploitation. He was hired as a freelancer in the period from 1968. to 1970. by the Mining and Geology institute of Belgrade at the fourth year of studies in the Machines and Electro-technology department to lecture on the subject: Surface mining machines.

He authored numerous scientific and professional papers and studies in the field of surface mining, expert publication on training a supervisor and a dredge operator for open pits. He also authored a unique monograph: Theory of dredging with rotary dredges (Mining Institute Belgrade, 1990) which was nominated for the October award of the city of Belgrade. He is also a co-author of the monograph Selective digging and waste rock disposal for the purpose of reclamation of the open coal pits (Academy of Engineering Sciences of Serbia, Faculty of Mining and Geology, and EPIS, Belgrade 2006). He was also the point man for the Yugoslavian report sec-

одржаном 1990. године у Пекингу.

Као главни и одговорни пројектант руководио је изработом бројних пројеката површинске експлоатације угља у Колубарском, Костолачком и Косовском угљеном басену (Поље "Д", Ћириковац, Дрмно, Добро Село, Белаћевац, Ковин - први подводни експериментални коп угља у свету, итд.). Из његовог пројектантског опуса издваја се по иновативности и првој примени континуалне технологије у експлоатацији лапорца, пројекат површинског копа Филијала Беоцинске фабрике цемента.

Широком стручношћу, богатим инжењерским знањем, великим искуством и позитивним односом према сарадницима, значајно је утицао и помогао у савршавању и школовању многих инжењера, а инжењерско-креативним делом, инжењер Макар је значајно допринео успону српског рударства у другој половини XX века и у њему оставио неизбрисив траг.

Носилац је више признања за стручне и научне доприносе, одликован је орденом Рада са сребрним венцем, лауреат је Првوماјске награде, плакета РЕИК Колубара, РЕК Костолац, Рударског института итд.



Драган Дражовић (Рашка, 23.10.1954 – Београд, 08.06.2013) дипл. инж. рударства. Школовао се у Рашкој и Београду. Студије рударства завршио је 1979. на Рударско-геолошком факултету у Београду на Смеру за припрему минералних сировина. Од 1979. до 1991. радио је на пословима техничког руководиоца и управника флотације Рудника Сува руда. Од 1991. радио је у Рударском институту Београд, у групи за пепелишта, као пројектант и шеф. Од 2000. руководио је Заводом за припрему минералних сировина.

У најтежем времену за Рударски институт од његовог оснивања, од марта 2004. године био је на ду-

tion at the World mining congress held in Beijing in 1990.

As head designer he managed numerous projects of coal surface mining in the basins of Kolubara, Kostolac and Kosovo (Field "D", Ćirikovac, Drmno, Dobro Selo, Belačevac, Kovin - First experimental underwater coal mine in the world, etc.). Out of all of his projects the one that stands out the most because of its innovation and first application of continual technology in marble mining, is the project of the open pit Filijala of the Beočin cement factory.

Through great expertise, wide knowledge of engineering, a lot of experience and a positive attitude towards his co-workers he significantly influenced and helped in specialization and education of many engineers, and through engineering - creation part, engineer Makar has greatly contributed to the rise of Serbian mining in the second half of the XX century and left a mark that cannot be erased.

He is the bearer of multiple recognitions for his expert and scientific contributions, he was awarded the medal of Work with silver wreath, he is a laureate of the May first award, plaque of REIK Kolubara, REK Kostolac, Mining institute etc.

Dragan Dražović (Raška, 23.10.1954 - Belgrade, 08.6.2013) graduate engineer of mining. Educated in Raška and Belgrade. In 1979. graduated from the Mining and Geology Faculty in Belgrade at the Mineral Processing department. From 1979 to 1991. he worked as a technical and flotation manager in the mine Suva ruda. From 1991. he worked at the Belgrade Mining institute as part of a group designated for ash dumps, as a designer and group manager. Since 2000. he managed the Department for mineral processing.

In the hardest period for the Mining institute since its founding, from March 2004. he was made deputy, and from July the same year the Director.

жности заменика, а од јула 2004. директора. Његовим ефикасним руковођењем негативне тенденције су заустављене и рад Института је нормализован. Као врстан инжењер руководио је истраживањима и израдом бројних студија и пројеката, посебно у решавању проблема одлагања пепела и шљаке из ТЕ Косово, Гацко, Никола Тесла Обреновац, Костолац и Пљевља. Значајан инжењерски допринос дао је у пројектовању флотацијских јаловишта.

Аутор је или коаутор бројних стручних и научних радова. Коаутор је патента „Сорбент за апсорпцију угљоводоника са чврстих и водених површина“ успешно примењеног у пракси.



Блажо Ђукић (Љеворечки Тузи, 23.08.1929 – Београд, 19.07.2014) дипл. инж. рударства. Школовао се у Косовској Митровици и Београду. На Рударском факултету у Београду дипломирао је 1957. Од 1956. до 1961. радио је у рудницима Рембас-Ресавица, на инвестицијама, као управник погонског центра Ресавица (јужни и северни поткоп), управник Рудника Равна река и заменик управника Јужног ревира (рудници: Равна река Ресавица, Сењски рудник и Сисевац). Од 1961. до пензионисања 1991. радио је у Рударском институту Београд као сарадник, начелник Тематске области подземна експлоатација и саветник на изради пројеката, студија и истраживањима подграђивања откопа и саобраћајница у рудницима угља Југославије.

Аутор је три монографије и бројних стручних радова. На постдипломским студијама РГФ-а у Београду као предавач по позиву држао је наставу из одабраних поглавља предмета Подграђивање и прорачуни подграде. Инжењер Ђукић припада заслужној генерацији рударских стручњака која је креирала и опредељујући утицала на развој и успон српског рударства у другој половини XX века.

Through his efficient management the negative tendencies were halted and the Institute returned to normal operation. As a skilful engineer he managed research and several studies and projects, especially in solving the problems of ash and slurry deposition from TP Kosovo, Gacko, Nikola Tesla Obrenovac, Kostolac and Pljevlja. He contributed significantly in designing of flotation tailings.

He is an author and co-author of numerous expert and scientific papers. Co-authored the patent “Sorbent for hydrocarbon from solid and liquid surfaces” which was successfully used in practise.

Blažo Djukić (Ljevorečki Tuzi, 23.08.1929 - Belgrade, 19.07.2014) graduate engineer of mining. Educated in Kosovska Mitrovica and Belgrade. Graduated at the Mining Faculty of Belgrade in 1957. From 1956. to 1961. he worked in the mines Rembas-Resavica, in investments, as a manager of the operating centre of Resavica (south and north mine), manager of the Ravna reka mine and deputy manager of Južni revir (mines: Ravna reka, Resavica, Senjski rudnik and Sisevac). From 1961. up to his retirement in 1991. he worked at the Mining Institute of Belgrade as an associate, chief of the Thematic area of underground mining and as an advisor in project designing, studies and research of support placement for dig sites and transport routes in the coal mines of Yugoslavia.

He is an author of three monographs and several expert papers. As a professor he held several lectures form select chapters in subjects support placement and support placement calculations. Engineer Djukić is part of a generation of mining experts who have created and greatly influenced the development and rise in Serbian engineering in the second half of the XX century.

Одликован је Орденом заслуга за народ са сребрним венцем, добитник је признања за стручне доприносе од Рударског института, града Београда, Рудника Рембас, Рудника Раша и Савеза инжењера и техничара Југославије итд.



Илија Ђоковић (Београд, 31.07.1941 – 18.07.2014) дипл. инж. геологије, доктор техничких наука, редовни професор Универзитета у Београду и редовни члан Академије инжењерских наука Србије. Школовао се у Крагујевцу и Београду. Дипломирао је на Рударско-геолошком факултету у Београду 1965, магистрирао 1972. и докторирао 1980. Запослио се 1966. у Геолошком заводу Србије, затим у Институту за истраживање нуклеарних и других минералних сировина.

У звање редовног професора биран је на матичном факултету 1991. Држао је наставу на Рударско-геолошком факултету из више предмета. На последипломским студијама предавао је на неколико специјалистичких курсева. Држао је наставу и на Рударско-металуршком факултету у Косовској Митровици и у Истраживачкој станици Петница. Био је ментор и члан комисија бројних дипломских и специјалистичких радова, магистарских теза и докторских дисертација.

Учествовао је у креирању и изради државних геолошких карата Ирана и Либије. Идејни је творац нове Геолошке карте Србије 1:50.000. Аутор или коаутор је 11 монографија, приручника и уџбеника, више од 150 стручних и научних радова и око 140 пројеката, студија, геолошких карата, планова и елабората. Носилац је више признања за стручне и научне доприносе.

He was decorated with the Medal of services for the people with a silver wreath, he was acknowledged for his contributions by the Mining institute, city of Belgrade, Rembas mine, Raša mine, as well as the Engineers' and technicians' alliance of Yugoslavia etc.

Ilija Djoković (Belgrade, 31.07.1941. - 18.07.2014) graduate engineer of geology, PhD in technical sciences, professor at the University of Belgrade and a member of the Academy of Engineering sciences of Serbia. Educated in Kragujevac and Belgrade. Graduated from the Mining and Geology Faculty of Belgrade in 1965, got his master degree in 1972. and PhD in 1980. In 1966. He was employed by the Geological department of Serbia, and afterwards by the Institute for research of nuclear and other mineral resources.

He was elected professor at the Faculty of Mining and Geology in 1991. He lectured at the Faculty on several subjects. He also held lectures on several specialist courses at postgraduate studies. He also held lectures at the Mining and metallurgy Faculty in Kosovska Mitrovica and at the research station Petnica. He was a mentor and member of committees of numerous graduate and postgraduate papers, master's thesis' and doctoral dissertations.

He also took part in the creation of state geological maps of Iran and Libya. He is the idea creator of the new geological map of Serbia 1:50 000. He authored and co-authored 11 monographs, manuals and school books, more than 150 expert and scientific papers and around 140 projects, studies, and geological maps. He has multiple recognitions for his expert and scientific contributions.



Десимир Стевић (Баре, Пожаревац, 23.03.1949 – 06.11.2014.) дипл. инж. рударства. Школовао се у Пожаревцу и Београду. Студије рударства завршио је на Рударско-геолошком факултету у Београду 1975. Запослио се 1976. у Индустијско енергетски комбинат Костолац и прва инжењерска искуства стицао на површинском копу угља Ћириковац.

У Костолцу је радио до пензионисања 2014. на инжењерским оперативним и руководећим пословима, био је главни оперативни планер производње, главни инжењер производње, технички директор површинског копа, вршилац дужности директора површинског копа, шеф рударске припреме, технички руководиолац дела предузећа, главни инжењер службе производње у Техничком сектору, директор у Дирекцији за производњу угља, директор производно-техничких послова у Дирекцији за унапређење производње, заменик генералног директора и саветник генералног директора за техничка питања. Објавио је више стручних радова, био је консултант при изради пројеката за површинске копове у Костолцу.

Учествовао је у раду стручних савета Електропривреде Србије приликом дефинисања пројектних задатака и стручних оцена студија. Друштвено је борио веома ангажован, био је председник Управног одбора Фонда за развој града Пожаревца, члан Управног одбора Електропривреде Србије, делегат Радничког савета Здружене Електропривреде, делегат у Скупштини Привредне коморе Србије за енергетику. Носилац је више признања и награда за остварене резултате у раду.

Desimir Stević (Bare, Požarevac, 23.03.1949.-06.11.2014) graduate of engineer of mining. Educated in Požarevac and Belgrade. Completed mining studies at the Faculty of Mining and Geology of Belgrade in 1975. Gained employment in 1976. at the industrial energy combine Kostolac and gained his first experiences at the open pit of the Ćirikovac mine.

He worked in Kostolac until his retirement in 2014. at engineering and management positions, he was head operative planner of production, head production engineer, technical director of the open pit, acting director of the open pit, chief of mining preparation, technical manager of a part of the company, head engineer of production in the technical sector, director of the coal production directorate, director of production-technical operations at the directory for production enhancement, deputy general director and advisor to the director general for technical issues. He published multiple papers, was a consultant for the designs of open pits in Kostolac.

Participated in expert councils of the Electric Power Distribution Company of Serbia in issues regarding the definition of project assignments and expert evaluations of studies. Socially he was very active, he was chairman of the Executive board of the Foundation for the development of the city of Požarevac, member of the Executive board of the Electric Power Distribution Company of Serbia, delegate of the Workers council of united Electric industry, delegate in the chamber of industry for energy. Bearer of multiple recognitions and awards for results accomplished in his work.



ISSN 0035-9637