

RUDARSKI GLASNIK  
YU ISSN 0035 - 9637  
UDK: 622

broj  
3 - 4  
1995

# RUDARSKI GLASNIK

B U L L E T I N O F M I N E S  
B U L L E T I N D E S M I N E S  
Г О Р Н Ы Й Ж У Р Н А Л  
B E R G B A U Z E I T S C H R I F T

RUDARSKI GLASNIK  
YU ISSN 0035 - 9637  
UDK: 622

broj  
3 - 4  
1995

# RUDARSKI GLASNIK

B U L L E T I N O F M I N E S  
B U L L E T I N D E S M I N E S  
Г О Р Н Ы Й Ж У Р Н А Л  
B E R G B A U Z E I T S C H R I F T

**Izdavač:**

**RUDARSKI INSTITUT - BEOGRAD**

**11080 Zemun, Batajnički put br.2**

**Redakcija:**

**11080 Zemun, Batajnički put br. 2**

**Glavni i odgovorni urednik:**

**dr inž. Mileta Simić**

**Redakcioni odbor:**

**dr inž. Živorad Lazarević**

**dr inž. Radmilo Obradović**

**dr inž. Dragoljub Ćirić**

**dr inž. Borislav Perković**

**dr inž. Ljubomir Spasojević**

**dr inž. Dragoljub Urošević**

**Redakcija:**

**Marina Avramov, dipl. fil., Rudarski institut Beograd**

**U finansiranju časopisa učestvuje Ministarstvo za nauku i tehnologiju Republike Srbije**

**Izdavač: Rudarski institut, Beograd (Zemun), Batajnički put br.2**

**Editor: Institute of Mines, Batajnički put 2, Belgrade (Zemun), Yugoslavia**

**Grafička obrada  
i štampa**



## SADRŽAJ

### ZORAN ROSIĆ

Jednostavna i ekonomična tehnologija otkopavanja  
aluvijonske morene buldozerom .....5

### RADMILO OBRADOVIĆ

Utvrđivanje uticaja segregacije materijala na  
obrazovanje nasipnih uglova kosina .....11

### JOVAN RADOJEVIĆ - NEBOJŠA GOJKOVIĆ

RATKO JOVIČIĆ - LJUBOMIR DEDIĆ  
Zeoliti ležišta "Opčište" kod Beočina .....17

### ŽELJKO DŽELATOVIĆ - RADOSLAV FILIPOVIĆ

DIMITRIJE STOJANOVIĆ - MILICA VUČKOVIĆ  
MELANIJA ĐURĐEVIĆ - MILUTIN LAZAREVIĆ  
Agrohemijska ispitivanja odlagališta jalovine "Petka"  
ugljenokopa "Ćirikovac" radi rekultivacije njegove površine .....23

### RADOSLAV FILIPOVIĆ - DRAGOLJUB UROŠEVIĆ

Mogućnost primene deponosa radi biološke rekultivacije  
na primeru PK "Drmno" .....31

### DUŠAN CRNOBRNIĆ, DRAGAN MILOJEVIĆ, SPASOJE MIČIĆ

Poboljšanje tehnologije otkopavanja u rudniku  
"Magnezit" - Užice primenom dizel opreme .....39

### DRAGAN MILOJEVIĆ - SPASOJE MIČIĆ

#### DUŠAN CRNOBRNIĆ

Mogućnost povećanja proizvodnje u rudniku "Belo brdo"  
- Leposavić primenom postupka zasipavanja .....45

### JOVAN PEJČINOVIĆ - ŽARKO DŽUDOVIĆ

#### ALEKSANDAR CVIJETIĆ

Problematika odvodnjavanja jama rudnika  
"Kišnica i Novo brdo" - Priština .....51

VLADIMIR IVANOVIĆ - MARIJA IVANOVIĆ OBREN KOPRIVICA Stanje zapašenosti na površinskim kopovima metalinih mineralnih sirovina.....	59
VLADIMIR IVANOVIĆ - OBREN KOPRIVICA DUŠAN STAJEVIĆ - MIROSLAV MRVOŠ Utica j rada transportera sa trakom na smanjenje zagađenja naselja ugljenom prašinom.....	65
SLAVSKO KOSTOSKI - DRAGOLJUB UROŠEVIĆ TANJA VUKOVIĆ Prikaz metode vrednovanja kvaliteta difuzionog ATDL modela za proračun aerozagađenja.....	73

---

## MINING SCIENSCE AND TECHNOLOGY

(izvodi iz časopisa MS&T Volume 1, 1996, No 1-2)

DRAGOLJUB ĆIRIĆ - VLADISLAV KEKOJEVIĆ Dorinos racionalnom korišćenju električne energije u osnovnim proizvodnim procesima na površinskim kopovima uglja.....	79
DINKO KNEŽEVIĆ Ispitivanje mogućnosti i uslova samoočvršćavanja pepela iz termoelektrane "Kosovo - B".....	84
MILAN MILOŠEVIĆ - ŽIVORAD LAZAREVIĆ - BRANIMIR MONEVSKI BLAGOJE SPASKOVSKI - DRAGAN DUMITRAŠKOVIĆ Tehnologija koncentracije rude bakra iz rudnika "Cerovo".....	87
BOŽIDAR BRANKOVIĆ Dekrepitacija - postupak koncentracije kolemanita .....	89
LJILJANA LAZIĆ Utica j rudarske proizvodnje na kvalitet vode reke Pek na osnovu mikrobioloških pokazatelja.....	91
MIROSLAV STANOJEVIĆ - MILENKO KARAN BORISLAV PERKOVIĆ - ĐORĐE ĆOBANOVIĆ Mogućnosti primene niskovrednih ugljeva (lignita) kao goriva u rotacionim pećima u industriji cementa .....	94
VOJIMIR DIMIĆ Uvećanje stepena izdvajanja elektrostatičkih izdvajača primenom savremenih metoda energetskog napajanja.....	98

## Jednostavna i ekonomična tehnologija otkopavanja aluvijonske morene buldozerom

Zoran Rosić

### Rezime

*Ležišta nikšićkih boksita, svojevremeno, bila su suočena s problemom eksploatacije jalovine morenskog tipa, kako sa stanovišta niske stabilnosti kosina tako i u pogledu na racionalnu primenu i ekonomičan rad izabrane mehanizacije klasičnog tipa.*

*Eksploatacija morene na rudniku Marquesado, Španija, pokazala je visoke učinke sa sistemom rock-belt, visokokapacitativni buldozeri koji rade gurajući materijal po kosini ravnoj uglu stabilnosti, na pozicije napajача transporterа sa trakama, ostvaruju učinak od preko 5.000.000 t godišnje po jednom sistemu, uz neuporedivo niže troškove eksploatacije u odnosu na klasičan sistem rada.*

### Uvod

Svojevremeno aktuelna površinska eksploatacija "Nikšićkih boksita", izrazito na PK "Zagrad", bila je suočena s problemom otkopavanja otkrivke u čijem sastavu, preko 60% i visine do 100m, figuriraju glacijalni i fluvio-glacijalni sedimenti označeni kao morena. Reč je o poluvezanom materijalu,

krečnjačko-dolimitskog porekla, heterogenog granulometrijskog sastava: frakcije peska, komadi veličine "šljunka" i obluci prečnika do 500 mm, niske stabilnosti zbog intenzivnog poniranja voda.

Danas je eksploatacija "Zagrada" okončana, ali spuštanje zavese preko jednog osobenog ležišta i osobenih problema, prevreme-

no i uticajem drukčijih - netehnoloških razloga, nije prekinulo tehničko inženjerska razmišljanja o mogućnostima novih i poboljšanju starih tehnologija, štaviše - fundamentalno ih iznova pokreće.

### Rudnik boksita "Zagrad" i rudnik gvožđa "Marquesado"

Korisna sirovina - boksit - na rudniku "Zagrad" prekrivena je jalovom otkrivanjem koju čine neposredno nalažući krečnjak i prema površini, morena (sl. 1).

Ukupna količina morene u zahvatu ležišta iznosi oko 16.000.000 m<sup>3</sup>čm. Kapacitet na godišnjem nivou je 1.550.000 m<sup>3</sup>, ili 3.400.000 t.

Ustaljena tehnologija površinske eksploatacije na ovom rudniku - primena diskontinualne mehanizacije: utovarivači i bageri kašikari na utovaru; damperi na transportu - dobrim delom je pokazala nedostatke u učincima. Upravo zbog znatnog udela morene. Tome je svakako doprineo princip unifikacije opreme za celu sredinu koja je, u mnogome, zahtevala i posebno rešenje tehnologije i poseban izbor specijalizovane opreme na moreni.

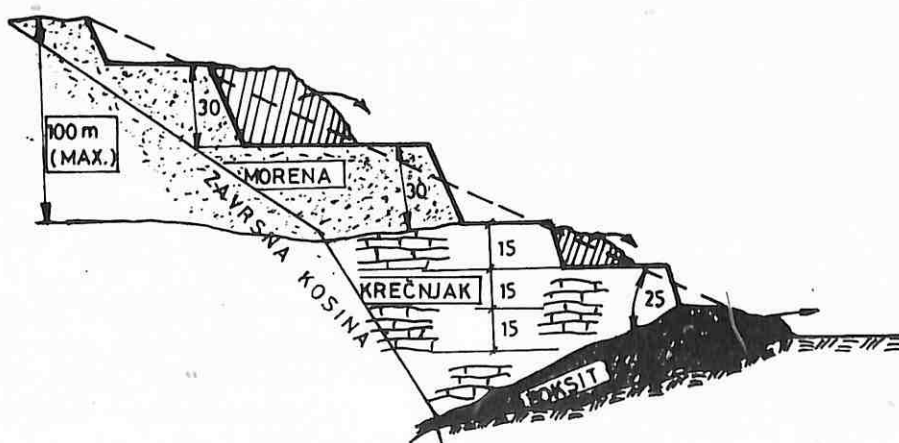
Ova konstatacija može se postaviti nakon sagledavanja jednog drukčijeg tehnološkog rešenja, na rudniku Marquesado, a sa stanovišta sličnih prirodnih uslova sa otkrivanjem na ležištu boksita "Zagrad".

Rudnik gvožđa Marquesado (provincija Almeria, Španija) površinskim načinom eksploatacije ležište hematita (55-56% Fe) koje je pokriveno jednim delom krečnjakom, a prema površini, pliokvartarnim aluvijonima (morenom). Ovaj aluvijon dostiže moćnost do 300 m, pri tom, do 160 m u mineralizovanoj zoni, koja je u okviru eksploatacionog zahvata.

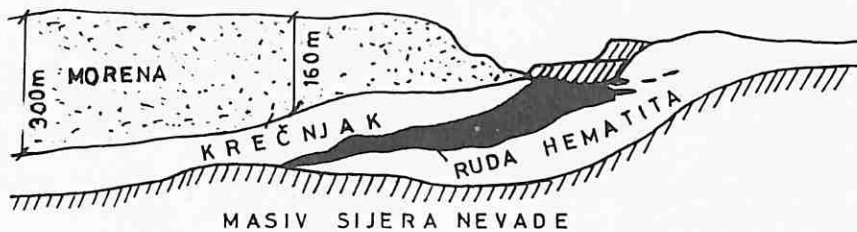
Kapacitet eksploatacije morene na godišnjem nivou je preko 10.000.000 t, za oko 270 raspoloživih dana u godini.

Karakteristike aluvijona: heterogenost u krupnoći, ali i odsustvo "šljunka" sa zaokruženim uglovima, odnosno preovlađujuće učešće "pločica" nataloženih upadljivo horizontalno.

- Zapreminska težina 2,2 t/m<sup>3</sup>, prosečno;
- Vlažnost 2,6 - 6,4 %, zasićenje na 25% H<sub>2</sub>O;
- Granulacija (u klasi od 250 mm, retko se nalaze i blokovi veći od 500 mm):



Sl. 1 Geološko eksploatacioni profil ležišta boksita "Zagrad"



Sl. 2. Uprošćen geološki profil ležišta gvožđa Marquesado

mm	%
>250	4
250-20	10
20-2	69
≥ 2	17

- Nagib kosine u aluvijonu, u funkciji visine, važi za uslove: ugao unutrašnjeg trenja 40 i  $C^0 = 5 \text{ t/m}^2$

Nizak ugao stabilnosti - glavna nepovoljnost u eksploataciji morene - na rudniku Marquesado prevazilazi se primenom buldozera koji mogu da rade na nagibu od  $28^0 \text{ max.}$ , a za visinu od 160 m.

### Mogućnost otkopavanja otkrivke morenskog tipa (aluvijona)

- Primena rotornih bagera mogla bi imati uspeha, u pogledu na kapacitet, ali se ovde postavlja pitanje efikasnosti njegovog rada u uslovima jednog neslojevitog ležišta (kakva su ležišta nikšićkih boksita ili razmatrano ležište gvožđa Marquesado), kao i dovoljnost sile rezanja (minimum 70 KN/cm),
- Primena klasične mehanizacije, bagera kašikara i kamiona velikog kapaciteta - korišćene inače u radu na ležištima nikšićkih boksita - ima nedostatak u udaljenom, te znatno neekonomičnijem transportu velikih količina masa u odnosu na

mogućnost njihove otpreme transporterima sa trakom. U svakom slučaju, zbog porasta veličine otkopnih "levkova" (mala horizontalna površina u odnosu na visinu otkrivke), primena klasične mehanizacije za ove uslove realizovala bi se i sa više uspeha od primene rotornih bagera,

- Primena buldozera koji, preko uređaja rock-belt, napajaju transportnu traku, a ova sa svoje strane napaja izvozni ciklus i odvoz masa u pravcu odlagališta, predstavlja tehnologiju koja se odlično prilagodava naročitim uslovima eksploatacije morene, uz dobre rezultate - kako pokazuje prikaz ostvarenih učinaka na tretiranom rudniku Marquesado.

### Sistem rock-belt

Ovaj sistem predstavlja visokokapacitivno, a pri tome vrlo jednostavno, elegantno i jevtino tehničko-tehnološko rešenje.

Polazni parametri rada: Osnovni tehnološki učinak vezan je za rad buldozera. Guranje materijala buldozerom ograničeno je, zbog progresivnog pada učinka, na rastojanje od 80 m, koje, grubo rečeno, pokriva visinu zahvata materijala od oko 50 m. Pripadajuća količina masa otprema se sa jedne pozicije rock-belt (RB) i veznih transporterata. Međutim, povećanje performansi moguće je postići proširenjem površine na kojoj se izvode radovi - uvođenjem u rad parova buldozera, odnosno dva RB-a u sistem, u isto vreme,



čime se i otkopna visina može udvojiti (100 m).

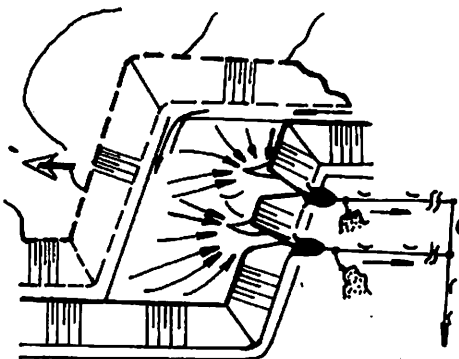
Situacija: konkretno postrojenje obuhvata, dakle, dva sistema u paralelnom radu, za prijem i otpremu materijala sa nivelete dna, koji se stapaju u jednu traku udvojenog kapaciteta.

### Vrsta opreme i njene karakteristike:

- \* Buldozeri (400 KW) - Obezbeđuje napajanje RB i obavljaju druge pomoćne radove. Radi se normalno sa 2-4 buldozera na jedan RB, što daje 4-8 mašina u smeni i to u tri smene dnevno.
- \* Rock-belt - Obezbeđuje napajanje transportnog sistema. Sastoji se iz štita - levka (otvor 3,5-1 m) i vlastitog transportera s trakom 1.800 mm, snage 100 KS. Sve je to smešteno na ramu sa pneumaticima. Jedno rešetko tipa Grizzly za izdvajanje blokova većih od 250 mm nalazi se ispred tačke napajanja transportnog sistema [1].
- \* Transporteri

- Nominalni kapacitet (t/h)
- Dužina (m)
- Visinska razlika (m)
- Nagib (%)
- Širina trake (mm)
- Brzina (m/sec)

	$T_{1,2}$	$T_s$
	1.800	3.600
	300-500	1.500-1.800
	160	
	8-16	
	1.200	
	3	4.5



Sl. 3 Konfiguracija rada buldozera na moreni

### Prikaz rezultata rada

Prikaz se odnosi na ukupne mase od 10,3 Mt (5.000.000 t godišnje po sistemu); vreme rada iznosi 234 dana (200 radnih, plus 34 neradne nedelje):

Struktura vremena rada i zastoja (h)

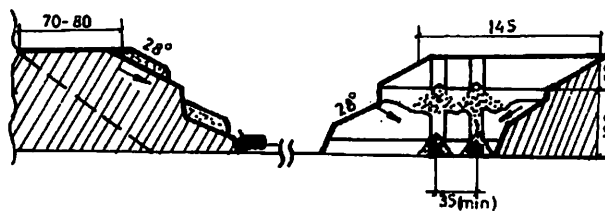
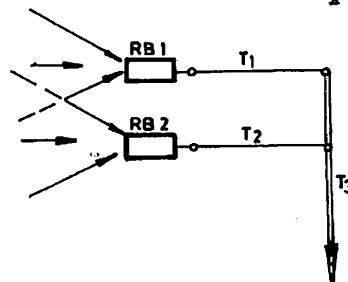
- Vreme rada tr. sistema	3.950
<b>- Zastoji:</b>	
- pomeranje RB	486
- razni kvarovi sistema	366
- održavanje	200
- neradne nedelje	618
<b>Ukupno</b>	<b>5.520 h</b>

što daje:

- koeficijent iskorišćenja	0,70
- časovni kapacitet	2.544 t/h
- prosečni dnevni kapacitet	44.000 t/dan

Raspodela radnih časova buldozera prema vrsti posla:

- napajanje RB	87,2 %
----------------	--------



Sl. 4 Dispozicija RB u odnosu na kosinu i kanale za napajanje (žlebove)

## Z. Rosić: Jednostavna i ekonomična tehnologija otkopavanja ...

- izrada kosina	9,3 %
- izrada kanala	1,5 %
- rad na odlagalištu	1,5 %
- ostalo	0,5 %
	100,00 %

### Zaključak

Pogled na tabelu sa uporednim osvrtom na parametre eksploatacije morene klasičnim načinom i primenom sistema rock-belt, sam za sebe govori o prednostima ove druge tehnologije koja je ovde detaljno razmatrana. Utoliko izraženijim, naravno, ako se radi o velikom obimu masa. Impresivan je podatak da su troškovi eksploatacije morene po toni niži na rudniku Marquesado čak za 3,5 puta

### Uporedni osvrt

U tablici 2 dati su osnovni tehnološki i ekonomski pokazatelji eksploatacije morene sa dva površinska kopa

Prikaz cene koštanja rada i energije\*

Tablica 1

	Vrsta radova	USD/t	
		Marquesado	Zagrad
Utovar	Buldozerima	0.12	
	Utovarivačima		0.17
Transport	Tračni transporter	0.06	
	Kamioni		0.45
Ostalo	Specifično za ROCK-BELT	0.01	
	Specifično za klasičnu tehnologiju		0.04
	UKUPNO USD/t	0.19	0.66

\* Za Marquesado: podaci su prezentirani na osnovu ostvarenih učinaka na rudniku

Za Zagrad: podaci su prezentirani na osnovu delimične evidencije o učincima i potrošnji normativa, kao i projekantskih parametara (RI, Beograd)

Tablica 2.

Parametri	"Marquesado"	"Zagrad"
Kapacitet (t/god)	10.300.000	3.400.000
Moćnost morene (m)	160	100
Daljina otpreme masa (m)	2.000	1.400-1.800
Oprema	buldozer (400 KW) 6	hidraulični bager (5.5 m <sup>3</sup> ) 1
	rock-belt (100KW) 2	utovarivač (5.4 m <sup>3</sup> ) 3
	transporter (1.800-3.600 t/h) 2.300 m	damper (45 t) 12
	odlagač (3.600 t/h)	buldozer (300 KW) 3
Vrednost opreme (USD)	12.500.000	5.100.000*)
Cena rada (USD/t)		
- utovar	0.12	0.17
- transport (i ostalo)	0.07	0.49
UKUPNO (USD/t)	0.19	0.66

\*) Ukupne investicije za rudnik; procena je da 70% otpada na eksploataciju morene ili: 3.570.000 USD

(0,19 : 0,66 USD/t), dakako u uslovima koji, uprkos izvesnim sličnostima, ipak nisu isti.

Pri tom, ovde nije bilo reči o mogućnostima koje pruža nestandardna primena buldozera u radu side by side (jedan uz drugog), kao i o dopunskim uštedama (u radnoj snazi) koje bi mogle prosteći iz rada s daljinskim komandovanjem buldozera, a koje bi, procenjuje se u analizama, snizile prezentiranu cenu troškova eksploatacije morene, po toni, za dodatnih 17 %.

Imajući sve ovo u vidu, postavljeno pitanje o razlozima prevremene obustave rada na eksploataciji površinskog kopa "Zagrad" (nedovršen Blok III do projektovane dubine kopa, onemogućuje i uspostavljanje bazne situacije za jamsko izvođenje radova za

dublje zalegnuti boksit) - sada dobija na značaju. Naravno, radi se prevashodno o obezbeđivanju dodatnih investicija za eventualnu novu tehnologiju [2].

Pokretanje ovog problema, međutim, fundamentalno je pitanje ne samo jednog inženjerskog pristupa, već i racionalnosti u jednoj baznoj grani privrede - dobijanje kapitalne sirovine uz niske troškove i dobit, opravdalo bi nova ulaganja.

Okvirna analiza pokazuje da bi se, na osnovu razlike u ceni troškova eksploatacije 3.400.000 t morene godišnje, uložena sredstva u jedan, ovde razmatran, tehnološki sistem prilagođenog kapaciteta vratila u toku IV godine rada.

#### Summary:

### **BULLDOZERS AS SIMPLE AND ECONOMIC EXCAVATION TECHNOLOGY OF ALLUVION MORAINES**

Nikšić boxite mines, were, at one time, facing the problem of moraine overburden mining, considering on the one hand, poor slope stability and rational economic operation of selected, conventional equipment, on the other.

Moraine mining in Marquesado mine, in Spain showed a high output with the application of the rock-belt system. High capacity bulldozers operate pushing the bulk material over the slope, which is equal to the stability angle toward the belt conveyor feed point, achieving an annual capacity of over 5.000.000 t of bulk material per each system, thus reducing considerably the mining costs in comparison to the previous, classical operating system.

#### **Literatura:**

1. Benz, Gordillo, Rodriguz: "Originalni radovi na otkriveni sa primenom buldozera koji napajaju rock-belt"; Marquesado, Compania Andaluza de Minas, 1977. (časopis)
2. "Glavni rudarski projekat eksploatacije površinskog kopa Zagrad-Nikšić"; Rudarski institut, Beograd, 1985.g.

## Utvrđivanje uticaja segregacije materijala na obrazovanje nasipnih uglova kosina

Radmilo Obradović

### Rezime

*U cilju utvrđivanja uticaja segregacije na formiranje nasipnih uglova kosina, sprovedena su pored teoretskih i laboratorijska, modelska i terenska ispitivanja na četiri odlagališta. Upoređene su stvarne dužine odbacivanja sa izmerenim pri čemu je utvrđeno da se materijal, pri kontinuiranom odbacivanju, kreće po balističkoj krivi.*

*Segregacija se povećava sa povećanjem visine odlaganja, pri čemu visina odlaganja direktno utiče na formiranje nasipnih uglova- sa povećanjem visine smanjuju se nasipni uglovi. Kod visinskog odlaganja postižu se veći nasipni uglovi. Utvrđene su empiriske zavisnosti nasipnih izmerenih uglova u zavisnosti od visina odlaganja.*

### Uvod

Kompaktan tok mase jalovine postiže se, pri odlaganju odlagačem, od momenta napuštanja trake strele odlagača početnom brzinom  $V_0$ , pa sve do pada na kosinu odlagališta ili podloge. Pojava razdvajanja jalovine prilikom odlaganja kontinuiranom

mehanizacijom uočena je dosta davno ali je, na području primene segregacije na površinskim kopovima, objavljen relativno mali broj radova. Prema literaturi [2, 3] dolazi do pojave ublažavanja kosine jalovine, što dovodi do uslojavanja jalovine na kosinama, a ovo, pak, neznatno utiče na njenu stabilnost. Segregacija jalovine pri odlaganju predstavlja fe-

\* Ovaj članak je rezultat rada autora na istraživačko razvojnom projektu, "Ugalj Republike Srbije" - osnovna energetska sirovina u perspektivi do 2005 i dalje do 2020 god.

nomen pri kome krupni komadi pseudogranulacije jalovine dolaze u podnožje kosine, a sitniji se zadrže u gornjem, odnosno središnjem delu kosine odlagališta.

Ispitivanja [3, 4], su ukazala da se jalovina pri odlaganju, usled uticaja otpora vazduha, kreće po balističkoj krivoj, a da matematičko-mehanička obrada segregacije bazira na fazi kretanja kosog hica na kosoj ravni. Sa naše strane, sprovedena su ispitivanja u cilju određivanja početnih uslova zbijenosti jalovine i njenog rasporeda po kosini odlagališta, a u zavisnosti od stepena segregacije jalovine, što čini novi kvalitet u ovim razmatranjima.

Otpor vazduha je prvi faktor koji se suprotstavlja kretanju materijala pri njegovom napuštanju trake odlagača, pri čemu čestice udaraju jedna o drugu većom brzinom dajući im određeni impuls, što se u procesu kretanja masa jalovine dešava sve do udara u podlogu. Dokazano je [2] da otpor vazduha utiče na kretanje čestica jedino po obodnim delovima toka, smanjujući im brzinu.

Zbog toga je bilo potrebni izvršiti upoređenje kretanja jalovine različite pseudogranulacije preko izmerene dužine odbacivanja i teoretski proračunate dužine u bezvazдушnom prostoru. Razrađene su u [1] teoretske osnove kretanja u bezvazдушnom prostoru, kao i kretanja u prostoru sa vazduhom i - u cilju utvrđivanja reda veličina gubitaka - brzine su upoređene na tri površinska kopa (dužine odbacivanja sa proračunatim dužinama u bezvazдушnom prostoru).

### **Rezultati laboratorijskih i terenskih merenja**

Jalovina - pri odlaganju - zbog uticaja otpora vazduha u stvarnosti ne opisuje parabolu, već balističku krivu. Da bi se odredio gubitak brzine toka masa u prostoru sa vazduhom, izvršeno je merenje stvarne dužine odbacivanja materijala na odlagalištu i to pri odsustvu vetra.

Izvršena upoređenja teoretskih vrednosti sa merenjima na odlagalištima "Veliki Stupovi" i "Šume" Kosovskog basena i "Turije" - Kolubarskog basena, prikazani su u tablici 1.

Proračun teoretskih vrednosti dužine odbacivanja materijala na odlagalištima izvršen je prema jednačinama iz literature [1].

Stvarne dužine odbacivanja izmerene su na terenu instrumentalnim putem uz pomoć naizmeničnog obeležavanja bojom komada jalovine na traci. Upoređujući stvarne dužine sa teorijskim vrednostima vidi se da se jalovina pri odbacivanju - zbog otpora vazduha - kreće po balističkoj krivi.

### **Odlagalište "Šume"**

Jalovinu čini siva glina. Srednji izmereni i proračunati prečnik komada iznosi, kod dubinskog rada, 109 mm, a kod visinskog rada 99 mm. Srednja prirodna vlažnost  $w = 34,8\%$ . Izmerena dužina odbacivanja, kod dubinskog rada,  $x' = 10,08$  m, a kod visinskog rada  $x' = 5,19$  m.

### **Odlagalište "Turije"**

Jalovina je mešavina: 43% peska, 56% prašine i 1% gline. Srednji izmereni i proračunati prečnik iznosi 12,5 mm. Srednja vlažnost  $w = 27,6\%$ . Dužina odbacivanja iznosi  $x' = 7,9$  m, a odstupanje od teoretske dužine je 2,7%.

### **Odlagalište "Veliki Stupovi"**

Jalovina - žuta glina sa prirodnom vlažnošću  $w = 31,8\%$  i veličinom komada 78,52 mm. Izmerena dužina odbacivanja  $x' = 8,96$  m. Prema teoretskoj dužini odbacivanja, odstupanje je 1,4%.

Opšti zaključak ovih razmatranja je da otpor vazduha nema pri odlaganju jalovine bitan uticaj na dužinu odbacivanja.

Jalovina odbačena sa trake pri udaru na kosinu potroši, skoro svu, svoju kinetičku energiju za rad na promeni oblika. Zbog toga se

Upoređenje teoretskih vrednosti sa merenjima na odlagalištima za parabolu hica

Tablica 1

PODACI	Jednačina	Dimen- zija	Kolubara "Turija"	KOSOVO			
				"Veliki Stupovi"	"Šume" dub. odlaganje	"Šume" vis. odlaganje	Unutrašnje odlagalište
1	2	3	4	5			
Brzina trake	$V_0$	$\text{ms}^{-1}$	5,70	5,24	5,24	5,24	5,24
Parabola hitca:							
a) Kosi hitac	$y = x \tan \varphi_0 - \frac{gx^2}{2V_0^2 \cos^2 \varphi_0}$		$y=0,079-0,152x^2$	-	$y=0,061x-0,179x^2$	$y=0,24x-0,19x^2$	$y=0,17x-0,184x^2$
b) Horizontalni hitac	$y = \frac{gx^2}{2V_0^2}$		-	$y=0,179m$	-	-	-
Visina padanja	$y$	m	9,40	14,8	18,5	8,50	22,45
Dužina odbacivanja:							
a) teoretska	$x$	m	8,12	9,09	10,33	6,03	9,57
b) izmerena	$x'$	m	7,90	8,96	10,08	5,19	9,88
Vreme:							
a) kosi hitac	$t = \frac{x}{V_0 \cos \varphi}$	s	1,429	-	1,976	1,18	2,05
b) horizontalni hitac	$t=gt$	s	-	1,735	-	-	-
Vertikalna krajnja brzina	$V_y=gt$	$\text{mxs}^{-1}$	14,02	17,02	19,385	11,58	20,11
Brzina udara	$V_p=(V_x^2+V_y^2)^{1/2}$	$\text{mxs}^{-1}$	15,13	17,808	20,081	12,71	20,78
Početni ugao hica	$\varphi_0$	( $^\circ$ )	4,50	0,00	3,50	13,23	9,50
Padni ugao	$\varphi$	( $^\circ$ )	67,88	72,89	74,87	65,65	75,40

i kretanje jalovine dalje po kosini odlagališta vrši kao i iz stanja mirovanja, tj. kombinovano klizno i kotrljajuće kretanje.

U cilju utvrđivanja uticaja segregacije na formiranje nasipnih uglova kosina, sprovedena su, pored teoretskih i laboratorijska, modelska ispitivanja [1] iz kojih su proizišli sledeći zaključci:

- kod opšte matematičko-mehaničke obrade problema ukazano je da oblik zrna ima suštinski značaj za segregaciju materijala, dok je za stepen zbijenosti značajan raspored čestica u prostoru;
- utvrđene su (modelskim opitom) uzajamne zavisnosti zbijenosti od visine odlaganja, brzine trake, prečnika otvora isticanja materijala, odnosa mešavine sitne i krupne frakcije i stepena segregacije, koje su predstavljene polinomom drugog i trećeg reda;
- visina odlaganja utiče direktno na obrazovanje nasipnih uglova, pri čemu sa povećanjem visine odlaganja dolazi do smanjenja nasipnih uglova;
- segregacija se povećava sa povećanjem visine odlaganja i nasipnih uglova kao i kada je učešće krupne frakcije preko 40%. Seg-

regacija se smanjuje sa sniženjem učešća sitne frakcije, sa porastom prečnika otvora isticanja i pri radu sa visinskim odlaganjem u odnosu na dubinsko;

- raspored zbijenosti materijala u kosini opada od gornjeg dela prema trećini visine računato od nožice kosine, gde postiže minimalnu vrednost, za deo gde je segregacija ( $S=1$ ), i postepeno se povećava prema donjem delu kosine.

Zbijenost u gornjem delu kosine takođe raste sa porastom visine odlaganja.

Sve navedene zakonitosti utvrđene laboratorijskim modelskim eksperimentom ne mogu se doslovno preneti na uslove koji vladaju na površinskim kopovima, već mogu samo da posluže kao kvantitativan pokazatelj, da bi se odredili dalji pravci terenskih ispitivanja ove problematike.

Terenska ispitivanja na više naših odlagališta, sprovedena tokom višegodišnjih opazanja, ukazala su da tipične pojave segregacije sa učešćem koherentne i nekoherentne razdrobljene jalovine, praktično ne postoje u meri utvrđenoj laboratorijskim eksperimentima. Segregacija je više izvršena na odlagalištima

Kosovskog ugljenog basena (siva i žuta glina) nego u odlagalištima Kolubarskog i Kostolačkog basena u kojima se odlaže pretežno peskovito-prašnasta i glinovita jalovina.

Metodologija terenskog rada je već prikazana u literaturi [1], a ovde će se samo izneti potrebni zaključci izvršenih "in situ" merenja:

- merenja su izvršena na odlagalištima za različite visine odlaganja, od 5- 23 m u dubinskom radu i 4 - 14 m u visinskom radu,
- za kosine visine do 8,0 m nije uočena jasna zakonitost segregacije jalovine u kosini, pa se zaključuje da za manje visine segregacije nema bitnog uticaja na stepen relativne zbijenosti jalovine, što nije slučaj za veće visine odlagališnih kosina,
- kao značajan faktor za raspored relativne zbijenosti jalovine u kosini utvrđena je njena raskomadnost ili pseudogranulacija,
- kod manjih visina, put otkotrljavanja nije veliki i iznosi od 2,4 - 8,1 m za kosine visine od 4 - 10 m, pri čemu je raspored krupnijih i sitnijih frakcija ujednačen po kosini. Pri visinama većim od 10 m, krupnije frakcije prikupljaju se u podnožju kosine, tj. stepen segregacije postaje veći od jedinice,
- utvrđena je linearna zavisnost nasipnih uglova od visine kosine.

Kod visinskog odlaganja (žute gline) - do 9,0 m, dobijaju se veće vrednosti nasipnih

uglova sa tendencijom bržeg opadanja pri porastu visine. Koeficijent pravca linearne zavisnosti za mereno područje je  $\text{tg } \beta = 0,580$ .

Kod dubinskog odlaganja ugao nasipanja je manji i koeficijent pravca iznosi  $\text{tg } \beta = 0,324$ .

### Zaključak

Opšti zaključak o nasipnim uglovima je, da se - kod visinskog odlaganja - postižu veći nasipni uglovi u području 5-14 m, kao i da se kod žute gline obrazuju strmiji nagibi nego kod sive gline.

Opšta empirijska zavisnost nasipnog izmerenog ugla, u zavisnosti od visine odlaganja, iznosi:

$$\beta = 37,291 - 0,251 H \quad (R = -0,99)$$

U pogledu zavisnosti relativne zbijenosti jalovine od njene pseudogranulacije i stepena segregacije najbolje se aproksimira polinomom drugog stepena.

a) Raspored relativne zbijenosti za visine kosine do  $H = 15$  m

$$\gamma_i = 1,53 - 0,0819 H - 0,00039 H^2$$

b) Raspored relativne zbijenosti za kosine visine preko 23 m:

$$\gamma_i = 1,54 - 0,00153 H - 0,00066 H^2$$

Summary:

**THE EFFECT OF BULK MATERIAL SEGREGATION ON THE FORMATION OF DIKE SLOPE ANGLES**

In order to determine the effect of the segregation of bulk material on the formation of dike slope angles, the conditions on four waste disposal sites were observed, considering different aspects and including several approaches. In other words, this problem was examined theoretically and at the same time, a series of laboratory, model and field tests were performed. The real dumping distance was compared with the foreseen, and it was established that in case of continuous dumping, the bulk material moves according to the ballistic curve.

The segregation of bulk material increases with the dumping height, and at the same time dumping height is directly connected with the formation of the dike angles. Regarding below-level dumping, the dike angles are smaller as the dumping height rises. On the other hand, when the dumping is performed above-level, the dike angles are bigger as the dumping height rises. Herewith, the empirical dependence is established; the size of the dike angles depends directly on the dumping height.

**Literatura:**

1. Obradović R., (1978): "Uticaj promene fizičko mehaničkih karakteristika jalovine usled odlaganja na stabilnost odlagališta površinskih kopova (Doktorska disertacija - RGF -Beograd).
2. Leibiger H., (1964): "Über Gezetzmässigkeiten der Bodenentmischung beim Verkippen von Mischoden in Braunkohlentagebauen". Freiberg Forschungshefte, A-309."
3. Matschau H., (1963): "Einige erdbaumechanische Gesichtspunkte zur Austegung von Grossgeratan im Tagebau, Bergbautechnik H.5."
4. Schmidtalbers K., (1969): "Messtechnische Untersuchungen des Betriebsablanfes während der Schüttungsperiode von Halden über deren inneren Aufbau. DissTU Clausthol



## Zeoliti ležišta "Opčište" kod Beočina

Jovan Radojević - Nebojša Gojković - Ratko Jovičić - Ljubomir Dedić

### Rezime

*Ležišta zeolitskog tufa "Opčište" kod Beočina ispitana su kao pucolanska sirovina za beočinsku fabriku cementa. Posle izvršenih istraživanja sugerise se da se deo ležišta koristi za cementnu industriju, a deo kao zeolitska sirovina.*

U znak iskrenog poštovanja i odavanja zaslužene počasti našem prijatelju i kolegi, prerano preminulom Prof. dr Dragoslavu Nikoliću, dipl. ing. geologije, želimo ovim putem da obavestimo našu i svetsku stručnu i naučnu javnost sa rezultatima ispitivanja i istraživanja pojava zeolita u ležištu "Opčište" kod Beočina, koji su proizašli iz idejnih postavki i aktivnog rada i angažovanja do poslednjeg dana dragog nam profesora koga se mnogi i mnogi sećaju zbog njegovog nadimka "CAR".

Završavajući započeta istraživanja i ispitivanja prema smernicama i idejnim postavkama grupe saradnika i istraživača sa Rudarsko-

geološkog fakulteta iz Beograda došli smo do rezultata koji zaslužuju da budu objavljeni u znak sećanja na Prof. Nikolića.

Želimo posebno da se zahvalimo kolegama saradnicima Beočinske fabrike cementa, Rudarskog instituta i Rudarsko-geološkog fakulteta, na saradnji i uspešnom završetku preduzetih aktivnosti.

### Uvod

Na osnovu ugovora zaključenog između Rudarsko-geološkog fakulteta iz Beograda i Beočinske fabrike cementa iz Beočina, preduzeti su odgovarajući geološki istražni radovi i odgovarajuća laboratorijska ispitiva-

nja: geomehaničkih, hidrogeoloških, hemijskih, geofizičkih i mineraloško-petrografskih osobina uzoraka tufa kao i krovinskih i podinskih sedimenata. Istražno bušenje je izvedeno od strane Kosovoprojekta iz Beograda.

Prvenstvena namena i cilj ispitivanja su bili da se proširi sirovinska baza i utvrde rezerve tufa u ležištu "Opčište" kroz ocenu ležišta i kvaliteta pucolanske materije, i sagledavanja mogućeg prisustva montmorionita - bentonita i prisustva zeolita u tufu.

Na insistiranje i predlog Prof. Nikolića izvršene su odgovarajuće izmene i dopune analitičkog ispitivanja koje su ostvarene u okviru predviđenog finansiskog plana i Programa istraživanja bez zahteva za dodatnim sredstvima, a na račun istraživačkog tima. Radi dobijanja slike o obimu i vrsti istraživanja navodimo samo osnovna ispitivanja i obim izvršenih radova:

- geološkim istražnim bušenjem urađeno je 70 istražnih bušotina u ukupnoj dužini od 2.213,90 metara, od čega u toku 1994. godine 1.209,90 metara,
- određivanje CaO - ukupno je uzeto i ispitano 686 proba,
- Ro, DTA i TGA ispitivanja - ispitano je 20 uzoraka,
- Ro - detekcija - ukupno je ispitano 1.068 uzoraka od čega 697 čine tufovi, a 371 laporci,
- kompletne hemijske analize na kompozitima - 46 uzoraka,
- ispitivanje fizičko-mehaničkih karakteristika obuhvatilo je ukupno 208 uzoraka i to: 122 tufa, 77 laporaca i 19 povlatnog materijala.

### **Zeoliti - kratka informacija**

Zeolite je u prirodi otkrio švedski mineralog baron A.F. Cronstads 1752. godine. Zeoliti su dobili ime od grčke reči "zeo" i "litos" što znači "vrijuču kamen", jer pri zagrevanju bubri i penuša.

U zeolite spada niz srodnih minerala-alumosilikata natrijuma, kalcijuma, rede barijuma, stroncijuma i kalijuma sa sadržajem vode. Svi oni pokazuju neke zajedničke osobine. Slični su po spolnjem izgledu, hemizmu, načinu vezivanja vode, po ponašanju prema delovanju kiselina, po postanku i pojavljivanju.

Glavna zajednička karakteristika zeolita je način na koji je voda vezana u njima. Zahvaljujući slaboj vezi sa rešetkom voda se pri običnom zagrevanju oslobađa i uz vrenje odlazi, mada kristalna rešetka zeolita pri tome ne podleže razaranju. Kasnije, po hlađenju, zeolit je u stanju da primajući vlagu iz vazduha, ponovo nadoknadi izgublenu vodu. Odlaganjem vode pri zagrevanju minerala postepeno se optičke, kao i druge osobine, kontinuirano menjaju. Delovanjem kiselina i baza može se iz zeolita izvući i jedan deo alkalnih i zemnoalkalnih metala, a da pri tom ne bude narušena kristalna rešetka.

Do danas otkriveno je 40 vrsta zeolita. Najpoznatiji su i najviše korišćeni klinoptilolit, mordenit, hejlandit, šabazit i analcin.

Zeoliti su minerali kristalnog sastava, alumosilikati utemeljeni na tro-dimenzionalnoj mreži od  $\text{SiO}_4$  tetraedra sa sva četiri kiseonika razdeljena po rogljevima tetraedra. Zeoliti mogu biti prikazani empiriskom formulom  $\text{M}_z\text{nO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot x\text{SiO}_2 \cdot y\text{H}_2\text{O}$ , gde je (M) alkalni ili zemno-alkalni katjon sa n - valenci, (x) je broj između 2 i 10, a (y) broj između 2 i 7.

Postoje prirodni i sintetički zeoliti.

Prirodni zeoliti koriste se u svetu od pre 20 - 25 godina - uglavnom u agrikulturi - kao dodatak đubrivu, kao dodatak hrani za živinu i stoku, i kao apsorvent loših (neprijatnih) mirisa iz raznih prostora (staja za stoku, prostorija sa živinom itd.), gasova i zagađenih sredina, sve do apsorbovanja nuklearnog otpada.

Proučavanje prirodnih zeolita kao mineralne sirovine koja se može koristiti u agrikulturi, keramici ili kao apsorvent zagađenih sredina, je kod nas započeto pre 10 - 15 godina.

Istraživanja su pojedinačna i nesistematska, pa su i rezultati, a takođe i primena, skromnih razmera. Poznavanje i primena zeolita u svetu je u stalnom porastu.

Sintetički zeoliti su u upotrebi više od 40 godina u industriji deterdženata i kao katalizatori pri prečišćavanju nafte.

Zeoliti se odlikuju sledećim osobinama koje ih čine vrlo korisnim u različitim industrijama:

- visok stepen hidratacije,
- niska masivnost i velike šupljine u zapremini kad su dehidratirani,
- stabilnost kristalne strukture - kod većine zeolita - kad su dehidratirani,
- osobina katjonske izmene,
- ujednačenost molekularne veličine kanalića u dehidratiranim kristalima,
- različite fizičke osobine, kao što je električna provodljivost,
- absorpcija mirisa, gasova, isparenja i materija, kao što su teški metali i nuklearni otpad iz zagađenih sredina,
- katalitičke osobine.

Proizvodnja prirodnih zeolita danas iznosi oko 500.000 tona. Najveći proizvođači su USA (90.000 t), Japan (70.000 t), Mađarska (oko 20.000 t), Bugarska (10.000 t), nešto manji su Nemačka, Kuba, Novi Zeland, Island i Italija.

Inače, zeoliti se proizvode u malim količinama u 40 zemalja, gde spada i Jugoslavija. U rudniku "Zlatokop" kod Vranjske Banje godišnje se proizvodi od 1.000 - 1.500 t zeolita - prodaje se pod komercijalnim nazivom "litoporit".

### **Nalazište zeolitskog tufa "Opčište" kod Beočina**

Nalazište zeolitskog tufa "Opčište" otkriveno je na južnim padinama Fruške Gore, 1,5 km od manastira, odnosno oko 4 km od Beočina.

Zeolitska mineralizacija javlja se u južnom delu istraženog sočiva tufa i prostorno posma-

trano zauzima trećinu istraženog ležišta "Opčište".

Saobraćajnu vezu sa ležištem predstavlja uzak asfaltni put Beočin-Manastir, a od Manastira do ležišta makadamski put dužine od 0,7 km.

Administrativno nalazište zeolitskog tufa "Opčište" pripada SO Beočin.

### **Geološka građa nalazišta**

Neposrednu geološku građu nalazišta zeolitskog tufa čine: podinski laporci, zeolitski tuf i povlatni materijal - les, osulina i nešto humusa.

#### **Podinski laporci (M<sub>2</sub>-PI)**

Podinski laporci javljaju se u podini zeolitskog tufa i kao "prozor" u starom kopu. To su čvrste kompaktne, dobro uslojene stene. Sastoje se od tufoznih i čistih laporaca. Po starosti pripadaju periodu od srednjeg mioцена do pliocena.

#### **Tuf (M<sub>2</sub>-PI)**

Zeolitski tuf leži neposredno iznad laporaca; prema istraživanjima gradi nepravilno sočivasto telo koje prema jugu i istoku nije okontureno (Slika 1). Debljina tufa, zavisno od erozije kreće se od nekoliko do 25 m. Veći deo zeolitskog tufa pokriven je osulinskim materijalom.

Zeolitski tuf je stena bele do sivo-bele boje.

Zastupljena su dva varijeteta - sitnozrni, u gornjem delu tufa i srednjzrni, u nižem delu tufa.

Tokom više godina tuf je istraživan isključivo kao pucolanska sirovina. Kao što je rečeno u uvodu, tokom 1985. i naročito 1994. godine, tuf je istraživan uporedo i kao nosioc zeolitske mineralizacije.

#### **Povlatni materijal (Q)**

Povlatni materijal se sastoji od lesa, osulinskog i humusnog materijala. Debljina lesa se kreće u proseku od 5 - 10 m, a osuline

od 1 - 5 m. Humus je male debljine, 0,2 - 0,3 m.

### Geološke rezerve tufa

Geološke rezerve tufa ležišta "Opčište" A+B+C<sub>1</sub> kategorije su sledeće:

A - kategorija	T = 536.619 t
B - kategorija	T = 1.389.119 t
C - kategorija	T = 555.483 t
<b>A+B+C<sub>1</sub> kategorija</b>	<b>T = 2.480.000 t</b>

Stanje rezervi od 1. jula 1995. godine.

### Eksploatacione rezerve tufa

Eksploatacione rezerve tufa "Opčište" iznose 1.877.360 t.

iskorišćenje sirovine	76%
raskrivka	0,4 m <sup>3</sup> jal./t tufa
godišnja proizvodnja	100.000 t
vek eksploatacije	19 godina.

### Geološke rezerve zeolita

Na osnovu navedenih, istražnih i laboratorijskih, radova izdvojen je deo ležišta sa zeolitskom - dominantnom mineralizacijom, koji obuhvata 1/3 ležišta tufa "Opčište".

Procenjuje se da u ovom delu ima rezervi zeolitskog tufa od 700.000-800.000 t. Prema ovim količinama bez daljih istraživanja rezervi, s obzirom na današnje korišćenje zeolita, svrstava se u veća nalazišta.

### Kvalitet sirovine

Kvalitet zeolitskog tufa ispitivan je hemijskim, mineraloškim i R<sub>0</sub> analizama.

Hemijskim analizama utvrđivan je sastav zeolita. Utvrđeno je da hemijski sastav nije od bitnog uticaja za specifičnu identifikaciju minerala zeolita.

Mineraloškim analizama (DTA, TGA, R<sub>0</sub>) ispitivan je mineraloški sastav tufa. Utvrđeno je da se uzorci sastoje uglavnom od minerala zeolita, procentualno učešće nije određeno. Ovim analizama, za sada, identifikovan je samo zeolit - klinoptilolit.

R<sub>0</sub> analizama, detektovano je dominantno prisustvo minerala i samo prisustvo minerala u tufu. Utvrđeno je, prema rendgenogramima, za celo ležište "Opčište" dominantno prisustvo zeolita, kao i prisustvo vulkanskog stakla (jedan od karakterističnih dijagrama prikazan je na slici 1).

Procentualni sadržaj vulkanskog stakla nije utvrđivan.

Na bazi rezultata rendgenograma izdvojene su 3 zone u ležištu tufa "Opčište", koje grubo posmatrano, svaka pojedinačno zauzimaju po 1/3 ležišta.

Zone su sa sledećim procentualnim učešćem zeolita:

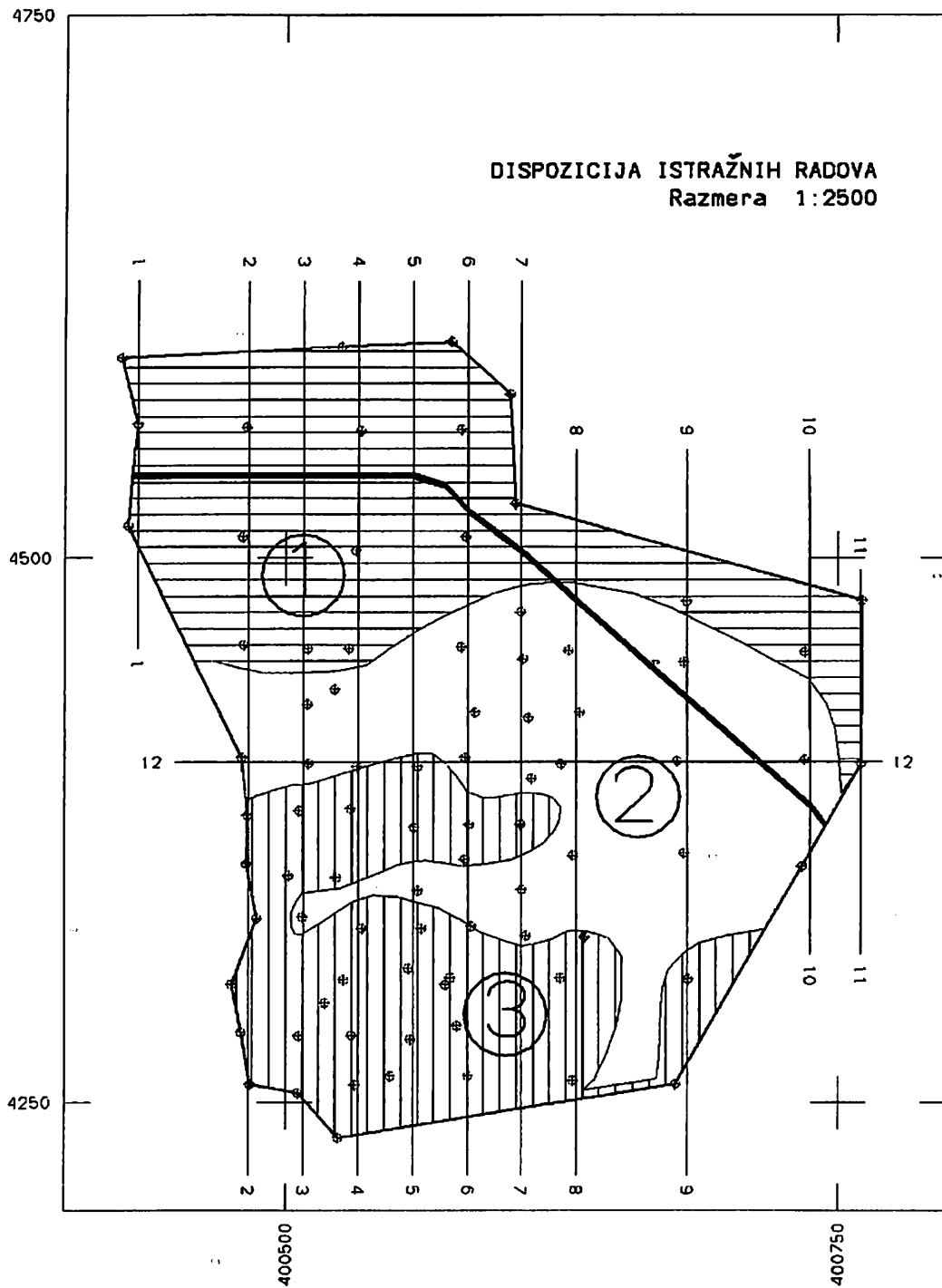
zona - 1 (zona vulkanskog stakla)	- 5,26%
zona - 2 (zona zeolita i vulkanskog stakla)	- 53,33%
zona - 3 (zona zeolitske mineralizacije)	- 88,35%

Sa slike 1 se vidi da je južni, najverovatnije centralni deo, sočiva tufa "Opčište" od zeolita, da je severni - periferni deo sočiva izgrađen od vulkanskog stakla, a da se između njih prostire zona sa izmešanim (približno 50 : 50 %) vulkanskim staklom i zeolitima.

### Zaključak

Na osnovu izloženog smatramo da smo došli do značajnih podataka, na osnovu kojih predložimo Beočinskoj fabrici cementa da se započeta istraživanja nastave po Programu i obimu koji obezbeđuje definisanje i ostalih minerala zeolita, kao i dobijanje podataka o procentualnom sadržaju zeolita i vulkanskog stakla.

Sa druge strane smatramo da, pored korišćenja ispitivanog materijala za pucolansku sirovinu, treba obezbediti izvođenje dodatnih ispitivanja koja bi obezbedila selektivno otkopavanje navedenog ležišta, pri čemu bi se deo koristio kao pucolanska sirovina, a deo kao zeolitska komponenta za koju bi se prethodno ispitivanjem utvrdila vrednost i potencijalna primena.



Sl. 1. Karta rasprostranjena Vulkanskog stakla i Zeolita u ležištu "Opčište"  
1. Vulkansko staklo, 2. Vulkansko staklo i zeoliti, 3. Zeoliti

Summary:

**ZEOLITE DEPOSITS "OPČIŠTE" NEAR BEOČIN**

Zeolite tuff deposits "Opčište", near Beočin were researched and evaluated as pozzuolana which is used as raw material in the cement factory "Beočin". After completion of the investigations it was suggested to use one part of the deposit for the needs of the cement industry and the other part as zeolite.

**Literatura:**

1. Ilić M., Karamata S., 1963- Specijalna Mineralogija, Beograd
2. Čongradac G., 1978 - Izveštaj o istražnim radovima na tufovima Beočina u 1975/76 godini, Fond str. dok. Geozavoda, Beograd
3. Čongradac G., 1986 - Elaborat o kvalitetu i rezervama tufova ležišta "Beočin-Manastir", Fond str. dok. Geozavod, Beograd
4. Radojević J., Dedić Lj., 1995 - Elaborat o kvalitetu i rezervama tufa ležišta "Opčište" kod Beočina, Fond str. dok. Rud.-geol. fak., Beograd

---

Autori: Dr Jovan Radojević, dipl. inž. rud., Mr Nebojša Gojković, dipl. inž. rud., Rudar.-geol. fakultet, Beograd  
Ratko Jovičić, dipl. mat., Rudarski institut, Beograd-Zemun, Ljubomir Dedić, dipl. inž. geol., Geozavod, Beograd

## **Agrohemijska ispitivanja odlagališta jalovine “Petka” ugljenokopa “Ćirikovac” radi rekultivacije njegove površine**

**Željko Dželatović - Radoslav Filipović - Dimitrije Stojanović  
Milica Vučković - Melanija Đurđević - Milutin Lazarević**

### **Rezime**

*Istraživane su agrohemijske osobine površinskog sloja odlagališta jalovine “Petka” ugljenokopa “Ćirikovac” u basenu Kostolac, radi korišćenja njegovih površina za poljoprivrednu proizvodnju. Ustanovljeno je da postoje određena ograničenja za gajenje poljoprivrednih kultura. Ova ograničenja se mogu prevazići korišćenjem standardnih meliorativnih postupaka, uz upotrebu mineralnih đubriva i izbor odgovarajućih kultura koje bi se gajile na jalovinama ovakvih agrohemijskih svojstava.*

### **Uvod**

Celokupan sloj zemljišta do rudnog bogatstva, u rudarskom smislu, predstavlja jalovinu, koja se moćnim mašinama uklanja i odlaže na većoj ili manjoj udaljenosti od kopa. Jalovinski materijal se odlaže u takvim količinama, da su tzv. kipe vidljive iz daleka, budući da grade nov reljef, čitava nova brda, vrlo strmih padina [2]. Jalovina se najčešće odlaže preko okolnih zemljišta, a u novije vreme i na površine na kojima su rudarski

radovi iskopa rude završeni. Novi reljef i visina odlagališta jalovine mogu delimično promeniti i klimu u području, naročito kada su u pitanju vetrovi i njihov pravac [1].

Odlagališta jalovine predstavljaju jedan od osnovnih izvora prašine, koja, naročito pri povećanim brzinama vetra, zagađuje vazduh i pri tom može da dospe i na velike udaljenosti [22]. Velika odlagališta rudničke jalovine predstavljaju privredno i biotički tzv. “prazne sredine”. Procesi destrukcije često ne deluju

samo in situ, već se prenose i ugrožavaju i bližu i dalju okolinu [25]. Procesi zbivanja i sleganja se odvijaju neravnomerno na površini odlagališta jalovine, usled heterogenosti odloženog materijala, zbog čega se obrazuju mikrodepresije [15].

Ostvarivanje osnovnih ciljeva prostornog uređenja bilo koje teritorije podrazumeva uspešno realizovanje rekultivacije svih degradiranih i bioloških unazađenih površina u njoj [24]. Vraćanje oštećenog zemljišta kulturi predstavlja obavezu prema društvenoj zajednici, koja je u zakonima predviđena. Zemljište je najvažniji prirodni resurs i uslov egzistencije ove i niza budućih generacija, zbog čega se mora voditi izuzetna briga o njegovoj zaštiti [16]. Naime, rudarski basen "Kostolac" se u celosti nalazi na najboljim zemljištima tipa černozem i fluvisol [2]. Na suprot ovim zemljištima, deposoli, kao tvorevine nastale u uslovima odlaganja različitih geoloških materijala otkrivke ugljenokopa [15], imaju izrazito malu proizvodnu vrednost za gajenje biljaka, zbog nedostataka hranljivih materija, odsustva humusa, mikrobiološke aktivnosti i delovanja faune. [19].

Problemima oštećivanja zemljišta i njihove rekultivacije krajem sedamdesetih godina u naš se posvećuje veća pažnja, ispoljena kroz kontinuiran i kompleksniji prilaz stručnjaka različitih profila [5]. Organizovana rekultivacija deposola u ovom basenu započela je sredinom sedamdesetih, sadnjom bagrema i topole na oko 80 ha [2]. Povratak zemljišta poljoprivredi ili šumarstvu i smanjenje zagađenja vazduha štetnim sastojcima i prašinom koju vetar nosi, su samo neki od ciljeva koji se žele postići rekultivacijom oštećenih zemljišta [8, 23].

Na osnovu rezultata brojnih poljskih ogleđa, ustanovljeno je da se, posle prethodnog ravnjanja površina, poljoprivredna proizvodnja može organizovati na deposolima kostolačkih ugljenokopa, bez nanošenja sloja humusne

zemlje [2], uz primenu većih količina mineralnih đubriva [12, 18, 19].

Cilj ovog rada je istraživanje agrohemijskih osobina površinskog sloja odlagališta jalovine "Petka" ugljenokopa "Ćirikovac", kao prve etape u spoznaji potencijalnih mogućnosti korišćenja ravnih površina odlagališta za poljoprivrednu proizvodnju. Na osnovu rezultata ovih istraživanja, mogu se predvideti neophodne mere za uspešno sprovođenje bioloških rekultivacija površina ovog odlagališta (odgovarajuće melioracije deposola, đubrenje, izbor biljnih vrsta, načina njihovog gajenja i dr.).

### Materijal i metode

Odlagalište jalovine "Petka" ugljenokopa "Ćirikovac" nalazi se u središnjem delu kostolačkog ugljenog basena. Odlagalište je 1991. godine dobilo konačan izgled, nakon prestanka daljeg odlaganja jalovine. Na njemu je izvršena tehnička rekultivacija (ravnjanje površina), kako bi se dobile što veće ravne parcele, namenjene poljoprivrednoj proizvodnji. Za istraživanja jalovinskog supstrata na površinama odlagališta izvršeno je prikupljanje reprezentativnih uzoraka deposola na 20 položaja. Uzorci su uzeti sa dubine 0-20 cm i sušeni su na vazduhu 7 dana na 20-25 °C, nakon čega se pristupilo ispitivanjima, koja su izvedena standardnim postupcima.

Granulometrijski sastav analiziranih deposola određen je pipet metodom sa NaPO, a teksturne klase prema tročlanoj trouganoj teksturnoj klasifikaciji ISSS, [4]. Analize sadržaja ugljenika i humusa u deposolima izvršene su prema metodi Tjurina, u modifikaciji [17]. Određivanje ukupnog azota u deposolima izvršeno je semi-mikro Kjeldalovim metodom, modifikovanim prema Bremneru [14]. Određivanje lakopristupačnih oblika fosfora i kalijuma u deposolima izvršeno je AL-metodom po Egner-Rimu, a razmenljivog Ca i Mg metodom atomske apsorpcione spektrometrije - AAC [14]. Za analize sadržaja mikroelemenata i teških metala odmereni



uzorci deposola su razarani smešom koncentrovane  $\text{HNO}_3$  i  $\text{H}_2\text{O}_2$ , a dobijeni rastvori su analizirani korišćenjem atomskog apsorpcionog spektrometra PYE UNICAM SP-192. Ukupni sadržaji žive u deposolima određeni su metodom AAC, preko tzv. "hladnih para", a ukupni arsen određen je AOAC-metodom (A.O.A.C., 1960).

## Rezultati i diskusija

Jalovine kostolačkih ugljenokopa su uglavnom mešavina leša i glinovitih slojeva [12]. Granulometrijski sastav istraživanih deposola (slika 1; tablica 1) je nehomogen. Izrazito prevladavaju deposoli lake glinuše. Glinuše su teške za obradu, nepovoljnih vodno-fizičkih i toplotnih svojstava. Zbog podložnosti zbijanju i zabarivanju, one su nepočne za razvoj korenasto-krtolastih, kao i niza drugih gajenih vrsta [13]. Glinuše u velikoj meri ograničavaju izbor kultura koje bi se gajile na deposolima.

Glinovite ilovače su nešto povoljnijih fizičkih svojstava i predstavljaju prelaz od lakih glinuša ka peskovito-glinovitim ilovačama, koje su vrlo pogodne za obradu standardnom poljoprivrednom mehanizacijom i za rast i razvoj svih gajenih kultura i šumskih vrsta.

Peskoviti deposoli ( peskovite ilovače i ilovasti pesak) na odlagalištu "Petka" su malo zastupljeni. Oni su nepovoljnih vodnofizičkih

svojstva, hraniva se iz njih lako ispiraju i podložni su eolskoj eroziji.

Uspešna poljoprivredna proizvodnja može se organizovati na deposolima ugljenokopa, ukoliko je granulometrijski sastav površinskog sloja povoljan, tj. ako ima najmanje 10% čestica gline [12]. Da bi se poboljšao fizičko-mehanički sastav deposola, potreban je dugi niz godina. Na promenu fizičko-mehaničkog sastava utiču niz spoljašnjih faktora: klima, padavine, vetrovi, zagađivanje, način obrade, izloženosti erozionim uticajima, vrste biljaka koje se gaje, vrste i količine unetih đubriva itd. Smatramo najracionalnijim, prilagođavanje izbora kultura koje će se gajiti na deposolu, uz primenu odgovarajućih količina i vrsta mineralnih đubriva.

Deposoli sa odlagalištima "Petka" su, prema vrednostima pH u vodi, slabo do jako alkalni (tablica 2). Ovakva osobina deposola ograničava izbor biljnih vrsta samo na one koje podnose povišene vrednosti pH supstrata. Vrednosti  $\Delta\text{pH}$  (razlika između vodne pH i KCl-pH: [4] su u opsegu uobičajenih za zemljišta.

Deposoli su slabo do vrlo slabo humozni (tablica 2), što ukazuje na njihovu nisku potencijalnu plodnost. Okolna prirodna zemljišta (černozemni i fluvisoli) se odlikuju znatno većim sadržajem humusa, od 1,78 do 3,91% [11]. Humizacija deposola je neophodna

Teksturni sastav deposola sa odlagališta jalovine "Petka" ugljenokopa "Ćirikovac"

Tablica 1.

ISSS teksturne klase	Broj uzoraka	Zastupljenost (%)
Laka glinuša	13	65
Glinovita ilovača	2	10
Peskovito-glinovita ilovača	2	10
Peskovita glinuša	1	5
Peskovita ilovača	1	5
Ilovasti pesak	1	5
Svega	20	100

Osnovna agrohemijska svojstva deposola "Petka"

Tablica 2.

Uzorak broj	pH u vodi	pH u KCl-u	ΔpH	Sadržaj ugljenika (%)	Sadržaj humusa (%)	Ukupni sadržaj N (%)	C/N
1	7,9	6,9	1,0	0,52	0,90	0,04	13,0
2	8,2	7,2	1,0	0,33	0,57	0,02	16,5
3	8,1	7,1	1,0	0,42	0,72	0,03	14,0
4	7,9	6,9	1,0	1,18	2,03	0,06	19,6
5	7,9	7,4	0,5	1,50	2,59	0,08	18,7
6	8,0	7,2	0,8	0,68	1,17	0,05	13,6
7	8,3	7,3	1,0	0,38	0,65	0,04	9,5
8	7,8	7,2	0,6	0,24	0,41	0,03	8,0
9	7,8	7,3	0,5	0,47	0,81	0,04	11,7
10	7,9	7,2	0,7	0,38	0,65	0,03	12,6
11	7,7	7,3	0,4	0,70	1,21	0,04	17,5
12	8,0	7,2	0,8	0,17	0,29	0,03	5,7
13	8,0	7,3	0,7	0,41	0,71	0,04	10,3
14	8,0	7,5	0,5	0,37	0,64	0,04	9,3
15	7,9	7,4	0,5	0,65	1,12	0,05	13,0
16	8,0	7,6	0,4	0,67	1,15	0,04	16,7
17	8,0	7,5	0,5	0,59	1,02	0,04	14,7
18	7,9	7,3	0,6	0,80	1,38	0,05	16,0
19	7,8	7,2	0,6	0,13	0,22	0,04	3,3
20	7,9	7,3	0,6	0,51	0,88	0,04	12,7
prosek	7,95	7,27	0,68	0,555	0,956	0,041	12,8
S.D.	0,14	0,18	-	0,327	-	0,010	4,2

mera, jer, između ostalog, potpomaže ostrukturivanje deposola. Međutim, stvaranje humusa u jalovinama je dugotrajan proces, naročito u onim koje se odlikuju peskovitom teksturom [12,18].

Deposoli "Petke" su, kao i drugi deposoli kostolačkih ugljenokopa [20], siromašni u azotu (tablica 2). Nedostatak azota u deposolima može se nadoknaditi, a veoma širok i varijabilan odnos između ukupnih sadržaja C i N u deposolima ujednačiti: meliorativnim đubrenjem, dopunskim prihranjivanjima, uključivanjem u plodored leguminoznih kultura, zelenišnim đubrenjem itd.

Sadržaji pristupačnih oblika: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, Ca i Mg u deposolima (tablica 3) su uglavnom na nivou dobre obezbeđenosti. Sadržaji makroelemenata u deposolima ne ograničavaju bitnije izbor kultura, ukoliko se obezbedi odgovarajuća ishrana, pre svega azotom.

Sadržaji pristupačnih oblika makroelemenata u istraživanim deposolima (mg/100 g zemlje)

Tablica 3

	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg
Minimalna vrednost	7,5	0,0	350	67
Maksimalna vrednost	45,0	56,6	1450	147
Prosečno (n = 20)	18,7	23,1	1075	111
S.D.	10,6	12,7	339	20

Ukupni sadržaji važnijih mikroelemenata u istraživanim deposolima (mg/kg)

Tablica 4.

	Fe	Zn	Cu	Mn
Minimalna vrednost	16620	39,4	23,1	266
Maksimalna vrednost	17750	55,0	67,5	469
Prosečno (n = 20)	17050	50,3	46,15	419
S.D.	263	4,1	11,97	48

Ukupni sadržaji mikroelemenata (Fe, Zn, Cu, Mn) u deposolima (tablica 4) su u rasponu normalnih vrednosti koje se nalaze u prirodnim nezagađenim zemljištima. Sadržaji

Sadržaj teških metala i toksičnih elemenata u deposolima odlagališta "Petka"

Tablica 5.

Uzorak broj	Ni mg/kg	Cr mg/kg	Pb mg/kg	Cd mg/kg	As mg/kg	Hg mg/kg
1	80	75,0	8,75	0,35	2,70	31,5
2	90	70,6	10,00	0,55	6,10	29,6
3	85	78,7	12,50	0,55	2,25	36,0
4	122	90,0	20,60	0,75	1,55	17,5
5	100	75,6	12,50	0,25	1,70	18,0
6	82	85,0	11,25	0,35	0,70	20,5
7	67	66,7	13,75	0,25	1,05	21,5
8	84	78,7	16,85	0,50	0,90	43,5
9	62	62,5	16,85	0,50	2,65	20,5
10	72	64,3	10,00	0,25	2,35	22,5
11	66	62,5	11,25	0,25	6,50	12,5
12	107	91,8	18,10	0,25	2,10	53,5
13	65	65,0	8,75	0,50	3,30	46,0
14	70	61,8	18,10	0,65	3,00	19,5
15	85	71,2	8,75	0,25	4,10	37,0
16	59	53,7	13,75	0,50	4,10	22,0
17	69	62,5	11,25	0,35	2,50	23,5
18	94	75,0	12,50	0,25	2,15	21,0
19	102	88,7	8,75	0,25	7,30	69,5
20	86	72,5	12,50	0,50	4,10	37,0
Prosečno	82	72,6	12,84	0,39	3,05	30,13
S.D.	16,7	10,6	3,56	0,16	1,84	14,33
Intervali vrednosti ukupnih sadržaja	10-1000	1-1500	10-40	0,07-1,10	1-30	<100
Prosečne vrednosti ukupnih sadržaja u zemljištu	35	85	20	0,50	6,70	30

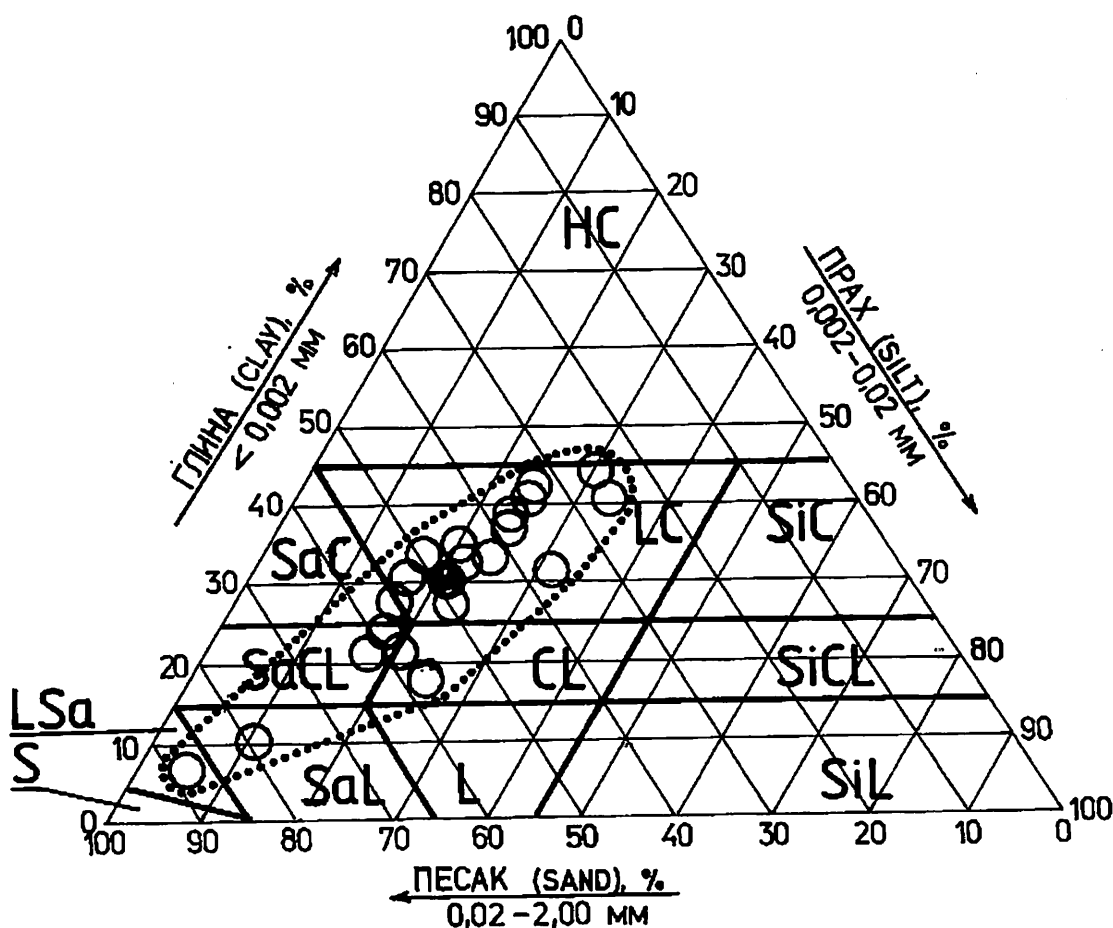
ukupnih mikroelemenata ne predstavljaju smetnju za gajenje bilo koje biljne vrste na površinama odlagališta "Petka". Ranijim istraživanjima kostolačkih deposola [20], na nekim lokacijama je ustanovljen visok nivo pristupačnih oblika kobalta i molibdena, srednji cinka; dok su pristupačni mangan i bakar zastupljeni u nedovoljnim količinama za rast i razvoj pojedinih biljnih vrsta.

Ukupni sadržaji teških metala i toksičnih elemenata u deposolima detaljno su navedeni u tablici 5. Kada se ovi podaci uporede sa prosečnim vrednostima nivoa ovih elemenata u površinskim slojevima prirodnih zemljišta [6, 7], odnosno u zemljištima u neposrednoj

okolini [11, 21], možemo zapaziti sledeće: deposol sa odlagališta "Petka" sadrži uobičajene koncentracije teških metala i opasnih (toksičnih) elemenata i pogodan je, sa te strane, za gajenje poljoprivrednih kultura. Inače, do kontaminacije deposola ugljenokopa i okolnih zemljišta teškim metalima i opasnim elementima (naročito arsenom) obično dolazi usled emisije ovih elemenata od postrojenja hemijske industrije i rada termoelektrana lociranih u rudarskom basenu [10, 21].

### Zaključak

Na osnovu rezultata agrohemijskih istraživanja deposola sa odlagališta jalovine "Petka", u cilju ustanovljavanja ograničenja za



Slika 1. Teksturni sastav dezosola sa odlagališta jalovine "Petka" ugljenokopa "Ćirikovac" (O - uzorak dezosola; ⊗ - prosečan uzorak dezosola; HC - teška glinuša; SaC - peskovita glinuša; LC - laka glinuša; SiC - praškasta glinuša; SaCL - peskovito-glinovita ilovača; CL - glinovita ilovača; SiCL - praškasto-glinovita ilovača; LSa - ilovasti pesak; SaL - peskovita ilovača; L - ilovača; SiL - praškasta ilovača; S - pesak).

gajenje poljoprivrednih kultura, možemo zaključiti sledeće:

- prema fizičko-mehaničkom sastavu, ovi dezosoli su, uglavnom, nepogodni za gajenje korenasto-krtolastih kultura, dok su relativno pogodni za gajenje žitarica;
- zbog nedovoljnog sadržaja ukupnog azota, posebno je neophodna upotreba azotnih đubriva i uključivanje u plodored leguminoznih kultura, uz uobičajeno đubrenje fosforim i kalijumovim đubrivima;
- pošto je dezosol alkalnan, na njemu je moguće gajiti samo one biljne vrste koje podnose povišene pH vrednosti supstrata;

- zbog niskog sadržaja humusa, neophodno je povećati plodnost dezosola humizacijom i time pospešiti obrazovanje zemljišne strukture u njima.

Najzad, istraživanja ovog dezosola ukazuju da je biološku rekultivaciju, s ciljem privođenja kulturi redovnog poljoprivrednog korišćenja dezosola "Petka", moguće izvesti meliorativnim postupcima, pri čemu posebnu pažnju treba posvetiti izboru kultura koje bi se gajile na površini odlagališta.

Summary:

**AGROCHEMICAL INVESTIGATIONS OF THE WASTE DUMP "PETKA",  
ATTACHED TO THE OPEN PIT COAL MINE "ĆIRIKOVAC", FOR LAND  
RECLAMATION PURPOSES**

The surface layer of the waste dump "Petka" which is attached to the open pit coal mine "Ćirikovac", in the basin Kostolac, was investigated in order to determine its agrochemical properties and agricultural possibilities. As noticed, after these investigations, the growing of agricultural products is limited, in many ways. However, these limitations could be overcome with standard land-reclamation measures using mineral fertilizers and selecting agricultural products which are suitable for land with such agrochemical properties.

**Literatura:**

1. Antonović, G.M. (1980): Oštećenje zemljišta i problemi njegove zaštite. Zemljište i biljka, Vol. 29, 99-106.
2. Antonović, G.M., Nikodijević, V.Č., Živanović, Ž.M. (1978): Karakteristike oštećenih zemljišta rudarskim kopovima u basenima Kostolac i Kolubara. Zemljište i biljka, Vol. 27, 13-20.
3. Association of Official Agricultural Chemists (1960): Official Methods of Analysis. A.O.A.C., IX-th edition (Eds. W. Horwitz, A.H. Robertson, H.J. Fisher, E.A. Epps Jr., F.W. Quackenbush and H. Reynolds), pp. 832, Washington.
4. Baize, D. (1993): Soil Science Analyses, p. 206, John Willey & Sons Ltd., Chichester.
5. Veselinović, N. Peno, M. (1979): III Jugoslavenski simpozijum "Oštećenje zemljišta i problemi njegove zaštite". Šumarstvo, br.4-5, 61-63.
6. Davies, B.E., Jones, L.H.P. (1988): Micronutrients and toxic elements. In: Russell's soil conditions and plant growth (XI-th ed. A. Wild), 780-814, Longman Scientific & Technical, Harlow.
7. Kabata-Pendias, A., Pendias, H. (1989): Mikroelementy v počvah i rastenijah Mir, str. 439, Moskva.
8. Kocbek, A.M. (1969): Rekultivacija oštećenog zemljišta u rudarstvu. Rudarski glasnik, br. 3, 16-23.
9. Korunović, R.M., Stojanović, S.V. (1984): Praktikum iz pedologije. Poljoprivredni fakultet, str. 143, Zemun.
10. Kohel, J. (1995): Kontaminace antropických pud rizikovými prvky v oblasti severočeské podkrušnohorské panve. Rostlinna výroba, Vol. 41, No 10, 471-474.
11. Marković, N., Vojnović, Ž., Martinović, Lj., Zdravković, M. (1989): Sadržaj nekih teških metala u zemljištu i biljkama na području kostolačkih termoelektrana. Zemljište i biljka, Vol. 38, 49-56.
12. Nikolić, D., Simić, S., Đurđević, M. (1980): Ispitivanje mogućnosti gajenja poljoprivrednih kultura na zemljištima oštećenim rudarskim

- radovima rudnika Kolubare i Kostolca. Zemljište i biljka, Vol. 29, 117-122.
13. Pavićević, N. (1972): Fizika zemljišta. Savez studenata Poljoprivrednog fakulteta, str. 359, Zemun.
  14. Pantović, M., Džamić, R., Petrović, M., Jakovljević, M. (1989): Praktikum iz agrohemije. Naučna knjiga, str., 165, Beograd.
  15. Resulović, H. (1982): Neke specifičnosti procesa pedodinamike i pedogeneze u depozolima. Zemljišta i biljka, Vol. 31, 357-363.
  16. Resulović, H., Korunović, R., Popovski, D., Ćirjaković, M. (1986): Oštećenja zemljišta u Jugoslaviji tokom poslednje decenije (1975-1984) i postignuti rezultati u sferi zaštite. Zemljište i biljka, Vol. 35, 185-194.
  17. Simakov, V.N. (1957): Primenenie feniltrinilovoj kisloty pri oredelenii gunmsa po metodu I.V. Tjurina.
  18. Simić, S., Gligorić, Z., Filipović, R., Bogdanović, M., Katalina, P., Todorović, E. (1979): Iznalaženje postupaka za rekultivaciju devastiranih zemljišta, jalovina i deponija pepela. Čovek i životna sredina, br. 5, 9-14.
  19. Simić, S., Kotlajić, M., Kuzmanović, U. (1977): Mogućnost rekultivacije zemljišta oštećenog otvorenim kopovima uglja. Zemljište i biljka, Vol. 26, 185-189.
  20. Stojanović, D., Martinović, B., Vučković, M., Simić, S., Filipović, R., (1977): Hemijski sastav zemljišta oštećenih rudarskim radovima. Zemljište i biljka, Vol. 26, 141-146.
  21. Stojanović, D., Filipović, R., Vučković, M., Đurđević, M., Dželetović, Ž. (1996): Neki rezultati trogodišnjeg praćenja nivoa toksičnih elemenata u okolini površinskih kopova i termoelektrana IEK Kostolac. Ekologika, God. 3, br. 1, 27-30.
  22. Urošević, D. (1990): Mogućnosti rešavanja problema zaštite vazduha u okolini površinskih otkopa uglja i odlagališta. Rudarski glasnik, br. 3, 44-50.
  23. Fedoseeva, T.P., Nosov, S.I. (1986): Rekultivacija zemeli. Ohrana zemel'nih resursov SSSR, Agropromizdat, 48-58, Moskva.
  24. Čolić, D.B. (1975-a): Zaštita životne sredine kroz odgovarajuće prostorno planiranje. Saopštenja podneta naučnom skupu: "Čovek i životna sredina" Srpska Akademija Nauka i Umetnosti (24-27. IV 1973., Beograd), Posebna izdanja RZZP SR Srbije, knjiga 9: 49-63, Republički zavod za zaštitu prirode SR Srbije, Beograd.
  25. Čolić, D.B. (1975-6): Problem rekultivacije i revitalizacije degradiranih i biološki unazađenih sredina, Saopštenja podneta naučnom skupu: "Čovek i životna sredina" Srpska Akademija Nauka i Umetnosti (24-27. IV 1973., Beograd), Posebna izdanja RZZP SR Srbije, knjiga 9: 65-74, Republički zavod za zaštitu prirode SR Srbije, Beograd.

## Mogućnost primene deposola radi biološke rekultivacije na primeru PK "Drmno"

Radoslav Filipović - Dragoljub Urošević

### Rezime

*Korišćenje deposola radi biološke rekultivacije je veoma važan aspekt i treba ga racionalno proučavati i uskladiti sa dinamikom površinske eksploatacije uglja. Dosadašnja istraživanja ukazuju, da rekultivacija deposola namenjenog za poljoprivrednu proizvodnju ne može biti uspešna, bez selektivnog odlaganja deposola.*

*Ovim radom se prezentiraju agrofizička i agrohemijska ispitivanja litoloških članova geološkog profila otkrivke površinskog otkopa "Drmno". Od agrofizičkih osobina određeni su: mehanički sastav, specifična težina, zapreminska gustina, ukupna poroznost, zapremina čvrste faze i retencija vlage pri 0,33 bara, dok su od agrohemijskih osobina određeni: hemijska aktivnost pH, ukupni azot (%N), pristupačni fosfor ( $P_2O_5$ ), kalijum ( $K_2O$ ), kalcijum (Ca) i magnezit (Mg). Od adsorptivnih komponenti deposola određeni su: hidraulička kiselost, -H, suma apsorbiranih baznih katjona, i kapacitet adsorpcije.*

### Uvod

Prema dosadašnjim okolnostima neophodna je primena površinske eksploatacije za dobijanje mineralnih sirovina i fosilnih energetskih resursa.

Površinska eksploatacija uglja degradira velike površine zemljišta i prouzrokuje značajne strukturalne promene u socio - ekonomskom i ekološkom pogledu. Treba racionalno koristiti i čuvati fosilne energetske resurse, jer je sadašnje vreme pokazalo koliko

su od vitalnog značaja za opstanak nacije. Sa druge strane takođe je veoma važno paralelno sa površinskom eksploatacijom uglja vršiti planiranje i uređenje deponija, deposola sa određenom namenom (prema Sl. glasniku SR Srbije br.52/89) i to približno kako je zemljište korišćeno pre površinske eksploatacije. Ovakav način rada treba shvatiti kao sastavni deo sveobuhvatne, dugoročne politike razvoja rudarsko-energetskog kompleksa i njegove zone uticaja, tim pre što površinska eksploatacija nije trajno prisvajanje zemljišta, kao što je to slučaj pri izgradnji komunikacija, naselja i industrijskih objekata. Iz navedenog proizilazi da se površinska eksploatacija uglja mora usaglasiti sa tehničkom i agrobiološkom rekultivacijom deposola u određenom vremenu i prostoru. Neophodno je sinhronizovano, sa površinskom eksploatacijom uglja uraditi dinamiku prostornog planiranja, sa selektivnim odlaganjem na površini deponije, deposola sa humusno-akumulativnim slojem i u fazama vršiti agrobiološku rekultivaciju prema projektnom zadatku. Pored toga, treba obratiti pažnju i na položaj i konfiguraciju odlagališta deposola što je uslovljeno klimatskim i fizičko-geografskim uslovima datog lokaliteta [4,5].

Agroekološku podlogu pored zemljišta, karakteriše više značajnih parametara koji su važni za poljoprivrednu proizvodnju. Međutim, u ovom radu se skreće pažnja na agrofizičke i agrohemijske osobine deposola [1, 2, 6, 7 i 8] zatim na način planiranja i uređenja deposola, kao i na to da se u završnoj fazi formiranja odlagališta, selektivnim odlaganjem i primenom faza agrobiološke rekultivacije, postigne bolji stepen plodnosti u poljoprivrednoj proizvodnji.

### **Ekspерimentalni rad**

Površina obradivog zemljišta predviđena za površinsku eksploataciju uglja PK "Drmno" i odlaganja deposola obuhvata oko 5.000 ha. To su zemljišta koja su formirana na lesu i lesolikom materijalu. Ovo zemljište

zove se černo zemem i ima dobru produktivnu sposobnost.

Geološki profil figure otvaranja PK "Drmno" ima prostorno promenljiv litološki sastav: les = 6 m; kvartarni šljunak 8 m; neogeni pesak 7,5 m i glinovite tvorevine 6 m.

Sa svih horizonata geološkog profila otkrivke površinskog kopa "Drmno" uzeti su neporemećeni uzorci pomoću cilindra od 100 cm<sup>3</sup> i poremećeni uzorci koji će biti budući deposol. Takođe, uzeti su uzorci sa humusno akumulativnog pedološkog profila u neporemećenom i poremećenom stanju.

Koristeći neporemećene uzorke određeni su: specifična težina, zapreminska gustina, ukupna poroznost, zapremina čvrste faze, retencioni kapacitet pri 0,33 bara i mehanički sastav.

Poremećeni uzorci zemljišta standardno su pripremljeni (mlevenje, homogeniziranje) za ispitivanje agrohemijskih osobina deposola. Određivanje zapreminske gustine i specifične težine vršeno je pomoću vakuum vazdušnog piknometra po Langeru [1, 2].

Mehanički sastav je određen međunarodnom B metodom, a izdvajanje frakcija pipet metodom, pH - hemijska aktivnost 1 : 2,5 u vodi I klase. Hidraulička kiselost - H, po Kappen-u, suma adsorbovanih baznih katjona po Kappenu-u, fosfor i kalijum, po Egner-u i ukupni azot po Bremneru.

### **Rezultati i diskusija**

Deposol (zemljište) je polidisperzni sistem izgrađen iz čestica različite forme, veličine i sastava. Selektivnim odlaganjem otkrivke na površini deposola dobija se kvalitetan supstrat za biološku rekultivaciju. U najboljem slučaju to je humusno-akumulativni sloj. Ocena rekultibilnosti litoloških članova vrši se ispitivanjem agrofizičkih i agrohemijskih osobina.

Teksturne klase litoloških članova su određene prema trouglu za određivanje teksturnih klasa [9].



U tablici 1 prikazani su rezultati merenja mehaničkog sastava biološkog profila figure otvaranja PK "Drmno". Prema teksturnoj klasifikaciji humusno-akumulativni sloj je peskovito-glinovita ilovača sa približno istim sadržajem peska, praha i gline.

Ilovače spadaju u grupu potencijalno najplodnijih zemljišta u ovom slučaju černoze, jer imaju dobre fizičko-mehaničke osobine, vodno-vazdušni i toplotni režim, dobru hidrauličku provodljivost, dobru retenciju i aeraciju.

Poznavanje mehaničkog sastava deposola je vrlo važno za shvatanje i tumačenje procesa pedogeneze. Kao što je navedeno, mehanički sastav zavisi od geoloških procesa vodno-fizičkih osobina deposola, vodopropustljivosti, vodoizdržljivosti i dr. Mehanički sastav deposola ima veliku ulogu na razvoj i raspored formiranja biomase korena. Ispod humusno-akumulativnog sloja nalazi se lesoidni sloj. Les je po mehaničkom sastavu peskovito-glinovita ilovača i zato ima dobru potencijalnu rekultibilnost. Uz primenu agrohemijskih i agrobioloških zahvata može se privesti

dobroj plodnosti. Peskovit sloj u geološkom profilu ima oko 90% peska, pa se bilo kakvim melioracijama, ne može prevesti u plodno zemljište. Glinovit sloj sadrži oko 60% praha i gline i ima bolju rekultibilnost od peskovitog sloja.

U tablici 2 prikazane su agrofizičke osobine deposola geološkog profila otkrivke PK "Drmno"

Zapreminska gustina zemljišta posmatra se u određenoj zapremini prirodno neporemećenog zemljišta (zapremina čvrste faze i ukupna poroznost). Na zapreminsku gustinu utiču struktura deposola, sadržaj organske materije, hemijski sastav i zbijenost. Zapreminska gustina je dinamička veličina, jer se menja odnos pora i čvrste faze. Zapreminska gustina je značajna fizička karakteristika i utiče na vodni, vazdušni i toplotni režim kao i na transport jona za ishranu biljaka u rastvoru deposola.

Zapreminska gustina humusno-akumulativnog sloja je 1,20-1,30 g/cm<sup>3</sup>. Ukupna poroznost od 52,9-55,3% ukazuje da je poroznost veća od zapremine čvrste faze i da može imati dobru retenciju vode. Prema tome,

Mehanički sastav geološkog profila (figure otvaranja) otkrivke P.K. "Drmno"

Tablica 1.

Karakteristični geološki profili	broj uzoraka	Granulometrijski sastav %				Ukupno		teksturna klasa
		pesak %		prah % 0,002-0,02mm	gline >0,002mm	pesak	prah gline	
		krupan 0,2-2mm	sitan 0,02-0,2mm					
humusno akumulat.sloj								
0-3,0 cm	1	0,7	46,4	25,3	27,6	47,1	52,9	peskovito glinovito
30-60 cm	2	0,2	45,6	27,6	26,6	45,8	54,2	peskovito glinovito
les, neposredno ispod humus.- akumulat. sloja	3	1,3	45,9	25,8	27,0	47,2	52,8	peskovito glinovito
akumulat. sloja	4	1,0	42,8	26,5	29,7	43,8	56,7	peskovito glinovito
peskoviti sloj	5	82,2	10,4	2,6	4,8	92,6	7,4	peskovito glinovito
	6	82,3	11,4	3,5	2,8	93,7	6,3	peskovito glinovito
glinoviti sloj	7	2,1	35,7	24,4	37,8	37,8	62,3	glinovito
	8	1,3	38,0	23,3	37,4	39,3	60,7	glinovito
	9	1,2	37,5	25,0	36,3	38,7	64,3	glinovito

Agropedološke osobine geološkog profila (figure otvaranja) otkrivke P.K. "Drmno"

Tablica 2:

sloj geološkog profila	broj uzoraka	specifična težina g/cm	zapreminska gustina g/cm	ukupna % poroznost	zapremina čvrste faze %	retencija vlage pri 0,33 bar g/cm
humusno akumul. sloj						
0-30 cm	1	2,68	1,20	55,3	44,7	30,8
30-60 cm	2	2,70	1,30	52,9	47,1	25,8
les neposredno ispod hum.akum. sloja	3	2,69	1,38	49,2	50,8	21,5
sloja	4	2,65	1,39	47,6	52,4	20,8
sloj neposredno ispod lesa	5	2,73	1,38	50,6	50,4	20,6
sloja	6	2,72	1,30	52,2	47,8	24,7
sloj neposredno ispod lesa	7	2,74	1,28	53,2	46,8	23,4
sloja	8	2,68	1,40	47,8	52,2	24,3
glinoviti sloj	9	2,56	1,27	50,4	49,6	26,3
sloja	10	2,68	1,60	40,5	59,5	25,7

ukupni maksimalni vodni kapacitet je oko 55%, kada su sve pore ispunjene vodom u humusno-akumulativnom sloju.

Zapremina čvrste faze je oko 45% odnosno, od 44,7-47,1%. Specifična težina čvrste faze zemljišta (deposola) zavisi od mineraloškog i hemijskog sastava i ima vrednost 2,56-2,74 g/cm<sup>3</sup> za humusno-akumulativni sloj. Retencija vlage pri 0,33 bara je u intervalu od 21,5-30,3 g/cm<sup>3</sup>.

Les ima sličnu specifičnu težinu kao humusno-akumulativni sloj. Peskovit i glinovit sloj ima različite vrednosti pomenutih osobina.

Hemijski sastav deposola je značajan za izučavanje pedogeneze i klasifikacije kao i za formiranje agrohemijskih osobina koje su veoma značajne za produktivnu sposobnost. Agrohemijske osobine geološkog profila otkrivke prikazani su u tablici 3.

Adsorptivni kompleks deposola ima ključnu ulogu u stvaranju plodnosti deposola [10]. On služi kao pufer, kao regulator koncentracije hranljivih elemenata i jedinjenja u rastvoru zemljišta (deposola).

Adsorpcioni kompleks utiče i da se pH vrednost mnogo ne menja u sistemu zemljišnog rastvora i poboljšava iznošenje hraniva biljkama. Prema tome, adsorpcioni kompleks

karacteriše stepen potencijalne plodnosti deposola. Razni oblici koloidnih čestica mineralnog i organskog porekla čine adsorpcioni kompleks. Iz tablice 3-vidi se da humusno-akumulativni sloj i les imaju slične vrednosti adsorpcionog kompleksa i kapaciteta apsorpcije, apsorbativnih baznih katjona i naročito lako pristupačan kalcijum i magnezijum.

Humusno-akumulativni sloj ima dobre osobine refencije hraniva, pa prema tome i dobru plodnost, dok to nije slučaj sa lesom koji ima dobar mehanički sastav i veliki stepen potencijalne rekultibilnosti. Zato je neophodno agrobiološkim melioracijama postupno poboljšavati agrohemijske osobine lesa u nizu godina.

Peskovit sloj figure otvaranja ima niske vrednosti sume adsorbovanih baznih katjona i kapacitet adsorbovanih baznih katjona. Peskovit sloj ima malu potencijalnu rekultibilnost. Glinovit sloj ima bolje osobine u odnosu na peskovit zbog mehaničkog sastava i nešto bolju rekultibilnost.

Reakcija deposola  $pH = -\log [H^+]$  u rastvoru deposola je veoma značajna. Reakcija deposola pH utiče na: pristupačnost hraniva za biljke i na rastvorljivost hemijskih komponenti čvrste faze koje mogu biti toksične [10]. Najveći broj hranljivih elemenata ima najveću

Agrohemijske osobine geološkog profila (figure otvaranja) otkopa P.K. "Drmno"

Tablica 3

sloj geološkog profila otkrivke	broj uzoraka	Adsorptivni kompleks				V %	pristupačni	
		H	S	T	Ca		Mg	
		meq/100gr				mg/100 gr		
humusno akumulativni sloj								
0-30 cm	1	0,306	103,7	104,1	99,6	1430,3	53,7	
30-60 cm	2	0,375	103,3	103,7	99,6	1427,6	42,7	
les, neposredno ispod	3	0,438	103,1	103,5	99,6	1435	57,4	
humusno akumulativnog sloja	4	0,528	102,9	103,4	99,5	1446,8	43,1	
peskoviti sloj	5	0,261	6,5	6,8	95,5	-	29,6	
	6	0,261	9,5	9,7	97,9	-	20,3	
glinovit sloj	7	0,525	59,4	59,9	99,0	399,7	163,1	
	8	0,350	61,9	62,7	99,5	511,2	142,7	
	9	0,525	29,9	30,4	98,3	146,3	163,4	

pristupačnost u rastvoru čvrste faze za biljke u intervalu pH od (6,5 - 7,5) i smatra se optimalnim [10]. Odstupanja od ove vrednosti mogu se popraviti hemijskim melioracijama. Od PH reakcije deposalu zavisi sastav i aktivnost flore.

Humusno-akumulativni sloj, kao i les, ima pH vrednost oko 8 usled povećanog prisustva zemnoalkalnih elemenata, prvenstveno kalcijuma. Niže vrednosti pH ima peskovit i glinoviti sloj u posmatranom geološkom profilu. Humus je organska materija u zemljištu (deposalu). Sadržaj humusa u zemljištu (de-

posalu) ima veliki značaj u formiranju stepena plodnosti. Humusne materije sadrže u jezgri i bočnim lancima azot i druge hranljive elemente Ca, K, P, S itd. [10]. Humusne materije imaju funkcionalne grupe koje imaju veliku adsorptivnu sposobnost i sposobnost supstitucije za katjone. Prema tome, u zoni korena biljake zadržavaju hranivo i na taj način sprečavaju ispiranja hraniva iz zone korena [10]. Humusne kiseline imaju helatne osobine, vezuju mineralne čestice i na taj način formiraju stabilnije agregate [10].

Agrohemijske osobine geološkog profila (figure otvaranja) otkrivke P.K. "Drmno"

Tablica 4

sloj geološkog profila	broj uzoraka	pH		N %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/100 gr	K <sub>2</sub> O	sadržaj humusa %
		u H <sub>2</sub> O	u 1N KCl				
hum.-akum. sloj							
0-30 cm	1	8,1	7,2	0,20	5,3	17,7	3,44
30-60 cm	2	8,2	7,2	0,16	4,7	16,3	2,50
les, neposr. ispod	3	8,1	7,2	0,06	1,4	12,9	0,95
hum.akum.sloja	4	8,0	7,4	0,07	1,4	12,0	0,99
peskoviti sloj	5	8,1	7,2	0,01	1,5	2,0	0,15
	6	7,9	7,2	0,01	2,3	2,0	0,19
glinovit sloj	7	7,8	7,1	0,03	2,2	14,0	0,38
	8	8,1	7,2	0,03	1,8	13,8	0,43
	9	7,8	7,1	0,03	3,0	17,5	0,3

Iz navedenog proizilazi da humus doprinosi formiranju strukture deposola i stepena plodnosti. Zato je velika prednost selektivnog odlaganja humusno-akumulativnog sloja na površinu deposola u odnosu na les, a naročito u odnosu na sloj peska. Humusni sloj sadrži preko 3% humusa što se tretira kao dobra obezbeđenost humusom, dok je les sa oko 1% slabo humusan. Sadržaj humusa na površini deponija se može povećati hemijskim i agrobiološkim meloracijama u dužem nizu godina, zasejavanjem naročito legumionoznih biljaka i njihovim zaoravanjem.

Biljke usvajaju azot u mineralnom obliku iz rastvora deposola (zemljište). Azot ulazi u sastav proteina, enzima, kiselina i hlorofila. U zemljištu pretežno ga nalazimo u organskom obliku. Procesi mineralizacije organske materije odvijaju se pod uticajem vlage i temperature mikroorganizama i tada, azot prelazi u mineralne oblike ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ;  $\text{NO}_2^-$ ). Sadržaj azota u humusu akumulativnog sloja je dobar, što nije slučaj sa ostalim slojevima geološkog profila.

Fosfor je jedan od značajnih elemenata u metabolizmu biljaka (ulazi u sastav nukleinskih i drugih materija). Sadržaj pristupačnog fosfora je najveći u humusno-akumulativnom

sloju ali je nedovoljan [10]. Humusno akumulativni sloj je srednje obezbeđen pristupačnim kalijumom za koren biljaka [10].

### **Zaključak**

Prema tablici 1 najbolji tehnički sastav (odnos frakcija peska, praha, gline) ima hemijsko-akumulativni sloj (peskovito-glinovito). Peskovito-glinovitu ilovaču karakterišu dobre fizičko-mehaničke i vodno-vazdušne osobine, dobar tektonski režim i hidraulička provodljivost, dok to nije slučaj sa peskovitim i glinovitim deposolima. Iz tablice 2 se vidi da hemijsko-akumulativni sloj ima najbolje agrofizičke osobine i regeneraciju vlage.

Agrohemijske osobine (navedene u tablici 3) najbolje su kod hemijsko akumulativnog sloja, zatim kod lesa, a najlošije kod peskovitog geološkog profila.

Adsorptivni kompleks deposola karakterišu: hidraulička kiselost, suma adsorbovanja baznih jona, kapacitet adsorpcije i stepeni zasićenja. Sve ove osobine ukazuju da je najbolji humusno-akumulativni sloj lesa, zatim glinovito geološki profil i na kraju peskovito geološki profili. Istim redom je izražena i biološka rekultabilnost.

Summary:

**USE OF DEPOSOL FOR BIOLOGICAL LAND RECLAMATION PURPOSES  
IN THE OPEN PIT MINE "DRMNO"**

The use of deposols for biological and land reclamation purposes is an extremely important item and it should be studied in detail and coordinated with all the mining operating stages. Until now, the investigations have shown that land reclamation, for agricultural needs, can not be successful without selective disposal of deposol.

This paper presents the agrophysical and agrochemical investigations of the lithologic units which make up the geological cross section of the open pit mine "Drmno". Hereon, the following agrophysical properties were confirmed: mechanical composition, specific gravity, volume density, total porosity, volume of solids, retention of moisture at 0,33 bar. Further, the following agrochemical properties were established: pH chemical activity, total nitrogen (%N), available phosphorus ( $P_2O_5$ ), kalium ( $K_2O$ ), calcium (Ca) and magnesite (Mg).

Regarding the adsorptive properties of deposols the following components were determined: hydraulic acidity - H, quantity of absorbed basic cations and adsorptive capacity.

**Literatura:**

1. Filipović R., Kotlajić M, Simić S.,: Rekultivacija oštećenih zemljišta rudnika uglja "Kolubara". Zemljište i biljka Vol. 33, p. 47-56, 1984, Beograd.
2. Filipović R., Stojanović D., Kotlajić M.,: Istraživanja na zemljištu oštećenim rudarskim radovima rudnika "Kolubara" u cilju izbora najpovoljnijih kultura, optimalnih doza đubriva, radi postizanja najpovoljnijih prenosa., Zemljište i biljka, Vol. 29, No. 1, 123-133, 1995., Beograd.
3. Diskusije i zaključci naučnog skupa "Planiranje i uređenje prostora u zonama velikih strukturalnih promena na promenu RENK "Kolubara" IAZC, Beograd 1983. g.
4. Filipović R., Simić S., Lazarević M., Rastović A., Đokić M., "Tehnički Projekat rekultivacije spoljašnjeg odlagališta P.O. "Drmno", Biološka rekultivacija za IEK "Kostolac", 1993. god.
5. Filipović P., Žarković Ž., Dželatović Ž., i Urošević D. "Tehnički Projekat ekološke zaštite u zoni nepovoljnog uticaja površinskog kopa i "Drmno" 1992. god.
6. Filipović R., Simić S., Stojanović D., Đurđević M. and Vuletić D.,: "Some Agrochemical Properties of Deposols From "REIK Kolubara" After Forestation., Zemljište i biljka Vol 41, No. 3, 177-184., 1992, Beograd.
7. Filipović R., Đurđević M., Vučković M., and Urošević D., Examination of Toxic Elements in deposol From the "Kolubara" Coal Mines., Zemljište i biljka, Vol 42, No 3, 197-205, 1993.g. Beograd.
8. Filipović R., Stojanović D., Dželatović Ž., Urošević D.,: "Uticaj površinske eksploatacije uglja na ekosistem, sa posebnim osvrtom na agroekosistem., Ecologica, No 1, 77-79, 1994., Beograd.
9. Antić M., Jović N., Avdalović V., : "Pedalogija", Naučna knjiga, 1972. g., Beograd.
10. Jakovljević M., Pantović M.,: "Hemija zemljišta i voda", Naučna knjiga, 1991.g., Beograd.

## **Poboljšanje tehnologije otkopavanja u rudniku "Magnezit" - Užice primenom dizel opreme**

**Dušan Crnobrnčić - Dragan Milojević - Spasoje Mičić**

### **Rezime**

*Uvođenje rudarske opreme na dizel pogon za uslove jamske eksploatacije žičnih ležišta magnezita, omogućava povećanje kapaciteta proizvodnje, smanjenje radne snage na otkopima a samim tim i povećanje otkopnih učinaka. Upotreba dosadašnjih klasičnih metoda nije u potpunosti dala zadovoljavajuće rezultate i zato se predlaže usvajanje navedene metode primenom dizel opreme.*

### **Uvod**

U rudnicima "MAGNEZIT" Užice otkopavanje rude magnezita vrši se "Metodom krovnog smernog otkopavanja u horizontalnim etažama sa zasipavanjem ili samozasipanjem otkopanih prostora". Pri tome se za bušenje i transport rude i jalovine na otkopima koristi oprema sa pneumatskim pogonom. Primenom ove metode uočeni su izvesni nedostaci u pojedinim fazama tehnološkog procesa koji su umnogome uticali na vreme trajanja pojedinih operacija. To se, pre svega, odnosi na fazu utovara i transporta rude do

rudne šipke, kao i na fazu zasipavanja otkopanog prostora.

Pored ovog nedostatka uočena je i teškoća dopreme repromaterijala i mehanizacije na otkop, kao i pristup zaposlenog osoblja otkopu.

Svi ovi nedostaci su uticali da se za određenu proizvodnju rude magnezita mora povećati broj otkopnih blokova što je uticalo na povećanje broja radnika na otkopima, kao i na povećanje broja utovarno-transportnih mašina.

Konkretno, za proizvodnju od 36.000 t rovne rude postojećom metodom otkopavanja potrebno je - u stalnom radu - imati 4-5 otkopnih blokova i isto toliko utovarno transportnih mašina na pneumatski pogon, kao i odgovarajući broj radnika - rukovalaca tih mašina.

Svi ovi nedostaci su uticali da se pojedine faze tehnološkog procesa izuče i usavrše što je povlačilo i promenu tehnologije rada za pojedine faze. Nastojalo se da se smanji broj otkopnih blokova, a samim tim, i broj utovarno transportnih mašina u okviru otkopa, odnosno da se stvore uslovi da se sa jednim kompletnom opreme može raditi na dva (ili više) otkopa.

Sagledavajući sve ove nedostatke nakon istraživanja predložena je Metoda horizontalnog krovnog otkopavanja sa samozasipavanjem ili zasipavanjem primenom dizel opreme.

Ovim radom prikazaće se osnovna tehničko - tehnološka rešenja uvođenja i primene samohodne utovarno - transportne opreme sa dizel pogonom, kao i obrazloženje opravdanosti modernizacije tehnološkog procesa otkopavanja magnezita.

### Opis nove tehnologije otkopavanja

Predloženom metodom otkopavanja omogućeno je otkopavanje rudnog bloka dužine 260 m sa dva otkopna krila od po 130 m, kako je prikazano na slici 1.

Ovom metodom otkopavanja mogu se otkopavati rudne žice moćnosti 1,0 - 4,0 m sa uglom zaleganja  $50^{\circ}$  -  $90^{\circ}$ , dužina odseka obaranja na otkopima je 5 - 10 m - u zavisnosti od čvrstoće pratećih stena.

### Princip otkopavanja

Priprema bloka sastoji se u tome da se, na nivou donjeg i gornjeg horizonta, izrade smerni transportni (TH), odnosno ventilacioni hodnik (VH) po rudi ili u podinskom delu rudne žice na udaljenosti 5-10 m. Ukoliko se

(TH) izrađuje po rudi u tom slučaju se pri otkopavanju rudnog bloka ostavlja zaštitna ploča iznad donjeg i ispod gornjeg horizonta debljine oko 4,0 m, a ukoliko se izrađuje u jalovini, otkopavanje se može vršiti po celoj visini bloka, (bez ostavljanja zaštitne ploče). Priprema otkopnog bloka prikazana je na slici 1.

Blok odnosno otkopna krila se ograničavaju sa tri zasipna uskopa (ZU) koji se izrađuju po rudi, dok se na sredini svakog otkopnog krila izrađuje po jedna rudna sipka (RS) i to u podinskom delu, neposredno, uz rudnu žicu.

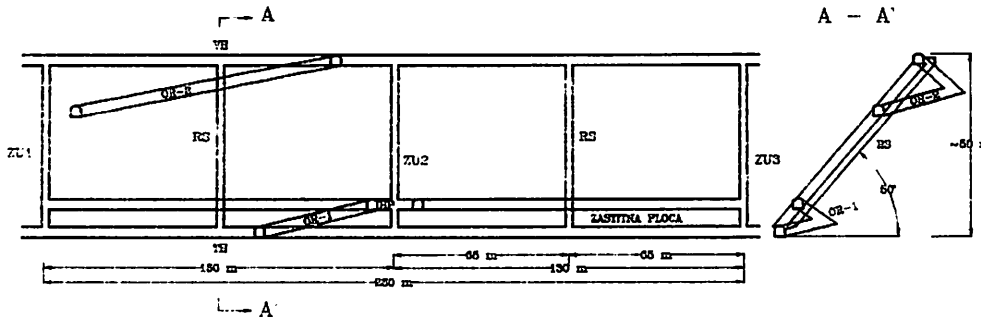
Iz donjeg transportnog i gornjeg ventilacionog hodnika izrađuju se otkopne rampe OR-1 i OR-2 dimenzija (2,2 x 2,5m) sa usponom ili padom 10 - 15% do hodnika podsecanja (HP) koji se izrađuju po rudi, do zasipnih uskopa 1 i 3. [1].

Otkopavanje se vrši u horizontalnim odsecima od zasipnih uskopa 1 i 3 ka zasipnom uskopu 2, pri čemu je bitno da se sa napredovanjem po visini, u otkopima formiraju kose rampe uspona 10 - 15% na već ugrađenom zasipu (Faza I), prikazano na slici 2. Kose rampe koje se formiraju kroz otkopna krila služe za pristup mehanizacije, delimičan transport rude i po potrebi zasipa, kao i pristup zaposlenog osoblja do otkopnog nivoa [2].

Bušenje vertikalnih i kosih bušotina na otkopima vrši se bušaćim čekićima na pneumatski pogon tipa BBD-46 WR ili samohodnom bušilicom tipa Alimak BWA; BVF ili bušilicom sličnih karakteristika za visinu otkopa 2,5 m.

Miniranje se vrši u odsecima dužine do 10 m.

Utovar i odvoz rude sa otkopa do rudnih sipki vrši se utovarno-transportnom mašinom na dizel pogon tipa HST-1A WAGNER - zapremina kašike  $0,76 \text{ m}^3$  (dužina 5.283 m, širina 1.219 m, visina 1.584 m). Ovom mašinom je predviđena i doprema zasipa od zasipnih uskopa 1, 2 i 3 do otkopa. Doprema



Slika 1. Priprema otkopnog bloka

zasipa u zasipne uskope vrši se na gornjem horizontu iz pripremnih radova. U zavisnosti od moćnosti rudne žice koja se otkopava obezbeđenje zasipa se može vršiti i u okviru samih otkopa. Kapacitet ovakve mašine, za dužinu odvoza 65 m, iznosi 20 t/čas.

U drugoj fazi (Faza II) se vrši povezivanje kose rampe formirane po zasipu i otkopne rampe OR-2 izrađene sa gornjeg horizonta, pri čemu se uspostavlja veza između donjeg i gornjeg horizonta.

U trećoj fazi (Faza III) prikazano je otkopavanje drugog dela otkopnih krila kao i prekid transportne veze otkopa sa donjim horizontom.

Faza IV prikazuje otkopavanje gornjih delova bloka iz otkopne rampe OR-2.

Podgrađivanje otkopa se vrši po potrebi i to kombinacijom ankeri i žičane mreže.

Provetravanje bloka (otkopa) je protočno i uklapa se u provetravanje jame. Izuzetak čine pripremnih hodnici i uskopi koji se provetravaju separatno (u fazi izrade).

Korišćenje samohodne opreme na dizel pogon ima smisla isključivo u slučaju da se obezbedi efektivan rad u celoj smeni. U uslovima otkopavanja rudnih žica ovo je moguće ukoliko se bušenje vrši vertikalno ili koso naviše, a u fazi utovara oborene rude i zasipavanja otkopa omogućiti prelaz utovarnih mašina s jednog otkopnog bloka na drugi blok. U ovom slučaju je to omogućeno.

Uvođenjem opreme na dizel pogon umesto pneumatske opreme za otkopavanje rudnih žica magnezita ima više prednosti od čega ćemo izdvojiti sledeće:

- smanjenje broja otkopnih blokova u radu sa 4-5 na jedan (eventualno na dva),
- smanjenjem broja otkopnih blokova dolazi do smanjenja utovarnih jedinica u radu - sa 4-5 na samo jednu,
- smanjenjem broja utovarnih jedinica dolazi do smanjenja radne snage na otkopima što rezultira povećanjem otkopnog učinka.

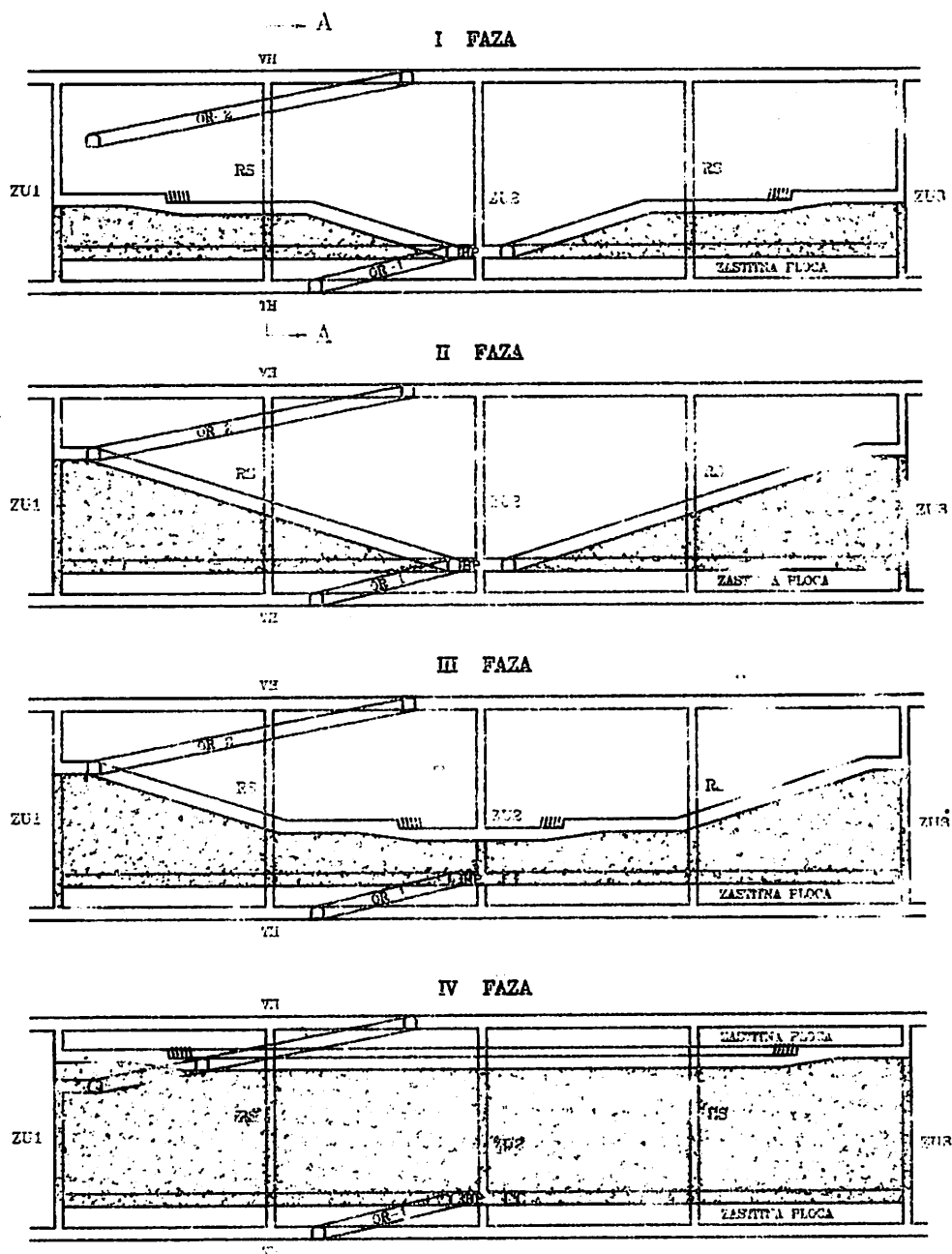
U odnosu na dosadašnji način rada sa pneumatskim utovarom rude i zasipavanjem može se otkopni učinak povećati sa max. 5 t/nad. na 16,5 t/nad. Ovo je osnovni razlog neophodnosti uvođenja utovarno-transportne opreme sa dizel pogonom.

### Tehnički parametri

Tehnički parametri se daju za dužinu otkopnog bloka 2 x 130 m, visinu bloka 50 m, dužina odseka obaranja 10 m i moćnost 1,5 m.

- količina rude u bloku	52.000	t
- koeficijent iskorišćenja	85-90	%
- koeficijent osiromašenja	15	%
- smenski kapacitet	99	t/smena
- broj radnika na otkopu	6	
- učinak na otkopu	16,5	t/nad.
- faktor pripreme		
za rudu	7,69	mm/t
za jalovinu	6,05	mm/t





Slika 2. Priprema otkopnog bloka

### Zaključak

Imajući u vidu navedeno u radu prikazana je mogućnost usavršavanja pojedinih faza tehnološkog procesa, što se posebno odnosi na fazu utovara i odvoza rude u okviru otkopa, kao i na fazu zasipavanja otkopanog prostora.

Međutim, bez obzira što se radi o usavršavanju pojedinih faza, sve faze u okviru tehnološkog procesa moraju biti usklađene, jer samo na taj način može doći do izražaja uvođenje dizel opreme za otkopavanje.

Summary:

**INSTALLATION OF DIESEL DRIVEN EQUIPMENT IN ORDER TO  
IMPROVE THE MINING TECHNOLOGY IN "MAGNEZIT" MINE - UŽICE**

The installation of Diesel driven equipment in the process of underground mining of magnesite vein deposits, provides increased output, reduced man power in working faces, consequently enhancing the overall efficiency. The standard, conventional methods, applied until now, have not given satisfactory results.

Therefore, in order to overcome this situation, the installation of Diesel driven equipment was suggested.

**Literatura:**

1. N. Jokić, D. Crnobrnjić. "Racionalizacija otkopavanja rudnih žica primenom bešinske opreme", - Oktobarsko savetovanje Bor 1992 god.
2. Idejna rešenja za izbor metoda otkopavanja u rudniku Srebrenica, - Rudarski institut.

## Mogućnost povećanja proizvodnje u rudniku "Belo brdo" - Leposavić primenom postupka zasipavanja

Dragan Milojević - Spasoje Mičić - Dušan Crnobrnić

### Rezime

*U radu je prikazano trenutno stanje u jami "Belo Brdo" sa postojećim geološkim rezervama rude. Prikazan je pad proizvodnje rude i koncentrata, kao i broja zaposlenih radnika. Obradeni su i elementi koji su doveli do pada proizvodnje pri čemu se misli na promene metode otkopavanja koje nisu dovele do bitnijih poboljšanja jer je ostao nerešen do kraja način dobijanja, dopreme i ugradnje zasipa. Posebno je analizirano stanje na otkopima po rudnim telima i horizontima, kao i faza zasipavanja koja je usko grlo. Od obezbeđivanja potrebnih količina zasipnog materijala, njegovog transporta i načina ugradnje u najvećoj meri zavisi mogućnost unapređenja proizvodnje u jami "Belo Brdo".*

### Uvod

U rudnicima "Kopaonik" u jami "Belo Brdo" trenutno je aktivan revir "Gomile". U reviru "Gomile" su u fazi eksploatacije dva rudna tela G-I i G-II i rudna žica G-II/12. Poslednja istraživanja, bušenjem nižih delova jame ispod kote 1000 m su pokazala da se

orudjenje nastavlja i da se može očekivati značajno povećanje rudnih rezervi. Geološke rezerve preračunate na dan 31. 12. 1994 g. iznose ukupno A+B+C1 kategorije 3.160.420 t od čega A kategorije 1.262.630 t, B kategorije 232.480 t i C1 kategorije 1.665.310 t. Ukupni sadržaj metala iznosi Pb - 5,26%, Zn - 4,18% i Ag - 83 g/t.

Sa ovakvim rudnim rezervama Belo Brdo predstavlja jedno od naših najperspektivnijih ležišta, koje pruža mogućnost za dugogodišnju eksploataciju bogate rude.

Međutim, od 1980.g proizvodnja rude i koncentrata opada, a zajedno sa njima i broj zaposlenih radnika. Indikativno je da je proizvodnja opadala u više faza. Tako je 1977. g proizvodnja iznosila 110.553 t rude, 1981.g 91.873 t, 1985.g 73.402 t, 1990.g 58.379 t, a 1994.g 9.708 t rude.

Potpuno ista situacija je i sa proizvodnjom Pb i Zn koncentrata. Što se tiče broja zaposlenih radnika on je od 598 u 1977.g pao na 273 u 1994.g.

Razloga za ovakav trend kretanja proizvodnje rude i koncentrata ima više. Jedan od njih što je otkopavanje u reviru "Gomile" započeto primenom komorno-stubne metode sa zapunjavanjem otkopanih prostora. Međutim, zbog toga što su fizičko-mehaničke karakteristike rude i pratećih stena bile znatno lošije od onih koje su date u projektu i zbog velikog zaostajanja zasipavanja za otkopavanja, usled dužeg stajanja otkopanih prostora bez podgrade i zasipa, došlo je do zarušavanja otkopa.

Da bi se sanirala poremećana radna sredina i nastavila proizvodnja došlo je do izmene metode otkopavanja, tako što se umesto komorno-stubne metode sa zapunjavanjem otkopanih prostora prešlo na prečnu metodu otkopavanja odozdo naviše sa zasipavanjem otkopanih prostora. Zbog već poremećenog stanja i usporavanja dinamike radova izazvane izmenom metode i zbog toga što je ostao nerešen način dobijanja, transporta i ugradnje zasipa nisu postignuti zadovoljavajući rezultati.

Zbog toga je došlo do još jedne promene metode otkopavanja i prešlo se na modifikovanu prečnu metodu otkopavanja odozgo nadole sa zapunjavanjem otkopanih prostora očvrslim zasipom (izdrobljeni krečnjak sa dodatkom cementnog mleka koji se pneumatski

ugrađuje u otkop). Uz dodatnu upotrebu čeličnih armatura primenjeni način otkopavanja je dao zadovoljavajuće rezultate u pogledu sigurnosti otkopavanja. Sanirani su jamski pritisci ali nisu postignuti zadovoljavajući efekti u pogledu produktivnosti i troškova proizvodnje.

Iz svega ovoga se može zaključiti da se rešenje tehničkog problema sastoji u obezbeđivanju, dopremi i ugradnji zasipnog materijala od čega zavisi unapređenje i povećanje proizvodnje u jami "Belo Brdo".

### **Prikaz stanja otkopavanja i zasipavanja u jami**

Da bi se u potpunosti i do kraja sagledalo trenutno stanje u jami "Belo Brdo" i ocenile mogućnosti unapređenja i povećanja proizvodnje treba detaljno analizirati stanje otkopavanja, stepen pripremljenosti jame za povećanje proizvodnje, primenjene metode otkopavanja, koliko zaostaje zasipavanje, mogućnost povećanja kapaciteta zasipavanja i sve ostale faze i elemente koji utiču na proizvodnju, a posebno na fazu zasipavanja koja je odlučujući faktor u budućoj obnovi i povećanju proizvodnje.

Kao što je već rečeno u reviru "Gomile" su u fazi eksploatacije dva rudna tela G-I i G-II kao i rudna žica G-II/12. U rudnom telu G-I otvorena su dva radilišta i to G-I/8 na horizontu 1155 m i G-I/9 na 1140 m. Na oba radilišta je u otkopavanju II etaža. U rudnom telu G-II su otvorena tri radilišta i to G-II/10 na 1155 m, G-II/13 na 1140 m i G-II/14 na 1080 m. Kod prva dva radilišta je otvorena po jedna i to II etaža. Radilište G-II/14 ima dva nivoa otkopavanja i to I i II etažu. U rudnoj žici G-II/12 su otvorena četiri radilišta i to radilište 1155 na horizontu 1155 m i tri radilišta na horizontu 1195 m - i to 1195/1, 1195/2 i 1195/3. Što se tiče nivoa otkopavanja u pitanju su II, III i VI etaža.

Ovde treba napomenuti da se u rudnim telima G-I i G-II koristi prečna metoda otkopa-

vanja odozgo nadole sa upotrebom očvrslog zasipa. Pošto ova rudna tela, a posebno G-II nose većinu rude, a samim tim i zasipa u jami se javlja dodatni problem. Dopremanje cementa u jamu, njegovo mešanje sa zasipom, transport do čela i ugradnja zahtevaju dodatno vreme i ljude. Sve ove dodatne faze rada se moraju uraditi korektno pošto od toga zavisi sigurnost otkopavanja, jer se otkopavanje vrši odozgo nadole odnosno radi se ispod već zasutih otkopa. Dimenzije otkopa se kreću od 3.0 x 1.6 m do 3.0 x 3,0 m.

U rudnoj žici G-II/12 se koristi klasična horizontalna krovna metoda otkopavanja odozdo nagore sa suvim zasipom. Visina etaže je 2.6 m, a širina otkopa od 2,2 do 2,5 m.

Za rešavanje problema zasipavanja u jami "Belo Brdo" do sada je urađeno više studija, ali ni jedna nije realizovana zbog skupih rešenja i nedostataka investicionih sredstava, tako da se još uvek koristi jedan sistem sa dosta ručnog rada i skupog materijala (cement, armatura i sl.).

### **Mogućnost unapređenja i povećanja proizvodnje**

U tablici 1 je prikazano stanje na otkopima sredinom 1995.g. i to: količine rude i potrebne količine zasipa po rudnim telima, horizontima, radilištima i nivoima otkopavanja. Iz tablice se vidi da je postojeće stanje takvo, da je moguće na devet otvorenih radilišta sa 10 nivoa otkopavanja otkopati još 26.440 t rude. Otkopi se nalaze u oba rudna tela i rudnoj žici na četiri horizonta. Da bi dobili ovu neotkopanu količinu rude potrebno je zasuti oko 7.400 m<sup>3</sup> očvrslog i suvog zasipa. Međutim, pošto je faza zasipavanja ranijih godina prilično kasnila za otkopavanjem, u otkope je, pre nego što se pristupi otkopavanju ove količine rude, potrebno ugraditi zaostalu količinu zasipa od oko 10.270 m<sup>3</sup>. Ukupno potrebna količina zasipa, da bi dobili 26.440 t rude iznosi 17.680 m<sup>3</sup>. Iz ovoga se vidi da je u jami "Belo Brdo" zasipavanje usko grlo i u velikom zaostatku i da je osnovni problem za

unapređenje i povećanje proizvodnje obezbeđenje, doprema i ugradnja jevtinog zasipa.

Posle otkopavanja rude na postojećim etažama i ugradnje ukupno potrebne količine zasipa skoro do kraja, moguće je nastaviti sa otkopavanjem rude na narednim etažama. Ukupna količina rude koju je moguće otkopati na sledećim etažama, ukupne površine oko 13.500 m<sup>2</sup>, iznosi oko 142.000 t. Potrebna količina zasipa je oko 40.000 m<sup>3</sup> od čega na očvrsli zasip otpada 90% odnosno oko 36.000 m<sup>3</sup>. Ostatak od oko 4.000 m<sup>3</sup> je suvi zasip za rudnu žicu G-II/12 što se može videti u tablici 1.

Na osnovu ovakvog prikaza i sagledavanja mogućnosti nastavka i unapređenja proizvodnje u jami "Belo Brdo" dolazi se do prilično jasnog zaključka da je moguće nastaviti i poboljšati otkopavanje na postojećim otvorenim i pripremljenim radilištima. Na ovo navodi i činjenica da u rudniku, pored relativno dovoljnog broja otvorenih i pripremljenih radilišta, za poslednje tri godine od kada je proizvodnja stagnirala nije došlo do većih ruševina, da su svi glavni i kapitalni objekti otvaranja i osnovne pripreme u takvom stanju da mogu da zadovolje osnovne potrebe proizvodnje. Međutim, svaka ozbiljnija eksploatacija odnosno nastavak i unapređenje proizvodnje zahteva rešavanje sistema zasipavanja: obezbeđivanje potrebnih količina zasipnog materijal, transport i dopremu zasipa i način ugradnje.

Ako se uzme u obzir da je za otkopavanje 1 t rude potrebno 0,28 m<sup>3</sup> zasipa, bez obzira o kojoj se vrsti zasipa radi, postaje jasno da je zasipavanje, kao faza tehnologije otkopavanja, osnovni faktor od koga zavisi unapređenje i povećanje proizvodnje u rudniku olova i cinka "Kopaonik - Belo Brdo".

Pored problema zasipavanja postoje i mnogi drugi tehnički i organizacioni problemi koji takode utiču na proizvodnju i koji se moraju paralelno rešavati. To se prvenstveno odnosi na obezbeđenje opreme za proizvod-

Količine rude i potrebne količine zasipa

Tablica 1

Rud. telo	Horiz.	Radilište	Postojeće stanje					Količ. rude na narednoj etaži (t)	Površ. etaže (m <sup>2</sup> )	Potreban zasip (m <sup>3</sup> )
			Nivo otkop	Neotk. rude (t)	Potr. zasip (m <sup>3</sup> )	Zaost. zasip (m <sup>3</sup> )	Ukup. potreb. zasip (m <sup>3</sup> )			
G-I	1155	G-I/8	II et.	420	117.6	352.4	470	9.800	910	2.744
	1140	G-I/9	II et.	4.700	1.316	444	1.760	11.200	1.040	3.136
Ukupno r. telo G-I				5.120	1.433.6	796.4	2.230	21.000	1.950	5.880
G-II	1155	G-II/10	II et.	2.400	672	708	1.380	12.600	1.300	3.528
	1140	G-II/13	II et.	1.200	336	1.234	1.570	21.600	2.000	6.048
	1080	G-II/14	I et.	5.000	1.400	4.060	5.460	37.800	3.500	10.548
II et.			7.000	1.960	1.640	3.600	34.500	3.200	9.660	
Ukupno R. TELO G-II				15.600	4.368	7.642	12.010	106.500	10.000	29.820
G-II/12	1155	1155	II et.	930	260.4	909.6	1.170	4.200	450	1.176
			III et.	1.750	490	260	750	3.900	420	1.092
	1.195	1195/2	VI et.	1.050	294	256	550	2.900	320	812
			VI et.	1.990	557	413	970	3.510	370	982
Ukupno R. TELO G-II/12				5.720	1601.4	1838.6	3.440	14.510	1.560	4.062
Ukupno REVIR "GOMILE"				26.440	7.403	10.277	17.680	142.010	13.510	39.762

nju. Potrebno je nabaviti rezervne delove i najnužniji repromaterijal. Naravno, za sve ovo je potrebno obezbediti znatna investiciona sredstva.

### Summary:

## OUTPUT INCREASE BY APPLYING IMPROVED STOWING METHODS IN THE MINE "BELO BRDO" - LEPOSAVIĆ

This paper presents the actual condition in the mine "Belo Brdo" and the existing, available geological reserves. As noticed, the production of ore and concentrates is constantly dropping, while man power is gradually reduced. Hereon, the authors deal with the causes which have led to such situation, considering the new mining methods which have been introduced without significant improvements. Namely, the provision of stowing material, transportation and stowing installation methods have not been solved successfully. The conditions in each working place, in every ore body and working level are analysed separately. Special attention is paid to the stowing stage which is considered to be the "bottleneck" of the process. A successful and improved output in the mine "Belo Brdo" mainly depends on satisfactory solutions for the stowing stage; i.e. adequate provision of necessary quantities of stowing material, transportation and installation.

**Literatura:**

1. Milojević D. i grupa autora; 1995.: Istraživačko-razvojni projekat S.5.01.50.043, Podprojekat 1, Tema 1.2., Revitalizacija tehnologije otkopavanje rude u rudnicima "Kopaonik - Belo Brdo" - Leposavić.
2. Milojević D., 1995: Stanje i mogućnost nastavka proizvodnje u rudniku olova i cinka "Belo Brdo", Zbornik radova III međunarodnog naučno-stručnog skupa - Stanje i razvojne perspektive rudnika olova i cinka, Beograd, str. 55-60.
3. Dokumentacija rudnika "Kopaonik - Belo Brdo" - Leposavić

## **Problematika odvodnjavanja jama rudnika “Kišnica i Novo brdo” - Priština**

**Jovan Pejčinović - Žarko Džudović - Aleksandar Cvijetić**

### **Rezime**

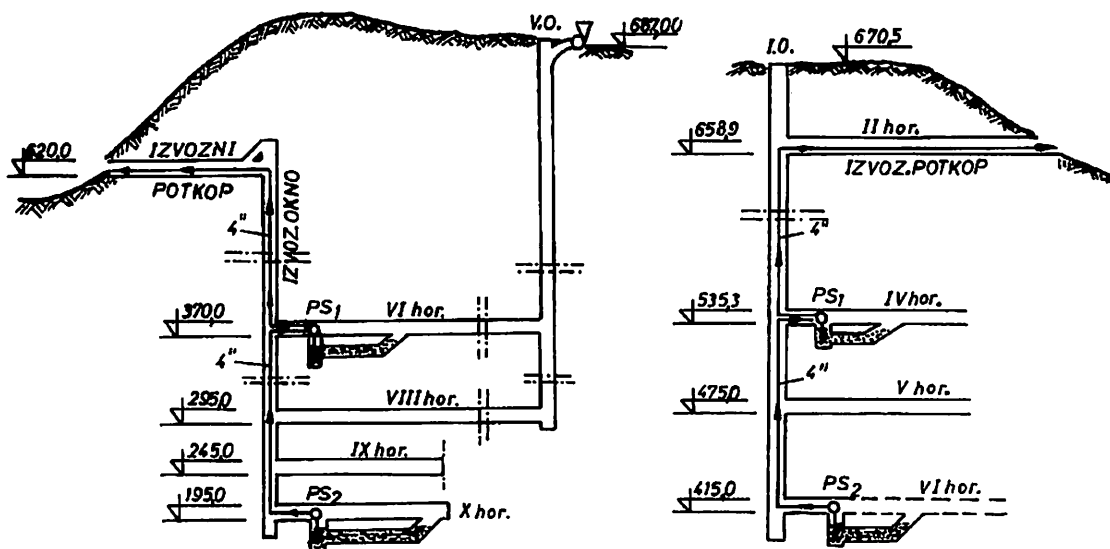
*Nedovoljno poznavanje hidrogeoloških karakteristika ležišta i neadekvatno rešenje odvodnjavanja rudnika često je uzrok potapanja pojedinih horizonata ili jama u celini, što dovodi do zastoja u proizvodnji i velikih materijalnih šteta. U ovom radu prikazani su takvi slučajevi za jame rudnika “Kišnica i Novo Brdo” - Priština. Zbog potapanja u jami “Badovac” rad je bio obustavljen duže vreme, a u ostalim jamama samo na pojedinim horizontima. U radu su dati predlozi čijom se realizacijom mogu, ubuduće, sprečiti potapanja jama i horizonata.*

### **Uvod**

Jama “Ajvalija” je otvorena slepim izvoznim oknom do nivoa X horizonta K 195,0 m koji još nije razrađen. Izvozni potkop, kojim se odvodi sva voda iz jame, nalazi se na koti K 620,0 m. Otkopavanje rude se vrši u intervalu između VIII i IX horizonta. Odvodnjavanje jame se vrši posredno, pumpanjem vode sa X na VI horizont, a sa VI horizonta do nivoa potkopa, kako se to vidi sa šeme na slici 1.

U jami se otpočelo sa primenom hidrozasipa (flotacijska jalovina) za zapunjavanje otkopanog prostora, što je dovelo do povećanja pritoka vode za oko 30%, u odnosu na prtok pre primene hidrozasipa. Usled dotrajalosti pumpi i njihovih kvarova, kao i povećanog pritoka, dolazilo je do povremenih potapanja jamskih prostorija. Prvo je potopljen otvoreni deo X horizonta, a jedno vreme i IX horizont, tako da se nivo vode u izvoznom oknu podigao do VIII horizonta. Dosta vremena je tre-





Sl. 1 Šeme odvodnjavanja jama "Ajvalija" i "Badovac"

balo da se nivo vode ponovo spusti ispod X horizonta.

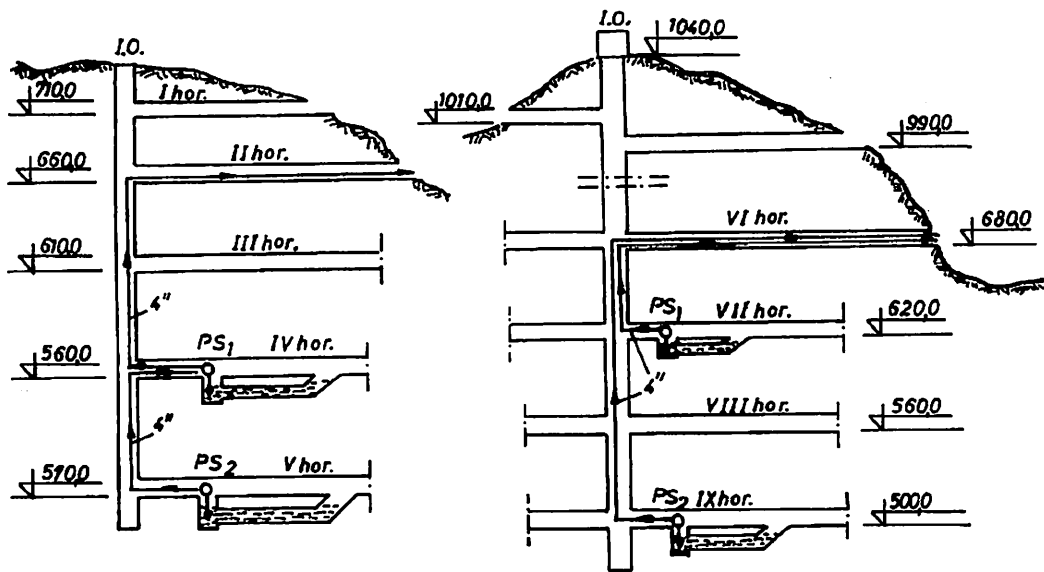
Odvodnjavanje u jami "Badovac" je takođe bilo posredno. Voda je pumpana sa VI horizonta K 415,18 m (najniži horizont) na IV horizont K 535,27 m i sa IV horizonta do nivoa odvozišta i potkopa K 658,94 m kako se to vidi sa slike 1. Zbog kvara pumpi došlo je do potapanja VI, a zatim i V horizonta, da bi se nivo vode digao do IV horizonta, sa koga je nastavljeno pumpanje vode. Ova jama je najduže vreme potopljena (više od pet godina). Pored više neuspelih pokušaja, nivo vode nije spušten ispod IV horizonta, već je dugo vreme održavan na nivou IV horizonta.

Jama "Kišnica" se odvodnjava neposredno. Voda se pumpa sa najnižeg otvorenog - V horizonta do II horizonta, iz koga, voda, potkopom odlazi van jame. Usled zastoja u radu pumpi, došlo je do potapanja pumpne stanice na V horizontu, a zatim i do potapanja V i IV horizonta. Nastavljeno je pumpanje vode iz izvoznog okna sa nivoa IV do II hori-

zonta. Šema ove jame i odvodnjavanja data je na slici 2.

Jama "Novo Brdo" se odvodnjava neposredno. Voda se pumpama sa najniže otvorenog IX horizonta pumpa do VI horizonta sa koga potkopom odlazi van jame. Voda koja dolazi na VII horizont se posebnom pumpom pumpa na nivo VI horizonta, kako se to vidi sa slike 2. Usled zastoja u radu pumpi došlo je do potapanja IX i VIII horizonta.

Analizom postojećih sistema je utvrđeno da nisu celishodni ni pouzdani. Pojedina rešenja su izvedena bez odgovarajuće dokumentacije. Iako se ne radi o većim pritocima vode, šeme odvodnjavanja su dosta komplikovane. Pri otvaranju novih horizontata najčešće je rešavano samo njihovo odvodnjavanje nadovezivanjem na postojeću mrežu bez sagledavanja sistema u celini, što je dovelo do posrednog odvodnjavanja odnosno, većeg broja pumpnih stanica, čije se održavanje otežava, sistemi bivaju nepouzđani i izazivaju potapanje delova jama ili jama u celini.

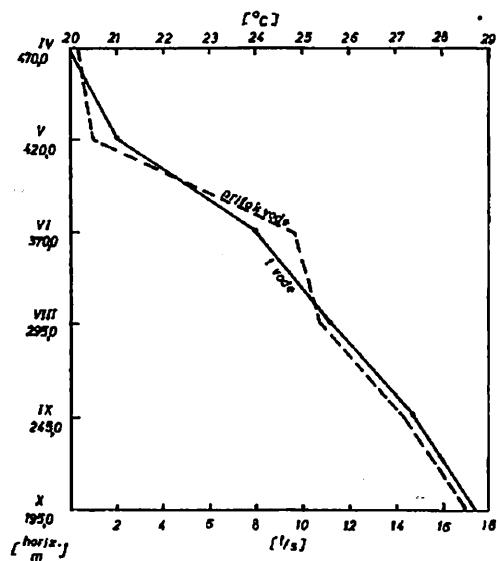


Sl. 2 Šema odvodnjavanja jama "Kišnica" i "Novo Brdo" ..

## Hidrogeološka svojstva

### Jama "Ajvalija"

U ležištu "Ajvalija" su izdvojene tri kategorije stena prema stepenu propusnosti vode: vodopropusne, slabo vodopropusne i vodonepropusne. U prvu grupu spadaju krečnjaci koji su jako ispucali sa pukotinama i do 10 cm i rudna tela sa pojavama kaverni manjih dimenzija. Većina registrovanih pojava vode u ovoj jami je vezana za orudnjene krečnjake i oligonite. Najveći prtok vode je registrovan iz istražnih bušotina na IX horizontu na kontaktu podinskog filita i orudnjenja i iznosio je 35 - 45 l/s. U slabo vodopropusne stene svrstani su kvarcsericitski škriljci koji su delimično slabije raspucali. U vodonepropusne stene svrstani su filiti koji su dosta rasprostranjeni i predstavljaju vodonepropusnu podlogu u ležištu. Po hemijskom sastavu, vode u ovoj jami su karbonatne sa mineralizacijom 0,5 - 1,0 g/l, koja sa dubinom opada.



Sl. 3 Kretanje pritoka i temperature vode u jami "Ajvalija" sa povećanjem dubine

Sa porastom dubine povećava se prtok i temperatura vode, kako se to vidi na slici 3. Sa porastom dubine, podzemne vode od neutralnih - do V horizonta, prelaze u slabo kisele sa porastom sadržaja karbonata.

### **Jama "Badovac"**

Kao i kod ležišta Ajvalija u ležištu Badovac su izdvojene sve tri kategorije stena prema propusnosti vode: vodopropusne, slabo vodopropusne i vodonepropusne. U prvu grupu stena koje su dosta raspucane spadaju andeziti, serpentiniti i proslojci ili sočiva krečnjaka. U slabo vodopropusne stene su svrstani gabrodijabazi sa prslinskom poroznošću, a u vodonepropusne stene filito-kristalasti škriljci. Pritok vode je vezan, uglavnom, za andezite i serpentinite. Najveći prtok vode dolazi iz severnog dela ležišta i kreće se oko 8,5 l/s, dok ukupan prtok vode iznosi na VI horizontu oko 21,3 l/s. Sa porastom dubine raste i prtok vode. Podzemne vode ove jame svrstane su u kategoriju sulfatnih, a prema pH vrednosti od slabo kiselih (pH = 6,2 do 7,3) do slabo baznih.

### **Jama "Kišnica"**

Ležište "Kišnica" izgrađeno je od gnajseva, serpentinita, gabrodijabaza, andezita, peščara i laporaca. U jami je konstatovano više paralelnih, gotovo vertikalnih raseda, pravac sever - jug. U vodopropusne stene su svrstane: andeziti, serpentiniti i breče. U slabo vodopropusne stene su svrstani gabrodijabazi sa prslinskom poroznošću, a u vodonepropusne gnajsevi koji čine podlogu vodonosnim serpentinitima i andezitima. Ukupan prtok vode u ovoj jami se kreće oko 10,0 l/s i promenljiv je zbog uticaja padavina koje poniru preko površinskog kopa u jamu. Zavisno od lokaliteta pojavljivanja, vode su sulfatne, karbonatne i kisele sa pH = 5,0.

### **Jama "Novo Brdo"**

U ležištu su od vodopropusnih stena zastupljeni krečnjaci, serpentiniti i konglomerati; slabo vodopropusne stene: dijabaz, gabra i vodonepropusne: filiti, gnajsevi, amfiboliti. Podzemne vode ove jame su manje mineralizovane od voda u prethodnim jamama i mineralizacija se kreće oko 0,25 - 0,5 g/l, rede do

1,0 g/l. Vode iz ove jame spadaju u grupu hidrokarbonatnih, a prema pH vrednosti (od 6,8 do 7,2) u grupu slabo kiselih, preko neutralnih do slabo baznih.

Voda u ovoj jami formira slobodnu razbijenu izdan u rasednim zonama (prslinama i pukotinama) i manjim kavernama u krečnjaci-ma. Izvesna količina vode je akumulirana u starim radovima iz srednjega veka.

### **Karakteristike postojećih sistema odvodnjavanja**

#### **Jama "Ajvalija"**

U uvodnom delu je rečeno da se ova jama odvodnjava posredno, pumpanjem vode sa X na VI horizont i sa VI horizonta na nivo izvoznog potkopa. U pumpnim stanicama na X i VI horizontu ugrađene su po dve šestostepene pumpe tipa VPD 5-6 sledećih tehničkih karakteristika:

$$Q = 15 - 30 \text{ l/s}; H = 400 - 300 \text{ m};$$

$$N = 132 \text{ kW}; n = 2900 \text{ o/min};$$

Navedeni tip pumpi ne odgovara karakteristikama jamske vode, usled čega su brzo propadala radna kola. Prečnik cevovoda je 4" (oko 100 mm). Ugrađen je po jedan potisni cevovod. Vodosabirnici nisu dimenzionisani prema pravilniku, manje su zapremine i neredovno se čisti nataloženi mulj, što pri zastoju u pumpanju vode dovodi do potapanja horizonata.

#### **Jama "Badovac"**

Pumpe za odvodnjavanje ove jame su locirane na VI i IV horizontu. Za odvodnjavanje se koristi isti tip pumpi kao i u jami "Ajvalija". Pre više godina potopljena je pumpna stanica na VI horizontu. Bilo je više pokušaja spuštavanja nivoa vode sa IV na VI horizont ali bez uspeha. Cevovod od VI do IV i od IV do II horizonta je dotrajao.

### Jama "Kišnica"

Ova jama se odvodnjava neposredno pumpanjem vode sa V horizonta do nivoa izvoznog potkopa (II horizont). Po potapanju pumpne stanice i V horizonta voda se u oknu digla do nivoa IV horizonta sa koga je voda pumpana do II horizonta. Za pumpanje vode su korišćene pumpe tipa CVNR 5-7 fabrike Jastrebac sledećih tehničkih karakteristika:

$$Q = 12 - 30 \text{ l/s}; H = 280 - 210 \text{ m};$$

$$N = 110 \text{ kW}; n = 1450 \text{ o/min};$$

Ove pumpe ne odgovaraju agresivnosti vode, što je dovelo do čestih kvarova i potapanja V horizonta.

### Jama "Novo Brdo"

Za pumpanje vode u ovoj jami je korišćen isti tip pumpi kao i u jami "Kišnica" CVNR 5-7. Voda se pumpa sa nivoa IX na nivo VI horizonta (nivo starog izvoznog potkopa "Marevci"), a manji deo vode je pumpan sa nivoa VII na nivo VI horizonta pumpama tipa CVNR 5-3 sa sledećim tehničkim karakteristikama:

$$Q = 14 - 30 \text{ l/s}, H = 100 - 80 \text{ m},$$

$$N = 90 \text{ kW}, n = 1400 \text{ o/min}.$$

Sva četiri sistema za odvodnjavanje jama ne odgovaraju hidrogeološkim karakteristikama, pritoku i osobinama vode u tim jamama, što je dovelo do potapanja pojedinih horizontata u sve četiri jame i do zastoja u proizvodnji. Sa otvaranjem novih horizontata, na njima su često radene improvizovane pumpne komore i u njima ugrađivane pumpe kojima je voda pumpana do postojeće pumpne stanice na višem horizontu, što je imalo za posledicu postojanje većeg broja pumpnih stanica i posrednog odvodnjavanja. Ovakav način odvodnjavanja je zahtevao angažovanje većeg broja rukovaoca pumpnim uređajima i većeg broja radnika za održavanje. Izrađeni vodosabirnici nemaju propisanu zapreminu, što je često pri kvarovima pumpi dovelo do potapanja. Mulj u vodosabirnicima se retko

čisti, što nedovoljnu zapreminu dodatno smanjuje. U oknima, u svim jamama, ugrađen je samo po jedan potisni cevovod, pa je njihovo održavanje i čišćenje od nataloženog kamena otežano.

### Mogućnost poboljšanja sistema za odvodnjavanje

Prema utvrđenim i očekivanim pritocima vode i geodetskim visinama izvršen je izbor šema i dimenzionisanje pumpi i cevovoda za odvodnjavanje. S obzirom na relativno male geodetske visine, za sve četiri jame su usvojene šeme neposrednog odvodnjavanja, zbog prednosti nad posrednim koje su napred navedene. Proračun je izvršen prema, u literaturi, najčešće korišćenim obrascima [1, 2, 3]:

$$H_{\text{man}} = H_g + \sum g_{ub} = H_{g_u} + H_{g_p} + \sum g_{ub_p} + \sum g_{ub_p}$$

$$\sum g_{ub} = h_1 + h_2 + h_{3u} + h_{2p} + h_{3p}$$

$$h_1 = \frac{w^2}{2g} [\text{m}] \text{ ili } h_1 = \frac{w^2}{2} \rho [\text{Pa}]$$

$$h_{2u} = \lambda_b \frac{l_u}{d_u} \frac{w^2}{2g} [\text{m}] \text{ ili } h_{2u} = \frac{l_u}{d_u} \frac{w^2}{2} \rho [\text{Pa}]$$

$$h_{3u} = z \lambda_n \frac{\sum l_{c_u}}{d_u} \frac{w^2}{2g} [\text{m}] \text{ ili } h_{3u} = z \lambda_n \frac{\sum l_{c_u}}{d_u} \frac{w^2}{2} \rho [\text{Pa}]$$

$$h_{2p} = \lambda_b \frac{l_p}{d_p} \frac{w^2}{2g} [\text{m}] \text{ ili } h_{2p} = \lambda_b \frac{l_p}{d_p} \frac{w^2}{2} \rho [\text{Pa}]$$

$$h_{3p} = z \lambda_n \frac{\sum l_{c_p}}{d_p} \frac{w^2}{2g} [\text{m}] \text{ ili } h_{3p} = z \lambda_n \frac{\sum l_{c_p}}{d_p} \frac{w^2}{2} \rho [\text{Pa}]$$

Koeficijent trenja  $\lambda_b$  određen je korišćenjem dijagrama Zimernana, prikazanog na slici 4 uz prethodno određivanje kriterijuma strujanja prema Rejnoldsu:

$$R_e = \frac{wd}{v}$$

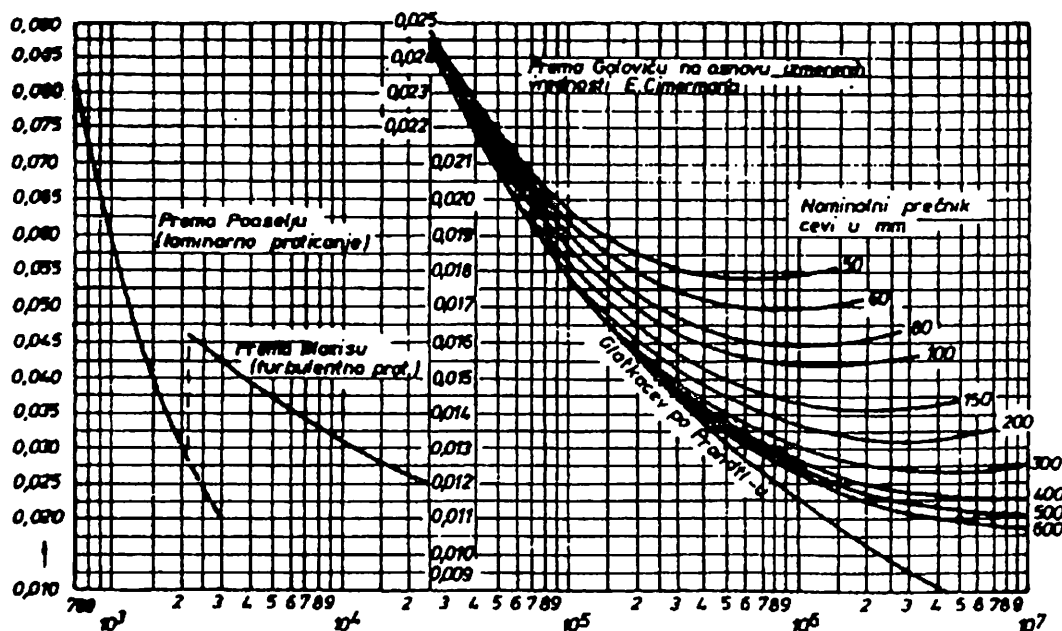
Sračunate manometarske visine i kapaciteti pumpi po jamama iznose:

Jama "Ajvalija"  $H_{\text{man}} = 435,00 \text{ m}; Q = 3,0 \text{ m}^3/\text{min},$

Jama "Badovac"  $H_{\text{man}} = 250,00 \text{ m}; Q = 1,5 \text{ m}^3/\text{min},$

Jama "Kišnica"  $H_{\text{man}} = 155,00 \text{ m}; Q = 1,0 \text{ m}^3/\text{min},$

Jama "Novo Brdo"  $H_{\text{man}} = 175,00 \text{ m}; Q = 1,0 \text{ m}^3/\text{min}.$



Sl. 4 Dijagram Zimmerman-a

Predlaže se nabavka pumpi fabrike "Jastrebac" - Niš - po dve za svaku jamu - sledećih tipova:

- za Ajvaliju VPRN 250-8, 1450 ob/min
- za Badovac VPRN 150-8, 1450 ob/min
- za Kišnicu VPRN 101-8, 1450 ob/min
- za Novo Brdo VPRN 101-8, 1450 ob/min

Pumpe za "Kišnicu" i "Novo Brdo" će biti izradene od prohrom čelika - za kiselu sredinu.

Dijagram karakteristika pumpi VPRN dat je na slici 5.

Radi pouzdanosti i lakšeg održavanja potrebno je ugraditi u svim jamama, nove potisne cevovode, a postojeće zadržati kao rezervne.

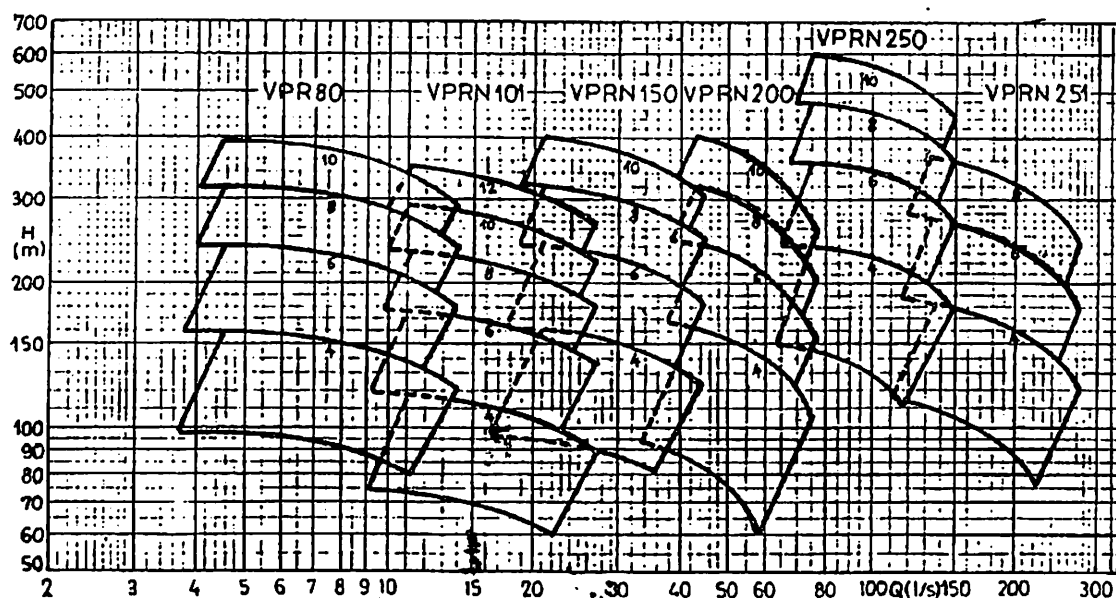
U jami "Ajvalija" na X horizontu uraditi vodosabirnik zapremine 900 m<sup>3</sup>, pumpnu komoru i ispred nje - prema vodosabirniku - vodna vrata. U jami "Novo Brdo" treba uraditi vodosabirnik na IX horizontu, a vodu iz okna, ispod puništa skipa, pumpati pomoć-

nom pumpom do vodosabirnika. Vodosabirnik treba da ima zapreminu 600m<sup>3</sup>. Za zaštitu pumpne stanice treba ugraditi vodna vrata. U jami "Badovac" treba na VI horizontu izraditi vodosabirnik zapremine 750 m<sup>3</sup>, a u jami "Kišnica" na V horizontu, zapremine 480m<sup>3</sup>. U obe jame treba ugraditi, za zaštitu pumpnih stanica od potapanja, vodna vrata.

Za pouzdaniji, ekonomičniji rad i duži vek postrojenja predlaže se automatsko upravljanje radom pumpi, u cilju održavanja nivoa vode u vodosabirnicima u određenim granicama. Kontrola nivoa vode i upravljanje pumpama regulisaće se ugradnjom releja sa plovkom. Za kontrolu temperature namotaja i ležajeva ugraditi elektrootporne davače.

### Zaključak

Nedovoljno poklanjanje pažnje problematici odvodnjavanja je čest uzrok postojanja neadekvatnih sistema odvodnjavanja rudnika, koji dovode do potapanja pojedinih horizonta ili rudnika u celini. Takav slučaj se dogodio u jamama "Ajvalija", "Kišnica", "Badovac" i



Sl. 5 Dijagram karakteristika pumpi tipa VPRN

“Novo Brdo” i opisan je u ovom radu. Potapanje horizonata ili jama dovodi do oštećenja opreme za odvodnjavanje i dužih zastoja u proizvodnji rudnika. Sistemi odvodnjavanja u ovim jamama su, sa otvaranjem dubljih horizonata nastavljeni na već postojeće, ne vodeći dovoljno računa o povećanju pritoka vode sa povećanjem dubine i o promeni karakteristika vode. Sistemi su postajali složeni sa više stanica, a postojeći delovi sistema uska grla. Pumpna postrojenja nisu bila zaštićena od potapanja, nisu postojala ni jedna vodna vrata. U cilju poboljšanja ekonomičnosti i sigurnosti rada, predloženo je da se umesto posrednog

prede na neposredno odvodnjavanje u sve četiri jame, da se ugrade nove pumpe koje će odgovarati pritoku i karakteristikama vode. Predviđeno je da se ugradi oprema za automatsku kontrolu i upravljanje pumpama u cilju održavanja nivoa vode u određenim granicama sa kontrolom temperature ležajeva i namotaja, što će doprineti značajnom povećanju pouzdanosti rada i produženju veka rada pumpe uz smanjenje troškova održavanja, jer će se znatno smanjiti uticaj subjektivnog faktora. Ispred svake pumpne stanice ugradiće se baraža sa vodnim vratima.

Summary:

**DEWATERING SYSTEM OF UNDERGROUND MINES "KIŠNICA" AND  
"NOVO BRDO" - PRIŠTINA**

If the hydrogeological properties of mine deposits are not sufficiently examined, it is not possible to achieve successful dewatering of underground mines. This situation leads to frequent drowning of certain levels or entire mines, causing major stoppages and damages. This paper presents such situations which took place in the underground mines "Kišnica" and "Novo Brdo" in Priština. Due to drowning, the mining operations have been stopped for a long period of time, in the entire mine "Badovac" and in certain levels of the other mines. Hereon, the authors suggest possible solutions which could, in future, prevent the drowning of entire mines and separate levels.

**Literatura:**

1. Jovičić V., Čović A., (1985), Odvodnjavanje rudnika, RGF, Beograd.
2. Riter K., (1951), Pumpe za tečnosti, Beograd.

## Stanje zapašenosti na površinskim kopovima metalčnih mineralnih sirovina

Vladimir Ivanović - Marija Ivanović - Obren Koprivica

### Rezime

*U eksploatacionim uslovima velikih površinskih kopova metalčnih mineralnih sirovina u Istočnoj Srbiji identifikovani su prirodni i tehnološki faktori kao uzročnici zapašenosti vazduha u radnom prostoru. Izraženo štetno delovanje prašine zbog visokih prosečnih koncentracija prašine permanentno postoji u svim etapama eksploatacije u periodu 1976 - 1991. godine. Promenljivost intenziteta izdvajanja prašine i koncentracija respirabilne prašine u velikoj je zavisnosti od intenziteta i raspodele atmosferskih padavina*

### Uvod

Kod površinske eksploatacije mineralnih sirovina mineralna prašina čini bitnu komponentu aerozagadenja. Na intenzitet aerozagadenja utiču dve grupe faktora: prirodni i tehnološki. U prirodne faktore spadaju: klimatski parametri (temperatura i vlažnost vazduha, količina padavina); meteorološki parametri (brzina i pravac vetra); orografske

karakteristike terena (visina i udaljenost uzvišenja od gornje ivice kopa); mineraloško - petrografska svojstva ležišta (sadržaj slobodnog silicijum dioksida); fizičke karakteristike stenskog masiva (čvrstoća rude i pratećih stena); hidrogeološke karakteristike ležišta (prirodna vlažnost stenskog masiva, ovodnjenost ležišta). U tehnološke faktore spadaju: geometrijske karakteristike površinskog kopa

---

\* Ovaj članak je rezultat rada autora na istraživačko-razvojnom projektu "Revitalizacija i mogućnost proizvodnje metalčnih i nemetalčnih mineralnih sirovina (ev. br. S.5.01.50.043)



(dužina, širina, dubina, uglovi kosina); tehnološke karakteristike otkopavanja raskrivke i rude (vrste, broj i raspored rudarskih mašina i pomoćne mehanizacije u aktivnom radu); tehnološke karakteristike transporta rude i jalovine i odlaganja jalovine (kamionidamperi, transporteri sa gumenim trakama, odlagači), aktivne površine na kopu; ventilacione šeme prirodnog provetravanja (protočna, recirkulaciona, recirkulaciono - protočna, protočno - recirkulaciona).

Pojedinačni uticaji pomenutih faktora u kompleksu zajedničkog delovanja zavise, pre svega, od vrste mineralne sirovine koja se eksploatiše, geologije ležišta (litološka svojstva, veličina, dubina, zaleganje i dr.), položaj ležišta u odnosu na druge prirodne resurse i industrijske kapacitete, geografske lokacije. Predmet našeg interesovanja je valorizacija faktora uticaja na zapašenost u radnim okolinama kod velikih površinskih kopova u Istočnoj Srbiji. Prema našim posmatranjima - kod površinskih kopova Majdanpek i Veliki Krivelj - bitan uticaj mogli bi da imaju prirodni faktori: sadržaj slobodnog silicijum dioksida u lebdećoj prašini (kvarc, kristobalit, tridimit), na osnovu čega se određuje agresivnost udišljive prašine; prirodna vlažnost stenskog masiva od koje može zavisiti izdvajanje prašine pri izvođenju rudarskih radova; klimatski i meteorološki parametri, pre svega atmosferske padavine i vetar koji mogu presudno uticati na intenzitet izdvajanja i distribuciju lebdeće (respirabilne) reakcije u vazdušnoj sredini; i tehnološki faktori: geometrijske dimenzije kopova, pri čemu naročito dolaze do izražaja aktivne površine (etažne ravni) kao potencijalni izvori sekundarnog izdvajanja nataložene prašine, i dubina kopa zbog koje, naročito prelaskom kritične granice, slabe efekti prirodnog provetravanja u odnosu na razređivanje i odnošenje sitnih (štetnih) frakcija prašine iz radnog prostora; masovna proizvodnja, koja neminovno utiče na veliko izdvajanje prašine u jedinici vremena; kamionski transport, koji drastično utiče

na povećanje ukupnog fona prašine u vazdušnom prostoru kopa.

### **Vrednovanje faktora uticaja u konkretnim eksploatacionim uslovima**

Analizu stanja zapašenosti u konkretnim eksploatacionim uslovima izvršili smo na primeru površinskog kopa Majdanpek.

Tehnologija otkopavanja rude i otkrivke sadrži sledeće tehnološke faze: bušenje, utovar, transport, odlaganje jalovine, pomoćne radove. Sve one, više ili manje utiču na aerozagadenje radnog prostora u kopu i životnoj sredini izvan granica kopa. Primarno bušenje minskih bušotina vrši se mašinama na principu rotacionog bušenja sa konusnim ozubljenim krunama. Za bušenje kod sekundarnog miniranja blokova i etažnih pragova, izrade zaseka otvaranja, prilaznih puteva i dr. primenjuju se samohodne bušilice malog prečnika sa guseničnim transportnim uredajem. Utovar administriranih stenskih masa odvija se bagerima - kaškarima na elektro pogon. Tehnološka linija transporta i odlaganja jalovine obuhvata: kamionski transport - drobilno postrojenje - transportere sa trakama - odlagač. Transport rude odvija se kamionima - damperima. Pomoćni radovi se primenjuju za izradu i održavanje transportnih i pristupnih puteva, održavanje ravni etaže i radilišta i dr. sa pomoćnom mehanizacijom (buldozeri, utovarivači, grejderi).

U prostorno - tehnološkim celinama (radnim okolinama) na PK Majdanpek ispitivali smo zapašenost (koncentraciju respirabilne prašine u vazduhu) više godina u okviru periodičnih ispitivanja hemijskih i fizičkih štetnosti. Ovde navodimo rezultate ispitivanja za četiri godine, koji bi, s obzirom na vremensku distancu, mogli predstavljati više faza eksploatacije kopa. Izmerene vrednosti koncentracije respirabilne prašine (Nk) u mg/m<sup>3</sup> date su u tablici 1.

Odgovarajuće maksimalno dozvoljene koncentracije prašine (MDK), prema utvr-

V. Ivanović, M. Ivanović i dr.: Stanje zapašenosti na površinskim kopovima...

Koncentracija prašine (Nk) u radnom prostoru PK Majdanpek

Tablica 1

Naziv radne okoline	1976		1981		1986		1991		
	leto	zima	leto	zima	leto	zima	leto	zima	
Kabina rukovaoca mašine za bušenje	1.01	0.25	1.05	0.51	1.53	1.36	3.10	3.20	
	5.55	0.35	3.38	4.90	3.58	3.80	2.70	1.10	
	1.28	0.31	1.18	4.37	3.94	0.72	1.80	3.69	
	1.70		2.51	1.85	2.05	3.94			
	5.23								
	1.12								
Nsr.	2.65	0.30	2.03	2.91	2.78	2.46	2.53	2.66	
Gx.	1.953	0.041	0.966	1.801	1.010	1.434	0.544	1.123	
Cv.	73.7%	13.5%	47.6%	61.9%	36.4%	58.4%	21.5%	42.2%	
Spoljna okolina na mašini za bušenje	0.91		0.81	0.55	0.79	0.80	6.70	1.15	
	1.32		1.03	0.48	0.51	0.54	5.90	1.10	
	1.55		1.25	0.80	1.06	0.84	2.85	0.68	
					3.00				
					0.88				
Nsr.	1.26		1.03	0.61	1.25	0.73	5.15	0.98	
Gx.	0.265		0.180	0.137	0.894	0.133	1.659	0.211	
Cv.	21.0%		17.4%	22.5%	71.6%	18.3%	32.2%	21.6%	
Spoljna okolina kod mašine za sekundarno bušenje						3.03	3.60		
						3.40	2.33		
						2.55	3.15		
								3.03	
								0.526	
Nsr.						2.99		3.03	
Gx.						0.348		0.526	
Cv.						11.6%		17.4%	
Kabina rukovaoca bagera	3.38	0.59	2.01	1.88	1.84	1.89	1.75	3.25	
	1.20	0.54	1.27	1.05	0.60	0.61	1.10	0.66	
	4.30	0.39	1.85	1.49	2.04	2.45	1.30	3.31	
	1.43	0.29	1.27	1.27	1.31	1.50	1.84	1.61	
	3.12	0.11	1.86	1.27			1.28	0.98	
1.42	0.23					1.10	0.78		
Nsr.	2.50	0.30	1.59	1.47	1.45	1.61	1.40	1.77	
Gx.	1.188	0.169	0.323	0.339	0.557	0.670	0.294	1.112	
Cv.	47.6%	47.0%	20.3%	23.0%	38.5%	41.6%	21.1%	63.0%	
Spoljna okolina na bageru	1.17	0.49	1.18			0.83	1.31	0.64	
	1.28	0.55	1.37			0.99	1.28	0.59	
	1.06	0.34	1.07			0.70	1.11	1.02	
							1.00	0.77	
							1.16		
						3.15			
Nsr.	1.17	0.40	1.21			0.84	1.57	0.76	
Gx.	0.090	0.088	0.124			0.119	0.796	0.167	
Cv.	7.68%	19.2%	10.3%			14.1%	50.8%	22.1%	
Kabina rukovaoca dampera	1.33	0.28	1.07	2.80	1.13	1.00	3.10	2.25	
	1.35	0.29	1.08	0.80	2.05	1.27	5.97	2.47	
	0.75	0.26	0.54	1.79	1.80	1.46	2.11	2.90	
	2.48	0.27	1.31	3.53	2.58	1.18		1.95	
	2.51	0.30	1.15	0.80	2.45	1.60		1.83	
3.45	0.51	2.41	0.79	1.97	2.66		2.59		
3.39	0.18	1.10	1.03	1.75	1.64		2.27		
1.20	0.19	1.13	0.59	1.77	1.58		1.85		
3.80		1.28	0.60	2.18	1.67		2.37		
3.50		2.05		1.50	1.25		2.64		
0.92		0.84		1.55	1.67		1.93		
0.73		1.12							
Nsr.	2.12	0.29	1.21	1.41	1.89	1.55	3.73	2.28	
Gx.	1.144	0.095	0.495	1.010	0.399	0.415	1.637	0.340	
Cv.	54.0%	33.2%	41.0%	71.4%	21.1%	26.8%	43.9%	14.9%	
Kabina rukovaoca pomoćnih mašina	0.88	0.85	0.70	0.46	0.52	0.64	1.80	0.78	
	0.59	0.64	0.45	0.41	0.38	0.42	1.07	0.90	
	0.62	0.28	0.47	0.45	0.31	0.38	2.37	0.69	
	0.44	0.33	1.13	0.29	0.50	0.48	1.21	0.85	
	0.59	0.16	0.33	0.33	0.51	0.47	1.06	0.49	
0.57	0.39	1.14	0.51	0.49		1.15	0.59		
0.46	0.41		0.45	0.69		1.24	0.46		
0.55	0.37			0.67		0.93	0.66		
0.57	0.29			0.98		1.68	0.57		
				0.54			0.45		
Nsr.	0.59	0.41	0.70	0.41	0.57	0.48	1.39	0.61	
Gx.	0.119	0.197	0.324	0.072	0.176	0.089	0.441	0.152	
Cv.	20.3%	47.6%	46.1%	17.4%	31.1%	18.5%	31.7%	23.7%	
Kabina rukovaoca u sistemu za transport jalovine							0.65	1.48	
							1.00	1.60	
							1.84	1.24	
							1.14	0.72	
							1.54		
						1.40			
						1.78			
						1.37			
						1.35			
Nsr.							1.34	1.20	
Gx.							0.353	0.338	
Cv.							26.3%	26.8%	
Radna okolina u sistemu transporta jalovine							3.15	1.61	
							1.22	3.66	
							3.20	3.32	
							1.90	1.89	
							2.64	2.90	
						3.40			
						3.14			
						2.92			
						4.71			
Nsr.							2.92	2.68	
Gx.							0.920	0.798	
Cv.							31.5%	29.8%	
Ukupno	Nsr.	1.76	0.36	1.26	1.29	1.46	1.50	2.21	1.62
	Gx.	1.350	0.159	0.619	1.241	0.917	0.972	1.347	0.985
	Cv.	76.5%	44.1%	48.9%	96.3%	62.9%	64.9%	61.0%	60.8%

Nk - izmerna koncentracija lebdede prašine, mg/m<sup>3</sup>, Nsr - srednja koncentracija lebdede prašine, mg/m<sup>3</sup>, Gx - standardna devijacija, Cv - koeficijent varijacije

denom srednjem sadržaju % silicijum dioksida ( $\text{P}_{\text{SiO}_2}$ ) [1] iznose:

- 1976 godina, ( $\text{P}_{\text{SiO}_2}$ ) = 19,9%, MDK = 0,46 mg/m<sup>3</sup>;
- 1981 godina, ( $\text{P}_{\text{SiO}_2}$ ) = 14,8%, MDK = 0,59 mg/m<sup>3</sup>;
- 1986 godina, ( $\text{P}_{\text{SiO}_2}$ ) = 13,2%, MDK = 0,66 mg/m<sup>3</sup>;
- 1991 godina, ( $\text{P}_{\text{SiO}_2}$ ) = 15,6%, MDK = 0,57 mg/m<sup>3</sup>.

Pored opštih karakteristika kontinentalne klime za ovo geografsko područje, na osnovu merenja na stalnoj meteorološkoj stanici na površinskom kopu, mogle su se izdvojiti neke posebne karakteristike od značaja za ovu analizu. Period maj - oktobar karakterišu relativno visoke temperature: maksimalne 24-30°C; minimalne 3-8°C; srednje 12-16°C. U ostalim mesecima su dosta niske temperature: maksimalne 1-21°C; minimalne (-1)-(-14)°C; srednje (-4)-(-6)°C. Intenzitet padavina je veoma promenljiv. Maksimalne mesečne vrednosti padavina izmerene su u periodu april - juli: 92 l/m<sup>2</sup>, zatim u periodu avgust - novembar: 46 l/m<sup>2</sup>, a najmanje u periodu decembar - mart 26 l/m<sup>2</sup>. Godišnja raspodela padavina je povoljna sa stanovišta ukupnog izdvajanja prašine. Intenzivnije padavine u letnjem periodu prate visoke temperature što podrazumeva brže isušivanje stenske mase i ostalih akvitnih površina na kopu. Manje količine padavina u zimskom periodu takođe pogoduju izdvajanju prašine za formiranje

fona zagađenja iznad granične vrednosti. U ovom geografskom području vetrovi duvaju često i dosta intenzivno, što je povoljno za prirodno provetravanje kopa. Najveće brzine vetra su u zimskim mesecima (decembar - mart): 8-14 m/s; u ostalim mesecima: 4-7 m/s. Najčešće duvaju jugoistočni, severo-istočni i zapadni vetrovi. Inverzije su zastupljene vrlo malo, 5% od ukupnog broja dana u godini.

S obzirom da PK Majdanpek ima obeležje brdskog tipa to je dubina rudarskih radova bitan tehnološki faktor za procenu potencijalne opasnosti od mineralne prašine. Grafička analiza strukture vazdušne struje kod prirodnog provetravanja u sadašnjoj fazi eksploatacije, na dubini 350 m (najniža etaža na koti 350 m) je isključivo recirkulaciona. Na nižim etažama (ispod kote 250 m) postoje recirkulaciona strujanja drugog reda sa brzinama manjim od 1 m/s., koje nisu dovoljne da nadvladaju termička strujanja.

Na tim dubinama bez obzira na brzinu i pravac vetra na ulazu u kop - količine vazduha su najčešće nedovoljne za razređivanje komponenti aerogagađenja u radnim okolinama ispod MDK, a brzine vazduha su takođe nedovoljne za iznošenje suspendovanih čestica u više usmerene vazdušne tokove.

Intenzitet izdvajanja prašine

Tablica 2

Izvor emitovane prašine	Emisija mg/s	Primedba
1. Bušilice		
- Primarno bušenje	250-400	Bez otprašivanja
- Sekundarno bušenje	100	Suvi postupak
2. Bager kašikar	400-800	
3. Bager odlagač	8000-10000	
4. Kamioni - damperi	4000-6000	
5. Transporteri sa trakama		
- Po dužnom metru (m') trake	35-50	
- Na presipu sa trake na traku	80-100	
6. Drobilice	300-500	
7. Pomoćne mašine (buldozeri)	200-500	
8. Sekundarno izdvajanje nataloženje prašine sa aktivnih površina (m <sup>2</sup> )	10-15	

Tehnološke faze i primenjena tehnološka oprema različito se ispoljavaju kao potencijalni zagađivači vazduha. To se konkretnije može videti na osnovu pojedinačnih intenziteta izdvajanja prašine navedenih u tablici 2.

Jedinični intenziteti izdvajanja prašine ukazuju na veliki uticaj kamionskog transporta na formiranje ukupnog fona suspendovane prašine u vazduhu. Utoliko je nepovoljnije što se prašina izdvaja na celoj dužini transportnih puteva, što praktično znači da je obuhvaćen sav prostor u površinskom kopu. U ukupnoj masi suspendovane prašine značajno je učešće sekundarno izdvojene nataložene prašine u delovima kopa gde su brzine vazduha veće od 2 m/s.

### **Zaključak**

Izvršenom identifikacijom i vrednovanjem stanja zprašenosti na površinskom kopu "Majdanpek" u vremenskom periodu od 15

godina pokazalo se da su prosečne koncentracije respirabilne prašine u radnom prostoru veće od MDK u svim etapama eksploatacije. U posmatranom periodu agresivna prašina je ispoljavala približno ista i veoma izražena agresivna svojstva. Zprašenost vazduha je veoma promenljiva u zavisnosti od intenziteta i mesečne, odnosno godišnje raspodele atmosferskih padavina.

Sa daljim povećanjem dubine kopa u kasnijim fazama eksploatacije treba očekivati dalje pogoršanje uslova provetravanja i sa time povećanje zprašenosti. Dalju aktivnost treba usmeriti na konkretnu proveru stanja zprašenosti i iznalaženje efikasnijih rešenja za smanjenjem zprašenosti i njihovu praktičnu primenu.

Metode istraživanja primenjene na primeru PK Majdanpek mogu se, bez ograničenja, primeniti i za eksploatacione uslove PK Veliki Krivelj.

### **Summary:**

#### **DUSTINESS IN OPEN PIT MINES OF METALLIC MINERALS**

In large open pit mines of metallic minerals in Eastern Serbia, the operating conditions are characterized by natural and technological factors which cause the air dustiness of the working environment. Due to high concentrations, the pronounced harmful effect of dust is constant in each operating stage, during the period from 1976 to 1991. As noticed, the intensity of dustiness and the concentration of respirable dust depend to a great extent on weather conditions.

**Literatura:**

1. Ivanović V., Ivanović M., Koprivica O., Uticaj prirodnih i tehnoloških faktora na potencijalnu opasnost od prašine kod površinske eksploatacije mineralnih sirovina, XXVII oktobarsko savetovanje rudara i metalurga, 1995. god., Bor.
2. Ivanović V., Uticaj hem.-fiz. štetnosti na skraćnje radnog veka radnika na površinskim kopovima, Rudarski glasnik, 1/27, str. 35-45, 1988. god.
3. Ušakov K.Z., Mihajlov V.A., Aerologija karerov, Nedra - Moskva, 1980. god.
4. Nikitin V.S., Bitkolov N.Z., Proektitirovanie ventilacii v Karerah, Nedra - Moskva, 1980. god.

## Uticaj rada transporterera sa trakom na smanjenje zagađenja naselja ugljenom prašinom

Vladimir Ivanović - Obren Koprivica - Dušan Stajević - Miroslav Mrvoš

### Rezime

*I pored nesumljivih proizvodnih i ekoloških pogodnosti transport mineralnih sirovina transporterima sa gumenim trakama može imati štetne posledice u slučajevima nedovoljne zaštitne udaljenosti stanbenih objekata. Na konkretnom primeru - u pogonskim uslovima izvršeno je ispitivanje štetnog uticaja dela trase transporta uglja (lignita) sa površinskog kopa u separaciju na obližnje naseljene lokalitete. Na osnovu rezultata merenja aerozagađenja utvrđene su zone opasnosti na posmatranom području i pojedinačni uticaji emitora prašine. Predložena su konceptijska rešenja kompleksne zaštite od aerozagađenja.*

### Uvod

Kod površinske eksploatacije niskokaloričnih ugljeva lignita najčešće se za transport otkrivke i uglja koriste transporteri sa gumenim trakama. Poznate su visoke performanse ovog načina transporta, s obzirom na mogućnost kontinualnog prevoza velikih masa, kao i određene ekološke prednosti. Ipak, u nekim situacijama, transport gumenim trakama može imati štetne posledice na život-

nu sredinu. To se dešava kada trasa transporterera prolazi blizu naseljenog područja na udaljenosti manjoj od zaštitne udaljenosti do koje se prostire aerozagađenje prašinom.

Predmet našeg interesovanja u ovom radu je konkretan primer nedovoljne zaštitne udaljenosti trase transporterera u naseljenoj zoni. Ispitali smo sistem za transport uglja sa površinskog kopa "Kolubara"-Polje D u separaciju postrojenja "Kolubara-Prerada". Trans-



Imisija suspendovanih čestica po mernim mestima

Tablica 1

Datum	MC-1	MC-2	MC-3	MC-4	MC-5	MC-6	MC-7	MC-8	MC-9	MC-10	MC-11	MC-12	MC-13	MC-14	MC-15	MC-16	MC-17	MC-18	MC-19	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
12.9.1995.	182		221	101			104	180							110				313	
13.9.1995.	264						151	119		264	269	151			211	113			180	
14.9.1995.	260		261	189	604	300	420	211	188	186	187	206	251	106	176	176			340	
15.9.1995.	295	591	284					195	186		195				207	210	205	286	125	130
16.9.1995.	275	194		270	630	315	310					181		306	105	374	176			410
17.9.1995.		260			510	620	115	220	195	195			198			128	261			391
19.9.1995.		360	250	116	556	540			165	310	215	295	311	210			310	361		430
20.9.1995.		420	290	251	525	410			210	200	204	311	294	115			130	280		380
Br. podat.	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Max. vred.	295	591	290	270	630	620	420	220	210	310	269	311	311	306	211	374	310	361		430
Min. vred.	182	194	221	101	510	300	104	119	165	186	187	151	198	106	105	113	125	180		130
Sred. vred.	255	365	216	185	565	437	220	185	185	231	214	229	252	189	161	215	200	295		348

\* vrednosti imisije suspendovanih čestica dati su u  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

na mernim mestima 1 ( $F_p = 2,12$ ), 2 ( $F_p = 3,04$ ), 3 ( $F_p = 2,18$ ), koje reprezentuju grupu seoskih zgrada, pod uticajem presipnih stanica B-18 i C-7. Veliko prekoračenje granične vrednosti na mernom mestu 19 ( $F_p = 2,89$ ) kod usamljene kuće ukazuje na uticaj transporterata u neposrednoj blizini. Slična konstatacija je i za usamljenu kuću na mernom mestu 18 ( $F_p = 2,45$ ), s tim što u ovom slučaju treba uzeti u obzir i eventualan uticaj presipnih stanica B-27 i C-8. Nešto manji faktor prekoračenja ( $F_p = 1,34 - 2,10$ ) ima kompleks kuća obuhvaćen mernim mestima 9-18. Ovde verovatno postoji zajednički uticaj presipnih stanica B-27 i C-8 i transporterata na deonici C-14.

Kod posmatranih sistema transporta uglja postoje jasna izražena dva tipska izvora prašine: presipne stanice - tačkasti izvori i transporterata sa gumenom trakom - linijski izvori, koji se razlikuju po načinu i intenzitetu izdvajanja prašine. Za presipne stanice je karakteristično da se sa malog prostora emituje relativno velika količina prašine u jedinici vremena; visina emitovanja dostiže 10 m, što je pretpostavka za distribuciju prašine na veću udaljenost. Duž transportne trake je znatno manje jedinično izdvajanje prašine, koje se, međutim, manifestuje na velikoj dužini (više kilometara); visina emitovanja je do 1,5 m (izuzetno na kratkim deonicama i više metara), što smanjuje daljinu transporta sus-

pendovanih čestica u vazdušnoj sredini, putem vetra.

Na unošenje lebdeće (respirabilne) prašine u vazdušnu sredinu, pored neposrednih tehnoloških izvora (presip uglja sa trake na traku, ugaj na pokretnoj traci) značajno utiču nagomilanja nataložene prašine na zemlji pored presipnih stanica i duž trase transporterata kao i na konstrukciji transportnih stanica, odnosno transporterata. Nataložena prašina se pojavljuje kao sekundarni tehnološki izvor suspendovanih čestica, a njen intenzitet izdvajanja je u funkciji karakteristika vetra.

U posmatranim uslovima transporta uglja na aerodinamiku prašine bitno utiče fluktuacija emisije prašine. Količina emisije zavisi od više tehnoloških i prirodnih faktora. Pri tome promenljivost tehnoloških faktora nije toliko izražena i odnosi se pre svega na promenu kapaciteta transporta i radove održavanja na uklanjanju nataložene prašine, koji se praktično ne izvode [1].

Ukupna godišnja emisija prašine, koja se smatra pogodnom za distribuciju aerozagađenja do posmatranih stambenih lokaliteta, kao i njena mesečna raspodela u funkciji je klimatskih i meteoroloških faktora, pre svega atmosferskih padavina (kiša, sneg). Prostorna distribucija suspendovane prašine u funkciji je ruže vetrova [3].

Našim merenjima je obuhvaćen relativno kratak (7 dana) i pretežno suv period vreme-



na, što odgovara postavljenom cilju da se utvrde nepovoljne karakteristike aerozagađenja u obližnjim naseljenim lokalitetima i izvrši procena o potrebi eventualne primene mera tehničke zaštite.

Izvršena merenja imisije pokazala su da postojeći transportni sistem utiče na formiranje zona opasnosti od aerozagađenja mineralnom prašinom. Nesumljiv je zajednički uticaj prethodno pomenutih karakterističnih izvora prašine, ali nije bilo moguće izdvojiti njihove pojedinačne uticaje, kao i kvantitativno učešće sekundarno izdvojene nataložene prašine u ukupnom fonu suspendovane prašine u vazdušnoj sredini. Ne može se isključiti ni eventualni uticaj drugih emitora sa veće udaljenosti (okolnih termoenergetskih objekata).

Za konkretnije sagledavanje pojedinačnog uticaja presipnih stanica i transportera izvršili smo proračun distribucije suspendovane prašine, primenom sledećih relacija [4]:

- Za tačkaste izvore (presipne stanice),

$$C_x = \frac{1000 \cdot k \cdot q}{x^2 \cdot \psi_{gr}^2 \cdot v} (\mu\text{g} / \text{m}^3)$$

- Za linijske izvore (transportne trake)

$$C_x = \frac{1000 \cdot k \cdot q}{x \cdot \psi_{gr} \cdot L \cdot v} \cdot C_0 (\mu\text{g} / \text{m}^3)$$

gde je:

$C_x$  - koncentracija prašine na osi usmerenog zaprašenog vazdušnog toka,  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

$C_0$  - koncentracija prašine u usmerenom vazduhu ispred izvora izdvajanja prašine,  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

$x$  - rastojanje od izvora do posmatranog preseka u usmerenom zaprašenom vazdušnom toku

$q$  - emisija (intenzitet izdvajanja) respirabilne frakcije na izvoru prašine,  $\text{mg}/\text{s}$

$v$  - početna brzina usmerenog vazdušnog toka (vetra),  $\text{m}/\text{s}$

$k$  - koeficijent koji zavisi od ventilacione šeme usmerenog vazdušnog toka

$\psi_{gr}$  - bezdimenzioni parametar koji karakteriše turbulentnost vazdušnog toka kod izvora

Izračunate vrednosti imisije prašine na različitim odstojanjima od izvora i za različite brzine vetra usmerenog u pravcu posmatranih lokaliteta seoskih zgrada, kod datih ostalih parametara date su tablici 2 za tačkaste a u tablici 3 za linijske izvore

Tablica 2

x	v	q	k	$\psi_{gr}$	$C_x$
30	1			0,2	8333
	3			0,4	694
	7			0,6	132
50	1	100	3,0	0,2	3000
	3			0,4	250
	7			0,6	48
100	1			0,2	750
	3			0,4	62
	7			0,6	12
150	1			0,2	333
	3			0,4	28
	7			0,6	5

Tablica 3

x	v	q	k	$\psi$	L	$C_x$
15	1			0,3		3000
	3			0,6	8	500
	7			0,8		161
30	1	40	2,7	0,3		706
	3			0,6	17	117
	7			0,8		38
50	1			0,3		267
	3			0,6	27	44
	7			0,8		14

Znatno je veći uticaj presipnih stanica na aerozagađenje, koje slabi tek na rastojanjima većim od 200 m. Uticaj transportera sa trakom slabi na rastojanjima većim od 50 m.

## Koncepcijska rešenja zaštite od aerozagađenja

Rezultati merenja aerozagađenja i analiza pojedinačnog uticaja karakterističnih izvora prašine pokazali su da je neophodno primeniti kompleksnu zaštitu od prašine koja obuhvata tri postupka:

- ugradnja aspiracionog sistema za otprašivanje na presipnim stanicama za sprečavanje emisije granulometrijske frakcije ispod 10  $\mu\text{m}$ ,
- zasnivanje zaštitnog zelenog pojasa u cilju sprečavanja rasprostiranja suspendovanih čestica u vazduhu na rastojanja veća od 50 m od trase transportera,
- redovno uklanjanje i čišćenje rasutog materijala i prašine pored i sa konstrukcija presipnih stanica i transportera u cilju sprečavanja sekundarnog izdvajanja nataložene prašine u vazдушnu sredinu.

Za sprečavanje emisije prašine na presipnim stanicama predložili smo tipsko rešenje otprašivanja sledećih karakteristika: dobra hermetizacija presipa sa trake na traku (pogonski i povratni delovi traka) prekrivkom od lima debljine 5 mm i gumenom trakom u blizini transportne trake; aspiracioni sistem sa tri odsisna mesta (haube) locirana iznad sipke (kod pogonskog bubnja gornje trake), ispred i iza sipke (kod povratnog bubnja donje trake); suvi kasetni odvajач prašine sa visoko efektivnim filtrujućim materijalom (99,97%), centrifugalni ventilator ( $Q = 18500 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $H = 2620 \text{ Pa}$ ,  $N = 29 \text{ kW}$ ); rotacioni dozator za ispuštanje prašine iz konusnog bunkerskog dela odvajачa na ugaj koji se prenosi trakom. Podrazumeva se primena ovog rešenja na svim presipnim stanicama uz odgovarajuća konstruktivna prilagodavanja.

Poznato je da se zaštita i poboljšanje uslova životne sredine u blizini industrijskih kompleksa postižu različitim oblicima - kategorijama zelenih površina, pri čemu posebno značajnu ulogu imaju veći ili manji šumski kompleksi i šumski zaštitni pojasevi. [2].

Međutim, treba imati u vidu da se ovom metodom ne mogu apsolutno eliminisati svi nepovoljni uticaji, zbog čega ona ima tretman dopunske zaštite metodama usmerenim na sprečavanje emisije, koje se planiraju i izvode zavisno od vrste izvora i intenziteta zagađenja ili drugog negativnog uticaja na životnu i radnu sredinu. Podizanje zelenih površina, pojaseva, ili drvoreda ne može biti stihijsko, već plansko, posebno sa aspekta izbora vrste drveća, vremena podizanja, kategorije, oblika, veličine, unutrašnjeg sadržaja. Asimilacioni organi biljaka, svojim fiziološkim procesima evapotranspiracije i fotosinteze, oslobađaju kiseonik i vlagu, čime razređuju zagađenja suvih i toplih vazдушnih masa; lisna masa je najbolji prirodni filter za suve čestice u vazduhu. Nisu sve biljke podjednako otporne na razna stanja u prirodi, što se uzima u obzir pri projektovanju biološke zaštite.

U konkretnom slučaju planirana biološka zaštita je višestruko ograničena i predloženo je optimalno rešenje za date uslove, zavisno od topografije terena, zemljišta, raspoloživih površina, objekata zaštite, smera i brzine kretanja vazдушnih strujanja i intenziteta aerozagađenja i drugih lokalnih uslova. Ukupna površina na kojoj se primenjuje biološka zaštita (zeleni pojas) podeljena je na osam sektora, što je grafički prikazano na situacionoj karti: Sektor D<sub>1</sub> - čini neproduvni jednoredni zaštitni pojas koji se podiže zasadom višegodišnjih sadnica zimzelene vrste Thuja accidentalis, koje uz dobru negu mogu imati prosečan godišnji visinski prirast oko 40 cm, a za 3-4 godine njihove krošnje se spajaju i formiraju tzv. neproduvni pojas. Sektor D<sub>2</sub> - je predstavljen neproduvnim pojasom izgrađenim od zimzelene vrste Alnus glutinosa koja je izabrana zbog brzog rasta, podnošenja konkretnih uslova zemljišta (dosta vlažno) i dobrog bočnog grananja. Sektor D<sub>3</sub> - je takođe jednoredni zaštitni pojas brzorastuće vrste četinara Pseudotsuga menziessii, koja, pored zaštitne uloge, ima i estetsko dekorativnu vrednost. Sektor D<sub>4</sub> - nalazi se na naj-

ugroženijem delu transportnih traka i pogonskih stanica; na južnoj strani. U koncepciju biološke zaštite uključuje se postojeći nasip; raspored zasadenog drveća počinje tako što se neposredno uz transportnu traku nalazi jedan red jova, zatim dva reda jasena i pri vrhu nasipa, sa unutrašnje strane, neproduvni pojas od sadnica tuje; spoljna (južna) strana pošumljava se bagremom; u podnožju nasipa, prema seoskim zgradama, predviđena je sadnja tri reda zelene duglazije; očekuje se da ovako koncipiran kompleks zelenog rastinja, uz intenzivnu negu, maksimalni zaštitni efekat pruži posle 5-6 godina. Sektor D<sub>5</sub> - se nalazi između transportnih traka i javne saobraćajnice; pošumljava se višegodišnjim sadnicama crnog bora i ima zadatak da poboljša zaštitnu funkciju sektora D<sub>4</sub>. Sektor D<sub>6</sub> - prati postojeći nasip, unutrašnja strana nasipa se pošumljava lišćarskim vrstama, a spoljna strana crnim borom. Sektor D<sub>7</sub> - kao i sektor D<sub>1</sub> podižu se u jednom redu uz transporter sa trakom zasadam sadnica tuje. Sektor D<sub>8</sub> - postavlja se na padini nasipa pošumljavanjem bagremom, a ravna površina ispod nasipa pošumljava se jasenom.

Redovno uklanjanje rasutog uglja i nagomilanja prašine pored i sa konstrukcija

transportera i presipnih stanica (radovi održavanja) predstavlja primarnu organizacionu meru zaštite od prašine. Njenom adekvatnom primenom bitno će se smanjiti ukupna emisija sekundarno izdvojene nataložene prašine.

### Zaključak

Predloženi model kompleksne zaštite od aerozagađenja ispunjava bitan uslov: sadrži efekte smanjenja emisije prašine neposredno na izvorima i efekte smanjenja količine prašine u usmerenom vazдушnom toku iza izvora. Očekujemo da će ukupan ostvareni efekat kompleksne zaštite u praktičnoj primeni omogućiti da se sada ugroženi objekti nađu u bezbednoj zoni, tj. na udaljenosti gde emisije prašine ne prelaze granične vrednosti.

Ovaj uslov nije ispunjen za seoske zgrade kod mernih mesta 3, 18 i 19, koje su locirane sasvim blizu trase transportera. Konačno rešenje treba tražiti u njihovom izmeštanju.

Kod lokaliteta seoskih zgrada br. 5, 6, 7 i 8 nije postavljen zeleni pojas, pošto za tu svrhu nema raspoloživog zemljišta pored trase transportera (nisu regulisani imovinsko-pravni odnosi) što bi trebalo u doglednom vremenu da se reši.

### Summary:

## FAVORABLE EFFECT OF BELT CONVEYORS ON AIR POLLUTION OF POPULATED AREAS WITH COAL DUST

Besides the undoubted protective and environmental advantages of rubber belt conveyors this type of ore transportation can, also have negative, harmful effects on the environment if the populated areas are not located at a safe distance. On site investigations have been carried out in order to examine the actual conditions in one section of the transportation system which conveys coal (lignite) from the open pit mine toward the separation plant and to determine the effect on the surrounding populated areas. In these investigated areas, according to the air pollution measurements, danger zones have been determined, as well as the separate impact of each dust emission source. Conceptual solutions for complex protective measures have been suggested, hereon.

**Literatura:**

1. Nikitin V.S., Buthalov N.Z., Proektirovanie ventilacii v karerah, Nedra, Moskava, 1980.
2. Končar S., Đurđević O., Stojanović M., Uticaj drveća i njihovih zaštitnih pojaseva na rasprostiranje zagađivača, Zaštita atmosfere, 1 (1981) 9, Sarajevo.
3. Peters L.K., Klinzing G.E., The Effect of variable diffusion Coefficients and Velocity on The Dispersion of Pollutants, Atmospheric Environment Pergamon Press, 1971, Vol. 5:.
4. Ušakov K.Z., Mihajlov V.A., Aerologija karerov, Nedra, Moskva, 1985.

## **Prikaz metode vrednovanja kvaliteta difuzionog ATDL modela za proračun aerozagadenja**

**Slavko Kostoski - Dragoljub Urošević - Tanja Vuković**

### **Rezime**

*Zbog savremene potrebe kontrole kvaliteta vazduha izrađeni su brojni matematički modeli aerozagadenja koji imaju različite pristupe i kao takvi zahtevaju validiranje. U ovom članku prikazana je jedna od validacionih metoda modela i njezova primena na dobijenim vrednostima površinske koncentracije SO<sub>2</sub>, u tipičnim atmosferskim uslovima*

*U procesu primene ovog modela, korišćene su vrednosti površinske koncentracije SO<sub>2</sub> dobijene primenom ATDL modela, u oblasti koja je pod uticajem termoenergetskog kompleksa Kolubara - Prerada, kao i rezultati merenja simuliranih imisija koje su vršene 1987 god.*

### **Uvod**

U dosadašnjim istraživanjima, u svetu i kod nas, nije sačinjen univerzalni model aerozagadenja, jer su oni izvedeni pod određenim pretpostavkama. Svaki od modela, zbog toga, sadrži neodređenosti koje mu ograničavaju tačnost.

Razlike u izmerenim i modelom izračunatim koncentracija aerozagadenja mogu poticati od grešaka ulaznih meteoroloških podataka i podataka o emisijama [1]. Razlike mogu poticati i zbog modela, jer svaki od difuzionih modela u manjoj ili većoj meri simulira procese turbulentne difuzije u atmosferi. Zbog

toga je važno da pri primeni modela distribucije aerzagadenja treba znati vrednosti ovih grešaka [1, 2, 3].

Metodom verifikacije, izloženom u ovom radu, su numeričkim kriterijumima date su ocene performansi ATDL modela primenjenog na području uticaja PO "Kolubara-Prerada", Vreoci. Ocena performansi ATDL modela je data poređenjem modelom izračunatih i izmerenih koncentracija sumpor-dioksida. Kvalitet testiranog ATDL modela je poboljšan unošenjem podataka iz katastra emisija sumpor-dioksida i unošenjem vrednosti parametara difuzije i turbulencije dobijenih iz mikrosondiranih merenja meteoroloških parametara, na području "Kolubara-Prerada".

### Metodologija

Upoređenje izmerenih i modelom izračunatih koncentracija sumpor-dioksida u vazduhu je ostvareno korišćenjem sledećih tipova kvantitativnih mera performansi [2, 5, 6]:

- mere razlika, koje daju kvantitativnu ocenu vrednosti razlika između, ATDL modelom izračunatih vrednosti koncentracija sumpor-dioksida,  $C_r$ , i izmerenih koncentracija sumpor-dioksida,  $C_m$ ;
- mera korelacije, koja daje kvantitativnu ocenu slaganja vrednosti  $C_r$  i  $C_m$ ;
- procenat izračunatih vrednosti koncentracija unutar faktora dve od izmerenih vrednosti (obično se daje u grafičkom obliku).

Za ocenu vrednosti razlika koristi se razlika  $d = C_m - C_r$ , odnosno tzv. rizidual. Pošto se izmerene koncentracije sumpor-dioksida podvrgavaju normalnoj raspodeli, to se one transformišu tako da i rizidual -  $d$ , ima približno normalnu raspodelu. Pri definisanju razlike koristi se logaritamska raspodela:

$$d = \ln \frac{C_m}{C_r}$$

a pristrasnost izračunatih vrednosti se procenjuje iz srednje vrednosti razlika.

Veza između srednje vrednosti razlika ( $d$ ), varijansi ( $S_d^2$ ) i srednje kvadratne greške SKG data je izrazom

$$SKG = \frac{1}{N-1} (S_d^2) + \bar{d}^2$$

a varijansa i srednja kvadratna greška daju odgovarajuće mere rasipanja oko  $\bar{d}$  ili  $\bar{d} - 0$ .

Tačnost, ATDL modelom dobijenih, vrednosti prizemnih koncentracija sumpor-dioksida, testira se regresionom analizom, [3, 4].

Osnovni pokazatelj povezanost izmerenih koncentracija ( $C_m$ ) i modelom izračunatih koncentracija sumpor-dioksida ( $C_r$ ), koja je podložna manjim ili većim odstupanjima, je korelaciona veza određena jednačinom regresije:  $\ln C_m = a + b \ln C_r$ .

Korišćenjem mera korelacije i obradom izmerenih vrednosti prizemnih koncentracija sumpor-dioksida utvrđena je lognormalna raspodela oko zajedničke srednje vrednosti. Ocena o povezanosti izmerenih i modelom izračunatih koncentracija sumpor-dioksida se daje preko vrednosti korelacionog koeficijenta -  $r$ , nagiba regresione krive prema apcisnoj osi -  $b$ , i odsečkom krive na ordinantnoj osi -  $a$ .

Jačina linearne veze između  $C_r$  i  $C_m$  je definisana koeficijentom determinacije ili koeficijentom korelacije:

$$r = \frac{\sum (C_m - \bar{C}_m)(C_r - \bar{C}_r)}{(\sum C_m - \bar{C}_m)^2 \sum (C_r - \bar{C}_r)^{1/2}}$$

Kao empirijsko pravilo prihvaćeno je sledeće:

- ako je  $r < 0,50$ , postoji neznatna linearna korelativna veza između izmerenih i modelom izračunatih vrednosti koncentracija sumpor-dioksida, (veza je nesigurnog značaja),
- ako je  $0,50 < r \leq 0,70$ , postoji značajna linearna veza između  $C_r$  i  $C_m$ , (veza ima praktičnu važnost),

- ako je  $0,70 < r \leq 0,90$ , postoji tesna veza između  $C_r$  i  $C_m$ ,
- ako je  $1 < r \leq 0,90$ , postoji vrlo tesna veza ili podudarnost između modelom računatih i izmerenih vrednosti koncentracija sumpor-dioksida,
- ako je  $r = 1$ , znači da postoji potpuna podudarnost modelom poračunatih sa izmerenim vrednostima prizemnih koncentracija sumpor-dioksida.

Očekivane vrednosti a i b su:

$a = 0$ , kada nema sistemske greške pri imisionim merenjima ili pri primeni ATDL modela. Najčešće je  $a = 0$  jer je opšte poznato postojanje prirodne fonske koncentracije sumpor-dioksida.

$b = 1$ , kada je  $C_r = C_m$ . Ali b može biti manje ili veće od 1 u zavisnosti da li je  $C_r < C_m$  ili  $C_r > C_m$ .

### Rezultati obrade i ocena performansi ATDL modela

Zbog uticaja meteoroloških parametara na prostornu raspodelu sumpor-dioksida, a samim tim i prostornu analizu podataka o 24-satnim koncentracijama sumpor-dioksida, analizirane su mere razlika i mere korelacije, korišćenjem baza podataka ovih vrednosti, dobijenih njihovim grupisanjem u podskupove. Podskupovi su grupisani prema sličnim meteorološkim uslovima. Meteorološki uslovi su kategorisani u klase stabilnosti: neutralna (D), slabo stabilna (E), umereno stabilna (F) i jako stabilna (G). Na taj način su do-

bijeni podskupovi podataka o srednjim imisionim i izračunatim 24-satnim koncentracijama sumpor-dioksida u danima kada je najčešća klasa stabilnost bila jedna od navedenih klasa.

Prvi korak u verifikaciji ATDL modela je analiza kumulativnih čestina raspodela razlika za svaki od navedenih podskupova. Vrednosti kumulativnih raspodela, p, prikazanih u tablici 1, ukazuju da se, u zavisnosti od klase stabilnosti, od 50% do 88% ATDL modelom izračunatih koncentracija sumpor-dioksida nalazi unutar faktora 2 od izmerenih.

Korelacioni koeficijenti regresionih krivih za E, F i G klasu su veće od 0,50, što ukazuju na postojanje značajne linearne veze između  $C_r$  i  $C_m$  koja ima praktičnu važnost u primeni ATDL modela.

Na slici 1 su, u grafičkom obliku, prikazane kumulativne čestine raspodela razlika za set podataka koji prezentuje integralno sva merenja u mernoj mreži. Kao što se vidi više od 75% svih ATDL modelom izračunatih koncentracija su unutar faktora dva od izmerenih. Ovako visok procenat izračunatih vrednosti unutar faktora 2 od izmerenih, ukazuje na dobro slaganje izmerenih i ATDL modelom izračunatih koncentracija sumpor-dioksida.

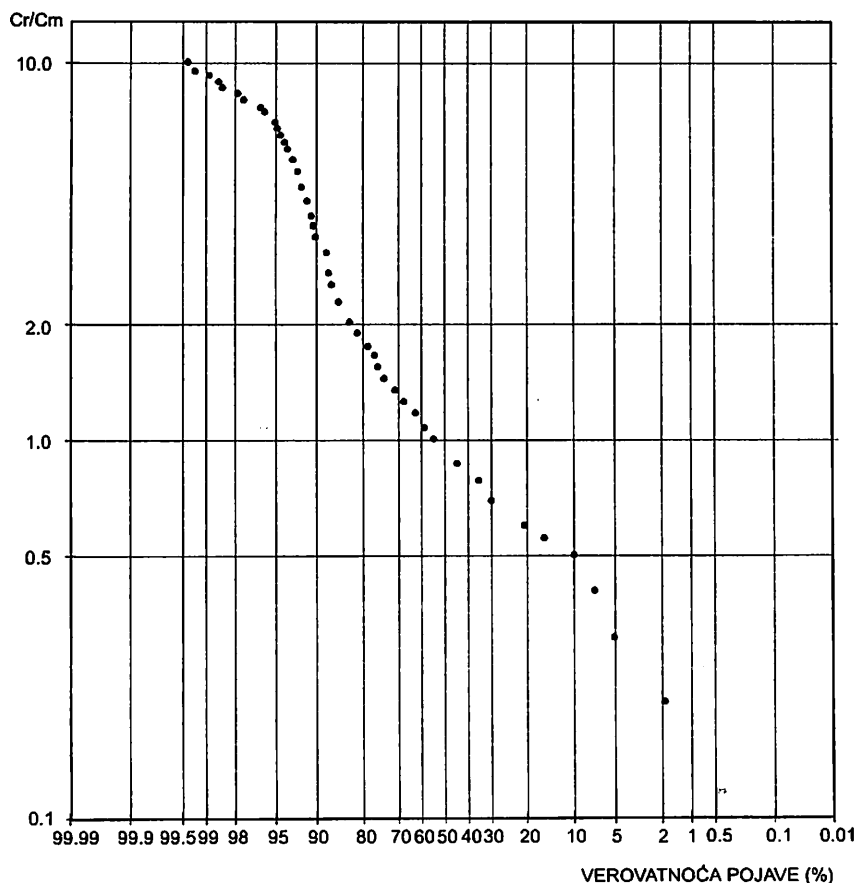
### Zaključak

Savremeni pristup u primeni difuzionih i drugih modela zahteva njihovo validiranje na

Rezultati testiranja ATDL modela kroz mere razlika i mere korelacije

Tablica 1

Klasa stab. D	D	E	F	G	Svi pod.
Parametar					
a	7,51	1,68	11,06	16,08	6,80
b	0,57	0,93	0,63	0,55	0,75
$r^2$	0,37	0,38	0,30	0,44	0,35
r	0,61	0,62	0,55	0,66	0,60
P	69%	55%	71%	88%	76%
N	69	8	98	50	225



Slika 1. Kumulativna čestina raspodela odnosa izračunatih i izmerenih 24-satnih koncentracija SO<sub>2</sub>, za ATDL model.

području primene korišćenjem rezultata dobro koncipiranog eksperimenta kojim su obuhvaćena emisiona i imisiona merenja. Pored ovih merenja treba sprovesti i kompleksna meteorološka merenja za potrebe izračunavanja parametara koji definišu turbulentne i disperzione karakteristike dela atmosfere u kome se vrši disperzija i transport zagađujućih materija.

Rezultati analize validiranja ATDL modela u ovom radu pokazuju da se iz njegovih

perfomansi može doneti zaključak o pogodnosti njegove primene za proračune raspodela sumpor-dioksid i drugih inertnih zagađujućih materija. Iz analiza perfomansi ATDL modela, koje su rezultat njegovog validiranja, izloženom metodom, zaključak je, da je ATDL model pogodan za proračun raspodela koncentracija sumpor-dioksida i inertnih materija.



### Summary

## QUALITY EVALUATION METHOD OF THE ATDL MODEL FOR AIR POLLUTION MEASUREMENTS

Modern approaches to the application of mathematical models for needs of air quality control must be properly evaluated. This paper will present a model evaluation method and its application to measured and computed values of surface SO<sub>2</sub> concentrations in typical weather conditions.

In the process of its application, the computed values of the surface SO<sub>2</sub> concentrations obtained by the ATDL model applied for the region influenced by the thermoenergetic complex Kolubara-Prerada were used, as well as the results of simulated immersion measurements performed in 1987.

### Literatura:

1. Hanna S.R., Heinold D.M., 1985: Simple Methods for Comparative Evaluation of Air Quality Models. In Proceedings of the 15-th International Meeting of the Air Pollution Modeling and its application, NATO/CCMS
2. Kostoski, Đ.S., 1993: Primena matematičkog modela za proračun prostorne raspodele sumpor-dioksida, magistarski rad
3. Marković R.D., 1973: Matematičko statistički metodi testiranja konzistencije i homogenosti meteoroloških hidroloških elemenata čovekove okoline, Vodoprivreda 20, Beograd
4. Marčuk G.I., 1982: Matematičeskoe modelirovanie problem okruzhayu - shchey sredy, Nauka Moskva
5. Malnyk, M., 1974: Principles of Applied Statistics, Pergamon Press, New York
6. Pery S.G., Schiermeir F.A., 1986: Theoretical basis and preliminary evaluation, Environmental Pollution monitoring and research programme, No. 49

# MST

VOLUME 1, 1996, No 1-2

## MINING SCIENCE AND TECHNOLOGY



RUDARSKI INSTITUT - BEOGRAD  
MINING INSTITUTE - BELGRADE

**DORINOS RACIONALNOM KORIŠĆENJU ELEKTRIČNE ENERGIJE U OS-  
NOVNIM PROIZVODNIM PROCESIMA NA POVRŠINSKIM KOPOVIMA  
UGLJA**

**CONTRIBUTION TO RATIONAL ELECTRICAL POWER RECOVERY IN  
THE COAL OPEN PIT MINES BASIC PRODUCTION PROCESSES**

**Dragoljub Ćirić - Vladislav Kecojević**

**Izvod**

Sa aspekta korišćenja električne energije (EL.E) na površinskim kopovima uglja kod nas je karakteristično: Za sadašnje stanje planiranje potrebne i praćenje potrošene EL.E vrši se samo globalno. Za naredne faze razvoja - potrošnja EL.E mora se racionalizovati.

Cilj istraživanja je racionalisanje potrošnje EL.E u osnovnim proizvodnim procesima (otkrivke i uglja), a objekat istraživanja je BTO sistem (bager - trake - odlagač). Zadatak istraživanja je iznalaženje postupaka koji omogućavaju racionalno korišćenje EL.E u osnovnim proizvodnim procesima - postupak "ZSPE".

U ovom radu, pored polaznih osnova za iznalaženje postupaka "ZSPE", biće prikazani dobijeni rezultati o potrošnji EL.E na jednom rotornom bageru, u zavisnosti od izbora geometrijskih parametara odreska.

**Polazne osnove**

Osnovna ideja postupka "ZSPE" bazira na postavci da se za osnovni proizvodni proces mora prvo utvrditi potrebna količina EL.E ( $P_{ke}$ ) po fazama proizvodnog procesa: otkopavanje, transport i odlaganje za određenu količinu i vrstu materijala koji se otkopava, tehnologiju i organizaciju (uključujući i klimatske uslove). Nakon toga, u procesu rada potrebno je meriti ostvarenu

potrošnju EL.E po fazama proizvodnog procesa ( $O_{pe}$ ). Određivanje potrebne količine EL.E može se vršiti i računski i statistički, a racionalnu potrošnju EL.E obezbeđuje uslov  $O_{pe} \leq P_{ke}$ .

Osnovne postavke za definisanje postupka "ZSPE" zasnivaju se u odgovorima na sledeća logična pitanja.

1. Od čega zavisi potrebna (planirana) količina EL.E u osnovnim proizvodnim procesima na pov. kopu uglja?
2. Od čega zavisi ostvarena potrošnja EL.E?
3. Postoje li mogućnosti i način za smanjenje potrošnje EL.E?

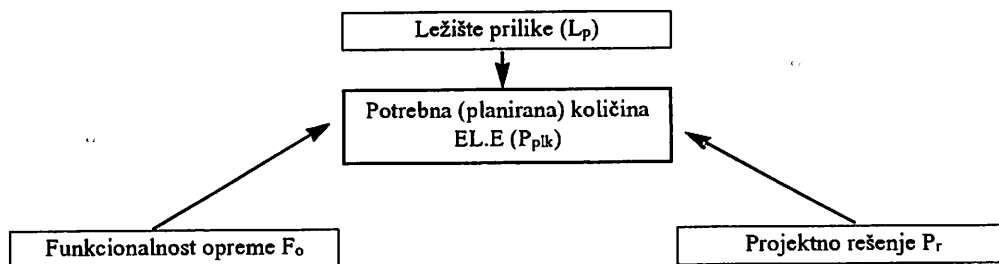
Izučavanjem osnovnih proizvodnih procesa, sa aspekta potrošnje EL.E, nedvosmisleno su utvrđene sledeće činjenice:

- Potrebna (planirana) količina EL.E zavisi od: ležišnih uslova, datog projektnog rešenja, funkcionalnosti izabrane opreme u postojećim uslovima rada i organizacije.
- Ostvarena potrošnja količina EL.E zavisi od: stepena realizacije projektnog rešenja, stepena usaglašenosti opreme uslovima u kojima će raditi u postojećoj organizaciji.
- Smanjenje potrošnje EL.E može se ostvariti usavršavanjem i praćenjem: opreme i uređaja, proizvodnog procesa, normativa potrošnje EL.E i potrošnje EL.E.

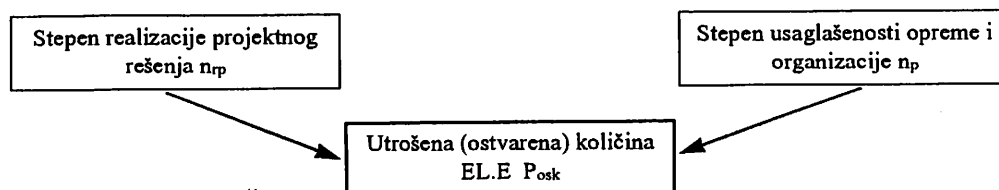
Na slikama 1, 2 i 3 šematski je prikazan odgovor na postavljena pitanja; na slici 1 dat je odgovor na prvo, na slici 2 na drugo i slici 3 na treće pitanje.

### Definisanje postupaka za racionalno korišćenje el. energije u osnovnim proizvodnim procesima na pov. kopovima uglja -postupak "ZSPE"

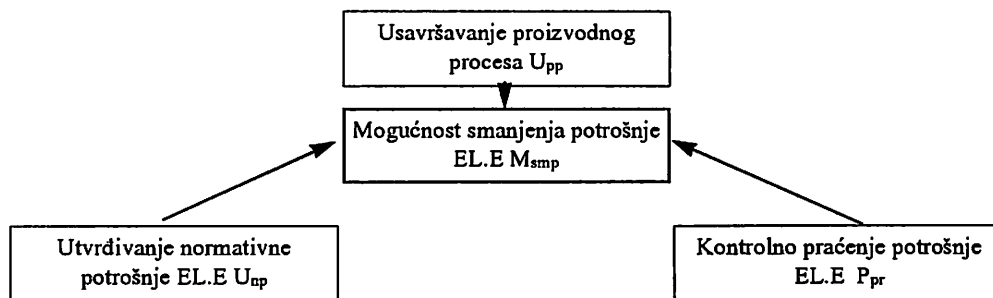
Osnovni koncept postupka "ZSPE" čine šest blokova sa slovnim oznakama A, B, C, D, E i F (slika 4)(na slici je 6 blokova).



Slika 1 - Šematski prikaz osnovnih činilaca koji utiču na potrebnu količinu EL.E na površinskom kopu uglja



Slika 2 - Šematski prikaz osnovnih činilaca koji utiču na potrošnju EL.E



Slika 3 - Šematski prikaz osnovnih činilaca koji utiču na smanjenje potrošnje EL.E

Ulazni deo u postupak predstavlja blok "A", a izlazni blok "F". U blokovima B, C i D vrše se tehničko-tehnološke, matematičke, organizacione i ekonomske operacije. U bloku "E" se utvrđuje ostvarena specifična potrošnja EL.E u osnovnim proizvodnim procesima.

### Pregled i analiza ostvarenih rezultata

U bloku ugljenog sloja, sa definisanom mikrotehnologijom otkopavanja bloka, mikrotehno- loškim parametrima, geotehničkim parametrima, sklonostima i osobinama uglja vršeno je otkopavanje. Blok je otkopavan u tri podetaže.

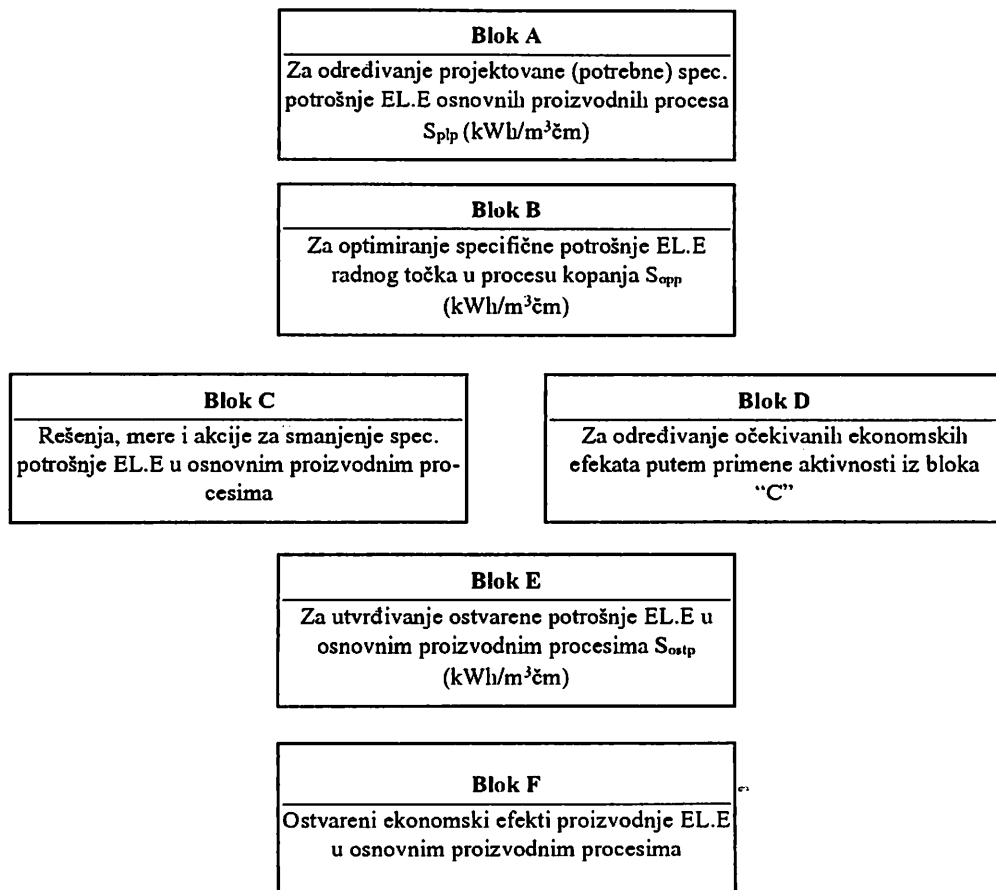
U tablici 1 prikazane su izmerene i izračunate vrednosti relevantnih parametara za proces kopanja rotornim bagerima na drugoj podetaži.

Tablica 1

Red.*Smer	tg	S	Vo	b	$\Sigma Asr$	$L_{srd}$	Nsr	Ft/sm	$K_{tsr}$	$Q_{th}$	W	Kod	$S_{rez}$	
Br. kr. kret.(sec)	(m)	(m/min)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm)	(Kw)	(KN)	N/cm	(m <sup>3</sup> č.m/h)	Kwh/m <sup>3</sup>		(m)		
1	L	103	0.10	11.2	0.155	391.8	138	98.3	40.6	294.2	341.4	0.287	0.66	20.6
2	D	105	0.15	11.2	0.155	587.7	151	65.4	27.0	178.8	512.2	0.127	1.00	20.6
3	L	103	0.17	11.2	0.155	666.3	157	78.5	32.4	206.3	580.5	0.134	1.09	20.7
4	D	82	0.35	16	0.222	1964.9	228	133.5	55.2	242.1	1711.8	0.0771	1.57	20.2
5	L	80	0.20	16	0.222	1122.8	189	119.4	49.3	260.8	978.2	0.1215	0.90	21.7
6	D	84	0.27	16	0.222	1515.8	207	123.8	51.2	247.3	1320.5	0.0933	1.21	21.7
7	L	63	0.20	19.2	0.266	1345.3	205	117.9	48.7	237.5	1172.1	0.1004	0.75	20.5
8	D	68	0.38	19.2	0.266	2556.2	253	188.5	77.9	307.9	2226.9	0.084	1.42	21.2

Tablica 2

Br reza	Debljina reza $S_o$ (m)	Širina reza $b_o$ (m)	Zapremina reza $V_{rez}$	Vreme otkopavanja reza $t_{rez}$ (sec)	Srednji čas kapaciteta $q_{rez}$ (m <sup>3</sup> č.m/h)	Specifična potrošnja EL.E (KWh/m <sup>3</sup> čm)	Koeficijent oreska $K_{od}$ $S_o/b_o$
1	0.10	0.15 (11.2)	9.79	103	341.00	0.287	0.66
2	0.15	0.15	14.90	105	512.00	0.127	1.00
3	0.17	0.15	16.70	103	580.70	0.134	1.09
5	0.20	0.22 (16.0)	21.90	80	978.75	0.121	0.90
6	0.27	0.22	31.60	84	1320.80	0.093	1.22
4	0.35	0.22	39.40	82	1711.80	0.077	1.57
8	0.38	0.26 (19.2)	42.30	68	2222.60	0.084	1.42



Slika 4 - Šema opšteg koncepta postupka "ZSPE" u osnovnim proizvodnim procesima na površinskim kopovima uglja

U koloni za širinu reza (b) - (tablica br. 2) vrednosti u zagradi označavaju brzinu kružnog kretanja u m/min.

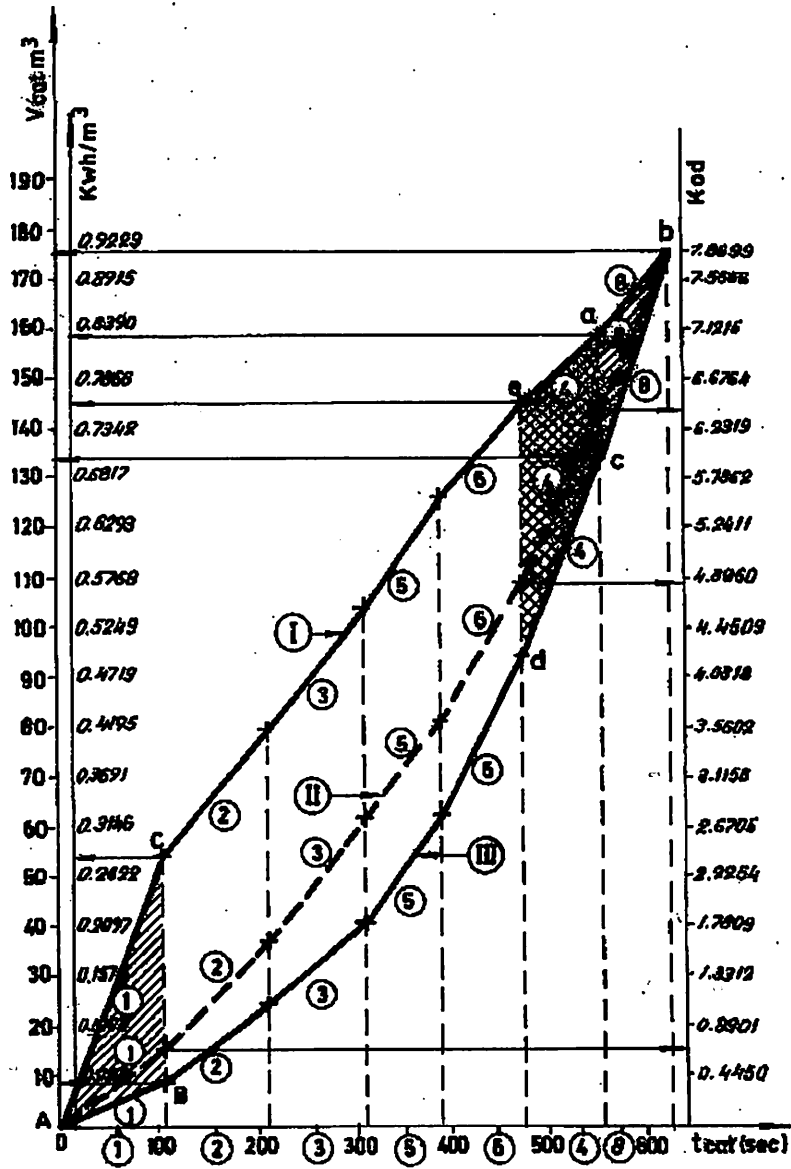
Na osnovu podataka u tablici. 2 konstruisan je grafik 1 gde je prikazana promena zapremine reza i specifične potrošnje EL.E radnog točka u zavisnosti od vremena otkopavanja na različitim rezovima.

Sa grafika 1 uočljivo je da od reza 5 počinje da se smanjuje specifična potrošnja EL.E i vreme otkopavanja reza, a intenzivno raste zapremina otkopanih rezova (6, 4 i 8). Cilj je da se sa izabranim parametrima odreska pri minimalnom vremenu, otkopa što veća zapremina reza i utroši što manja količina EL.E.

Na grafiku 1 područja u kojima treba raditi, a za uslove gde su vršena merenja, označena su tačkama A, B, C.

### Zaključak

Na bazi iznetog postupka "ZSPE" i ostvarenih rezultata merenja proizilazi da se putem izbora oblika odreska (koeficijenta odreska) može uticati na smanjenje specifične potrošnje EL.E



Grafik br. 1 Promena zapremine reza  $V_{rez}$  i specifične potrošnje  $EL.E$   $S_{pet}$  u zavisnosti od vremena otkopavanja reza

radnog točka rotornog bagera. Pored toga, ukazano je na važnost da se, pri izboru geometrijskih parametara, moraju respektovati zapremine rezova i vremena otkopavanja reza.

**ISPITIVANJE MOGUĆNOSTI I USLOVA SAMOOČVRŠĆAVANJA PEPELA  
IZ TERMoeLEKTRANE "KOSOVO - B"**

**POSSIBILITIES AND CONDITIONS FOR ASH SELF-SOLIDIFICATION, ASH  
GENERATED FROM "KOSOVO-B" THERMAL POWER PLANT**

**Dinko Knežević**

**Izvod**

U procesu sagorevanja uglja u termoelektranama odigravaju se veoma složene hemijske reakcije i fazne transformacije minerala pratilaca uglja. Zbog toga se pepeli sastoje iz slobodnih i, u hemijska jedinjenja, vezanih oksida silicijuma, kalcijuma, aluminijuma, gvožđa, magnezijuma, kalijuma, natrijuma, sumpora, titana i dr. Hemijski, mineralni i granulometrijski sastavi pepela variraju u širokom dijapazonu, a predstavljaju veoma važne karakteristike na osnovu kojih može da se odredi mogućnost korišćenja ovih pepela kao sekundarne sirovine, kao i da se odredi tehnologija njihovog deponovanja. Pri tome, posebno prisustvo materija koje vezuju i vremenom očvršćavaju ima velikog uticaja na izbor tehnologije transporta i deponovanja. Istraživanja obavljena na pepelu nastalom sagorevanjem uglja iz Kosovskog ugljenog basena imala su za cilj da utvrde mogućnosti i uslove za očvršćavanje pepela radi definisanja tehnologije njegovog deponovanja.

U termoelektrani Kosovo-B sagoreva se lignit iz obližnjeg ležišta. Godišnje se sagori oko 3,4 miliona tona lignita i izdvoji oko 540.000 tona pepela. Po svojim karakteristikama pepeo spada u grupu silikatno-kalcijskih pepela. U hemijskoj građi ovog pepela kalcijum oksid i silicijum dioksid su najviše zastupljeni. Njihovo ukupno učešće ni u jednom slučaju nije ispod 65%. Učešće ostalih komponenata je malo i bez bitnog uticaja na karakteristike pepela. Učešće



aktivnog CaO, kao osnovnog pokretača procesa očvršćavanja, varira od 7,4 - 9,2% u odnosu na ukupnu masu. Aktivni CaO je najviše zastupljen u najsitnijim klasama (54,6-65,3%). U mineralnom sastavu pepela preovladava učešće CaO (~ 31%), anhidrita (~ 28%), kalcita (~ 15%) i gehlenita (~ 12%). Po granulometrijskom sastavu pepeo predstavlja fino sprasjen materijal. Više od 55% zrna je sitnije od 0,037 mm, a sva zrna su sitnija od 0,3 mm. Specifična površina, određena BET metodom, je 13,14m<sup>2</sup>/g.

Zamišljeno je da se proces samoočvršćavanja obavlja tako što će se dodavanjem pepela u vodu, u kontrolisanim odnosima, i njihovim zajedničkim mešanjem inicirati proces hidratacije koji se potom, pod kontrolisanim uslovima, završava formiranjem očvrslе mase. Predviđeno je da proces hidratacije započne u fazi mešanja, nastavi se kroz fazu transporta, dok bi proces očvršćavanja tekao samo na deponiji.

Mešanje pepela i vode obavljeno je u različitim masenim odnosima sa učešćem pepela u hidromešavini od 30 - 66%. Na osnovu makroskopskog posmatranja procesa očvršćavanja, segregacije materijala, mogućnosti nesmetanog mešanja, kao i praćenja pH vrednosti usvojeno je da su hidromešavine sa sadržajem čvrstog od 40-60% pogodne za nesmetano odvijanje procesa transporta i deponovanja. Proces očvršćavanja je egzoterman, promene temperature idu od 21<sup>o</sup>, kod suvog pepela, preko 32<sup>o</sup> u fazi mešanja, do maksimalne temperature od 41<sup>o</sup>C pola časa posle deponovanja. Debljina deponovanog sloja nema bitnog uticaja na proces očvršćavanja dok je ispod 27 cm. Kada pređe tu vrednost proces očvršćavanja postaje sporiji. Višeslojnim deponovanjem proces očvršćavanja se ubrzava jer gušći slojevi vezuju vodu iz redih, bilo da je kretanje vode gravitacijsko ili kapilarno. Atmosferske prilike utiču na brzinu očvršćavanja, ali ga ne sprečavaju.

Reološkim ispitivanjima hidromešavina pepela i vode je definisana kao Bingamov plastični fluid. Rezultati pokazuju da sa porastom sadržaja pepela u hidromešavini raste i početni napon smicanja. Kod koncentracije čvrstih čestica od 40% početni napon smicanja je 0,021 N/m<sup>2</sup>, dok je kod koncentracije od 60% 0,310 N/m<sup>2</sup>. Povećanjem brzine smicanja povećava se i napon. I ovde se beleži veći priraštaj napona smicanja pri transportu hidromešavina sa većom koncentracijom čvrstih čestica. Iz dobijenih rezultata može se zaključiti da će se transport bezbedno odvijati, ako koncentracija hidromešavine bude 50% ili manje. Pri koncentraciji pepela 40% plastični viskozitet je 0,00947 Pas, pri 50% 0,02061 Pas dok je pri 60% 0,16147 Pas. Ispitivanja obavljena na konzistometru pokazala su da se konzistencija hidromešavine ne menja pri transportu kroz zatvoreni cevovod u turbulentnom režimu.

Za razliku od faze transporta gde je neophodno zadržati hidromešavinu u fluidnom stanju u fazi deponovanja je potrebno fluidnu masu prevesti u čvrsto stanje korišćenjem celokupno dođane vode. Ispitivanja su pokazala da je dostizanje takvog stanja izvodljivo u relativno kratkom periodu (3-5 dana). Promena čvrstoće na pritisak raste sa vremenom, ali je veoma zavisna od koncentracije čvrstih čestica u hidromešavini. Što je koncentracija veća promene čvrstoće su brže, a dostignute vrednosti su veće. Kod hidromešavine kod koje je koncentracija čvrstih čestica 40% prirast čvrstoće na pritisak u funkciji vremena je veoma mali i praktično počinje tek sedmog dana. Postignuta čvrstoća na pritisak nakon 15 dana je ispod 400 kN/m<sup>2</sup>. Porast čvrstoće na pritisak kod hidromešavine sa koncentracijom od 50% u prva dva dana kontakta je slabo primetan. Od trećeg dana pa nadalje prirast je konstantan bez značajnijih povećanja i smanjenja u toku dana. Ostvarene čvrstoće na pritisak su značajne i pokazuju da očvrsla masa ima karakteristike stabilne stenske mase (> 2.200 kN/m<sup>2</sup>). Kod hidromešavine sa koncen-

tracijom čvrstih čestica od 60% porast čvrstoće se uočava već prvog dana kontakta. Nakon 15 dana čvrstoća na pritisak iznosi više od 5.000 kN/m<sup>2</sup>. Elementi unutrašnjeg otpora: ugao unutrašnjeg trenja ( $\varphi$ ) i kohezija (C) određeni su na očvrslim uzorcima. Ugao unutrašnjeg trenja nakon 17 dana iznosi 53, a kohezija 691 kN/m<sup>2</sup>. Ispitivanja stišljivosti pokazuju da je očvrslu pepeo vrlo malo stišljiv materijal (< 2%).

Ispitivanja mineralnog sastava pepela u funkciji vremena koje je proteklo od prvog kontakta pepela i vode su pokazala da u procesu vezivanja i očvršćavanja dolazi do nestajanja i smanjenja sadržaja jednih i stvaranja drugih sintetičkih minerala. Pri tome se može konstatovati nastajanje, praktično, četiri nova minerala, i to: toberomit, etringit, gips i braunmillerit. Po zastupljenosti najznačajniji su tobermoerit i etringit čiji sadržaj posle 22 dana očvršćavanja iznosi skoro 50%. Poznato je, inače, da se ovi minerali uobičajeno identifikuju u betonu i nosioci su čvrstoće na pritisak. Ovi rezultati su u saglasnosti sa geomehaničkim rezultatima, dobijenim u okviru ovih istraživanja, gde čvrstoća na pritisak raste sa porastom sadržaja ovih minerala. Osim toga, hidratacijom anhidrita odigrava se njegovo prelaženje u gips. Nastajanje minerala etringita je takođe razlog što anhidrita opada u procesu vezivanja i očvršćavanja, i to od 28% koliko ga ima u suvom pepelu, do 9,1% 22-og dana od kontakta pepela sa vodom. Sadržaj kvarca i kalcita je ostao, praktično, nepromenjen.

Na bazi izvedenih ispitivanja može se zaključiti da pepeo koji nastaje sagorevanjem kosovskih lignita ima karakteristika koje omogućuju da se kontrolisanim mešanjem sa vodom može prevesti u očvrslu masu. Takve osobine omogućuju primenu tehnologije solidifikacije i formiranje veoma stabilne hidrauličke deponije.

## **TEHNOLOGIJA KONCENTRACIJE RUDE BAKRA IZ RUDNIKA “CEROVO”**

### **COOPER ORE CONCENTRATION TECHNOLOGY IN “CEROVO” MINE**

**Milan Milošević - Živorad Lazarević - Branimir Monevski  
Blagoje Spaskovski - Dragan Dumitrašković**

#### **Izvod**

Priprema i koncentracija rude iz Rudnika bakra “Cerovo” predstavlja novi pravac u istraživanju, projektovanju i izgradnji objekata. Prethodna laboratorijska istraživanja vršena u fazi istražnih radova ležišta, ukazuju da se radi o relativno bogatoj rudi bakra (0,7% Cu), koja se specifično koncentriše zbog znatnog udela oksidnih minerala bakra (Cu-Ox = 16-30%), varijabilnog sadržaja pirita (S=1- 5%) i velikog udela glinovitih supstanci (15 - 30%).

Kod određivanja tehnološkog procesa, pored ostalog vodilo se računa o tehnološkim, tehničkim, ekološkim i ekonomskim aspektima koji utiču na uspešno, bezbedno i profitabilno poslovanje objekata za pripremu i koncentraciju rude.

Osnovni kriterijumi za određivanje tehnološkog procesa bili su:

- rezultati laboratorijskih ispitivanja flotacijske koncentracije korisnih minerala,
- izbor kapaciteta prerade vodeći računa o rezervama i veku rudnika;
- izbor najpovoljnije lokacije za izgradnju objekata, a u opciji su bile lokacije: Cerovo (sve na Cerovu); Cerovo - V.Krivelj (primarno drobljenje na Cerovu, a sve drugo u V.Krivelju), Cerovo - Bor (u više varijanti, a zavisno od transporta rude);

- izbor transporta rude: trakama (Cerovo - V. Krivelj i Cerovo - Bor); železnicom (Cerovo - Bor), kamionima (Cerovo - V. Krivelj i Cerovo - Bor); žičarom (Cerovo - V. Krivelj) i cevima (hidrotransport Cerovo - V. Krivelj i Cerovo - Bor);
- izbor mesta za vodozahvat i transport povratne, sveže i pijaće vode;
- izbor lokacije za deponovanje jalovine i povratne vode, vodeći računa pri tome o korišćenju zaostalih reagenasa u njoj;
- izbor i nabavka opreme sa posebnim akcentom na korišćenju postojeće i stare opreme;
- snabdevanje električnom energijom;
- izbor sistema za ekološku zaštitu životne sredine;

Analizirajući sve varijante tehnološkog procesa, a imajući u vidu usvojeni kapacitet prerade rude od  $2,5 \times 10^6$  t godišnje rovne rude, kao najpovoljnije rešenje, odlučeno je da se:

- drobljenje i mlevenje rude sa zgušnjavanjem hidromešavine vrši na Rudniku "Cerovo";
- samlevena ruda pomoću pumpne stanice hidrauličkim transportom dovede do flotacije Bor u dužini od oko 13,5 km;
- tehnološka voda za postrojenje na Cerovu i hidraulički transport obezbeđuje povratnom vodom sa jalovišta Bor;
- flotiranje i odvodnjavanje koncentrata vrši u postojećim kapacitetima flotacije Bor;
- deponovanje flotacijske jalovine vrši u postojećem jalovištu flotacije Bor;
- zaptivanje pumpi i dr. vrši sa tehničkom vodom iz Bora;
- uspostavi ekološka brana sa akumulacijom za prikupljanje rasutog materijala na Cerovu.

U fazi projektovanja uzet je uzorak od nekoliko stotina tona rude sa površinskog kopa Cerovo "Cementacija" i izvršena je industrijska proba u flotaciji Bor u cilju potvrđivanja laboratorijskih rezultata i sagledavanja novih potrebnih parametara.

Uzimajući u obzir tehno-ekonomske aspekte istraživači i projektanti su se potrudili da u objekte ukomponuju višak opreme koji je ostao po završetku eksploatacije rude na površinskom kopu Bor i deo opreme koji se nije koristio zbog smanjenog kapaciteta prerade u pojedinim rudnicima (četiri drobilice, mlinovi i dr.). Sva potrebna nova oprema uključujući i automatiku izrađena je u domaćim fabrikama (FOD-Bor, MIN-Niš, SEVER-Subotica i dr.).

Pogon za pripremu i koncentraciju rude bakra Cerovo "Cementacije" je projektovan i izrađen za 27 meseci (maj 1991 - oktobar 1993. g.).

Osnovne karakteristike rada pogona:

- Ostvaruje se i prebacuje projektovani kapacitet od 300 t/h rovne rude, odnosno prebacuje se godišnji kapacitet od  $2,5 \times 10^6$  t/g.,
- Vremensko iskorišćenje rada pogona je preko 88%,
- Kvalitet koncentrata bakra je za 2-5% veći od projektovanog,
- Iskorišćenje bakra i plemenitih metala je iznad plana,
- Utrošak normativnog materijala (čelik, voda, struja, reagensi i dr.) je na projektovanom nivou,
- Hidraulički transport rude od Bora do Cerova u dužini od 13,5 km radi bez zastoja,
- Habanja cevovoda je u planiranim granicama što obezbeđuje trajnost od oko 8 godina
- Korišćena remontovana oprema radi bez posebnih problema,
- Nova oprema izrađena u domaćim fabrikama, takođe radi u kontinuitetu.

## **DEKREPITACIJA - POSTUPAK KONCENTRACIJE KOLEMANITA**

## **DECREPITATION - COLEMANITE CONCENTRATION PROCESS**

**Božidar Branković**

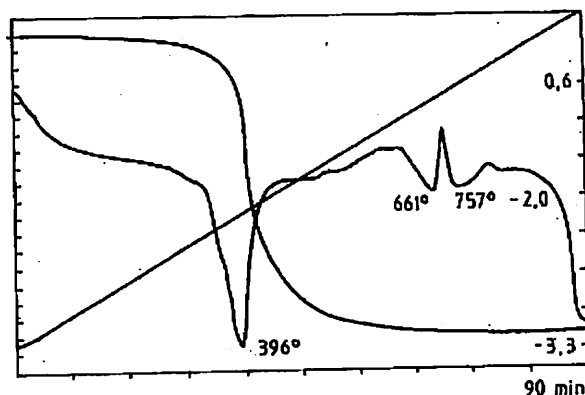
### **Izvod**

Koncentracija nerastvorenih bornih minerala obavlja se ručnim odabiranjem, pranjem, selektivnim usitnjavanjem i prosejavanjem, a moguća je i primena i drugih postupaka kao pomoćnih postupaka za čišćenje koncentrata. Postupak dekrepitacije predstavlja jedan od mogućih postupaka za odvajanje kolemanita od jalovine i drugih nekomercijalnih minerala bora.

### **Dekrepitacija kolemanita**

Mineral kolemanita hemijskog sastava  $\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  ili strukturnog sastava  $\text{Ca}(\text{B}_2\text{O}_4(\text{OH})_{13})\text{H}_2\text{O}$  pripada grupi kolemanita istog hemijskog sastava, ali sa više molekula vode, pri čemu mejerhoferit ima 7, a indžoit 13 molekula vode.

Kolemanit prema DT i TG analizi, pokazuje temperaturnu osetljivost. Na  $396^\circ\text{C}$  gubi kristalnu vodu kao rezultat endoternog procesa, a na temperaturi od  $661^\circ\text{C}$  javlja se drugi endotermni proces vezan za dekompoziciju, razaranje rešetke i topljenje minerala. Ova pojava može se iskoristiti za koncentraciju kolemanita.



Sl.1. DT i TG analiza kolemanita

## Rezultati ispitivanja

Rovna ruda iz ležišta Podbrde podvrgnuta je ručnom odabiranju kolemanita i haulita radi izdvajanja selektivnih koncentrata, a jalovina je posle višemesečnog odležavanja na deponiji uzorkovana i dopremljena na ispitivanja.

Ispitivani uzorak pored minerala bora sadrži i mineralne jalovine, i manju količinu bitumije nalepljenu po zrnima rude.

Ruda je usitnjena na krupnoću - 30 + 0 mm, a potom je podvrgnuta pranju, prosejavanju i ručnom izdvajanju haulita. Hemijskom analizom vode utvrđen je sadržaj  $B_2O_3$  u vodi od 65 mg/l. Pranjem i prosejavanjem izdvojene su sitne klase -1 + 0,074 mm, kao definitivni koncentrat i klasa -0,074 + 0,00 kao jalovi mulj.

Klase krupnoće - 30 + 1 mm žarene su na temperaturi od 650<sup>0</sup> C. U toku žarenja došlo je do gubitka žarenjem od 18,95 %. Žarena ruda je potom prosejana, a svaka klasa hemijski analizirana i utvrđeno je da klasa -0,4 mm predstavlja koncentrat. U tablici 1. dat je bilans koncentracije

Bilans termičke koncentracije	Tablica 1.		
	M%	$B_2O_3$ %	iskorišćenje $B_2O_3$ %
Rovna ruda	100.00	28.03	100.00
Haulit	3.00	46.30	4.96
Žareni koncentrat kolemanita iz klasa	46.88	52.86	88.41
-30 + 1 mm	36.36	57.60	75.12
- 1 + 0.075 mm	10.32	36.10	13.29
Žarena jalovina iz klasa	31.17	5.96	6.63
-30 + 1 mm	27.40	6.03	5.89
- 0.075 mm	3.77	5.50	0.74
Gubitak žarenjem	18.95	0.00	-

Dati rezultati u tablici pokazuju da se kombinovanim postupkom pranja, ručnog odabiranja, dekrepitacije i prosejavanja mogu proizvesti kvalitetni selektivni koncentrat haulita i kolemanita, pri visokom ukupnom iskorišćenju  $B_2O_3$  od 93,37%.

**UTICAJ RUDARSKE PROIZVODNJE NA KVALITET VODE REKE PEK NA  
OSNOVU MIKROBIOLOŠKIH POKAZATELJA**

**THE EFFECT OF THE MINING PRODUCTION ON THE WATER QUALITY  
OF THE RIVER PEK - EVALUATION ACCORDING TO  
MICROBIOLOGICAL CHARACTERISTICS**

**Ljiljana Lazić**

Izmenjene fizičko-hemijske karakteristike vodoprijemnika, pod uticajem različitih tipova zagađenja uslovljavaju promene različitih komponenti živog sveta, a među njima i mikroflora koja je veoma značajna u vodenoj sredini. Poznavanje kvalitativnog i kvantitativnog sastava bakterijskog naselja upotpunjuje sliku o efektima zagađenja i dinamici samoprečišćavanja proučavane vodene sredine. U ovim istraživanjima posvećena je pažnja zastupljenosti nekih fizioloških grupa bakterija koje imaju značajnu ulogu u procesima mineralizacije biorazgradivih materija u vodotokovima što je bitno za odvajanje procesa samoprečišćavanja.

Predmet naših istraživanja je reka Pek, desna pritoka Dunava. Ona je, još u gornjem toku izložena stalnom uticaju zagađenja otpadnim vodama, koje potiču iz postrojenja rudnika bakra Majdanpek. Duž toka prima pretežno organska zagađenja, koja potiču iz grada Majdanpeka i drugih naselja.

Zagađivanje vodotokova nastavlja se rasutim zagađivačima, kao ispiranjem sa obradivog zemljišta. Tako imamo vodotok gde su prisutna mešana zagađenja različitih tipova i intenziteta u pojedinim delovima toka.

Iz tih razloga je reka Pek, u toku poslednjih dvadesetak godina bila u nekoliko navrata predmet brojnih istraživanja. Prva značajna istraživanja na ovoj reci bila su započeta još 1974. godine posle havarije koja se dogodila u rudniku bakra Majdanpek. Tada je jalovina zasula korito

reke Pek i uništila skoro sav živi svet u njoj. Tada su započeta prva kompleksna istraživanja procesa naseljavanja živog sveta posle prouzrokovanog stanja.

Kasnije, tokom godina nakon oporavka vodotoka, istraživanja su bila usmerena na praćenje procesa razvoja i opstanka živog sveta u proučavanom vodotoku usled stalnog priliva drugih gradskih i industrijskih zagađenja. Dalja istraživanja na ovoj reci obavljala su se i u okviru izučavanja slivnih područja u zaječarskom regionu. Najnoviji podaci dobijeni o stanju u ovom vodotoku rađeni su u okviru studije. "Izučavanje relevantnih fenomena u procesima valorizacije minerala obojenih metala" koju je finansiralo Ministarstvo za nauku.

Cilj i značaj rada je ispitivanje prijemne moći reke Pek i sagledavanje posledica nastalih usled konstantnog višegodišnjeg priliva otpadnih voda na kvalitet vode, prema zastupljenosti i aktivnosti ispitivanja grupa bakterija.

### **Rezultati i diskusija**

Ispitivani materijal je voda reke Pek, sa različitih deonica toka, prikupljena sezonski u toku 1992. i 1993. godine.

Analizirajući podatke o osnovnim fizičko-hemijskim karakteristikama reke Veliki Pek od izvorišta pa do ušća, možemo da konstatujemo da su uslovi za razvoj i opstanak mikroorganizama povoljni tokom većeg dela godine. Voda je uglavnom bogata kiseonikom. Najniža vrednost kiseonika od 1,96 mgO<sub>2</sub>/l zabeležena je u prolećnom periodu kod prvog vodomera, a ostale vrednosti su u rasponu od 5,06 do 10,5 mgO<sub>2</sub>/l. Vrednost pH vodene sredine nije pokazivala tako velike oscilacije. Izmerene vrednosti varirale su od 7,2 do 8,30, što ukazuje na slabo alkalnu reakciju vode. Dosta su povoljne i koncentracije ostalih ispitivanih pokazatelja, osim sadržaja suspendovanih materija i to u delu toka ispod ušća Malog Peka (kod I vodomera). Izrazito povećanje sadržaja suspendovanih materija zabeleženo je u letnjem periodu istraživanja kada je koncentracija suspendovanih materija iznosila 1477 mg/l. Maksimalno dozvoljena koncentracija suspendovanih materija, prema zakonskim propisima, za III klasu vodotokova je 80 mg/l. Prema našim podacima na navedenom lokalitetu ove vrednosti su veće u svim periodima istraživanja (oko 140 mg/l). Ovome doprinosi stanje u reci Mali Pek, koja je desna pritoka Velikog Peka.

Rezultati ispitivanja vode Malog Peka rađenih u istom periodu (letnji aspekt), ukazuju da je došlo do eksczesnog ispuštanja zamuljene vode u vodotok, što je prouzrokovalo izuzetno povećanje sadržaja suspendovanih materija (6315 mg/l). To je uticalo i na kvalitet vode Velikog Peka. Smanjen je i sadržaj kiseonika (2,97 mgO<sub>2</sub>/l). Međutim, Mali Pek pored neorganskog zagađenja nosilac je i organskog zagađenja, što izraženo preko BPK<sub>5</sub> vrednosti i iznosi 219,93 mgO<sub>2</sub>/l. Iako po skoro svim ispitivanim pokazateljima ima karakter kolektora otpadnih voda, može se reći da prisutno organsko zagađenje omogućava razvoj i opstanak izvesnim grupama mikroorganizama, što se prenosi i na osnovni tok. Uneti mikroorganizmi svojom fiziološkom aktivnošću omogućavaju da se deo unetog zagađenja razgradi i tako smanji duž čitavog toka.

Najveća ukupna brojnost mikroorganizama zabeležena je u Malom Peku (letnji period) u delu toka pre ušća u Veliki Pek i iznosila je 6600 ćel/ml uzorka. Ostale vrednosti su znatno niže. Ukoliko se posmatra njihova brojnost na celokupnom rečnom toku, najbrojnije populacije bakterioplanktona nalaze se uglavnom ispod uliva Malog Peka. Brojni odnos grupe amonifikatora prema ukupnom broju bakterija ukazuje da se proces mineralizacije konstantno odvija.



Zabeleženo je prisustvo skoro svih ispitivanih grupa bakterija. Fosfomobilizatora uglavnom nema ili je njihovo prisustvo zabeleženo u veoma malom broju.

Prema većini dobijenih podataka može se reći da su ekološki uslovi bili povoljniji u toku prolećnog i jesenjeg perioda istraživanja. Na ovakvo stanje u vodotoku, verovatno su uticale i izvesne izmene i dopune u samom tehnološkom procesu, ali i znatno smanjen obim rada zbog privredne krize koja je u tom periodu bila veoma izražena.

### **Zaključak**

Analizom različitih pokazatelja mikroflore reke Pek možemo reći da se proces mineralizacije odvija duž toka, što ukazuje na to da nije uništena fiziološka aktivnost ispitivanih grupa bakterija, da vodotok ipak poseduje značajnu moć samoprečišćavanja i da se znatan deo unetih zagađenja relativno brzo smanjuje. Pritoke su od posebnog značaja, jer oplemenjuju osnovni tok, što omogućava oporavljanje od stalnog priliva zagađenja i od povremenih ekoloških šokova. Istraživanja u ovom periodu verovatno ne pružaju pravo stanje u ovom regionu iz objektivnih razloga, ali i u ovim okolnostima izdvaja se kao najugroženiji deo vodotoka reke Pek u regionu Majdanpeka.

**MOGUĆNOSTI PRIMENE NISKOVREDNIH UGLJEVA (LIGNITA) KAO  
GORIVA U ROTACIONIM PEĆIMA U INDUSTRIJI CEMENTA**

**THE CONSUMPTION OF COALS WITH LOW HEAT VALUES (LIGNITE) AS  
FUEL FOR ROTARY KILNS IN THE CEMENT INDUSTRY**

**Miroslav Stanojević - Milenko Karan  
Borislav Perković - Đorđe Čobanović**

**Izvod**

U radu su prezentirani rezultati istraživanja i industrijskih ispitivanja, koji se odnose na neke karakteristike tehnološkog procesa, primene ugljenog praha (proizvedenog od sušenog lignita "Kolubara"), kao osnovnog goriva, u rotacionoj peći mokrog postupka proizvodnje cementnog klinkera kapaciteta 500 t/dan.

Za slučaj korišćenja ugljenog praha lignita određeni su elementi materijalnog i toplotnog bilansa rotacione peći, uticaj na emisiju gasovitih i čvrstih komponenata u okolinu i uticaj karakteristika pepela uglja na osobine cementnog klinkera.

**Uvod**

U industriji cementa razvijenih zemalja došlo je pre dvadesetak godina do postepenog prevođenja rotacionih peći na korišćenje uglja, tako da je danas osnovni energent u ovoj industriji ugalj. U primeni su različiti - uglavnom kvalitetni - ugljevi: antracit, kameni i mrki ugljevi.

Uz odgovarajuću pripremu postoji više mogućnosti primene niskovrednih ugljeva (lignita): kao osnovnog goriva, za delimičnu zamenu osnovnog (tečnog, čvrstog, gasovitog) goriva, za korišćenje u predkalcinatorima.

U ovom radu je prikazan deo rezultata istraživanja realizovanih u sklopu industrijskih ispitivanja primene lignita "Kolubara" na postrojenju u Fabrici cementa "Beočin". Na realizaciji ispitivanja učestvovalo je više institucija: Rudarski institut - Beograd, Mašinski fakultet - Beograd, Beočinska fabrika cementa - Beočin, Kolubara Prerada - Vreoci i Tehnogas - Beograd.

### Karakteristike ugljeva koji se koriste u rotacionim pećima

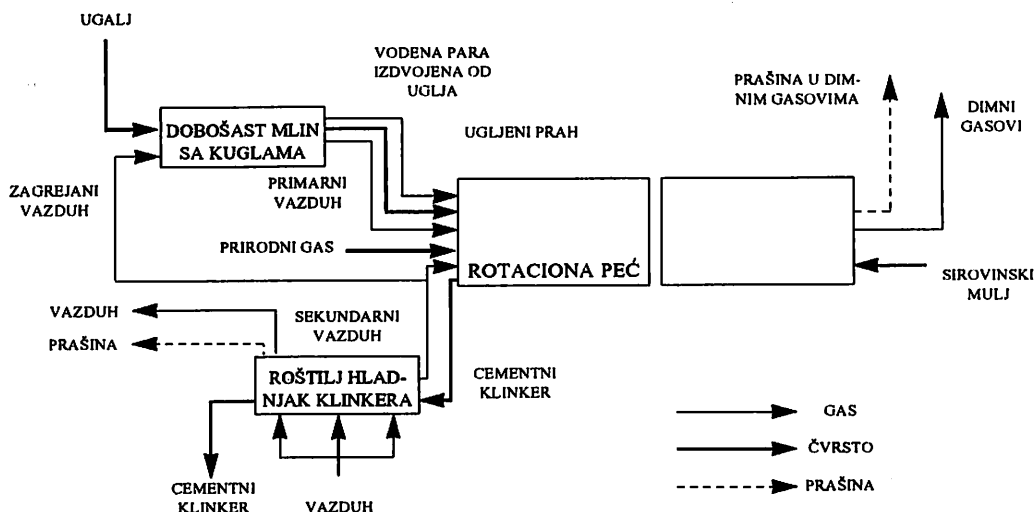
Prema podacima iz literature o dosadašnjim (tehničko-tehnološkim, ekonomskim, eksploatacionim, ekološkim) iskustvima u industriji cementa, ugljevi koji se primenjuju kao gorivo u rotacionim pećima imaju sledeće osnovne karakteristike (na ulazu u rotacionu peć): donju toplotnu moć min. 21.0 MJ/kg, pepeo 10-25%, volatile 10-35%, vlagu max. 12%.

Za primenu lignita potrebna je odgovarajuća prethodna priprema koja zavisi od polaznih karakteristika uglja. Visok sadržaj vlage (npr. kod jugoslovenskih lignita oko 50%) zahteva poseban sistem sušenja u prvom stepenu, a zatim kombinovani sistem sušenja i mlevenja u drugom stepenu pripreme.

Pepeo iz uglja učestvuje u procesu kao dodatna sirovinna komponenta i ulazi u sastav cementnog klinkera. Hemijski sastav i udeo pepela u uglju su parametri koji utiču na sastav i karakteristike cementnog klinkera.

### Karakteristike ispitivanja rotacione peći

Osnovni tehnički pokazatelji i parametri procesa rotacione peći mokrog postupka na kojoj su izvršena ispitivanja dati su u tablici 1, a šema peći sa obeleženim mernim mestima prikazana je na slici 1.



Slika 1. Šema tokova komponenata u rotacionoj peći mokrog procesa sa sistemom direktne proizvodnje ugljenog praha

## Ispitivanja primene ugljenog praha u rotacionoj peći

Prethodna eksperimentalna ispitivanja obavljena su u laboratorijama Rudarskog instituta i Mašinskog fakulteta i odnosila su se na određivanje karakteristika zapaljivosti, eksplozivnosti i meljivosti sušenog lignita "Kolubara".

Tehnički podaci i parametri procesa rotacione peći

Tabela 1.

Nominalni kapacitet peći	t/dan	500
Proizvodni kapacitet peći	t/dan	450-520
Specifični kapacitet peći	kg/(m <sup>3</sup> h)	15-17.2
Dimenzije peći		
- dužina (L)	m	135
- prečnik plašta	m	3.6-4.0
- odnos dužine i prečnika peći (L/D)	-	35
Zapremina radnog prostora peći	m <sup>3</sup>	1260
Nagib peći	%	4
Broj obrtaja peći (maksimalna vrednost)	o/min	max.1.2
Unutrašnji razmenjivači toplote		
lančane zavese u zoni sušenja:		
- dužina	m	20
- površina	m <sup>2</sup>	1400
Dimenzije rešetke hladnjaka klinkera tipa "Follax"		
Gorivo: prirodni gas/ugljeni prah		..
Specifična potrošnja toplote	kJ/kl*	6000-6700
Temperatura sekundarnog vazduha na ulazu u peć	°C	550-600
Temperatura dimnih gasova na izlazu iz peći	°C	150
Temperatura klinkera na izlazu iz hladnjaka	°C	50
Udeo prašine u dimnim gasovima na izlazu iz peći (y % od potrošnje suve sirovinske smeše)	%	1.5

\* kl. (skraćenica reči klinker)

Posle obavljenih prethodnih analiza, preliminarnih ispitivanja i prilagodavanja postrojenja za pripremu ugljenog praha, izvršene su četiri serije ispitivanja koje su bile usmerene ka određivanju nivoa supstitucije prirodnog gasa ugljenim prahom proizvedenim od različitih polaznih sortimana sušenog lignita "Kolubara" (grah, grah+prah i prah). Na osnovu izmerenih vrednosti tokom ispitivanja izvršena je analiza procesa sagorevanja mešavine goriva (ugljenog praha i prirodnog gasa), materijalnog i toplotnog bilansa peći i karakteristika proizvedenog klinkera. Ostvarena finoća mlevenja (udeo čestica iznad 90 mkm i iznosioje od 4.0-14.5 %, a iznad 200 mkm od 0-1.4%) bila je iznad potrebne koja se definiše u odnosu na udeo isparljivih komponentata u uglju. Za mlevenje uglja korišćenog u ispitivanjima, prema udelu isparljivih komponentata koji je u oblasti od 34-45%, odgovara finoća mlevenja, odnosno udeo čestica iznad 90 mkm od 30-40%, a iznad 200 mkm od 5%.

### Analiza i komentar rezultata ispitivanja

U ukupno dovedenoj energiji u peć u periodima ispitivanja ostvareni udeo ugljenog praha kretao se od 50-80%.

Primenom ugljenog praha nije došlo do povećanja specifične potrošnje toplote, što ukazuje da nije bilo gubitaka toplote usled nepotpunosti sagorevanja, pogoršavanja uslova razmene toplote i pada kapaciteta peći. Najveći udeo ostvaren je sa ugljenim prahom donje toplotne

moći 19.85 MJ/kg (proizvedenog od najkvalitetnijeg sortimana, grah Hd=15.72 MJ/kg, W=28.50%, A=9.80%).

Na temperaturu sagorevanja ugljenog praha u rotacionoj peći, pored njegovih karakteristika, značajno utiču i višak vazduha, temperatura vazduha za sagorevanje, udeo primarnog vazduha i vlaga isparena iz uglja koja se sa ugljenim prahom dovodi iz mlina. Temperatura sagorevanja određena računski u zoni plamena određena merenjima, pokazuju uticaje pomenutih parametara i pojavu pada temperature za 60° C.

Rotaciona peć ima nominalni kapacitet od 500 t klinkera/dan (16.5 kg/m<sup>3</sup> h). U periodu ispitivanja sa ugljenim prahom ostvaren je kapacitet proizvodnje klinkera od 480-510 t/dan, odnosno u granicama u kojima se kreće i u slučaju rada sa prirodnim gasom.

Analize klinkera obuhvatile su određivanje hemijskog sastava, mineraloškog sastava, nasipne gustine i udela slobodnog kalcijum-oksida. Vrednosti navedenih pokazatelja zadovoljavaju kriterijume potrebnog kvaliteta klinkera.

Pri korišćenju uglja sa karakteristikama i potrošnjom kao tokom obavljenih ispitivanja, nije potrebna korekcija odnosa komponenata u sirovinskoj smeši. Dodatni uticaj pepela uglja, kao komponente u procesu, manifestuje se u smanjenju specifične potrošnje sirovinskog mulja, a time i specifične potrošnje toplote u procesu, koja je potrebna za hemijske reakcije formiranja klinkera i za isparavanje fizičke vlage iz sirovinskog mulja.

Rezultati merenja emisije čvrstih čestica i gasovitih komponenata SO<sub>2</sub> i NO<sub>x</sub>, pokazali su da nema izraženih razlika kod upotrebe ugljenog praha sušenog lignita "Kolubara" u odnosu na upotrebu samo prirodnog gasa. Koncentracija čvrstih čestica iznosila je 6-8 g/m<sup>3</sup>, koncentracija sumpor-dioksida od 2.6-3.8 g/m<sup>3</sup>, a koncentracija azotnih oksida oko 1,3 g/m<sup>3</sup> (svedeno na 0°C, 1,013·10<sup>5</sup> Pa, suv gas i 3% kiseonika). Koncentracija NO<sub>x</sub> nije promenjena, a koncentracija SO<sub>2</sub> je u periodu rada sa ugljenim prahom povećana za oko 20%.

Ispitivanja sa korišćenjem samo ugljenog praha nisu se mogla izvršiti zbog određenih ograničavajućih faktora u pogledu kapaciteta proizvodnje i transporta ugljenog praha. Na osnovu analize podataka o sastavu i karakteristikama sagorevanja ugljenog praha proizvedenog od sortimana grah i mešavine grah+prah, konstatovano je da je moguće njihovo korišćenje do nivoa 100%, odnosno moguće je potpuno zameniti gasovito gorivo.

## Zaključak

Industrijska ispitivanja sušenja i mlevenja lignita obavljena su u dobošastom mlinu sa kuglama, a sagorevanje mešavine proizvedenog ugljenog praha i prirodnog gasa u rotacionoj peći mokrog postupka kapaciteta 500 t klinkera/dan.

Učešće ugljenog praha sušenog lignita "Kolubara" u ukupno dovedenoj energiji u peć u periodu ispitivanja iznosilo je od 50-80%, pri čemu nije bilo poremećaja u kapacitetu peći, karakteristikama proizvedenog klinkera i povećanja specifične potrošnje toplote u procesu.

Rezultati istraživanja i industrijskih ispitivanja prikazani u ovom radu pokazuju da se u tehnološkom postupku proizvodnje cementnog klinkera u rotacionim pećima, kao osnovno gorivo mogu koristiti i niskovredni ugljevi, odnosno ligniti, koji su u domaćim energetske rezervama najviše zastupljeni. Pod određenim uslovima, koji se preventivno odnose na kvalitet uglja i primenjeni sistem proizvodnje ugljenog praha, može se izvršiti potpuna supstitucija drugih goriva.

## **UVEĆANJE STEPENA IZDVAJANJA ELEKTROSTATIČKIH IZDVAJAČA PRIMENOM SAVREMENIH METODA ENERGETSKOG NAPAJANJA**

### **ENHANCEMENT OF ELECTROSTATIC PRECIPITATORS OPERATING EFFICIENCY - THROUGH MODERN ENERGIZATION METHODS**

**Vojimir Dimić**

#### **Izvod**

Osnov jugoslovenske elektroprivrede počiva na iskorišćavanju lignita, uglja koji je niskosumporan, niskokaloričan i bogat balastnim primesama. Postojeća kotlovska praksa ukazuje da je koncentracija letećeg pepela u dimnom gasu kod sagorevanja ovakvog uglja izuzetno visoka i može ići do  $50 \text{ g/m}^3$  (svedeno na suv gas, normalne uslove i referentni kiseonik od 6%).

Pored visoke koncentracije čestica u dimnom gasu, ovaj ugalj generiše visokootporni leteći pepeo koji znatno otežava rad elektrostatickog izdvajača i time još više utiče na veličinu i cenu filterarskog uređaja.

Polazeći od prvih elektrofiltarskih izdvajača dvadesetih godina ovog veka sa stepenom efikasnosti od 90%, već se 1960 godine njihov učinak kretao blizu 98-99% da bi se zadnjih decenija gradile instalacije koje mogu u normalnoj dugotrajnoj eksploataciji raditi sa efikasnošću reda 99,90 % snižavajući time emisiju letećeg pepela na nivo ispod  $50 \text{ mg/m}^3$  dimnog gasa.

Imajući u vidu da zahtevi javnosti za zdravijom životnom sredinom imaju dalji uzlazni trend, može se reći, da ovaj problem polako kuca i na naša vrata tražeći pri tom odgovore na pitanje kako i uz koju cenu smanjiti emisiju postojećih nisko-efikasnih instalacija kao i šta zahtevati od novih, bilo da se oni kupuju na inostranom tržištu ili se nameravaju projektovati ili proizvoditi kod nas.

Ispunjenje ovih zahteva pretpostavlja sigurno ovladavanje tehnologijama koje omogućavaju pouzdanu efikasnost izdvajanja reda 99-99,9 % pri čemu se posebna pažnja mora posvetiti efikasnom izdvajanju čestica mikronskog i podmikronskog opsega (0-10  $\mu\text{m}$ , posebno 0-2  $\mu\text{m}$ ) kao najkritičnijih u pogledu uticajana zdravlje čoveka zbog mogućeg visokog sadržaja teških metala, a i zbog svog nepovoljnog uticaja na prozirnost okolnog vazduha- atmosfere. Kako je izdvajanje ovih čestica istovremeno i najteže, svakako uvećanje efikasnosti u ovom opsegu podrazumeva znatno uvećanje cene opreme, gabarita objekta kao i potrošnje električne energije. Na osnovu veoma bogate literature koja se može naći u ovoj oblasti, mogu se ukratko izdvojiti sledeći ključni faktori koji određuju kvalitet rada elektrofiltra:

- specifični električni otpor letećeg pepela,
- ulazna koncentracija i raspodela veličine čestica (kao funkcija vrste goriva, procesa i načina vođenja procesa),
- metode električnog napajanja izdvajanja,
- specifična površina sakupljanja (SPS),
- stepen odnošenja čestica (adhezione i kohezione osobine čestica i materijala, raspodela gasnog toka, lokalno usisavanje vazduha, intenzitet i frekvencija otresanja, prekomerno varničenje i pojave električnog luka i sl.).

Ovi faktori uglavnom definišu okvir u kojem se nalaze mogućnosti intenziviranja procesa izdvajanja.

Kako veličina starijih filterskih instalacija ima vrlo skromnu ili čak prenisku specifičnu površinu sakupljanja, SPS, njeno uvećanje je često prvi izbor većine investitora kod izvođenja revitalizacija.

Međutim, ovaj izbor često znači i najskuplji izbor jer se uglavnom svodi na kupovinu i montažu metalne konstrukcije i eventualno novih napojnih agregata uz istovremeno čist gubitak prostora (ukoliko ga uopšte ima na raspolaganju) pri čemu se globalna eksploataciona ekonomija zanemaruje.

Jedan od načina koji ima kompromisni značaj podrazumeva (ako nema mogućnosti za dodatni prostor za nadgradnju, ako nema dovoljno podataka o fizičko-hemijskim produktima procesa, ako nema mogućnosti kondicioniranja praha i drugo) traženje rešenja u pažljivom podešavanju tj. prilagodavanju električnih uslova sredine u kojoj se obavlja proces izdvajanja, aktuelnom kvalitetu i osobenostima konkretnog letećeg pepela.

Inovirani metodi energetskog napajanja kao što su intermitentno i impulsno napajanje predstavljaju poslednjih godina uspešan put za rešavanje problema niske efikasnosti izdvajanja, koji pored tehnološke dobiti uspešno vrednuje i ekonomsku dobit, pa je usvetu prihvaćen kao znatan korak napred u celovitom i dugoročnom rešavanju problema smanjenja emisije letećeg pepela iz termoelektrana na čvrsta goriva.

Korišćenjem brzih naponskih promena periode, reda milisekunde (intermitentno napajanje) ili reda mikrosekunde (impulsno napajanje) moguće je izbeći pojavu "povratne jonizacije" uz istovremeno održavanje visoke vrednosti napona u međuelektroodnom prostoru pri čemu se sve to obavlja uz znatno manju potrošnju električne energije.

Ekonomska dobit koja se očekuje kod primene ovih metoda napajanja leži kako u izbegavanju zamašnih i skupih rekonstrukcija tako i u mogućnosti izvođenja radova bez prekidanja rada bloka. Znatna dobit leži u uštedi "čiste" električne energije u toku celog eksploatacionog života elektrofilterskog postrojenja.

