

RUDARSKI GLASNIK  
YU ISSN 0035 - 9637 UDK: 622

# RUDARSKI GLASNIK



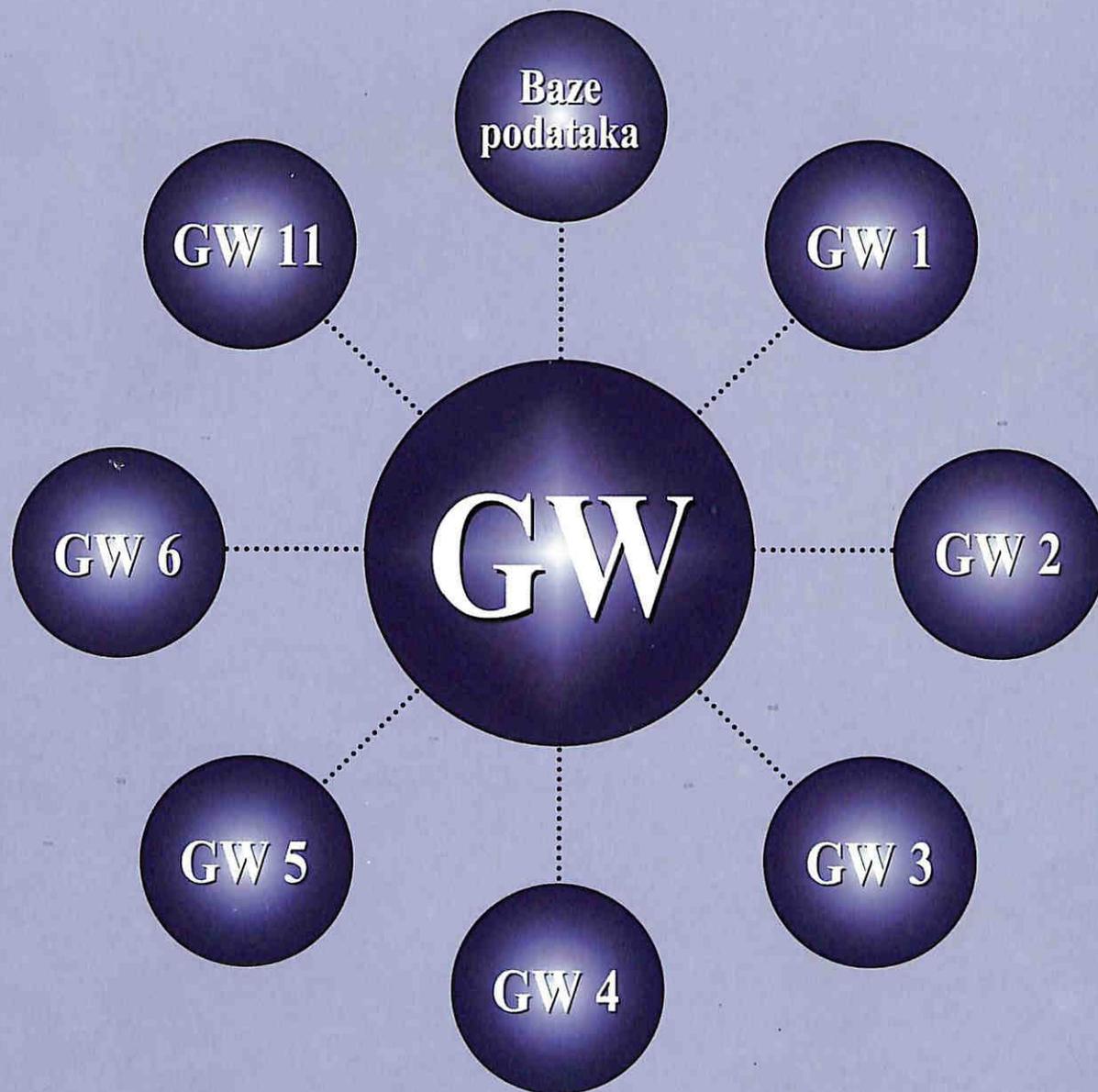
BULLETIN OF MINES - BULLETIN DES MINES - ГОРНЫЙ ЖУРНАЛ - BERGBAUZEITSCHRIFT

Broj 1-2, Godina 1997



# P R O G R A M S K I P A K E T

SPECIJALIZOVANI PROGRAMSKI PAKET SA PRAKTIČNOM PRIMENOM U HIDROGEOLOGIJI



PAKET  
**GW**

## PAKET PROGRAMA SADRŽI MODULE:

- GW 1 – Obračun propusnosti i konverzije
- GW 2 – Hemija podzemnih voda
- GW 3 – Probna crpljenja
- GW 4 – Hidraulika i konstrukcija bunara
- GW 5 – Baza nivoa podzemnih voda i nivogrami
- GW 6 – Stubovi bunara i litološki profili
- GW11 – Grafika



**RUDARSKI  
GLASNIK**

**Izdavač:**

Rudarski institut  
Batajnički put br. 2  
Beograd

**Za izdavača:**

direktor  
dr Dragoljub Urošević, dipl. inž.

**Glavni i odgovorni urednik:**

dr Mileta Simić, dipl. inž.

**Editor:**

Institute of Mines  
Batajnički put br. 2  
Beograd  
Yugoslavia

**Redakcioni odbor:**

dr Živorad Lazarević, dipl. inž.  
dr Radmilo Obradović, dipl. inž.  
dr Dragoljub Čirić, dipl. inž.  
dr Borislav Perković, dipl. inž.  
dr Ljubomir Spasojević, dipl. inž.  
dr Dragoljub Urošević, dipl. inž.

**Redakcija:**

Marina Avramov, dipl. fil.  
Dušanka Grujić, lektor  
Ivo Cetinić

Tiraž: 200 primeraka

**Štampa:**

Jantar grupa – Beograd

U finansiranju časopisa učestvuje Ministarstvo za nauku i tehnologiju Republike Srbije

**RUDARSKI GLASNIK YU ISSN 0035 – 9637, BROJ 1-2 (37),  
1997, BEOGRAD**

+ <b>B. Jovanović</b>	PRIKAZ PROJEKTOVANE I PRIMENJENE TEHNOLOGIJE RADA PLOVNOG BAGERA NA RUDNIKU UGLJA KOVIN .....	3
+ <b>M. Pribičević</b>	ODREĐIVANJE ŠIRINE BLOKA PLOVNOG ROTORNOG BAGERA UCW 450 8	
+ <b>D. Čirić, M. Ljubić, R. Obradović, R. Jovičić i Z. Milanović</b>	ODLAGANJE JALOVINE IZ NOVOOTVORENOG POVRŠINSKOG KOPA VELIKI KRIVELJ U NAPUŠTENI POVRŠINSKI KOP BOR .....	16
+ <b>Lj. Spasojević</b>	MOGUĆNOST REVITALIZACIJE PROIZVODNJE METALIČNIH MINERALNIH SIROVINA .....	22
+ <b>D. Čirić i A. Jočić</b>	PROVERA OSTVARENE VREDNOSTI BRZINE KRUŽNOG KRETANJA KATARKE RADNOG TOČKA .....	29
+ <b>Ž. Lazarević, B. Monevski i M. Milošević</b>	NOVI POSTUPAK KONCENTRACIJE Pb – Zn RUDE – OSNOVA ZA DALJI RAZVOJ RUDNIKA ŠUPLJA STIJENA .....	35
+ <b>J. Vyjuň</b>	ПРИМЕНА РАЧУНАРА КОД ИЗРАДЕ КРИВОЛИНИЈСКОГ ГЕОЛОШКОГ ПРОФИЛА НА ПРИМЕРУ ПЕПЕЛИШТА ТЕРМОЕЛЕКТРАНЕ НИКОЛА ТЕСЛА Б (ТЕНТ Б) ОБРЕНОВАЦ .....	39
+ <b>S. Mitić, N. Jokić i N. Popović</b>	STO DVADESET GODINA KEPE (KOEPE) IZVOZNOG SISTEMA .....	43

**MINING SCIENCE AND TECHNOLOGY**  
(izvodi iz časopisa MS&T, volume 2, 1997)

<b>R. Obradović</b>	METODOLOGIJA ISPITIVANJA FIZIČKO-MEHANIČKIH OSOBINA IZDROBLJENOG UGLJA I NOVI KRITERIJUMI ZA USVAJANJE RAČUNSKIH PARAMETARA PRI DIMENZIONISANJU BUNKERA ZA UGALJ TERMOELEKTRANA .....	48
<b>S. Đokić i M. Canić</b>	KAKO POVEĆATI STEPEN SUPSTITUCIJE GASA DOMAĆIM LIGNITOM U BEOČINSKOJ FABRICI CEMENTA .....	50
<b>A. Gluščević i Lj. Spasojević</b>	PODZEMNA EKSPLOATACIJA METALIČNIH MINERALNIH SIROVINA U SAVEZNOJ REPUBLICI JUGOSLAVIJI .....	53
<b>T. Milašinović i R. Sizmann</b>	VREME POVRATKA INVESTIRANE ENERGIJE U MODULARNIM ENERGETSKIM SISTEMIMA .....	56
<b>D. Urošević i R. Filipović</b>	ISPITIVANJE HEMIJSKOG SASTAVA PEPELA LIGNITA KOSOVO I MOGUĆNOST BIOLOŠKE REKULTIVACIJE NA DEPONIJU PEPELA .....	48 58
<b>M. Stanojević, Đ. Čobanović i P. Blagojević</b>	UTICAJNI PARAMETRI PROCESA NA EMISIJU GASOVITIH I ČVRSTIH KOMPONENTA IZ ROTACIONE PEĆI ZA PROIZVODNJU CEMENTNOG KLINKERA .....	60
<b>Lj. Spasojević i D. Crnobrnjić</b>	OSETLIVOST TROŠKOVA GLAVNIH FAZA OTKOPAVANJA VELIKIH RUDNIH TELA U FUNKCIJI KAPACITETA .....	64
<b>J. Pejčinović, R. Brašnjević, D. Stajević, K. Đinović i D. Krunić</b>	STANJE I PROBLEMATIKA VENTILACIJE RUDNIKA OLOVA I CINKA SRBIJE .....	67
<b>M. Ercegovac</b>	ODREĐIVANJE PARAMETARA ZA GENETSKO-INDUSTRIJSKU KLASIFIKACIJU UGLJA KOLUBARSKOG BASENA (JUGOSLAVIJA) .....	70
<b>P. Ilie, L. Chihaiu i I. Străuț</b>	REGULACIJA PROCESA FLOTIRANJA POMOĆU STATISTIČKO-ELEKTROHEMIJSKIH MODELA .....	72
<b>N. M. Kačurin, L. E. Šejnkman i L. V. Kotlerekvskaja</b>	OCENA VEROVATNOĆE POJAVE HAVARIJE U RUDNICIMA UGLJA U RUSIJI I ZEMLJAMA ZND .....	75
<b>J. Pinka i J. Badran</b>	UTICAJ HABANJA NA RAD KLIPNIH PUMPI ZA ISPLAKU .....	77

*Na rudniku Kovin, od 1992. godine, u primeni je podvodno otkopavanje uglja i pratećih sedimenata O&K plovnim bagerom sa točkom za rezanje UCW 450.*

*Kako je i prikazano u ovom radu, u odnosu na projektovanu, primenjena tehnologija rada plovnog bagera je, delimično, izmenjena. Izmene u tehnologiji rada bagera, prouzrokovane nedovoljnom reznom silom u uglju, i potrebom za otkopavnje čistih partija šljunka i uglja, mogu se posmatrati kao trenutna rešenja. Međutim, tehnološka rešenja, koja nisu projektovana, a primenjena su sa ciljem postizanja zadovoljavajućeg efekta usisa, time i kapaciteta bagera, jesu značajna rešenja i odslikavaju specifičnost podvodne eksploatacije u uslovima kovinskog ležišta uglja i karakteristika O&K plovnog bagera.*

## UVOD

Podvodna eksploatacija uglja i pratećih sedimenata na ležištu Kovin bila je zamišljena kao eksperimentalan projekat tokom koga bi se testirala naručena oprema, sagledale mogućnosti podvodne eksploatacije i prikupili parametri koji bi, u slučaju pozitivnih efekata eksperimenta, poslužili kao osnova za dalja projektovanja i nastavak eksploatacije.

Nemačka firma Orenstein & Koppel (O&K)-Lübeck konstruisala je plovni bager sa točkom za rezanje UCW 450 prema uslovima kovinskog ležišta.

Kupoprodajni ugovor između Elektrovojvodine (EPS) i O&K, kojim su regulisani i uslovi testiranja, sklopljen je 1988. godine. Bager je završen i postavljen na lokaciju predviđenu za eksperimentalan kop Kovin 1991. godine.

Rudarski institut Beograd izradio je iste, 1991. godine, Glavni rudarski projekat rudnika uglja Kovin-I faza (eksperimentalni kop) prema tadašnjoj koncepciji rudnika i na osnovu postojećih informacija iz te oblasti.

Tokom eksploatacije uglja i pratećih sedimenata na rudniku Kovin (od 1992) tehnologija rada bagera je prilagodavana promeni koncepcije rudnika, kao i tehnološkim mogućnostima bagera.

Prikaz projektovane i primenjene (do juna 1997) tehnologije rada O&K plovnog bagera na rudniku Kovin, kao i razloga koji su usloveli razlike u ovim tehnologijama, tema su ovog rada.

## PRINCIP RADA O&amp;K PLOVNOG BAGERA

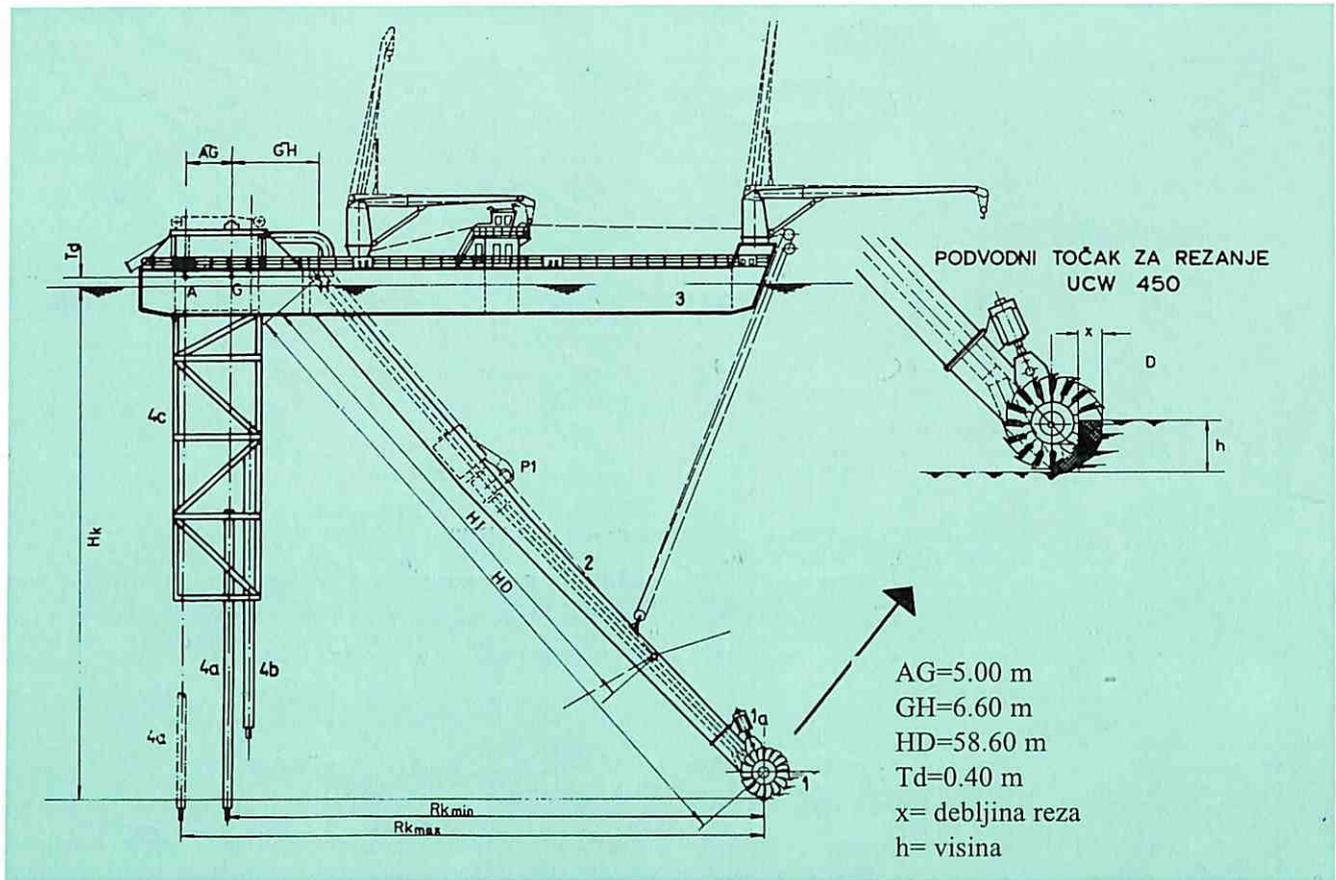
O&K plovni bager primenjen na rudniku Kovin, prikazan na slici 1, konstruisan je za podvodno otkopa-

UDK: 552.574:622.271.5

stručni rad

# PRIKAZ PROJEKTOVANE I PRIMENJENE TEHNOLOGIJE RADA PLOVNOG BAGERA NA RUDNIKU UGLJA KOVIN

Branka Jovanović



slika 1 Plovni bager sa točkom za rezanje

vanje i hidrotransport uglja i pratećih sedimenata kovinskog ležišta uglja.

Otkopavanje sedimenata plovnim bagerom, kao i kod klasičnih rotornih bagera, vrši se u rezovima, etažama i blokovima.

Otkopavanje jednog reza postiže se istovremenim okretanjem reznog točka oko njegove ose i trupa bagera (pontona) zajedno sa katarkom i reznim točkom oko ose radnog pilona.

Rezni točak (1), koga čine dve polutke sa polukoficama i zubima, okreće se oko svoje ose, smerom odozgo na dole dejstvom sopstvenog elektromotora (1a).

- Zaokretanje trupa (3) bagera zajedno sa katarkom (2) i reznim točkom (1) oko ose radnog pilona (4a) vrši se dejstvom sistema za bočno okretanje: vitla na palubi, užad, koturače na palubi i katarci i sidra na obali.

Pravolinijsko kretanje bagera omogućeno je sistemom pilona, a to su: radni pilon (4a), fiksni pilon (4b), toranj pilona (4c) i kolica radnog pilona (4d).

Sa radnim pilonom zabodenim u tlo, trup (pontona) bagera - zajedno sa katarkom i reznim točkom - pomera se pravolinijski za dužinu kolica do 4,6 m.

Za dužine preko 4,6 m bager se pomera tzv. koračanjem pilona, a za velika rastojanja, kada koračanje pilonima nije ekonomično, bager se pomera

drugim plovnim objektom.

Hidrotransport otkopanih sedimenata, od mesta otkopavanja do deponija, vrši se čeličnim cevovodom  $\phi$  900 (bagerski, plovni, kopneni), dejstvom bagerskih pumpi.

O&K plovni bager je opremljen sa 3 identične pumpe - centrifugalne i jednostepene, koje električnu energiju svojih motora ( $P=3$  MW) pretvaraju u energiju protoka hidromešavine.

Prva bagerska pumpa (P1) smeštena je na katarci reznog točka, a druge dve (P2 i P3) u trupu (pontonu) bagera.

Prema uputstvu proizvođača, regularan rad bagera podrazumeva uključene dve pumpe minimalno (P1 i P2), a po potrebi (veće dužine transporta, krupnije granulacije, veće specifične težine i dr.) se uključuje i treća pumpa.

#### PROJEKTOVANA TEHNOLOGIJA RADA BAGERA

Tehnologija O&K plovnog bagera na rudniku Kovin, kao deo Glavnog rudarskog projekta rudnika uglja Kovin - I faza (eksperimentalni kop) - Rudarski institut Beograd, 1991. god., projektovana je prema tadašnjoj koncepciji rudnika, odnosno u funkciji oba-

vljanja testiranja bagera i opreme. Projektovane vrednosti tehnoloških parametara rada bagera proračunate su na osnovu tada raspoloživih podataka:

- geoloških istraživanja,
- geomehaničkih ispitivanja,
- tehničkih podataka o bageru i
- vrednosti procesnih parametara bagera kojima je proizvođač vršio proračune dokaza kapaciteta.

### **RAZLOZI IZMENA U PRIMENJENOJ U ODNOSU NA PROJEKTOVANU TEHNOLOGIJU RADA O&K PLOVNOG BAGERA**

Razlozi, koji su u praksi, u periodu od 1992. do juna 1997. godine, nametnuli izmene projektovane tehnologije rada O&K plovnog bagera, mogu se označiti kao:

I - komercijalni i

II - tehnološki.

I - Političke i ekonomske neprilike u zemlji nametnule su izmene u početnoj, projektnoj i eksperimentalnoj koncepciji rada rudnika Kovin i postavljanje finansijskih efekata kao primarnih.

U uslovima tretiranja šljunka i uglja kao korisnih mineralnih sirovina i izvora samofinansiranja rudnika, tehnologija rada plovnog bagera prilagodavana je na sledeći način:

- Kontura probnog kopa proširena je zbog povećanja masa otkrivenog uglja.

- Radi eliminisanja gline, kao nepoželjne na tržištu, sloj šljunka je otkopavan u dve etaže, a proslojak gline u uglju je otkopavan selektivno.

- Da bi se što čistiji ugalj ujednačene krupnoće pripremio za tržište, na deponiji uglja je instalisano postrojenje za odvodnjavanje i klasiranje uglja, međutim, nedovoljnog prijemnog kapaciteta, te se pribeglo rešenju da se kapacitet bagera prilagodava kapacitetu postrojenja. Zbog toga je usvojeno usisavanje i transport uglja samo sa prvom bagerskom pumpom.

II - Tokom eksploatacije od 1992. do juna 1997. godine na rudniku Kovin pojedine tehnološke mogućnosti O&K plovnog bagera pokazale su odstupanja u odnosu na njihove garantovane vrednosti. Efekat usisa (ili koeficijent usisavanja), definisan kao odnos usisanih i otkopanih količina sedimenata, u dokumentaciji proizvođača bagera projektovan je sa vrednošću 80% (ili 0,8) u svim sedimentima, sa visinama reza 3 m u pesku, 2,5 m u šljunku i 2,25 m u uglju.

Izmene u primenjenoj tehnologiji u odnosu na projektovanu tehnologiju plovnog bagera jesu sledeće:

a) PESAK

- Kontura probnog kopa je proširena na dimenzije 450x340 m.

Pri otkopavanju prve etaže, etaže peska, nije strogo praćen kontakt pesak-šljunak, već je cela etaža otkopana na dubini - 9 m.

- Sloj peska je otkopan u jednoj etaži, ali ne u slojevima (ili podetažama) visine 3 m, već metodom potkopavanja koja se primenjuje pri otkopavanju nevezanih materijala u slojevima visine veće od prečnika točka.

b) ŠLJUNAK

- Sloj šljunka je, kao i sloj peska, otkopan radom plovnog bagera metodom potkopavanja - sa vertikalnim rezovima visine veće od prečnika točka ( $D=4,5$  m).

- Sloj šljunka je otkopan u dve etaže: u prvoj etaži otkopavan je čist šljunak, od prethodno ostvarene ravni (na  $H\approx-7$  m), do krovine proslojka gline u šljunku, ( $H\approx-14$  m) i u drugoj etaži, od ostvarene ravni prethodne etaže ( $H\approx-12$ ), do krovine uglja ( $H\approx-18$ ).

c) ČIŠĆENJE KROVINE UGLJA

- Čišćenje krovine uglja izvršeno je u dva prolaza plovnog bagera u svakom bloku: u prvom prolazu radom bagera u napredovanju otkopavan je i usisavan šljunak u krovini uglja (visine oko 2-3 m); u drugom prolazu radom bagera u odstupanju (unazad) sa isključenim reznim točkom još jednom je usisavan zaostao šljunak u krovini uglja.

d) UGLJENI SLOJ

- Proslojak gline u I ugljenom sloju otkopan je selektivnim radom plovnog bagera; redom su otkopavani prvi ugljeni banak, interslojna jalovina i drugi ugljeni banak.

- Oba ugljena banka su otkopavana u slojevima visine 1 m, svaki sloj je otkopavan zasebno, na celoj dužini fronta i to radom plovnog bagera u dva prolaza: unapred i unazad u svakom sloju.

- Pri otkopavanju oba ugljena banka usvojen je režim rada plovnog bagera koji podrazumeva sledeće:

U prvom prolazu, radom bagera u napredovanju otkopava se ugljeni sloj visine 1 m sa isključenim bagerskim pumpama, u drugom prolazu sa uključenim reznim točkom i samo bagerskom pumpom broj 1, radom bagera u odstupanju usisava se već rastresen ugalj u istom sloju.

Sažeto, projektovana tehnologija rada O&K plovnog bagera definisana je na sledeći način:

1. Projektovana kontura probnog kopa dimenzija 450x215 m.

2. Pojedinačno otkopavanje sedimenata je po prirodnom redosledu (pesak-šljunak-ugalj I - međuslojna

jalovina - ugalj 2), a prelazak na novi sediment, tek, po potpuno otkopanom prethodnom.

3. Rad plovnog bagera u istom sedimentu je u jednoj etaži, sa jednim prolazom bagera, u više podetaža i sa vertikalnim rezovima u podetaži.

4. Otkopavanje pojedinih sedimenata u paralelnim blokovima je uvek istog smera otkopavanja od severoistoka (SI) ka jugozapadu (JZ).

5. Režim rada bagera definisan od strane proizvođača podrazumeva: istovremeno otkopavanje i usisavanje radom bagera u napredovanju sa najmanje 2 pumpe uključene.

6. Procesi transporta i deponovanja materijala su podređeni tehnologiji rada bagera.

Vrednosti projektovanih parametara rada plovnog bagera dati su, zajedno sa realizovanim parametrima, u tabeli 1.

Grupa Parametara	Pojedinačni parametri	Oznaka (jedinica)	Vrednost		
			pesak	šljunak	ugalj
Podaci geoloških istraživanja [2]	- moćnost sloja	m (m)	2,7-10,7	7,7-15,2	4,5-12,5
	- dubina podine	H (m)	6 - 10	17 - 12	26 - 32
Podaci geomehaničkih ispitivanja [2]	- uglovi bočnih i radnih kosina	$\alpha_B$ (°)	26°	32°	80°
	- zapreminska masa	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	1,91	2,00	1,22
Tehnički podaci o bageru (sl. 1) [1]	- prečnik točka	D (m)	4,5		
	- dužina katarke	L <sub>k</sub> (m)	58,6		
	- dužina kolica	AC (m)	5,0		
	- GH	GH (m)	6,6		
	- uglovi laviranja	$\beta_1, \beta_2$	40°		
Procesni parametri bagera (projektovani) [1]	- visina reza	h (m)	3	2,5	2,25
	- debljina reza	s (m)	1,2	1,0	0,5
	- brzina laviranja (kružnog kretanja)	$v_L$ (m/min)	24	18	12
	- koeficijent usisavanja	$K_n$	0,8	0,8	0,8
	- gar. kapaciteti	$Q_{GAR}$	2.300	1.300	600
Projektovani tehnološki parametri [1]	- visina etaže	He (m)	2,7-9,4	7,7-15,2	4,5-12,5
	- širina bloka	B (m)	66	58	75
	- prosečan eksploatacioni kapacitet		1.250	1.000	450
	- koef. otkrivke		$K_o=3,0$		
Primenjeni (realizovani) parametri [3]	- visina reza	h (m)	6	6	1
	- debljina reza	x (m)	~ 1	~ 1	0,5
	- brzina laviranja	$v_L$ (m/min)	24	18	8
	- koef. usisavanja	$K_u$	0,8	0,8	0,1
	- visina etaže	$H_c$	6-9	$H_1 = 7$ $H_2 = 6$	$H_c = 1$
	- širina bloka	B (m)	70	70	72-77
	- prosečan kapacitet	$Q_{ex}$	1.200	1.000	200
	- uglovi nagiba radnih i završnih kosina	$\alpha_B$	12°	18°	80°

tabela 1 Pregled vrednosti a) parametara na osnovu kojih su proračunati projektovani parametri rada plovnog bagera b) projektovanih parametara i c) realizovanih parametara

**PRIMENJENA TEHNOLOGIJA RADA O&K PLOVNOG BAGERA**

Tehnologija rada O&K plovnog bagera primenjena u periodu od 1992. do 1997. godine na rudniku Kovin, u odnosu na projektovanu, nije menjana u delu:

- Do sada otkopani sedimenti u konturi probnog kopa (pesak, šljunak, ugalj 1) otkopavani su pojedinačno.
- Otkopavanje sedimenata izvršeno je u paralelnim blokovima istog smera otkopavanja - od SI ka JZ.
- Režim rada bagera, definisan od strane proizvođača (istovremeno otkopavanje i usisavanje radom bagera u

napredovanju sa uključene minimalno dve bagerske pumpe), primenjen je pri otkopavanju peska i šljunka.

U praksi se pokazalo sledeće:

- Efekat usisa od 80% u pesku i šljunku (i garantovane kapacitete) je moguće postići samo metodom potkopavanja; pri otkopavanju peska i šljunka u rezovima visine  $h \leq 3$  m efekat usisa ne prelazi 50%.

- Efekat usisa pri otkopavanju uglja rezovima visine 1 m, sa redovnim režimom - istovremeno otkopavanje i usisavanje radom bagera u napredovanju, je ispod 10%.

Zbog toga su usvojena rešenja da se pesak i šljunak otkopavaju metodom potkopavanja, da se vrši dvostruko čišćenje krovine uglja i da se ugaj usisava naknadno - po otkopavanju istog sloja, radom bagera u odstupanju.

Parametri reza pri otkopavanju uglja projektovani su sa vrednošću 2,25 m visine i 0,5 m debljine. Maksimalna visina reza postignuta O&K plovnim bagerom pri otkopavanju uglja, do juna 1997. godine, iznosila je 1,5 m, i to sa nedovoljnom brzinom kružnog kretanja. Kao razlozi nedovoljne rezne sile identifikovani su neiskorišćenost snage elektromotora radnog točka i neadekvatna konstrukcija reznih elemenata (kofica i zuba). U cilju nastavka eksploatacije uglja, a do otklanjanja uzroka nedovoljne sile rezanja, tehnologija rada prilagođena je trenutnim mogućnostima bagera, a to je otkopavanje ugljenih banaka vertikalnim rezovima visine 1 m, sa prosečnim brzinama kružnog kretanja oko 8-10 m/min.\*

### ZAKLJUČAK

Podvodna eksploatacija uglja primenjena na rudniku Kovin potpuno je nova tehnologija u površinskoj eksploataciji.

Imajući u vidu nepostojanje prethodnih iskustvenih podataka iz iste oblasti, sasvim su opravdana odstupanja realizovane u odnosu na projektovanu tehnologiju rada plovnog bagera inače baziranu na poznatoj, klasičnoj tehnologiji rada rotornog bagera na površinskim kopovima.

Najznačajnije izmene projektovane tehnologije rada plovnog bagera, otkopavanje šljunka i peska metodom potkopavanja i ponovno usisavanje uglja radom bagera u odstupanju, očigledno su specifičnosti podvodne

eksploatacije uslovljene vodom kao radnom sredinom i usisavanjem kao konstruktivnim rešenjem O&K plovnog bagera primenjenog na rudniku Kovin.

### SUMMARY

#### REVIEW OF DESIGNED AND APPLIED OPERATING TECHNOLOGY OF THE FLOATING EXCAVATOR IN THE COAL MINE KOVIN

*Since 1992, in the mine Kovin the excavation of coal and surrounding sediments has been carried out under water by means of an O&K floating excavator equipped with UCW 450 cutting wheel.*

*As shown in this article, the applied operating technology of the floating excavator has been partially changed, in relation to the designed technology. The changes in the operating technology were caused by insufficient cutting force and due to the need for the excavation of separate baches of gravel and coal. These changes can be regarded as temporary solutions. However, the solutions which were not foreseen by the design, but which were applied in order to obtain satisfactory suction effect and consequently satisfactory excavator capacity are very significant and they reflect the specific features of under-water mining in the coal deposit Kovin and the characteristics of the O&K floating excavator.*

### LITERATURA

- [1] Uputstvo za rukovanje i održavanje plovnog bagera sa točkom za rezanje UCW 450 -Orenstein & Koppel. 1991. god.
- [2] Glavni rudarski projekat Rudnika Kovin - I faza (eksperimentalni kop) Rudarski institut, Beograd, 1991. god.
- [3] Dokumentacija rudnika Kovin

### AUTOR

Branka Jovanović, dipl. inž. rud.,  
Rudarski institut Beograd

\* Jula meseca 1997. izvršeno je regulisanje snage elektromotora radnog točka kao i rekonstrukcija reznih elemenata i usisnog grla. Rezultati testiranja rada bagera, nakon rekonstrukcije i podešavanja snage EM, pokazali su izvesna poboljšanja u smislu rezanja i usisavanja uglja.

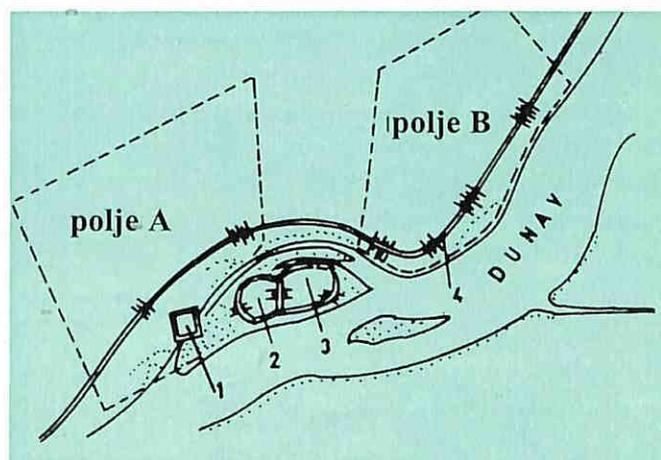
*Cilj ovog rada je da prikaže neke specifičnosti plovnog rotornog bagera i podvodne eksploatacije, koje utiču na određivanje tehnoloških parametara, u konkretnom slučaju, na radne širine bloka.*

## UVOD

Ležište uglja Kovin se nalazi u južnom Banatu, u Vojvodini, severno od Dunava i Kostolca. Ovo ležište pripada kovinskoj depresiji, koja se nalazi između Gaja i Dubovca, odnosno Dunava, na jugu, i Deliblatske pešcare, na severu.

Na istraživanom području su utvrđena dva ugljonosna polja. Zapadni deo ležišta nazvan je polje A, a istočni deo polje B.

Polje A ima kontinuirano razvijen prvi, a, delimično, razvijen drugi ugljeni sloj, dok polje B ima razvijena oba ugljena sloja (slika 1).



slika 1 Pregledna skica položaja ležišta  
 1. probno eksploataciono polje,  
 2. deponija uglja,  
 3. taložnica,  
 4. odbrambeni nasip

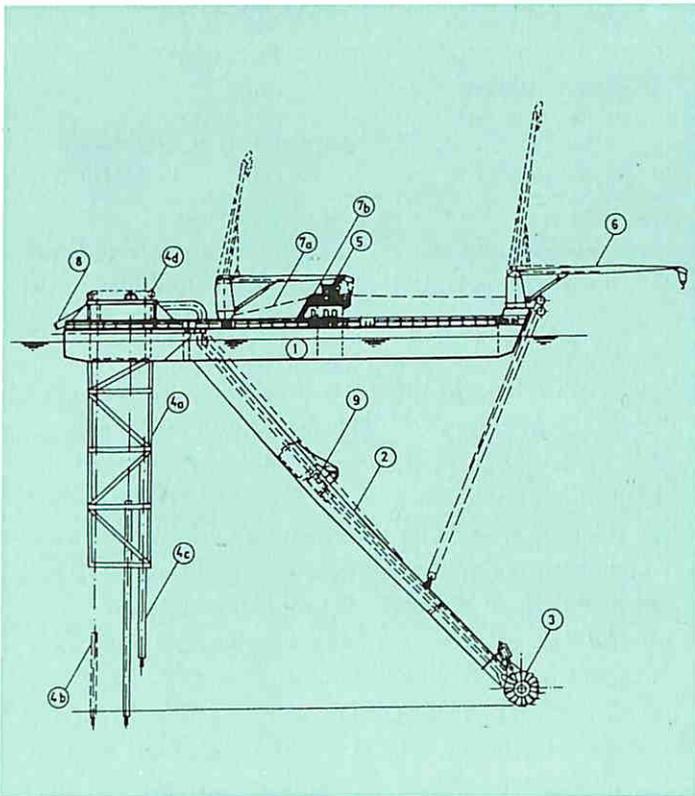
Veoma skupo odvodnjavanje površinskog kopa, neophodno za primenu klasičnog kontinualnog površinskog otkopavanja, što bi rezultiralo snižavanjem nivoa podzemnih voda u širem području plodnog poljoprivrednog zemljišta, kao i uključenje u eksploataбилne rezerve uglja u nebranjenoj zoni Dunava, koje bi klasičnim putem bilo nemoguće otkopati, glavni su faktori koji su prevagnuli u korist ideje da se izvrši eksperiment podvodne eksploatacije, bez obzira na to što je to u praksi bio novi i potpuno nepoznat način eksploatacije uglja [1].

UDK: 622.271.5  
 stručni rad

# ODREĐIVANJE ŠIRINE BLOKA PLOVNOG ROTORNOG BAGERA UCW 450

Miodrag Pribičević

U tu svrhu naručen je, a od nemačke firme O&K izraden, plovni rotorni bager UCW 450, nazvan KOVIN I (slika 2).



slika 2 Poprečni presek plovnog rotornog bagera UCW 450 (pri otkopavanju na maksimalnoj dubini)

1. ponton (65 x 15 x 4 m),
2. nosač (katarka) rotora (58,67 m),
3. rotor (4,5 m),
- 4a. nosač pilona,
- 4b. radni pilon,
- 4c. fiksirajući pilon,
- 4d. vitla za podizanje pilona,
5. komandno mesto,
6. elektro-hidraulički kranovi,
- 7a. bočno (radno) uže,
- 7b. radno vitlo,
8. priključak za plovni cevovod,
9. potopljena pumpa

Za probnu eksploataciju izabrano je polje dimenzije 450 x 450 m u nebranjenoj zoni Dunava polja A.

### KRETANJE (PRINCIP RADA) PLOVNOG BAGERA

Kretanja plovnog bagera obrađena su u literaturi [2].

Ono, na čemu se u ovom radu malo detaljnije zadržavamo, jeste kružno kretanje, jer, upravo ograničenja koja plovni bager ima u kružnom kretanju predstavljaju glavna ograničenja u pogledu radnih širina bloka.

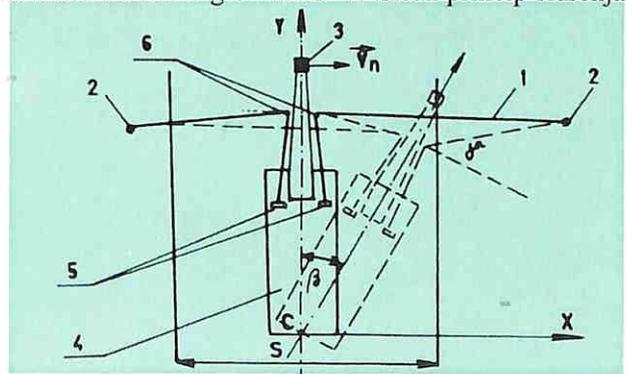
Pri radu plovnog bagera postoje tri vrste kretanja i to:

- a) okretanje rotora oko sopstvene ose (otkopavanje jednog odeska),
- b) kružno kretanje oko ose radnog pilona zatezanjem radnih bočnih užadi (otkopavanje jednog reza) i
- c) pravolinijsko kretanje, usecanje u svaki sledeći rez u pravcu napredovanja bloka.

a) Kod okretanja rotora važno je napomenuti da se on okreće suprotno od rotora na klasičnim rotornim bagerima. Materijal se otkopava od gore na dole i koficama se približava mestu usisa, a dalje pumpama, kroz cevovod, transportuje do mesta istakanja.

b) Kružno kretanje bagera pri otkopavanju (radu) vrši se sistemom vitala, užadi, koturača i sidara (ankera). Bočno zaokretanje bagera omogućeno je primenom zatezne sile u radnim užadima bagera. Radna užad su namotana oko dva obrtna radna vitla smeštena na platformi bagera, odakle su vođena preko koturača na bokovima katarke rotora do mesta sidrenja.

Na slici 3 je prikazano kružno kretanje bagera sa karakterističnim uglovima za klasičan princip sidrenja.



slika 3 Šema kružnog kretanja bagera

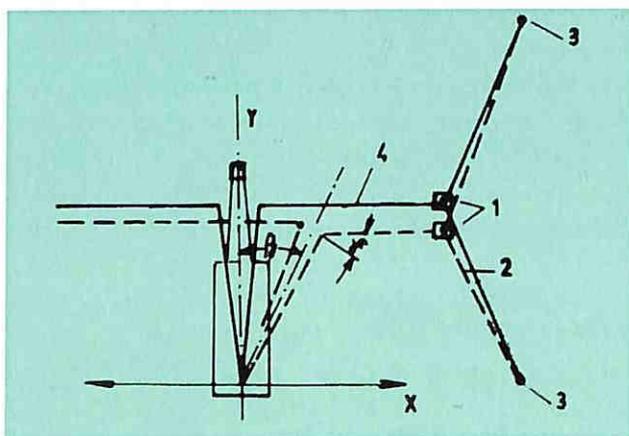
- $B$  – širina useka (bloka),
  - $V_n$  – tangencijalna brzina centra rotora,
  - $C$  – obrtna tačka,
  - $\gamma$  – ugao između horizontalne projekcije radnog užeta i normale na horizontalnu osu bagera (ugao ankerisanja),
  - $\beta$  – ugao obrtanja horizontalne ose bagera u odnosu na osu kretanja (centralnu liniju) (ugao obrtanja bagera)
- (1 – radno uže, 2 – ankeri na terenu, 3 – rotor, 4 – ponton bagera, 5 – bubnjevi radnog vitla, 6 – usmeravajuće koturače radnog užeta)

Uglovi ankerisanja za položaje bagera na krajnjoj levoj ili krajnjoj desnoj strani ograničeni su ( $\gamma_{1\max} = \gamma_{2\max} = 45^\circ$ ). Naime, prema preporuci proizvođača bagera ovi uglovi obezbeđuju optimalne parametre rada.

Samim tim, konstruktivno ograničenje zaokretanja plovnoг bagera, u levu i desnu stranu, u odnosu na centralnu liniju, oko ose radnog pilona određeno je uglovima  $\beta_{L\max} = \beta_{D\max} = 40^\circ$ .

Nedostatak ovakvog načina sidrenja (ankerisanja) je u tome, što se sidra (položaj ankera), relativno, često moraju premeštati.

Ako to želimo da izbegnemo, moguć je način sidrenja pomoću ankera i ankerskog užeta, preko koga ide koturača koja spaja ankersko sa radnim bagerskim užetom (slika 4).



slika 4 Sidrenje bagera pomoću ankerskog užeta  
 1. koturača,  
 2. ankersko užje,  
 3. ankeri,  
 4. radno bagersko užje

Oba načina sidrenja primenjuju se na probnom eksploatacionom polju rudnika Kovin. Teoretski bi trebalo da ugao između radnog užeta i centralne linije bagera bude konstantan i jednak  $\alpha_L = 90^\circ$ , što prouzrokuje jednakost uglova  $\beta$  i  $\gamma$ , a samim tim i postizanje većih širina blokova. Ali, u praksi se pokazalo da, pri napredovanju ili vraćanju bagera po centralnoj liniji, imamo "zaostajanje" radnog bagerskog užeta zbog njegovog zasecanja u bočne kosine, kao i "zaostajanje" koturače.

Prema tome, i pri ovakvom načinu ankerisanja, bočno zaokretanje horizontalne ose bagera, u odnosu na centralnu liniju, ne treba da prelazi  $\beta_{LD\max} = 40^\circ$ .

c) Pravolinijsko kretanje bagera može biti unapred i unazad. Ono se izvodi sistemom pilona. Dva pilona,

radni i fiksirajući, smešteni su na zadnjem delu pontona u nosaču pilona.

Za svaki novi rez, kompletan bager se pomera po klizaču radnog pilona, u odnosu na fiksirani radni pylon za napredovanje "s" (debljina reza), koje zavisi od vrste materijala i konkretnih uslova rada, a konstantno je po celoj širini bloka.

## POZICIONIRANJE BAGERA I AUTOMATSKA KONTROLA

Ono što ovaj bager razlikuje od ostalih plovnoг bagera, pored njegovih velikih kapacitativnih mogućnosti i instalisane snage, predstavlja, upravo, sistem za pozicioniranje i automatsku kontrolu.

Prvim se obezbeđuje tačnost otkopavanja, a drugim se više potrebna preračunavanja i kontrolišu procesi koji se odvijaju pri radu bagera koje je neophodno kontrolisati.

Bager je snabdeven savremenom opremom za pozicioniranje koja prati njegovo kretanje, dajući na monitoru poziciju na kojoj se u datom trenutku nalazi.

Oprema se sastoji od Atlas polarfiks sistema i računara povezanog sa sistemom automatske kontrole. U računaru na bageru prethodno je, uz prateći softver, pohranjen veliki broj podataka. Naime, probno eksploataciono polje, predviđeno za otkopavanje, dimenzija 450 x 450 m, predstavljeno je kao digitalni model, u mreži 5 x 5 m (matrica 90 x 90).

Postoje sledeći digitalni modeli: teren, krovina šljunka, krovina gline, krovina prvog ugljenog sloja, krovina međuslojne jalovine, krovina drugog ugljenog sloja i podina drugog ugljenog sloja. Svi ovi podaci mogu se prikazivati na monitoru u različitim (potrebnim) razmerama i segmentima. Atlas polarfiks sistem obezbeđuje, u svakom trenutku, polarne koordinate antene postavljene na bageru. Sve ostale potrebne koordinate (pilon, rotor) preračunavaju se računarnom preko konstruktivnih parametara bagera i kursa koji pokazuje žiroskop. Njih, takođe, možemo dobiti na ekranu u prikladnoj formi (stacionaža, odstupanje od centralne linije).

Pored ostalih funkcija u računaru na bageru prate se i najdublji (uglavnom su to i poslednji) prolazi reznog točka, što nam daje trenutno otkopano stanje u probnom eksploatacionom polju.

S obzirom na to da se ovi podaci snimaju na diskete i pohranjuju u banku podataka, na osnovu njih se mogu sračunati otkopane količine ili stanje rezervi (otkrivenih, neotkrivenih), u datom, nama potrebnom, vremenskom periodu.

Takođe se na ploteru mogu nacrtati profili, čiji sadržaj kao i razmera, zavisno od potrebe, mogu biti

različiti itd. Tačnost pozicioniranja, kao i podataka koji se naknadno mogu sračunati, do sada se pokazala zadovoljavajućom. Svim ovim poslovima rukovodi operater u bageru.

### **RADNE ŠIRINE BLOKA**

Širina bloka plovnog bagera UCW 450 računa se prema sledećem obrascu:

$$B=R_k (\sin\beta_L+\sin\beta_D),$$

gde je:

B - širina bloka i

$R_k$  - radijus kopanja.

U prethodnom tekstu već je objašnjeno da uglovi  $\beta_L$  i  $\beta_D$  predstavljaju konstruktivno ograničenje bagera ( $\beta_{Lmax}=\beta_{Dmax}=40^\circ$ ). Ovim ograničenjem vodi se računa da komponenta zatezne sile u radnim (lavimim) užadima (max 250 KN), koja prouzrokuje rotaciju oko obrtne tačke, ne pada ispod 60% od  $F_{max}$ . Pored toga, daljim povećanjem uglova  $\beta_L$  i  $\beta_D$ , pojavila bi se prevelika komponenta zatezne sile u pravcu ose bagera, što može da prouzrokuje određene negativne efekte, naročito pri otkopavanju uglja.

Ovi neželjeni efekti javljaju se, ponekad, i u okviru datih ograničenja. Podrobno razmatranje navedenog, kao i objašnjenje kada je i u kojim uslovima moguć rad sa većim uglovima, a kada ih je potrebno smanjiti, zahtevalo bi upoznavanje sa tehnologijom rada bagera, u obimu koji bi prevazišao sadržaj ovoga rada. Prema tome, kao osnovu za proračun uzimamo navedene vrednosti uglova  $\beta_L$  i  $\beta_D$ , što je, uostalom, i u praksi najčešći slučaj. Samim tim, izraz u zagradi jednačine za proračun radnih širina bloka predstavlja konstantu. Razmotrimo, stoga, parametre koji utiču na veličinu radijusa kopanja. Promenljivi parametri su:

- dubina kopanja ( $H_k$ ),
- položaj radnog pilona,
- vodostaj i
- plovna visina tačke vešanja katarke rotora ( $T_d$ ).

a) Dubina kopanja predstavlja najuticajniji parametar za određivanje radijusa kopanja. Od nje, direktno, zavisi ugao  $\varphi(H_k)$  koji zaklapa uzdužna osa nosača rotora (katarke rotora) sa referentnom ravni, a samim tim i horizontalna projekcija dužine katarke, koja ulazi u obrazac za izračunavanje radijusa kopanja. Kao promenljiva veličina, ograničena konstruktivnim karakteristikama bagera, dubina kopanja se kreće od 6 do 45 m.

b) Nakon zabadanja radnog pilona u materijal, on predstavlja obrtnu osovinu bagera. Postolje i klizač radnog pilona omogućavaju napredovanje pontona, zajedno sa katarkom rotora, rotorom i fiksirajućim

pilonom za ukupnu dužinu od 4,54 m, bez premeštanja radnog pilona. Prema tome, za svaku dubinu kopanja postoji maksimalni ( $R_{kmax}$ ) i minimalni ( $R_{kmin}$ ) radijus kopanja, koji se, međusobno, razlikuju, upravo, za hod radnog pilona, odnosno za 4,54 m. Analogno je kod klasičnih rotornih bagera sa teleskopskom katarkom [2].

c) Nivo vodene površine na koti 70 N.V. uzet je za referentnu ravan. Da bi se izbegao uticaj vodostaja koji se, na lokaciji na kojoj radi bager, kreće u intervalu 69,0 do 71,5 N.V., u računar u bageru se vrši korekcija, odnosno njegovo svodenje na referentnu ravan. Međutim, za proračun radijusa kopanja potrebna je stvarna, a ne korigovana, dubina bagerovanja.

d) Plovna visina tačke vešanja katarke rotora iznosi  $T_d=0,4$  m, kada se bager nalazi u takvom položaju da je njegova podužna osa paralelna sa referentnom ravni, odnosno kada je TRIM (ugao uzdužne ose bagera u odnosu na referentnu ravan) jednak nuli.

Sam TRIM varira, najviše u zavisnosti od položaja katarke rotora, zatim vibracije usled kontakta rotora sa materijalom, vremenskih prilika (talasi, vetar), gustine pulpe u cevovodu itd.

Variranje TRIM-a prouzrokuje vertikalne oscilacije plovne visine tačke vešanja katarke rotora, koje su, opet, direktno proporcionalne njenom rastojanju do, u datom trenutku, ubodenog pilona. Međutim, ove oscilacije ne prelaze  $\pm 10$  cm, pa se pri određivanju radnih širina bloka i plovna visina tačke vešanja katarke rotora može uzeti kao konstanta sa vrednošću  $T_d=0,5$  m.

Ostali parametri koji ulaze u jednačinu za proračun radijusa kopanja su konstantni.

Jednačina glasi:

$$R_k=AG+GH+A\cos\varphi(H_k)+D/2 \text{ (m)},$$

gde je:

AG - korak radnog pilona (AG=4,54 m),

D - prečnik rotora (D=4,5 m),

GH - rastojanje od ose radnog pilona do ose zgloba katarke rotora, kada se radni pilon nalazi u položaju koji je najbliži fiksnom pilonu (GH=6,7 m),

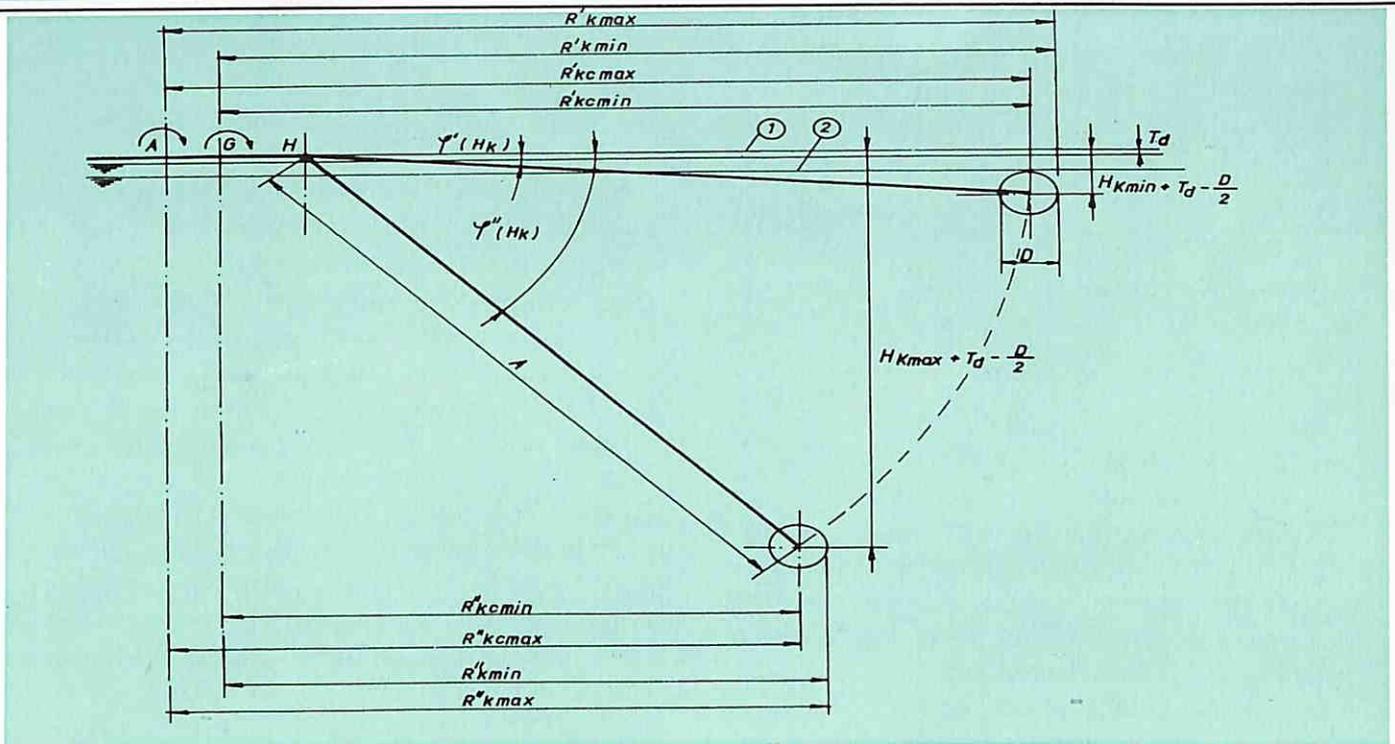
$\varphi(H_k)$  - vertikalni ugao nagiba katarke rotora,

$$\varphi(H_k) = \arcsin \frac{H_k + T_d}{A} - \frac{D}{2}$$

A - dužina katarke rotora (rastojanje od tačke vešanja do centra rotora) A=58,67 m.

Na slici 5 dat je šematski prikaz poprečnog preseka bagera sa uticajnim parametrima.

Maksimalni radijus kopanja, za datu dubinu, određen je zadnjim položajem radnog pilona (pozicijom



slika 5 Šematski prikaz poprečnog preseka bagera

1. trenutni vodostaj,
  2. nivo vodostaja proglašen za referentnu ravan 70m N.V.
- $H_{kmin}$  – minimalna dubina kovanja ( $H_{kmin}=6m$ ),  
 $H_{kmax}$  – maksimalna dubina kovanja ( $H_{kmax}=45m$ ),  
 $\varphi'(H_k)$  – vertikalni ugao katarke rotora za minimalnu dubinu kovanja,  
 $\varphi''(H_k)$  – vertikalni ugao katarke rotora za maksimalnu dubinu kovanja,  
 $R'_{kmax}$  – maksimalni radijus kovanja za  $H_{kmin}$  (maksimalni mogući radijus kovanja),  
 $R'_{kmin}$  – minimalni radijus kovanja za  $H_{kmin}$ ,  
 $R'_{kcmx}$  – maksimalni radijus kovanja do centra rotora za  $H_{kmin}$  (maksimalni mogući radijus kovanja do centra rotora),  
 $R'_{kcmin}$  – minimalni radijus kovanja do centra rotora za  $H_{kmin}$ ,  
 $R''_{kmax}$  – maksimalni radijus kovanja za  $H_{kmax}$ ,  
 $R''_{kmin}$  – minimalni radijus kovanja za  $H_{kmax}$  (minimalni mogući radijus kovanja),  
 $R''_{kcmx}$  – maksimalni radijus kovanja do centra rotora za  $H_{kmax}$ ,  
 $R''_{kcmin}$  – minimalni radijus kovanja do centra rotora za  $H_{kmax}$  (minimalni mogući radijus kovanja do centra rotora)

radnog pilona koja se nalazi u najudaljenijem položaju od fiksnog pilona,  $AG=AG_{max}=4,54m$ ):

$$R_{kmax} = AG_{max} + GH + A \cos \varphi(H_k) + D/2 \text{ (m)}$$

Maksimalni mogući radijus kovanja ostvarljiv je za minimalnu dubinu kovanja ( $H_{kmin}$ ) i iznosi  $R'_{kmax}=72$  m. Minimalni radijus kovanja definisan je pozicijom radnog pilona, koja se nalazi najbliže fiksnom pilonu ( $AG=AG_{min}=0$ ):

$$R_{kmin} = GH + A \cos \varphi(H_k) + D/2 \text{ (m)}$$

Minimalni mogući radijus kovanja ostvarljiv je za maksimalnu dubinu kovanja ( $H_{kmax}$ ) i iznosi  $R''_{kmin}=48,59$  m. Radijus kovanja je jedan od para-

metara čija se vrednost konstantno prati, odnosno preračunava bagerskim računarom i kao brojevi podatak prikazuje na ekranu.

Iz svega gore navedenog sledi da, kada govorimo o radnoj širini bloka, koju je moguće postići na datoj dubini, a da, pri tome, ostanemo u okviru konstruktivnog ograničenja (misli se na uglove  $\beta_L$  i  $\beta_D$ ), moramo, prvenstveno, izračunati relevantan radijus kovanja, a to je minimalni radijus kovanja na datoj dubini prema promenljivim uticajnim parametrima:

1. za položaj radnog pilona kada se on nalazi najbliže fiksirajućem pilonu i

2. za maksimalni mogući vodostaj na području na kome bager radi. (U konkretnom slučaju on je za 1,5 m viši od vodostaja koji je usvojen za referentnu ravan).

Ovako dobijeni radijus kopanja dalje korigujemo usled načina prikaza u AWC (AUTOMATIC WHEEL CONTROLLER) sistemu. Naime, kao što je već rečeno, na monitoru bagerskog računara prati se položaj rotora (koordinate, odstupanje od centralne linije, stacionaža). Svi ovi podaci odnose se na centar reznog točka. Samim tim, za određivanje radne širine bloka na datoj dubini relevantan je radijus kopanja do centra rotora. Ovaj radijus kopanja omogućava postizanje projektovanih bočnih kosina.

Širine bloka, izračunate na osnovu relevantnih radijusa kopanja za date dubine ( $B_{c_i}$ ), potrebno je korigovati za veličinu odstupanja radnog pilona od centralne linije, da bi i dalje ostale u okviru konstruktivnog ograničenja uglova obrtanja bagera ( $\beta_{L_{max}} = \beta_{D_{max}} = 40^\circ$ ).

Ovo odstupanje javlja se zbog:

1. tehničke neizvodljivosti da se bager vodi tačno po centralnoj liniji i
2. netačnosti žiroskopa.

U praksi se pokazalo da se žiroskop na bageru, čija je tačnost  $\pm 6'$ , vremenom "rašteluje", najverovatnije, zbog vibracija, i da ne pokazuje pravi kurs. Tačnost žiroskopa se redovno, geodetski, kontroliše i vrši se korekcija kursa. Ova netačnost ne može se primetiti na monitoru bagerskog računara, odnosno netačan kurs žiroskopa (koji se toleriše  $\pm 2^\circ$ ) prouzrokuje i netačan prikaz odstupanja ose pilona od centralne linije.

Zbirni uticaj ova dva navedena faktora, na odstupanje radnog pilona od centralne linije, u praksi, ne prelazi 1,5 m, u levu i desnu stranu.

Prema tome, prethodno sračunate širine bloka, u odnosu na relevantne radijuse kopanja za date dubine ( $B_{c_i}$ ), korigujemo za zbirno odstupanje ose radnog pilona u levu i desnu stranu ( $\Delta_L + \Delta_D = 3m$ ):

$$B_{k_i} = B_{c_i} - (\Delta_L + \Delta_D),$$

gde je:

$B_{k_i}$  - korigovana širina bloka za datu dubinu (slika 6).

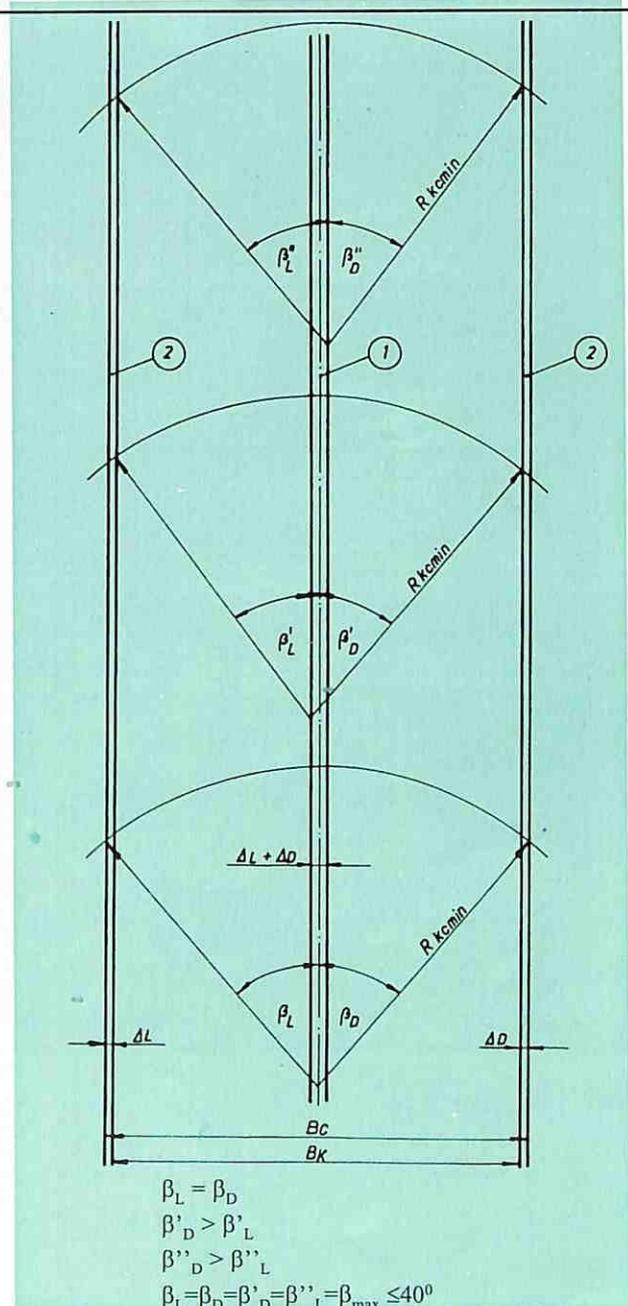
I na kraju, radne širine bloka ( $B_{r_i}$ ) dobijamo tako što uzimamo celobrojnu vrednost korigovane širine bloka ( $B_{k_i}$ ):

$$B_{r_i} = \text{INT}(B_{k_i}).$$

Razlog ovakvog načina zaokruženja leži u sledećem:

Već je rečeno da se na monitoru računara na bageru direktno prati, vizuelno i brojačano, odstojanje centra rotora od centralne linije.

Daleko je lakše, pri ručnom radu, na vreme, zaustaviti kružno kretanje bagera, ako je širina bloka



slika 6 Korigovana širina bloka za datu dubinu

1. zona dozvoljenog odstupanja radnog pilona od centralne linije,
2. korekcija širine bloka u levoj i desnoj strani

iskazana u celobrojnoj vrednosti, nego ako je njena vrednost data na dve decimale. Takode, informacija o položaju centra rotora na ekranu kasni približno dve sekunde, što prouzrokuje zaostajanje prikazanog za stvarnim položajem centra rotora do 20 cm.

U tabeli 1 dat je prikaz tehnoloških parametara za moguće dubine kopanja.

Korig. dubina kopanja	Stvarna dubina kopanja	Vertikalni ugao katarke $\varphi(H_k)$	$R_k$ max (m)	$R_k$ min (m)	$R_{kc}$ max (m)	$R_{kc}$ min (m)	Bc (m)	Bk (m)	Br (m)	Br/2 (m)
6	7,5	5 <sup>0</sup> 37'28''	71.88	67.34	69.63	65.09	83.68	80.68	80	40.0
7	8,5	6 <sup>0</sup> 36'23''	71.77	67.23	69.52	64.98	83.54	80.54	80	40.0
8	9,5	7 <sup>0</sup> 35'26''	71.65	67.11	69.40	64.86	83.38	80.38	80	40.0
9	10,5	8 <sup>0</sup> 34'37''	71.50	66.96	69.25	64.71	83.19	80.19	80	40.0
10	11,5	9 <sup>0</sup> 33'58''	71.34	66.80	69.09	64.55	82.98	79.98	79	39.5
11	12,5	10 <sup>0</sup> 33'28''	71.17	66.63	68.92	64.38	82.76	79.76	79	39.5
12	13,5	11 <sup>0</sup> 33'11''	70.97	66.43	68.72	64.18	82.51	79.51	79	39.5
13	14,5	12 <sup>0</sup> 33'06''	70.76	66.22	68.51	63.97	82.24	79.24	79	39.5
14	15,5	13 <sup>0</sup> 33'14''	70.53	65.99	68.28	63.74	81.94	78.94	78	39.0
15	16,5	14 <sup>0</sup> 33'39''	70.28	65.74	68.03	63.49	81.62	78.62	78	39.0
16	17,5	15 <sup>0</sup> 34'20''	70.01	65.47	67.76	63.22	81.27	78.27	78	39.0
17	18,5	16 <sup>0</sup> 35'18''	69.72	65.18	67.47	62.93	80.90	77.90	77	38.5
18	19,5	17 <sup>0</sup> 36'37''	69.41	64.87	67.16	62.62	80.50	77.50	77	38.5
19	20,5	18 <sup>0</sup> 38'16''	69.08	64.54	66.83	62.29	80.08	77.08	77	38.5
20	21,5	19 <sup>0</sup> 40'18''	68.74	64.20	66.49	61.95	79.64	76.64	76	38.0
21	22,5	20 <sup>0</sup> 42'44''	68.39	63.85	66.14	61.60	79.19	76.19	76	38.0
22	23,5	21 <sup>0</sup> 45'36''	67.98	63.44	65.73	61.19	78.66	75.66	75	37.5
23	24,5	22 <sup>0</sup> 48'55''	67.57	63.03	65.32	60.78	78.14	75.14	75	37.5
24	25,5	23 <sup>0</sup> 52'44''	67.14	62.60	64.89	60.35	77.58	74.58	74	37.0
25	26,5	24 <sup>0</sup> 57'05''	66.68	62.14	64.43	59.89	76.99	73.99	73	36.5
26	27,5	26 <sup>0</sup> 02'00''	66.21	61.67	63.96	59.42	76.39	73.39	73	36.5
27	28,5	27 <sup>0</sup> 07'32''	65.71	61.17	63.46	58.92	75.75	72.75	72	36.0
28	29,5	28 <sup>0</sup> 13'42''	65.18	60.64	62.93	58.39	75.06	72.06	72	36.0
29	30,5	29 <sup>0</sup> 20'33''	64.63	60.09	62.38	57.84	74.36	71.36	71	35.5
30	31,5	30 <sup>0</sup> 28'09''	64.06	59.52	61.81	57.27	73.62	70.62	70	35.0
31	32,5	31 <sup>0</sup> 36'32''	63.40	58.86	61.21	56.67	72.85	69.85	69	34.5
32	33,5	32 <sup>0</sup> 45'46''	62.83	58.29	60.58	56.04	72.04	69.04	69	34.5
33	34,5	33 <sup>0</sup> 55'55''	62.17	57.63	59.92	55.38	71.19	68.19	68	34.0
34	35,5	35 <sup>0</sup> 07'02''	61.48	56.94	59.23	54.69	70.31	67.31	67	33.5
35	36,5	36 <sup>0</sup> 19'12''	60.76	56.22	58.51	53.97	69.38	66.38	66	33.0
36	37,5	37 <sup>0</sup> 32'31''	60.01	55.47	57.76	53.22	68.42	65.42	65	32.5
37	38,5	38 <sup>0</sup> 47'02''	59.22	54.68	56.97	52.43	67.40	64.40	64	32.0
38	39,5	40 <sup>0</sup> 02'53''	58.40	53.86	56.15	51.61	66.35	63.35	63	31.5
39	40,5	41 <sup>0</sup> 20'10''	57.54	53.00	55.29	50.75	65.24	62.24	62	31.0
40	41,5	42 <sup>0</sup> 39'00''	56.64	52.10	54.39	49.85	64.08	61.08	61	30.5
41	42,5	43 <sup>0</sup> 59'33''	55.70	51.16	53.45	48.91	62.88	59.88	59	29.5
42	43,5	45 <sup>0</sup> 21'57''	54.71	50.17	52.46	47.92	61.60	58.60	58	29.0
43	44,5	46 <sup>0</sup> 46'24''	53.67	49.13	51.42	46.88	60.27	57.27	57	28.5
44	Ove dubine nije moguće postići pri maksimalnom vodostaju.									
45										

tabela 1 Tehnološki parametri moguće debljine kopanja

- $R_{kmax}$  – maksimalni radijus kopanja na datoj dubini,
- $R_{kmin}$  – minimalni radijus kopanja na datoj dubini,
- $R_{kcmax}$  – maksimalni radijus kopanja na datoj dubini u odnosu na centar rotora,
- $R_{kcmin}$  – minimalni radijus kopanja na datoj dubini u odnosu na centar rotora,
- Bc – širina bloka za relevantan radijus kopanja,
- Bk – korigovana širina bloka,
- Br – radna širina bloka i
- Br/2 – adna širina polubloka

Vežano za rezultate radnih širina bloka, datih u tabeli 1, treba imati u vidu da ovaj bager ne stoji na zemlji nego "pluta" na vodenoj površini koja se nalazi iznad dela ležišta koje otkopavamo. Njemu ne smeta nikakva konfiguracija terena, nosivost tla, uslovi zaleganja ležišta, ili bilo šta drugo, što bi klasičan rotorni bager onemogućilo u njegovom kretanju.

Manevarske mogućnosti ovog bagera su neuporedivo bolje od klasičnih rotornih bagera. To nam omogućuje da, ako to želimo, ostvarimo moguću radnu površinu bloka na datoj dubini. Odnosno, ne moramo ih skraćivati zbog nagiba bočnih kosina, već možemo prevideti onoliko centralnih linija, koliko imamo pojasa u datom bloku, međusobno toliko udaljenih, koliko to zahtevaju ugao bočne kosine bloka, ili uslovi formiranja bočnih kosina.

#### SUMMARY

*BLOCK WIDTH DETERMINATION FOR THE  
FLOATING BUCKET WHEEL EXCAVATOR UCW  
450*

*The goal of this paper is to present some specific characteristics of the floating bucket wheel excavator and the particularities of the under-water mining as influential factors for the determination of the technological parameters, specifically, in this case, of block operating width.*

#### LITERATURA

- [1] Rudnik uglja i termoelektrana Kovin, Novi Sad, SOUR Elektrovojvodina, 1987. god.
- [2] Makar, M.: Teorija bagerovanja rotornim bagerima. Rudarski institut Beograd, 1990. god.
- [3] Jovanović, B.: Plovni bager sa točkom za rezanje (O&K) i njegova primena na eksperimentalnom podvodnom kopu Kovin. Rudarski glasnik 1-2, Rudarski institut Beograd, 1992. god.

#### AUTOR

Miodrag Pribičević, dipl. inž. rud.,  
Rudarski institut Beograd

*Optimalno rešenje problema odlaganja jalovine u tehnologiji površinske eksploatacije predstavlja veoma značajan tehničko-ekonomski pokazatelj, koji je od posebnog značaja pri otkopavanju dubokih površinskih kopova ležišta metala. Velike količine čvrste jalovine (oko  $450 \times 10^6$  t) sa površinskog kopa bakarne rude Veliki Krivelj se odlažu u napušteni površinski kop Bor. Transportna dužina između dva lokaliteta je oko 2,5 km. Površinski kop Bor je dubok oko 405 m, a oblika je eliptične zaobljene kupe. Pored tehničko-tehnoloških i ekonomskih kriterijuma rešenjem su obuhvaćeni i veoma strogi ekološki uslovi, s obzirom na to da se površinski kop Bor nalazi u neposrednoj blizini grada Bora. Sva oprema je računata za godišnji kapacitet od  $27,5 \times 10^6$  t jalovine.*

## UVOD

Površinski kop Bor se nalazi pored samog istoimenog grada u severoistočnom delu Srbije. Sa ovog površinskog kopa se dobijala ruda bakra u dužem vremenskom periodu (sve do 1993. g.).

Završetkom radova na eksploataciji stvoren je prostor, približno, oblika obrnute zaobljene kupe, gde je gornja površina duga oko 1300 m, a široka oko 1 000 m. Maksimalna dubina iznosi oko 400 m, sa nagibima kosina od  $36-38^\circ$ .

Na severoistočnoj strani, na rastojanju od oko 2,5 km od postojećeg površinskog kopa Bor nalazi se novootvoreni površinski kop Veliki Krivelj, kao najperspektivnije ležište rude bakra za ceo Rudarski kombinat Bor.

Otkopavanje rude bakra i jalovine se vrši već 15 godina uz primenu tehnologije koja obuhvata:

- bušačko - minerske radove,
- utovar bagerima kašikarima,
- transport rude damperima do drobilicnog postrojenja i jalovine na spoljašnja odlagališta,
- pomoćne radove i
- odvodnjavanje površinskog kopa.

Projektovani kapaciteti su se prilagođavali potrebi za ovom rudom tako da su najnovija tehno-ekonomska sagledavanja definisala godišnji kapacitet rude bakra na oko  $13 \times 10^6$  t i jalovine na  $27,5 \times 10^6$  t [1].

Eksploatacija se obavlja u toku cele godine, gde se očekuje prosečno ostvarenje od oko 6 000 h efektivnog rada.

U prvoj fazi eksploatacije sa površinskog kopa Veliki Krivelj je otkopavana ruda i jalovina u visinskom delu, sa relativno malim daljinama transporta. Zahva-

UDK: 622'17: 622.015

stručni rad

# ODLAGANJE JALOVINE IZ NOVO- OTVORENOG POVRŠINSKOG KOPA VELIKI KRIVELJ U NAPUŠTENI POVRŠINSKI KOP BOR

Dragoljub Ćirić  
Miodrag Ljubić  
Radmilo Obradović  
Ratko Jovičić  
Zoran Milanović

tanjem dubljih delova površinskog kopa javljaju se sledeći problemi:

- Povećava se daljina transporta, a time se i pogoršava ekonomika poslovanja, (s obzirom na to da je u pitanju kamionski transport).

- Postojeća privremena spoljašnja odlagališta se vrlo brzo zapunjavaju, što zahteva iznalaženje novog rešenja za odlaganje oko  $450 \times 10^6$  t jalovine.

Ovo su samo osnovni pokazatelji koji su usloveli iznalaženje novog i savremenijeg rešenja transporta jalovine, uz poštovanje ekonomskih i drugih kriterijuma u postojećim uslovima površinske eksploatacije na ležištu Veliki Krivelj u Boru.

### IZBOR TEHNOLOŠKOG PROCESA

Izbor tehnološkog procesa eksploatacije u postojećim i budućim uslovima rada na površinskom kopu Veliki Krivelj je izvršen analiziranjem mnogih svetskih rešenja, kao i domaćih iskustava za slične uslove rada.

Na osnovu pomenutih pokazatelja došlo se do zaključka da je opravdano sa tehno-ekonomskog aspekta izmeniti postojeći tehnološki postupak i uvesti savremenije rešenje koje se odnosi na transport i odlaganje jalovine.

Usvojen je kombinovan sistem transporta koji obuhvata damper-drobilicu-traku i odlagač.

Izbor lokacije odlagališta za količine jalovine od, oko,  $450 \times 10^6$  t je određen u raspoloživi prostor na površinskom kopu Bor (slika 1).

Problem transporta izdrobljene jalovine pomoću transporterera sa trakama nije posebna tehnološka novost da nije problema odlaganja ovog materijala u prostor površinskog kopa Bor, uz neophodno poštovanje specifičnosti ovog lokaliteta, što se odnosi na problem zaštite okoline i sigurnosti u radu.

Rešavanje ovog problema zasniva se na sledećim postavkama:

- da se transport i odlaganje izdrobljene jalovine u prostoru površinskog kopa Bor obavlja se što manje mehanizacije, a to su: odlagališni transporter (OT) i uređaj za odlaganje klizna kolica (KK) i zaokretna isto-varna traka (ZIT) i

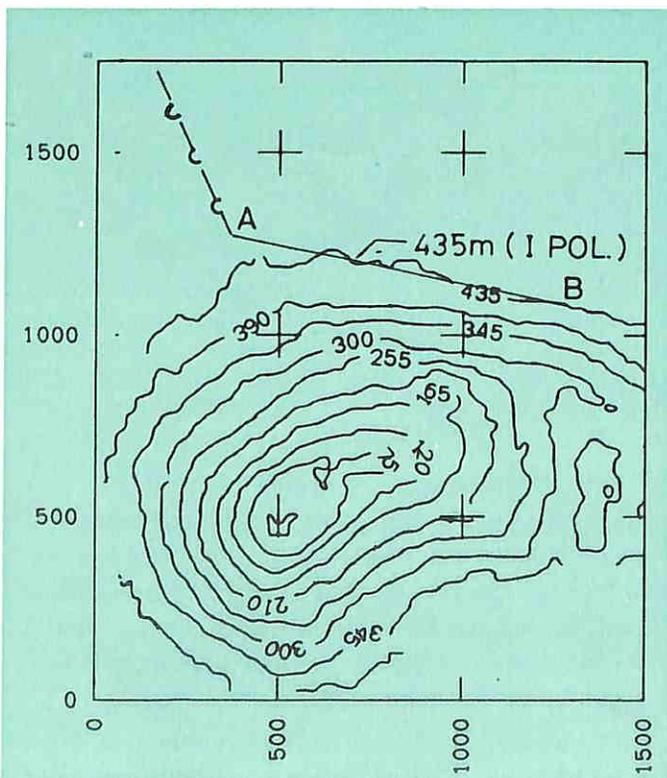
- da se zaštita životne i radne okoline od dejstva prašine reši kvašenjem izdrobljene jalovine odgovarajućom količinom flotacijske jalovine iz flotacije Veliki Krivelj. Ovo kvašenje će se vršiti na početku odlagališnog transporterera (stacionarno kvašenje), kao i na mestu presipanja materijala sa trake OT na uređaj ZIT (pokretno kvašenje)[2].

### KRITERIJUM ZA IZBOR UREĐAJA ZA ODLAGANJE MASA

Specifičnost problema odlaganja izdrobljenih i nakvašenih masa u otkopani prostor površinskog kopa Bor odražava se u tome što je:

- nepovoljan oblik prostora za odlaganje (elipsast),
- ndefinisano stanje kosina otkopanog prostora (da li su u pokretu, intenzitet i pravac pomeranja, uglovi nagiba kosina i velike visine kosina - do 405 m),
- neizvesnost oko ponašanja odloženog materijala u otkopanom prostoru (klizanje i sleganje) i
- nemogućnost korektnog utvrđivanja graničnih rastojanja, sigurnosnih zona za rad opreme, stabilnost kosina, nosivost planuma i nezadovoljavajući kvalitet i kvantitet raspoloživih geotehničkih podloga i parametara.

Na osnovu analiza i sagledavanja proizilazi da se do sada razvijene tehnologije odlaganja masa i oprema za odlaganje ne bi smele direktno aplicirati bez rekonstrukcije i podešavanja uslovima površinskog kopa Bor. Radi toga je neminovno odlaganje masa rešavati fazno. U prvoj fazi bi se sticala iskustva i definisali relevantni parametri za stabilnost i ponašanje odloženog materijala u prostoru gde se odlaže. U drugoj fazi, na osnovu stečenog iskustva i dobijenih rezultata, definisala bi se konačna tehnologija odlaganja i oprema za odlaganje. Period trajanja prve faze ne bi smeo biti kraći od dve godine efektivnog rada.



slika 1 Situacija na površinskom kopu Bor

Prethodna konstatacija o faznom rešavanju odlaganja je logičan redosled u rešavanju ovog problema. Međutim, usvojeno je da će se na nivou idejnog rešenja problem odlaganja rešiti samo primenom uređaja za odlaganje (KK + ZIT) na k - 435 m.

Ovo idejno rešenje će se oceniti, kako u pogledu tehničko-tehnoloških parametara, tako i u pogledu investicionih ulaganja i sigurnosti u radu. Odlaganje do k - 435 m je I etapa odlaganja masa u prostor površin-skog kopa Bor.

Na osnovu iznetih specifičnosti problema odlaganja masa proizilazi da uređaj za odlaganje masa i tehnologija odlaganja moraju udovoljiti sledećim kriterijumima:

a) da je uređaj za odlaganje masa lak, jednostavan i jeftin (bez guseničastog voznog postolja i sa ograničenim zaokretanjem istovarne katarke u horizontalnom i vertikalnom smeru),

b) da je konstrukcija uređaja takva da, u slučaju eventualnih havarija, oštećenja, kao i trajanje havarijskog stanja, budu minimalni i

c) da je obim pripremnih radova za formiranje početnog platoa i prvog postavljanja odlagališne trake minimalan.

#### IZBOR UREĐAJA ZA ODLAGANJE MASA

Upoređujući do sada poznate uređaje za odlaganje jalovinskih masa (odlagače, samohodne trake i dr.) sa navedenim kriterijumima kojima uređaj treba da udovolji, lako je uočiti da je vrlo teško naći takav uređaj. Međutim, u praksi, za različite faze razvoja odlagališta, za formiranje početnih položaja, a povremeno i za odlaganje, koriste se kolica za odbacivanje otkrivke sa zaokretnom istovarnom katarkom i transportom odlagališne trake šinama.

Osnovni tehnološko-konstruktivni parametri uređaja za odlaganje su sledeći:

- Dužina istovarne zaokretne katarke je 25 m (minimalna).

- Brzina istovarne trake je, oko, 7,5 m/sec.

- Radijus odlaganja materijala je oko 35 m (u visini planuma).

- Kapacitet istovarne trake je 5.075 t/h.

- Ugao zaokretanja istovarne katarke je  $\pm 90^\circ$  u odnosu na osovinu odlagališne trake.

- Ugao vertikalnog zaokretanja istovarne katarke je od  $0^\circ$  do  $7^\circ$ .

- Specifični pritisak na tlo je minimalan ( $137,33 \text{ kN/m}^2$  za težinu od 220 t).

#### ANALIZA PREDNOSTI I NEDOSTATAKA IZABRANOG UREĐAJA ZA ODLAGANJE I TEHNOLOGIJE ODLAGANJA MASA

Iz činjenica da je uređaj za odlaganje lak i jednostavan proizilaze prednosti vezane za kratak rok puštanja u rad, nisku cenu i minimalne pripreme za početak rada.

Nedostaci uređaja za odlaganje i tehnologije odlaganja ogledaju se kroz sledeće:

a) Moguć je veći broj pomeranja odlagališnog transportera.

b) Povećano je angažovanje buldozera na planiranju masa (za slučaj da masa ne teku).

c) Stepenn rizika je veći u odnosu na rad sa drugim uređajima za odlaganje masa, koji imaju veći radijus odlaganja.

Kvantificiranje prednosti i nedostataka izabranog uređaja za odlaganje može se prikazati kroz sledeće:

#### PREDNOSTI

a) Vreme puštanja u rad u odnosu na druge uređaje za odlaganje (odlagač, samohodna traka) je kraće.

b) Cena uređaja za odlaganje je manja (jer je manja težina).

c) Obim pripremnih radova za početak odlaganja, vreme trajanja pripreme i troškovi su manji za oko 50%, u odnosu na to, kada bi se postavio odlagač ili samohodna traka, jer je manji plato za I položaj.

#### NEDOSTACI

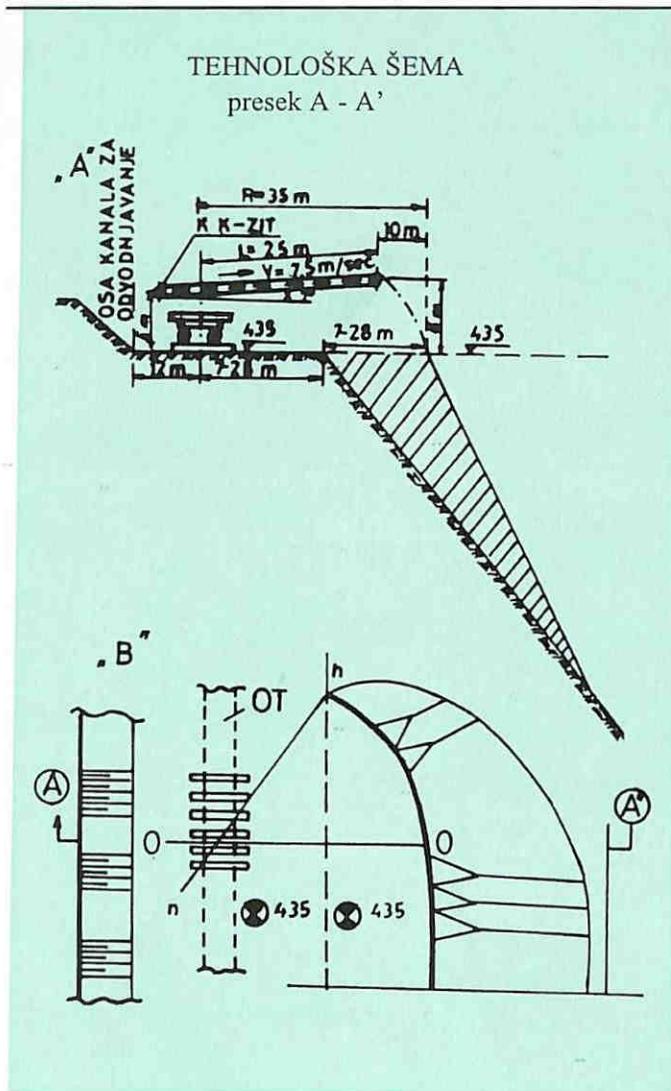
a) Moguće je povećanje troškova zbog učestalog izmeštanja odlagališnog transportera (oštećenja šina i ostalo).

b) Za svaku aktivnost na prostoru odlagališta (radovi na planiranju sa buldozerima, izmeštanju transportera i svi ostali) mora se sačiniti uputstvo za rad i mere zaštite.

#### DEFINISANJE TEHNOLOGIJE ODLAGANJA

Tehnološki ciklus odlaganja definisan je formiranjem jednog pojasa - bloka duž odlagališnog transportera. Oblik odloženog pojasa - bloka ima formu lepeze, radi toga što je razvoj fronta odlaganja lepezast (radijalan). Maksimalna širina lepeze se dostiže na kraju odlagališne trake (u pravcu transporta masa), a minimalna u blizini obrtne tačke fronta odlaganja.

Na slici 2 je data idejna tehnološka šema rada uređaja za odlaganje, kako u zavisnosti od tehničko-tehnoloških parametara uređaja, tako i sa aspekta geometrijskih uslova stabilnosti (rastojanja od ivice etaže).



slika 2 Tehnološka šema rada na odlaganju

#### DEFINISANJE TRASE ZA PRVO POSTAVLJANJE ODLAGALIŠNOG TRANSPORTA

Analizom postojećeg stanja je utvrđeno da je severoistočna granica površinskog kopa Bor najpovoljnija za početak formiranja odlagališta.

Definisanjem trase stacionarnog transportera kojim se transportuje materijal sa površinskog kopa Veliki Krivelj određena je krajnja tačka (obrtna kula) na severoistočnoj strani površinskog kopa Bor (tačka A).

Postavljanje transportera OT u I položaj je osnovni uslov za izradu trase, odnosno proračun količine zemljanih radova za izradu platoa za postavljanje OT u početni položaj [3,4].

Početni položaj OT trake je određen u zavisnosti od dimenzija same OT trake, dimenzije prostora iza trake (za potrebe prolaska mehanizacije, - buldozera), dimen-

zije kanala za odvodnjavanje, stabilnosti bočnih kosina i dr.

Na osnovu kompletnog analiziranja i provere stabilnosti utvrđen je početni položaj, kako OT trake, tako i platoa za polaganje OT. Kota I položaja je definisana tačkom A i kao takva se prihvata za celu trasu. Prema tome, trasa za I položaj OT je na koti 435 m. Na trasi će se izraditi i kanal za odvodnjavanje sa padom prema obrtnoj kuli.

#### ODREĐIVANJE FRONTA RAZVOJA I TEHNOLOGIJE ODLAGANJA

Postavljanjem OT u I početni položaj, kao i montažom uređaja za odlaganje, stvoreni su uslovi za početak rada na odlaganju. Treba napomenuti da je izvršena i montaža uređaja za otprašivanje.

S obzirom na položaj OT u ovoj fazi, dimenzije uređaja za odlaganje i položaj platoa prema površinskom kopu Bor, može se zaključiti da se samo oko 60% dužine OT može koristiti za odlaganje, dok je oko 40% dužine trake OT toliko udaljeno od površinskog kopa Bor, da bi njegovo korišćenje zahtevalo povećan obim buldozernih radova. Zbog toga se i za početnu fazu odlaganja prihvata i usvaja samo onaj deo kojim se mogu mase odložiti u površinski kop Bor bez većeg obima buldozernih radova [4,5].

Razvoj fronta odlaganja posle početne faze (I položaj) je uslovljen sledećim kriterijumima:

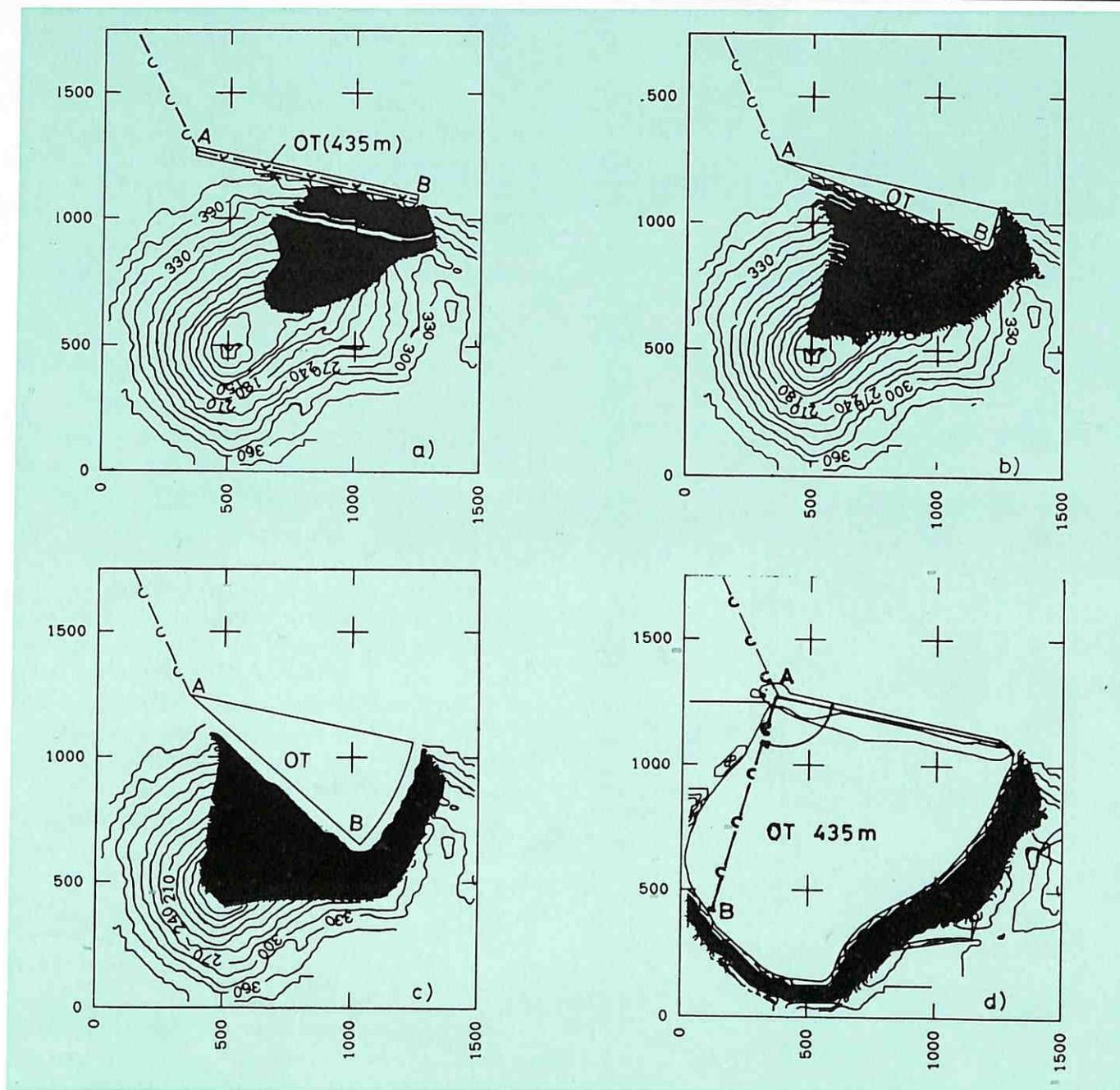
- položajem prostora za odlaganje,
- položajem obrtne kule (tačka A) i
- položajem i veličinom odlagališta za topioničku šljaku i odlagališta za luženje.

Na osnovu analize pomenutih faktora usvojeno je da je radijalan (lepezast) razvoj fronta odlaganja logičan i omogućava da se steknu i sva potrebna iskustva, kako u pogledu primene usvojene tehnologije odlaganja, tako i sa aspekta sigurnosti u radu, a posebno u pogledu zaštite životne i radne okoline primenom predloženog rešenja.

Radijalno odlaganje će se vršiti iz početnog položaja (A-B), koji je na severoistočnoj strani, pa u pravcu jugozapada, do severne strane površinskog kopa Bor.

Veličina radijalnog fronta odlaganja, odnosno OT se menja od 900 do 1100 m, u zavisnosti od položaja postojećih kontura površinskog kopa Bor i ostalih objekata, koji se ne smeju ugroziti odlagalištem (slika 3: a, b, c i d).

Na osnovu proračuna kapaciteta odlagališta može da se odloži oko  $370 \times 10^6$  t, što je dovoljno za 13,5 godina rada. Kao što se vidi na slici 6, odlaganje iznad k +435 m će se rešavati u II fazi odlaganja.



slika 3 Prikaz dinamike odlaganja

### ZAKLJUČAK

Osnovni cilj ovog rada je da se prikaže rešenje problema odlaganja izdobljene jalovine iz površinskog kopa Veliki Krivelj u napušteni površinski kop Bor primenom specifičnih uređaja za odlaganje, koji optimalno ispunjavaju sve tehnološko-ekonomske kriterijume. Posebnost ovog rešenja je sadržana i u načinu rešavanja zaštite grada Bora od prašine koja će se javiti pri odlaganju izdobljene jalovine. Dinamika odlaganja je obuhvatila korišćenje odgovarajućih kompjuterskih programa koji su prilagođeni ovim uslovima.

### SUMMARY

#### DISPOSAL OF WASTE FROM THE NEW OPENCAST MINE VELIKI KRIVELJ INTO THE ABANDONED OPENCAST MINE BOR

The optimal solution for waste disposal is a very significant technical and economic indicator of successful opencast mining, specially under conditions of opencast mining of deep, metal deposits. Large quantities of solid waste (approx.  $450 \times 10^6$  t) from the copper opencast mine Veliki Krivelj are disposed continuously, into the

*abandoned opencast mine Bor. The transportation length between these two locations is approximately 2,5 km. The opencast mine Bor is approx. 405 m deep and has the shape of an elliptical rounded cone. Besides the technical, technological and economic criteria this solution, also fulfills very strict environmental requirements, considering that the opencast mine Bor is located in the immediate vicinity of the town Bor. The calculations relative to the equipment are based upon the annual capacity of  $27.5 \times 10^6$  t of waste.*

LITERATURA

- [1] Tehnički projekat odlaganja jalovine sa površinskog kopa Veliki Krivelj u otkopani prostor površinskog kopa Bor. Institut za bakar Bor, 1994. god.
- [2] Idejni tehnološki projekat transporta i odlaganja izdrobljene i nakvašene jalovine u otkopani prostor površinskog kopa Bor. Rudarski institut Beograd, 1995. god.
- [3] Popović, N.: Naučne metode projektovanja površinskih kopova. Sarajevo, 1984. god.
- [4] Borović, R.: Transportne trake. Beograd, 1979. god.
- [5] Hartman, L.H.: Surface mining. New York, 1969.

AUTORI

dr Dragoljub Ćirić, dipl. inž. rud.,  
Miodrag Ljubinović, dipl. inž. rud.,  
dr Radmilo Obradović, dipl. inž. geol.,  
Ratko Jovičić, dipl. mat.,  
mr Zoran Milanović, dipl. inž. rud.,  
Rudarski institut Beograd

prvenstveno kod proizvodnje ruda olova, cinka i bakra. Na ovom istraživanju angažovani su instituti, fakulteti i istraživačko-razvojne jedinice u privredi.

Rezultati istraživačkog rada u prve dve godine pokazuju da se može očekivati ostvarenje ciljeva ovog projekta, pa će se u ovom radu dati pregled i značaj rezultata. Očekuje se da će se sva rešenja iz ovog projekta moći uspešno realizovati i doprineti revitalizaciji proizvodnje metaličnih mineralnih sirovina.

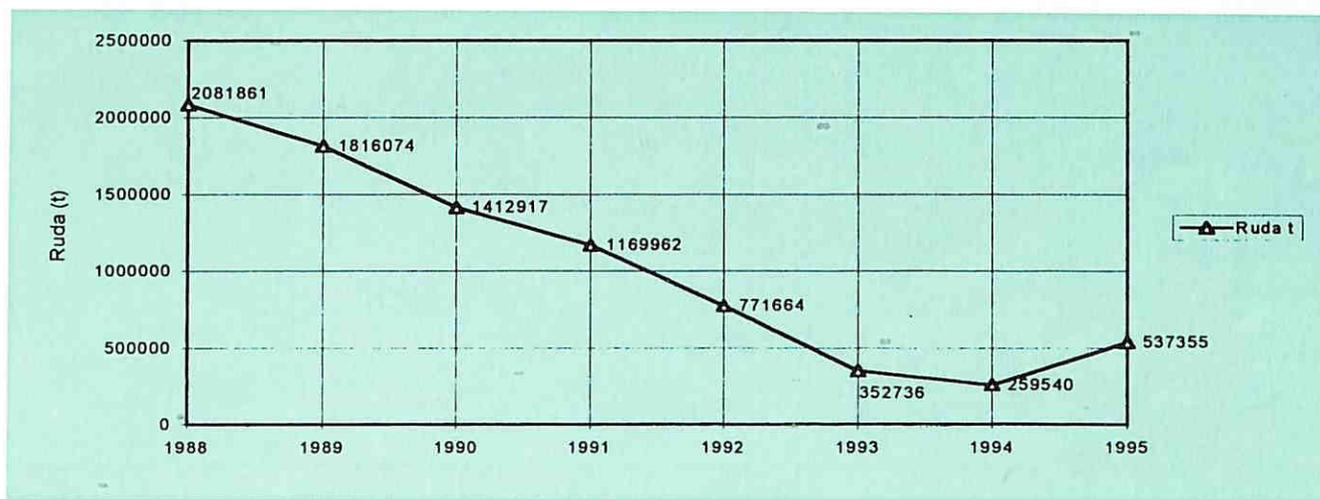
### STANJE PROIZVODNJE RUDA OLOVA, CINKA I BAKRA

Neposrednoj realizaciji ovoga projekta prethodila je izrada analize o stanju proizvodnje metaličnih mineralnih sirovina u Srbiji u periodu posle 1990. g., sa poseb-

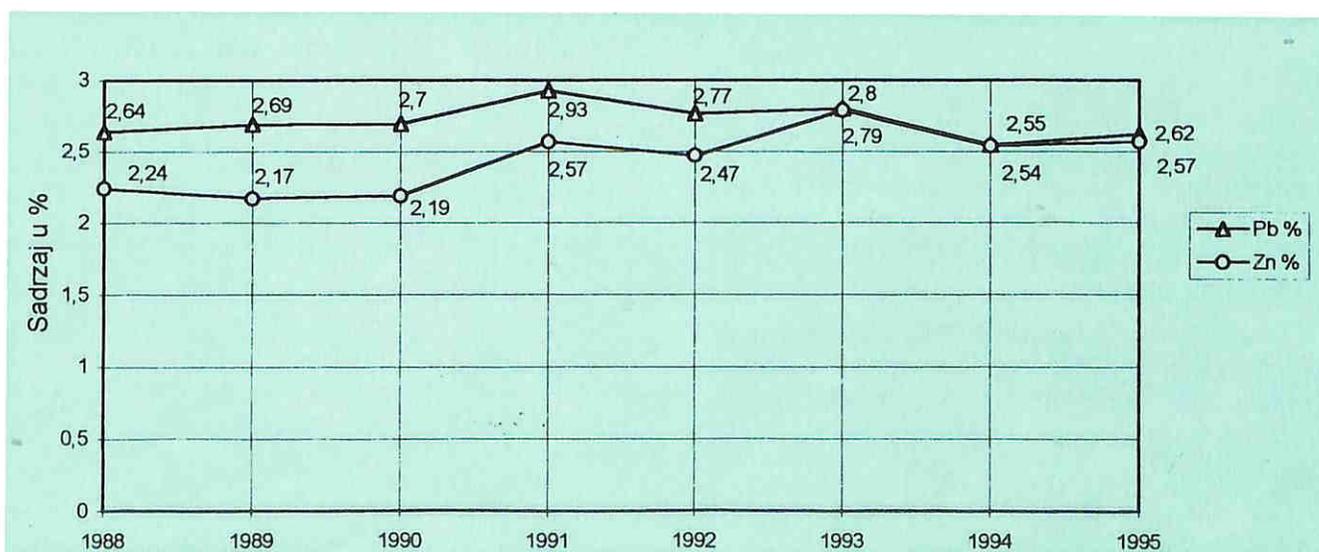
nim osvrtnom na stanje pre tog perioda. Iz obimnog broja analiziranih tehničko-tehnoloških parametara prikazuje se (sve za period 1988-1995.) proizvodnja rude olova i cinka, srednji sadržaj metala u otkopanoj rudi, količina proizvedenog koncentrata i količina metala olova i cinka u koncentratima (slike 1-4). Isti takvi podaci se daju i za proizvodnju u svim rudnicima bakra (slike 5-8).

Analizom podataka o ostvarenoj proizvodnji ruda i koncentrata olova i cinka dolazi se do zaključka da su se stagnacija i pad proizvodnje odvijali u više faza:

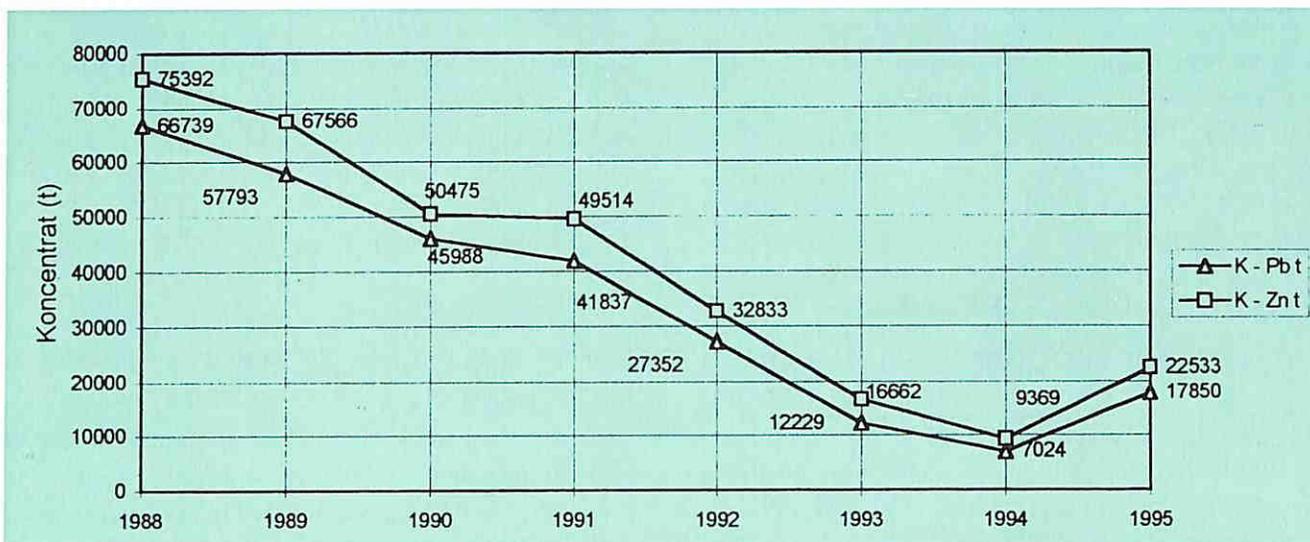
- Period od 1983. do 1988. g. je karakterističan po stalnom opadanju proizvodnje u RMHK Trepča (sa 2.05 mil. tona na 1.28 mil. tona), dok svi drugi rudnici, uglavnom, drže neki standardni nivo proizvodnje.



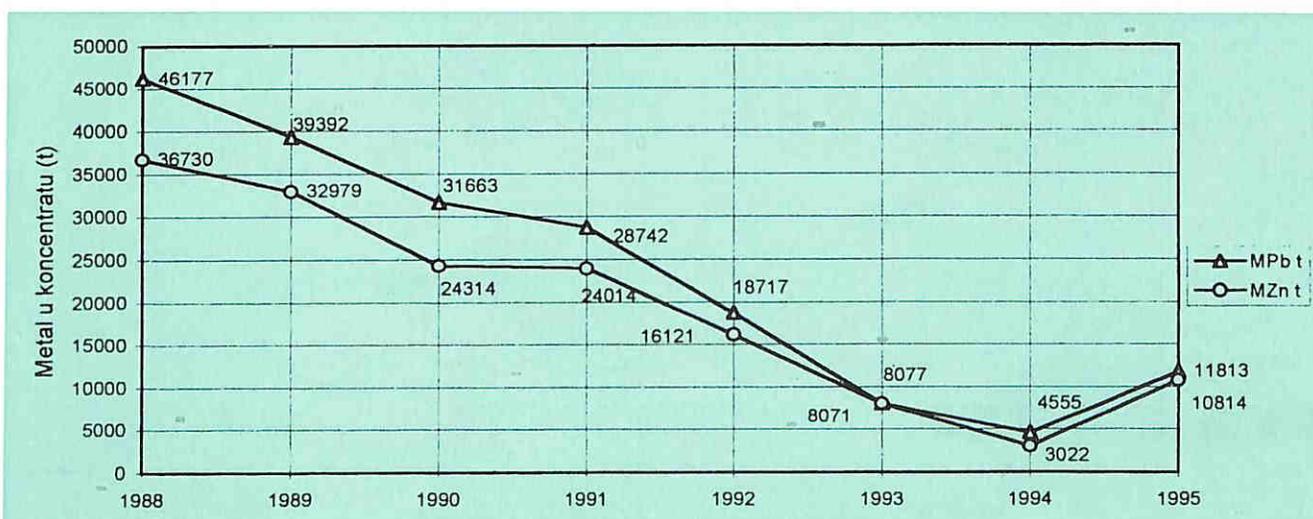
slika 1 Proizvodnja ruda olova i cinka



slika 2 Srednji sadržaj metala olova i cinka u otkopanoj rudi



slika 3 Proizvodnja koncentrata olova i koncentrata cinka



slika 4 Količina metala olova i cinka u proizvedenim koncentratima

- Druga faza pokriva vreme od 1989. do 1991. g. i uklapa se u poznate političko-socijalne probleme na Kosmetu. Tada je proizvodnja u RMHK Trepča opala sa indeksa 100 u 1988. g. na, svega, 38,26 u 1991. g. Karakteristično je da rudnici olova i cinka izvan RMHK Trepča imaju sporiji pad, odnosno, u 1991. g. su ostvarili indeks od 84,79, što popravlja opšti utisak, tako da je indeks ostvarenja svih rudnika u 1991. g. 56,20.

- Treća faza nastupa uvođenjem sankcija prema SR Jugoslaviji (kraj maja 1992. g.) i traje kroz 1992. i 1993. g., kada je pad proizvodnje u RMHK Trepča dostigao indeks 7,66, ostalih rudnika 31,76, a svih rudnika 16,94, u odnosu na 1988. g.

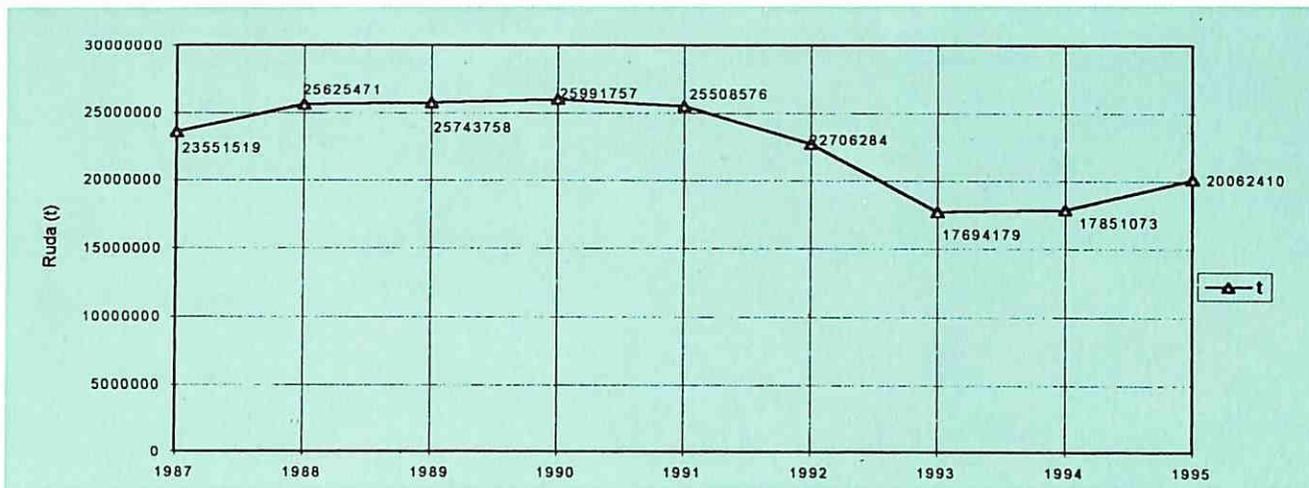
- Četvrta faza je stanje 1994. g. i početak 1995. g., kada dva rudnika ne rade (rudnik Rudnik i rudnik Lece), rudnici u RMHK Trepča ostvaruju proizvodnju od 5-

6% u odnosu na 1988. g., a tri rudnika izvan Trepče ostvaruju samo 30%, odnosno 50% od proizvodnje u 1988. g.

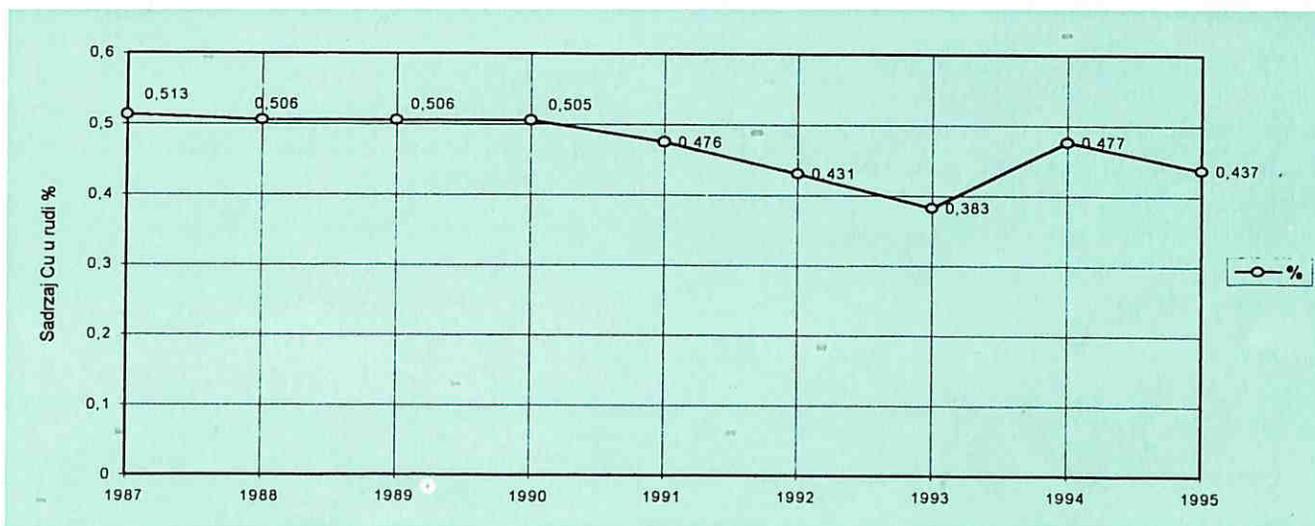
Analizom podataka o proizvodnji ruda i koncentrata bakra uočava se sledeće:

- Sve do 1991. g. proizvodnja ruda, odnosno bakra u rudi, je bila zadovoljavajuća, a 1992. g. dolazi do manjeg pada proizvodnje, da bi u 1993. g. došlo do osetnijeg pada proizvodnje. Ovakvom stanju je doprineo pad proizvodnje u jami Bor i zatvaranje površinskog kopa u Boru, a posebno opadanje proizvodnje u rudniku Majdanpek.

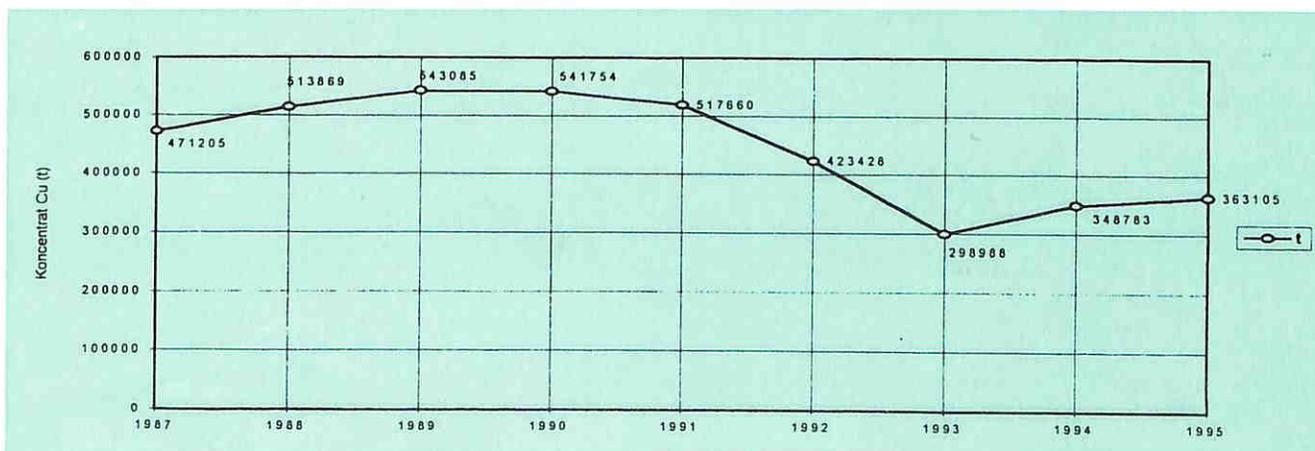
- Poboľšanju proizvodnje posle 1993. g. doprinelo je puštanje u rad novih proizvodnih objekata površinskog kopa Cerovo ili realizacija u postojećim.



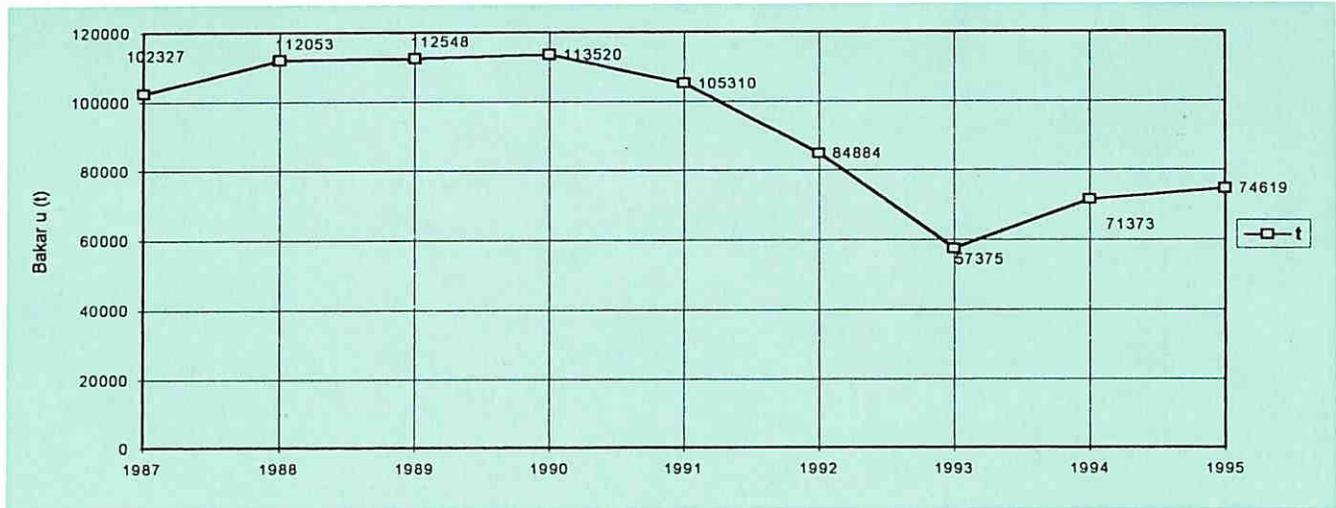
slika 5 Proizvodnja ruda bakra



slika 6 Srednji sadržaj bakra u otkopanoj rudi



slika 7 Proizvodnja koncentrata bakra



slika 8 Količina metala bakra u proizvedenim koncentratima

- Generalno gledano, tendencija smanjenja srednjeg sadržaja metala u rudi utiče na smanjenje proizvodnje metala bakra.

Iz prikazanih podataka se vidi da je u periodu 1990.-1995. g. došlo do osetnog pada proizvodnje obojenih metala, posebno olova i cinka, pa se pokazalo neophodnim da se, pored drugih mera, mora raditi na revitalizaciji proizvodnje i poboljšanju tehnologije eksploatacije. Ovaj projekat treba da sa naučnoistraživačkog aspekta doprinese poboljšanju i revitalizaciji proizvodnje obojenih metala.

### PROGRAM ISTRAŽIVANJA I CILJEVI

Program projekta je prikazan u tabeli 1 na posebnoj listu, gde je označeno i koji su instituti, fakulteti i istraživačke jedinice angažovane na realizaciji (tabela 1a). Ciljevi projekta su detaljno obrazloženi na Oktobarskom savetovanju [4].

### REZULTATI ISTRAŽIVANJA

U toku prve dve istraživačke godine ostvareno je ukupno 105 rezultata, kako su razvrstani prema Klasi-

PP-1; Revitalizacija proizvodnje rude olova i cinka u rudnicima sa podzemnom eksploatacijom	PP-2; Istraživanje tehničko-tehnoloških uslova podzemne eksploatacije dubokih ležišta bakra u cilju obezbeđenja ekonamične eksploatacije	PP-3; Istraživanje mogućnosti poboljšanja tehnologije eksploatacije i pripreme nemetaličnih mineralnih sirovina (magnezit)	PP-4; Istraživanje usavršavanja postojećih i primena novih tehnologija na površinskom kopu metala sa stanovišta supstitucije pogonske energije
1.1. Revitalizacija tehnologije otkopavanja rude u rudniku Trepča - Stari Trg	2.1. Istraživanje geomehničkih karakteristika stenskog masiva i primena numeričkih modela u cilju definisanja parametara probne metode otkopavanja i dimenzionisanja jamskih prostorija za uslove dubokih jama - na primeru rudnih tela u jami rudnika Bor	3.1. Metodologija unifikacije i standardizacije metoda otkopavanja žičnih ležišta magnezita rudnika Magnohrom - Kraljevo	4.1. Istraživanje u cilju poboljšanja tehnologije otkopavanja (miniranje, utovar i transport, odlaganje u dubokim otkopanim prostorima)
1.2. Revitalizacija tehnologije otkopavanja rude u rudniku Kopaonik - Belo Brdo - Leposavić	2.2. Razvoj ekspertnog sistema za analizu ventilacije rudnika pri podzemnoj eksploataciji dubokih ležišta bakra u cilju postizanja veće sigurnosti	3.2. Unapređenje postojeće tehnologije pripreme i koncentracije rude magnezita i iznalaženje postupka flotacijske koncentracije za potrebe Magnohroma - Kraljevo	4.2. Metode i tehnički postupci za suzbijanje prašine u zavisnosti od prirodnih i tehnoloških faktora u površinskoj eksploataciji metaličnih mineralnih sirovina
1.3. Revitalizacija tehnologije otkopavanja rude u rudniku Ajvalija - Priština			
1.4. Unapređenje ventilacije radi postizanja većih proizvodnih efekata i poboljšanja klimatskih prilika u rudnicima olova i cinka			

tabela 1 Revitalizacija i mogućnost proizvodnje metaličnih i nemetaličnih mineralnih sirovina S.5.01.50.043

	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	3.1	3.2	4.1	4.2	Σ
RI	3	4	4	3	4	4	1	4		5	32
RGF	6			5	3	1	1		2	1	19
IBB					10	7			5	2	24
TFB					2	2			3	2	9
RMF	2										2
IRJ-MAG							2	2			4
Σ	11	4	4	8	19	14	4	6	10	10	90

tabela 1a Istraživačke jedinice na realizaciji projekta

fikaciji rezultata naučno-istraživačkog rada u oblasti primenjenih razvojnih istraživanja. Ovi rezultati su prikazani na tabeli 2.

Kao značajni izdvajaju se rezultati iz grupa  $T_{10}$  i  $T_{20}$ , koji su posebno prikazani na tabeli 3 (Izolacioni samospasilac sa sabijenim kiseonikom je rezultat ostvaren kao nastavak istraživanja izvršenih u prethodnom ciklusu realizacije projekata tehnološkog razvoja).

Grupa	Podgrupa	Naziv	Ostvareno 1994/95	Ostvareno 1995/96
$T_{10}$	$T_{11}$	Tehnička rešenja: novi proizvod ili tehnologija	1	
	$T_{12}$	Bitno poboljšanje tehnologije	2	1
	$T_{13}$	Prototip, nove metode		
$T_{20}$	$T_{21}$	Patenti: realizovan		
	$T_{22}$	zaštićen	1	
$T_{30}$	$T_{32}$	Monografije nacionalnog značaja		1
$T_{40}$	$T_{41}$	Pregledni članci u časopisima međunarodnog značaja		1
	$T_{42}$	nacionalnog značaja	1	3
$T_{50}$	$T_{51}$	Objavljeni radovi u časopisima međunarodnog značaja	1	3
	$T_{52}$	nacionalnog značaja	9	7
	$T_{53}$	stručni časopisi	1	
$T_{70}$	$T_{71}$	Uvodna predavanja na skupu međunarodnog značaja	1	1
	$T_{72}$	na skupu nacionalnog značaja	2	
$T_{80}$	$T_{81}$	Radovi na skupovima međunarodnog značaja	14	38
	$T_{82}$	nacionalnog značaja	16	
$T_{90}$	$T_{91}$	Doktorska disertacija	1	
Σ			50	55

tabela 2 Rezultati S.5.01.50.43

Oznaka	Naziv	NIO realizator	Odgovorno lice (ispred grupe autora)	Potencijalni korisnici
$T_{114}$	Izolacioni samospasilac sa sabijenim kiseonikom	RI RGF	prof. dr J. Pejčinović, dipl. inž.	RMHK TREPČA svi rudnici sa podz. ekspl.
$T_{1213}$	Idejno rešenje otkopavanja rudnog tela Tilva Roš podetažno-blokovskim metodama sa većom visinom podetaža	IBB	mr P. Dimovski, dipl. inž.	RTB BOR
$T_{22}$	Tehnološki postupak za otkopavanje rude blokovsko-podetažnim zarušavanjem sa magaziniranjem rude u srešnjoj sredini	IBB	prof. dr R. Kojdić, dipl. inž.	RTB BOR
$T_{1213}$	Tehničko rešenje uvođenja kombinovanog transporta jalovine na kopu Veliki Krivelj	IBB	D. Jenić, dipl. inž.	RTB BOR
$T_{1213}$	Tehničko rešenje rekonstrukcije površinskog kopa Južni revir - RB Majdanpek	IBB	D. Jenić, dipl. inž.	RTB BOR

tabela 3 Rezultati ( $T_{10}$ ,  $T_{20}$ ) 1995-1996. S.5.01.50.043

Ostvareni rezultati u vidu tehničkih rešenja ili tehnoloških postupaka pružaju mogućnost da se njihovom daljom razradom i primenom poboljšava tehnologija eksploatacije ruda obojenih metala.

Prema planu i programu istraživanja na kraju realizacije ovoga projekta očekuje se veći broj rezultata koji će doprineti revitalizaciji i poboljšanju tehnologije eksploatacije ruda metalnih mineralnih sirovina.

Tehnološki postupak za otkopavanje rude blokovsko podetažnim zarušavanjem sa magaziniranjem rude u stešnjoj sredini (zaštićeni patent) rešava otkopavanje na velikim dubinama sistemom rasterećenja stenskog materijala, povećanjem iskorišćenja rude i ekonomičnosti otkopavanja.

Izolacioni samospasilac sa sabijenim kiseonikom je nov uređaj kojim se omogućuje rad u zatrovanoj atmosferi i predstavlja prvo domaće rešenje. Proizvedeno je ukupno pet komada, kao probna količina. Ostvarena rešenja poboljšavaju ekonomičnost rada [5].

#### ZAKLJUČAK

Strateški istraživački projekat Revitalizacija i mogućnost proizvodnje metalnih i nemetalnih mineralnih sirovina u Srbiji realizuje se po programu radova u periodu 1994 - 1997. g. (3 god.). Na njegovoj realizaciji učestvuju dva instituta, tri fakulteta i jedna istraživačko-razvojna jedinica iz privrede, a rezultati će, kako se očekuje, biti korisni za najveće proizvođače mineralnih sirovina u zemlji. U finansiranju projekta učestvuje Ministarstvo za nauku i tehnologiju Republike Srbije sa ukupno 90 istraživač-meseci godišnje.

Posle dve godine realizacije ostvareno je ukupno 105 rezultata, od kojih su pet iz grupa tehničkih rešenja ( $T_{10}$ ) i patenata ( $T_{20}$ ). Ostvareni rezultati će, daljom razradom i primenom, omogućiti revitalizaciju i poboljšanje tehnologije otkopavanja metalnih mineralnih sirovina, čime će se, zajedno sa rezultatima na kraju treće istraživačke godine, ostvariti osnovni ciljevi projekta.

#### SUMMARY

##### POSSIBILITIES FOR REVIVAL OF METALLIC MINERALS IN SERBIA

*After two years of intensive work on the strategic investigation project "Possibilities for revival of the production of metallic and non-metallic minerals in Serbia" (S.501.50.043), which is financed by the Ministry of Science and Technology of the Republic of Serbia, we can, already, recognize some significant results decisive for the revival and enhancement of the production technology of metallic minerals.*

*This project includes 4 sub-projects, comprising 10 topics which deal with the problems of revival and advancement of mining technologies in lead and zinc*

*mines (underground mining), considering new possibilities for the mining of deep copper ore deposits, the enhancement of opencast mining technology, in order to enable the substitution and saving of energy, and also the enhancement of magnesite mining and dressing. Separate topics as constituent segments of the sub-projects deal with different aspects of safety and protection improvement, specially in the conditions of deep copper ore deposits. This project is to be finalized in a three years period (1994-1997) and the contributors to its realization are the specialized staffs from:*

*Mining Institute - Belgrade, The Faculty of Mining and Geology - Belgrade, Institute for Copper - Bor, Technical faculty - Bor, The Faculty of Mining and Metallurgy - K. Mitrovica and the Department for Research and Development in the Factory "Magnohrom" Kraljevo.*

*This article presents the results achieved after two years of investigation. 105 results in total are obtained. (Classification of scientific investigation results in the field of applied development projects T). Among these results the most significant are 4 technical solutions for technology enhancement. One of them is the prototype of the insulating self-rescuer, a monograph edition and 26 reports in national and international magazines and proceedings were published on this issue and also a doctoral dissertation was defended.*

#### LITERATURA

- [1] Program i plan istraživanja projekta S.5.01.50.043
- [2] Godišnji izveštaji o realizaciji projekta S.5.01.50.043 za 1994/95 i 1995/96 godinu
- [3] Spasojević, Lj.: Proizvodnja metalnih mineralnih sirovina u SR Jugoslaviji - stanje, potencijali i mogućnosti daljeg razvoja. Rudarski institut Beograd, 1995. god.
- [4] Spasojević, Lj.: Revitalizacija i mogućnost proizvodnje metalnih i nemetalnih mineralnih sirovina u Srbiji (prikaz toka projekta S.5.01.50.043). Zbornik XXVIII Oktobarskog savetovanja, D. Milanovac, 1996. g. str. 98-102
- [5] Pejčinović, J., Lopušina, J.: Design and Construction of the insulating Self-Rescuer prototype with Compressed oxygen, Minesafe international, Perth, Australia, 1996. god., str. 417-422

#### AUTOR

dr Ljubomir Spasojević, dipl. inž. rud.,  
Rudarski institut Beograd

*U radu su prikazani načini za utvrđivanje vrednosti brzine kretanja radnog točka (KKKRT), s obzirom na to da ova brzina direktno utiče na časovni kapacitet reza bagera, racionalniju potrošnju električne energije i smanjenje troškova održavanja. Razlog za utvrđivanje ostvarene brzine kružnog kretanja katarke radnog točka potiče od nepotpune ispravnosti mehanizma za kružno kretanje katarke radnog točka ili instrumenta za merenje ove brzine. Takođe, u radu su prikazani i analizirani ostvareni rezultati na konkretnom primeru.*

## UVOD

Tokom merenja relevantnih parametara za proces kopanja rotornih bagera uočeno je, na više bagera, da očitane vrednosti brzine kružnog kretanja katarke radnog točka (brzine KKKRT), na instrumentu za merenje brzine KKKRT (u kabini rukovaoca), nisu logične. Pored toga, u toku kružnog kretanja katarke radnog točka, u rezu ili na prazno, očitane vrednosti brzine KKKRT bile su konstantne za svaki položaj katarke radnog točka, bez obzira na način regulacije brzine (automatski, ručno).

Jedan od osnovnih uzroka za uočenu činjenicu može biti nepotpuna ispravnost mehanizma za kružno kretanje katarke radnog točka ili instrumenta za merenje brzine KKKRT, ili i jedno i drugo. Dešava se da na bageru mehanizam za kružno kretanje katarke funkcionise. Međutim, da li se ostvaruju potrebne (zadate) vrednosti brzine, kao i da li instrument za merenje brzine (u kabini rukovaoca) pokazuje stvarne vrednosti brzine, nije moguće ustanoviti bez provere. Na nekoliko bagera potvrđeno je da su, nakon dovodenja mehanizma za kružno kretanje katarke radnog točka u potpunu ispravnost i baždarenja instrumenata za merenje brzine, ostvarene vrednosti časovnog kapaciteta bagera u bloku povećane, u nekim slučajevima, više od 30%.

S obzirom na to da na rad mehanizma za kružno kretanje katarke radnog točka utiče niz vrlo promenljivih i različitih opterećenja, nije realno moguće održati stalno njegovu potpunu ispravnost. Pored toga, ispravnost funkcionisanja mehanizma, sa aspekta brzine KKKRT, uglavnom se prati preko instrumenta za merenje brzine, koji u većini slučajeva ne pokazuje stvarne vrednosti, jer se redovno ne proverava njegova ispravnost. Radi iznetih konstatacija proizilazi, kao neophodno, potreba za proverom brzine KKKRT.

Ostvarenje potrebne (zadate) vrednosti brzine, odnosno režima njene promene u procesu kopanja, neophodno je radi racionalnijeg korišćenja raspoloživog

UDK: 622.015:622.271.3

stručni rad

# PROVERA OSTVARENE VREDNOSTI BRZINE KRUŽNOG KRETANJA KATARKE RADNOG TOČKA

Dragoljub Ćirić  
Aleksandar Jočić

kapaciteta bagera, racionalnije potrošnje električne energije i smanjenja troškova održavanja.

U ovom radu biće pokazane neke od mogućnosti za proveru brzine KKKRT i ostvareni rezultati na konkretnom primeru za bager C 700.

**POLAZNE OSNOVE I PRIPREME ZA MERENJE**

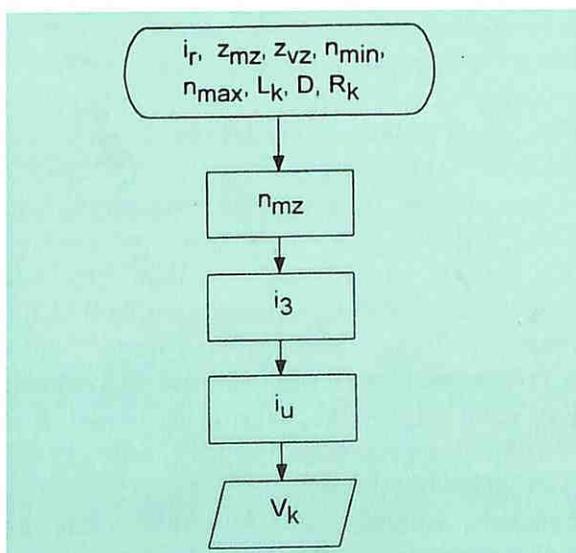
Za proveru (verifikaciju) brzine KKKRT osnovu čine:

- A. tehničko-konstruktivni parametri bagera,
- B. postupak za određivanje brzine KKKRT preko prenosnog odnosa reduktora za kružno kretanje katarke radnog točka i
- C. postupak za određivanje brzine KKKRT preko ugaone brzine.

Neophodni tehničko-konstruktivni parametri bagera su:

1. šema pogona mehanizma za kružno kretanje katarke radnog točka,
2. prenosni odnos reduktora za kružno kretanje, broj zuba malog i velikog zupčanika (ozubljeni venac),
3. dužina katarke radnog točka i prečnik radnog točka,
4. broj obrtaja elektromotora na ulazu u reduktor za kružno kretanje,  $n_{min}$  i  $n_{max}$ ,
5. prečnik kugličaste staze za kružno kretanje i
6. kataloške vrednosti brzine KKKRT.

Postupak za određivanje brzine KKKRT preko prenosnog odnosa reduktora za kružno kretanje prikazan je algoritmom na slici 1.

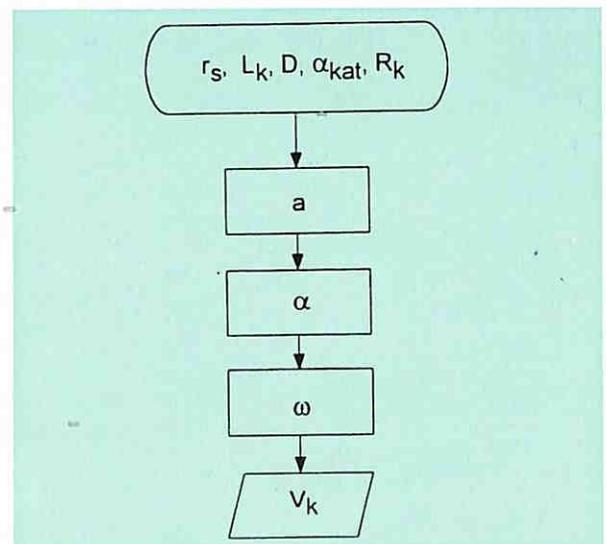


slika 1 Algoritam za proračun brzine KKKRT

Navedeni simboli na slici 1 imaju sledeća značenja:

- $i_r$  - prenosni odnos reduktora,
- $z_{mz}$  - broj zuba malog zupčanika,
- $z_{vz}$  - broj zuba velikog zupčanika,
- $n_{min}, n_{max}$  - broj obrtaja elektromotora na ulazu u reduktor,
- $L_k$  - dužina katarke radnog točka,
- $D$  - prečnik radnog točka,
- $R_k$  - radijus kopanja,
- $n_{nz}$  - broj obrtaja malog zupčanika,
- $n_{vz}$  - broj obrtaja velikog zupčanika i
- $V_k$  - vrednost brzine KKKRT.

Postupak za određivanje brzine KKKRT pomoću ugaone brzine prikazan je na slici 2.



slika 2 Algoritam za određivanje brzine KKKRT

Navedeni simboli na slici 2 imaju sledeća značenja:

- $r_s$  - poluprečnik kugličaste staze za kružno kretanje,
- $L_k$  - dužina katarke radnog točka,
- $D$  - prečnik radnog točka,
- $\alpha_{kat}$  - ugao nagiba katarke,
- $R_k$  - radijus kopanja,
- $a$  - izmereni put na obodu kugličaste staze koji pređe kataraka radnog točka od početka do završetka merenja,
- $\alpha$  - ugao između početnog položaja katarke (na početku merenja) i krajnjeg položaja (na završetku merenja),
- $\omega$  - ugaona brzina i
- $V_k$  - ostvarena srednja vrednost brzine KKKRT.

Za merenje brzine KKKRT korišćenjem navedenih postupaka (tačke B i C) od priprema, pored određenih obeležavanja na bageru i radnom planumu, neophodno je:

a) izvršiti merenje visine osovine radnog točka  $h_r$ , ako u kabini rukovaoca ne postoji instrument za pokazivanje visine osovine radnog točka,

b) sračunati vrednost radijusa kopanja  $R_k$  za svako merenje  $i$

c) sačiniti obrasce za unošenje očitanih vrednosti.

Od uređaja su potrebni:

a) instrumenta za merenje broja obrtaja elektromotora (mehanički, elektronski),

b) pislač,

c) geodetski pribor i

d) 2 komada UKT stanice.

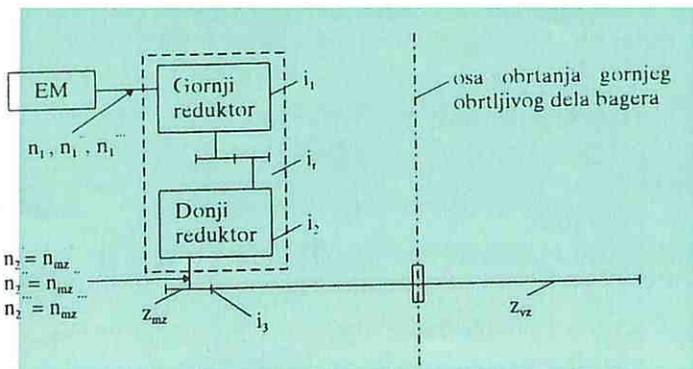
**MOGUĆNOSTI PROVERE OSTVARENE VREDNOSTI BRZINE KKKRT**

Od više mogućnosti za proveru brzine KKKRT korišćene su mogućnosti preko prenosnog odnosa reduktora i preko ugaone brzine katarke radnog točka. Za slučaj kada je potrebna veća tačnost (baždarenje) koristi se postupak preko prenosnog odnosa reduktora.

**ODREĐIVANJE BRZINE KKKRT PREKO PRENOSNOG ODNOSA REDUKTORA ZA KRUŽNO KRETANJE GORNJEG OBRTNOG DELA BAGERA**

Na slici 3 prikazana je šema pogona mehanizma za kružno kretanje katarke radnog točka, a od potrebnih parametara za proračun [3] korišćeni su:

- prenosni odnos u gornjem reduktoru -  $i_1 = 62$ ,
- prenosni odnos u donjem reduktoru -  $i_2 = 8.83$ ,
- ukupan prenosni odnos za ceo reduktor -  $i_r = i_1 \cdot i_2 = 547.46$ ,
- broj zuba malog zupčanika (koji pokreće veliki zupčanik) -  $z_{mz} = 17$ ,
- broj zuba velikog zupčanika -  $z_{vz} = 258$ ,
- prenosni odnos zupčastog venca (velikog i malog zupčanika) -  $i_3 = 15.17643$ ,
- ukupan prenosni odnos za ceo reduktor i veliki zupčanik -  $i_u = i_r \cdot i_3 = 8308.48$ [1].



slika 3 Šema pogona mehanizma za kružno kretanje

- radijus kopanja (na vrhu noža vedrice) -  $R_k = 27$  m i
- izmerene vrednosti broja obrtaja elektromotora na ulazu u gornji reduktor "n<sub>1</sub>", a u momentu položaja katarke radnog točka u osi trase transporta:
  - prvo merenje  $n_1' = 490.60$  o/min,
  - drugo merenje  $n_1'' = 500$  o/min i
  - treće merenje  $n_1''' = 1375$  o/min.

Tok proračuna je sledeći:

1. određivanje broja obrtaja na izlazu iz reduktora (donjeg)  $n_2$  ili broja obrtaja malog zupčanika  $n_{mz}$ :

$$n_2 = n_{mz} = n_1 / i_r \quad [1],$$

\* prvo merenje  $n_{mz}' = n_1' / i_r = 490.6 / 547.46 = 0.8961$  o/min,

\* drugo merenje  $n_{mz}'' = n_1'' / i_r = 500 / 547.46 = 0.9133$  o/min

i

\* treće merenje  $n_{mz}''' = n_1''' / i_r = 1375 / 547.46 = 2.5115$  o/min.

2. određivanje broja obrtaja velikog zupčanika  $n_{vz}$ :

$$n_{vz} = n_{mz} / i_3 \quad [1],$$

\* prvo merenje

$$n_{vz}' = n_{mz}' / i_3 = 0.8961 / 15.17643 = 0.0590$$
 o/min

\* drugo merenje

$$n_{vz}'' = n_{mz}'' / i_3 = 0.9133 / 15.17643 = 0.0601$$
 o/min i

\* treće merenje

$$n_{vz}''' = n_{mz}''' / i_3 = 2.5115 / 15.17643 = 0.1654$$
 o/min.

3. određivanje brzine KKKRT -  $V_k$  (na vrhu noža vedrice) u zavisnosti od broja obrtaja elektromotora "n<sub>1</sub>", odnosno broja obrtaja velikog zupčanika  $n_{vz}$ :

$$V_k = n_{vz} \cdot 2 \cdot R_k \cdot \pi \quad [m/min] \quad [2],$$

\* prvo merenje  $V_k' = 0.0590 \cdot 2 \cdot 27 \cdot 3.14 = 10.00$  m/min,

\* drugo merenje  $V_k'' = 0.0610 \cdot 2 \cdot 27 \cdot 3.14 = 10.19$  m/min i

\* treće merenje  $V_k''' = 0.1654 \cdot 2 \cdot 27 \cdot 3.14 = 28.04$  m/min.

**ODREĐIVANJE BRZINE KKKRT PREKO UGAONE BRZINE KATARKE RADNOG TOČKA**

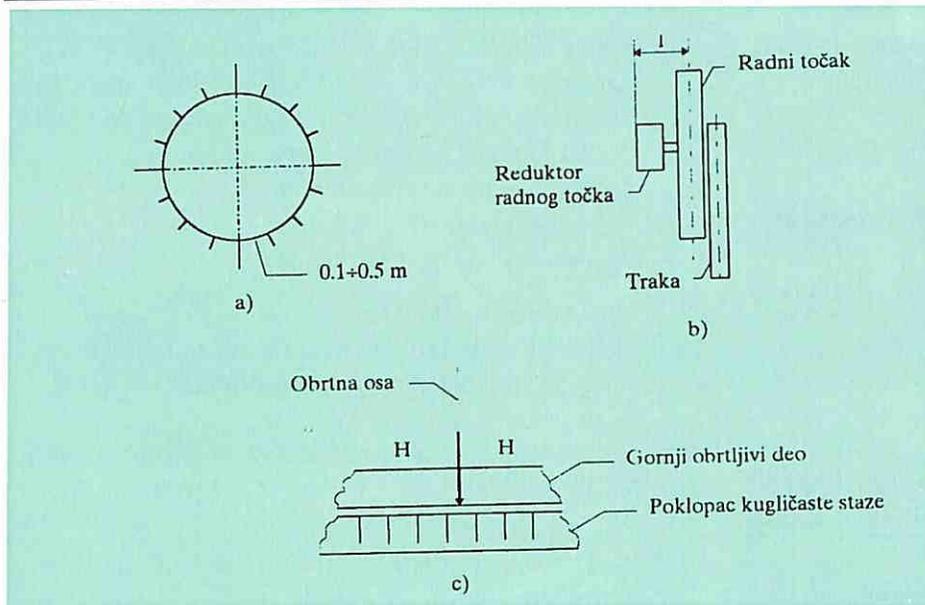
Na slici 4 šematski je prikazano koja obeležavanja treba obaviti kod poklopca kućišta kugličaste staze za kružno kretanje katarke (slika 4a), centra radnog točka (slika 4b) i položaja ose katarke na gornjem delu bagera (slika 4c).

Za proračun ostvarene srednje brzine KKKRT [3] korišćeni su sledeći podaci:

- $r_s = 3.096$  m;  $L_k = 22.3$  m;  $D = 6.7$  m,
- visina tačke vešanja katarke radnog točka -  $y = 6.85$  m,
- rastojanje tačke vešanja katarke radnog točka od vertikalne ose bagera -  $I = 1$  m i
- vrednosti pređenog puta katarke "a" (u osnovi radnog točka) i vremena "t" u pojedinim rezovima (srpovima), a za različite podetaže.

Dobijene vrednosti prikazane su u tabeli 1.

Za poznatu vrednost poluprečnika kugličaste staze  $r_s = 3.09$  m i izmerene vrednosti "a" (date u tabeli 1) proračunati su uglovi "α" koje kataraka radnog točka



slika 4 Šema obeležavanja poklopca kućišta

ostvari u pojedinim rezovima, a prema relaciji  $\alpha = a/r_s$  [rad]. Na osnovu vrednosti dobijenih za  $\alpha$  i izmerenih vrednosti za "t" (date u tabeli 1) sračunate su ugaone brzine " $\omega$ " za svaki rez prema relaciji  $\omega = \alpha/t$  [rad/sec.].

Broj podetaže	Broj reza (srpa)	Visina osivine radnog točka $h_r$ [m]	Radijus kopanja $R_k$ [m]	Predeni put $a$ [m]	Izmereno vreme $t$ [sec]
Prva	1L	10.25	23.04	3.30	105
	2D			3.70	110
	3L			3.84	112
Druga	1D	6.80	23.30	4.30	130
	2L			4.40	134
	3D			4.45	135
Treća	1L	3.35	23.02	4.40	137
	2D			4.45	135
	3L			4.45	130

tabela 1 Vrednost za proračun KKKRT

Brzine KKKRT dobijene prema relaciji  $V_k = R_k \cdot \omega \cdot 60$  [m/min] prikazane su u tabeli 2 [2].

Broj podetaže	Broj reza (srpa)	$\alpha$ [rad]	$\omega$ [rad/sec]	$R_k$ [m]	$V_k$ [m/min]
Prva	1L	1.0658	0.01015	23.04	14.01
	2D	1.1950	0.01080		14.99
	3L	1.2403	0.01107		15.28
Druga	1D	1.3888	0.01068	23.30	14.93
	2L	1.4211	0.01060		15.18
	3D	1.4370	0.01064		14.82
Treća	1L	1.4534	0.01060	23.02	14.64
	2D	1.4373	0.01064		14.64
	3L	1.4437	0.01061		14.65

tabela 2 Brzina KKKRT

PRIKAZ I ANALIZA DOBIJENIH REZULTATA ZA BAGER C 700

U toku merenja relevantnih parametara procesa kopanja, na konkretnom primeru, korišćene su prethodno iznete mogućnosti za proveru brzine KKKRT. Vrednosti brzine KKKRT sračunate preko prenosnog odnosa reduktora ( $V_k'$ ,  $V_k''$ ,  $V_k'''$ ) pokazuju trenutne vrednosti brzine (kada je kataraka u osi trase transporta). Brzine dobijene preko ugaone brzine  $\omega$  označavaju srednju vrednost u sektoru zaokretanja katarke za ugao  $\alpha$ .

Ostvareni rezultati, u toku merenja relevantnih parametara za

proces kopanja, prikazani su, za različite slučajeve, u tabelama 3, 4 i 5.

U tabeli 3 oznaka  $V_{o,o}$  predstavlja brzinu kružnog kretanja očitano na instrumentu za merenje brzine (u kabini rukovaoca), a  $V_{o,iz}$  brzinu kružnog kretanja, sračunatu pomoću izmerenog broja obrtaja elektromotora za kružno kretanje, u osnovi radnog točka.

Posle opravke instrumenta za merenje brzine kružnog kretanja (u kabini rukovaoca) snimljene su vrednosti mikrotehnoških parametara i brzine kružnog kretanja. Rezultati su prikazani u tabeli 4.

Navedeni simboli u tabeli 4 imaju sledeća značenja:

- $S_o$ , debljina reza u osi trase transporta,
- $h_p$ , visina osivine radnog točka,
- $t_{iz}$ , izmereno vreme otkopavanja reza štopericom i
- $t_{sr}$ , sračunato vreme otkopavanja reza.

U tabeli 5 prikazane su vrednosti koje su dobijene za slučaj kada uređaj za automatsko regulisanje brzine kružnog kretanja nije funkcionisao korektno. Naime, zadavane vrednosti brzine KKKRT ( $V_{o,zad}$ ) nisu odgovarale očitanim vrednostima ( $V_{o,o}$ ) i sračunatim brzinama preko broja obrtaja elektromotora za kružno kretanje.

Na slici 5 grafički su prikazani za svaki rez  $V_{o,zad}$ ,  $V_{o,o}$ ,  $V_{o,iz}$  kao i potrebna brzina kružnog kretanja  $V_{o,pot}$  s obzirom na izmerenu debljinu reza  $S_o$ . To znači, da bi se regulacija brzine kružnog kretanja vršila prema zakonu  $a/\cos\varphi$ , bilo bi potrebno ostvariti (izmeriti) vrednost za  $V_{o,pot}$ .

Upoređenjem vrednosti  $V_{o,o}$  i  $V_{o,iz}$  vidi se da  $V_{o,o}$  u odnosu na  $V_{o,iz}$  u rezovima 2D, 4D, 6D i 9L ima veću vrednost prema podacima iz tabele 3, odnosno manju vrednost prema podacima iz tabele 4 i 5.

Podetaže	Redni broj reza	Visna podetaže h [m]	Uglovi kružnog kretanja katarke radnog točka		Brzina kružnog kretanja katarke radnog točka u osi trase transporta	
			$\varphi_u$ [°]	$\varphi_s$ [°]	$V_{o,o}$ [m/min]	$V_{o,iz}$ [m/min]
Prva	1L	4.6	83	23	11.2	12.3
	2D		90	22	12.8	10.1
	4D		90	22	16.0	12.9
	5L		90	22	16.0	17.5
	6D		90	22	16.0	14.7
	9L		90	24	19.2	15.7

tabela 3

Podetaža	Redni broj reza	h [m]	$S_o$ [m]	$\varphi_u$ [°]	$\varphi_s$ [°]	$h_r$ [m]	$t_{iz}$ [sec]	$t_{sr}$ [sec]	$V_{o,o}$ [m/min]	$V_{o,iz}$ [m/min]
Prva	5L	4.6	0.32	90	23	13.9	88	94.4	16	16.3
	6D		0.43	90	23		96	95.4	16	15.9
	7L		0.35	90	25		91	96.9	16	16.1
	8D		0.42	90	25		90	97.8	16	16.2
	9L		0.20	90	25		78	84.2	19	19.2
	10D		0.20	90	25		83	85.6	19	19

tabela 4

Podetaža	Redni broj reza	h [m]	$S_o$ [m]	$\varphi_u$ [°]	$\varphi_s$ [°]	$h_r$ [m]	$t_{iz}$ [sec]	$t_{sr}$ [sec]	$V_{o,zad}$ [m/min]	$V_{o,o}$ [m/min]	$V_{o,iz}$ [m/min]
Treća	1D	4.15	0.32	48	25	3.85	71	74.9	12.8	16	16.2
	2L		0.32	47	25		68	88.0	12.8	16	16.4
	4L		0.38	49	25		55	58.1	19.2	22	22.4
	5D		0.40	46	23		65	55.2	19.2	22	22.1
	7D		0.48	48	23		95	84.5	9.6	12	12.8
	8L		0.42	49	23		71	69.5	12.8	16	16.3

tabela 5

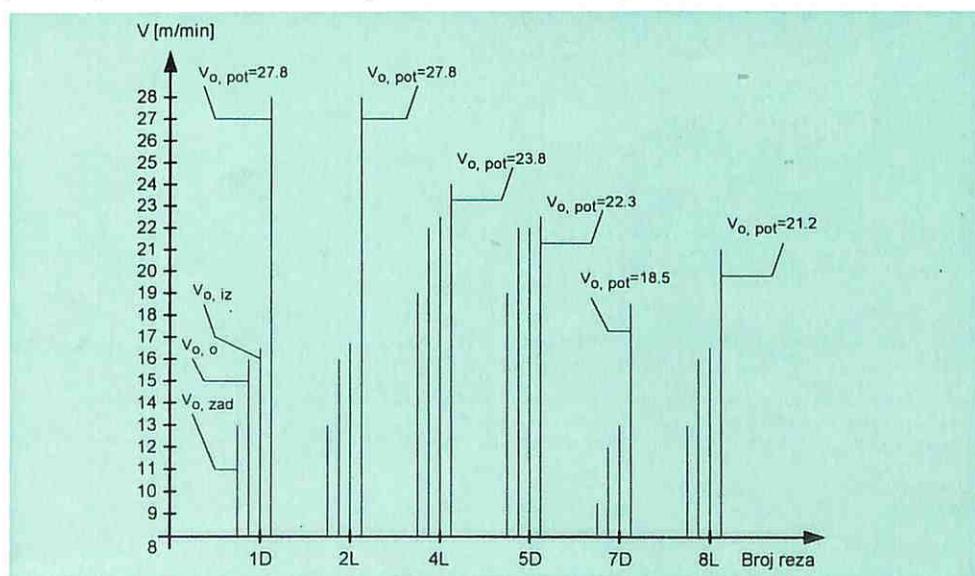
Iz tabele 4 može se uočiti da je razlika između vrednosti  $V_{o,o}$  i  $V_{o,iz}$  minimalna, a da se razlike između vrednosti  $t_{iz}$  i  $t_{sr}$  kreću u tolerantnim granicama (0.6 sec je minimalna, a 7.8 sec je maksimalna razlika).

U tabeli 5 lako je uočiti da su razlike između vrednosti  $V_{o,o}$  i  $V_{o,iz}$  minimalne, dok razlike između zadatih vrednosti brzine KKKRT ( $V_{o,zad}$ ) i  $V_{o,o}$ ,  $V_{o,iz}$  iznose oko 20%.

Analizirajući prethodno izneti činjenice jasno se mogu sagledati posledice neispravnosti uređaja za regulisanje brzine kružnog kretanja ili instrumenta za merenje brzine KKKRT.

### ZAKLJUČAK

Proračunom srednje vrednosti teoretskog časovnog kapaciteta reza preko relacije



slika 5

$Q_{rez}^{teo} = h \cdot S \cdot V_k \cdot 60$ , [3] ili određivanjem potrebne brzine KKKRT za određeni teoretski časovni kapacitet reza, mogu se kvantifikovati gubici u kapacitetu nastali zbog neodgovarajuće brzine kružnog kretanja, a što se može uočiti i sa dijagrama prikazanog na slici 5.

Na bazi prikazanih rezultata nedvosmisleno proizilazi da je neophodna provera brzine KKKRT, a da su postupci za proveru jednostavni i lako izvodljivi.

#### SUMMARY

#### VERIFICATION OF THE ACCOMPLISHED SPEED OF BUCKET WHEEL BOOM CIRCULAR MOVEMENT

*This paper presents the methods applied to determine the speed value of the bucket wheel boom circular movement, considering that this speed has a direct effect on the hourly cut capacity of the bucket wheel excavator, on a more rational consumption of electric power and on the reduction of maintenance costs. Experience has shown that the devices and instruments used to measure the mentioned speed are not sufficiently precise and consequently, the need for real accomplished speed measurement was recognized. Results obtained in specific, concrete conditions, in practice were, also, presented and analysed in this paper.*

#### LITERATURA

- [1] Veriga, S.: Mašinski elementi III - prenosnici, frikcioni prenosnici, zupčasti prenosnici. XII izmenjeno i dopunjeno izdanje, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 1984. god.
- [2] Rusov, L.: Mehanika II - Kinematika. V izdanje, Naučna knjiga, Beograd, 1985. god.
- [3] Ćirić, D., Ličen, H., Žepinić, C., Radišić, S., Božović, M. i Obradović, D.: Prikaz rezultata pri kompleksnom opažanju procesa kopanja rotornim bagerom C 700. IV jugoslovenski naučno-stručni skup, sa međunarodnim učešćem, Mehanizacija u rudarstvu - proizvodnja, primena, održavanje, Rudarsko-geološki fakultet Univerziteta u Beogradu - Profil za mehanizaciju u rudarstvu, Beograd, 1995. god., str. 85-91

#### AUTOR

dr Dragoljub Ćirić, dipl. inž. rud.,  
Aleksandar Jočić, dipl. inž. maš.,  
Rudarski institut Beograd

*U ovom radu su prikazani rezultati laboratorijskih i poluindustrijskih ispitivanja procesa pripreme siromašne rude olova i cinka, koji obuhvata usitnjavanje, pretkoncentraciju uz odbacivanje od 50% do 60% jalovine i flotacijsku koncentraciju korisnih minerala u selektivne koncentrate olova i cinka. U radu je, takođe, prikazan i opis tehnološkog procesa sa očekivanim efektima predloženog rešenja sa pretkoncentracijom rude.*

## UVOD

Rudnik olova i cinka Šuplja Stijena kod Pljevalja - Crna Gora, pušten je u redovnu proizvodnju 1954. god. S obzirom na relativno male utvrđene rezerve u tom trenutku, rudnik sa jamskom proizvodnjom i objekti flotacije su građeni za relativno kratak radni vek od, oko, pet godina. Međutim, uz velike napore, vršena su sukcesivna istraživanja novih rezervi rude, tako da rudnik, uz određene rekonstrukcije postrojenja, radi i danas.

Prerada rude obustavljena je 1987. godine iz ekonomskih razloga. Početkom avgusta 1996. godine saradnici Rudarskog instituta Beograd ponovo su aktivirali proizvodnju u ovom postrojenju, zajedno sa osobljem tehničkog nadzora RMHK Trepča, u čijem sastavu, odnedavno, posluje ovaj rudnik. RMHK Trepča je angažovao Rudarski institut Beograd da izradi potrebnu dokumentaciju i pomogne povećanju proizvodnje olova, cinka, srebra, kadmijuma i bizmuta.

U tom smislu, glavni naponi su usmereni u pravcu proširenja materijalne baze povećanjem istraženosti rudnih rezervi, kao i na usavršavanje procesa pripreme mineralnih sirovina. Geološko - rudarski istražni radovi su dali pozitivne rezultate u reviru Istočna struktura i Đurdeve vode, gde su otkrivene relativno velike rezerve siromašne rude, koje omogućavaju rad rudnika za više od 10 narednih godina [1].

Na osnovu rezultata Studije i Investicionog programa, koje je na zahtev Rudnika izradio Rudarski institut - Beograd, zaključeno je da treba izgraditi kapacitete za masovnu eksploataciju rude sa niskim sadržajem metala, površinskim načinom otkopavanja, dok bi se valorizacija korisnih mineralnih komponenata vršila primenom kombinovanog procesa pretkoncentracije i flotacijske koncentracije. Kapacitet proizvodnje površinskog kopa treba da se kreće oko 600.000 tona rovne rude godišnje, a flotacije 200.000 - 250.000 tona rude godišnje.

Eksploatacija ležišta Šuplja Stijena je do 1987. godine vršena, uglavnom, iz bogatih rudnih žica. Ove rezerve, u poznatim revirima, su praktično iscrpljene.

UDK: 622.74:669.4:669.5

stručni rad

# **NOVI POSTUPAK KONCENTRACIJE Pb - Zn RUDE - OSNOVA ZA DALJI RAZVOJ RUDNIKA ŠUPLJA STIJENA**

Živorad Lazarević  
Branimir Monevski  
Milan Milošević

Nove rudne rezerve nalaze se u disiminentnom orudnjenju štokverknog tipa, kome treba pridodati izvesne količine preostalih žica iz prethodnih jamskih rudarskih radova.

### LABORATORIJSKA I POLUINDUSTRIJSKA ISPITIVANJA

U laboratorijama Rudarskog instituta su vršena obimna laboratorijska i poluindustrijska ispitivanja pretkoncentracije i koncentracije olovo - cinkove rude rudnika Šuplja Stijena iz revira Istočna struktura i Đurdeve vode.

Sva ispitivanja su pokazala da je jedino celishodno ovu rudu tretirati kombinovanim procesom pretkoncentracije i floriranja. Proces pretkoncentracije se smatra tehnički i tehnološki opravdanim ako se njegovom primenom mogu ostvariti dva osnovna uslova:

- izdvajanje najmanje 30% mase lake frakcije koja pliva, i koja se može smatrati kao definitivna jalovina i
- jalovina, koja se izdvoji u vidu lake frakcije u procesu pretkoncentracije, ne sme imati veći sadržaj metala od sadržaja metala koji se može ostvariti u jalovini direktne flotacijske koncentracije [3].

Analizom laboratorijskih ispitivanja odlučeno je da se proces poluindustrijskih ispitivanja pretkoncentracije odvija na gustini raslojavanja od 2.75 - 2.80 g/cm<sup>3</sup> i gornjoj graničnoj krupnoći rude 60 mm, pošto izvan ovih granica nisu dobijeni zadovoljavajući rezultati.

Poluindustrijska ispitivanja su imala za cilj da potvrde, odnosno koriguju rezultate laboratorijskih ispitivanja, a, takođe, i da obezbede dovoljne količine pretkoncentrata za laboratorijska ispitivanja flotacijske koncentracije.

U Rudarskom institutu postoji veliki broj uređaja za poluindustrijska ispitivanja pretkoncentracije. Na osnovu radnih karakteristika uređaja, vrste i krupnoće rude kao i laboratorijskih ispitivanja, odlučeno je da se poluindustrijska ispitivanja izvrše u konusnom separatoru, a kao suspenzoid korišćen je ferosilicijum 15-ciklone 60 firme Knapsack.

Laboratorijskim i poluindustrijskim ispitivanjima obuhvaćeni su uzorci iz delova ležišta Istočna struktura i Đurdeve vode.

U tabeli 1 su prikazani rezultati dobijeni kombinovanim tretiranjem uzorka rude T - Istočna struktura u poluindustrijskom postrojenju.

Proizvodi	Masa %	Sadržaj %			Iskorišćenje %	
		Pb	Zn	S	Pb	Zn
Ruda	100.00	0.43	1.73		100.00	100.00
Krupna jalovina	60.00	0.12	0.30		16.74	10.40
Pretkoncentrat	11.79	2.03	7.79		55.70	53.07
Klasa - 10+0 mm	28.21	0.42	2.24		27.55	36.53
Ulaz u flotiranje	40.00	0.89	3.87		83.25	89.60
Koncentrat Pb	0.43	60.50	3.20		60.96	0.80
Otok Pb	39.57	0.24	3.88		22.29	88.80
Koncentrat Zn	2.50	0.97	55.51		5.64	80.22
Otok Zn	37.07	0.19	0.40		16.63	8.58
Koncentrat FeS <sub>2</sub>	2.14	0.28	1.38	49.00	1.39	1.71
Jalovina	34.93	0.19	0.34		15.26	6.87

tabela 1 Rezultati poluindustrijskih ispitivanja uzoraka Istočna struktura

U tabeli 2 su prikazani rezultati dobijeni kombinovanim postupkom uzorka rude Đurdeve vode u poluindustrijskom postrojenju.

Na osnovu laboratorijskih i poluindustrijskih ispitivanja pretkoncentracije, odnosno analiza pliva-tone, može se zaključiti da se ruda iz ležišta Istočna struktura uspešno koncentriše u pretkoncentrat uz odbacivanje oko 60% krupne jalovine sa minimalnim sadržajem korisnih minerala.

Kod uzoraka rude iz ležišta Đurdeve vode takođe se vrši uspešna pretkoncentracija u pretkoncentrat, uz odbacivanje oko 53% krupne jalovine. U ovoj rudi je posle pretkoncentracije značajno povećan (oko 3 puta) sadržaj olova i cinka. Treba istaći i sadržaj bakra, koji je sa 0.15% u ulaznoj rudi, povećan na 0.375% u pretkoncentratu.

U selektivnim koncentratima flotacije dobijaju se i relativno visoki sadržaji kadmijuma i bizmuta, koji se valorizuju metalurškim procesima.

Proizvodi	Masa %	Sadržaj %				Iskorišćenje %		
		Pb	Zn	Cu	S	Pb	Zn	Cu
Ruda	100.00	0.23	2.4	0.15		100.00	100.00	100.00
Krupna jalovina	53.11	0.06	0.19	0.02		14.09	4.31	6.73
Pretkoncentrat	12.46	0.79	8.82	0.37		42.79	45.86	31.15
Klasa - 10+0 mm	34.43	0.29	3.49	0.14		43.42	50.07	31.91
Ulaz u flotiranje	46.89	0.42	4.91	0.20		86.21	95.93	63.06
Koncentrat Pb	0.27	59.90	3.00	3.04		54.68	0.26	4.79
Otok Pb	46.68	0.15	4.92	0.19		30.93	95.67	58.27
Koncentrat Zn	3.82	0.48	57.59	1.62		8.05	91.67	41.36
Otok Zn	42.86	0.12	0.22	0.06		22.88	4.00	16.91
Koncentrat FeS <sub>2</sub>	2.44	0.21	1.50	0.02	49.00	2.22	1.52	0.27
Jalovina	40.42	0.12	0.15	0.06		20.66	2.48	16.64

tabela 2 Rezultati poluindustrijskih ispitivanja uzorka Đurđeve vode

### OPIS PROCESA PRIPREME MINERALNE SIROVINE SA PRETKONCENTRACIJOM RUDE

Projekat postrojenja za drobljenje rude i pretkoncentraciju korisnih minerala je razrađen za godišnji kapacitet od 600.000 tona rude, a odabrana tehnička rešenja obezbeđuju mogućnost za povećanje kapaciteta. Oprema postrojenja za drobljenje i pretkoncentraciju rude, koja je projektovana, postavljena je u nekoliko zasebnih grupa objekata [2], u kojima se odvija određena faza tehnološkog procesa. Glavne grupe objekata su za:

- prijem rude sa otkopa i primarno i sekundarno drobljenje sa prosejavanjem,
- bunker sekundarno izdrobljene rude,
- pretkoncentraciju rude,
- tercijarno drobljenje i transport izdrobljenog pretkoncentrata,
- transport krupne jalovine i
- snabdevanje pogona industrijskom vodom.

### ZAKLJUČAK I OČEKIVANI EFEKTI

Prikazani postupak valorizacije siromašne rude u sadašnjoj situaciji rudnika Šuplja Stijena, predstavlja jedino tehno-ekonomski opravdano rešenje koje pruža, pri tom, sledeće prednosti:

- masovno otkopavanje rude koje obuhvata zaostale žice od jamskog otkopavanja, jeftinijim površinskim otkopavanjem, za koje postoje tehničke mogućnosti,
  - odbacivanje, postupkom pretkoncentracije, oko 50 - 60% krupne jalovine,
  - transport do flotacije, mlevenje i flotiranje pretkoncentrata, što je manje od polovine otkopane rude.
  - racionalnije se koriste, već, raspoloživi kapaciteti postojećeg postrojenja za flotacijsku koncentraciju.
  - udvostručuje se prerada rude, a time i povećava obim proizvodnje finalnih proizvoda tj. koncentrata olova i cinka.
  - rešava se problem vlažne rude, koji sada stvara velike poteškoće u sekundarnom drobljenju i prosejavanju.
  - smanjuju se pogonski troškovi u procesu drobljenja usled manjeg utroška čelika i električne energije.
  - pogon flotacije će raditi sa istim brojem zaposlenih radnika, a proizvoditi dvostruko više metala u koncentratima.
- Dalja racionalizacija, u cilju smanjenja troškova prerade rude pruža se kroz uvođenje jeftinog hidrotransporta pretkoncentrata umesto kamionskog transporta, s obzirom na povoljne uslove.
- Sledeća istraživanja treba usmeriti na povećanje iskorišćenja kadmijuma i bizmuta i, eventualno, selektivno izdvajanje koncentrata bakra u poseban koncentrat tržišnog kvaliteta.

**SUMMARY**

*NEW CONCENTRATION PROCEDURE OF Pb – Zn ORE – BASIS FOR FURTHER DEVELOPMENT OF THE MINE ŠUPLJA STIJENA*

*This paper represents a general presentation of the zinc and lead ore crushing and preconcentration plant to be constructed in mine "Šuplja Stijena". The presented results of laboratory and pilot plant scale preconcentration test indicate a realistic possibility of the ore preparation by a combined preconcentration process.*

**LITERATURA**

- [1] Lazarević, Ž. i Mišić, K.: Postrojenje za drobljenje i pretkoncentraciju rude u Šupljoj Stijeni. Rudarski glasnik, sveska 1, Beograd, 1982. god.
- [2] Lazarević, Ž., Urošević, D., Milošević, M., Monevski, B. i Rajković, D.: Dugoročno programiranje razvoja i povećanje produktivnosti u flotaciji olova i cinka Šuplja Stijena. II Bugarsko - Jugoslovenski rudarsko - geološki naučni simpozijum, Sofija, 1997. god.
- [3] Kovačev, K.: Proektirane na obogatitelni fabriki. Sofija, 1991. god.

**AUTORI**

dr Živorad Lazarević, dipl. inž. rud.,  
Branimir Monevski, dipl. inž. rud.,  
Milan Milošević, dipl. inž. rud.,  
Rudarski institut Beograd

*У раду је детаљно описан рад програма за цртање криволинијских геолошких профила са профилима пијезометара, на којима су приказане одговарајуће шрафуре које врха и дна пијезометра, назнака где је филтар, шифре литолошких чланова и коефицијената пропусљивости. Цртеж је у задајој вертикалној и хоризонталној размери. Криволинијски профил је задајо координатама, са појасом око њега који одређује које бушотине се цртају (изван појаса се не црта). Дато је и образложење зашто се ишло на криволинијски профил (а не на праволинијски), који је само специјалан случај праволинијског.*

## УВОД

Циљ рада је да покаже могућност примене рачунара код цртања криволинијских профила пијезометара. Програм је израђен да би се направио кружни геолошки профил око депоније пепела ТЕНТ Б. Разлог, зашто се ишло на криволинијски, а не на праволинијски геолошки профил, је тај што је депонија изнад околног терена. Пијезометри су постављени, релативно, густо, непосредно око депоније поред пута. Остали пијезометри у околини су постављени ретко.

Технологија израде депоније је следећа. Пепео из термоцентрале се меша са водом у одређеном односу, па се та суспензија пумпама допрема кроз цевовод, дуг, око, 5 км, до депоније. На депонији је хидроциклон који има за циљ да раздвоји крупну фракцију-песак и одложи је по ободу бране и ситну фракцију-муљ и таложи је унутар бране у вештачко језеро. Самим тим, пошто је вештачко језеро на висини већој од околног терена (висина се временом повећава са напредовањем бране), хидролошки гледано, ту треба поставити граничне услове код евентуалног прорачуна поља протикања подземних вода (рачунања брзина количина праваца и пијезометријских нивоа). Разлог би био, на пример, еколошки. Због утврђивања нивоа воде у пепелишту пијезометри су постављени, релативно, густо око пепелишта, док су у осталим правцима постављени много ређе, па је и то разлог више да се изради криволинијски профил око пепелишта, уместо праволинијског. Код цртања профила погодно је да рачунар нацрта стуб бушотине, а после геолог да интерпретира одговарајуће литолошке чланове. С обзиром на то да је подлога пепелишта алувион реке Саве, где је на површини глина, било

УДК: 532.614:551.34

стручни рад

# ПРИМЕНА РАЧУНАРА КОД ИЗРАДЕ КРИВО- ЛИНИЈСКОГ ГЕОЛОШКОГ ПРОФИЛА НА ПРИМЕРУ ПЕПЕЛИШТА ТЕРМО- ЕЛЕКТРАНЕ НИКОЛА ТЕСЛА Б (ТЕНТ Б) ОБРЕНОВАЦ

Јован Вујић

би неправилно да се за граничне услове узме ниво воде у језеру, пошто због слоја глине нагло пада пијезометријски притисак на релативно кратком вертикалном растојању. На том делу одлагалишта јавља се додатна потешкоћа код прорачуна пијезометријског поља притисака то што је ту протицање вертикално кроз површински слој глине, а, затим, када дође у подлогу од шљунка, која је са доње стране ограничена опет глином, прелази у практично хоризонтално струјање. Због тога је, код прорачуна протицања подземних вода за граничне услове врло погодно и реално узети пијезометријски ниво воде у водопрпусном слоју у пијезометрима око одлагалишта.

Да би геолог лакше могао да интерпретира одговарајуће геолошке чланове, поред шрафуре је написана и скраћена шифра назива литолошког члана са легендом (слика 1 и слика 2). Пошто је за хидрогеолога важно и место уградње филтра пијезометријске конструкције, код одређивања поља пијезометријских притисака на профилу са слике 1 је назначено, са две дупле линије, место где се налази филтар, са допунском шифром филтра. Лево и десно на цртежу су назначене апсолутне висине, а доле је стационажа, почев од изабране тачке као 0 (криволинијска стационажа). Изнад терена је цртицом приказан део цеви пијезометра са одговарајућим називом пијезометра и котом терена, а у дну бушотине је назначена кота дна пијезометра.

Мерење којефицијента пропустљивости није вршено на свим геолошким члановима у пијезометрима, него само у разним песковима и шљунковима. У неким геолошким члановима је узимано два до три мерења на разним дубинама за којефицијент пропустљивости воде. Поред одговарајућег геолошког члана је написан и којефицијент пропустљивости, а, у случају да је узето више од једног узорка у неком геолошком члану, да се цртеж не би оптерећивао, написан је само највећи којефицијент пропустљивости. Којефицијент пропустљивости је исписан у облику спектра и то прво нумерика мања од 10, а затим експонат. На пример, 3.2-3 значи  $3.2 \cdot 10^{-3}$ .

Програм ради на следећи начин: За задати криволинијски (изломљени) профил, који је задат са координатама у одређеном редоследу, задаје се појас (улазни податак) од на пример 10 м (са обе стране изломљене линије). Све бушотине (пијезометри) које упадају у тај појас, биће цртане на следећи начин: Нормална пројекција пијезометра на одговарајућу дуж (под условом да је бушотина на растојању мањем од 10 м у овом случају) биће

нацртана ако се налази на дотичној дужи. Значи, могло би се десити у неким случајевима да нека бушотина буде пројектована и на два три места, што је у реду. С обзиром на то да се може десити да је цртеж сувише велик, па не може да стане на одговарајућу хартију, постоји могућност у програму да се црта само део стационаже. Почетна стационажа 0 м је на првој, по реду, тачки наведеној у контури. Следећи улазни подаци су координате бушотине. Код координата бушотине постоје две коте, а то су: кота врха пијезометра и кота терена која је испод врха за одређену висину. Затим, долази литологија која се рачуна од површине терена са одговарајућим шифрама и нумериком.

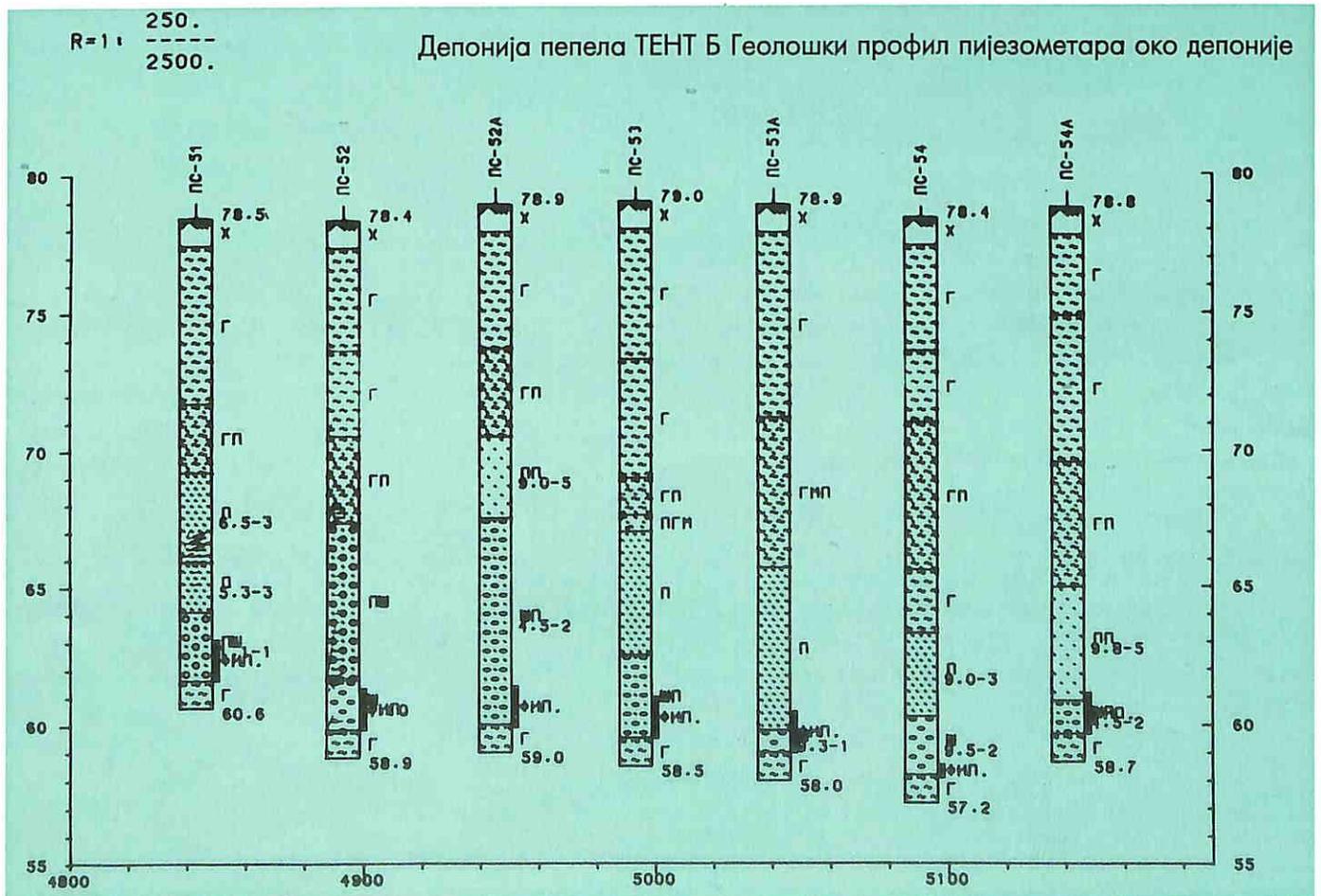
Структура улазних података за бушотину је следећа:

-ознака пијезометра (бушотине) координате и

Г	2 01ГЛИНА		
ГМП	2 02ГЛИНА		МАЛО ПЕСКОВИТА
ГП	2 03ГЛИНА		ПЕСКОВИТА
ГПР	2 05ГЛИНА		ПРАШИНАСТА
ГПЈ	2 04ГЛИНА		ЈАКО ПЕСКОВИТА
ГТ	2 06ГЛИНА ТЕРЦИЈЕРНА		
П	1 11ПЕСАК		
ПГ	1 13ПЕСАК		ГЛИНОВИТ
ПГЈ	1 14ПЕСАК		ЈАКО ГЛИНОВИТ
ПГМ	1 15ПЕСАК		МАЛО ГЛИНОВИТ
ПГШ	1 16ПЕСАК		ГЛИНОВИТ СА ФРАКЦИЈАМА ШЉУНКА
ПМ	1 27ПЕСАК		МАЛО ШЉУНКОВИТ
Ш			
ПП	1 12ПЕСАК		ПРАШИНАСТ
ПР	2 26ПРАШИНА		
ПШ	1 18ПЕСАК		ШЉУНКОВИТ
Ш	1 24ШЉУНАК		
ШМ	1 26ШЉУНАК		МАЛО ПЕСКОВИТ
П			
ШП	1 28ШЉУНАК		ПЕСКОВИТ
ШПЈ	1 30ШЉУНАК		ЈАКО ПЕСКОВИТ
ШПР	1 32ШЉУНАК		ПРАШИНАСТ
ШСП	1 31ШЉУНАК СИТАН		ПЕСКОВИТ
Х	1 36ХУМУС		
ХП	1 37ХУМУС ПЕПЕО		
*			
ГЛ	ГЛИНОВИТ	Б	БЕО
МГ	МАЛО ГЛИНОВИТ	ЗС	ЖУТОСИВ
МС	МАЛО ШЉУНКОВИТ	ЗУ	ЖУТ
МП	МАЛО ПЕСКОВИТ	З	ЗЕЛЕН
ЈГ	ЈАКО ГЛИНОВИТ	ЗМ	ЖУТОМРК
ЈП	ЈАКО ПЕСКОВИТ	ЗЦ	ЖУТОЦРВЕН
ПЕ	ПЕСКОВИТ	М	МРК
ПР	ПРАШИНАСТ	МС	МРКОСИВ
СИ	СИЛИФИКОВАН	МЦ	МРКОЦРВЕН
СЛ	ШЉУНКОВИТ	П	ПЛАВ
СП	ШЉУНКОВИТО ПЕСКОВИТ	С	СИВ
СФ	СА ФАУНОМ И КОНКРЕЦИЈАМА	СВ	СВЕТЛОСИВ
Ц		СЕ	СИВОЗЕЛЕН
*		СЗ	СИВОЖУТ
ВЦ	ВЕЋИХ ФРАКЦИЈА ЧИСТ	СС	СИВОСМЕЂ
К	КРУПНОЗРН	СМ	СМЕЂ
КА	СА КАЛЦИЈУМ КАРБОНАТОМ	Т	ТАМАН
КР	КРУПАН	ТЗ	ТАМНОЗЕЛЕН
М	МАСАН	ТМ	ТАМНОМРК

МФ МАСАН СА ОКСИДИМА ГВОЖЂА Н НАБАЧАЈ С СИТНОЗРН СП КРУПНОЗРН СА ПРОСЛ. ПЕШЧАРА ПЛ ПЛАСТИЧАН СД СИТНО И СРЕДЊЕЗРН СЗ СРЕДЊЕ И КРУПНОЗРН СК СРЕДЊИ И КРУПАН СР СРЕДЊЕЗРН СС СРЕДЊЕ И СИТНОЗРН СФ СВИХ ФРАКЦИЈА ФЕ СА ОКСИДИМА ГВОЖЂА ФС СА ФРАКЦИЈАМА ШЉУНКА Ц *	ТС ТУ ЦН Ц *	ТАМНОСИВ ТАМНОЖУТ ЦРН			
ПС-51	26578.32	Ц	43070.23	79.02	78.45
1.00 X	Ц	Ц	Ц		
6.70 Г	Ц	ЗУ	Ц		
9.20 ГП	ПЕ	ЗУ	Ц		
12.50 П	Ц	Ц	СР	4.0	6.54-3
14.30 П	Ц	Ц	СД	2.6	5.32-3
16.80 ПШ	СЛ	Ц	Ц	6.25	1.10-1
17.80 Г	Ц	С	Ц		
15.30					
16.80					
/*					

коте врха пијезометра и терена,  
 - дужина - од површине терена се рачуна - до краја текућег литолошког члана  
 - шифре и то:  
 - литолошког члана (једино та шифра улази у обраду),  
 - подврсте литолошког члана (не улази у обраду),  
 - боје ако је има (не улази у обраду),  
 - додатног описа (не улази у обраду),  
 - грануло састав параметар и којефицијенат пропустљивости (највише три) за одговарајући литолошки члан,  
 - на крају, ако није уписана шифра подразумева се да је то дужина, почев од терена, где почиње односно, где се завршава филтар (укупно два реда нумерике).  
 Шифарник за ТЕНТ Б подлогу и пример шифриране бушотине су приказани у наставку  
 Напомена: поред бушотине је исписана само прва шифра - шифра стене, док остале шифре (друга је подврста литолошког члана - песковит, шљунковит, трећа је боја - жут, сив, четврта је додатни опис, масан, изломљен,) нису исписиване



слика 1 Део геолошког профила са одговарајућом стационажом (укупна стационажа је око 10 км)

SUMMARY

COMPUTER APPLICATION FOR THE ELABORATION OF CURVILINEAR GEOLOGICAL CROSS SECTIONS, ILLUSTRATED ON THE EXAMPLE OF THE ASH DUMP BELONGING TO THE THERMAL POWER PLANT NIKOLA TESLA B OBRENOVAC

This paper describes, in detail, the operation of the computer program intended for drawing the curvilinear geological cross sections, along with the piezometric net profile displaying the following: corresponding hatchings of figured bottom and top dimensions of piezometers, filter locations, codes of lithologic units and permeability coefficient. The drawing is presented in assigned vertical and horizontal scales. The curvilinear section is determined by coordinates which are surrounded by the zone denoting the boreholes to be drawn (outside this zone drawing is excluded). Hereinafter, an annotation is given explaining the reasons for the use of curvilinear cross section which is only a particular case of the straight-line section.

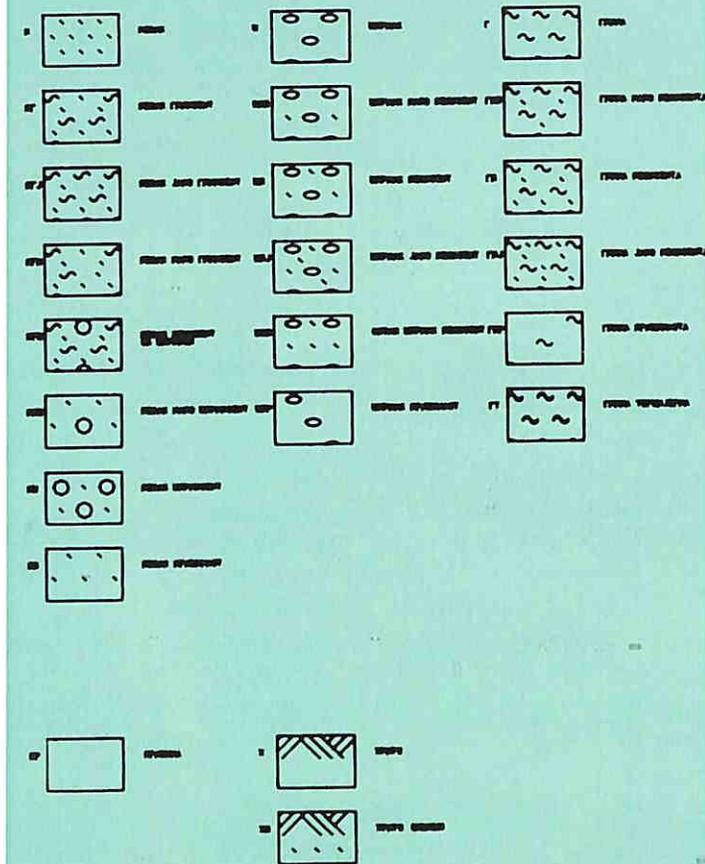
ЛИТЕРАТУРА

- [1] Димитријевић, М.: Геолошко картирање. Београд, 1978. год.
- [2] Савезни Геолошки завод - Упутство за израду основне геолошке карте СФРЈ. Београд, 1964. год.
- [3] Парезановић, Н.: Рачунске машине и програмирање. Београд, 1978. год.
- [4] Вујић, Ј., Грашић, Д. и Радомир, С.: Формирање базе геолошких података из истражних бушотина. Први југословенски симпозијум Примена математичких метода и рачунара у рударству и геологији, Београд, 1988. год. књ. 2

АУТОР

мр Јован Вујић, дипл. инж. руд., дипл. мат.,  
Рударски институт Београд

ВРСТА СТЕНА



слика 2 Легенда

да се не преоптерећује цртеж (слика 1).

Програм је написан у ФОРТРАН-у [3]. С обзиром на то да су постојали разни шљункови, пескови и глине, да би међусобно могли да се разликују по шрафури, уведени су различити варијетети шрафура литолошких чланова у сагласности са [1, 2], у договору са налогодавцем (приказаноје на слици 2). Основна идеја шифрирања литолошких чланова је описана у [4].

ЗАКЉУЧАК

Код одлагалишта пепела циклонима због специфичне технологије погоднији су криволинијски профили (у овом случају је нацртана стационажа елиптичног профила око депоније). Разлози за то су следећи: Код прорачуна протицања подземних вода гранични услови (пијезометарске висине) треба да се узимају са тог профила. Код додатног бушења пијезометара поред депоније на том профили се најбоље види где треба да се постави филтар.

*Pre 120 godina inž. Fridrih Kepe (Friedrich Koepe) je objavio tehničko rešenje, koje je dobilo njegovo ime, za pokretanje užadi izvoznog sistema izvoznom mašinom koja koristi kontaktnu silu trenja. Kao što je navedeno i u patentnoj dokumentaciji, osnovna prednost ovog pronalaska je pojednostavljenje izvoznog sistema, a samim tim, i smanjenje troškova izvoza. Ovaj patent predstavlja prekretnicu i početak razvoja modernih izvoznih sistema. Izloženi su osnovni principi rada uz kraći prikaz razvoja ovog sistema.*

## UVOD

Prvog avgusta 1877. tehnički direktor Hanoverske rudarske kompanije Fridrih Kepe je registrovao patent pod nazivom Izvozni sistem sa potpunom kontrolom ravnoteže tereta pomoću užeta i drugim poboljšanjima. Ovaj izvozni sistem se, s pravom, može nazvati revolucionarnim, jer su primenom ovog sistema rešeni mnogi problemi vezani za izvoz, pogotovu, sa dubina većih od 500 m. U periodu od 120 godina sa uspehom je primenjeno više hiljada ovih sistema na oknima rudnika širom sveta.

Cilj ovog rada je da se šira javnost upozna sa principima rada Kepe sistema, kao i da se prikaže njegov tehnološki razvoj i primena u izvozu mineralnih sirovina.

## PRINCIP RADA SISTEMA KEPE

Osnovni principi rada Kepe izvoznog sistema se sastoje u pokretanju izvoznih užadi, isključivo, putem sile trenja između užeta i bubnja ili kotura. Naime, u to vreme su u upotrebi bili, isključivo, sistemi sa cilindričnim bubnjevima i bobinama. Kod oba sistema za svaki sud je bilo postavljeno posebno uže koje je bilo pričvršćeno za pojedinačni bubanj ili bobinu. U toku rada užad su se namotavala i odmotavala oko bubnja ili bobine. Kod Kepe sistema se koristi kotur (ako je jedno uže) ili bubanj (za više užadi), a uže se ne namotava već samo obuhvata kotur ili bubanj, pod uglom od 180 - 200°. Jedan kraj užeta je spojen za jedan, a drugi kraj za drugi izvozni sud, dok se radi balansiranja težine upotrebljava pomoćno uže, koje, istovremeno, smanjuje obrtni moment potreban za rad bubnja [1].

Kod Kepe sistema statičko opterećenje i statički momenat su u ravnoteži tokom cele vožnje, što mu daje osnovnu prednost pri velikim dubinama izvoza. Takođe, mogućnost dispozicije izvozne mašine tačno iznad okna, na tornju, je još jedna prednost ovog sistema.

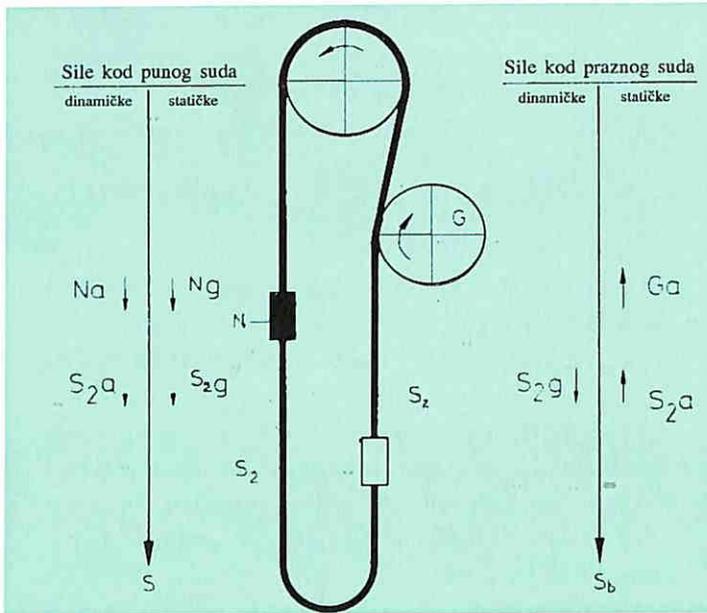
UDK: 622.625.5.05

pregledni rad

# STO DVADESET GODINA KEPE (KOEPE) IZVOZNOG SISTEMA

Saša Mitić  
Nikola Jokić  
Nebojša Popović

Prilikom vožnje na užu deluje više sila koje utiču na dinamiku vožnje. Ovde se posebno misli na usporenje koje se javlja prilikom kočenja u slučaju uzbune. Na slici 1 je prikazan pravac i smer delovanja statičkih i dinamičkih sila prilikom izvoza sa dva suda, od kojih je jedan prazan. Na slici je prikazan slučaj prilikom spuštanja tereta.



**Slika 1** Pravac i smer delovanja statičkih i dinamičkih sila  
 $S_2$  – masa užadi i sudova (t),  
 $N$  – masa korisnog tereta (t),  
 $G$  – masa zateznog kotura (t),  
 $a^*$  – maksimalno dozvoljeno usporenje (m/s<sup>2</sup>),  
 $g$  – ubrzanje zemljine teže,  
 $\alpha$  – obuhvatni ugao užeta i  
 $\mu$  – koeficijent trenja izmedju užeta i bubnja

Maksimalno dozvoljeno usporenje (m/s<sup>2</sup>) prilikom kočenja je:

a) prilikom spuštanja tereta:

$$a^* = \frac{S_2(e^{\mu\alpha} - 1) - N}{S_2(e^{\mu\alpha} + 1) + G \cdot e^{\mu\alpha} + N} \cdot g, \quad (1)$$

b) prilikom dizanja tereta:

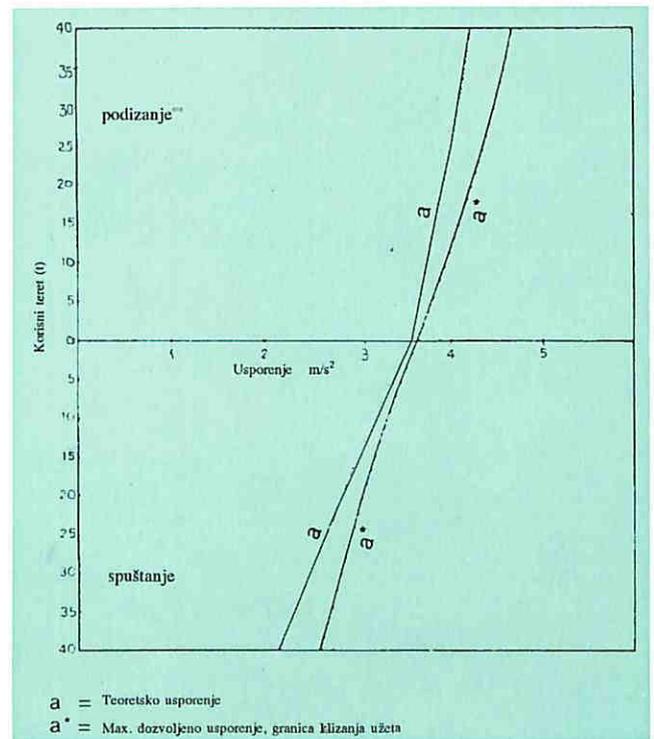
$$a^* = \frac{S_2(e^{\mu\alpha} - 1) + N \cdot e^{\mu\alpha}}{S_2(e^{\mu\alpha} + 1) + G \cdot e^{\mu\alpha} + N \cdot e^{\mu\alpha}} \cdot g. \quad (2)$$

Iz ovih dijagrama se može videti da na krivoj 2 postoji prevojna tačka, a na krivoj 3 prekid za  $N=0$ , koji

predstavljaju granice klizanja užeta. Može se zaključiti da kritičnu fazu pri kočenju predstavlja slučaj vožnje bez tereta ( $N=0$ ), kada dolazi do najvećeg proklizavanja. Pri kočenju pod opterećenjem ( $N>0$ ) dolazi do debalansa koji se može suzbiti ako se računa sa faktorom sigurnosti 2 ( $F=2N \times g$ ). Odnos statičkih napona sa koeficijentom trenja  $\mu=0,25$ , uglom kontakta uža - - bubanj od 180° i minimumom masa u rotaciji je, za rad bez proklizavanja:

$$S_1 : S_2 \leq 1,6.$$

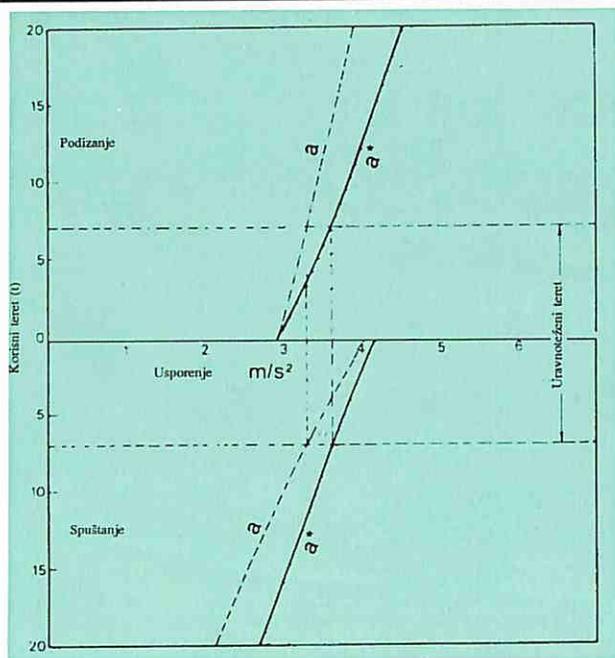
Na slikama 2 i 3 su prikazani dijagrami usporenja prilikom kočenja u slučaju uzbune za sistem sa dva suda i sistem sud-protivteg.



**slika 2** Dijagram usporenja prilikom kočenja u slučaju uzbune za sistem sa dva suda

### TEHNOLOŠKI RAZVOJ KEPE SISTEMA

Klasični Kepe izvozni sistem sa koturom je imao neke nedostatke kao što su: nemogućnost izvoza sa više horizonata istovremeno sa dva izvozna suda i to što je imao samo jedno užu, čijim bi, eventualnim, kidanjem bila ugrožena oba suda. Stalnim napretkom tehnologije otkopavanja, a samim tim i povećanjem proizvodnje, došlo je i do razvoja Kepe sistema. Umesto kotura sa jednim užetom, danas se za veće kapacitete izvoza koriste bubnjevi sa više užadi. Svako užu ima svoj žljeb



slika 3 Dijagram usporenja prilikom kočenja u slučaju uzbune za sistem sud-protivteg.

na bubnju, pa su uslovi eliminisanja klizanja mnogo povoljniji. Ovim rešenjem se postigla i mnogo veća sigurnost, jer je skoro nemoguće da se više užadi prekine u isto vreme. Naime, upotrebom posebnih uređaja opterećenje je ravnomerno raspoređeno na svako uže. Ovim sistemom je moguće vršiti izvoz sa više horizonata istovremeno, uz uprošćeno manevrisanje, primenom sklopa koš-uteg ili skip-uteg [2].

Poslednjih godina se primenjuju Kepe sistemi sa elektromotorom ugrađenim direktno u bubanj, koji u ovom slučaju obavlja funkciju rotora. Ovaj sistem je vrlo pogodan u smislu uštede prostora za montažu izvozne mašine.

Izvozni sistem Kepe koristi više rudnika u Srbiji, i to:

- Novo Brdo (4 užeta po 32 mm, donje pljosnato uže 168x28 mm, dubina okna 573,9 m),
- Blagodat (2x32 mm, 121x22 mm, 462,73 m),
- Crnac (1x28 mm, 60x13 mm, 291,91 m),
- Stari Trg – severno servisno okno (4x26 mm, 28x124 mm, 701,67 m),
- jama Bor izvozno okno (6x27 mm, donja užad - okrugla 2x $\phi$ 50 mm, 464 m),
- servisno okno (6x27 mm, 2x $\phi$ 50 mm, 514 m) i
- pomoćni liftovi za prevoz ljudi (2x16 mm, 1x $\phi$ 20 mm) [3].

## ZAKLJUČAK

Inovacije Fridriha Kepea su značajno unapredile izvozne sisteme rudnika sa podzemnom eksploatacijom.

Primenom bubnja sa više užadi omogućava se izvoz tereta velike mase, tako da se može reći da, u modernom rudarstvu, ograničenje kapaciteta izvoza, skoro, da i ne zavisi od mašinske tehnologije, već od kapaciteta otkopavanja i transporta. Problem izjednačavanja sila u svim užadima, koji se javio paralelno sa razvojem višeužetnih sistema, rešen je putem intenzivnih istraživanja na polju mehanike, a rešenje je omogućilo skoro sto-percentnu sigurnost ovih sistema.

Zbog svoje ekonomičnosti i sigurnosti Kepe sistem je postao standard u modernom rudarstvu.

## SUMMARY

### HUNDRED AND TWENTY YEARS OF KOEPE HOISTING SYSTEM

One hundred and twenty years ago ing Fridrih Koepe published the technical achievement which was named after him - Moving the ropes of a shaft hoisting system with a driving machine utilizing a contact friction principle. As cited in the patent application, general advantage of this invention is the simplification of hoisting systems and thus reduction of system costs. This patent represents the turning point and starts a development of the modern hoisting systems.

## LITERATURA

- [1] Pavlović, V.: Transport i izvoz u rudnicima. Zavod za izdavanje udžbenika SRS, Beograd, 1963. god.
- [2] Schulz S.: 100 Years of Koepe Hoists. GHH Sterkrade - News for the Mining Industry, Oberhausen, Germany, 1979/1
- [3] Jokić, N., Mičić, S., Blažević, Lj. i Redžić Lj.: Izučavanje revitalizacije i racionalizacije transportnih i izvoznih sistema podzemnih rudnika obojenih metala u projektu S.6.0542, Beograd, 1993.

## AUTORI

Saša Mitić, dipl. inž. rud.,  
Nikola Jokić, dipl. inž. rud.,  
Nebojša Popović, dipl. inž. rud.,  
Rudarski institut Beograd

# MS&T

VOLUME 2, 1997, No 1-4

## MINING SCIENCE AND TECHNOLOGY

IZVODI IZ ČASOPISA MS&T, VOLUME 2, 1997



RUDARSKI INSTITUT - BEOGRAD  
MINING INSTITUTE - BELGRADE

*U cilju pripreme podloga za projektovanje bunkera za ugalj na termoelektranama (TE) izložen je postupak ispitivanja. Usvojeni su novi kriterijumi za interpretaciju rezultata čvrstoće smicanja izdrobljenog uglja, s obzirom na očekivane elastične deformacije zidova bunkera.*

Dozvoljene elastične deformacije zidova levka u čeličnim bunkerima diktiraju način ispitivanja i izbor kriterijuma za interpretaciju rezultata ispitivanja.

U slučaju izbora merodavnih računskih fizičko-mehaničkih parametara uglja, za bunkere treba usvojiti najnepovoljnije, koji mogu nastupiti za vreme eksploatacije bunkera.

U radu su prikazani način i rezultati ispitivanja uglja sa deponije Termoelektrane Nikola Tesla B - Obrenovac. Sva ispitivanja su sprovedena u geomehaničkoj laboratoriji Rudarskog instituta - Beograd, izuzev velikog opita smicanja, koji je izvršen u Zavodu za geomehaniku i fundiranje Građevinskog fakulteta u Sarajevu, uz prisustvo i rad saradnika Rudarskog instituta. Kontrolna paralelna ispitivanja izvedena su u Poljskoj u Institutu građevinske tehnike - Varšava i Naučno istraživačkom zavodu Poltegor - Vroclav.

#### UTVRĐIVANJE ELEMENATA UNUTRAŠNJEG OTPORA DROBLJENJA UGLJA

Pošto se drobljeni ugalj kreće od krupnoće 0,0 - 30 mm izvršena su sledeća ispitivanja smicanja:

a) opit direktnog smicanja sa kontrolisanom deformacijom, na malim uzorcima (na aparatu 60x60x20 mm) - ugrađivan je materijal uglja prosejan kroz sito od 2 mm,

b) opit direktnog smicanja sa kontrolisanim naponom - standardni opit, na srednjim uzorcima (na aparatu 100x100x30 mm) - ugrađivan je materijal uglja prosejan kroz sito od 5 mm,

c) opit direktnog smicanja sa kontrolisanim naponom, na velikom aparatu (700x700x400 mm) - ugrađivan je materijal uglja prosejan kroz sito od 30 mm.

Normalni naponi su iznosili:  $\sigma=50, 100, 200$  i  $400 \text{ kN/m}^2$  za male i srednje uzorke, pri čemu se konsolidacija vršila za svaki stupanj nanetog opterećenja do postizanja smirivanja vertikalne deformacije uzorka na 0,1 mm. Orijentaciono vreme konsolidacije kretalo se od 3-4 časa. Za veliki opit normalni naponi su bili:  $\sigma=100, 150$  i  $200 \text{ kN/m}^2$  i nanosili su se u dve etape po

UDK: 621.86.067:622.33

stručni rad

# METODOLOGIJA ISPITIVANJA FIZIČKO- -MEHANIČKIH OSOBINA IZDROBLJENOG UGLJA I NOVI KRITERIJUMI ZA USVAJANJE RAČUNSKIH PARAMETARA PRI DIMENZIONISANJU BUNKERA ZA UGALJ TERMOELEKTRANA

*METHODOLOGY USED FOR THE DETERMINATION OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF CRUSHED COAL AND NEW CRITERIA FOR THE SELECTION OF CALCULATING PARAMETERS ACCORDING TO WHICH COAL BINS IN THERMAL POWER PLANTS ARE DIMENSIONED*

Radmilo Obradović

0,5  $\sigma$ . Konsolidacija uzorka vršena je posle nanošenja svake etape opterećenja sve do smirivanja na 0,01 mm.

Primenjena je smičuća sila sa konstantnom brzinom smicanja od  $v = 0,610$  mm/min za male uzorke, dok je, za srednje uzorke primenjena smičuća sila  $\Delta\tau = 0,5 \sigma$ , svakih 2 min do loma. Za veliki opit se smičuće opterećenje nanosilo do 0,1  $\sigma$ , s tim što su sve etape bile po 0,2  $\sigma$ , odnosno 0,3  $\sigma$ . Posle nanošenja svake etape smičućeg opterećenja vršilo se smirivanje horizontalnih deformacija.

U cilju određivanja elemenata unutrašnjeg otpora uglja izradeni su :

- dijagrami horizontalne deformacije ( $\tau$ - $\delta$ ),
- dijagrami vertikalne konsolidacije ( $\delta_v$ - $t$ ),
- dijagrami konsolidacije pri smicanju ( $\delta_s$ - $t$ ) samo za opite na velikom aparatu i
- dijagrami smicanja ( $\tau$ - $\sigma$ ).

Za izradu dijagrama smicanja usvojeni su sledeći kriterijumi:

a) za smičući napon na granici loma - vršna ili maksimalna čvrstoća,  $\tau_f(\tau_{max})$  izražena preko odnosa između minimalnog smičućeg napona i odgovarajućeg normalnog napona i

b) za smičuće napone u oblasti 10% deformacije  $\delta_{(mm)} = \tau_{10\% \sigma}$ , za male i srednje opite.

Ograničenje veličine napona deformacijom  $\delta$  do 10% uslovljeno je negativnim uticajem na ispravnost rezultata smanjenja dimenzija ravni smicanja i uticaja mehaničkog prestrojavanja strukture uzorka.

Medutim, u bunkerima ili rezervoarima deformacije su ograničene dozvoljenim elastičnim deformacijama zidova tih objekata. U našem slučaju, čak, i prihvatanje da je  $\delta=10\%$ , je pretpostavka koja suviše povećava dobijene parametre. Zbog toga, predlažemo kriterijum  $\delta=6 - 7\%$ , koji bi dao mobilizirajuće premeštanje u strukturi zrna reda 4 - 7 cm, što približno odgovara dozvoljenoj elastičnoj deformaciji analiziranih bunkera.

Dobijeni prosečni rezultati uglja unutrašnjeg trenja drobljenja uglja za kriterijum  $\tau_{max}$  kreću se od  $\varphi=28,83^\circ$  do  $\varphi=25,28^\circ$ .

Podudarnost rezultata ispitivanja u sve tri laboratorije svedoči o pravilnom vršenju ispitivanja, a njihovo upoređivanje je uslovljeno istim principima istraživanja i interpretacije.

Dozvoljene elastične deformacije zidova u bunkeru kreću se od 40 - 70 mm. Kod pretpostavke da uzorak, koji ima dimenzije 700x700x400 mm, odražava prirodnu veličinu uzorka uglja u bunkeru, iznos pune mobilizacije uzorka, koji je dobijen ispitivanjem, može se prihvatiti najviše u granicama od 40 - 70 mm, a ne 150 mm ili pak i više.

## DISKUSIJA REZULTATA ISPITIVANJA

Analizirajući rezultate svih izvršenih ispitivanja uglja, kao i činjenicu da se radi o veoma heterogenom materijalu u pogledu granulometrijskog sastava, vlažnosti, zbijenosti i dr., preporučujemo da se umesto, do sada, u podacima iz literature od  $\delta = 10\%$ , usvoje one vrednosti parametara čvrstoće smicanja uglja koje se dobijaju pri  $\delta = 6-7\%$ , što uslovljava dobijanje računskih merodavnih dozvoljenih veličina uglja unutrašnjeg trenja uglja od  $25^\circ$ . Ta veličina, za predloženi kriterijum, se realno ispoljava iz dijagrama smicanja svih izvršenih komparativnih analiza uglja.

Veličina uglja unutrašnjeg trenja od  $25^\circ$  može se smatrati kao merodavna veličina drobljenog uglja kolubarskog basena, koji se koristi u bunkerima TE.

Opšti zaključak po pitanju usvajanja računskih mehaničkih parametara za drobljenji ugalj za statičke proračune, koji se koriste u bunkerima TE, je sledeći:

- Ispitivanje čvrstoće smicanja drobljenog uglja treba sprovesti na način i aparatima kako su prikazani u članku.

- Potrebno je interpretirati rezultate ispitivanja usvajanjem kriterijuma putanje mobilizacije  $\delta_s$ , koja je saglasna opšte prihvatljivom principu da se ne može prekoračiti 10% dimenzije malog uzorka (60x60x20 ili 100x100x30) ili veličine dozvoljenih elastičnih deformacija stvarnog objekta za velike uzorke (700x700x400 mm), za granično stanje.

Kao dozvoljena mobilizirajuća vrednost parametra uglja unutrašnjeg trenja uglja, za dimenzionisanje bunkera TE predlaže se kriterijum putanje deformacije iz dijagrama smicanja od  $\delta = 6-7\%$ .

- Usvajanjem navedenog kriterijuma dobijaju se najnepovoljnije vrednosti koje za vreme eksploatacije bunkera mogu nastupiti.

- Definisane merodavnih računskih parametara drobljenog uglja vrši, isključivo, stručnjak iz oblasti geomehanike, uz konsultaciju sa projektantima TE.

*Nakon uspešno izvršenih industrijskih eksperimenata sagorevanja ugljenog praha sušenog lignita Kolubara, u Beočinskoj fabrici cementa (BFC), stručnjaci Rudarskog instituta u Beogradu pristupili su razmatranju mogućnosti izmena postojećeg tehnološkog procesa mlevenja i sušenja, kojima bi proizvodnja ugljenog praha i stepen supstitucije prirodnog gasa bili podignuti na viši nivo.*

*U radu su dati sažeti rezultati pomenutih industrijskih ispitivanja, kao i analiza predloženih varijanti procesa mlevenja i sušenja lignita kolubara.*

## UVOD

Sredinom 1994. godine izvršena su u BFC, prva u Jugoslaviji, industrijska ispitivanja mogućnosti zamene dela prirodnog gasa ugljenim prahom proizvedenim iz sitnih frakcija sušenog lignita Kolubara. Najvažniji zaključci višednevnih eksperimenata su:

- iz asortimana sušenog lignita Kolubara -15+5 mm, -15+0 mm i -5+0 mm može se uspešno i bezbedno proizvesti kvalitetni ugljeni prah donje toplotne vrednosti 18-21 GJ/t,

- dokazana je mogućnost supstitucije prirodnog gasa ugljenim prahom do nivoa od oko 80% i

- supstitucija prirodnog gasa ugljenim prahom nije dovela do pada kvaliteta proizvedenog klinkera, pepeo nastao sagorevanjem ugljenog praha povećao je količinu klinkera za 2.6 - 4.7%, zavisno od kvaliteta uglja i procenta zamene prirodnog gasa.

Na osnovu rezultata ovih ispitivanja i izražene želje investitora da se maksimalno iskoriste mogućnosti postojećeg sistema mlevenja, uz neophodne adaptacije, proučene su različite šeme mlevenja, čijom primenom bi se dobile veće količine ugljenog praha.

#### MOGUĆE VARIJANTE MLEVENJA SUŠENOG LIGNITA I STEPEN ZAMENE PRIRODNOG GASA

U sva izračunavanja, vezana za različite šeme mlevenja, pošli smo od uslova da postojeći mlin mora biti, svakako, upotrebljen. Za ostale komponente sistema mlevenja takav uslov nije postavljen, imajući u vidu njihovu znatno nižu cenu u poređenju sa mlinom. Isto tako, zbog bezbednosti, usvojena je temperatura ulaznog gasa od 350°C.

Na slici 1 je prikazano šest različitih varijanti procesa sušenja i mlevenja uglja u BFC, a u tabeli 1 se nalaze rezultati pripadajućih proračuna i očekivani efekti. Procentom zamene obuhvaćene su obe male rotacione peći.

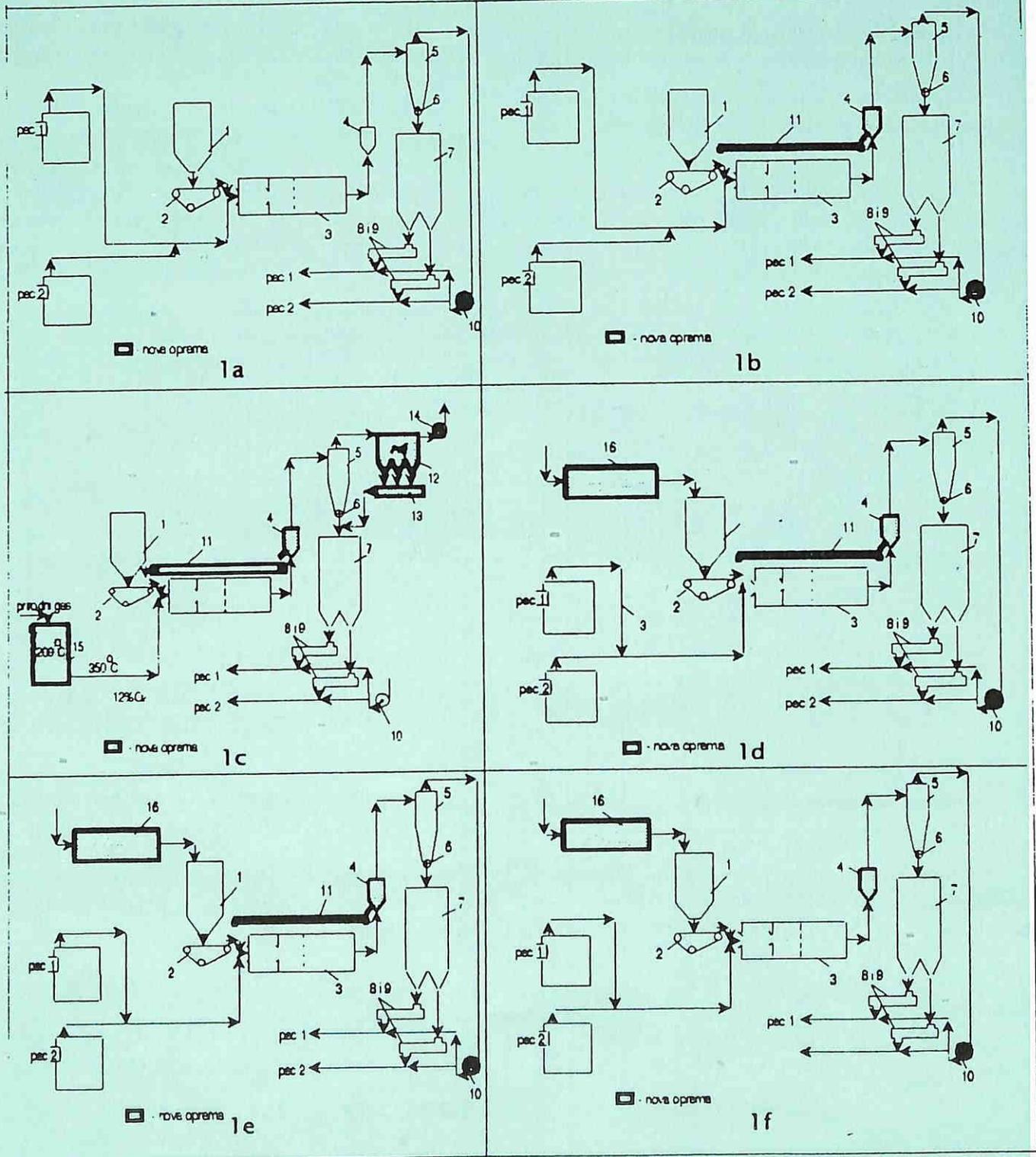
UDK: 662.64:666.94.001.42

stručni rad

# KAKO POVEĆATI STEPEN SUPSTITUCIJE GASA DOMAĆIM LIGNITOM U BEOČINSKOJ FABRICI CEMENTA

HOW TO INCREASE THE LEVEL OF NATURAL  
GAS SUBSTITUTION WITH DOMESTIC LIGNITE  
AT BEOČIN CEMENT FACTORY

Stevan Đokić  
Mihajlo Čanić



slika 1 Varijante šeme mlevenog sušenog lignita kolubara u BFC

Svaka od varijanti podrazumeva kupovinu nove opreme:

*Varijanta 1a* - Potrebna je kupovina novog ventilatora (10), kako bi se koristio topli vazduh obe peći.

*Varijanta 1b* - Uvodi se zatvoreni ciklus mlevenja, kupuju se transportna traka (11) i novi vazdušni separator (4),

*Varijanta 1c* - Potreban je prelazak na indirektni način sagorevanja praha, kao i nabavka: generatora toplog inertnog vazduha (15), filtera (12), vazdušnog

separatora (4), ventilatora (14) i transportnih traka (11 i 13).

*Varijanta 1d* - Potrebna je oprema kao i u varijanti 1c, ali se uvođenjem sušare (16) mlin rasterećuje dela operacije sušenja.

*Varijanta 1e* - Ova varijanta je identična sa varijantom 1d, ali bi ulazna vlaga klase -5+0 mm od 30% zahtevala veću sušaru.

*Varijanta 1f* - Zadržava se postojeće postrojenje za mlevenje, ali se uvodi nova sušara (16) koja preuzima poslove sušenja i ventilator (10).

Parametar	Varijanta					
	1a	1b	1c	1d	1e	1f
Asortiman, mm	-15+0	-15+0	-15+0	-15+0	-5+0	-5+0
Vlaga asortimana, %	26	26	26	26	30	30
Ulazna krupnoća $F_{80}$ , $\mu\text{m}$	11500	11500	11500	11500	4000	4000
Vlaga praha, %	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5
Krupnoća praha $P_{80}$ , $\mu\text{m}$	90	180	180	180	150	90
DTV praha, GJ/t	19	19	19	19	18	18
isp. vlaga, kg/h	930	1310	1310	500	500	490
$q_v$ , $\text{kg}/\text{m}^3\text{h}$	31	42	42	17.8	17.8	17.5
$q_m$ , $\text{kg}/\text{m}^3\text{h}$	285	405	405	366	428	378
% zamene prirod. gasa	39	55	55	55	60	53
ocena investicija	mala	visoka	visoka	visoka	visoka	visoka

tabela 1 Parametri rada različitih šema mlevenja i sušenja

### ZAKLJUČAK

Razmatrajući moguća rešenja, koja bi vodila ka povećanju kapaciteta postojeće sekcije mlevenja u BFC, došlo se do zaključka da je najlakše realizovati varijantu *1a* kupovinom novog ventilatora. Proizvodnja

ugljenog praha ovom izmenom dostigla bi 6 t/h, čime bi bilo zamenjeno 39% prirodnog gasa, potrebnog za rad obe rotacione peći. Iz ove varijante bi kasnije bilo lako razviti varijante *1d* ili *1f*, koje bi obezbedile još veći stepen supstitucije prirodnog gasa ugljenim prahom iz sušenog lignita Kolubara.

*Podzemna eksploatacija metaličnih mineralnih sirovina (MMS) tradicionalno ima značajno mesto u rudarstvu Jugoslavije. To se, prvenstveno, odnosi na rude olova, cinka, antimona, ali se podzemno otkopavaju i znatne količine ruda bakra i boksit. U ovaj kompleks spadaju zlato, srebro, kadmijum, bizmut, platina, selen i dr.*

*U ovom radu su prikazani osnovni podaci o eksploataciji metaličnih mineralnih sirovina kao što su tipovi pojavljivanja i zaleganja, primenjene metode otkopavanja, izgrađeni kapaciteti rudnika i flotacija, a posebno tendencije opadanja srednjeg sadržaja metala u otkopanoj rudi (Cu, Pb, Zn).*

*Iako je poslednjih godina (1990 - 1995.) došlo do pada proizvodnje metaličnih mineralnih sirovina (u znatnoj meri kod olova, cinka, antimona, a nešto manje kod ruda bakra), postoje realne mogućnosti revitalizovanja ove proizvodnje.*

## UVOD

Na teritoriji SR Jugoslavije koncentrisano je raznovrsno mineralno bogatstvo, koje je većim delom u eksploataciji, a neka ležišta se istražuju. Tokom poslednjih dvadesetak godina je karakteristično da su rezerve metaličnih mineralnih sirovina znatno povećane, uz napomenu da je srednji sadržaj metala u registrovanim rezervama u opadanju. Stepem istraženosti je oko 40 - 50%, što ukazuje na mogućnosti i obaveze daljih ulaganja u rudarsko-geološka istraživanja.

U ovom radu će se dati kraći prikaz stanja, potencijala i perspektive proizvodnje MMS u SR Jugoslaviji, sa naglaskom na podzemnu eksploataciju ovih sirovina (površinska eksploatacija je zastupljena u znatnoj meri kod ruda bakra, nikla i boksita).

STANJE I DOSTIGNUTI RAZVOJ  
PROIZVODNJE MMS

Ležišta metaličnih mineralnih sirovina u našoj zemlji su vrlo različita po obliku, veličini, sadržaju, zaleganju, uslovima za eksploataciju i dr. Te činjenice uslovljavaju da su i primenjene tehnologije eksploatacije, efekti rada i ostali parametri različiti i specifični za svaki rudnik.

Rudnici MMS sa podzemnom eksploatacijom su, najčešće, relativno malih kapaciteta (50.000 - 300.000 t/god.), a samo nekoliko rudnika imaju kapacitete od 500.000 - 700.000 t/god. To je posledica rudarsko-geoloških uslova i moguće izdašnosti ležišta.

Za sve rudnike MMS karakteristična je zakonitost sve težih uslova eksploatacije, opadanje sadržaja koris-

UDK: 622.272:622.341/.349

pregledni rad

# PODZEMNA EKSPLOATACIJA METALIČNIH MINERALNIH SIROVINA U SAVEZNOJ REPUBLICI JUGOSLAVIJI

UNDERGROUND MINING OF METALLIC  
MINERALS IN THE FEDERAL REPUBLIC OF  
YUGOSLAVIA

Ante Gluščević  
Ljubomir Spasojević

nih komponenti, pogoršanja geotehničkih osobina radne sredine, povećanja obima kapitalnih radova otvaranja i pripremnih radova, pogoršavanja klimatskih i ventilacionih uslova i sl. To su oblasti koje rudarska nauka

mora intenzivno izučavati i iznalaziti nova tehničko-tehnološka rešenja.

Izgrađeni kapaciteti rudnika i metalurških postrojenja, odnosno dostignuti nivo proizvodnje (do 1989. g.) je bio:

	Proizvodnja rude t/god.	Metalurška proizvodnja metala t/god.
Bakar	24.000000	100.000
Olovo	3.700.000	90.000 - 100.000
Cink	3.700.000	80.000 - 100.000
Srebro		90 - 100
Zlato		3.5 - 4.5
Antimon	100.000	2.000 - 2.500
Boksit		1.000.000
Gvožđe - čelik		1.000.000
Feronikl	1.000.000	58.000

### TEHNOLOGIJA EKSPLOATACIJE I OPREMLJENOST

Različiti i vrlo složeni geološko-rudarski uslovi eksploatacije MMS usloveli su primenu vrlo širokog spektra metoda otkopavanja, koje imaju dosta lokalnih

varijanti primene i izvođenja, što je odraz lokalnih uslova. U tabeli 1 prikazan je pregled primenjenih metoda otkopavanja u rudnicima olova, cinka, bakra, antimona i boksita. Ipak, treba istaći da su skoro ravnomerno primenjene metode sa zasipavanjem, zarušavanjem i sa ostavljanjem otvorenog otkopa, a, pojedinačno, najveći

Red. br.	Rudnici (Ležišta)	Metode otkopavanja														
		sa zasipavanjem					sa zarušavanjem				sa otvorenim otkopom					
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV
Pb Zn	1 Trepča - Stari Trg	x	x		x											
	2 Ajvalija		x					x								
	3 Badovac	x						x				x				
	4 Kišnica	x						x								
	5 Novo Brdo	x					x									
	6 Belo Brdo	x			x						x					
	7 Crnac	x		x							x					
	8 Žuta Prlina	x														
	9 Rudnik										x		x	x		
	10 Blagodat										x		x			x
	11 Lece										x		x			x
	12 Veliki Majdan								x			x				x
	13 Šuplja Stijena	x							x							x
	14 Žuta Prla - Brskovo							x								
	15 Babe-Kosmaj															
Sb	16 Brasina							x								
	17 Zavorje							x								
	18 Štira							x								
	19 Kik i Dolić							x	x							
20 Rujevac	x															
Cu	21 Bor - Jama				x	x	x									
	22 Borska Reka (u fazi istraživanja)					x	x			x					x	
Al	23 Biočki Stan						x		x				x			
	24 Đurakov Do								x				x			

tabela 1 Metode otkopavanja u rudnicima

- I horizontalno krovno sa suvim zasipom
- II horizontalno krovno za hidrozaspom
- III horizontalno krovno sa samozaspavanjem
- IV prečno sa suvim zasipom ili hidrozaspom
- V komorno-stubno za zapunjavanjem
- VI podetažno zarušavanje - švedska varijanta
- VII podetažno sa rušenjem krovne ploče
- VIII podetažno krovno zarušavanje
- IX blokovsko zarušavanje sa magaz. u stešnenoj sredini
- X podetažno
- XI frontalno
- XII komorno-stubno
- XIII horizontalno podsecanje odozgo na dole
- XIV blokovsko otkopavanje sa otvorenim otkopom
- XV magacinska metoda

broj rudnika koristi horizontalno krovno otkopavanje sa zasipavanjem (suvi ili hidro-zasp), podetažno otkopavanje sa rušenjem krovne ploče, a posle toga podetažnu metodu, odnosno komorno-stubnu metodu sa otvorenim otkopom.

#### **PERSPEKTIVE I OSNOVNA OPREDELJENJA DALJEG RAZVOJA**

SR Jugoslavija raspolaže značajnim rezervama i resursima MMS (olovo, cink, bakar, nikl, boksit). Osnovna karakteristika ležišta ruda bakra, olova i cinka je ta, da su na vrlo velikim dubinama i da je srednji sadržaj metala u rudi relativno nizak. Međutim, slobodno se, i sa pravom, može reći da raspoloživi resursi daju mogućnost našoj zemlji da i dalje bude značajan proizvođač MMS i metala. (Treba istaći da su u fazi ispitivanja i istraživanja neka ležišta koja se sada evidentiraju kao vanbilansna - zato se govori o resursima).

Strategijska opredeljenja razvoja eksploatacije MMS u narednom periodu obuhvataju:

- razvijanje eksploatacije (revitalizacija, poboljšanje) pojedinih rudnika (ležišta) do nivoa koji obezbeđuju optimalan - ekonomičan rad,

- kontinuitet u istraživanju, ali ne samo geološko-rudarskim radovima ili drugim metodama istraživanja, nego i izučavanja i istraživanja u cilju osvajanja novih tehničko-tehnoloških procesa u eksploataciji,

- geotehnička istraživanja moraju dobiti mnogo veći značaj, posebno metode za merenje napona i manifestacija u radnom prostoru "in situ", kao podloge za dimenzionisanje otkopa, izbor opreme i tehnologije rada,

- uvođenje savremene opreme u sve faze tehnološkog procesa, sa ciljem postizanja veće proizvodnje, veće produktivnosti i smanjenja troškova,

- proširenje znanja i mogućnosti korišćenja savremenih tehnologija pripreme i korišćenja zasipavanja (klasični zasip, hidrauličko zasipavanje, očvrslji zasip), kao realnog rešenja uspešnog otkopavanja u lošijim geotehničkim uslovima, na velikim dubinama, otkopavanju sigurnosnih stubova, ispod naselja i sl.,

- sekundarnu eksploataciju, kao specifičnu (stubovi, ploče), koja zahteva stalno izučavanje, jer se otkopavanjem zaostalih stubova i ploča može dobiti kvalitetnija ruda,

- izučavanje uslova za iznalaženje rešenja za stvaranje komfornih radnih prostora pri povećanoj temperaturi, vlažnosti vazduha, zaprašenosti i buci, što će biti karakteristično za sva dublja ležišta,

- stalno izučavanje i rešavanje povećanja iskorišćenja ležišta i smanjenje osiromašenja rude i

- pripremu i edukaciju kadrova za sve složenije uslove eksploatacije mineralnih sirovina i racionalno korišćenje savremene opreme.

Znatan doprinos realizaciji strategijskih opredeljenja obezbeđuje država preko Ministarstva za nauku i tehnologiju kroz finansiranje projekata osnovnih i razvojnih istraživanja i projekata tehnološkog razvoja u rudarstvu.

#### **ZAKLJUČAK**

Posle stagnacije i pada proizvodnje metalnih mineralnih sirovina u SR Jugoslaviji predstoji revitalizacija i optimiranje proizvodnje, a posebno u rudnicima olova i cinka. Perspektivu razvoja čine značajne rezerve i resursi MMS, a osnovu razvoja činiće uvođenje novih savremenih tehnologija i opreme uz poboljšanje radnih uslova u sve većim dubinama. Otkopavanje rude sa opadajućim sadržajem korisnih komponenti zahteva poboljšanje tehničkih parametara eksploatacije i obezbeđenje ekonomičnosti.

Modularni energetska sistemi prilikom izgradnje zahtevaju određenu investiciju energije iz stranih izvora. Ovde su istraženi energetska privredni aspekti za izgradnju takvih sistema. Definirani su sledeći pojmovi: faktor dobitka energije, vreme izgradnje, vreme života, vreme povratka investirane energije, vreme jednake snage i vreme udvostručenja. Moguće su različite strategije izgradnje, a posebno su obrađena dva slučaja: konstantni i vremenski eksponencijalno rastući ulaz snage u fazi osnivanja. Ispitane su, i na primerima objašnjene, donje granične vrednosti faktora dobitka energije, koji omogućava, uz navedene uslove, određenu strategiju izgradnje.

Energetska sistemi u osnivanju zahtevaju jednu investiciju energije iz stranih izvora. Ovde se razmatraju **modularno građeni sistemi** - sastoje se od istih jedinica (modula) sa jednakim utroškom energije po modulu. Na primer, takvi moduli mogu biti pojedinačne solarne ćelije ili polje sa ćelijama, kolektori za pripremanje tople vode, centrale (na uglj, atomsku energiju, protočnu vodu, vetar, energiju morskih talasa, sunčevu energiju), polja biomase, naftni izvori, rudnici uglja ili uran.

Koliko brzo, i sa kojim programom izgradnje se da dostići pozitivan energetska bilans u energoprivredi?

Ova pitanja je potrebno istražiti.

Ovde treba napomenuti da energiju ne treba shvatiti kao apsolutno nesupstituabilnu, jer je takvu pretpostavku teško uklopiti u realnost. Problem ulaznih i izlaznih veličina vezanih za energiju rešio bi se putem tehničkih koeficijenata za pojedine zemlje, ali bi svaka analiza na bazi energije pokazala jedno realno stanje u energoprivredi i smernice buduće politike razvoja. U početnoj fazi razvitka ovakvog jednog modela delom je eliminisan dinamizam da bi se utvrdile fundamentalne postavke od kojih se kreće. Budući razvoj ovog modela bi onda obuhvatio ovaj problem.

Sama gradnja jednog modula za transformaciju energije zahteva određenu investiciju energije  $E_B$ . Za energoprivreda je nužan uslov da se unutar života ove instalacije dobije sveukupno jedan iznos energije  $E > E_B$ , odnosno preostane jedan neto dobitak  $E - E_B$ . Izraženo preko faktora dobitka energije (žetveni faktor - gain)  $g = E/E_B$ , to onda znači uslov  $g > 1$ .

Pored  $g$  i  $E_B$  za energoprivreda je od važnosti i red karakterističnih vremenskih raspona:

$T_B$  - vreme potrebno za gradnju modula,

$T_L$  - životni vek modula, za vreme kog je on aktivan,

UDK: 330.44

prethodno saopštenje

# VREME POVRATKA INVESTIRANE ENERGIJE U MODULARNIM ENERGETSKIM SYSTEMIMA

ENERGY PAY – BACK TIME IN MODULAR  
ENERGY SYSTEMS

Tanja Milašinović

Rudolf Sizmann

$T_E$ - vreme od početka programa izgradnje, nakon kojeg je vraćena investirana energija - vreme povratka investirane energije,

$T_P$ - vreme od početka programa izgradnje, nakon kojeg je u energoprivredi raspoloživa određena  $dE/dt$ , jednaka ulaznoj snazi pri izgradnji modula - vreme jednake snage  $i$

$T_D$ - vremenski raspon u kom se udvostruči snaga raspoloživa za program izgradnje - vreme udvostručenja.

Ova karakteristična vremena su pojedinačno objašnjenja na primerima. Zapaža se da  $T_E$ ,  $T_P$  i  $T_D$  imaju veze sa strategijom izgradnje, a ne, isključivo, sa gradnjom jednog jedinog modula.

### VREME IZGRADNJE I PONUDA SNAGE

Energija  $E_B$ , potrebna za podizanje jednog modula, povezana je sa vremenom izgradnje preko ponude snage  $I(t)$ :

$$E_B = \int_0^{T_B} I(t) dt \quad (1)$$

Za  $I(t)$  možemo napraviti različite pretpostavke:

-  $I(t) = I_{in} = \text{const}$ . To znači jednu raspoloživu konstantu isporuku sa energetskeg tržišta. Onda je:

$$E_B = I_{in} \cdot T_B \quad (2)$$

U ovom slučaju su vreme izgradnje i investirana energija linearno zavisni. Svaki dalji modul u ovakvom linearnom slučaju ima opet isto vreme izgradnje  $T_B = E_B/I_{in}$ , tako da je vreme završetka  $n$  modula

$$T_{Bn} = n \cdot T_B \quad (3)$$

- Mogu se zamisliti razne druge tržišne strategije. Dalje će nas, naročito, interesovati jedna vremenski eksponencijalno rastuća isporuka:

$$I(t) = I_0 \exp(at) \quad (4)$$

Pri tome je, a vezano sa vremenom podvostručenja  $T_D$  tako da je  $a = \ln 2/T_D$ . Onda možemo reći da je rok dovršenja  $n$ -tog modula:

$$T_{Bn} = (1/a) \ln(1 + n \cdot a \cdot T_B) \quad (5)$$

$T_{BN}$  ne raste više linearno sa  $n$ , nego sa rastućim  $n$  sve sporije. Vreme gradnje pojedinačnog modula se, dakle, skraćuje sa rastućim brojem  $n$ . Za gradnju  $n$ -tog modula potrebno je vreme:

$$T_{Bn} - T_{B(n-1)} = (1/a) \ln\{(1 + n \cdot a \cdot T_B)/(1 + (n-1) \cdot a \cdot T_B)\} \quad (6)$$

U ovom odnosu smo radi skraćivanja stavili  $T_B = E_B/I_0$ ; bilo bi to vreme izgradnje pri konstantnoj ponudi snage  $I_0$ .

Celokupnim razmatranjem i diskusijom o izgradnji modularnih energetskih sistema želelo se pokazati da uprkos faktora dobitka energije  $g > 1$  postoje ograničenja da jedan takav energetski sistem unutar navedenog vremena bude energetski i privredno produktivan.

U razmatranju su izvedeni odnosi koji vrede za modularne energetske sisteme. Budući razvoj modela bi mogao krenuti od pretpostavke da se umesto energije za gradnju jednog modula stavi cena koštanja za izradu jednog proizvoda unutar nekog vremena  $T_B$ . Faktor dobitka energije  $g$  opisuje, onda, zaradu u prodaji ovog proizvoda nakon jednog perioda od  $T_L$  sa  $g-1$ .

Krivulja iskustva prognozira da se  $g$  povećava sa rastućom celokupnom proizvodnjom. Ova zavisnost se može u danim odnosima jednostavno uzeti u obzir i to, naročito, sa upotrebom računara. U jednoj takvoj, sa prodajom rastućom,  $g$  vrednosti za vreme  $t > T_L$  (vreme života), uzima se u obzir i jedan povratni dobitak u energiji izgradnje iz kruženja.

UDK: 66.046.59:504.53.062.4

**ISPITIVANJE  
HEMIJSKOG  
SASTAVA PEPELA  
LIGNITA KOSOVO  
I MOGUĆNOST  
BIOLOŠKE  
REKULTIVACIJE  
NA DEPONIJU  
PEPELA**

*INVESTIGATION OF THE CHEMICAL  
COMPOSITION OF ASH GENERATED FROM  
KOSOVO LIGNITE AND THE POSSIBILITY FOR  
BIOLOGICAL LAND RECLAMATION ON ASH  
DUMPS*

Dragoljub Urošević  
Radoslav Filipović

Izvedena istraživanja su imala za cilj da se ispituju mehaničke, hemijske i agrohemijske osobine pepela lignita Kosovo i da se na osnovu dobijenih rezultata proceni mogućnost biološke rekultivacije na deponiji. Biološka rekultivacija na deponijama nastalim odlaganjem pepela iz termoelektrana u kosovskom ugljenom basenu i deponija je od bitnog značaja za zaštitu ekosistema od zagađenja. Da bi se sagledala mogućnost biološke rekultivacije na deponiji pepela, neophodno je bilo ispitati hemijski sastav komponenti pepela. Hemijski sastav je ispitivan iz letećeg pepela, pepela iz rovnog uglja i iz elektrofiltarskog pepela. Najveći udeo iz sva tri oblika pepela ima CaO (32,4 - 44,7%), zatim slede SiO<sub>2</sub> (22,5-30,4%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (4,2-10,0%), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (5,9- 8,9%), SO<sub>3</sub> (8,6 - 13,7%), MgO (3,2 - 6,7%), Na<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(1,0 - 1,8%), K<sub>2</sub>O (0,2 - 0,9%), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (0,3 - 0,6%) i TiO<sub>2</sub>(0,2 - 0,6%).

Veliko prisustvo CaO u pepelu uslovljava visoku hemijsku aktivnost (pH) pepela i druge nepovoljne osobine, što je nepovoljno za biološku rekultivaciju pepela. Kalcijum oksid sa vodom daje Ca(OH)<sub>2</sub> i, sa CO<sub>2</sub> iz vazduha, gradi CO<sub>3</sub> (karbonat) i na spoljnoj površini pepela stvara se tvrda pokorica, što u izvesnom stepenu umanjuje eolsku eroziju pepela, ali otežava biološku rekultivaciju.

U sledećoj tabeli navedene su srednje minimalne i maksimalne vrednosti sadržaja hemijskog sastava SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, MgO, SO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>O, TiO<sub>2</sub> pepela iz uglja i iz elektrofiltarskog pepela Kosovo. Radi poređenja naveden je hemijski sastav elektrofiltarskog pepela iz uglja Kolubara.

Kada se uporede rezultati hemijskog sastava pepela uglja Kosovo i pepela uglja Kolubara jasno se može zapaziti da je velika razlika u sadržaju kalcijum karbonata (CaO) u pepelu uglja. Srednje vrednosti sadržaja navedenih komponenti u pepelu uglja kolubara su CaO (4,2%), SiO<sub>2</sub> (55,3%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (26,7%), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (7,0%), MgO (2,1%), SO<sub>3</sub> (0,1%), Na<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (0,3%). U pepelu uglja kolubara ima znatno manje CaO, SO<sub>3</sub>, a više SiO<sub>2</sub> i Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> u odnosu na pepeo uglja kosovo što je znatno povoljnije za biološku rekultivaciju. Manji sadržaj SiO<sub>3</sub> je važan jer smanjuje aerozagađenje i nastajanje kiselih kiša.

Rezultati istraživanja granulometrijskog sastava pepela uglja Kosovo ukazuju da je najveći sadržaj u pepelu čestica peska veličine (2,0 - 0,02) mm i to iznad 95%, koje su podložne eolskoj eroziji. Čestica praha (0,02 - 0,002) mm ima (0,5 - 2,6%), a frakcija gline je zanemarljiva (0,2 - 1,9%).

Za biološku rekultivaciju je bilo važno ispitati sadržaj nekih makro i mikroelemenata. Mikroelementi

Hemijski sastav pepela iz uglja Kosovo, %								
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	TiO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O
x	32.5	8.9	8.8	34.1	4.8	0.4	9.7	0.8
Min.	26.4	7.6	7.1	27.9	4.1	0.4	5.3	0.5
Max.	38.1	10.3	9.4	40.3	5.7	0.4	14.1	1.2
Hemijski sastav elektofilterskog pepela Kosovo, %								
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	TiO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O
x	28.8	7.9	8.8	33.9	4.3	0.4	11.7	0.8
Min.	24.2	7.0	7.0	29.3	3.3	0.4	9.7	0.5
Max.	33.4	8.9	10.2	38.6	5.3	0.4	13.6	1.1
Hemijski sastav elektofilterskog pepela Kolubara, %								
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	TiO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O
x	55.3	26.7	7.0	4.2	2.1	-	0.1	0.3

u većoj količini mogu da budu toksični za biljke, što otežava biološku rekultivaciju.

Sadržaj makroelemenata u pepelu je sledeći: K<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (133mg/100 g pepela), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (24 mg/100 g), mikroelementi: Co (180 mg/100 g); Mo (1200 mg/100 g), Zn (0,7 mg/100 g), Mn (3,2 mg/100 g), Cu (0,03 mg/100 g). Očigledan je veliki sadržaj kobalta i molibdena. Sadržaj teških metala i drugih toksičnih elemenata u pepelu je, takođe, bitan jer se odražava na rast i razvoj biljaka, a može da se ugradi u biljke. Sadržaj toksičnih elemenata u pepelu uglja Kosovo (maksimalni i minimalni) je sledeći: Ni (159,0 - 277,7) mg/kg, Co (28,5 - 36,4) mg/kg, Cd (5,0 - 7,9) mg/kg, Pb (44,3 - 41,6) mg/kg, Cr (154,0 - 250) mg/kg, As (2,0 - 5,0) mg/kg. Prema Pravilniku o dozvoljenim količinama opasnih i štetnih ma-

terija u zemljištu, uočava se, naročito, povećan sadržaj nikla, kadmijuma i broma, jer su MDK za Ni (100 mg/kg); Cd (2 mg/kg), Cr (100 mg/kg); Pb (100 mg/kg).

Hemijska aktivnost (pH) ima važnu ulogu u stepenu pristupačnosti makro i mikroelemenata i teških metala za biljke. Hemijska aktivnost pepela u vodi je vrlo visoka u površinskom delu deponije. Do 60 cm dubine je iznad 9,5, na dubini do 120 cm pH je iznad 10. U bazenu za hidraulički transport pepela pH je 12. U površinskom delu deponije dolazi do ispiranja CaO. Navedena hemijska aktivnost u pepelu je visoka i nepovoljna za rast i razvoj biljaka.

U radu je tabelarno prikazan širi opseg teških metala i mikroelemenata i tekstualno - srednji sadržaj ovih elemenata u zemljinoj kori.

UDK:622,18:666.94.052

# UTICAJNI PARAMETRI PROCESA NA EMISIJU GASOVITIH I ČVRSTIH KOMPONENATA IZ ROTACIONE PEĆI ZA PROIZVODNJU CEMENTNOG KLINKERA

*PARAMETERS DETERMINATIVE FOR THE  
EMISSION OF GASEOUS AND SOLID  
COMPONENTS WHICH APPEAR IN THE  
PROCESS OF CEMENT CLINKER PRODUCTION  
IN ROTARY KILNS*

Miroslav Stanojević  
Đorđe Čobanović  
Predrag Blagojević

U radu su izvršena razmatranja ispitivanja efikasnosti rada elektrofiltarskog postrojenja i određivanja emisije gasovitih i čvrstih komponenata iz rotacione peći za proizvodnju cementnog klinkera.

Ispitivanja elektrofiltarskog postrojenja, koja se ograničavaju samo na merenja karakteristika gasovitih i čvrstih komponenata na ulazu i izlazu, nisu dovoljna za analizu efikasnosti otprašivanja u odnosu na uslove rada rotacione peći. Prema tome, potrebno je da se merenji obuhvate i određeni parametri rada rotacione peći.

Prikazani su rezultati obavljenih ispitivanja na postrojenju rotacione peći suvog postupka proizvodnje cementnog klinkera (sa sistemom od četiri stupnja ciklonskih izmenjivača toplote i komorom za pretkalcinaciju sirovinske smeše) kapaciteta 3000 t/dan, koja su obuhvatila merenja karakteristika dimnih gasova, goriva, sirovinske smeše, materijala na ulazu u peć, prašine u dimnim gasovima, cementnog klinkera i drugih parametara koji određuju emisiju gasovitih i čvrstih komponenata iz procesa.

## PARAMETRI MERENJA – ELEKTROFILTAR

Ispitivanja emisije gasovitih i čvrstih komponenata iz rotacione peći za proizvodnju cementnog klinkera podrazumevaju merenja u delu postrojenja za odvod i prečišćavanje dimnih gasova, odnosno u mernim ravni, ispred i iza elektrofiltra. Ovim ispitivanjima obuhvaćeno je određivanje:

- sastava ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ , i  $\text{CO}$ ), udela vlage, temperature, pritiska i protoka gasa u ulaznoj i izlaznoj mernoj ravni,
- koncentracije čvrstih čestica u ulaznoj i izlaznoj mernoj ravni, stepena otprašivanja,
- koncentracije sumpornih i azotnih oksida i ugljenmonoksida ( $\text{SO}_x$ ,  $\text{NO}_x$  i  $\text{CO}$ ) u izlaznom gasu iz elektrofiltra i
- ukupne emisije čvrstih čestica i gasovitih komponenata ( $\text{SO}_x$ ,  $\text{NO}_x$  i  $\text{CO}$ ).

## PARAMETRI MERENJA – ROTACIONA PEĆ

Ispitivanja rotacione peći podrazumevaju merenja svih parametara procesa na osnovu kojih se definišu: uslovi sagorevanja goriva (višak vazduha), karakteristike produkata sagorevanja, izdvojeni tehnološki gasovi iz sirovinske smeše, karakteristike dimnih gasova i prašine koja se odnosi dimnim gasovima iz postrojenja peći, kao i usisani parazitski vazduh.

Na osnovu proračuna materijalnog bilansa procesa u rotacionoj peći i ciklonskim izmenjivačima toplote postavljeni su izrazi za određivanje količina i zapreminskih udela pojedinih komponenata u dimnim gasovima.

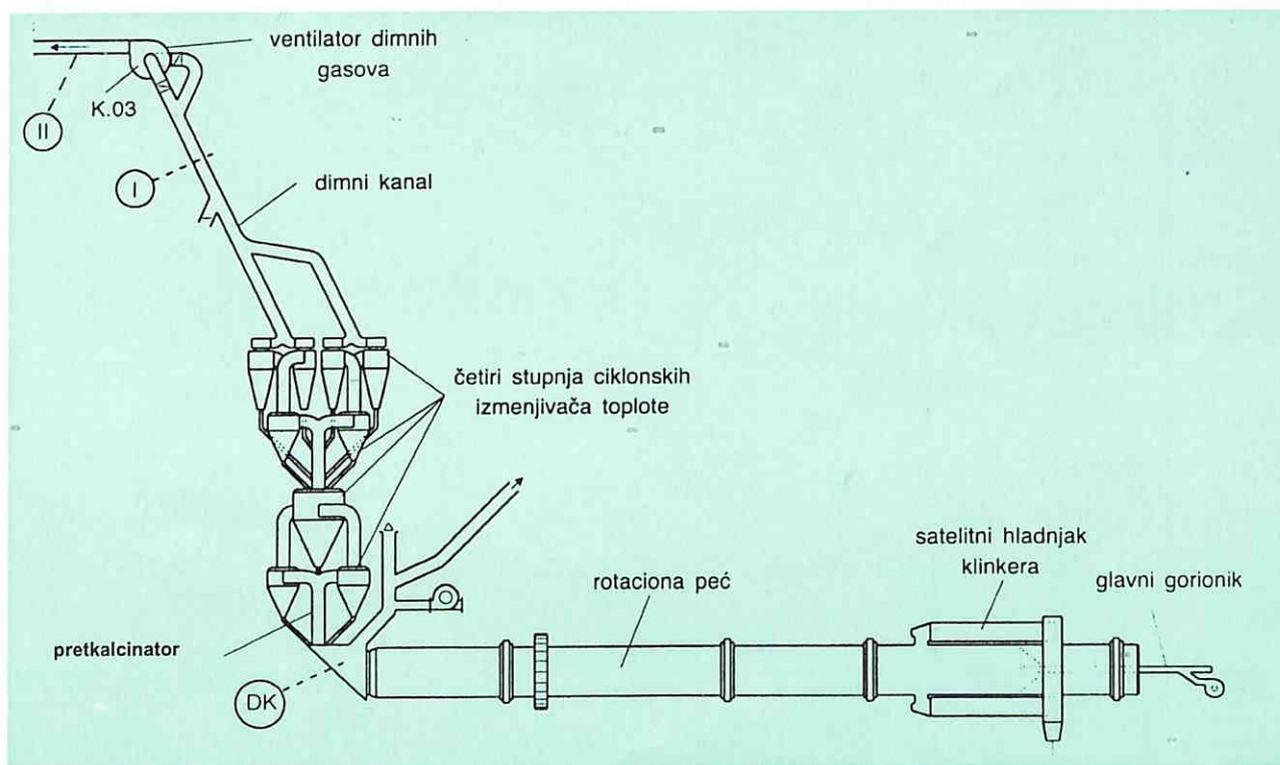
PARAMETRI MERENJA – MLIN SIROVINSKE SMEŠE

Parametri merenja za postrojenje rotacione peći suvog postupka proizvodnje cementnog klinkera, sa sistemom ciklonskih izmenjivača toplote i uređenjem za pretkalcinaciju sirovinske smeše, obuhvataju podatke o: sirovinskoj smeši (na ulazu u ciklonske izmenjivače toplote), materijalu (na ulazu u rotacionu peć), cementnom klinkeru (na izlazu iz hladnjaka), prašini u dimnim gasovima (na izlazu iz ciklonskih izmenjivača toplote), gorivu za sagorevanje (u rotacionoj peći, pretkalcinatoru), vazduhu za sagorevanje (u rotacionoj peći, pretkalcinatoru) i dimnim gasovima (na izlazu iz rotacione peći, izlazu iz pretkalcinatora, izlazu iz ciklonskih izmenjivača toplote, izlazu iz ventilatora dimnih gasova).

Karakteristične merne ravni za postrojenje rotacione peći prikazane su na šemi (slika 1).

U slučaju kada se dimni gasovi, koji izlaze iz ciklonskih izmenjivača toplote, jednim delom koriste za sušenje sirovinske smeše u mlinu, ispitivanja obuhvataju i parametre procesa mlina.

Parametri merenja za mlin sirovinske smeše obuhvataju podatke o: sirovinskoj smeši (protok, udeo vlage na ulazu u mlin, udeo vlage na izlazu iz mlina), dimnim gasovima koji se dovode iz rotacione peći u mlin (protok, sastav, koncentracija čvrstih čestica) i dimnim gasovima koji se iz mlina odvođe u rashladni toranj i elektrofilter (protok, sastav i koncentracija čvrstih čestica). Karakteristične merne ravni za mlin sirovinske smeše, kula za hlađenje i elektrofilter prikazane su na šemi (slika 2.)



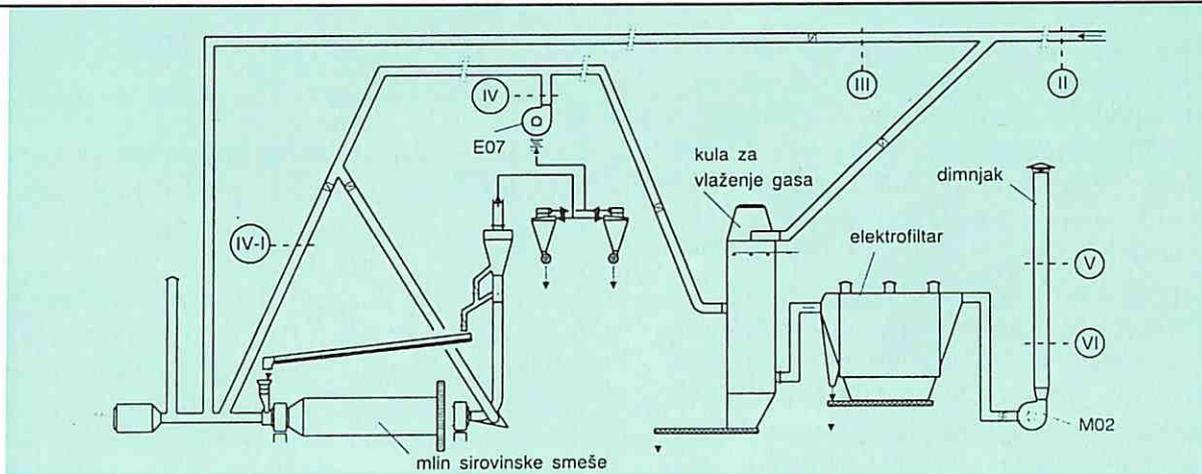
slika 1 Rotaciona peć sa ciklonskim izmenjivačima toplote i pretkalcinatorom, Karakteristične merne ravni: DK – dimna komora (izlaz gasova iz peći), I – dimni kanal (izlaz iz ciklonskih izmenjivača toplote)

PRIKAZ ISPITIVANJA ROTACIONE PEĆI

U odnosu na rad elektrofilterskog postrojenja moguća su dva osnovna režima rada rotacione peći, i to: 1 - mlin sirovinske smeše u pogonu (pri čemu se deo dimnih gasova koji izlaze iz peći koristi u mlinu za

sušenje sirovine), 2 - mlin sirovinske smeše van pogona.

U tabeli 1 prikazane su karakteristike dimnih gasova u svim merimim ravnima od izlaza iz peći do izlaza iz elektrofiltera, a u tabeli 2 rezultati proračuna emisije gasovitih i čvrstih komponentata iz procesa na osnovu podataka merenja.



slika 2 Mlin sirovinske smeše, kula za hlađenje i elektrofiltrar rotacione peći, Karakteristične merne ravnii: II – dimni kanal (iza ventilatora dimnih gasova KO3), III – dimni kanal (ka mlinu sirovinske smeše), IV – dimni kanal (iza mlina sirovinske smeše), IV-I – dimni kanal (povratni vod u mlin sirovinske smeše), V, VI – dimnjak

Režim rada rotacione peći:		Mlin sirovine u pogonu	Mlin sirovine u pogonu	Mlin sirovine van pogona
Izlaz iz peći (merna ravan DK)				
Temperatura	°C	947.5	953.7	926.7
Pritisak	mbar	-4.90	-4.62	-4.79
Sastav suvog gasa:				
CO <sub>2</sub>	%	9.08	9.87	9.59
O <sub>2</sub>	%	7.96	7.07	7.40
N <sub>2</sub>	%	82.96	83.06	83.01
Izlaz iz ciklonskih izmenjivača toplote (merna ravan I)				
Temperatura	°C	443	440	427
Pritisak	mbar	-35.29	-34.00	-35.33
Sastav suvog gasa:				
CO <sub>2</sub>	%	24.5	25.6	27.1
O <sub>2</sub>	%	4.3	3.2	2.9
N <sub>2</sub>	%	71.2	71.2	70.2
Iza ventilatora dimnih gasova K.03 (merna ravan II)				
Temperatura	°C	408.1	404.8	399.6
Pritisak	mbar	-	-	-
Sastav suvog gasa:				
CO <sub>2</sub>	%	22.9	24.2	24.1
O <sub>2</sub>	%	5.4	4.5	4.5
N <sub>2</sub>	%	71.7	71.3	71.4
Iz mlina sirovine (merna ravan IV)				
Temperatura	°C	140.0	142.0	-
Pritisak	mbar	3.46	2.18	-
Sastav suvog gasa:				
CO <sub>2</sub>	%	13.8	14.4	-
O <sub>2</sub>	%	11.6	11.0	-
N <sub>2</sub>	%	74.6	74.6	-
Iza elektrofiltra (merna ravan V)				
Temperatura	°C	132	138	192
Pritisak	mbar	2.92	2.89	2.47
Sastav suvog gasa:				
CO <sub>2</sub>	%	14.4	14.6	17.1
O <sub>2</sub>	%	9.7	9.5	8.3
N <sub>2</sub>	%	75.9	75.9	74.6

tabela 1 Karakteristike dimnih gasova

Režim rada rotacione peći:		Mlin sirovine u pogonu	Mlin sirovine u pogonu	Mlin sirovine van pogona
Temperatura gasa		132	138	192
Zapreminski udeo CO <sub>2</sub> u suvom gasu	%	14.4	14.6	17.1
Zapreminski udeo O <sub>2</sub> u suvom gasu	%	9.7	9.5	8.3
Gustina vlažnog gasa (na 0°C i 1.013 bar)	kg/m <sup>3</sup>	1.274	1.268	1.279
Koncentracija praha u gasu	g/m <sup>3</sup>	0.896	1.343	5.859
Stepen odvajanja	%	99.01	98.03	85.64
Koncentracija SO <sub>2</sub> u suvom gasu (na 0°C i 1.013 bar)	g/m <sup>3</sup>	1.068	1.409	1.594
Koncentracija NO <sub>2</sub> u suvom gasu (na 0°C i 1.013 bar)	g/m <sup>3</sup>	0.391	0.333	0.363
Koncentracija CO u suvom gasu (na 0°C i 1.013 bar)	g/m <sup>3</sup>	1.663	1.692	1.250
Emisija praha u atmosferi	kg/h	303	570	1670
Emisija SO <sub>2</sub> u atmosferi	kg/h	305	498	378
Emisija NO <sub>2</sub>	kg/h	112	118	86
Emisija CO u atmosferi	kg/h	475	598	296

tabela 2 Emisija gasovitih i čvrstih komponenata

### ANALIZA REZULTATA ISPITIVANJA

Rezultati ispitivanja, koji su prikazani u tabelama 1 i 2, obuhvataju režim rada sa mlinom sirovinske smeše u pogonu (dva ispitivanja) i sa mlinom sirovinske smeše van pogona (jedno ispitivanje). Uočava se da se uslovi rada, a time i efikasnost prečišćavanja dimnih gasova u elektrofiltru, za navedene režime značajno razlikuju. U slučaju kada je mlin sirovinske smeše van pogona, odnosno kada se dimni gasovi iz rotacione peći odvedu u celini u rashladni toranj i elektrofilter, dolazi do smanjenja stepena odvajanja čvrstih čestica.

Analiziran je uticaj temperature na specifičnu električnu otpornost prašine, koja je sadržana u izlaznim gasovima. Pri temperaturi od 200°C specifična električna otpornost prašine iz rotacione peći suvog postupka proizvodnje cementnog klinkera ima najnepovoljniju vrednost (iznad 10<sup>3</sup> Ω·cm), što dovodi do pogoršanja efikasnosti otprašivanja u elektrofiltru. U režimu rada rotacione peći sa mlinom sirovinske smeše u pogonu prosečna temperatura dimnih gasova u elektrofiltru bila je 135°C, što je uslovalo da specifična električna otpornost prašine bude niža. Ovo je imalo za posledicu i visoku efikasnost rada elektrofiltra, odnosno stepen izdvajanja od 98÷99 % (tabela 2). U režimu rada rotacione peći sa mlinom sirovinske smeše van pogona temperatura dimnih gasova u elektrofiltru bila je 192°C, a stepen izdvajanja 85,64 %.

Merenja emisije gasovitih komponenata u atmosferu obuhvatila su i određivanje ugljen-monoksida, sumpornih i azotnih oksida (tabela 2). Radi upoređenja izvršeno je svodenje izmerenih vrednosti komponenata u iz-

laznim dimnim gasovima na referentnu vrednost zapreminskog udela kiseonika od 3%. Za tri ispitivana režima vrednosti koncentracije NO<sub>2</sub> u suvom dimnom gasu (svedeno na 0°C, 1.013 bar i 3 % O<sub>2</sub>) iznosile su 0,622, 0,521 i 0,514 g/m<sup>3</sup>, odnosno nisu pokazivale izražena variranja. Na formiranje azotnih oksida najveći uticaj imaju uslovi sagorevanja goriva. Kod procesa sa pretkalcinacijom (slučaj kod ispitivane peći) deo goriva (30÷50 %) sagoreva na nižim temperaturama u pretkalcinatoru, što ima kao prateći efekat smanjenje pojave azotnih oksida. Koncentracija azotnih oksida u izlaznim dimnim gasovima merena na rotacionoj peći bez pretkalcinatora iznosila je 1,17÷1.50 g/m<sup>3</sup>, odnosno prosečno 1,309 g/m<sup>3</sup> (svedeno na 0°C, 1,013 bar i 3 % O<sub>2</sub>). Uočava se da je koncentracija azotnih oksida znatno viša kod rotacionih peći bez pretkalcinatora nego kod rotacionih peći sa pretkalcinatorom.

### ZAKLJUČAK

Određivanje efikasnosti otprašivanja elektrofiltra i emisije gasovitih i čvrstih komponenata iz procesa proizvodnje cementnog klinkera u rotacionoj peći, zahteva ispitivanja koja, pored parametara rada elektrofiltra, moraju obuhvatiti i određene parametre rada peći.

Primenom navedene metodologije ispitivanja određuju se karakteristike dimnih gasova neposredno direktnim merenjem i posredno - na osnovu podataka materijalnog i toplotnog bilansa rotacione peći za period ispitivanja.

Ovakav pristup omogućava da se odrede uticaji karakteristika rada peći na karakteristike dimnih gasova i čvrstih čestica na izlazu, a time i na rad elektrofiltra.

*Kada se govori o troškovima otkopavanja, najčešće se misli na ukupne troškove otkopavanja, a rede se analiziraju troškovi pojedinih faza tehnološkog procesa.*

*U okviru istraživanja racionalnog korišćenja mineralnih sirovina urađena je analiza troškova glavnih faza otkopavanja velikih rudnih tela i utvrđeno učešće svake faze u ukupnim troškovima.*

*Princip za određivanje troškova je definisanje modela troškova za svaku fazu i to: troškova materijala, troškova radne snage i troškova kapitala-sredstva (amortizacija, održavanje, osiguranje, kamata na sredstva).*

*Urađena analiza ukazuje da troškovi faza pripreme, podgrađivanja i hidrozasipavanja spadaju u grupu koja ima manji uticaj, ali su zato troškovi bušenja, miniranja i utovara (odvoza) znatno većeg uticaja i čine 60-75% ukupnih troškova.*

## UVOD

Kroz temu naučno-istraživačkog projekta (Istraživanje tehnoloških parametara podzemne eksploatacije, uticajnih na eksploatabilni sadržaj metala u rudi, sa ciljem racionalnog korišćenja resursa), programirano je istraživanje troškova otkopavanja, kako ukupnih, tako i po glavnim fazama rada, sa namerom da se utvrdi učešće troškova pojedinih faza u ukupnim troškovima (ovde se misli na direktne troškove otkopavanja). Urađena analiza pokazuje da pretežni deo troškova otkopavanja velikih rudnih tela čine bušenje, miniranje i utovar (odvoz) 60-75%, dok ostatak čine troškovi pripreme otkopa, podgrađivanje i hidrozasipavanje. Ostali troškovi, kao što su troškovi servisiranja otkopa, provetravanja otkopa i glavni transport, nisu uzimani u otkopne troškove, jer su oni deo jamskih ili rudničkih troškova.

Navedeni zaključak pokazuje da se tri faze otkopavanja moraju stalno pratiti i analizirati, a - isto tako - da se korišćenje samohodne opreme mora nalaziti u zoni optimalnosti troškova (gde su troškovi najmanji).

## TOK I REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Istraživanja su usmerena na utvrđivanje troškova pojedinih faza otkopavanja velikih rudnih tela i to: pripreme za otkopavanje (pr.), bušenja (buš.), miniranja (min.), utovara - odvoza (ut.-odv.), podgrađivanja otkopa (podgr.) i hidrozasipavanja (zas.). Površine rudnih tela se kreću, od nekoliko stotina m<sup>2</sup>, do nekoliko hiljada m<sup>2</sup>, a nagib je 30 - 50°. Oblik rudnih tela je vrlo promenljiv, a poprečni presek se, takode, menja po visi-

UDK: 622.2:657.471

naučni rad

# OSETLJIVOST TROŠKOVA GLAVNIH FAZA OTKOPAVANJA VELIKIH RUDNIH TELA U FUNKCIJI KAPACITETA

VARIABILITY OF COSTS BORNE IN THE MAIN  
MINING STAGES OF LARGE ORE BODIES AS A  
FUNCTION OF MINE CAPACITIES

Ljubomir Spasojević  
Dušan Crnobrić

ni. U istraživanju se pošlo od ekvivalentnog oblika rudnog tela, tj. da je  $P = m \times L$ , gde je "m" moćnost, a "L" dužina na poprečnom preseku gde se otkopava, Za matematičko istraživanje dužine L, kao dužine odvoza rude, uveden je koeficijent oblika rudnog tela i to  $K = L / m$ , koji je najčešće 1 do 4, mada ima izduženih rudnih tela gde je koeficijent K znatno veći.

Svaka faza tehnološkog procesa otkopavanja analizirana je uzimanjem u obzir troškova materijala i energije, troškova radne snage i troškova kapitala, a sve u funkciji otkopane rudne površine (P), odnosno količine otkopane rude ( $Q_r$ ) tabela 1. Tako je utvrđen opšti izraz troškova otkopavanja

$$t_{ot} = A + C \cdot \sqrt{P \cdot K} + \frac{B}{P} (din / t),$$

gde su:

A,B,C - konstante za odabrani način izvođenja neke faze tehnološkog procesa

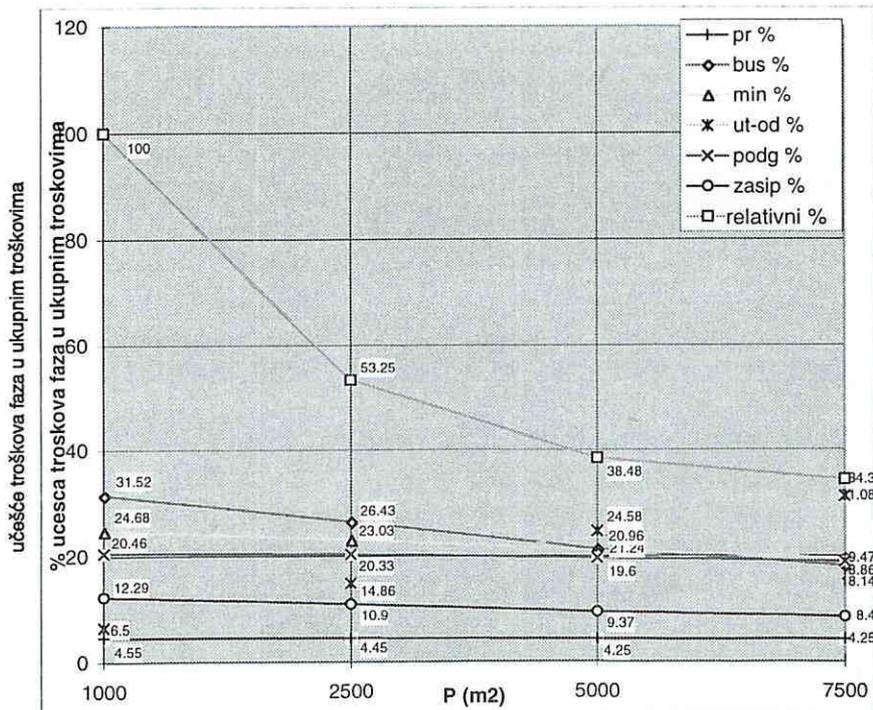
K - koeficijent oblika rudnog tela ( $K=L/m$ )

P - otkopana površina rudnog tela (ili ekvivalent otkopane količine rovne rude) u  $m^2$ .

Za analiziranje u ovom istraživanju uzeto je više mogućih varijanti za izvođenje pripreme za otkopavanje, kao i načina izvođenja i korišćenja opreme za faze: bušenje, miniranje, utovar-odvoz, podgrađivanje i zasi-pavanje. Kao primer za prikaz iz ove analize daje se struktura troškova po fazama i to, za  $K=1$  i  $K=3$ , sve u funkciji otkopane površine ( $m^2$ ) slika 1.

Površina	$m^2$	K1				K3			
		1000	2500	5000	7500	1000	2500	5000	7500
pr.	%	4.55	4.45	4.25	4.25	4.48	4.23	3.85	3.55
buš.	%	31.52	26.43	21.24	18.14	30.98	25.11	19.37	15.91
min.	%	24.68	23.03	20.96	19.47	24.26	21.89	19.03	17.07
ut-odv.	%	6.5	14.86	24.58	31.08	8.1	19.1	31.55	39.56
podgr.	%	20.46	20.33	19.6	18.86	20.1	19.31	17.79	16.54
zasip.	%	12.29	10.9	9.37	8.4	12.08	10.36	8.51	7.37
ukupno	%	100	100	100	100	100	100	100	100
relativni	%	100	53.25	38.48	34.3	100	54.84	41.68	38.44
odnosi	%	100			100	101.75			114.02

tabela 1 Sistem B – Struktura troškova po fazama za  $K = 1,3$  u funkciji otkopane površine ( $P m^2$ )



slika 1 Sistem B– Procentualna struktura troškova otkopavanja i kriva ukupnih troškova u funkciji otkopne površine (sve za  $K=1$ )

## ZAKLJUČAK

Kao deo programa istraživanja u okviru projekta, odnosno teme Istraživanje tehnoloških parametara podzemne eksploatacije, uticajnih na eksploatabilni sadržaj metala u rudi, sa ciljem racionalnog korišćenja resursa, analizirani su troškovi glavnih faza tehnološkog procesa otkopavanja velikih rudnih tela. Pritom je utvrđeno sledeće:

- Najveće učešće u ukupnim troškovima otkopavanja imaju bušenje, miniranje i utovar (odvoz), i oni čine 60-75% ukupnih troškova. Zbog toga su neophodni stalno praćenje i analiza ovih troškova.

- Za sve sisteme opreme, uređaja i instalacija uključenih u proces otkopavanja, neophodno je da rade u zoni optimalnosti.

- Ostali troškovi (priprema, podgrađivanje, hidrozasipavanje), iako su sa manjim učešćem (25-40%), takode, zaslužuju svu pažnju, a posebno troškovi podgrađivanja.

Problematika ventilacije u podzemnim rudnicima olova i cinka je dosta izražena zbog sledećih faktora:

- sve većeg intenziteta izdvajanja lebdeće mineralne prašine usled primene produktivnije mehanizacije i jednovremenog miniranja veće količine eksploziva. Prašinu iz rude i pratećih stena u ovim rudnicima karakteriše visoki sadržaj slobodnog silicijum dioksida ( $\text{SiO}_2$ ), što je čini agresivnom i izaziva silikozu kod rudara;
- povećanih količina štetnih gasova usled primene mehanizacije na dizel pogon i miniranja veće količine eksploziva,
- povećanih temperatura masiva usled izvođenja radova na sve većoj dubini,
- oslobađanja značajne količine toplote pri radu mašina na dizel pogon,
- pojačane oksidacije sulfidne rude usled povećanog sadržaja pirhotina i pirita sa povećanjem dubine rudarskih radova i
- dekoncentracije radova na više horizonata sa velikim brojem otkopa nepravilne konfiguracije, čije se otkopne površine kreću od nekoliko stotina do više hiljada  $\text{m}^2$ .

Rešavanju problematike ventilacije rudnika su dali značajan doprinos stručnjaci Rudarskog instituta Beograd - Zavod za ventilaciju i tehničku zaštitu i Rudarsko-geološkog fakulteta Beograd - Katedra za ventilaciju i tehničku zaštitu. Zahvaljujući njihovoj aktivnosti i rukovodstvima rudnika, svih 11 aktivnih rudnika olova i cinka u Srbiji su opremljeni glavnim ventilatorima za mehaničko provetravanje: Trepča - Stari trg, Rudnik - Rudnik, Belo Brdo, Crnac - Leposavić, Veliki Majdan, Blagodat - Vranje, Lece - Medveda, Ajvalija, Badovac, Kišnica i Novo Brdo - Priština. Puštanjem u rad novougrađenih ventilatora značajno su poboljšani ventilacioni i klimatski uslovi, što je doprinelo boljem korišćenju mehanizacije i povećanju produktivnosti rada. U većim rudnicima su formirane posebne službe za ventilaciju, a u ostalim, u okviru službe za zaštitu, određena lica za obavljanje, isključivo, poslova vezanih za ventilaciju. Nažalost, u periodu od 1991 - 1995. g., zbog smanjenog obima proizvodnje ili privremene obustave rada, opalo je angažovanje u oblasti ventilacije rudnika.

Ponovnim aktiviranjem proizvodnje, naročito u jamama u kojima se sve više koristi oprema na dizel pogon, osetila se potreba za obnavljanjem i poboljšanjem ventilacije rudnika.

U ovome radu su dati prikazi osnovnih karakteristika ventilacionih mreža, ventilacionih uređaja i problematike ventilacije u navedenim rudnicima. Dat je prikaz stanja i problematike ventilacije otkopa, pri

UDK: 622.44:622.344

pregledni rad

# STANJE I PROBLEMATIKA VENTILACIJE RUNIKA OLOVA I CINKA SRBIJE

ACTUAL CONDITION AND PROBLEMS IN THE  
VENTILATION SYSTEMS OF LEAD AND ZINC  
MINES IN SERBIA

Jovan Pejčinović  
Ratko Brašnjević  
Dušan Stajević  
Komnen Đinović  
Dragan Krunić

čemu je poseban akcenat dat ventilaciji u uslovima primene dizel-hidraulične opreme.

S obzirom na ograničeni obim rada i veliki broj rudnika u tabeli 1 su date tehničke karakteristike ugrađenih ventilatora u svih 11 aktivnih rudnika. S obzirom na dubinu rudarskih radova rudnici se mogu svrstati u tri grupe.

U prvu grupu spadaju rudnici koji su otvoreni potkopima iznad kojih se nalaze svi rudarski radovi: Belo Brdo, Crnac, Rudnik i Blagodat. Kod ovih rudnika temperature jamskog masiva su niže. U ovim jamama nema problema sa temperaturama jamskog vazduha. Ventilacione mreže su - zbog njihove razgranatosti - i kod ovih rudnika veoma složene i duge.

Drugu grupu čine rudnici koji su, takode, otvoreni potkopima, ali u kojima se, sada, eksploatacija vrši ispod nivoa potkopa na dubinama do 200 m (Veliki Majdan, Lece, Novo Brdo, Badovac, Kišnica).

U poslednju grupu spadaju rudnici Ajvalija i Trepča, sa većim dubinama i izraženim toplotnim problemima.

U nastavku će se dati bitne karakteristike za rudnike Trepča i Ajvalija, kao rudnike sa posebno izraženom problematikom ventilacije.

Radi lakšeg uvida i poredenja, u tabeli 1 su dati tipovi i tehničke karakteristike ugrađenih glavnih ventilatora u svih 11 aktivnih rudnika, a u nastavku je dat prikaz šema i problematika ventilacije po rudnicima.

#### RUDNIK TREPČA – STARI TRG

Ovaj rudnik je najdublji i najsloženiji rudnik u eksploatacionom i ventilacionom pogledu kod nas. Dubina XI horizonta iznosi 850 m. Može se reći da su svih 11 horizonata aktivni, jer su na višim horizontima ostali neotkopani sigurnosni stubovi. Ukupna dužina ventilacionih puteva prelazi 150 km. U normalnim uslovima eksploatacije aktivno je oko 30 otkopa, čije su površine od 300 m<sup>2</sup> do preko 3000 m<sup>2</sup>. U mineralnoj paragenezi visoko učeće imaju pirit i pirhotin, naročito na X i XI horizontu (24 - 34 %). Sadržaj slobodnog SiO<sub>2</sub> u ležištu iznosi 16,4%, a u lebdećoj prašini 12,2%.

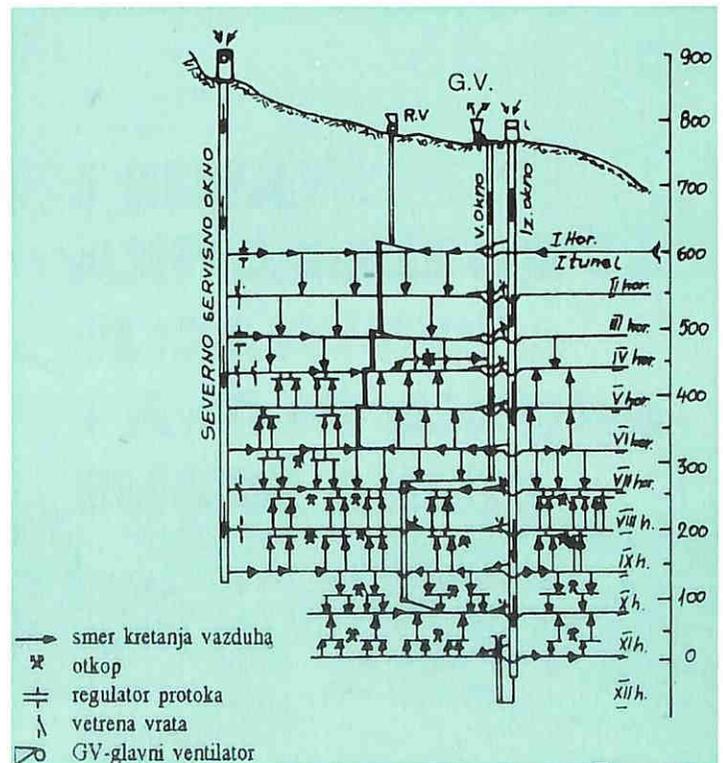
Temperatura masiva na XI horizontu iznosi 27,4 °C, a temperatura jamske vode 33 °C. Dosta su izraženi oksidacioni procesi, naročito po prestanku izdvajanja pirita i pirohtina iz flotacijske jalovine kojom se hidraulički zapunjavaju otkopani prostori. Jama se provetrava pod uticajem depresije glavnog ventilatora čije su karakteristike date u tabeli 1. Ventilator je pušten u rad 1972. g., ali, i sada svojom konstrukcijom predstavlja moderno postrojenje. Kapacitet se može regulisati hidrauličkim zaokretanjem lopatica radnog kola, bez zaustavljanja ventilatora. Vazduh se u jamu dovodi, kako se to vidi sa slike 1, izvoznim oknom za centralni deo jame i južno krilo do XI horizonta i severno krilo

XI horizonta i severnim servis oknom do XI horizonta i uskopima do otkopa X horizonta za severno krilo. Manja količina vazduha se u jamu dovodi potkopom "prvi tunel" za provetravanje pri izvozu rude dizel lokomotivama. Vazduh se iz jame odvodi ventilacionim oknom izrađenim u zaštitnom stubu izvoznog okna do VII horizonta, ventilacionim hodnikom na ovom horizontu koji povezuje ventilaciono i slepo ventilaciono okno izgrađeno u centralnom delu jame od X do VII horizonta.

Jama se sada provetrava radom ventilatora u I fazi sa prenosom snage pomoću reduktora količinom vazduha od 11.000 m<sup>3</sup>/min. Stanje ventilacije je, i pored velikih mogućnosti glavnog ventilatora, nezadovoljavajuće, naročito na severnom krilu X i XI horizonta, zbog otežanog dovođenja svežeg vazduha, jer severno servis okno nije izrađeno od IX do XI horizonta. Smanjenjem broja zasipnih uskopa otežano je provetravanje otkopnih komora. Neophodno je raditi uskope isključivo za provetravanje otkopa.

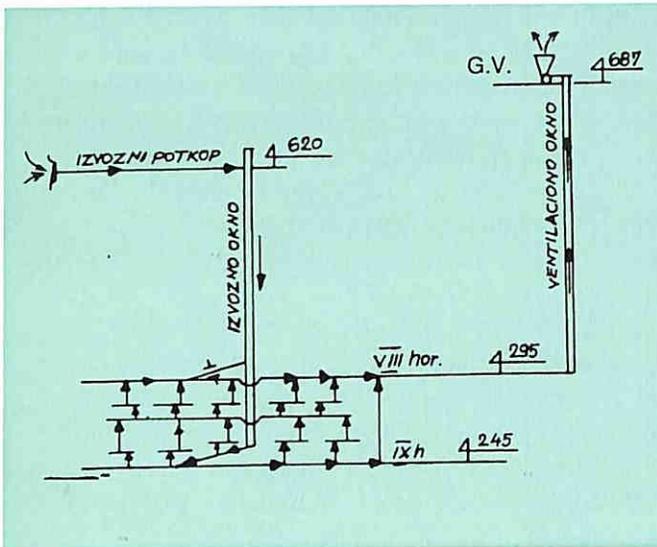
#### RUDNIK AJVALIJA

Sa dubinom IX horizonta od 538 m, spada u srednje duboke jame. Slepo izvožno okno je produbljeno do X horizonta. Jama se provetrava pod uticajem glavnog ventilatora VOD-16, priključenog na ušće ventila-



slika 1 Linearna šema provetravanja rudnika Trepča Stari Trg

cionog okna, kota 687 m, kako se to vidi sa linearne šeme slika 2.



slika 2 Linearna šema provetravanja rudnika Ajvalija

Svež vazduh se u jamu dovodi izvoznim potkopom na koti 620 m i slepim izvoznim oknom do IX horizonta. Sa IX horizonta vazduh preko prolazno-ventilacionih uskopa i otkopa IX i međuhorizonta IXa, odlazi na VIII horizont, preko koga odlazi do ventilacionog okna, kojim izlazi na površinu, pod uticajem depresije glavnog ventilatora, čije su karakteristike date u tabeli 1. Mali profil izvoznog potkopa predstavlja usko grlo za dovodenje veće količine svežeg vazduha. Loše su i veze između otkopa i horizonta za dovodenje i odvođenje vazduha na otkope. Usled neregulisane raspodele vazduha i kvara na jednom radnom kolu ventilatora 1992. god., što je za posledicu imalo intenziviranje oksidacije sulfidne rude, došlo je do endogenog jamskog požara u centralnom rudnom telu iznad međuhorizonta IXa, koji nije još u potpunosti saniran. Potrebno je rekonstruisati ventilacioni hodnik na VIII horizontu, izraditi nove prolazno-ventilacione uskope od IX do VIII horizonta, jer su postojeći delimično zarušeni. Potrebno je izvršiti generalni remont glavnog ventilatora.

Zbog dislokacije rudarskih radova treba premestiti na nove lokacije ventilatore u jamama Rudnik, Belo Brdo, Veliki Majdan, Crnac i Blagodat.

U svim rudnicima treba izvršiti regulaciju raspodele vazduha prema sadašnjoj dinamici radova.

UDK: 622.332  
 naučni rad

**ODREĐIVANJE  
 PARAMETARA ZA  
 GENETSKO-  
 -INDUSTRIJSKU  
 KLASIFIKACIJU  
 UGLJA  
 KOLUBARSKOG  
 BASENA  
 (JUGOSLAVIJA)**

*DETERMINATION OF PARAMETERS FOR  
 GENETIC AND INDUSTRIAL CLASSIFICATION OF  
 COALS FROM KOLUBARA COAL BASIN  
 (YUGOSLAVIA)*

Marko Ercegovic

Tokom poslednjih 30 godina posebno je intenziviran rad na klasifikaciji mrkih ugljeva u zemljama koje raspolažu velikim rezervama, uključujući i našu zemlju, sa stanovišta geneze, hemijsko-tehnoloških karakteristika i mogućnosti racionalnije upotrebe. On se velikim delom odvija i preko Ekonomske komisije za Evropu (ECE, Ženeva), i Međunarodnog komiteta za petrologiju uglja i kerogena (ICCP), u cilju izbora i standardizacije relevantnih parametara klasifikacije. Neki od parametara već se nalaze u standardima ASTM, ISO i ICCP. Koordinirani rad na ovoj problematici omogućava uspostavljanje jedinstvenog međunarodnog sistema klasifikacije, koji uzima u obzir i sve specifičnosti uslova geneze i karbonifikacije uglja, zavisno od geološke grade i geotektonskog sklopa prostora na kome se danas nalaze glavna ležišta mrkih ugljeva u svetu.

Obradom velikog broja podataka o kvalitetu iz tehničkih i elementarnih analiza uglja kolubarskog basena (1150), kao i podataka o hemijskom sastavu i termotehničkim osobinama pepela (880), bliže su definisani i međusobno korelisani pojedini parametri u datom predlogu genetsko-industrijske klasifikacije ispitivanog uglja. Proučavane korelacije su omogućile uspostavljanje određenih veza između genetskih faktora (tip facije) i hemijsko-tehnoloških karakteristika kolubarskog uglja. One, takođe, omogućavaju rangiranje predloženih parametara za prognoznu ocenu kvaliteta i mogućnosti korišćenja ispitivanog uglja (sagorevanje, gasifikacija, briketiranje, hidrogenizacija i sl.).

Analize petrografskog sastava i kvaliteta potiču iz I (povlatnog), II (glavnog) i III (podinskog) ugljenog sloja sa prostora eksploatacionih polja C, D, E, F, G, Šopić-Lazarevac, Tamnava, Radljevo i Zvizdar.

Za prikazivanje kvaliteta kolubarskog uglja korišćeni su sledeći parametri: ukupna vlaga, specifična vlaga, pepeo, ukupni sumpor, isparljive materije, donja toplota sagorevanja, sadržaj ulja iz švelne analize i podaci iz elementarne analize. U predloženom sistemu klasifikacije za izdavanje klasa korišćen je sadržaj ukupne vlage (%), prvi kodni broj), za izdvajanje grupe prinos ulja iz švelne analize (%), bez vlage; treći broj), a za izdvajanje podgrupe ili tehnološkog tipa uzet je sadržaj pepela (%), bez vlage; četvrti broj). Najveći deo ugljene materije sa 30-38% pepela (bez vlage), sa preko 50% ukupne vlage i donjom toplotom sagorevanja preko 6300 kJ/kg, može se koristiti za sagorevanje. Povoljna je okolnost da ugalj sadrži ispod 0,5 % Na<sub>2</sub>O i da se odlikuje niskim faktorom šljakavosti (ispod 0,30).

Iz mikropetrografskih analiza uglja kolubarskog basena određen je petrografski faktor (zbir gelificiranih macerala + inertinit; Zap. % bez mineralnih materija),

koji je korišćen za izdvajanje potklase u predlogu genetko-industrijske klasifikacije.

Stepen karbonifikacije i kvalitet kolubarskog uglja odredivan je i preko faktora karbonifikacije ( $IK_1$ ,  $IK_2$  i  $IK_3$ ). Ovi faktori su, prvi put, korišćeni za označavanje hemijske zrelosti i utvrđivanje sličnosti i razlika ugljene materije iz ispitivanih slojeva i eksploatacionih polja. Unutrašnji stepen karbonifikacije ( $IK_3$ ) pokazuje trend opadanja od istočnog, ka zapadnom delu basena. Između  $IK_1$  i  $IK_3$  postoji relativno dobra linearna korelacija ( $r=0,762$ ), a između  $IK_1$  i  $IK_2$  veoma dobra korelacija ( $r=0,920$ ).

Hemijski sastav pepela određen je preko sadržaja oksida, kiselosti i baznosti pepela, odnosno odnosa kiselo/bazno, kao i faktora škriljavosti i zaprljanosti uglja. Ova dva faktora se, prvi put, koriste za ocenu kvaliteta mekih mrkih ugljeva i predskazivanje tačke topljenja pepela. Faktor šljakavosti za povlatni sloj iznosi 0,37, za glavni 0,24, a za podinski sloj svega 0,15. U hemijskom sastavu pepela iz pomenutih

ugljenih slojeva ne postoje bitne razlike; u pepelu dominiraju alumosilikati sa ujednačenim sadržajima oksida kalcijuma i magnezijuma.

Posebno se utvrđuje korelacija između parametara koji određuju hemijski sastav pepela i tačke topljenja pepela. Utvrđeno je, da postoje zadovoljavajući koeficijenti korelacije između kiselosti i baznosti pepela,  $Al_2O_3$ , CaO,  $SO_3$  i tačke topljenja pepela. Povećanje kiselosti pepela dovodi do povećanja tačke topljenja; istovremeno se povećavaju vrednosti iz odnosa  $CaO/Fe_2O_3$ , što se pozitivno odražava na tačku topljenja pepela.

Na osnovu predloženih genetskih i tehnoloških parametara, kojima se definišu petrografski sastav i kvalitet, sačinjen je prvi predlog genetko-industrijske klasifikacije kolubarskog uglja. Genetski tip i kvalitet uglja povlatnog sloja ima kodni broj 5104, glavni 4214 i podinski 3314; ugalj iz kolubarskog basena u celini ima kodni broj 4214, što znači da on odražava kvalitet glavnog ugljenog sloja.

Jedan od načina da se poboljša proces flotiranja je da se usavrši novi koncept koji se oslanja na principe elektrohemije. Merenje i kontrola redoks potencijala je malo korišćena metoda, pošto on spada u faktore koji se teško kontrolišu i koji indirektno utiču na proces flotiranja (utiče na odvijanje procesnih reakcija). U ovom tekstu je prikazano prvo ispitivanje, sprovedeno u Rumuniji, koje proces flotiranja posmatra kao elektrohemijski proces iz ugla promene redoks potencijala u zavisnosti od glavnih faktora koji se mogu meriti i regulisati, a utiču na tok procesa.

Ispitivanja su izvršena na rudi ležišta Nistru, koja se prerađuje u postrojenju Săsar, Baia Mare. Uzorak rude je analiziran i utvrđeni su sledeći sadržaji metala: Cu=0,70%, Zn=0,20%, Pb=0,08%, S=8,64%, Au=0,16 g/t, Ag=13,28%. Optimalna finoća mlevenja iznosi 53,5% -0,074 mm, pri kojoj je oslobođenost halkopirita 90,25%.

\* \* \*

Oksidacija (otpuštanje elektrona) i redukcija (primanje elektrona) su istovremeni procesi koji se zasnivaju na kompleksnim mehanizmima koji zavise od broja elektrona koji učestvuju, kretanja elektrona sa donora na akceptor i strukture prelaznog stanja. Analitički izraz za potencijal u jednostavnom redoks sistemu je dat relacijom Nerst-a. U višestrukim redoks sistemima poznavanje analitičke zavisnosti redoks potencijala nije moguće bez poznavanja mehanizama i međufaza redoks procesa. U slučaju sulfida metala postoje potencijal određujući joni predstavljeni anjonima sumpora i katjoni metala, jonske vrste izvedene iz jona sumpora ( $\text{HS}^-$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ),  $\text{H}^+$  i  $\text{OH}^-$  joni. Heterogenost površina mineralnih sulfida je razlog pojavljivanja redoks reakcija u međufazi čvrsto-tečno, i on predstavlja određujući faktor pri prijanjanju kolektorskih reagenasa. Sulfidni minerali i rastvori ksantata u prisustvu kiseonika čine redoks sistem; osobine ovog sistema zavise od koncentracije i tipa jedinjenja u tečnoj fazi, od električnih osobina čvrste faze (provodljivosti, Fermi nivo, tipa nosioca promene).

Zbog toga, da bi se razumeo redoks potencijal, u isto vreme sa njegovim merenjem vršena su i merenja pH, sadržaja rastvorenog kiseonika u pulpi, rezidualne koncentracije nekih reagenasa u pulpi i temperature pulpe. Utvrđeno je da redoks potencijal pripada faktorima koji utiču na međupovršinsku reakciju. Važnost redoks potencijala u procesu flotiranja nije u potpunosti razjašnjena; rezultat koji je dobijen specifičan je za proučavanu rudu i ne može se uopštiti bez prethodnih ispitivanja. Merenja redoks potencijala su izvršena sa referentnom elektrodom tipa Ag/AgCl RB i indikatorskom

UDK: 621.928.5

naučni rad

# REGULACIJA PROCESA FLOTIRANJA POMOĆU STATISTIČKO- -ELEKTRO- HEMIJSKIH MODELA

ADJUSTMENT OF THE FLOTATION PROCESSES  
BY MEANS OF THE STATISTIC-  
-ELECTROCHEMICAL MODELS

Paraschiv Ilie  
Lazăr Chihaiia  
Ioan Străuț

elektrodom platinskog tipa (žica/lim). Svi prikazani rezultati redoks merenja sa odnose na Ag/AgCl elektrode.

\* \* \*

Regulisanje procesa flotiranja, u zavisnosti od redoks potencijala flotacijskog medijuma, se zasniva na poznavanju zavisnosti odzivne funkcije procesa, u zavisnosti od redoks potencijala:

$$y = f(E_{OR}), \quad (1)$$

gde je:  $y$  - funkcija odziva (performansa), a

$E_{OR}$  - redoks potencijal flotacijskog medijuma.

Nije moguće utvrditi ovu jednačinu direktno, pošto je redoks potencijal posredna promenljiva, čije varijacije stoje u indirektnoj vezi sa karakteristikama odvijanja procesa. Optimizacija flotacijskog procesa preko redoks potencijala flotacijskog medijuma pretpostavlja prethodno poznavanje zavisnosti odzivne funkcije procesa od vrednosti redoks potencijala. Ovu jednačinu nije moguće uspostaviti direktno, pošto redoks potencijal predstavlja posrednu promenljivu u flotacijskom procesu.

Da bi se uspostavio ovaj matematički model neophodno je prvo redom rešiti sledeće probleme:

- uspostaviti korelaciju između kontrolnih promenljivih i odzivne funkcije,  $f$  (jednačina 3),
- uspostaviti korelaciju između redoks potencijala i kontrolnih promenljivih (jednačina 4) i
- uspostaviti korelaciju između redoks potencijala i odzivne funkcije koja se zasniva na gornjim relacijama (jednačina 6).

Da bi se uspostavili ovi matematički modeli korišćena je statistička metoda koja se zasniva na aktivnoj eksperimentalnoj tehnici (faktorsko planiranje). Kao matrica programa eksperimenata korišćena je polovina replikacije četvorofaktorskog eksperimenta. Kao odzivna funkcija korišćen je izraz (2).

U laboratorijskim uslovima je primenjena flotacija bakra (i olova) praćena (ili ne) fazom flotiranja pirita. Da bi se uspostavio optimalni reagensni režim korišćena je gradijentna metoda. Kao radne promenljive usvojeni su: utrošak  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  ( $x_1$ ), utrošak  $\text{NaCN}$  ( $x_2$ ), utrošak  $\text{ZnS}$  ( $x_3$ ) i KEX i KAX (u odnosu 1:1) ( $x_4$ ). Kao odzivna funkcija (parametar optimizacije) korišćen je izraz:

$$y = m_{Cu} + m_{pb} - m_{Zn} - m_S, \quad (2)$$

gde su sa  $m$  obeležena iskorišćenja četiri elementa u koncentratu bakra.

Izvedena regresiona jednačina koja prikazuje korelaciju između odzivne funkcije i radnih promenljivih u realnim koordinatama glasi:

$$y = 55,445 + 0,0358x_1 + 0,876x_2 + 0,0341x_3 - 0,652x_4 - 0,00488x_1x_2 + 0,000216x_1x_3 + 0,0023x_2x_3. \quad (3)$$

Optimalne vrednosti radnih promenljivih su bile:  $x_1=345$  g/t,  $x_2=31$  g/t,  $x_3=540$  g/t,  $x_4=16$ g/t. U tim uslovima vrednost odzivne funkcije iznosi  $y_{max}=125,04\%$ .

Utvrđena veza između redoks potencijala i radnih promenljivih u realnim koordinatama glasi:

$$y_E = 63,5 - 0,125x_1 - 0,15x_2 - 0,1475x_3 - 0,65x_4 - 0,003x_1x_2 - 0,0001x_1x_3 - 0,003x_2x_3. \quad (4)$$

Pošto su svi koeficijenti u jednačini negativni, porast bilo kog od njih dovodi do opadanja redoks potencijala ( $y_E$ ). Pri optimalnom opitu redoks potencijal je iznosio  $y_E=-188$  mV, prihvaćen je kao optimalni za flotiranje bakra. Doprinosi proučavanih reagenasa, pri realizaciji optimalne vrednosti redoks potencijala, su bili:

$$x_1=22,5\%; x_2=2,7\%; x_3=53,5\%; x_4=11,7\%; \\ x_1x_2=2,7\%; x_1x_3=1,8\%; x_2x_3=5,4\%.$$

Slična regresiona jednačina je utvrđena i za provodljivost pulpe. Ova jednačina u realnim koordinatama glasi:

$$y_C = 252 + 0,975x_1 + 7,25x_2 + 1,1375x_3 + 5,25x_4 + 0,015x_1x_2 + 0,00325x_1x_3 + 0,375x_2x_3. \quad (5)$$

Pri optimalnom opitu provodljivost je iznosila 2800  $\mu\text{S}$ .

Koristeći izraze (3), (4) i (5) izvedena je zavisnost između odzivne funkcije i redoks potencijala (i provodljivosti):

$$y = y_E - 8,06 + 0,161x_1 + 1,026x_2 + 0,182x_3 - 0,00188x_1x_2 + 0,0003x_1x_2 + 0,0053x_2x_3. \quad (6)$$

U prvoj fazi ispitivanja na pilot postrojenju reprodukovano je optimalni režim ustanovljen u laboratorijskim ispitivanjima. Iako je specifični utrošak reagenasa, korišćen u fazi poluindustrijskih ispitivanja, bio identičan sa optimalnim, utvrđenim u laboratorijskim ispitivanjima, dobijeni tehnološki rezultati su bili slabiji.

U poluindustrijskim uslovima nisu reprodukovane optimalne vrednosti redoks potencijala (-188 mV) i provodljivosti (2800  $\mu\text{S}$ ), koje su uspostavljene u laboratorijskim uslovima. Poluindustrijska ispitivanja su, stoga, nastavljena da bi se utvrdio način da se redoks potencijal smanji (sa -142 na -188 mV), istovremeno, sa povećanjem provodljivosti (sa 2165  $\mu\text{S}$  na 2800  $\mu\text{S}$ ).

Smanjenje redoks potencijala uz istovremeno povećanje provodljivosti je postignuto putem povećanja utroška  $\text{ZnS}$  ( $x_3$ ),  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  ( $x_1$ ) i kolektora ( $x_4$ ). Neophodne varijacije ovih faktora su izračunate na bazi njihovog uticaja, koji je proporcionalan vrednostima koeficijenata regresije. Utrošak ovih reagenasa je povećan sa 345 na 400 g/t ( $x_1$ ), sa 540 na 700 g/t ( $x_3$ ) i sa 16 na 20 g/t ( $x_4$ ). U ovim uslovima je postignuto smanjenje redoks potencijala sa -142 na -185 mV i porast provodljivosti sa 2165 na 2665  $\mu\text{S}$ . Postignuti tehnološki rezultati su bili bolji od onih postignutih u

laboratorijskim uslovima. Vrednost odzivne funkcije je porasla od 104,18% (u laboratorijskim ispitivanjima) na 116,9% (u poluindustrijskim ispitivanjima).

Koeficijenti u regresionim jednačinama su ponovo preračunati (umanjeni su proporcionalno efektivnom porastu utroška reagenasa na pilot postrojenju), da bi se dobile jednačine za poluindustrijske uslove. Ove jednačine glase:

$$y = 55,445 + 0,03x_1 + 0,8x_2 + 0,025x_3 - 0,55x_4 - 0,0045x_1x_2 + 0,00014x_1x_3 + 0,0017x_2x_3, \quad (7)$$

$$y_E = 63,5 - 0,11x_1 - 0,15x_2 - 0,12x_3 - 0,52x_4 - 0,0027x_1x_2 - 0,00007x_1x_3 - 0,0025x_2x_3, \quad (8)$$

$$y_C = 252 + 0,8x_1 + 7,15x_2 + 0,90x_3 + 4,2x_4 + 0,01x_1x_2 + 0,002x_1x_3 + 0,028x_2x_3, \quad (9)$$

$$y = 1,06y_E - 11,715 + 0,14x_1 + 0,959x_2 + 0,152x_3 - 0,00165x_1x_2 + 0,000214x_1x_3 + 0,0043x_2x_3. \quad (10)$$

Procena je da ovako izmenjeni režim na industrijskom postrojenju može prouzrokovati porast vrednosti proizvodnje za oko 16,3%.

Analizom havarija u rudnicima u Rusiji i Zajednici nezavisnih država (ZND) utvrđena je višestruka veza između havarija u rudarsko-geoloških, tehnoloških, fizičko-mehaničkih i socijalno-ekonomskih parametara. Utvrđeno je, da se u svojstvu pokazatelja havarijanosti može koristiti funkcija raspodele veličine havarije, a nivo bezbednosti se određuje na osnovu verovatnoće slučajnog događaja, koji se sastoji u tome da je funkcionisanje tehnološkog objekta bez havarije manje od nekog, unapred zadatog, perioda vremena.

U ovom radu je određena problematika ocene verovatnoće pojave havarija u rudnicima uglja sa podzemnom eksploatacijom na osnovu praćenja stanja u rudnicima Rusije i ZND u periodu od 1971. do 1994. godine. Višegodišnja statistika potvrđuje da su najčešći vidovi većih havarija endogeni i egzogeni požari, pojava gasova u jamskim prostorijama, zarušavanje krovine i prodor podzemnih voda u jamske prostorije.

Uporedo sa funkcijama distribucije havarija i bezbednosti, za opisivanje stanja bezbednosti se predlaže korišćenje kvantitativne karakteristične učestalosti pojave havarije. U praksi se intenzivnost ovih događaja određuje kao broj havarija u toku godine u jednoj jami. Na osnovu istraživanja u Rusiji i ZND u radu su tabelarno prikazani statistički pokazatelji sklonosti ka havarijama. Detaljnije statističke ocene, koje karakterišu učestalost pojave havarija, urađene su i prikazane za rudnike podmoskovskog ugljenog basena. Takođe, grafički su prikazani histogrami i krive raspodele učestalosti havarija, koje su, najčešće, prisutne u rudnicima uglja.

Izradom analize sklonosti prema havarijama došlo se do zaključka da postoje trendovi učestalosti havarija različitog tipa. Trend je ovde tretiran kao, sistematska komponenta vremena na koju se dodaju komponente koje definišu dejstvo slučajnog faktora. Razmatrani trendovi su korišćeni za orijentaciono prognoziranje ocene pojave havarija u rudnicima, zasnovane na neravnomernoj poasanovoj distribuciji toka otkaza:

$$P_i = 1 - \exp\left(-\int_i^{i+\Delta t} \lambda_i(\tau) d\tau\right)$$

gde su:  $P_i(t)$  u  $\lambda_i(\tau)$  - verovatnoća i učestalost pojave havarije i-tog tipa.

Tačnija prognoza je ona koja se zasniva na predlogu prognoze srednje vrednosti učestalosti havarija u vidu modela koji uzima u obzir zbirni uticaj pokazatelja. Kao tehno-ekonomski pokazatelji su korišćeni: dužina izgrađenih pripremnih prostorija na 1000 t otkopanog uglja i na godinu, srednja produktivnost rada, godišnja i

UDK: 622.272:622.86

naučni rad

# OCENA VEROVATNOĆE POJAVE HAVARIJE U RUDNICIMA UGLJA U RUSIJI I ZEMLJAMA ZND

ASSESSMENT OF POSSIBLE DAMAGES IN COAL  
MINES IN RUSSIA AND IN THE COUNTRIES OF  
THE COMMUNITY OF INDEPENDENT STATES

Nikolaj M. Kačurin  
Leonid E. Šejnkman  
Ljudmila V. Kotlerevskaja

dnevna proizvodnja, broj aktivnih jama u proizvodnom sistemu i cena koštanja dobijenog uglja.

Verovatnoća rada bez havarija za svaki tip se može odrediti iz izraza:

$$Q_i(t_i) = 1 - P_i(t_i),$$

a dužina trajanja rada bez havarija se određuje kao

$$T_i = 365 (\lambda_i^*)^{-1}$$

Uz pomoć razrađenog matematičkog modela može se, u cilju upravljanja, koristiti maksimum verovatnoće rada u jami bez havarije. Tada će se kao parametri upravljanja pojaviti tehno-ekonomski pokazatelji. Praktičnom primenom matematičkog modela, potvrđena je njegova adekvatnost za zadovoljavajućom podudarnošću proračunatih statističkih pokazatelja sa stvarnim rezultatima, na osnovu čega je moguće dobiti verodostojne ocene verovatnoće pojave havarija.

Muljevite tečnosti i tečni otpad predstavljaju tečne materije koje prouzrokuju koroziju kontaktnih površina pumpe, a u slučaju prisustva čvrstih čestica dispergovanih u tečnosti dolazi i do abrazivnog habanja ovih površina. Linearno kretanje klipa napred-nazad prouzrokuje, usled ubrzanja i usporenja, dinamičko naprezanje šipke klipa i može proizvesti zamor usled habanja. Radi određivanja optimalnog veka trajanja, habanje mašina mora biti razjašnjeno i minimizirano.

Korozija zavisi od efekta okruženja. Priroda ovih okruženja se karakteriše hemijskim osobinama i tipom kontakta sa korozivnim površinama. Do oštećenja dolazi preko kontakta izloženih metalnih delova pumpe sa vodom koja se pumpa.

Pošto voda, koja se pumpa, predstavlja rastvor elektrolita, pri odgovarajućim uslovima započinje korozija, pa, zbog toga, čelični delovi pumpe moraju biti otporni na ovaj tip korozije.

Čista voda prouzrokuje samo usporenu koroziju. Ona ima vrlo malu elektrohemijsku provodljivost, pošto sadrži samo OH- jone koji reaguju sa gvožđem formirajući nerastvorivi hidroksid. Pumpanje izvorske vode, koja nije čista, ima jači efekat na izložene delove pumpe.

Voda, takođe, sadrži kiseonik koji dovodi do oksidacije izloženih metalnih delova pumpe. Kako količina kiseonika zavisi od brzine proticanja, to ona utiče i na količinu korodiranog materijala. U slučaju tečnih otpada fluid može, takođe, da sadrži i hemijske agense koji mogu ubrzati koroziju.

Najveća korozija je na poliranim površinama metalnih delova. Otpornost na koroziju zavisi, takođe, od hemijskog sastava.

Klipne muljne pumpe se, takođe, koriste za utiskivanje tečnih otpada u iscrpljena ležišta ugljovodonika. Na osnovu poznavanja procesa, koji utiče na radne delove pumpi, vrši se izbor odgovarajućih materijala za ove delove, pri čemu se obezbeđuju duži vek trajanja pumpe, niži troškovi proizvodnje, kao i niži troškovi rada.

UDK: 621.656

pregledni rad

# UTICAJ HABANJA NA RAD KLIPNIH MULJNIH PUMPI

*INFLUENCE OF WEAR FOR WORKING OF  
PISTON MUD PUMP*

Jan Pinka  
Jamil Badran

## UPUTSTVO AUTORIMA

RUDARSKI GLASNIK objavljuje radove svojih saradnika iz oblasti rudarstva i srodnih delatnosti. Radovi podležu recenziji i, po preporukama UNESKO-a, kategorišu se kao:

- naučni rad,
- prethodno saopštenje,
- pregledni rad i
- stručni rad.

U časopisu se objavljuju samo originalni radovi koji do sada nisu objavljeni. Autor je odgovoran za sadržaj svog rada i dužan je da prethodno pribavi potrebnu saglasnost za iznošenje podataka, kao i grafičkih priloga, čije bi objavljivanje, eventualno, moglo da nanese štetu.

Mole se autori da radove pišu i dostavljaju u skladu sa sledećim:

Naslov rada (kao i podnaslovi) treba da bude sažet i što kraći.

Ime autora čine ime i prezime jednog ili više autora (poželjno je ne više od tri).

Rezime (do 100 reči) je sažet izvod problematike koji se objavljuje u radu. Pored toga što se nalazi na početku teksta, rezime i naslov rada, prevedeni na engleski, upisuju se na kraju teksta, posle zaključka.

Tekst sadrži: uvod, materiju i metodiku, postignute rezultate i zaključak.

Literatura, korišćena pri pisanju rada i pozivanje na nju u tekstu je obavezno. Brojevi u tekstu i spisku literature treba, međusobno da odgovaraju i pišu se u uglastim zagradama. Literatura se navodi sledećim redosledom: redni broj, prezime i ime autora, naziv dela, izvor, broj, izdavač, mesto i godina izdavanja i broj strane, kao u primerima:

[1] Ercegovac, M.: Uticaj teksture i strukture na kvalitet i reaktivnost koksa. Rudarski glasnik 3, Rudarski institut Beograd, 1990., str. 56-62

[2] Holland, O.D.: Fundamentals of multicomponent dislocation. McGraw-Hill, New Yourk 1981.

I na kraju, ispod natpisa autor se upisuje: akademsko zvanje, ime i prezime autora, stručna sprema, naziv i sedište institucije u kojoj je zaposlen, kao u sledećem primeru:

autor

dr Petar Petrović, dipl. inž. rud., Rudarski institut Beograd

Rad, obima do, najviše, 8 kucanih strana formata A4 i do 6 grafičkih priloga, se dostavlja u dva jednaka primerka. Prilaže se i disketa sa radom, po mogućnosti, pisanim u procesoru WORD FOR WINDOWS ili WORD PERFECT.

Tekst ne treba formatizovati niti koristiti tabove ili stilove.

Fontovi za tekst su courier ili times, u veličini 12 pt.

Grafički priloci treba da budu usaglašeni sa formatom časopisa (širine 8 ili 16 sm). Ako se crteži predaju klasično, treba ih uraditi na pausu tušem minimalne debljine 0,2 mm. Ukoliko su crteži radeni na kompjuteru dostavljaju se u CDR, WMF, DXF, PLT, TIF, EPS ili PCH formatu.

Fizičke jedinice se prikazuju u međunarodnom Si sistemu.

Formule ne treba izvoditi. Treba ih svesti na potrebnu meru i obeležiti ih u oblim zagradama.

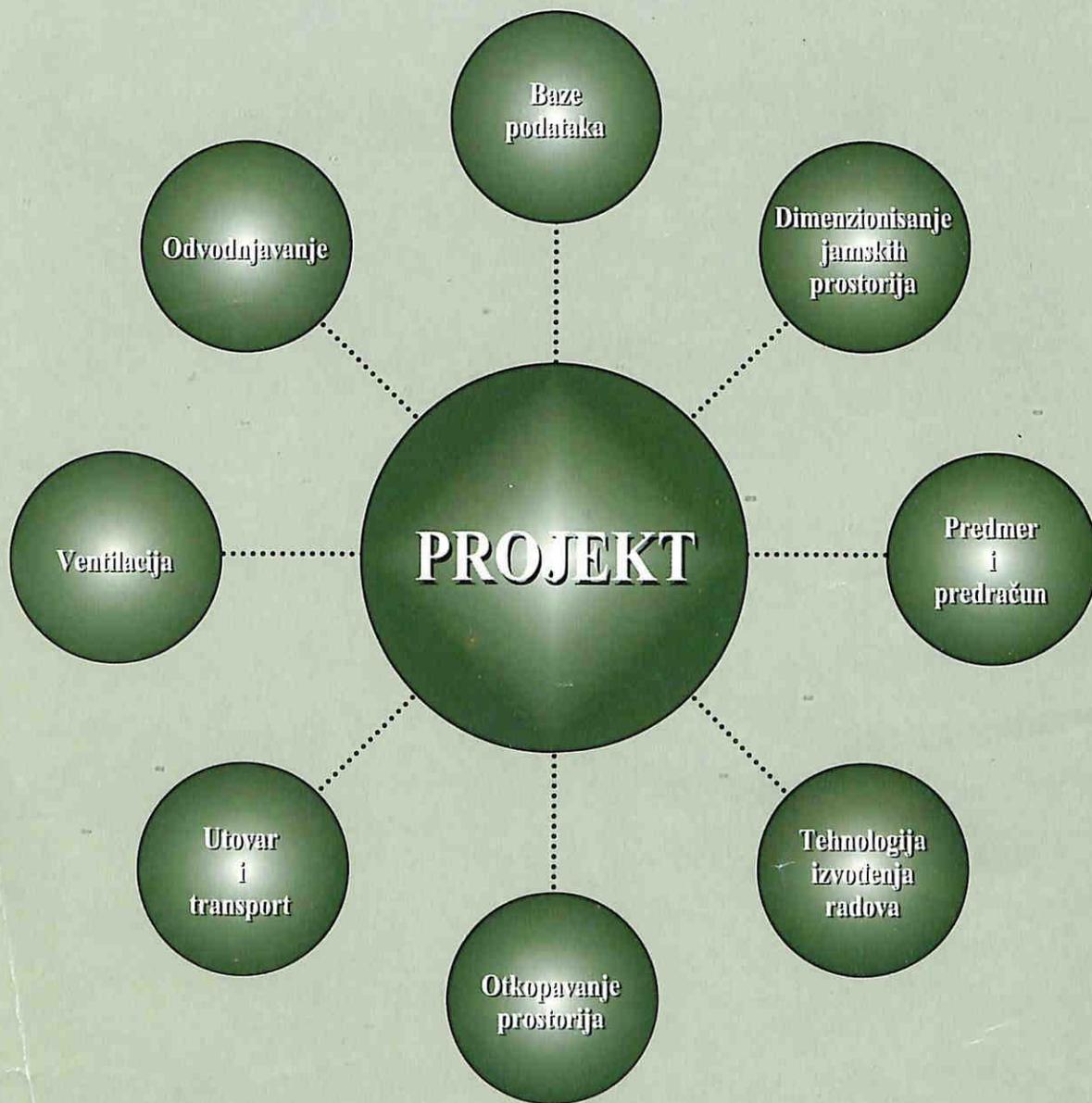
Redakcija

Rudarski institut Beograd Batajnički put 2 11080 Beograd - Zemun

tel: 011/191 - 848 faks 614 - 632

# P R O G R A M S K I P A K E T

OMOGUĆAVA BRŽE I EFIKASNIJE PROJEKTOVANJE PODZEMNIH RUDARSKIH RADOVA



U OKVIRU PROGRAMA PRIKAZANE SU POJEDINE FAZE TEHNOLOŠKOG PROCESA KAKO ZA PRIPREMNE OBJEKTE ISTO TAKO I ZA OTKOPAVANJE.

# PAKET PROJEKT



**Primena rezultata naučno-istraživačkog  
rada, konsalting i inženjering u:**

- Eksploataciji mineralnih sirovina
- Pripremi mineralnih sirovina
- Zaštiti životne sredine
- Termotehnici i energetici
- Građevinarstvu u rudarstvu

**RI**

**RUDARSKI INSTITUT**

Beograd, Batajnički put 2

Jugoslavija

Tel: (011) 195-112, 198-112

Fax: (011) 614-632