

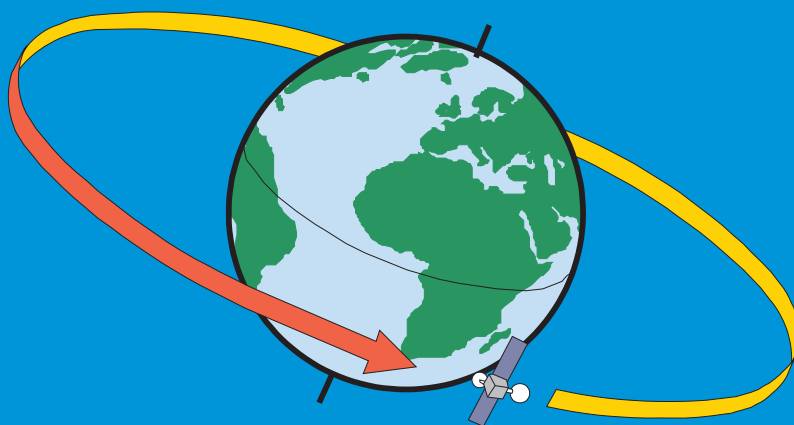
INSTITUT  
ZA  
RUDARSTVO I  
METALURGIJU



UDK 62.001.6(088.8)

YU ISSN 0353-2631

# INOVACIJE I RAZVOJ



GODINA 2009.

BROJ 1

UDK:622.68(045)=861

**SUZBIJANJE STVARANJA I PODIZANJA PRAŠINE NA  
POVRŠINSKIM KOPOVIMA PRI KAMIONSKOM TRANSPORTU**

**SUPPRESSION OF CREATING AND RAISING THE DUST WITH  
DUMPER TRANSPORTATION OF EXCAVATION AT THE OPEN PITS**

Miomir Mikić, Daniel Kržanović, Milenko Jovanović  
Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor

**IZVOD**

*Kamionski transport predstavlja primarnu alternativu transporta iskopina za sve površinske kopove. Glavni razlog njegove primene je niz prednosti u odnosu na ostale načine transporta, kao i primena serijski proizvedenih specijalnih konstrukcija kamiona. Njihovo korišćenje prouzrukuje obimno stvaranje prašine na transportnim putevima, što je hronični problem u mnogim kamenolomima i na površinskim kopovima. Prašina može da izazove zdravstvene probleme radnika, može da ošteti opremu, mehanizaciju, smanjuje vidljivost i otežava rad.*

*U ovom radu su predložene mere suzbijanja prašine na površinskim kopovima.*

**Ključne reči:** suzbijanje prašine, kamionski transport, sistem prskalice

**ABSTRACT**

*For excavation transportation primary alternative is to use dumpers. It has multiple advantages over any other transportation ways and also serial manufactured special dumper constructions appliance. The most common problem at the most open pits are massive generation of dust which is a chronic problem at many stone or dirt quarries or mines. It can cause health problems, and damage equipment. In addition, it reduces visibility and makes working difficult.*

*This paper proposes measures of dust suppression on open pits.*

**Key words:** dust suppression, dumper transportation, spray system

## UVOD

Pored degradiranja i transformisanja zemljišnih površina u drugi „niži” oblik, površinski kopovi mogu da utiču i na zagađivanje zemljišta bliže ili dalje od kopa teškim metalima iz imisijom prašine koja nastaje pri eksploataciji ležišta, odnosno tehnološkim operacijama na kopovima. Površinski kopovi ruda metala su značajni zagađivači atmosfere. Pod pojmom zagađenja podrazumeva se emisija zagađujućih materija (prašine, gasova) u atmosferu površinskih kopova. Nošena vetrenim strujama iz kopova, aerorozagađenja ugrožavaju prostor na pravcu vetrova i izvan kopova, odnosno životnu okolinu oko njih.

Hemijski štetne materije koje se javljaju u atmosferi površinskih kopova nastaju kao posledica tehnoloških procesa u cilju dobijanja rude i to pri masovnom miniranju, utovaru, transportu, drobljenju i pri dejstvu prirodnih faktora-vetrova. U atmosferu životne okoline iz površinskih kopova dospevaju materije u vidu gasova i prašine. Zagađenost radne sredine zavisi od intenziteta emisija štetnosti, odnosno odvajanja pojedinih faza na raskrivanju i dobijanju rude. Najveće aerorozagađenje koje se iznosi iz kopova je na njihovoj ivici dok se sa udaljavanjem od ivice kopova u smeru duvanja vetrova aerorozagađenje smanjuje, odnosno razređuje (dekoncentriše). Ovo pravilo važi za prašinu jer gasovi, uglavnom, difunduju. Imisija prašine u životnoj okolini kopova zavisi od veličine čestica prašine koje se vetrenim strujama iznose iz kopova. Najkrupnije čestice (veće od 10 mm) počinju da se talože u neposrednoj blizini ivice kopova, dok se sitnije čestice manje od 10 mm energijom vetra u pravcu njegovog duvanja transportuju i talože dalje od ivice. Najsitnije čestice prašine iznete vetrenim strujama iz kopova se ne talože, već ostaju da lebde u vazduhu. Površinski kopovi za bližu okolinu predstavljaju linijski izvor prašine. Iznošenje prašine iz kopova zavisi od prirodnih šema provetravanja koje mogu biti: protočne, recirkulacione, konvektivne i inverzne.

## KAMIONSKI TRANSPORT NA POVRŠINSKI KOPOVIMA

Rudarenje i mnogobrojne operacije na otkopavanju zahtevaju čitave flote vozila za prevoz otkopanog materijala, kao što je ruda ili jalovina, putevima sa jedne lokacije otkopavanja do projektovane destinacije. Vozila moraju biti namenski operativna da bi ovakve operacije bile profitabilne. Efikasnost i stepen upotrebljivosti vozila zavisi od puteva po kojima cirkulišu. Na primer, nagib i karakter puta, u kombinaciji sa nosivošću vozila, imaju direktan efekat na vreme ciklusa, očuvanost vozila, potrošnju goriva, koji (in)direktno utiču na

produktivnost i profitabilnost rudarskih radova i otkopavanja. U poslednjih 30 godina, kamioni-damperi su prošli evoluciju pri čemu je njihova nosivost sa 20 tona povećana na više od 350 tona, slika 1.

Kamionski transport na površinskim kopovima primenjuje se pri otvaranju i površinskoj eksploataciji svih vrsta ležišta čvrstih mineralnih sirovina. Konstrukcija i tehničko-eksploatacione karakteristike kamiona omogućavaju prevoz svih vrsta stena od mekih, lakih i rastresitih, do vrlo čvrstih, teških i kompaktnih. Kamioni su, praktično, univerzalna transportna sredstva za rad u svim uslovima i za prevoz svih vrsta tereta. Transport kamionima samoistresačima (damperima) ima veliku primenu na površinskim kopovima zahvaljujući nizu prednosti u odnosu na ostale načine transporta, kao i primenu serijski proizvedenih specijalnih konstrukcija kamiona. Upotrebljava se kao osnovni način transporta ili u kombinaciji s drugim transportnim sredstvima. Sve veću upotrebu kamionskog transporta omogućavao je stalni porast njihove nosivosti koja je kod običnih dampera prevazišla 300 t, a kod tegljača 500 t.



*Slika 1. Damper proizvođača CATEPILLAR*

## **UTICAJ POVRŠINSKIH KOPOVA NA AEROZAGAĐENJE RADNE I ŽIVOTNE SREDINE**

Obimno stvaranje prašine na rudničkim transportnim putevima je uobičajeni problem za većinu površinskih kopova sa operacijama površinske eksploatacije. Selekcija parametara optimalnog nošenja grubih materijala smanjuje, ali sasvim ne eliminiše potencijal za „proizvodnju“ prašine. Za postojeće operacije koje ne moraju da imaju optimalno konstruisane i održavane puteve, problem identifikacije oštećenja puta i pojave prašine, problematično je kvantifikovanje njegovog uticaja na sigurnost i zdravlje i usmeravanje prioriteta unutar ograničenja limitiranog kapitala i ljudske snage. To se ispoljava u tome da se većina operatora na površinskoj eksploataciji slaže da su poželjni putevi

bez prašine, ali je teško to prevesti na aktivnosti poboljšanja sa efikasnim troškovima.

Radna sredina na površinskim kopovima zbog prirode, obima i specifičnosti posla, redovno je izložena zaprašenosti, zagušljivim i otrovnim gasovima, niskim i povećanim temperaturama, buci i drugim štetnim uticajima. Primenom velikih kapacitivnih mašina u površinskoj eksploataciji, povećava se proizvodnja, ali i štetni uticaji, a time i rizik od povrede i oboljenja rudara. Posledice toga se direktno odražavaju na produktivnost rada, ekonomičnost i rentabilnost poslovanja.

Nosioci proizvodnje zbog povreda i oboljenja se isključuju iz proizvodnog ciklusa duže ili kraće, a nekad i trajno, pa se radne grupe automatski smanjuju ili se popunjavaju neadekvatnim zamenama, što dovodi do značajnih poremećaja u vođenju tehnološkog procesa, prevremenog uništenja opreme, učestalijeg povređivanja i zastoja u radu.

U rudnicima sa površinskom eksploatacijom i kamenolomima, eksploatiše se preko 70% bakra, 80% fero-metala i 95% ili 65 miliona tona industrijskih minerala iz zemlje. Godine 1998. u industriji eksploatacije uglja, preko 44% od ukupno proizvedenog uglja, aproksimativno 100 m prodajnih tona ili 134 m proizvodnih tona uglja je proizvedeno metodama površinskog otkopavanja, što zahteva tzv. transport sirovog uglja sa kopa do tačke utovara ili transporta. Kod bilo koje operacije površinske eksploatacije, transport rude, i u manjem obimu jalovine, obavlja se velikim kamionima koji se kreću putevima koji su na najbolji način empirijski projektovani sa malo ili bez prepoznavanja posledica neodgovarajućeg dizajna u troškovima po prevezenoj toni, operacione efikasnosti ili sigurnosti. Iz perspektive površinske eksploatacije uglja u terminima transporta na bazi transportnih kamiona, preko 800.000 putanja (prolaza) kamionima, što predstavlja preko 7,2 m kilometara prolaza kamiona, realizuje se godišnje. Razmatrajući da troškovi prevoza kamionima mogu da iznose do 50% ukupnih troškova stvorenih eksploatacijom površinskog rudnika, to je od najvećeg značaja jer su ti troškovi minimalni. To postaje sve više kritično jer se tonaža povećava, a razvijaju veći transportni troškovi. Ne samo što se troškovi održavanja postojećih puteva neodgovarajućeg dizajna povećavaju, već povećavaju se i troškovi rada vozila i održavanja.

Za postojeće operacije koje ne moraju da imaju optimalno projektovane i održavane mreže puteva, prisutan je problem identifikacije postojećih nedostataka, kvantifikovanje njihovog uticaja i određivanje prioriteta unutar nametnutih ograničenja zbog ograničenog kapitala i ljudske snage. Procena uticaja prašine u cilju identifikacije sigurnosti i ekonomskih beneficija od preuzimanja ispravnih akcija kao što su vrlo često natapanje vodom, ponovno postavljanje šljunka ili poboljšanje, pod uticajem su nedostatka metodologije

rešavanja koja može da se pripiše složenim interakcijama različitih komponenata u sistemu transporta. To se ispoljava u tome da se većina operatora u rudnicima sa površinskom eksploatacijom slaže da su poželjni putevi bez prašine, ali teško to mogu da prenesu u aktivnosti pobljšanja sa povoljnim troškovima.

Površinski kopovi ruda metala su značajni zagađivači atmosfere. Zagađenost radne sredine zavisi od intenziteta emisija štetnosti, odnosno odvajanja pojedinih faza na raskrivanju i dobijanju rude. Prognoza uticaja površinskih kopova na životnu okolinu obavlja se na osnovu izvršenih merenja u okolini (prosečnih emisija, meteoroloških podataka) i matematičkih modela za prognoziranje dometa aerozagađenosti iznad GVI u životnu okolinu.

Merenje aerozagađenosti ili monitoring sistem oko površinskih kopova predstavlja sistem sukcesivnih osmatranja elemenata životne sredine u prostoru i vremenu. Cilj monitoring-sistema oko kopova je prikupljanje podataka kvantitativne i kvalitativne prirode o prisustvu i distribuciji zagađivača, praćenje emisija i imisija, izvora zagađenja i njihovog rasporeda, transporta zagađivača, i na kraju, određivanje njihovih koncentracija na određenim mernim tačkama.

## UKUPNA EMISIJA PRAŠINE U POVRŠINSKIM KOPOVIMA

Transportom rude i jalovine kamionima sa motorima na tečno gorivo, stvara se prašina koja iz radne sredine, putem prirodnih šema provetravanja, dospeva i u životnu sredinu. Na istom putu u koku pri istoj brzini i pravcu vetra i prolazu istih tipova kamiona, emisija, odnosno intenzitet uzvitlavanja prašine, različit je zavisno od brzine kretanja kamiona  $W_k$  i vlažnosti zastora puta  $\varphi$ . Brzina kretanja kamiona je različita na različitim deonicama puteva i kreće se od 0 do 10 m/s (0÷36 km/h). Kamionski transport spada u linijske zagađivače, a merne tačke se raspoređuju s jedne i druge strane puta. Određivanje emisije prašine usled prolaza kamiona vrši se na osnovu formule (1):

$$g = K' \frac{(C_1 - C_o) \times \psi (b_s + 2 \times \psi)}{K} \cdot W_v, \quad mg/s \quad (1)$$

gde su:

$C_1$  i  $C_o$  - izmerene koncentracije prašine sa podvetrene i nevetrene strane puta,

$X$  - rastojanje mernih mesta od ose puta (isto je sa jedne i druge strane puta)

$\psi$  - bezdimenzioni koeficijent kojim se karakteriše turbulentnost atmosfere na mestu merenja ( $L=b_s+2X\psi$ ) rastojanja koje kamion pređe, a sa koga dopire prašina do mernog mesta (m).

$W_v$  - brzina strujanja vetra;

$K$  - bezdimenzionalni koeficijent čija veličina zavisi od karaktera izvora prašine,  $K=5,6$  za tačkasti izvor prašine i  $K=3$  za linijski izvor prašine;

$b_1$  - osno rastojanje između prednjih i zadnjih točkova kamiona;

$K'$  - koeficijent kojim se uzima u obzir tačnost postupka.

U slučaju uzorkovanja samo respirabilne prašine vrednost koeficijenta iznosi  $K = \frac{1}{0,2} = 5$  (0,2 je sadržaj respirabilne prašine u ukupnoj uzvitlanoj količini prašine).

## **SISTEMI ZA REGULISANJE NIVOA ZAPRAŠENOSTI RADILIŠTA**

Sistemi koji se primenjuju u praksi za kontrolu zaprašivosti radilišta baziraju se na principu obaranja prašine vodom. Postoji više sistema koji se uspešno primenjuju na površinskim kopovima za obaranje prašine. Suzbijanje stvaranja i podizanja prašine sa puteva unutar i van kopa pri kamionskom transportu rude i raskrivke može da se vrši:

1. Polivanjem puteva iz stacionarnog hidrosistema sa sistemom prskalice, priključenog na sistem za odvodnjavanje kopa.
2. Polivanjem puteva vodom iz autocisterni, čije površine su neobrađene, odnosno zastor je od tvrdih stena sa kopa.
3. Obradom površina puteva, ako se na pripremljeni sloj debljine oko 15 cm nanosi bitumen, nafta ili drugo vezivno sredstvo, odnosno izvrši asfaltiranje puteva (15 cm + 15 cm = 30 cm)

### **1. Polivanje puteva stacionarnim hidrosistemom sa sistemom prskalice**

Korišćenje ovakvih sistema je moguće na svim površinskim kopovima, kako ugljenih tako i metalčnih ležišta, slika 2. Ovi sistemi se sastoje iz cevovoda priključenog na sistem odvodnjavanja kopa na kome su redno vezane prskalice. Održavanje pritiska u cevovodu je neophodno kako bi sve prskalice ostvarivale neprekidan rad. Svaka prskalica, pri svom radu pravi vodenu zavesu određenih dimenzija, u zavisnosti od pritiska, pa je moguće odrediti optimalna mesta za njihovo postavljanje.

Prilikom instalacije sistema prskalica na površinskom kopu neophodno je obezbediti nekoliko preduslova, i to: da se obezbedi adekvatan cevovod na kopu, izračuna neophodan pritisak u cevovodu, odredi minimalno, optimalno, rastojanje između prskalica, da se odredi emisija prašine, ...

Čitav sistem se sastoji od određenog broja prskalica koje su postavljene po obodu puteva. One pod određenim uglom orošavaju puteve, pri čemu se pomoću posebnog mehanizma kontroliše vreme njihovog rada. Pri ovome se, da bi se maksimalno iskoristila postojeća infrastruktura, koristi sistem cevovoda koji je nadovezan na sistem prskalica i pri čemu se koristi voda koja se ispumpava iz površinskog kopa.



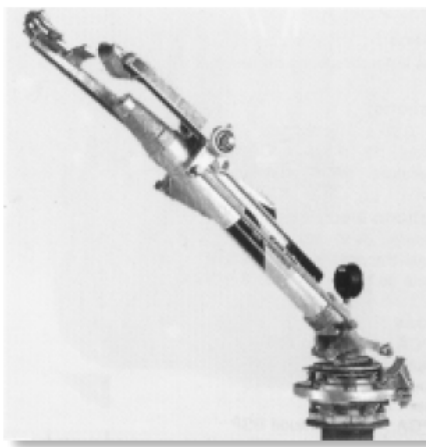
*Slika 2. Sistem prskalica na kopovima*



*Slika 3. Sistem prskalica na kopovima*

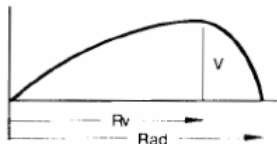
Prilikom rada prskalice, stvaraju vodenu zavesu koja omogućava da se zaprašenost radilišta svede na minimum. Pri tome se vodi računa da postoji optimalni položaji svih prskalica na svim etapama puteva, kako bi pokrile njihov veći deo, slika 3. Konkretni uslovi na radilištu diktiraju odabir odgovarajućih tipova prskalica. Prilikom odabira optimalne prskalice vodi se računa o veličini kapljice, dometu koji treba da ostvari prskalica, uglu bacanja mlaza, pritisku, itd. Na slikama 4,5 i 6 su predstavljene prskalice nekoliko proizvođača sa njihovim karakteristikama.





1005M-DC

1005M-DC performance charts include in addition to flow and radius data, stream height data (see legend).



**LEGEND**

- Rad = Radius of throw
- V = Maximum stream height above nozzle
- Rv = Distance from sprinkler to maximum stream height

NOTE: Radius of throw can vary significantly in windy conditions.

B a r s	Nozzle 20,07 mm 0.790"					Nozzle 22,61 mm 0.890"					Nozzle 25,15 mm 0.990"					Nozzle 27,69 mm 1.090"				
	Rad. M	V M	Rv M	Flow M <sup>3</sup> /h	Flow L/s	Rad. M	V M	Rv M	Flow M <sup>3</sup> /h	Flow L/s	Rad. M	V M	Rv M	Flow M <sup>3</sup> /h	Flow L/s	Rad. M	V M	Rv M	Flow M <sup>3</sup> /h	Flow L/s
4,0	38,3	14,7	23,9	32,1	8,92	40,2	15,0	24,3	40,9	11,36	41,9	15,2	25,5	50,8	14,10	43,4	15,5	26,1	61,7	17,14
5,0	40,4	16,4	26,4	35,9	9,96	42,5	17,0	27,5	45,6	12,67	44,3	17,4	28,1	56,5	15,69	46,1	17,7	29,0	68,6	19,05
6,0	42,3	17,8	28,4	39,3	10,92	44,4	18,7	29,9	50,0	13,87	46,4	19,2	30,4	61,8	17,17	48,2	19,5	31,5	75,0	20,83
7,0	44,1	18,9	30,0	42,6	11,82	46,2	19,9	31,7	54,0	15,01	48,2	20,5	32,4	66,9	18,58	50,1	20,8	33,6	81,1	22,54
8,0	45,8	19,7	31,3	45,6	12,67	47,9	20,8	32,9	58,0	16,10	49,8	21,4	34,3	71,8	19,94	51,7	21,7	35,4	87,1	24,20

B a r s	Nozzle 30,23 mm 1.190"					Nozzle 32,77 mm 1.290"				
	Rad. M	V M	Rv M	Flow M <sup>3</sup> /h	Flow L/s	Rad. M	V M	Rv M	Flow M <sup>3</sup> /h	Flow L/s
4,0	44,9	15,8	26,8	73,8	20,51	46,2	16,1	27,2	87,1	24,20
5,0	47,7	18,3	30,3	81,9	22,75	49,4	18,7	30,5	96,5	26,80
6,0	50,1	20,3	33,0	89,5	24,86	51,9	20,8	33,3	105,4	29,26
7,0	52,0	21,9	35,0	96,8	26,89	55,4	23,7	37,4	122,5	34,03
8,0	53,5	23,1	36,3	104,0	28,89	55,4	23,7	37,4	122,5	34,03

*Slika 4. Prskalica Rain Bird 1005M-DC sa karakteristikama*



<b>PSI</b>	<b>160</b>	<b>200</b>	<b>250</b>
<b>GPH</b>	<b>.75</b>	<b>.85</b>	<b>.95</b>
<b>OZ/M</b>	<b>1.6</b>	<b>1.8</b>	<b>2.00</b>
<b>Steinen Part Numbers</b>			
<b>416 stainless steel</b>	<b>WC400000070</b>		
<b>303 stainless steel</b>	<b>WC400000021</b>		
<b>416 stainless steel</b>	<b>WCH400000070</b>		
<b>303 stainless steel</b>	<b>WCH400000021</b>		

Slika 5. Prskalica Steinen Drip-Free Fogging Nozzle Tip WC400 sa karakteristikama



TF Full Cone Flow Rates and Dimensions																																																											
Full Cone, 60° (NN), 90° (FCN or FFCN), 120° (FC or FFC), 150° and 170° Spray Angles, 1/8" to 4" Pipe Sizes, BSP or NPT																																																											
Male Pipe Size	Nozzle Number	Available Spray Angles				K Factor	LITERS PER MINUTE @ BAR										Approx. (mm)	Wt. (g)																																									
		60°	90°	120°	150°/170°		0.5 bar	0.7 bar	1 bar	2 bar	3 bar	5 bar	10 bar	20 bar	30 bar	40 bar			50 bar	60 bar	70 bar	80 bar	90 bar	100 bar	110 bar	120 bar	130 bar	140 bar	150 bar	160 bar	170 bar	180 bar	190 bar	200 bar	210 bar	220 bar	230 bar	240 bar	250 bar	260 bar	270 bar	280 bar	290 bar	300 bar	310 bar	320 bar	330 bar	340 bar	350 bar	360 bar	370 bar	380 bar	390 bar	400 bar	410 bar	420 bar	430 bar	440 bar	450 bar
1/8	TF6	90°	90°	120°	150°	170°	3.19	2.26	2.67	3.19	4.5	5.5	7.1	10.1	14.3	2.38	2.38	42.9	14.3	42.9	30	6																																					
	TF6	90°	90°	120°	150°	170°	5.93	4.19	4.96	5.93	8.4	10.3	13.2	18.7	26.5	3.18	3.18	47.8	14.3	45.2	30	6																																					
	TF8	90°	90°	120°	150°	170°	5.19	2.26	2.67	3.19	4.5	5.5	7.1	10.1	14.3	2.38	2.38	47.8	14.3	47.8	30	6																																					
	TF8	90°	90°	120°	150°	170°	9.32	6.45	7.63	9.12	12.9	15.8	20.4	28.6	40.8	3.97	3.18	47.8	14.3	60.3	30	6																																					
3/16	TF6	90°	90°	120°	150°	170°	3.19	2.26	2.67	3.19	4.5	5.5	7.1	10.1	14.3	2.38	2.38																																										
	TF8	90°	90°	120°	150°	170°	5.93	4.19	4.96	5.93	8.4	10.3	13.2	18.7	26.5	3.18	3.18																																										
	TF10	90°	90°	120°	150°	170°	9.12	6.45	7.63	9.12	12.9	15.8	20.4	28.6	40.8	3.97	3.18																																										
	TF12	90°	90°	120°	150°	170°	13.7	9.67	11.4	13.7	19.3	23.7	30.8	43.2	61.1	4.76	3.18																																										
1/2	TF14	90°	90°	120°	150°	170°	18.5	13.1	15.4	18.5	26.1	32.0	41.3	56.4	80.8	5.96	3.18																																										
	TF16	90°	90°	120°	150°	170°	24.2	17.1	20.2	24.2	34.2	41.8	54.9	76.4	108	6.36	3.18																																										
	TF18	90°	90°	120°	150°	170°	37.8	26.6	31.5	37.8	53.2	65.1	84.1	119	168	7.94	3.18																																										
	TF24	90°	90°	120°	150°	170°	54.9	38.9	46.0	54.9	77.7	95.1	123	174	240	9.53	4.76																																										
3/4	TF28	90°	90°	120°	150°	170°	78.2	53.2	63.9	78.2	106	130	169	238	336	11.1	4.76																																										
	TF32	90°	90°	120°	150°	170°	95.7	67.7	80.1	95.7	130	160	214	295	429	12.7	4.76																																										
1	TF40	90°	90°	120°	150°	170°	133	100	120	133	180	224	291	403	569	15.9	6.36																																										
	TF48	90°	90°	120°	150°	170°	217	153	181	216	300	375	484	665	958	19.1	6.36																																										
1 1/2	TF56	90°	90°	120°	150°	170°	294	208	246	294	416	509	657	900	1300	22.2	7.94																																										
	TF64	90°	90°	120°	150°	170°	365	272	322	365	505	617	791	1070	1520	28.4	7.94																																										
2	TF72	90°	90°	120°	150°	170°	438	309	366	438	618	758	978	1360	1960	33.6	7.94																																										
	TF88	90°	90°	120°	150°	170°	636	451	534	636	902	1110	1430	2020	2850	44.9	11.1																																										
3	TF94	90°	90°	120°	150°	170°	806	570	674	806	1140	1400	1800	2500	3500	58.1	11.1																																										
	TF112	90°	90°	120°	150°	170°	1170	835	978	1170	1650	2020	2610	3600	5020	84.5	14.3																																										
4	TF128	90°	90°	120°	150°	170°	1590	1120	1320	1590	2190	2690	3490	4800	6600	120	14.3																																										
	TF144	90°	90°	120°	150°	170°	2250	1600	2000	2250	3080	4140	5300	7200	10700	165.9	14.3																																										

Slika 6. Prskalica BETE Fog Nozzle TF serija sa karakteristikama

## 2. Polivanje puteva autocisternama

Radna sredina na površinskim kopovima zbog prirode, obima i specifičnosti posla, redovno je izložena zaprašenošću, zagušljivim i otrovnim gasovima, niskim i povećanim temperaturama, buci i drugim štetnim uticajima. Primenom velikih, kapacitativnih mašina u površinskoj eksploataciji, povećava se proizvodnja, ali i štetni uticaji, a time i rizik od povreda i oboljenja rudara. Posledice toga se direktno odražavaju na produktivnost rada, ekonomičnost i rentabilnost poslovanja.

Sadržaj lebdeće prašine u vazduhu površinskog kopa često je 5-10 puta iznad dozvoljene granice (2 mg/m), što ima za posledicu:

- znatno smanjenje vidljivosti puta i vrlo štetno delovanje po zdravlje radnika;
- otežano normalno odvijanje transporta i smanjenje njegovog učinka;
- znatno skraćanje radnog veka motora i drugih delova osetljivih na prašinu;
- stvaranje kliznog sloja između podloge i točkova pri određenom stepenu vlažnosti, a pri velikoj količini prašine može prouzrokovati i prekid saobraćaja po putevima bez kolovozne konstrukcije.

Smanjenje zaprašenosti u kopu postiže se:

- preventivnim intervencijama,
- orošavanjem,
- provetravanjem i
- usisavanjem na mestima utovara pri njenom velikom izdvajanju.

Prašina se na putevima u površinskom kopu najčešće obara orošavanjem vodom iz cisterni, slika 7. Sistematskim polivanjem puteva vodom, količina prašine u vazduhu smanjuje se 6-7 puta. Njegov glavni nedostatak je brza evaporacija vode, pri visokim temperaturama od 30 do 40°C, koja traje svega 15-20 minuta, te je to vreme - vreme periodičnosti orošavanja.



*Slika 7. Autocisterna*

### **3. Upotreba organskih vezivnih sredstava**

Najefektivniji preventivni postupak za sprečavanje nastajanja i rasipanja prašine je izrada puteva sa kvalitetnom kolovoznom konstrukcijom. Preventivno sprečavanje emitovanja prašine ostvaruje se natapanjem prašinihastih i zrnastih materijala pri izradi habajućeg sloja kolovoza, bitumenom, rastvorom sulfatnog

spiritusa u vodi (sa njegovim učešćem 15-20%) i drugim vezivnim supstancama. Australijski proizvođač Australian PetroTac® Services Pty Ltd ima širok asortiman model EC 46 koristi vinil/akril emulziju, slika 8, model EDC koristi rastvor ugljenih hidrata, slika 9, model 2112 HS koristi polimere za suzbijanje prašine sa puteva, slika 10.



*Slika 8. Model EC 46*



*Slika 9. Model EDC*



*Slika 10. Model 2112 HS*

## ZAKLJUČAK

Od svih načina transporta najveći zagađivač okoline i radne sredine je kamionski transport. Njegov udeo u ukupnom zagađivanju okoline u pogledu stvaranja prašine iznosi čak 70 ÷ 90 %. Za suzbijanje stvaranja i podizanja prašine na površinskim kopovima pri kamionskom transportu moguće je primeniti više postupaka. Uobičajena je primena cisterni sa vodom za prskanje transportnih puteva.

Danas se u svetu sve više koriste stacionarni hidro sistemi sa prskalicama priključeni na sistem odvodnjavanja površinskog kopa. Prednost ovakvog načina ogleđa se u mogućnosti stvaranja konstantne vodene zavese duž transportnih puteva.

Dakle, primenom stacionarnog hidro sistema sa prskalica postiže se permanentno orošavanje puteva, čime je moguće svesti zaprašenost na minimum. To ovom sistemu daje prednost u odnosu na druge sisteme i postupke, kada ga je moguće primeniti priključivanjem na sistem odvodnjavanja zavisno od konkretnih eksploatacionih uslova na površinskom kopu.

#### LITERATURA:

- [1] DPR otkopavanja i prerade rude u ležištu „Veliki Krivelj” za kapacitet 8.5x10<sup>6</sup> t vlažne rude godišnje, IRM Bor, oktobar 2006. god.
- [2] Dr Miroslav Ignjatović, prof. dr Miodrag Miljković, Rudarska hidrotehnika, Bor, 2004. god.
- [3] Dr Ružica Lekovski, Istraživanje ekonomske efektivnosti normalizacije uslova u radnoj i životnoj okolini površinskih kopova, IRM Bor, oktobar 1998. god.
- [4] Prof. dr Ranko Borović, „Kamionski transport na površinskim kopovima”

UDK:621.791.945:546.11(045)=861

**DEFINISANJE GASNE CENTRALE SA RAZVODNOM MREŽOM ZA  
SNABDEVANJE VODONIKOM UREĐAJA ZA SEČENJE METALA  
“PLAZMA” POSTUPKOM U POGONU FABRIKE  
OPREME I DELOVA U BORU**

**THE DETERMINATION OF GASEOUS STATION WITH  
DISTRIBUTIVE NETWORK FOR HYDROGEN SUPPLY OF  
DEVICE FOR METAL CUTTING BY “PLASMA”  
PROCEDURE AT THE FACILITIES OF THE FACTORY OF  
PARTS AND EQUIPMENT IN BOR**

Zoran Ilić, Ljiljana Janošević, Branislav Rajković, Suzana Stanković  
Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor

**IZVOD**

*U pogonu čelične konstrukcije u okviru Fabrike opreme i delova u Boru potrebno je definisati gasnu stanicu sa cevnom razvodnom mrežom za snabdevanje vodonikom uređaja za sečenje metala „Plazma“ postupkom.*

*Ovim radom definisan je objekat i lokacija gasne stanice, kapacitet, način skladištenja i trasa razvodne mreže, shodno projektnom zadatku, tehnološkim zahtevima i podlogama dobijenim od investitora, a prema važećim tehničkim propisima i pravilnicima za tu vrstu objekta.*

***Ključne reči:*** vodonik, gasna centrala, cevovod, boca

**ABSTRACT**

*At the facilities of the Factory of parts and equipment in Bor, it is necessary to determine the gaseous station with pipeline distributive network for hydrogen supply of device for metal cutting by “plasma” procedure.*

*In this work it is defined the object and location of gaseous station, capacity, the way of storage and route of distributive network pursuant to designing requirement, technological requests and grounds received by the investor according to valid technical code and rules for this kind of objects.*

***Key words:*** hydrogen, gaseous station, pipeline, bottle.

## UVOD

Vodonik je prvi, najlakši i najjednostavniji po građi atoma, element u periodnom sistemu elemenata. Široko je rasprostranjen na Zemlji u obliku jedinjenja, a u vasioni je najrasprostranjeniji element koji čini polovinu mase Sunca i većine zvezda. Prisutan je u atmosferi planeta, gasnim maglinama i u međuzvezdanom prostoru u slobodnom obliku ili u obliku jedinjenja. Otkrio ga je 1766. god. engleski fizičar Kevendiš i nazvao „vazduh koji gori“.

Vodonik je pod normalnim uslovima bezbojan gas, bez mirisa i bez ukusa, zapaljiv je (gori u vazduhu bledim plamenom), nije toksičan. On je najlakši gas, od vazduha je lakši oko 14 puta.

Temperatura paljenja i u vazduhu i u kiseoniku je oko 565° C.

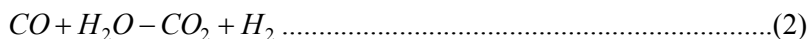
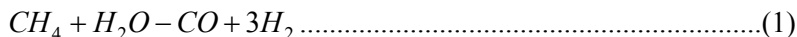
U tehnici se vodonik koristi za zavarivanje aluminijuma, magnezijuma i olova, za stvaranje redukcione i zaštitne atmosfere, u termocentralama za hlađenje električnih generatora, u raketnoj tehnici kao gorivo za propulzivni pogon, a ponekad se koristi i za sečenje metala, naročito pri radovima pod vodom.

Mešavina vodonika sa vazduhom, kiseonikom ili hlorom je eksplozivna.

Mešavina sa hlorom eksplodira i pri veoma kratkom izlaganju ultravioletnim zracima.

Donja granica zapaljivosti u vazduhu	4 %
Gornja granica zapaljivosti u vazduhu	76 %
Donja granica zapaljivosti u kiseoniku	4,5 %
Gornja granica zapaljivosti u kiseoniku	95 %

Jedan od najčešćih načina za dobijanje vodonika je delovanjem vodene pare na prirodni gas (čiji je glavni sadržaj metan), dobija se ugljen-monoksid i vodonik, a dobijeni ugljen monoksid takođe reaguje sa vodenom parom i daje ugljen-dioksid i vodonik.



## FIZIČKO-HEMIJSKE OSOBINE VODONIKA

- Hemijski znak ..... H<sub>2</sub>

- Molska masa .....  $M_{H_2} = 2,016 \left( \frac{kg}{kmol} \right)$

- Gustina pri 0°C i 1,033 bar .....  $\rho_o = 0,0899 \text{ (kg / m}^3\text{)}$
- Gasna konstanta .....  $R = 4.125 \text{ [J / (kgK)]}$
- Specifični toplotni kapacitet  
pri 20°C i 1,033 bar .....  $C_p = 28,78 \text{ [kJ/(kmolK)]}$   
 $C_p = 14,45 \text{ [kJ/(kgK)]}$   
 $C_v = 20,40 \text{ [kJ/(kmolK)]}$   
 $C_v = 10,40 \text{ [kJ/(kgK)]}$
- Dinamička viskoznost pri 0°C i 1,033 bar .....  $83,30 \cdot 10^{-6} \text{ [P]}$
- Temperatura isparavanja pri 1,033 bar ..... 20,39 [K]
- Temperatura mržnjenja ..... 13,50 [K]
- Temperatura trojne tačke ..... 13,95 [K]
- Gustina tečnog vodonika pri 20,39[K]..... 70 [kg/m<sup>3</sup>]
- Kritične veličine stanja: temperatura ..... 33,3[K]  
pritisak..... 13,2 [bar]  
gustina ..... 30 [kg/m<sup>3</sup>]
- Donja granica zapaljivosti u vazduhu ..... 4 %
- Gornja granica zapaljivosti u vazduhu..... 76 %
- Donja granica zapaljivosti u kiseoniku ..... 4,5 %
- Gornja granica zapaljivosti u vazduhu..... 95 %
- Zapremina gasa pri 0°C i 1,033 bar  
pri isparavanju 1dm<sup>3</sup> tečnosti ..... 788 [dm<sup>3</sup>]

Vodonik je zapaljiv i eksplozivan gas, prilikom gorenja oslobađa veliku količinu toplote.

Za paljenje i eksploziju vodonika potreban je vrlo mali toplotni impuls.

Vodonik reaguje sa kiseonikom uz oslobađanje velike količine toplote 151.276 kJ/kg i pri tome se obrazuje voda.

Zapaljivost i eksplozivnost vodonika ostvaruje se u koncentraciji sa vazduhom od 4% do 75% zapreminskih vodonika u vazduhu. Na granici eksplozivnosti smeše vodonik - vazduh utiču pritisak, temperatura i sadržaj vodene pare. Granice eksplozivnosti i detaljno objašnjenje karakteristika vodonika dato je standardom JUS Z.C0.010.

Mešavina vodonika i hlora među sobom reaguje bez dovoda energije.

Kod mešavine vodonik – hlor dovoljna je svetlosna energija da doprinese reakciji eksplozivnog karaktera.

Kod mešavine vodonika sa čistim kiseonikom granice eksplozivnosti su od 4,5% do 95% zapreminskih vodonika u kiseoniku.



Za potrebe pogona konstrukcije u okviru fabrike opreme i delova u Boru, a za snabdevanje „Plazma” aparata za sečenje metalnih ploča potrebno je obezbediti određenu količinu vodonika koja će omogućiti nesmetano rezanje u toku dve radne smene. Opremu – boce je potrebno uskladištiti i omogućiti bezbednu manipulaciju njome.

Izbor opreme gasne centrale i razvodne mreže izvršen je na bazi proračuna potrebnog kapaciteta za optimalni rad „Plazma” aparata i analitičkoj proveri mehaničke izdržljivosti cevi prema standardu JUS M.E2.260.

Sama lokacija i izgled objekta definisani su na osnovu važećih propisa o zaštiti od požara i eksplozija za tu vrstu objekta.

## STATIČKI PRORAČUN INSTALACIJE ZA VODONIK

### Proračun kapaciteta i izbor opreme

Boce  $p = 150$  [bar]; svaka zapremine  $V = 0,545$  [m<sup>3</sup>]

Ukupna zapremina gasa  $V_g$  pri ( $t = 0^\circ\text{C}$  i  $p = 1$  bar)

$$V_g = (p+1) \cdot n \cdot V_b \text{ [m}^3\text{]} \dots\dots\dots (3)$$

$$V_g = (150 + 1) \cdot 2 \cdot 0,545 = 164,59 \text{ [m}^3\text{]} = 14.8 \text{ [kg]} \dots\dots\dots (4)$$

gde je:

$n$  – ukupan broj boca

### Trajanje jednog punjenja stabilne baterije

Maksimalni kapacitet izuzimanja je  $Q = 5$  [m<sup>3</sup>/h] pa je trajanje jedne baterije (2 boce), (s obzirom da se može izuzimati do 4 bara):

$$t_{max} = \frac{n \cdot V \cdot [(p+1) - p_{uz}]}{Q} \text{ [h]} \dots\dots\dots (5)$$

$$t_{max} = \frac{2 \cdot 0,545 \cdot [(150+1) - 4]}{5} = 32 \text{ (h)} \dots\dots\dots (6)$$

Pri radu u tri smene baterija će trajati:

$$T = \frac{t_{max}}{24} \text{ dana} \dots\dots\dots (7)$$

$$T = \frac{32}{24} = 1,33 \text{ dana} \dots\dots\dots (8)$$

Odnosno, pri radu u dve smene kakav je slučaj u FOD trajanje baterije od dve boce je dva dana u kontinuitetu.

$$T = \frac{32}{16} = 2 \text{ dana} \dots\dots\dots (9)$$

### Proračun cevovoda

Polazni podaci za proračun:

Usvaja se za cevovode pre redukcije proračunski pritisak jednak ispitnom, odnosno u ovom slučaju jednak max dozvoljenom od 225 bar.

- Provera mehaničke izdržljivosti čelične cevi od podstanice do priključnog mesta.

Za usvojenu čeličnu cev  $\varnothing 30 \times 4.50$  prema JUS C.B5.221 vrši se provera mehaničke izdržljivosti (debljine zida cevi) prema sledećem obrascu:

$$s = \frac{D_s \cdot P_p}{18 \cdot \frac{k}{s} \cdot V + P_p} + C_1 + C_2 \text{ [mm]} \dots\dots\dots (10)$$

gde je:

$D_s = 30$  mm, spoljni prečnik cevi

$P_p = 225$  bar proračunski pritisak

$k = 260$  N/mm<sup>2</sup> proračunska čvrstoća materijala cevi

$S = 2.5$  stepen sigurnosti

$V = 0.9$  koeficijent zavara

$C_1 = 0.40$  dodatak na netačnost izrade

$C_2 = 0$  dodatak na koroziju

$$s = \frac{30 \cdot 225}{18 \cdot \frac{260}{2,5} \cdot 0,9 + 225} + 0,4 + 0 = 3,93 \text{ [mm]} < 4,5 \text{ [mm]} \dots\dots\dots (11)$$

To zadovoljava debljinu zida usvojene bešavne cevi  $\varnothing 30 \times 4.50$  (R  $\frac{3}{4}$ " ) JUS C.B5.221 -Č.1213  $m=2.83$  kg/m.

Usvaja se za cevovode posle redukcije proračunski pritisak od 16 bar.

Za usvojenu bakarnu cev  $\varnothing 35 \times 1.50$  prema JUS C.B5.221 vrši se provera mehaničke izdržljivosti (debljine zida cevi) prema sledećem obrascu:

- Provera mehaničke izdržljivosti, odnosno potrebnih debljina zida cevi na delu od podstanice do priključnog mesta izvršena je prema JUS M.E2.260.

$D_s$ - spoljni prečnik cevi

K- Proračunska čvrstoća za usvojeni materijal cevi Cu 99.5 1/2 t.s.v.,  
 $K=157$  N/mm<sup>2</sup>

$S'$ - stepen sigurnosti  $S' = 2.5$

$v$ - koeficijent valjanosti zavarenog spoja ili koeficijent oslabljenja za bešavne cevi  $v=1$

$c_1$ - dodatak koji uzima u obzir smanjenje debljine zida, u mm, usvojeno  
 $c_1 = 0,1 \cdot s_e$

$c_2$ - dodatak na koroziju i habanje, u mm, za bakar  $c_2=0$

$$S_{cu} = \frac{D_s \cdot p_1}{20 \frac{K}{s'} \cdot v + p} + c_1 + c_2 \text{ [mm]} \dots\dots\dots (12)$$

$$S_{cu} = \frac{30 \cdot 16}{20 \frac{157}{2,5} \cdot 1 + 16} \dots\dots\dots (13)$$

$$S_{cu} = 0.37 \text{ [mm]}$$

Prema proračunu usvojena debljina zida bakarne cevi je veća od potrebne i zadovoljava. Osim toga u redukcionoj grupi može se podesiti potrebni izlazni pritisak.

## PRIKAZ REZULTATA-PREDMER I PREDRAČUN

### Osnovni sastavni delovi instalacije podstanice vodonika su:

Baterija od dve vertikalne boce za vodonik ukupne zapremine 1.09 m<sup>3</sup>, radnog pritiska max 150 bar.

**Osnovni radni parametri**

Radni pritisak u bateriji i pripadajućoj instalaciji pre redukcije je max 150 bar.

Radni pritisak razvodne mreže je 11 bar.

**Kapacitet instalacije**

Maksimalni kapacitet izuzimanja je 5m<sup>3</sup>/h.

Trajanje jedne baterije (2 boce) je 32 h

**Stabilna baterija**

Sastoji se iz dva komada čeličnih boca za skladištenje komprimovanog vodonika visokog pritiska, koje se nalaze u odgovarajućem ramu od čeličnih profila-soška. Soška je stabilna i učvršćena čeličnim ankerima za zid podstanice kao na Sl. 1. Boce se skladište uspravno i osiguravaju od pada lancima. Boce su čelične približne zapremine 40 l i u njima staje oko 6 m<sup>3</sup> gasa pod pritiskom od 150 bar. U obe prostorije smeštaju se po najviše dve pune, odnosno dve prazne boce.



*Slika 1. Uskladištene boce vodonika*

### Redukciona grupa-reducir ventil

Omogućava redukciju visokog pritiska iz baterije na potreban konstantan radni pritisak od 11 bar.

### Razvodna mreža

Gasni vodonik iz baterije i redukcione grupe struji kroz cevovod razvodne mreže do potrošača u hali. Mreža se sastoji od sledećih deonica (tabela. 1), na trasi podstanica-razdelnik:

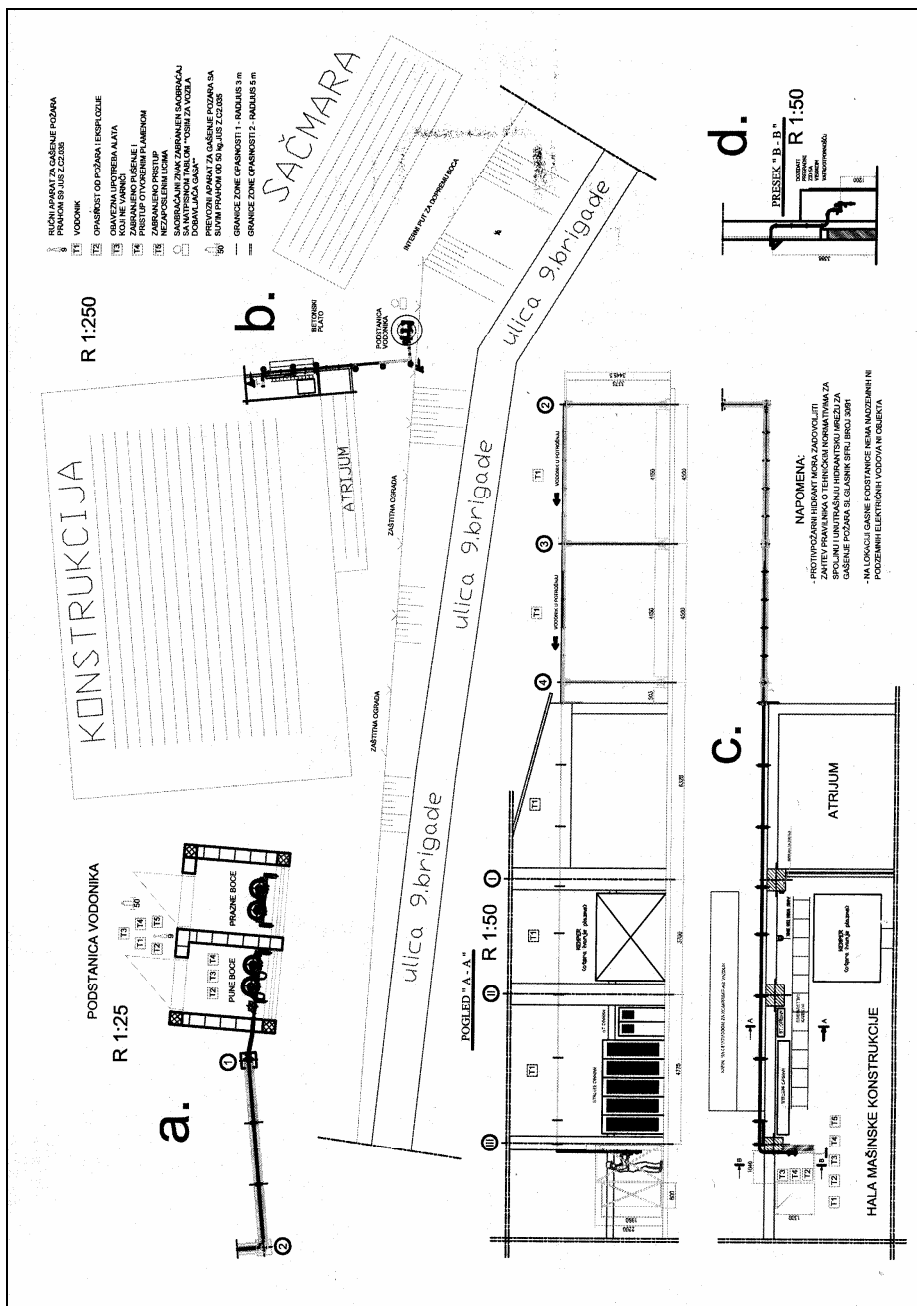
**Tabela 1.** Sračunate vrednosti razvodne mreže vodonika

Deonica cevovoda	Dimenz. cevi (mm)	Dužina cevi (m)	Oslonci, tip	Oslonci, Max rastojanje (m)	Režim rada h/dan	Vodenje
Podstanica	Ø30x4.5 JUS C.B5.221	2	Čvrsti	0.5	Po potrebi	Po zidu podstanice
Podstanica -hala	Ø35x1.5x5000*SRPS C.D5.521xCuZn21Al2.19sv*	32	Klizni i čvrsti	2.4	Po potrebi	Spolja, nadzemno po cevnom mostu
Ulaz u halu do razdelnika na stubu	Ø30x1.5x5000*SRPS C.D5.521xCuZn21Al2.19sv*	3	Klizni i čvrsti	2.4	Po potrebi	U hali, po stubovima

Cevovod za vodonik se polaže vidno i nadzemno radi lakše kontrole zaptivenosti. Sredina cevi nalazi se na visini oko 3,5 m i uvodi se u pogon čelične konstrukcije kroz atrijum kroz zaštitnu čauru-čeličnu cev većeg prečnika koja je za najmanje 40 mm duža od raspona između spoljnog zida atrijuma i unutrašnje površine sendvič panela za uvod u halu. Međuprostor između zaštitne cevi i voda vodonika treba popuniti azbestom ili drugim negorivim vlaknastim materijalom. Svi horizontalni vodovi cevovoda postavljeni su sa padom od 3 - 5% prema trošilu-uređaju za plazma sečenje.

Na sl. 2. prikazan je:

- a) Objekat gasne stanice u osnovi za smeštaj punih i praznih boca i prolaz cevi razvodne mreže vodonika kroz zid objekta.



Slika 2. Situacija podstanice u krugu FOD – a sa cevnim razvodom

- b) Položaj gasne centrale u odnosu na lokalne objekte i saobraćajnice.
- c) Prikaz vidne nadzemne cevovodne mreže vodonika, sa smerom ka potrošaču, izdignut na čeličnim stubovima, povezanih ramovima na visini od 3.5 m čime je omogućena nesmetana komunikacija između objekata. Kao i prikaz položaja konzola montiranih na zidu zgrade mašinske konstrukcije i ulaz cevovoda u istu.
- d) Delimičan presek zgrade sa prikazom mesta prolaska cevovoda kroz zid zgrade i lokaciju redukcionog grupe sa uključno-isključnim ventilom na novopodignutom poluzidu visoke vatrootpornosti.

Duž cele razvodne mreže vodonika naznačena su mesta na kojima je nužno postaviti table upozorenja i protivpožarne aparate definisane u gornjem desnom uglu slike.

### **Objekat podstanice vodonika**

Centrala za vodonik je građevinski objekat sa zidovima visoke vatrootpornosti. Objekat je zaseban i lociran je između pogona čelične konstrukcije i objekta za sačmarenje, neposredno uz zaštitnu ogradu industrijske zone FOD-a (Sl. 2.b).

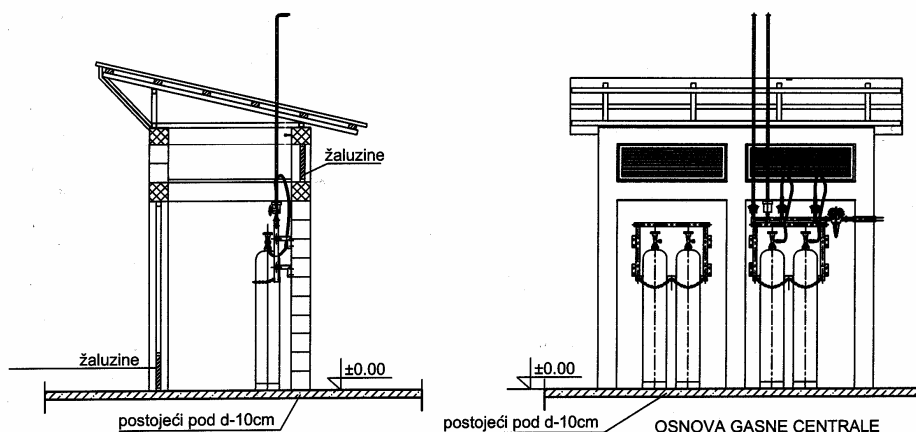
Ulaz je sa internog puta pored objekta za sačmarenje i betonskog platoa, a za parkiranje dostavnog vozila sa bocama predviđena je slobodna površina ispred same podstanice.

Dimenzije gasne centrale (Sl. 3) su u osnovi 2.9 x 1.7 m i maksimalne visine 3.5 m. Krov je izrađen od lake metalne konstrukcije - trapeznih limova koji natkrivaju objekat i štite prozore od sunčevog zračenja.

Sama centrala sastoji se iz dve prostorije: prostorije za smeštaj punih i prostorije za smeštaj praznih boca. Obe prostorije su odvojene čvrstim pregradnim zidom i poseduju zasebna aluminijumska vrata koja se otvaraju u polje i vode neposredno napolje. Iste su jasno obeležene, tako da ne postoji mogućnost zabune prilikom manipulisanja, odnosno rukovanja sa bocama. U donjem delu aluminijumskih vrata nalaze se samousisne žaluzine za provetravanje, kao i na prozorima na suprotnom zidu okrenutih prema ulici 9. brigade sa visinom parapeta 2.2 m.

Podovi centrale su aluminijumske ploče, izvedeni tako da onemogućavaju kotrljanje boca.

Svi uređaji, cevovodi i sama centrala moraju biti zaštićeni od atmosferskog pražnjenja i imati izvedeno izjednačenje potencijala. Elektroinstalacija u centrali mora biti u protiveksplozivnoj zaštiti.



*Slika 3. Gasna centrala*

## ZAKLJUČAK

Objekat podstanice definisan je prema važećim propisima za tu vrstu instalacije. Gabariti samog objekta prilagođeni su za smeštaj četiri boce vodonika (dve radne i dve rezervne), redukcione grupe sa pripadajućom armaturom i instrumentima i pri tom pružaju zadovoljavajuću ergonomiju pokreta za manipulaciju tehnički obučenog lica za rad sa ovakvom vrstom instalacije.

Sam objekat lociran je izvan granice opasnosti zone 2. Čiji je radijus 5 m. (Sl. 2.) i istovremeno pruža mogućnost za nesmetanu manipulaciju i transport punih, odnosno praznih boca.

Ukupan kapacitet podstanice vodonika omogućava nesmetan dvosmenski rad u kontinuitetu od dva radna dana.

Trasa gasovoda omogućava nesmetanu komunikaciju između objekata i istovremeno je dovoljno udaljena od energetske kablova i potencijalnih mogućih izvora otvorenog plamena.

Izbor materijala i debljine zidova cevne instalacije zadovoljava u pogledu mehaničke čvrstoće i vrste fluida koji struji kroz istu.



## LITERATURA

- [1] Dr. M. Bogner i S. Ćirić, dipl.inž.: „Tehnički gasovi”, Beograd 1984. god.
- [2] Dr. M. Bogner i M. Isailović, dipl.inž.: „Tehnički i medicinski gasovi”, Beograd 2005. god.
- [3] Dr. M. Bogner i ostali: „Termotehničar”, Beograd 2004. god.
- [4] Dr. M. Bogner: „Propan Butan”, Beograd 2004. god.
- [5] Dr. M. Bogner: „Tehnički propisi o posudama pod pritiskom”, Beograd 2003. god.
- [6] M. Isailović: „Tehnički propisi o zaštiti od požara i eksplozija”, Beograd 2004. god.
- [7] G.M.P. „Podstanice za vodonik sa razvodnom mrežom” IBB, Bor 2006. god.

UDK:552:531.21(045)=861

**ODREĐIVANJE SILE RAZARANJA BLOKA STENE  
PRIMENOM NUMERIČKIH METODA**

**DETERMINATION OF DESTRUCTION FORCE FOR  
BLOCK-STONE BY APPLYING NUMERICAL METHOD**

Milenko Petrović, Dragan Kalaba  
Fakultet tehničkih nauka, Kosovska Mitrovica

**IZVOD**

*Ovaj rad obuhvata postupak i način određivanja sile razaranja bloka stene i način određivanje normalnih i efektivnih napona za karakteristične tačke koji se pojavljuju prilikom razaranja stenske mase. Za određivanje pomenutih veličina korišćena je numerička metoda-metoda konačnih elemenata po PAK programu (Program analize konstrukcija).*

**Ključne reči:** blok, stena, sila, napon

**ABSTRACT**

*In hard and solid mineral resources exploitation, drilling and blasting works are considering as a single operation. The functional dependence between natural physical-mechanical properties (working environment in general) and drilling-blasting work is clearly defined, studied in details and proved in practice and industry.*

*However, disability in usage of total potential energy of explosives represents technical and economical problem. That us the reason for rapidly decreasing usage of explosive, as in application range and even more by type of operation. From the total explosive energy, only approximately 10% is useful work, 45% are chemical losses, 50% useless mechanical work and approximately 25% is thermal loss.*

*From these data there is an idea and that one part of mining work can be done by drilling of blasting holes and block and rock masses-concentrate blocks-can be achieved without explosives.*

*In this paper, there will be described required destruction forces of modeled blocks-rock, with defined physical and mechanical properties (granite) and dimensions: height, width, depth, distance between blasting holes, drilling depth and its diameter. After the destruction force there is normal strain determined as well as normal strains along the block (rock) destruction line and effective strain on the destruction surface. For these data obtaining the numerical method- finite elements method (FEM- by PAK program) is used.*

**Key words:** block, stone, force, dowel.

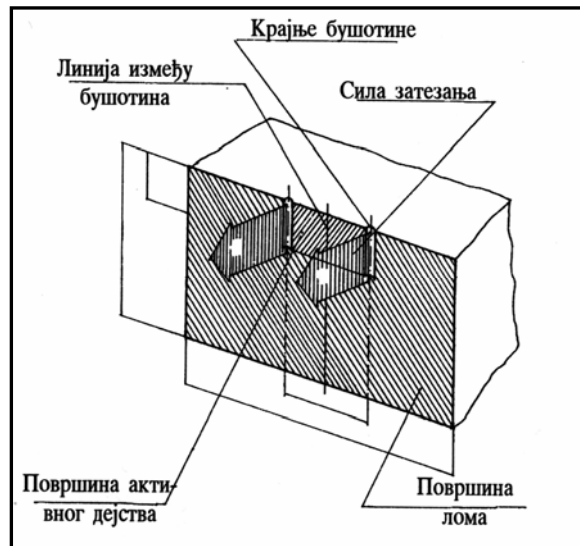
## UVOD

Polaznu osnovu za određivanje sile razaranja bloka stene činila je potreba za otkopavanjem nekih kamenih gromada i betonskih blokova u uslovima gde bi upotreba eksplozivnih materija po kriterijumima sigurnosti bila neizvesna i ekonomski neracionalna.

U ovom radu opisan je način numeričke simulacije postupka sile razaranja bloka stene. Pri proračunu je korišćen programski paket PAK koji se zasniva na metodi konačnih elemenata. Takođe, u ovom radu je proračunato i slikovno prikazano naponsko stanje u bloku (kako efektivni tako i normalni napon pri razaranja bloka stene).

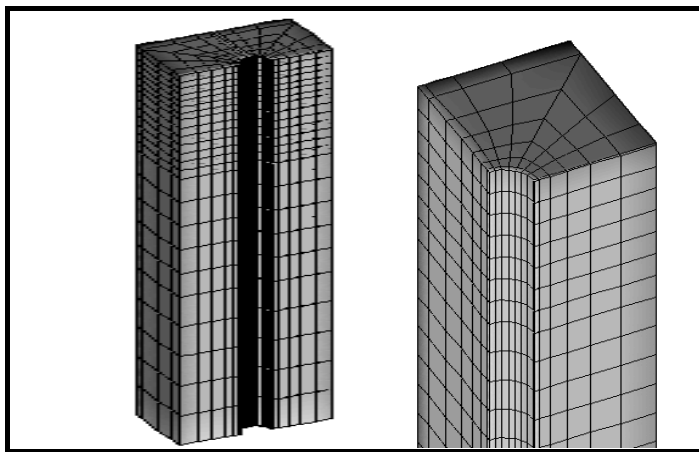
## OPIS NUMERIČKE METODE ODREĐIVANJA SILE RAZARANJA BLOKA STENE

Radi dobijanja prihvatljive veličine modela konačnih elemenata u pogledu hardverskih ograničenja računara uvedene su sledeće geometrijske pretpostavke. Smatra se da postoje sledeće ravni simetrije na posmatranom bloku. Prva globalna ravan simetrije je ravan razaranja bloka u kojoj leže ose svih bušotina. Zatim, postoji po jedna ravan simetrije za svaku bušotinu koja je upravna na ravan razaranja i seče se sa njom po osi bušotine. Na kraju, postoje ravni simetrije koje su upravne na ravan razaranja, a leže na jednakim rastojanjima od ose dve susedne bušotine.[1]



*Slika 1. Modelirani blok stene*

Deo bloka ograničen ravnima simetrije za jednu bušotinu modeliran je 3D poboljšanim osmočvornim elementima. Model konačnih elemenata prikazan je na slici 2. [2]

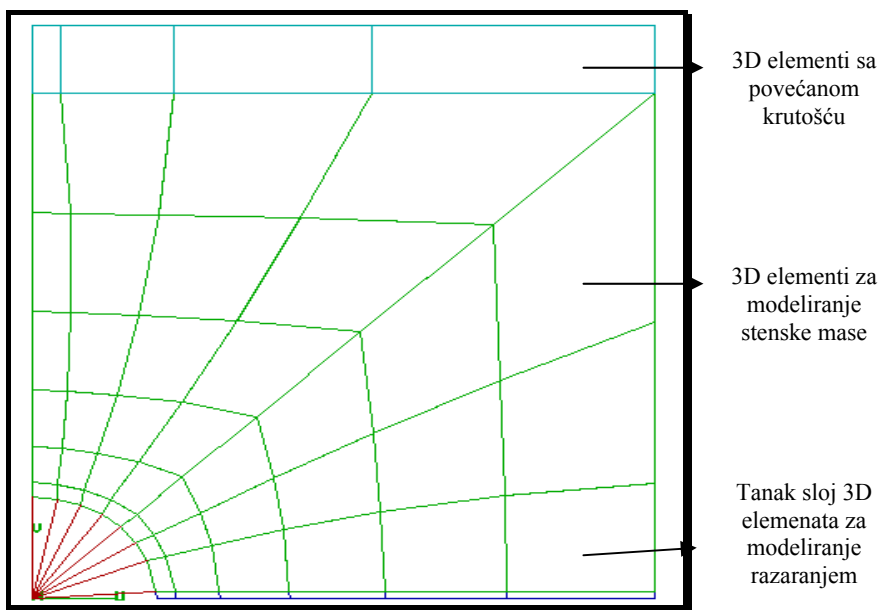


*Slika 2. Model konačnih elemenata*

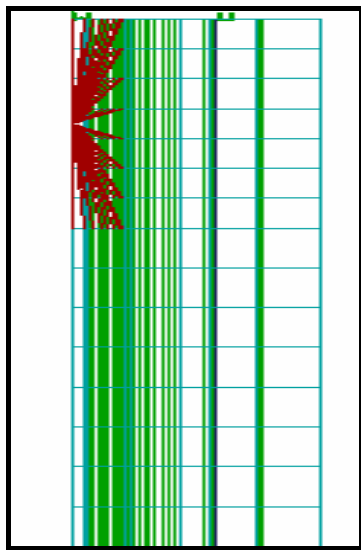
Za modeliranje procesa razaranja korišćen je tanak sloj 3D konačnih elemenata koji se nalaze uz ravan razaranja i ima ih 144, a na slici su nacrtani

tamnoplavom bojom. U ovim elementima proverava se da li je normalni napon upravan na ravan razaranja prešao dozvoljenu granicu zatezanja. Elementi u kojima je napon iznad dozvoljene granice zatezanja izostavljaju se iz daljeg proračuna i na taj način modelira širenje prslina i preraspodela opterećenja.

Druga grupa elemenata nacrtana zelenom bojom korišćena je za modeliranje stenske mase u okolini otvora. Ovih elemenata ima 1008. Da bi se izbegla enormna veličina modela, uticaj preostalog dela stenske mase, od druge grupe elemenata do kraja bloka, modeliran je konačnim elementima sa povećanom krutošću i to na taj način što je njihov modul elastičnosti povećan onoliko puta za koliko je dužina tog dela bloka u modulu skraćena.



**Slika 3.** Model konačnih elemenata (pogled u pravcu ose bušotine)  
 (zeleni – normalni, tamnoplavi – sa uslovom otkaza,  
 svetloplavi – sa povećanom krutošću da bi modelirali ostali deo stene  
 crveno – kruti pasivni klin)



*Slika 4. Model konačnih elemenata (pogled upravan na ravan razaranja),  
(rastojanje između otvora 150 mm, visina bloka 1250 mm)*

Ovi elementi nacrtani su svetloplavom bojomi ima ih 96. Prenosenje opterećenja sa pasivnog klina na površinu bušotine ostvareno je preko elementa kruto telo čije su veze sa 3D modelom prikazane linijama crvene boje na slikama 3 i 4. Glavni čvor krutog tela preko koga je zadavano pomeranje u pravcu upravnom na ravan razaranja nalazi se na sredini visine pasivnog klina.

Pri modeliranju uzoraka razaranja bloka korišćene su sledeće dimenzije uzorka:

- visina bloka 1250 mm,
- debljina (širina) bloka 1250 mm,
- rastojanje između bušotine 150 mm,
- dubina bušotine 1250 mm i
- prečnik bušotine  $\varnothing 30$  mm

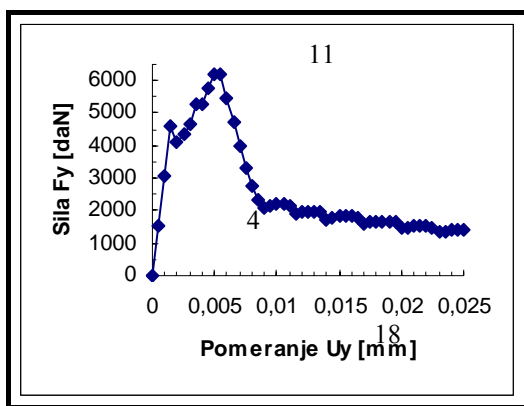
Fizičko-mehaničke osobine bloka:[3]

- Modul elastičnosti
- $E = 9.000 \text{ daN/mm}^2$ ,
- Poasonov odnos -  $\nu = 0.22$  i
- Maksimalni dozvoljeni napon na zatezanje -  $\sigma_z = 2 \text{ daN/mm}^2$

## NUMERIČKI PRORAČUN SILE RAZARANJA BLOKA

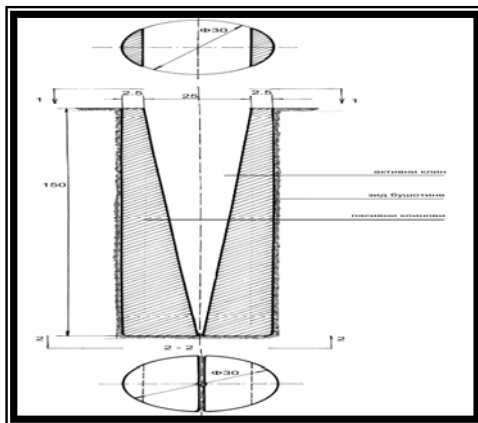
U ravnima simetrije modela zadati su simetrični granični uslovi. Kao opterećenje zadato je pomeranje pasivnih klinova od 0,025 mm u 50 koraka. Ovaj problem je nelinearan zbog promenljivih uslova u ravni razaranja. [2]

Nelinearna zavisnost između pomeranja pasivnog klina (pomeranje glavnog čvora krutog tela upravno na ravan razaranja) i računski dobijena sila na pasivnom klinu u pravcu tog pomeranja prikazana je na slici 5 (prikazana je polovina sile na pasivnom klinu jer je modelirana polovina klina zbog uslova simetrije).



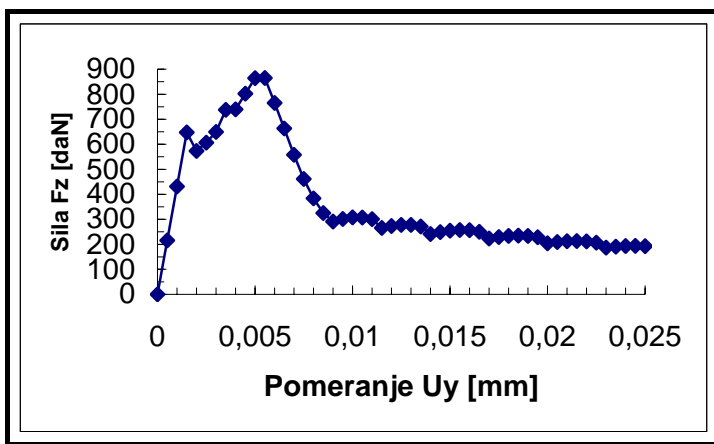
*Slika 5. Zavisnost horizontalne sile od horizontalnog pomeranja (sila deluje na sredini pasivnog klina – dubine 75 mm)*

Šematski prikaz pasivnih i aktivnih klinova prikazan je na slici 6. [1]



*Slika 6. Veza pasivnih i aktivnog klina*

Nelinearna zavisnost između ukupne vertikalne sile na aktivnom klinu i horizontalnog pomeranja pasivnog klina prikazana je na slici 7 za ugao aktivnog klina  $8^{\circ}$ . [2]

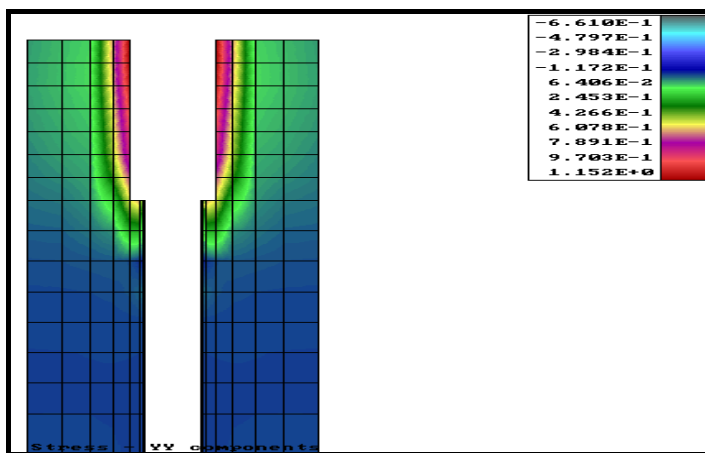


*Slika 7. Zavisnost vertikalne sile od horizontalnog pomeranja (ugao klina  $8^{\circ}$ )*

Na slici 5 mogu se primetiti tri karakteristične tačke, i to: početak razaranja u tački 4, maksimalna sila razaranja u tački 11 i početak približno konstantne sile razaranja u tački 18.

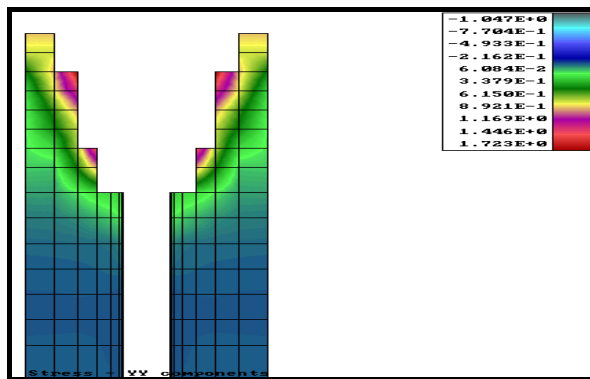
Zavisnost vertikalne sile od horizontalnog pomeranja za ugao klina  $8^{\circ}$  prikazan je na slici 7.

Polje normalnog napona na ravan razaranja za karakteristične tačke 4, 11 i 18 prikazana je na slikama 8, 9 i 10.

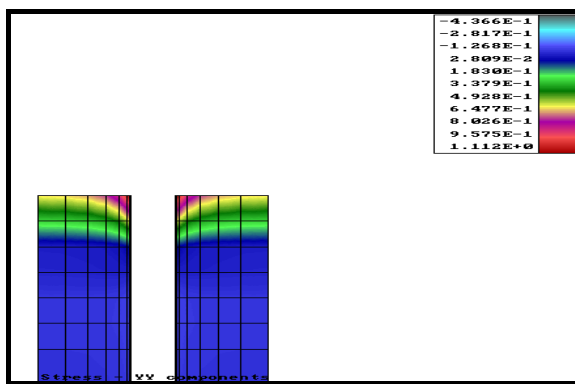


*Slika 8. Polje normalnog napona na ravan razaranja – početak razaranja u tački 4.*



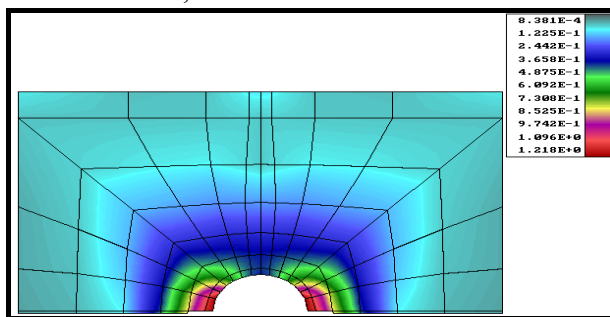


Slika 9. Polje normalnog razaranja na ravan razaranja – maksimalna sila razaranja u tački 11.

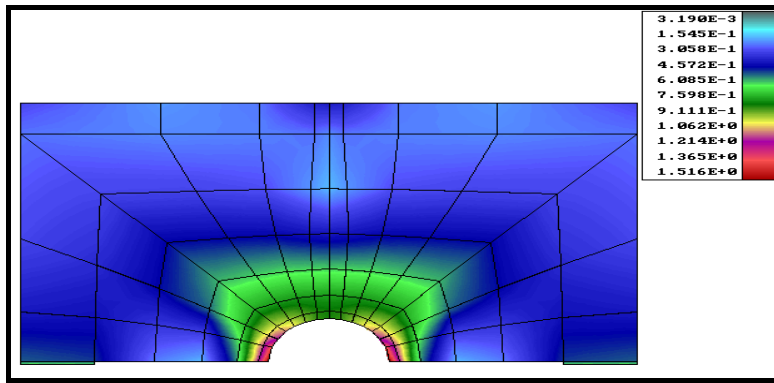


Slika 10. Polje normalnog razaranja na ravan razaranja – početak približno konstantnog razaranja u tački 18.

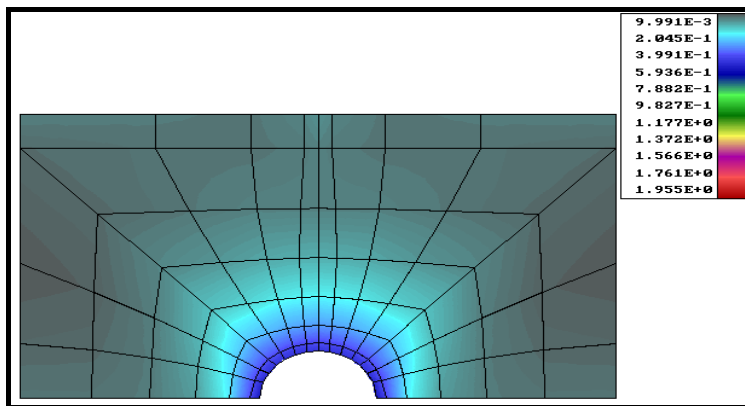
Polje efektivnog napona na površinu bloka za karakteristične tačke 4, 11 i 18. prikazan je na slikama 11, 12 i 13.



Slika 11. Polje efektivnog napona na površinu bloka – početak razaranja u tački 4.



*Slika 12. Polje efektivnog napona na površinu bloka – maksimalna sila razaranja u tački 11.*



*Slika 13. Polje efektivnog napona na površinu bloka – početak približno konstantnog razaranja u tački 18.*

Još jedan od načina za određivanje potrebne vertikalne sile za razaranje jeste primena teorije udara. Ako primenimo zakon o promeni količine kretanja na udarni čekić dobijamo: [4]

$$mv + mv_0 = I \dots \dots \dots (1)$$

gde je:

$m$  – masa čekića,

$v$  – brzina posle udara,

$v_0$  – brzina čekića pre udara i

$I$  - impuls sile.

Veza između impulsa i srednje sile pri udaru može se napisati kao:

$$I = F_{sr} \Delta t \dots\dots\dots (2)$$

konačno:

$$F_{sr} = m(v + v_0) / \Delta t \dots\dots\dots (3)$$

### ZAKLJUČAK

Na osnovu prikazanih rezultata može se zaključiti da je ovaj model verno prikazao proces razaranja bloka stene. Došlo se do zaključka da dubina bušotine ne utiče na vrednost maksimalne potrebne sile razaranja. Očigledno da će se povećanjem rastojanja između bušotina i povećanjem ugla nagiba pasivnih klinova povećavati i vrednost sile razaranja [5].

### LITERATURA

- [1] Petrović, M., Doktorska disertacija: Prilog supstituciji energije eksploziva kod miniranja mehaničkom energijom, FTN – K. Mitrovica, 2003.
- [2] Kojić, M., Slavković, R., Živković, M., Grujović, N., Metoda konačnih elemenata i linearna analiza, Kragujevac, 2003.
- [3] Elezović, D., Nedeljković, B., Jakšić, M., Mehanika stena i tla, Rudarsko-metalurški fakultet, Kosovska Mitrovica, 2000.
- [4] Robijek, V., Mehaničko otkopavanje stena u blokovima, površinska eksploatacija mineralnih sirovina, Tuzla, 1970.
- [5] Nedeljković, B., Milentijević, G., Određivanje statičkog i dinamičkog modula elastičnosti na uzorcima stena, Rudarstvo i geologija, Makedonija, 2008.

UDK:622.7(045)=861

**UTICAJ GRANULOMETRIJSKOG SASTAVA NA VLAŽNOST  
DEFINITIVNOG KONCENTRATA BAKRA IZ  
POGONA FLOTACIJA „V. KRIVELJ“**

**INLUENCE OF GRAIN-SIZE DISTRIBUTION ON MOISTURE  
CONTENT CLEANED CONCENTRATE Cu FROM PLANT  
„V. KRIVELJ“**

Vesna Marjanović,  
Institut za rudarstvo i metalurgiju, Bor

**IZVOD**

*U radu su data laboratorijska ispitivanja definitivnog koncentrata bakra iz pogona flotacije „V. Krivelj“, a u cilju ispitivanja promene vlažnosti filterske pogače i specifičnog kapaciteta filtriranja sa povećanjem sitnijih klasa. Napravljena su četiri veštačka uzorka dodavanjem klase -75+0 μm iz koncentrata i na njima su obavljena ispitivanja.*

**Ključne reči:** koncentrat Cu; granulostav, vlažnost; kapacitet filtriranja.

**ASBTRACT**

*In this paper described laboratory tests on cleaned concentrate Cu from plant „V. Krivelj“ for control changing on moisture content in filter cake and specific capacity of filtration with increasing of content fine-grained size class. The maked four artificial samples with add of size rang -75+0 μm from cleaned concentrate Cu and tested in laboratory.*

**Key words:** concentrate Cu, grain-size distribution, moisture, capacity of filtration

**UVOD**

Da bi se eksperimentalna istraživanja što više približila uslovima u pogonu korišćen je uzorak iz neposrednog procesa filtriranja koncentrata bakra pogona flotacije „V. Krivelj“. Uzorkovanje je obavljeno ručnim uzorkivačem. Za sitovnu i hemijsku analizu definitivnan koncentrat Cu uzorkovan je na osušenom homogenizovanom i valjkom usitnjenom uzorku metodom šah-polja.

Granulometrijski sastav koncentrata Cu određivan je na standardnim serijama sita DIN i TYLER. Za određivanje granulometrijskog sastava čestica manjih od 40  $\mu\text{m}$  korišćena su Resth-ova ultrasonična sita tipa Ultrasonic USG.

Gustina koncentrata je određena staklenim piknometrom i srednja vrednost iznosi  $\rho=4280 \text{ kg/m}^3$ .

U tabeli 1, i na slici 1 dat je granulometrijski sastav ovog uzorka.

**Tabela 1.** Granulometrijski sastav uzorka

Klasa krupnoće (mm)	m (%)	D (%)
+0.16	0.82	100.00
-0.16+0.09	3.51	99.18
-0.09+0.075	9.49	95.67
-0.075+0.063	1.86	86.18
-0.063+0.050	3.93	84.32
-0.050+0.040	5.47	80.39
-0.040+0.030	12.96	74.22
-.030+0.020	20.55	61.96
-0.020+0.010	17.23	41.41
-0.010+0.005	6.17	24.18
-0.005+0	18.01	18.01

## EKSPERIMENTALNI DEO

Uticaj granulometrijskog sastava na vlažnost filterske pogače ispitivan je pomoću labaratorijskog diskontinualnog uređaja za ispitivanje procesa filtriranja tzv. List-test (sl. 1). Vakuum je postizan pomoću vakuum-pumpe, registrovan manometrom, a regulisan pomoću ventila. Mehanička mešalica je korišćena za homogeniziranje pulpe.

Debljina filterske pogače je merena na pet različitih mesta i uzimana je njena srednja vrednost.

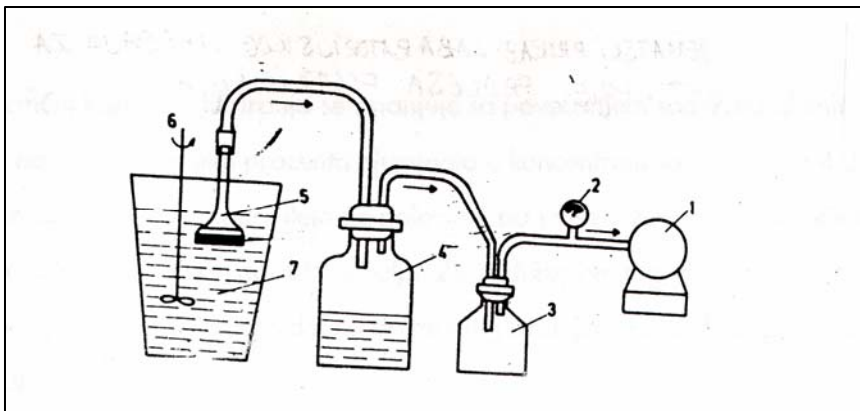
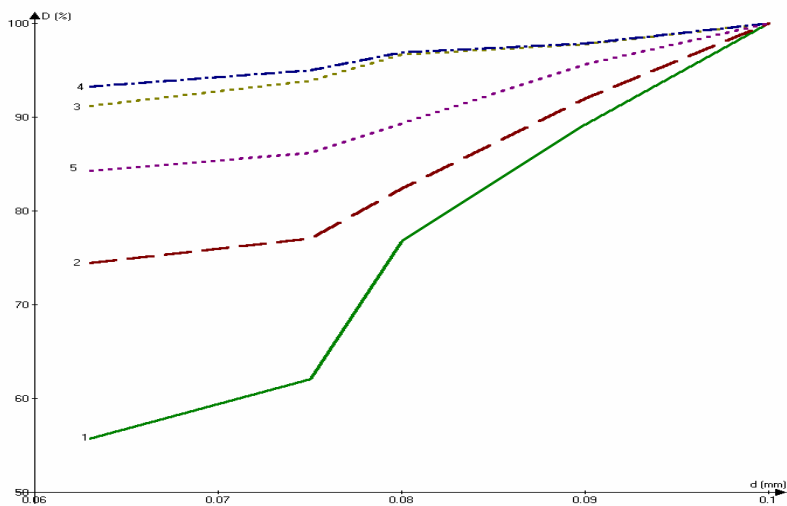
Granulometrijski sastav koncentrata Cu menjan je na sledeći način:

- veća količina koncentrata prosejana je na situ od 75  $\mu\text{m}$ ,
- dobijena klasa +75  $\mu\text{m}$  dodavana je polaznom koncentratu u dva različita odnosa i na taj način su dobijena dva uzorka sa povećanim sadržajem krupnih klasa (uzorak 1 i 2),
- dobijena klasa -75+0  $\mu\text{m}$  je takode dodavana polaznom koncentratu u dva različita odnosa i na taj način su dobijena dva uzorka sa povećanim sadržajem sitnih klasa (uzorak 3 i 4).

Granulometrijski sastav ovako dobijenih uzoraka prikazan je u tabeli 2 i slici 2.

**Tabela 2.** Granulometrijski sastav uzoraka 1, 2, 3, 4 i polaznog uzorka 5

Kl. krup. (mm)	Uzorak 1		Uzorak 2		Uzorak 3		Uzorak 4		Uzorak 5	
	m(%)	D(%)	m(%)	D(%)	m(%)	D(%)	m(%)	D(%)	m(%)	D(%)
+0.09	10.83	100.00	8.04	100.00	2.24	100.00	2.17	100.00	4.33	100.00
-0.09+0.08	12.44	89.17	9.57	91.96	1.07	97.76	0.91	97.83	4.19	95.67
-0.08+0.075	14.70	76.73	5.36	82.39	2.77	96.69	1.91	96.92	5.30	91.48
-0.075+0.063	6.32	62.03	2.62	77.03	2.69	93.92	1.77	95.01	1.86	86.18
-0.063+0	55.71	55.71	74.41	74.41	91.23	91.23	93.24	93.24	84.32	84.32

**Slika 1.** Šematski prikaz laboratorijskog uređaja za ispitivanje procesa filtriranja – list-test**Slika 2.** Granulometrijski sastav uzoraka 1, 2, 3, 4 i polaznog uzorka 5

Vlažnost filterske pogače predstavlja masu tečne faze koja se nalazi u koncentratu i izražava se u masenim procentima, a izračunava iz relacije:

$$W = [(m_v - m_s) / m_v] \cdot 100 \text{ (%), ..... (1)}$$

gde je:

- $m_v$  – masa vlažne filterske pogače (g)
- $m_s$  – masa suve filterske pogače (g)

Specifični kapacitet filtriranja izračunava se iz relacije:

$$q = [(0.27 \cdot Q_m) / (S \cdot t)] \cdot [(100 - W) / W] \text{ (t/m}^2\text{h), ..... (2)}$$

gde je:

- $Q_m$  – masa vlažne filterske pogače (t)
- $W$  – sadržaj vlage u filterskoj pogači (%)
- $S$  – površina lista za filtriranje ( $m^2$ ),  $S = 0.00152 \text{ m}^2$
- $t$  – ukupno vreme filtriranja (h).

## REZULTATI RADA I DISKUSIJA

### *Uticaj granulometrijskog sastava na vlažnost filterske pogače i specifični kapacitet filtriranja*

U cilju ispitivanja uticaja granulometrijskog sastava na sadržaj vlage i specifični kapacitet filtriranja, napravljena su četiri veštački uzorka koncentrata bakra dodavanjem različitih količina krupnijih i sitnijih frakcija. Ispitivanja su obavljena na različitim veličinama vakuuma i sa različitim sadržajem čvrstog u pulpi (40 i 50 %), a pri konstantnom vremenu filtriranja i sušenja ( $t_f = t_s = 100 \text{ s}$ ).

U tabelama 3, i na slikama 2, 3, 4, i 5 prikazani su rezultati laboratorijskih ispitivanja.

**Tabela 3.** Promena vlažnosti filterske pogače i specifičnog kapaciteta za uzorke 1, 2, 3 i 4 pri  $t_f = t_s = 100 \text{ s}$

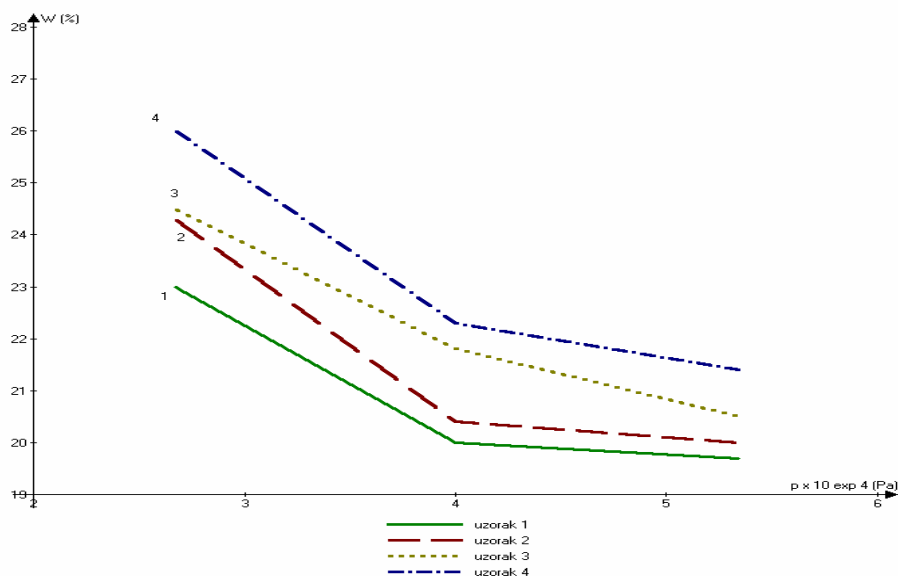
	$p \times 10^4$ (Pa)	40% Č u pulpi			50% Č u pulpi		
		W (%)	q (t/m <sup>2</sup> h)	$\delta^*$ (mm)	W (%)	q (t/m <sup>2</sup> h)	$\delta^*$ (mm)
Uzorak 1	2.67	23.0	0.73	3.7	25.3	0.65	3.5
	4.00	20.0	0.84	2.4	21.8	1.31	4.3
	5.34	19.7	2.09	3.9	20.6	1.79	39.
Uzorak 2	2.67	24.3	0.58	1.9	25.6	0.40	2.7
	4.00	20.4	1.09	3.1	22.3	1.05	3.4
	5.34	20.0	2.00	3.9	20.8	1.17	3.4
Uzorak 3	2.67	24.5	0.52	21.	29.2	0.34	1.7
	4.00	21.8	0.89	2.1	23.1	1.01	3.9
	5.34	20.5	0.97	2.2	21.9	1.40	3.7
Uzorak 4	2.67	26.0	0.45	1.6	29.4	0.37	3.5
	4.00	22.3	0.83	2.6	24.1	1.09	3.3
	5.34	21.4	1.15	3.1	22.7	1.06	4.8

\* $\delta$  - debljina filterske pogače

Iz tabele 3 i sa slika 3 i 5 vidi se da sa povećanjem sadržaja klase  $-63+0 \mu\text{m}$  sa 55.71% na 93.24% dolazi do povećanja sadržaja vlage za 1.5-3.0% u zavisnosti od veličine vakuuma pri sadržaju čvrstog od 40 %. Za 50% čvrstog u pulpi porast vlage se kreće između 2 i 4% zavisno od jačine vakuuma.

Sa slike 4 vidi se da povećanjem učešća sitne klase dolazi do smanjenja specifičnog kapaciteta sa 2 na oko 1 ( $\text{t}/\text{m}^2\text{h}$ ) tj. za oko polovinu pri jačini vakuuma od  $5.34 \cdot 10^4$  (Pa). Za manju jačinu vakuuma smanjenje kapaciteta nije veliko. Za 50% čvrstog u pulpi smanjenje kapaciteta nije bitno izraženo, slika 6.

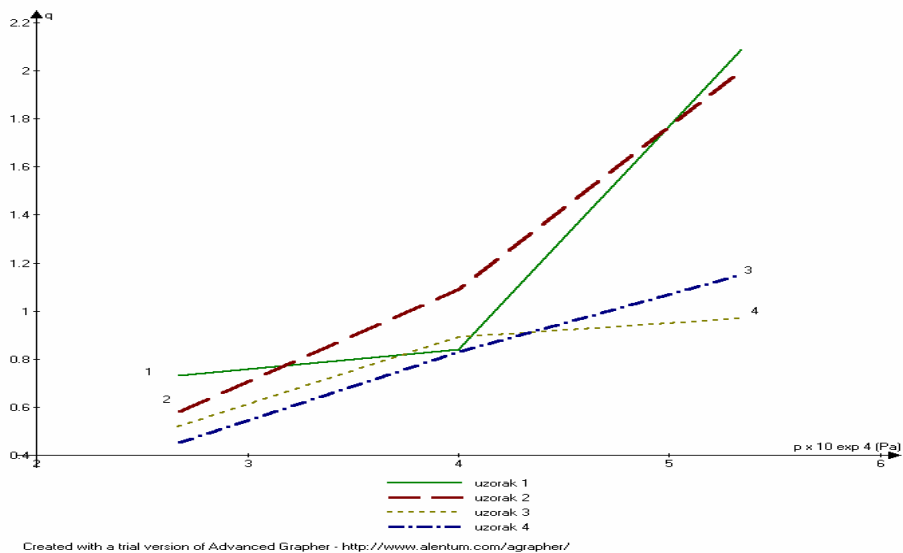
Povećanje učešća sitne klase dovodi do povećanja ukupne površine čestica, a samim tim i do povećanja površinske vlage. Sitne čestice prodiru u filterski medijum, zapušuju njegove pore i na taj način smanjuju količinu vazduha koji prolazi kroz filtrirajuću površinu u jedinici vremena, što direktno utiče na povećanje vlažnosti i smanjenje kapaciteta filtriranja.



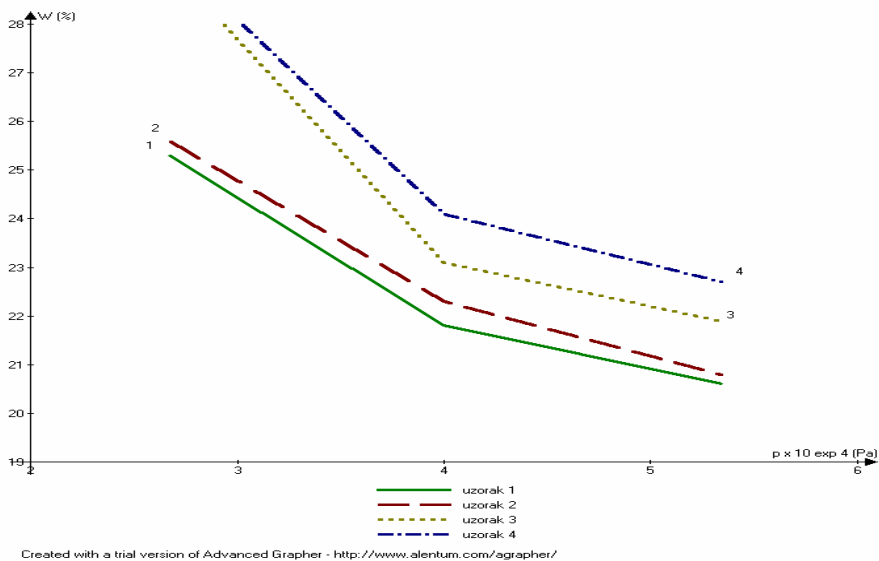
Created with a trial version of Advanced Grapher - <http://www.alentum.com/agraper/>

**Slika 3.** Promena vlažnosti filterske pogače u f-ji promene granulosastava pri različitim veličinama vakuuma, za 40% Č u pulpi i  $t_f = t_s = 100 \text{ s}$

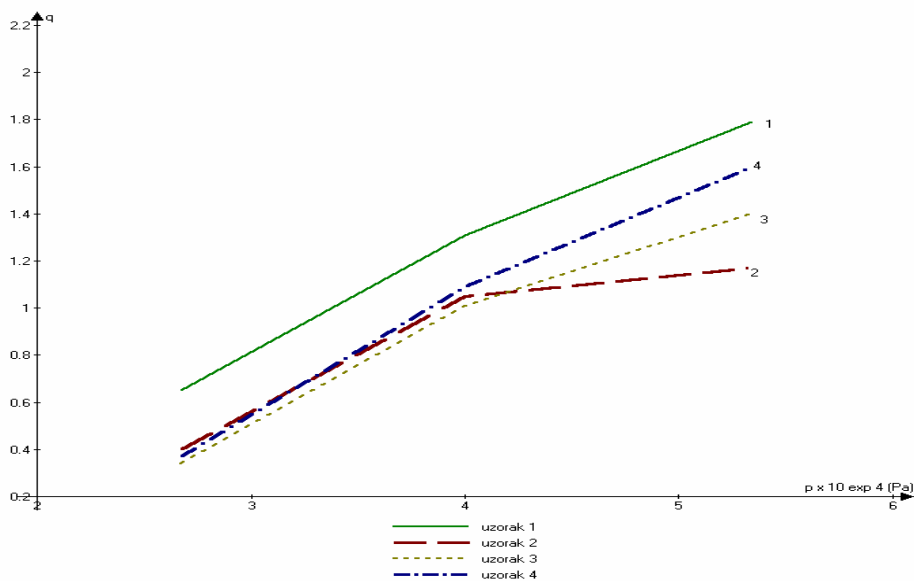




**Slika 4.** Promena specifičnog kapaciteta filtriranja u f-ji promena granulosastava pri različitim veličinama vakuuma, za 40% Č u pulpi i  $t_f = t_s = 100$  s



**Slika 5.** Promena vlažnosti filterske pogače u f-ji promene granulosastava pri različitim veličinama vakuuma, za 50% Č u pulpi i  $t_f = t_s = 100$  s



**Slika 6.** Promena specifičnog kapaciteta filtriranja u f-ji promena granulosastava pri različitim veličinama vakuuma, za 50% Č u pulpi i  $t_f = t_s = 100 \text{ s}$

## ZAKLJUČAK

Na osnovu izvedenih labaratorijskih ispitivanja koncentrata bakra pogona „V. Krivelj“ može se zaključiti sledeće:

- Sa povećanjem sadržaja klase  $-63+0 \mu\text{m}$  sa 55.71% u uzorku 1 na 93.24% uzorku 4, dolazi do povećanja vlažnosti filterske pogače.
- Za 40% čvrstog u pulpi, pri jačini vakuuma od  $5.34 \cdot 10^4 \text{ Pa}$  porast vlažnosti je sa 19.8%, za uzorak 1, na 21.4%, za uzorak 4, tj. dobija se filterska pogača sa 1.6% više vlage. Specifičan kapacitet je veći za krupnozrniji koncentrat i to za oko dva puta.
- Za 50% čvrstog u pulpi, pri istim uslovima rada, vlažnost se povećava, sa 20.6%, za uzorak 1, na 22.7%, za uzorak 4, tj. dobija se filterska pogača sa 2.1% više vlage. Specifičan kapacitet u ovom slučaju nije u funkciji promene granulosastava.

Na osnovu navedenih rezultata ispitivanja pri pojavi većeg učešća sitnih klasa u industrijskoj praksi treba povećati sadržaj čvrste faze u pulpi. Na taj način dobiće se vlažnija filterska pogača, ali neće doći do većeg odstupanja specifičnog

kapaciteta. Zatim, treba povećati veličinu vakuuma ili vreme sušenja do optimalne vrednosti.

### LITERATURA

- [1] N. Pacović: Hidrometalurgija, Bor, 1980. god., Štampa, radio i film Bor
- [2] N. Magdalinović: Usitnjavanje i klasiranje mineralnih sirovina, praktikum, Bor, 1985. god, Tehnički fakultet Bor
- [3] R. Aćić: Autorizovana predavanja, 1994. god, Tehnički fakultet, Bor
- [4] V. Đorđević, P. Đorđević, D. Milanović: Osnovi petrologije, 1991. god., Beograd
- [5] S. Arsenijević: Hemija opšta i neorganska, 1990. god., Beograd
- [6] G. D. Dickey: Filtration, 1961. god., New York, Reinhold Publishing Corporation
- [7] V. Marjanović 1(2009): Uticaj aluminata na vlažnost definitivnog koncentrata bakra iz pogona flotacija „V. krivelj“, časopis Bakar Bor, str. 63-68.

UDK:662.67:622.68(045)=861

**ULJNI ŠKRILJACI SELA VLAŠKO POLJE I ULJNI ŠKRILJACI U  
ALEKSINAČKOM POVRŠINSKOM KOPU\***

**OIL SHALES NEAR VILAGE VLAŠKO POLJE AND  
OIL SHALES OPEN CAST MINE**

Sladana Krstić, Miroslav Ignjatović, Vesna Ljubojev, Dragan Ignjatović  
Institut za rudarstvo i metalurgiju, Bor

**IZVOD**

*Cilj ovog rada je da ostane zabeležena dokumentacija o uljnim škriljcima sela Vlaško polje i pokuša da se napraviti korelacija stepena istraženosti sa Aleksinačkim basenom. Budući površinski kop uljnih škriljaca imaće niz karakteristika koji ga čine jednim od najsloženijih kopova u Srbiji.*

***Ključne reči:*** uljni škriljac, površinski kop, kerogen, bitumen.

**ABSTRACT**

*The purpose of working is to note data base (document) on documentic oil shales near vilage Vlaško polje and oill shales open cast mine Aleksinac. The future open cast mine oil shales „Vlaško polje“ will have line characteristics of one the most conposite open pit mines in Serbia.*

***Key words:*** uljni škriljac, open cast mine, kerogen, bitumen.

**UVOD**

Uljni škriljci su fino-zrne do pelitske glinovito-laporovito-karbonatne sedimentne serije vrlo složenog i promenljivog sastava i osobina. Nastaju u specifi-

---

\* Ovaj rad je proistekao iz Projekta br. 17005 koji je finansiran sredstvima Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije

čnim uslovima sedimentacije, akumulacije i hemijske transformacije organske supstance.

Organski deo uljnih škriljaca koji se obično nalazi u manjoj količini u odnosu na mineralni deo (od nekoliko procenata do nekoliko desetina procenata), vodi poreklo od biomase nižih biljaka (alge i bakterije) a ređe od ostataka viših kopnenih biljaka (spore, polen, kutikule, tkiva i td.).

Oko 95% organskog materijala uljnih škriljaca je u obliku kerogena koji po definiciji nije rastvoran ni u organskim ni u neorganskim rastvaračima. Ostatak organskog materijala koji se naziva „bitumen“ rastvoran je u organskim rastvaračima.

Prilikom zagrevanja škriljca bez prisustva vazduha na oko i preko 550°C (piroliza, švelovanje) organski materijal se razlaže na ulje, gasovite proizvode i na čvrsti ostatak relativno bogat ugljenikom koji zaostaje sa mineralnim materijalom u vidu polukoksa.

Ovaj proces predstavlja osnovu klasične prerade uljnih škriljaca.

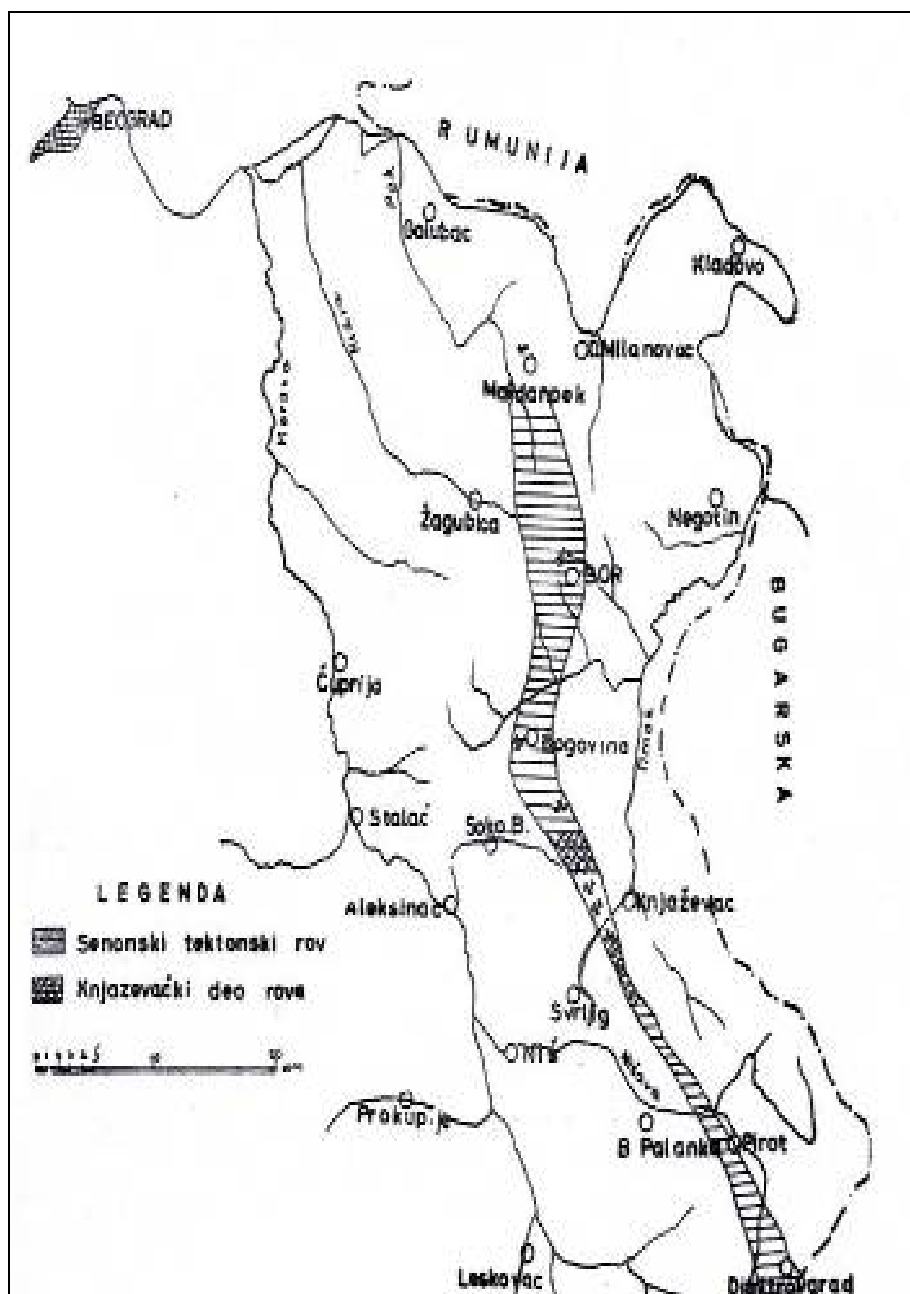
U radu se daje korelacija stepena istraženosti uljnih škriljaca u okolini sela Dosravica i uljnih škriljaca aleksinačkog basena.

U radu se daje pregled geološke istraženosti domaćih uljnih škriljaca. Ukazuje se na probleme u vezi sa mogućim budućim istraživanjima i na mogućnosti primene u energetici i industriji.

Rezultati dosadašnjih prospekcijskih i detaljnih geoloških proučavanja uglja predstavljaju polaznu osnovu za nova dopunska geološka i hemijsko tehnološka istraživanja uljnih škriljaca u svetu a samim tim i uljnih škriljaca u okolini sela Vlaško polje (slika br. 1).

Rezultati dosadašnjih istraživanja uljnih škriljaca u svetu i kod nas ukazuju da se celokupna problematika mora posmatrati sa različitih aspekata a koji moraju biti usmereni na utvrđivanje:

- optimalnih metoda istraživanja i kriterijuma geološko-tehnološke valorizacije,
- prostornog rasporeda,
- uslova nastanka u različitim depozicionim sistemima,
- kvalitetu prema tipu kerogena, prinosu ulja iz švelne analize i mineralnom sastavu,
- prognoznih i eksploatacionih rezervi,
- rudarsko-geoloških uslova eksploatacije i
- mogućnosti prerade i korišćenja.



Slika 1. Senonski tektonski i položaj Knjaževačkog dela rova

Objavljeni podaci i fondovski materijali pokazuju da je stepen istraženosti uljnih škriljaca u Srbiji neujednačen, ali o tome ovde neće biti potrebe detaljno govoriti.

Stepen metamorfizma (stepen karbonifikacije) se u timočkom rov sinklinorijumu (ovde se zadržavamo na Knjaževački deo rova) zakonomerno smanjuje idući od severa gde je najviši ka jugu gde je kod sela Okolište i Miranovac sadržaj ugljenika na granici koja deli mrke od kamenih ugljeva.

U okolini sela Vlaško polje sadržaj ugljenika iznosi više od 83%. Ovaj fenomen je posledica temperaturnog dejstva magmatskih intruziva odnosno na metamorfizam uglja u severnom a slabije u južnom delu (na jugu se intruzivi skoro i ne javljaju već samo efuzivni magmati).

Geološke i tektonske karakteristike područja u okolini sela Vlaško polje su vrlo složene. Ugljonosna serija sadrži slojeve i proslojke ugljeva u više horizonata. Najveći značaj imaju slojevi uglja iz viših delova serije. Drugim rečima glavni ugljeni sloj se nalazi između podinskih peščara i povlatnih bituminoznih škriljaca. Ugljena serija obuhvata podinske horizonte od marinskih sedimenata (inoceramsko-foranimiferski laporci, glinci i peščari, rudistni krečnjaci, aktinelski peščari sa retko razvijenim slojevima uglja - u lokalitetu Soguljan potok) i sedimenata bočatnih i lagunsko bočatnih facija (cirenski peščari sa slojevima uglja van eksploatacije i crvena serija sa proslojcima uglja).

Ugljonosni deo čini podinski glinoviti peščar sa slojevima uglja, glavni ugljeni sloj debljine 2-3 metara (sočivastog oblika sa zadržavanjima i do 20 metara) i povlatni bituminozni škriljci preko kojih leže slatkovodne naslage bituminoznih škriljaca i kvarcnih peščara.

Deo serije zaključno sa bočatnim cirenskim peščarima pripada mastrihtu, a crvena serija, bituminozni krečnjaci, podinski peščar, bituminozni škriljci i završni peščari sa škriljcima u smenjivanju pripadaju danskom katu.

O ugljonosnosti u okolini sela Dosravica neće se detaljnije u ovom radu govoriti. Može se samo napomenuti da ugalj eksploatisan u rudniku Vlaško polje pripada grupi koksni, odnosno gasnih kamenih ugljeva a da se zaostale rezerve uglja (uglavnom u nižim horizontima) procenjuju na oko jedan milion tona uglja (što nije zanemarljivo).

Timočki rov sinklinorijum na dužini od preko 50 kilometara sa debljinom od 20 do 200 i više metara predstavljaju bituminozni škriljci danske starosti. To je ogroman prostor i mora se priznati – znatne rezerve.

Koncentracije ulja u ovim bituminoznim škriljcima su vezane za podinske delove. Tačnije posmatrano u odnosu na sloj kamenog uglja ulje se javlja u većim količinama bliže sloju kamenog uglja preko koga inače leži.

Sadržaj ulja u škriljcima znatno varira.

U zoni iznad ugljenog sloja (debljine oko 10 metara) sadržaj ulja iznosi od 5 do 12%.

Prema rezultatima ranijih istraživanja u okolini sela Vina nalaze se uljni škriljci pretežno lamozitskog tipa (kao i u drugim delovima knjaževačkog dela timočkog rova).

U okolini sela Vlaško polje sadržaj organske supstance je procenjen na oko 5,4 zap.%, i prinosom ulja od 2,6 mas.%.

## ZAKLJUČAK

Rezultati sadašnjih prospekcijskih i detaljnih geoloških proučavanja uljnih škriljaca u okolini sela Vlaško polje u knjaževačkom delu timočkog rov sinklinorijuma predstavljaju polaznu osnovu za nova dopunska geološka i hemijsko tehnološka istraživanja.

Na osnovu raspoloživih podataka sve o stepenu istraženosti i ekonomskom značaju uljnih škriljaca u okolini sela Vlaško polje treba prihvatiti uslovno.

- ❖ Prognozne površine sa uljnim škriljcima i ostale karakteristike treba daljim istraživanjem popeti na visoki stepen istraženosti Aleksinačkog ležišta uljnih škriljaca; odnosno potrebno je:
- ❖ Odrediti optimalne metode istraživanja i kriterijume geološko – tehnološke valorizacije;
- ❖ Izvršiti kategorizaciju datih rezervi;
- ❖ Odrediti rudarsko-geološke uslove eksploatacije;
- ❖ Usmeriti istraživanje prerade i korišćenja na mogućnost primene filera od uljnih škriljaca u asfaltnim mečavinama (putogradnji), u opekarskoj industriji i u cementnoj industriji.



## LITERATURA

- [1] Ercegovac M., (1990): Geologija uljnih škriljaca, Građevinska knjiga Beograd;
- [2] Slađana Krstzić: Geološka istrošenost uljnih škriljaca u okolini sela Vina, Rudarski radovi 2/2008, str. 1-6.
- [3] Milaković B., (1986): Neki rezultati geološko-tehnoloških istraživanja uljnih škriljaca timočke zone Istočne Srbije. Savetovanje o istraživanju, proizvodnji i perspektivi korišćenja uljnih škriljaca. April 1986, Izvod radova, Beograd, str. 22-24.
- [4] Petković K., (1975): Bituminozni (uljni) škriljci Srbije. Geologija Srbije, Kaustobioliti knj. VII, Beograd, str. 197-221.

UDK:622.26:551.49(045)=861

**PREDLOG NAČINA IZRADE NOVOG TUNELA  
KRIVELJSKE REKE\***

**PROPOSITION FOR PRODUKTION WAY OF NEW  
KRIVELJ'S RIVER TUNNEL**

Milenko Ljubojev, Zoran Stojanović, Dejan Mitić, Dragan Ignjatović  
Institut za rudarstvo i metalurgiju, Bor

**IZVOD**

*Potrebu za izradom novog tunela Kriveljske reke, uslovalo je loše stanje postojećeg kolektora Kriveljske reke. Njegova izrada bila bi delom kroz flotacijsko jalovište, a delom kroz stenski masiv. Novim tunelom, regulisao bi se tok Kriveljske reke, iz razloga što dasadašnji tok može biti prekinut rušenjem starog kolektora Kriveljske reke.*

***Ključne reči:*** tunel Kriveljske reke, flotacijsko jalovište, stenski masiv.

**ABSTRACT:**

*Necessity for production new Krivelj`s river tunnel was caused by bad condition of existing manifold. It`s production would be partially through flotation tailing dump and partially through graundmass. Krivelj`s river stream would be regulated by new tunnel, because the old manifold could be destructed, which will cause brake off the stream.*

***Key words:*** Krivelj`s river tunnel, flotation tailing dump, graundmass.

**UVOD**

Po lokaciji trase tunela za izmeštanje Kriveljske reke, slika br. 1, izvedena su terenska istražna bušenja sa ciljem determinisanja stenskog materijala kao podloge za izradu Projekta izmeštanja Kriveljske reke.

Izvedeni su sledeći istražni radovi:

- istražno bušenje sa jezgrovanjem,

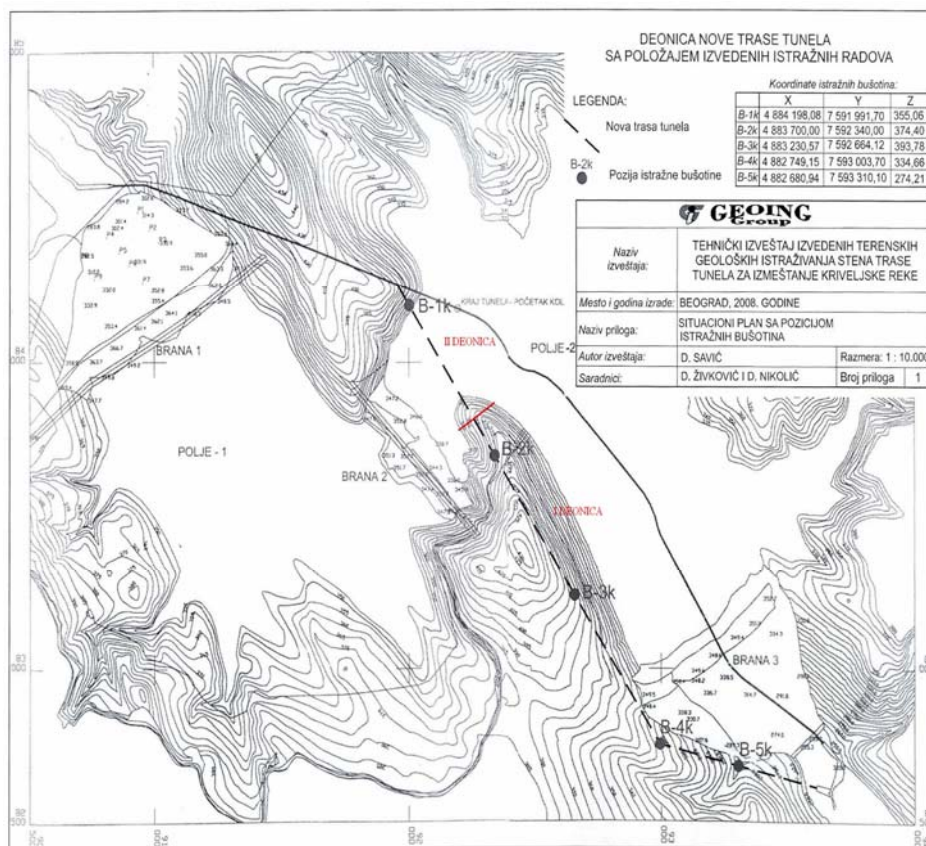
---

\* Ovaj rad je proistekao iz Projekta br. 17004 koji je finansiran sredstvima Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije

- detaljno inženjersko-geološko kartiranje izvedenog jezgra,
- odabir reprezentativnih uzoraka svakog izdvojenog litološkog člana, odeležavanje, konzerviranje i doprema do laboratorije Instituta za rudarstvo i metalurgiju u Boru,
- određivanje ispucalosti stenske mase i izdajenosti dobijenog jezgra (RQD).

Terenska istraživanja su izvedena u periodu septembar 2007 – januar 2008. godine. U tom periodu izvedeno je pet bušotina pod oznakom B-1K do B-5K po trasi tunela, ostalo je da se izvedu još dve bušotine kroz odloženi flotacijski materijal polja 2 odlagališta. Bušotina B-6K i B-7K treba da definišu:

- moćnost stenskog materijala iznad stropa kote budućeg tunela,
- građu, zavodnjenost, stanje i fizičko-mehanička svojstva tih stena.



**Slika 1.** Nova trasa tunela Krivelske reke

## REZULTATI DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

Duž novoprojektovane trase tunela za izmeštanje Kriveljske reke, terenska bušačka istraživanja izveo je GEOING-GROUP iz Beograda, u periodu septembar 2007.- januar 2008. godine.

Po Projektu istraživanja urađeno je 5 istražnih bušotina.

Istraživanjem su dobijeni sledeći rezultati:

- Na svim izvedenim bušotinama konstatovana je podzemna voda. Nivo podzemne vode je promenljiv i kreće se od 1,10 [m] na bušotini B-5K, do 48,0 [m] na bušotini B-3K;
- Iskop tunela u području bušotine B-1K će se izvoditi u sivim alevritskim uškrljenim pešćarima. Padni uglovi uslojenosti se kreću od 23° do 29°. RQD stena u zoni iskopa je oko 80% što dotične stene svrstava u dobre.
- Srednja vrednost zapreminske težine višeležećih naslaga područja bušotine B-1K je 25,21 [kN/m<sup>3</sup>] sa koeficijentom varijacije srednjeg podatka od  $K = 0,8 \%$ .
- Neposredna krovina i podina u mehaničkom smislu su dosta dobre. Jednoosna otpornost na pritisak neposredne krovine se kreće iznad 16 [MPa], a kohezija i ugao unutrašnjeg trenja je oko  $C = 2,15$  do 4,27 [MPa], a  $\varphi = 30-36^\circ$ . Nivo podzemne vode na B-1K konstatovan je na 6,0 [m].
- Iskop tunela u prostoru izvedene bušotine B-2K će se izvoditi kroz paket paralelene i kose laminacije tamnosivog laporca, sivog alevritskog pešćara i glinca. Na dubini 122,20 – 123,70 [m] kartirana je zdrobljena zona i u njoj će se izvoditi iskop tunela. RQD u zoni iskopa je manji od 25%, što ovu stensku masu svrstava u vrlo slabu.
- Nivo podzemne vode na bušotini B-2K je na 25,0 [m].
- Stenski masiv kroz koji je prošla bušotina B-3K, iskop tunela će se izvoditi u paketu laminirane serije tamnosivog laporca i sivog alevritskog pešćara. Padni ugao slojevitosti u zoni iskopa je od 15 do 20°. Pukotine su glatkih zidova pretežno zapunjene glinovitom materijom širine 1 do 4 [mm]. Vrednosti RQD-a se kreću od 64 do 66%, što klasifikuje ovu stensku masu kao zadovoljavajuću. Jednoosna otpornost na pritisak stena u krovini tunela je i preko 40,0 [MPa], a kohezija i ugao unutrašnjeg trenja u troosnom stanju napona je  $C = 16,5$  [MPa] i  $\varphi = 40^\circ$ . U podini tunela jednoosna otpornost na pritisak je takođe preko 40,0 [MPa], a kohezija i ugao unutrašnjeg trenja u

troosnom stanju napona je  $C = 12,55$  [MPa] i  $\varphi = 46^\circ$ . Nivo podzemne vode u bušotini B-3K je na 48,0 [m].

- Neposredna krovina tunela u zoni bušotine B-4K je zdrobljena, a čini je sivi peščar sa glinom, čija se jednosona otpornost kreće od 1,4 do 2,4 [MPa], a kohezije od  $C = 0,4$  do 0,58 [MPa] i  $\varphi = 30^\circ$  do  $40^\circ$ . Iznad zdrobljene zone je nešto čvršći sivi psamitski peščar moćnosti preko 1,0 [m], a iznad njega 0,5 [m] peščara i laporca, a iznad njih 2,0 [m] moćnosti glinoviti laporac sa čvrstoćom i do 32,3 [MPa]. Podinu tunela izgrađuju laminirana serija (smena peščara i laporca). Nivo podzemne vode u bušotini B-4K je konstatovan na 2,0 [m].
- Neposredna krovina i podina tunela kroz koje je prošla bušotina B-5K čine rasedne zone. Dobijene vrednosti RQD-a u zoni iskopa tunela su manje od 25%, a u stropu i podu 0%, što ovu stensku masu svrstava i kategoriju vrlo slabe. Nivo podzemne vode u bušotini B-5K je konstatovan na 1,10 [m].

### **IZRADA NOVOG TUNELA KRIVELJSKE REKE**

Predložena trasa novog tunela Kriveljske reke (slika br. 1) bila bi u dužini od oko 2530 m. Tunel bi bio izrađen od kote K+246 (na spoju sa Kriveljskom rekom van flotacijskog jalovišta), do K+272, po usponu od 1% (do spoja sa starim tunelom).

Izrada tunela bi bila po usponu, iz razloga odvodnjavanja otkopnih radova, i bila bi podeljena u dve deonice:

1. I DEONICA- bila bi izrada tunela od njegovog budućeg izlaza, pored Kriveljske reke, po usponu od 1 %, do K+267, odnosno u dužini od oko 2000 m (slika br.1). Izrada tunela je kroz slabu i veoma slabu stensku sredinu, sa stalnim prilivom vode.
2. II DEONICA- bila bi izrada tunela od kraja I deonice do spoja sa starim tunelom. Dužina ove deonice bila bi oko 500 m, odnosno, od K+267, do K+272. Izrada ove deonice bila bi kroz flotacijsku jalovinu Polja 2, a delom po aluvijonu nekadašnjeg korita Kriveljske reke.

Za izradu tunela na ovoj deonici, zbog veoma loše sredine, potrebne su specijalne metode izrade hodnika, da bi dobili adekvatnu postojanost i sigurnost.

Neke od ovih specijalnih metoda objasnićemo u ovom radu.

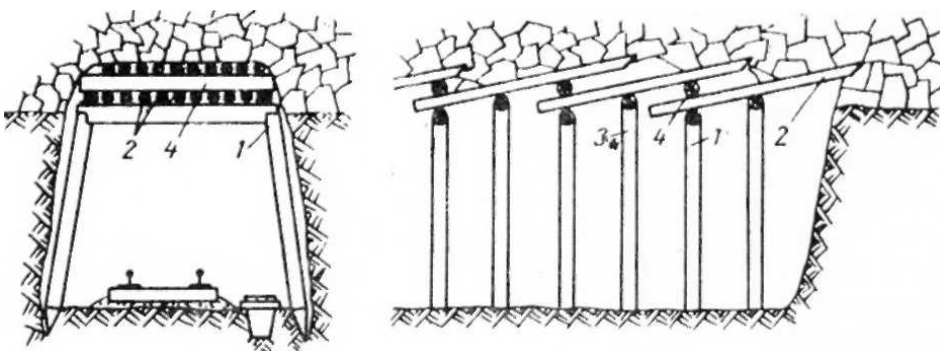
## IZRADA HODNIKA SPECIJALNIM POSTUPCIMA

U slučajevima sipkog rastresitog materijala, koji je često istovremeno i manje ili više vodonosan, zatim u slučaju zarušenih delova hodnika potrebni su naročiti postupci probijanja i podgrađivanja. Ovo se odnosi i na plastičan poluvezan materijal sklon bubrenju, dok poseban slučaj predstavlja prisustvo naročito velike količine peska –flotacijske jalovine.

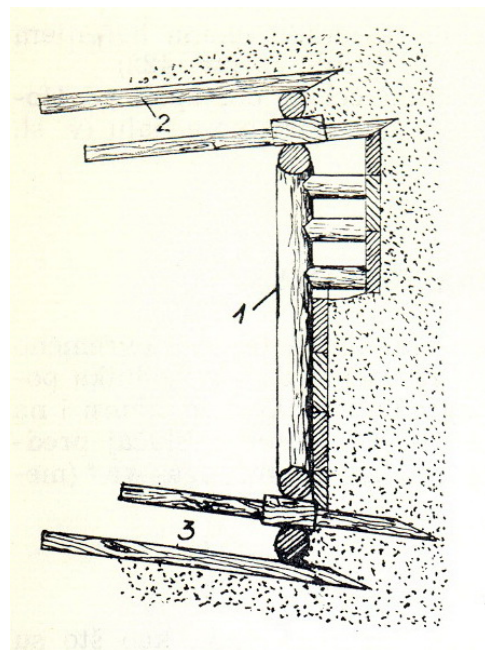
### 1. Izrada hodnika pomoću drvene probojne podgrade

Pri izradi hodnika u sipkom, nestabilnom materijalu kao što su pesak, šljunak, drobina, ruševina i sl., rad se svodi na kopanje i zgrtanje materijala uz istovremenu izradu zaštitne podgrade koja štiti od provale ovakvog materijala u hodnik. Pri tome mogu se razlikovati dva postupka zavisno od slučaja, i to sa krovnom probojnom podgradom i svestranom probojnom podgradom.

Postupak sa **krovnom probojnom podgradom** primenjuje se u slučaju kad se bokovi hodnika mogu privremeno ostvariti bez podgrade. Rad se sastoji u tome da se drveni okvir postavi neposredno pred čelo radilišta, pa se u prostor između slemenjače i krova pobija zašiljeno kolje ili uske debele daske od tvrdog drveta da bi se sprečilo propadanje materijala iz krovine. Uporedo sa probijanjem vrši se otkopavanje i otprema materijala (slike br. 2 i 3), da bi se mogao postaviti naredni drveni okvir na malom od-stojanju od prvoga, i postupak se ponavlja. Kolje je  $5\div 7\varnothing$  cm, dugačko  $1,5\div 2,0$  m, a daske  $10\div 15$  cm širine i iste dužine. Ugao pobijanja je utoliko veći ukoliko je pritisak iz krovine jači. Razmak među krovnim gredama je prosečno  $0,5\div 1,0$  m.



*Slika 2. Probijanje hodnika pri nestabilnoj krovini, 1) podgradni okvir, 2) proštac, 3) nepotpuni međuokvir, 4) pomoćna krovna greda*



**Slika 3.** Probijanje kroz sipak materijal, 1) potpuni podgradni okvir, 2) proštac za probijanje u krovu, 3) proštac za probijanje u podu

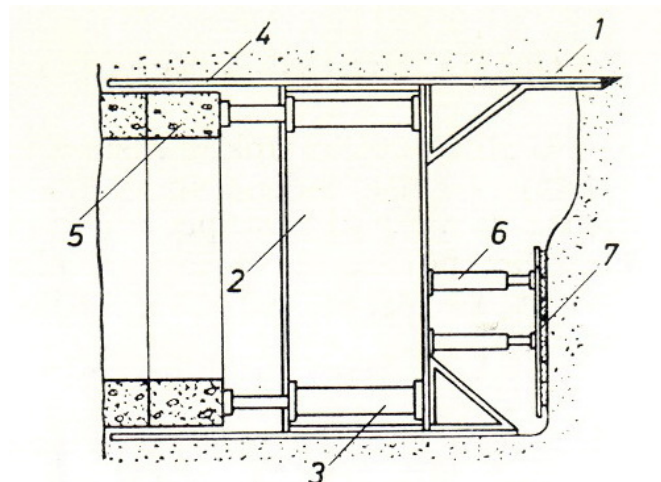
Na slikama br. 2 i 3, pokazana je primena drvene probojne podgrade u slučaju slabo držećeg materijala samo u krovu i sa svih strana hodnika.

Postupak sa *svestranim pobijanjem podgrade* primenjuje se u slučajevima kad se za vreme probijanja hodnika ne sme da ostavi bez podgrada ni jedna strana hodnika. U takvim slučajevima postavljaju se potpuni drveni okviri sa podnim gredama i zalažu se sa sve četiri strane, a privremeno i čelo hodnika. Daske u čelu hodnika vade se postepeno i podupiru raspinjačima o stupce okvira da bi se pesak postepeno ispuštao i odstranjivao. Rad je vrlo spor (6-8 m u mesecu) i izložen opasnostima, naročito pri probijanju hodnika kroz deblje naslage peska.

## 2. Primena probojnog štita

Probojni štit je polumehanizovan uređaj za probijanje hodnika kroz sipak i plastičan stenski materijal sa neznatnim sadržajem vode. Postoi više konstrukcija ovih štitova za izradu hodnika kružnog i trapezastog poprečnog preseka. U slučaju većeg prisustva vode uvedeni su postupci sa štitom uz primenu povišenog vazdušnog pritiska, slično kesonskom postupku za okna.

Na slici br. 4, šematski je pokazana konstrukcija probojnog štita za izradu hodnika kružnog poprečnog preseka.



**Slika 4.** Šematski prikaz probojnog metalnog štita

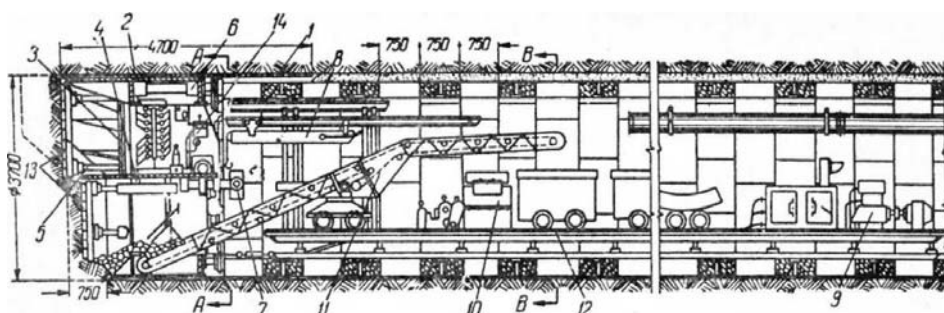
- 1) probojnik, 2) noseći kotur, 3) hidraulični potisni cilindar, 4) krov štita,  
5) zidana kružna podgrada, 6) pomoćni hidraulični cilindar

Štit se sastoji od čeličnog cilindra, sa prednjim zaoštrenim delom, pod čijom zaštitom se radi u čelu hodnika, trupa štita sa više ukrug ugrađenih hidrauličnih potiskivača, pomoću kojih se štit potiskuje, i zadnjeg dela pod kojim se vrši podgrađivanje. Broj potiskivača zavisi od prečnika štita i može izneti 12÷18 komada. Snaga jednog potiskivača pod pritiskom od 200 at je 12÷60 t. Dužina hoda potiskivača odgovara širini podgradnog prstena betonske podgrade.

Na slici br. 5, pokazana je izrada jednog hodnika upotrebom jedne vrste probojnog štita.

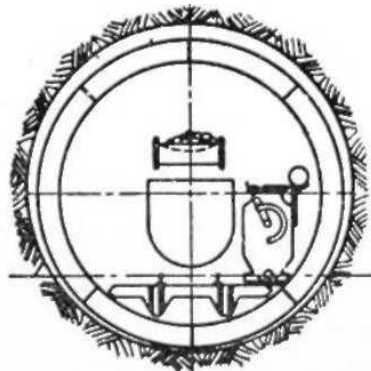
Prikazani štitni uređaj dugačak je 4750 mm, sa spoljašnjim prečnikom od 3710 mm i ukupne težine 4 t. Za potiskivanje štita služi 16 hidrauličnih potiskivača ravnomerno raspoređenih po periferiji sa hodom od 750 mm, što odgovara širini montažne armiranobetonske podgrade. Pri tome širina obloge štita je nešto veća od širine prstena podgrade, da bi se ne samo mogao postavljati naredni prsten podgrade nego i da bi se prema potrebi mogli zameniti oštećeni segmenti već postavljene podgrade.





A-A

B B



**Slika 5.** Probijanje hodnika štitom (PŠ-3,7)

1) obloga štita, 2) probojni prsten, 3) vertikalna metalna dijafragma, 4) horizontalna metalna dijafragma, 5–6) hidraulični cilindri, 7) hidraulična dizalica za podgradne blokove, 8) pneumatska dizalica, 9) pumpa hidraulične opreme, 10) uređaj za injektiranje, 11) pretovarna mašina sa trakom, 12) prenosna skretnica

Kopanje se vrši ručnim i mehanizovanim ručnim alatom, pri čemu u dovoljno držećem materijalu nije potrebno da se čelo hodnika podgrađuje. Iskopani materijal tovari se lopatama na pretovaračicu sa transportnom trakom, koja ga dalje tovari u vagonete.

Ugrađivanje teških armiranobetonskih segmenata vrši se pomoću hidrauličnog uređaja uz pomoć pneumatske dizalice i uređaja za utiskivanje cementnog maltera u prostor između podgrade i okolnog materijala.

Pri izradi hodnika pomoću štita od velikog značaja je da se on pravilno pomera u predviđenom pravcu, što se automatski kontroliše pomoću naročitog optičkog uređaja na podgradi hodnika.

Za izradu hodnika ovim postupkom najpodesniji je sipak i poluvezan materijal sa neznatnim sadržajem vode čvrstoće  $50 \div 250 \text{ kg/cm}^2$ . Učinci postignuti u takvom materijalu kreću se u granicama  $90 \div 130 \text{ m/mesec}$ .

Pri ručnom otkopavanju peskovitog materijala (otkopni čekići) moguće je postići napredovanje od 2,5 do 3,5 m na smenu.

U prisustvu jače vodonosnih peskova postoji takođe postupak sa štitom uz primenu povišenog pritiska vazduha, slično kesonskom postupku za izradu okana.

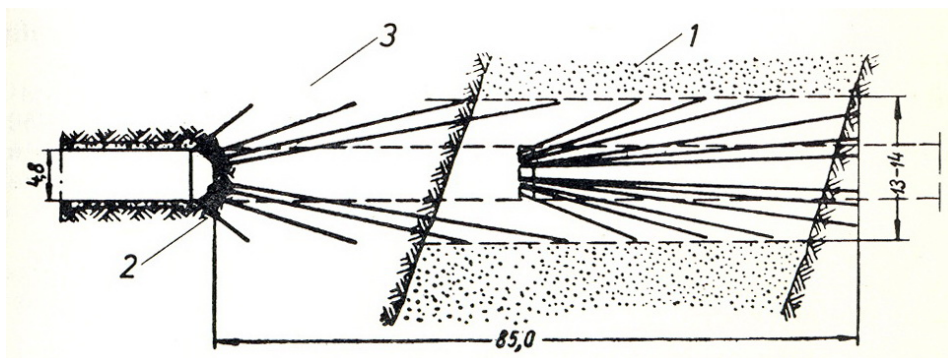
### 3. Postupak prethodne cementacije

U slučajevima prolaza hodnika kroz raspucan vodonosan materijal kroz koji se normalnim postupkom ne može raditi primenjuje se postupak prethodne cementacije ili kombinacija glinizacije i cementacije.

U ovu svrhu pri injektiranju obično se usvaja dva puta veći pritisak od ustanovljenog pritiska podzemne vode. Pred početak radova najpre se izradi zaštitni betonski čep neposredno ispred zone predviđene za cementaciju, kroz koji se pristupa bušenju bušotina za cementaciju. Pri tome, bušotinama se daje blag pad prema osi hodnika tako da komplet bušotina zahvata prostor u obliku zarubljenog konusa. Dužina injektirane zone je  $3 \div 6 \text{ m}$ .

Na slici br. 6, shematski je pokazana prethodna cementacija vodonosne zone.

Po potrebi najpre se injektira silikatni rastvor pod dovoljnim pritiskom, a zatim cementni rastvor pod odgovarajućim jačim pritiskom.



**Slika br. 6.** Prethodna cementacija jako vodonosne nestabilne zone

- 1) nepodesna zona, 2) zaštitni betonski čep,
- 3) bušotina za cementaciju vodonosne zone

## ZAKLJUČAK

Fizičko-mehaničkim ispitivanjem sredine u kojoj treba izraditi novi tunel Kriveljske reke i analizom mogućih načina izrade pomenutog hodnika, donosi se zaključak:

1. Izrada tunela je u veoma nepovoljnoj sredini;
2. Za izradu su potrebne posebne mašine koje pored otkopavanja vrše i podgrađivanje otkopanog dela hodnika;
3. Podgrada mora biti armirano-betonska da bi izdržala opterećenja, koja opterećuju prostoriju sa svih strana;
4. Napredovanje, pri izradi bi bilo veoma sporo.

Shodno ovom zaključku nameće se pitanje da li je ovo optimalna trasa novog tunela Kriveljske reke.

## LITERATURA

- [1] Projekat 17004 MN
- [2] Elaborat o geološkim istraživanjima i fizičko-mehaničkim ispitivanjima stena trase tunela za izmeštanje "Kriveljske reke", Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor, Bor 2008.god.
- [3] Milovan Antunović Kobliška, Opšti rudarski radovi, Izdavačko preduzeće "Građevinska knjiga", Beograd 1973. godine.

UDK:658.68:.006.5(045)=861

## ULOGA LOGISTIKE U LANCU SNABDEVANJA MATERIJALOM

### THE ROLE OF LOGISTICS IN THE SUPPLY CHAIN FOR THE PROVISION OF A PRODUCTION MATERIAL

Dr Velimir Šćekić

Fakultet za industrijski menadžment - Kruševac

#### IZVOD

*Za obezbeđenje kontinuiteta rada u procesu proizvodnje neophodne su odgovarajuće količine repromaterijala na pravom mestu i u pravo vreme. Njegovo obezbeđenje i skladištenje „zamrzava“ određenu količinu finansijskih sredstava, što se negativno odražava na ekonomske efekte poslovanja. U ovom radu je dat pristup utvrđivanju optimalnih količina repromaterijala logističkim metodama, u cilju što nižeg „zamrzavanja“ finansijskih sredstava u zalihama repromaterijala i nedovršenoj proizvodnji.*

**Ključne reči:** *logistika, repromaterijal, finansijska sredstva, nabavka, skladištenje.*

#### ABSTRACT

*Securing consistent and continuous production demands suitable amount of production materials with time and site accuracy.*

*Due to material purchasing and stocking certain amount of financial resources are appropriated, which negatively reflects on the business economic effects.*

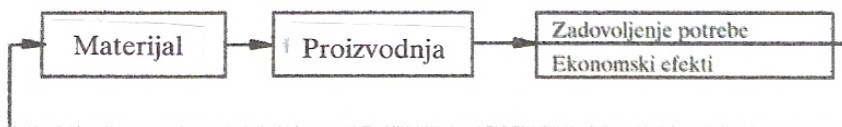
*Using logistics methods, these expose aiming to determine optimal quantity of production material and to decrease an amount of financial resources stocked in stuff and on-going production.*

**Key words:** *logistic, production material, financial resources, purchasing, storage.*

#### UVOD

Radi zadovoljavanja potreba potrošača neophodne su određene količine materijala odgovarajućeg kvaliteta i kvantiteta, čijom se transformacijom u poslovno-

proizvodnom sistemu dobija proizvod odgovarajućih karakteristika. Logistika u savremenim uslovima predstavlja "funkcionalni most preko kojeg se ostvaruje fizičko kretanje i koordinacija materijala od dobavljača preko poslovno-proizvodnog sistema do potrošača-kupca.



Logističke naučne metode i znanja stečena iz domena ove oblasti su veoma potrebna, za donošenje odluka pri:

- organizaciji snabdevanja materijalom,
- distribuciji materijala u okviru proizvodnih pogona,
- izboru tehnologije proizvodnje (transformacije materijala u proizvod), i
- distribuciji proizvoda do krajnjeg korisnika-potrošača.

Razume se, da je priprema odluka bazirana na rigoroznoj analizi uz primenu operacionih istraživanja, simulacionih i heurističkih metoda. Svaki od ovih metodoloških postupaka ima dobre i loše strane, pa se u konkretnom slučaju bira onaj koji je trenutno najprikladniji, mada je donošenje odluka veoma složen proces i uglavnom zasnovan na bazi:

- naučnog odlučivanja, koje se svodi na izbor najbolje alternative na bazi kvantitativnih analiza potrebnih pokazatelja i informacija, ili
- intuitivnog odlučivanja koje je zasnovano na iskustvima koja su stečena u sličnim situacijama iz minulih perioda.

U ovom radu se daje primat primeni naučnih metoda kao pouzdanijih, naročito kod masovne i serijske proizvodnje u odnosu na intuitivne (statističke) čija je primena jedino opravdana kod pojedinačne proizvodnje u procesu optimiziranja količina materijala.

Nabavka i skladištenje repro-materijala su vrlo složen i kompleksan zadatak, neophodan radi održavanja kontinuiteta proizvodnje. Obzirom da zalihe repromaterijala i nedovršenih proizvoda zamrzavaju finansijska sredstva u poslovno-proizvodnom sistemu, utvrđivanje optimalnih količina se vrši računskim logističkim metodama, optimizacijom troškova nabavke i skladištenja.

Zadatak nabavne logistike je da uz optimiziranje uticajnih parametara ovaj zadatak izvrši što efikasnije uz najniže troškove primenom logističkih metoda baziranih na naučnim osnovama.

## ULOGA I ZNAČAJ NABAVKE MATERIJALA

Zadatak nabavke je obezbeđenje potrebnih količina materijala neophodnih za nesmetano odvijanje procesa proizvodnje i ukupnog poslovanja proizvodnog sistema, uz što niže troškove. Efikasno obezbeđenje materijala zahteva materijal u dovoljnim količinama, pod uslovom da se isti obezbedi u pravo vreme i distribuiraju na pravo mesto. Rešenje problema u takvim uslovima postaje značajnije, ako je materijal procentualno po vrednosti više zastupljen u troškovima proizvodnje. To se potencira višekratnom pojavom materijala tokom poslovnog ciklusa (zalihe sirovine, nedovršena proizvodnja, zalihe gotovih proizvoda), što angažuje više finansijskih sredstava, ukoliko je protočnost materijala kroz ciklus niža. U takvim uslovima potpuno je zasnovan interes za rešavanje problema obezbeđenja reprodukcionog materijala, jer se na taj način ubrzava tok zbijanja sve do finalnog proizvoda. Od dobavljača, preko skladištenja, trebovanja i njegovog oblikovanja u toku procesa proizvodnje i konačnog skladištenja ili otpreme potrošaču u obliku gotovog proizvoda, pojavljuju se brojni problemi od kojih se posebno ističu:

- broj sortiman proizvoda u proizvodnom programu uslovljava veoma veliki broj raznih vrsta materijala i gotovih delova;
- neujednačenost potrebnih količina po vrstama materijala tokom vremena, kao posledica potreba kupaca za finalnim proizvodima i tehnologije proizvodnje;
- brojne i raznovrsne teškoće u vezi sa tržištem reprodukcionog materijala;
- ograničenja finansijskog karaktera u vezi sa obezbeđenjem novčanih sredstava za zalihe i nedovršenu proizvodnju.

Nabavka materijala za dalju transformaciju u proizvodnom procesu naziva se direktnom, a nabavka materijala koji ne služe za dalju transformaciju u proizvodnom procesu, ili se ne koriste u daljoj preradi u proizvodnom procesu, naziva se indirektnom nabavkom. Nabavka, kao integralni deo logistike, postaje integralni deo lanca snabdevanja sa ciljem da se:

- obezbedi kontinuitet procesa proizvodnje,
- repromaterijal obezbedi i skladišti uz najniže troškove.

Prethodno istaknuti ciljevi podrazumevaju optimizaciju angažovanih obrtnih sredstava, uz istovremeno obezbeđenje kontinuiranog snabdevanja proizvodnog procesa neophodnim materijalom, što se reguliše adekvatnim upravljanjem zalihama.

U konceptu menadžmenta dobro organizovanim lancem snabdevanja smanjuju se troškovi, povećava efikasnost i poboljšava kontrola nabavke, što se direktno odražava na skraćenje rokova isporuke i optimizaciju nivoa zaliha.

Kratkoročni odnosi sa dobavljačima ponekad rezultiraju smanjenjem cene ili poboljšanjem uslova nabavke za proizvodni sistem. Takvi odnosi, uglavnom, ne nalaze mesto u lancu snabdevanja jer suština snabdevanja nije kratkoročna korist za jednu stranu u lancu proizvodnje, već treba tražiti obostrani i kooperativni interes za duži period.

### **ZADACI NABAVNE LOGISTIKE**

U novije vreme se u poslovno-proizvodnim sistemima u procesu nabavke i skladištenja repro-materijala uvodi pojam marketinga, sa ciljem da se na dobro organizovan način obezbede sledeće aktivnosti:

- organizacija procesa nabavke,
- selekcija, izbor i vrednovanje dobavljača,
- razvoj veza i odnosa sa dobavljačima,
- podrška izvršenju procesa nabavke,
- prijem i skladištenje materijala.

### **OPTIMALNA NABAVKA KAO LOGISTIČKI CILJ**

Identifikovanje potrebe za materijalima je najteži zadatak menadžmenta logistike nabavke. Primarne su potrebe za onim materijalima koji omogućavaju nesmetano obavljanje procesa proizvodnje. Takvi materijali mogu da se nabavljaju kontinuirano ili periodično, ali u trenutku potrebe za njima treba da su prisutni na pravom mestu. Reč je o materijalima čijeg nedostatka zaliha, po metodi analize kritične vrednosti (CVA analiza) ne sme biti.

Sekundarne su potrebe za materijalima čija je supstitucija moguća, ili je moguće raznim aktivnostima u proizvodnji, kao što su spajanje ili preskakanje radnih faza, nadomestiti eventualni nedostatak materijala u momentu trebovanja. Kod ovakvih materijala alternative postoje. Po metodi CVA mogući nedostatak zaliha ovih materijala je realnost.

Put ka optimalnoj nabavci vodi preko analize uticaja proizvodnje, zaliha i potrošnje na nabavku, a odluka o nabavci je pod uticajem tehničkih, ekonomskih, komercijalnih, pravnih i logističkih faktora.

## OPTIMIZACIJA KOLIČINE MATERIJALA ZA PROIZVODNJU

Potrebne količine reprodukcioni materijala utvrđuju se, uglavnom, na jedan od sledećih načina:

- 1) optimizacijom količina koje se naručuju za popunjavanje zaliha,
- 2) permanentnom evidencijom stanja zaliha i blagovremenim pokretanjem narudžbine za popunu zaliha.

Iz prikazanog proizilazi da, s obzirom na složenost problematike obezbeđivanja materijala kroz nabavku i značaja redovne snabdevenosti, planiranje materijala sa regulisanjem zaliha predstavlja integralnu celinu.

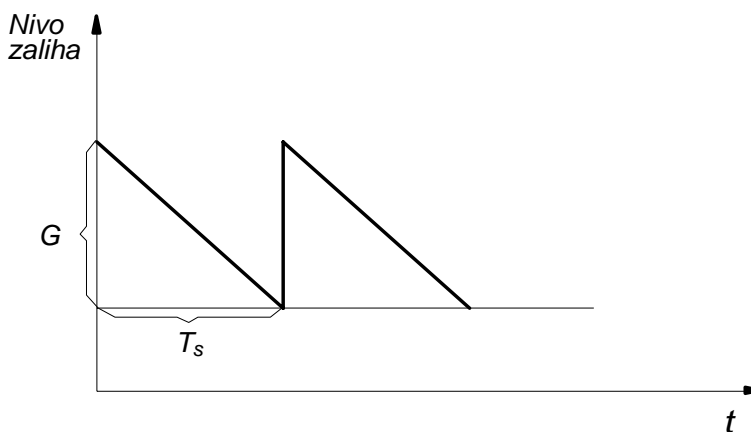
Optimizacija količina koje treba naručiti za popunu zaliha zasniva se na prethodno ispitanim uslovima nabavke i trošenja u proizvodnji. Radi toga treba ispitati i utvrditi sledeće:

- karakter potrošnje,
- uslove skladištenja (veličina skladišnog prostora, troškovi skladištenja).

U pogledu karaktera potrošnje treba ustanoviti da li je primenjena kontinuirana ili diskontinuirana potrošnja. U prerađivačkoj industriji najvećim delom je u primeni diskontinuirana. Zatim, da li je u pitanju unapred određen period izdavanja određene količine materijala ili je prisutan stohastički karakter trošenja.

S obzirom na uslove trošenja i skladištenja, treba, takođe, ustanoviti da li su gubici - izdaci zbog nedostatka materijala, kritični po veličini.

*Prvi način* popunjavanja zaliha se odnosi na uslove potrošnje i popune zaliha, kao što je prikazano na slici 1. Optimiziranje se vrši na bazi troškova nabavke i skladištenja.



Slika 1.



Troškovi nabavke od  $R$  komada za vreme  $T$ , uz poznate troškove skladištenja  $C_1$  i troškove jedne narudžbine  $C_s$ , mogu se sračunati na osnovu izraza:

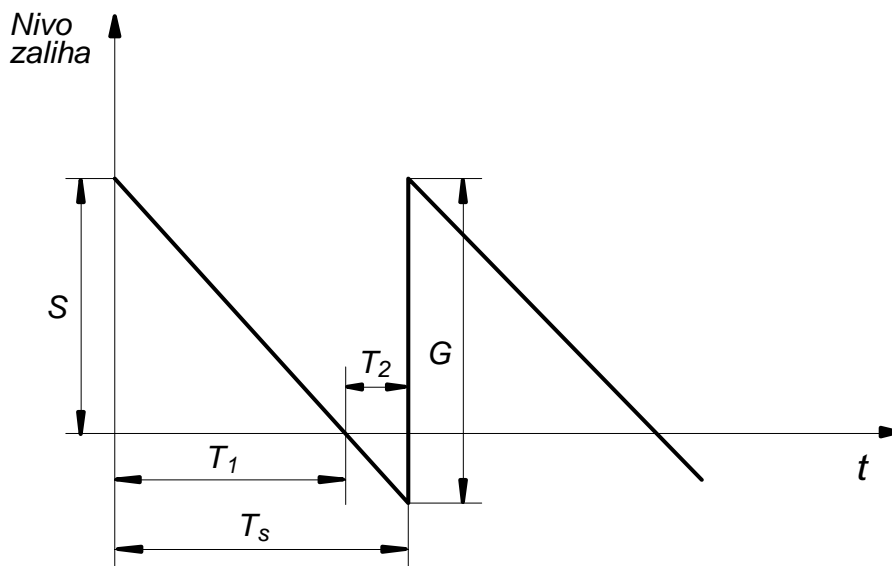
$$C = \left( \frac{1}{2} C_1 \cdot G \cdot T_s + C_s \right) \frac{R}{G}$$

Odnosno, optimalna količina materijala i minimalni troškovi nabavke se određuju na osnovu izraza:

$$G_{opt} = \sqrt{\frac{2 \cdot C_s \cdot R}{C_1 \cdot T}} \text{ [kom]}$$

$$C_{min} = \sqrt{2 \cdot C_1 \cdot C_s \cdot R \cdot T} \text{ [din]}$$

*Drugi način* se odnosi na situaciju kada troškovi nedostatka materijala predstavljaju određeni iznos  $C_2$  koji se ne može zanemariti u periodu  $T_2$ . Na slici 2 prikazani su odgovarajući elementi.



$S$  - stanje zaliha na početku posmatranog perioda.

Slika 2.

Na osnovu prikazanih veličina i njihovih međusobnih odnosa na slici 2 proizilazi da je:

$$G_{opt} = \sqrt{2 \frac{C_s}{C_1} \cdot \frac{R}{T}} \cdot \sqrt{\frac{C_1 + C_2}{C_2}}$$

$$C_{min} = \sqrt{2 \cdot C_1 \cdot C_s \cdot R \cdot T} \cdot \sqrt{\frac{C_2}{C_1 + C_2}}$$

Sa stanovišta održavanja nivoa zaliha koji obezbeđuje kontinuitet u proizvodnji, mogući su različiti pristupi. S obzirom na rokove isporuke i intenzitet potrošnje, može se odrediti  $S_{sign}$  - signalni nivo zaliha, koji u sebi sadrži (pored obezbeđenog normalnog snabdevanja prema normalnom roku završetka zaliha) još i  $S_{rez}$  - rezervnu količinu koja predupređuje neka moguća zakašnjenja, slika 3. Očigledno da takav pristup povlači za sobom trajno opterećenje, zamrzavanjem odgovarajućeg obima obrtnih sredstava

Signalna količina zaliha se izračunava:

$$S_{sign} = S_{rez} + T_r \cdot k$$

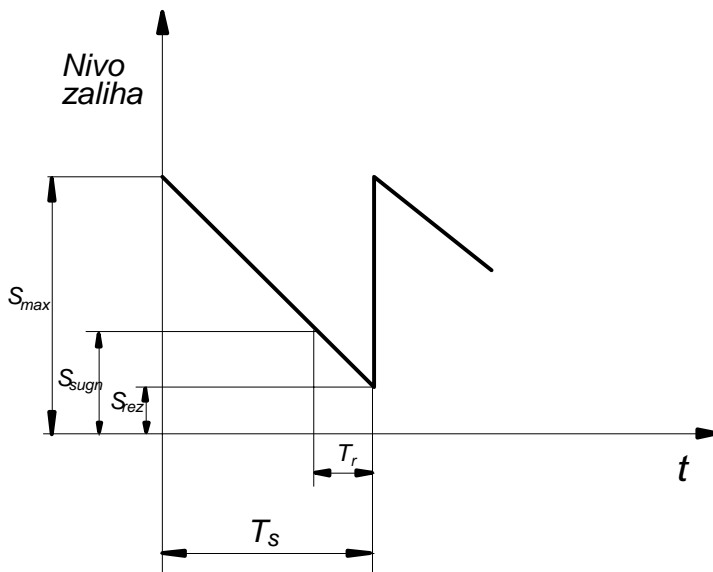
gde je:

$T_r$  - vreme potrebno za isporuku [mes],

$k$  - koeficijent zakona potrošnje [kom/mes].

Veliki broj različitih materijala znatno otežava efikasno praćenje stanja zaliha i pravovremeno reagovanje u cilju obezbeđenja novih količina. Značajnu pomoć u ovom poslu predstavlja celishodna selekcija kritičnih materijala koji se određuju na osnovu prethodno usvojenog kriterijuma (npr: najveća vrednost, najveća količina ili neki drugi, saglasno specifičnim uslovima u datoj proizvodnji), a uz pomoć Metode ABC.

Korišćenje elektronskih računarskih sistema za obradu podataka u zalihama materijala veoma je efikasno, ali za ovo su neophodne temeljne pripreme koje obuhvataju, pre svega, snimanje postojećeg stanja, šifriranje materijala i utvrđivanje zakona potrošnje.



Slika 3.

U pogledu skladištenja materijala, pored već obrađene problematike nivoa zaliha, treba s obzirom na tok materijala, utvrditi kategorije, lokaciju i veličinu skladišta materijala.

Dispozicija skladišta treba da bude usklađena sa zahtevom da glavni tok materijala kroz proizvodni proces bude ostvaren po putanji koja će biti optimalna - najkraća.

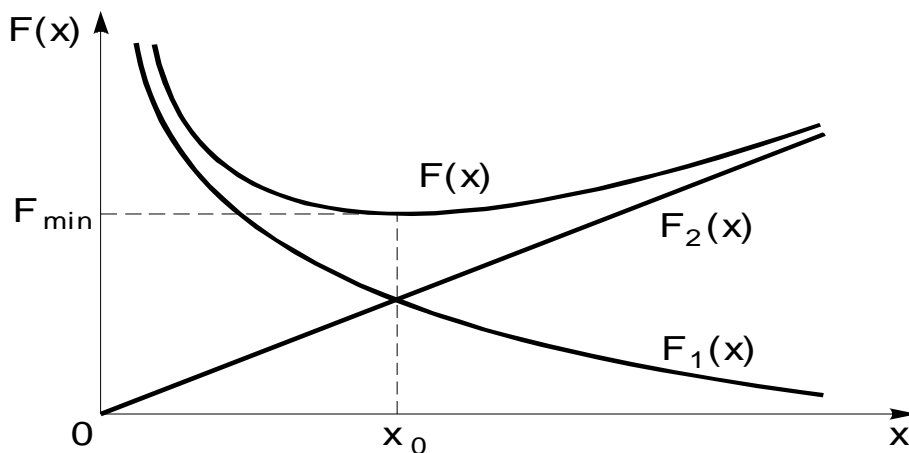
### DEFINISANJE NAJNIŽIH TROŠKOVA

Troškovi skladištenja se povećavaju sa povećanjem količine materijala, odnosno broja komada  $R$ , dok se troškovi nabavke smanjuju po jedinici materijala  $R$ , ukoliko se količina materijala  $R$  povećava.

Najmanji ukupni troškovi mogu se postići samo ako su troškovi nabavke jednaki troškovima skladištenja, tj. ako je:

$$F_1(x) = F_2(x)$$

Na slici 4 je dat grafički prikaz funkcionalne zavisnosti jediničnih troškova nabavke  $F_1(x)$ , i troškova skladištenja materijala  $F_2(x)$ , odnosno optimalnih troškova  $F(x)$ , koje čini najniža vrednost zbira ove dve funkcije (ova dva tipa troškova).



Slika 4.

## ZAKLJUČAK

S obzirom na to da zalihe repromaterijala i nedovršenih proizvoda “zamrzavaju” finansijska sredstva u poslovno-proizvodnom sistemu, povećavaju troškove proizvodnje i smanjuju koeficijent obrta, optimalne količine se utvrđuju računskim logističkim metodama, optimizacijom troškova nabavke i skladištenja. Zadatak nabavne logistike je da uz optimiziranje uticajnih parametara, ovaj zadatak izvrši što efikasnije, uz najniže troškove, te su u ovom radu analizirani načini potrošnje i dat je predlog rešenja. Prikazan je prvi način popunjavanja zaliha koji se odnosi na uslove potrošnje i njihovu popunu i dato rešenje optimiziranja na bazi troškova nabavke i skladištenja i drugi način koji se odnosi na situaciju kada troškovi nedostatka materijala predstavljaju određeni iznos  $C_2$  koji se ne može zanemariti u periodu  $T_2$  (u periodu prekida proizvodnje).

Sa stanovišta održavanja nivoa zaliha koji obezbeđuje kontinuitet u proizvodnji, mogući su različiti pristupi. S obzirom na rokove isporuke i intenzitet potrošnje, može se primeniti i signalni nivo zaliha koji pored normalnog snabdevanja, sadrži još i  $S_{rez}$  - rezervnu količinu koja predupređuje neka moguća zakašnjenja. Očigledno da takav pristup povlači za sobom trajno opterećenje, “zamrzavanjem” odgovarajućeg obima obrtnih sredstava, pa izbor varijante uglavnom zavisi od primenjene tehnologije rada poslovno proizvodnog sistema, tj. načina potrošnje zaliha.

## LITERATURA

- [1] Bulat, V., Teorija organizacije i menadžment, ICIM, Kruševac, 1994.
- [2] Gereke, Lj., Poslovna logistika, Viša ekonomska logistika, Beograd, 1989.
- [3] Jeger, H., Projektovanje proizvodnih procesa i automatizacija proizvodnje, Zagreb-Novı Sad, 1980.
- [4] Mađarević, B., Rukovanje materijalom, Tehnička knjiga, Zagreb, 1969.
- [5] Mileusnić, N., Organizacija unutrašnjeg transporta i skladišta, Beograd, 1985.
- [6] Mossman, F., and Newton, M., Logistic of Distribution Sistem, Boston, 1965.
- [7] Pantelić, T., Industrijska logistika, ICIM, Kruševac, 2001.
- [8] Pantelić, T., Prilog upravljanju zalihama u logističkom sistemu, XIII Međunarodni naučno-stručni skup TRANSPORT U INDUSTRIJI, Mašinski fakultet, Beograd, 1994.

UDK:628.511:622.35(045)=861

**ODREĐIVANJE TEORIJSKE KRIVE FRAKCIONE EFIKASNOSTI I  
TOTALNOG STEPENA IZDVAJANJA CIKLONA POSTROJENJA ZA  
OTPRAŠIVANJE KAMENOLOMA „VELIKI KRIVELJ”**

**THE DETERMINATION OF FRACTIONAL EFFICIENCY  
THEORETICAL CURVE AND TOTAL EXTRACTION DEGREE OF  
CYCLONE AT DUST EXTRACTION FACILITY OF  
„VELIKI KRIVELJ” QUARRY**

Branislav Rajković, Vesna Marjanović, Zoran Ilić  
Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor

**IZVOD**

*U ovom radu je, na primeru postrojenja za otprašivanje Kamenoloma „Veliki Krivelj”, dat postupak dobijanja teorijske krive frakcione efikasnosti i totalnog stepena izdvajanja ciklona u svrhu određivanja parametara rada i dimenzionisanja instalacije. Teorijska kriva frakcione efikasnosti ciklona je dobijena analitičkim postupkom proračuna na bazi modifikovane teorije radijusa stacionarne orbite. Totalni stepen izdvajanja ciklona dobijen je, takođe, analitičkim postupkom proračuna pomoću teorijske krive frakcione efikasnosti ciklona i poznatog granulometrijskog sastava uzorka prašine kamenoloma „Veliki Krivelj”.*

**Ključne reči:** modifikovana teorija radijusa stacionarne orbite, teorijska kriva frakcione efikasnosti, totalni stepen izdvajanja ciklona, granulometrijski sastav uzorka prašine.

**ABSTRACT**

*In this paper, at the example of the dust extraction facility of „Veliki Krivelj” quarry, it is given the procedure for obtaining of fractional efficiency theoretical curve and total extraction degree of cyclone for the purpose of the determination of operating parameters and designing of the installation. The fractional efficiency theoretical curve is obtained by analytical calculation procedure on the basis of the modified theory of stationary orbit radius. The*

*total extraction degree of cyclone is also obtained by analytical calculation procedure using the fractional efficiency theoretical curve and known granular composition of dust sample of „Veliki Krivelj” quarry.*

**Key words:** *modified theory of stationary orbit radius, fractional efficiency theoretical curve, total extraction degree of cyclone, granular composition of dust sample.*

## UVOD

Postrojenje za otprašivanje Kamenoloma „Veliki Krivelj” [1] obezbeđuje da koncentracija prašine u vazduhu, odnosno emisija štetnih materija bude u dozvoljenim granicama.

Prema Pravilniku o merama i normativima zaštite na radu na oruđima za rad granična koncentracija emisije, izražena kao masena koncentracija ukupnih praškastih materija u emisiji, iznosi najviše  $50 \text{ mg/m}^3$  pri masenom protoku većem od  $0,5 \text{ kg/s}$ , što je upravo ovde slučaj.

Određivanjem totalnog stepena izdvajanja ciklona definiše se količina prašine koja će se izdvojiti u ciklonu za konkretne radne uslove.

Cilj rada je da se pokaže postupak određivanja teorijske krive frakcione efikasnosti ciklona kao i totalnog stepena izdvajanja ciklona postrojenja za otprašivanje Kamenoloma „Veliki Krivelj”.

## TEHNIČKI OPIS POSTROJENJA ZA OTPRAŠIVANJE

Postrojenje za otprašivanje Kamenoloma „Veliki Krivelj” (vidi sliku 2.) namenjeno je odvođenju prašine iz radne sredine prinudnom cirkulacijom vazduha i prečišćavanju vazduha od prašine u odgovarajućim uređajima pre njegovog ispuštanja u atmosferu.

Karakteristike prašine:

- materijal: krečnjak,
- gustina  $\rho=2660 \text{ kg/m}^3$ ,
- temperatura  $t=20 \text{ }^\circ\text{C}$ ,
- koncentracija čvrstih čestica u vazduhu  $c_{\text{ul}}=5000 \text{ mg/m}^3$ .

Instalacija za otprašivanje predviđena je kao instalacija za suvo dvostepeno otprašivanje gde se prvi stepen otprašivanja odvija u ciklonskoj grupi, a drugi u vrećastom filteru sa impulsnim otresanjem.

**Tabela 1. Tehničke karakteristike ciklona**

Ciklonska grupa	
Cikloni	
Vrsta	Ciklonska baterija
Kapacitet	$Q=62000 \text{ m}^3$
Pad pritiska u ciklonu	$\Delta p=1000 \text{ Pa}$
Proizvođač	IPS Beograd
Tip	C1380
Broj ciklona	4 kom.
Broj prijemnih posuda	1 kom.
Zapremina prijemne posude	$V_{\max}=8,5 \text{ m}^3$
Rotacioni dozator	
Proizvođač	IPS Beograd
Tip	RD-250
Snaga	1,1 kW
Broj obrtaja	$41 \text{ min}^{-1}$
Opterećenje na temelje ciklonske grupe	cca 19 t

Oprema za otprašivanje koju čine ciklonska grupa, vrećasti filter sa impulsnim otresanjem i ventilatori (transportni i srednjepritisni) locirani su na platou pored pristupnog puta ka pogonu kamenoloma.

Transportni ventilator, lociran ispred ciklonske grupe, namenjen je za rad sa zaprašenim vazduhom i ima elektromotorni pogon snage  $P_t=55 \text{ kW}$ .

Srednjepritisni ventilator, lociran iza vrećastog filtera sa impulsnim otresanjem, namenjen je za rad sa prečišćenim vazduhom i ima elektromotorni pogon snage  $P_s=110 \text{ kW}$ .

Kapacitet instalacije određen je prema broju i vrsti odsisnih mesta koja obuhvataju primarne i sekundarne izvore zaprašenosti i iznosi  $Q=62.000 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Zaprašeni vazduh se (od svih odsisnih mesta do uređaja za otprašivanje) transportuje magistralnim vazduhovodom od čeličnog lima dimenzija  $\text{Ø}1000 \times 2 \text{ mm}$ .

Izdvojena prašina iz ciklona se skladišti u prijemnoj posudi koja se prazni pomoću rotacionog dozatora.

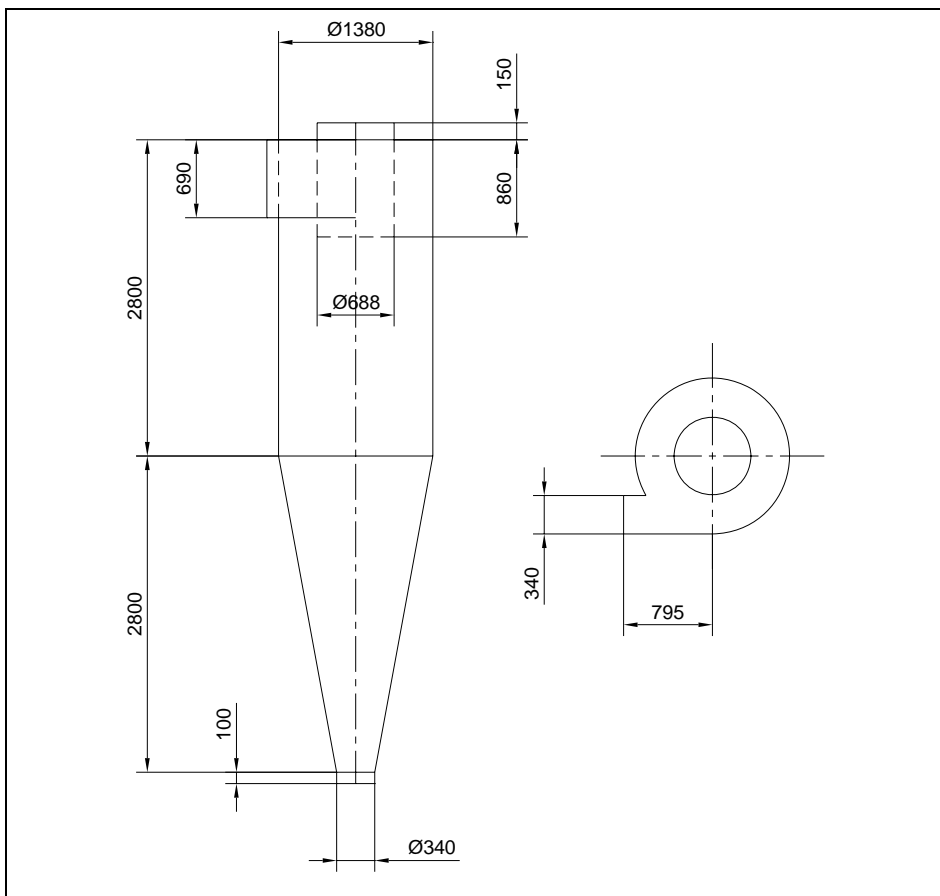


Izdvojena prašina iz vrećastog filtera sa impulsnim otresanjem skladišti se u donjem delu filtera i prazni se pomoću pužnog transportera i rotacionog dozatora.

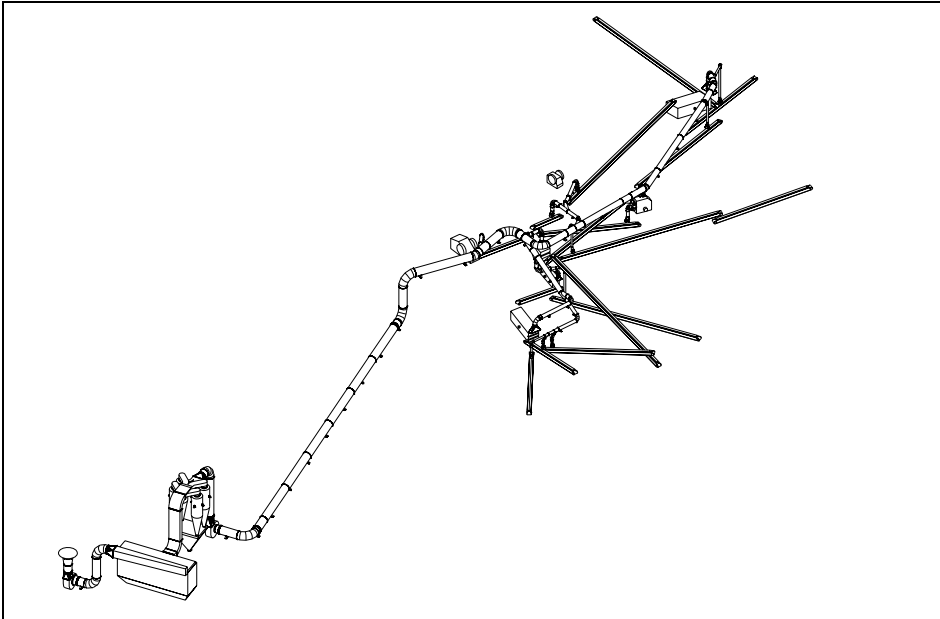
Impulsno otresanje vrši se komprimovanim vazduhom pod pritiskom  $p=5$  bar.

Izdvojena prašina se koristi kao komercijalni proizvod.

Tehničke karakteristike ciklona date su u tabeli 1, a proračunske dimenzije na slici 1.



*Slika 1. Ciklon C 1380*



*Slika 2. Postrojenje za otprašivanje Kamenoloma „Veliki Krivelj”*

## PRORAČUN

U ovom poglavlju je prikazan postupak određivanja funkcionalne zavisnosti frakcione efikasnosti ciklona od veličine čestica prašine za zadate ulazne podatke (čiji se grafički prikaz naziva teorijskom krivom frakcione efikasnosti ciklona) prema modifikovanoj teoriji radijusa stacionarne orbite [2]. Nadalje, prikazan je postupak određivanja totalnog stepena izdvajanja ciklona na osnovu teorijske krive frakcione efikasnosti ciklona i granulometrijskog sastava prašine.

1. Ulazni podaci:

$$\dot{V} = 4,3056 \left[ \frac{m^3}{s} \right] - \text{zapreminski protok vazduha kroz ciklon,}$$

$$D = 1,38 [m] - \text{prečnik cilindričnog dela ciklona,}$$

$$a = 0,69 [m] - \text{visina ulaznog otvora ciklona,}$$

$b = 0,34[m]$  - širina ulaznog dela ciklona,

$h_k = 2,8[m]$  - visina konusnog dela ciklona,

$h_c = 2,8[m]$  - visina cilindričnog dela ciklona,

$\rho_g = 1,2 \left[ \frac{kg}{m^3} \right]$  - gustina vazduha,

$\mu = 18,1 \cdot 10^{-6} [Pa \cdot s]$  - dinamička viskoznost vazduha,

$\rho_c = 2660 \left[ \frac{kg}{m^3} \right]$  - gustina čestica čvrste faze,

$g = 9,81 \left[ \frac{m}{s} \right]$  - gravitaciona konstanta,

$R_1 = \frac{D}{2} = 0,69[m]$  - karakteristični veći radijus,

$R_2 = \frac{D}{2} - b = 0,35[m]$  - karakteristični manji radijus,

$D_3 = 0,34[m]$  - prečnik izlaznog otvora.

2. Konstanta  $k$  data je izrazom:

$$k = \frac{\dot{V}}{h_c \cdot \ln \frac{R_1}{R_2}} = 2,2655 \left[ \frac{m^2}{s} \right]$$

3. Granična vrednost prečnika čestice koja će se sigurno izdvojiti u ciklonu:

$$d_{100\%} = \varphi_{(Re)} \cdot \frac{R_{st}}{k} \cdot \left( \frac{18 \cdot \mu \cdot L}{\rho_c} \right)^{0,5}$$

gde su:

$\varphi_{(Re)}$  - funkcija u zavisnosti od Rejnoldsovog broja za čestice oblika kugle,

$R_{st} = R_1 = 0,69[m]$  - poluprečnik stacionarne orbite,

$L \left[ \frac{m^2}{s} \right]$  - protok po jedinici visine ciklona dat izrazom:

$$L = \frac{\dot{V} \cdot (h_c + h_k)}{4 \cdot \pi \cdot a \cdot (h_c + h_k - a)} = 0,5663 \left[ \frac{m^2}{s} \right]$$

Rejnoldsov broj se dobija iz sledeće formule koja važi za  $Ar \cdot \Phi_r < 84000$ :

$$Re = \left( \frac{Ar \cdot \Phi_r}{13,9} \right)^{0,715}$$

gde su:

$Ar$  - Arhimedov broj dat izrazom:

$$Ar = \frac{g \cdot d^3}{\nu^2} \cdot \frac{\rho_c - \rho_g}{\rho_g},$$

$\Phi_r$  - faktor razdvajanja dat izrazom:

$$\Phi_r = 0,9 \cdot \frac{V}{a \cdot b'}$$

Do vrednosti  $d_{100\%}$  dolazi se iterativnim proračunom datim u tabeli 2.

**Tabela 2.** Tabela uz proračun karakterističnog prečnika zrna  $d_{100\%}$ 

GRANIČNI PREČNIK ZRNA KOJI ĆE SE SIGURNO IZDVOJITI U CIKLONU	OBIMNA BRZINA ČESTICA	FAKTOR RAZDVAJANJA	ARHIMEDOV BROJ	PROIZVOD ARHIMEDOV BROJA I FAKTORA RAZDVAJANJA	REINOLDOV BROJ	KARAKTERISTIČNA FUNKCIJA ZA ČESTICE OBLIKA KUGLE	GRANIČNI PREČNIK ZRNA KOJI ĆE SE SIGURNO IZDVOJITI U CIKLONU
$d_{100\%}$	$v$	$\Phi_r$	$Ar$	$Ar \cdot \Phi_r$	$Re$	$\varphi_{(Re)}$	$d_{100\%}$
$\mu\text{m}$	$\text{m/s}$	-	-	-	-	-	$\mu\text{m}$
100	16,52	40,31	95,54	3850,85	55,8	1,778	143
200	16,52	40,31	764,31	30806,83	246,7	2,522	202
207	16,52	40,31	847,40	34156,08	265,6	2,581	207

4. Granična vrednost prečnika čestice koja se sigurno neće izdvojiti u ciklonu:

$$d_{0\%} = \varphi_{(Re)} \cdot \frac{R_{st}}{k} \cdot \left( \frac{18 \cdot \mu}{\rho_c} \cdot L \right)^{0,5}$$

gde su:

$\varphi_{(Re)}$  -funkcija u zavisnosti od Rejnoldsovog broja za čestice oblika kugle,

$$R_{st} = 0,1 \cdot \frac{D_3}{2} = 0,17 [m] \text{ -poluprečnik stacionarne orbite,}$$

$L \left[ \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right]$  -protok po jedinici visine konusnog dela ciklona dat izrazom:

$$L = \frac{\dot{V}}{2 \cdot \pi \cdot h_k} = 0,2447 \left[ \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right]$$

Rejnoldsov broj se dobija iz sledeće formule koja važi za  $Re < 0,2$  :

$$Re = \frac{v_t \cdot d}{\nu}$$

gde je:

$v_t$  -brzina taloženja data izrazom:

$$v_t = \frac{g \cdot (\rho_c - \rho_g)}{18 \cdot \mu} \cdot \phi_r \cdot d^2 \left[ \frac{m}{s} \right]$$

Do vrednosti  $d_{0\%}$  dolazi se iterativnim proračunom datim u tabeli 3.

**Tabela 3.** Tabela uz proračun karakterističnog prečnika zrna  $d_{0\%}$

GRANIČNI PREČNIK ZRNA KOJI SE NEĆE IZDVOJITI U CIKLONU	OBIMNA BRZINA ČESTICA	FAKTOR RAZDVAJANJA	BRZINA TALOŽENJA U POLJU CENTRIFUGALNE SILE	REJNOLDSOV BROJ	KARAKTERISTIČNA FUNKCIJA ZA ČESTICE OBLIKA KUGLE	GRANIČNI PREČNIK ZRNA KOJI SE NEĆE IZDVOJITI U CIKLONU
$d_{0\%}$	$v$	$\Phi_r$	$v_t$	$Re$	$\phi_{(Re)}$	$d_{0\%}$
$\mu m$	m/s	-	m/s	-	-	$\mu m$
1	16,52	40,31	0,003227	0,000214	1,000	1,2992
1,2	16,52	40,31	0,004647	0,000370	1,000	1,2992
1,3	16,52	40,31	0,005453	0,000470	1,000	1,2992

5. Funkcionalna zavisnost efikasnosti E od prečnika čestica d (kriva frakcione efikasnosti ciklona) određuje se u obliku:

$$E = A + B \cdot \ln d$$

gde su:

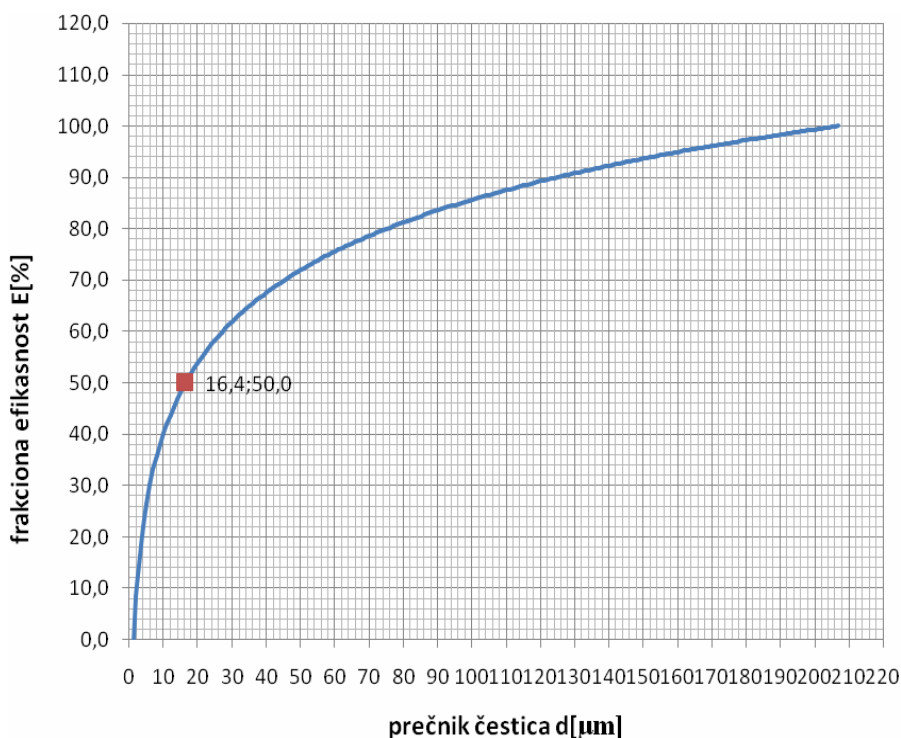
$E$  % -efikasnost ciklona,

$d$  [ $\mu m$ ]-prečnik čestice,

$A, B$ -konstante određene iz tačaka sa koordinatama  $T_1(d_{0\%}, 0\%)$  i  $T_2(d_{100\%}, 100\%)$  odakle se dobija funkcija frakcione efikasnosti u konačnom obliku:

$$E = -5,17447 + 19,722485 \ln d$$

Teorijska kriva frakcione efikasnosti ciklona data je na slici 3.



**Slika 3.** Teorijska kriva frakcione efikasnosti ciklona C 1380

Iz teorijske krive frakcione efikasnosti može se odrediti i tzv. hipotetički prečnik zrna (prečnik čestice koja se u ciklonu odvaja sa efikasnošću od 50% u oznaci  $d_{50\%}$ ) tako što se za tačku na ovoj krivi koja odgovara frakcionoj efikasnosti od 50% na ordinati, očita vrednost prečnika čestice na apscisi. Ova očitana vrednost iznosi  $d_{50\%} = 16,4 [\mu m]$ .

Do ove vrednosti može se doći i analitički koristeći dobijenu funkcionalnu zavisnost frakcione efikasnosti ciklona od prečnika čestica.

6. Totalni stepen izdvajanja ciklona dat je izrazom:

$$E_{tot} = \sum_i^n \phi_i \cdot E_{\phi_i} = 65 [\%]$$

gde su:

$E_{tot} [\%]$  - totalna efikasnost ciklona,

$\phi_i [\%]$  - udeo intervala,

$E_{\phi_i} [\%]$  - frakciona efikasnost ciklona.

Odgovarajuće veličine potrebne za proračun totalnog stepena izdvajanja ciklona date su u tabeli 4.

**Tabela 4.** Tabela uz proračun totalne efikasnosti ciklona C 1380

INTERVAL VELIČINE ČESTICE	SREDNJI PREČNIK ČESTICE	UDEO INTERVALA	FRAKCIONA EFIKASNOST
d	d <sub>sr</sub>	$\Phi_i$	E <sub><math>\Phi_i</math></sub>
μm	μm	%	%
0÷5	2,5	3,4	13
5÷10	7,5	8,6	35
10÷20	15	21,2	48
20÷32	26	18,8	59
32÷38	35	5,4	65
38÷53	45,5	11	70
53÷75	64	8,2	77
75÷106	90,5	4,2	84
106÷212	159	2,1	95
212÷300	256	0,2	100
>300	-	16,9	100



## DISKUSIJA PRORAČUNA

Rezultat proračun predstavlja izračunata vrednost za totalnu efikasnost ciklona C1380 koji za zadate uslove iznosi  $E_{tot}=65\%$  do koje se došlo korišćenjem teorijske krive fracione efikasnosti ciklona C1380 (vidi sliku 3) i granulometrijskog sastava prašine.

U daljem tekstu će se izložiti neke osnovne postavke mehanizma izdvajanja čestica u ciklonu i modifikovane teorije radijusa stacionarne orbite prema literaturi [1].

Centrifugalna sila je dominantna pri radu centrifugalnih prečištača, u prvom redu ciklona. Uobičajeni proračuni efikasnosti ciklona svode se na određivanje dva karakteristična prečnika:

- hipotetičkog prečnika zrna (prečnik čestice koja se u ciklonu odvaja sa efikasnošću od 50%, koji u ovom slučaju iznosi  $d_{50\%}=16,4 \mu\text{m}$ ),
- graničnog prečnika zrna (prečnik čestice koja se u ciklonu odvaja sa efikasnošću od 100%, koji u ovom slučaju iznosi  $d_{100\%}=207 \mu\text{m}$ ).

Ova druga vrednost je važnija sa stanovišta procene efikasnosti ciklona.

Ove vrednosti prečnika čestica nam daju dva praktična podatka: koje čestice ciklon sa sigurnošću odvaja iz struje gasa ( $d_{100\%}$ ) i kada je upotreba ciklona besmislena (ukoliko je granulometrijski sastav prašine takav da je znatan udeo čestica manjih od vrednosti  $d_{50\%}$ ).

Mehanizam izdvajanja čestica u ciklonu može se podeliti na primarnu i sekundarnu separaciju. Primarna separacija se odvija u ulaznoj komori cilindra. Zapršeni gas ulazi u ciklon kroz tangencijalni ulaz i usled zakrivljenja putanje pada pod uticaj centrifugalnih sila. One deluju na čestice i izdvajaju ih iz struje gasa odvlačeći ih prema zidu ciklona. Prilikom dodira sa zidom, čestice trenjem gube energiju i padaju u sabirni bunker. U zavisnosti od ugla trajektorije čestice u odnosu na zid ciklona, veličine čestice, intenziteta centrifugalne sile i sile trenja, čestica prilikom zavojnog kretanja može da bude izdvojena iz struje gasa (sekundarna separacija).

Uravnoteženjem centrifugalne sile i sile otpora u predelu sekundarne separacije čestica se kreće po stacionarnoj prstenastoj orbiti. Pod dejstvom sile teže i turbulentnih pulsacija čestica se spušta niz ciklon i dodiruje spoljni zid ciklona ili ulazi u aksijalni (osni) tok. Drugim rečima, izdvaja se u bunkeru ili napušta ciklon kroz izlazni cilindar.

Modifikovana teorija radijusa stacionarne orbite uzima u obzir uticaj  $Re$  broja, geometrizovanog oblika čestice i rasporeda radijalne komponente brzine na jedinici visine ciklona na veličinu graničnog prečnika zrna. Rezultati dobijeni proračunom odgovaraju realnosti i upotrebljivi su u praksi.

U posmatranoj analizi je uzet u obzir uticaj oblika čestice i turbulentnog strujanja (faktor  $\varphi(Re)$ ), dok uticaji mogućeg elastičnog sudara čestice sa zidom ciklona (odbijanje) i uticaj turbulentnih pulsacija nisu uračunati.

Takođe, treba imati u vidu da se proračun totalnog stepena izdvajanja ciklona zasniva na granulometrijskom sastavu uzorka prašine prema [3] i da se realnija vrednost dobija ukoliko se analizira što veći broja uzoraka prašine.

Ovaj model proračuna prikazan je na primeru ciklona sa tangencijalnim ulazom i ravnim poklopcem, ali se može primeniti uz manje modifikacije i kod drugih sličnih vrsta ciklona.

## ZAKLJUČAK

U praksi se često dešava da proizvođači ciklona za otprašivanje na daju eksperimentalno utvrđenu krivu frakcione efikasnosti ciklona, tako da u tom slučaju prikazani postupak predstavlja put da se dođe do teorijske krive frakcione efikasnosti i na osnovu nje do totalnog stepena izdvajanja ciklona da bi se dobila predstava o funkcionisanju ciklona u eksploataciji. Koncentracija prašine u vazduhu posle prečišćavanja u ciklonu za date radne uslove iznosi:

$$c_{iz} = c_{ul} \cdot \left( 1 - \frac{E_{tot}}{100} \right) = 1750 \left[ \frac{mg}{m^3} \right]$$

S obzirom na to da se znatan procenat prašine izdvaja u ciklonu, može se zaključiti da ugradnja ciklona za date radne uslove ima smisla, a sa druge strane, pošto je ova koncentracija još uvek iznad dozvoljene, neophodno je uvođenje drugog stepena otprašivanja tj. vrećastog filtera sa impulsnim otresanjem.

Investicioni troškovi ugradnje ovakvog filtera mogu da iznose i preko 40% vrednosti celokupnog postrojenja za otprašivanje, tako da je uvek dobro utvrditi neophodnost ovakve investicije.

## LITERATURA

- [1] Glavni projekat otprašivanja Kamenoloma „Veliki Krivelj”, Projektni biro MEGA, IRM, mart 2009. god.
- [2] M. Bogner, M. Stanojević, L. Livo: Prečišćavanje i filtriranje gasova i tečnosti, ETA, Beograd, 2006. god.
- [3] Izveštaj br. 1: Određivanje granulometrijskog sastava na uzorcima „kamena prašina” (mlin, drobilica, sito, ciklon), Projektni biro za PMS, IRM, 21.01.2009. god.

UDK:65.015(045)=861

## KVALITET – KLJUČ USPEHA QUALITY – KEY OF SUCCESS

Aleksandra Ivanović  
Institut za rudarstvo i metalurgiju, Bor

### **IZVOD:**

*Kvalitet - svetski putnik bez pasoša - neumoljivo putuje i ovom zemljom uvodeći u organizacije koncept neprekidnog upravljanja procesom kroz okrenutost tržištu i ispunjavanje zahteva kupaca.*

**Ključne reči:** *potpuno upravljanje kvalitetom - TQM, ciljevi kvaliteta*

### **ABSTRACT:**

*Quality – world passenger without passport - continuously travelling through our country and introduce TQM in our organization.*

**Key words:** *Total Quality Management-TQM, the aim of quality*

### **UVOD**

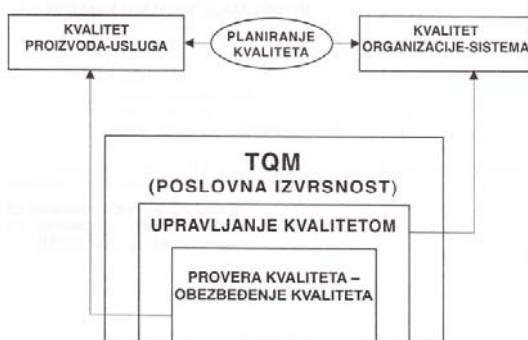
Zašto je kvalitet važan? Vekovna je dilema koja kod svakog čoveka izaziva mnoga pitanja zbog svakodnevnog prisustva kvaliteta u životu, kako svakog pojedinca tako i čitave ljudske zajednice. I u ranijim periodima razvoja ljudske zajednice kvalitet je bio potreba a danas je više nego ikada. Samim tim, kvalitet, u najširem smislu reči, predstavlja permanentnu potrebu sadašnjeg i budućeg razvoja čitavog ljudskog društva.

Odnos društvene zajednice i shvatanja kvaliteta menjao se kroz vekove, menjajući i samo ljudsko društvo. Najpre je bio imperativ procesa proizvesti što više, bez obzira na kvalitet. Uvođenjem završne kontrole procesa, odnosno proizvoda, više pažnje se posvećuje kvalitetu završnog proizvoda, dok se pomeranjem kontrole ka početku procesa proizvodnje, kvalitet uvlači u sve pore procesa i postaje njegov sastavni deo. Nakon toga se dolazi do faze “osiguravanja kvaliteta” koja podrazumeva upravljanje kvalitetom i praksa u našim uslovima je tu negde. Svet je već dugo u ovoj fazi, a oni najbolji se kreću ka totalnom upravljanju kvalitetom (TQM) koji u suštini treba da bude jedan od dugoročnih ciljeva menadžmenta.

Potpuno upravljanje kvalitetom (eng. Total Quality Management, TQM) jeste pristup upravljanju koji podrazumijeva dugoročnu orijentaciju ka kontinuiranom poboljšanju kvaliteta koji će zadovoljiti i premašiti očekivanja kupaca.

TQM je, zapravo, jednostavno efikasno upravljanje koje zahtijeva potpunu participaciju svih zaposlenih na svim organizacijskim nivoima i smatra se načinom organizacijskog života.

Neophodnost kvaliteta u svim aspektima razvoja svakog poslovnog sistema danas je imperativ efektivnog i efikasnog poslovnog sistema. Unapređenje sistema kvaliteta predstavlja strategiju razvoja jednog poslovnog sistema, a ne neki merljivi cilj, budući da se takvim izborom menadžment opredelio za sveobuhvatno planiranje, organizaciju, izvršenje postavljenih zadataka, praćenje performansi procesa i preduzimanje korektivnih mera.



*Slika 1: Total Quality Management, TQM [1]*

Ciljevi koji se postižu uvođenjem sistema kvaliteta su:

- uređen poslovni sistem, kao i njegovi podsystemi;
- povećanje profita, uz smanjenje troškova poslovanja;
- povećanje nivoa kvaliteta proizvoda i usluga;
- upravljanje kvalitetom od faze ideje, preko realizacije, do faze upotrebe proizvoda;
- uključivanje poslovnog sistema u svetsko tržište;
- mogućnosti povećanja cene prodaje na bazi konstantnog kvaliteta proizvoda;
- povećanje cene poslovnog sistema pri promeni vlasničke strukture;
- smanjenje cene koštanja proizvoda i usluga koja se ostvaruje kontrolom procesa (smanjenje škarta eliminisanjem grešaka);
- ispunjavanje zahteva kupaca jer od njih zavisi postojanje i opstanak jednog poslovnog sistema na tržištu.

Proces upravljanja kvalitetom čini jedan segment u okviru upravljanja poslovnim sistemima i ne predstavlja sam sebi cilj, već da se projektovanjem i primenom modela upravljanja kvalitetom postignu veći poslovni efekti.

Okruženje u kojem rade naše organizacije (nedefinisanost vlasničke strukture, zastarelost tehnologija, motivisanost zaposlenih da rade a ne da dolaze na posao, tržište na kome svi duguju svima) predstavlja sredinu u kojoj koncept i filozofija unapređenja kvaliteta zaslužuje posebnu pažnju.

<b>Tradicionalni pristup</b>	<b>TQM</b>
Kvalitet je tehničko pitanje	Kvalitet je strateško pitanje
Visok kvalitet troši novac	Visok kvalitet štedi novac
Odgovornost je na sektoru za kvalitet	Odgovornost je na svakom u organizaciji
Cilj je zadovoljiti zahteve	Cilj je neprekidno poboljšavanje
Naglasak je na pronalazenju grešaka	Naglasak je na preventivnom delovanju
Kvalitet definiše organizacija	Kvalitet definiše korisnik- usmerenost na kupca

*Slika 2: Poređenje TQM-a i tradicionalnog pristupa*

Kraj prošlog i početak ovog veka obeležen je procesima globalizacije svetskog tržišta i okrenutošću menadžmenta organizacija internacionalizmu u svim sferama upravljanja preduzećima. Uvođenje strategije usmerenosti na kupca čini faktor konkurentnosti na svetskom tržištu značajnijom no ikada i kriterijumi uspešnosti se na globalnom tržištu veoma brzo menjaju, te se lako dolazi do činjenice da se kvalitetom jedino može opstati na tržištu. Da bi se posao proširio otvaranjem novih tržišta i da bi se uspostavili realni dugoročni ciljevi, izvrsnost postaje imperativ i svi naponi menadžmenta su okrenuti ka otkrivanju onoga što preduzeće čini izvrsnim.

Da bi se dostigla poslovna izvrsnost preduzeća moraju da uspostave takvu upravljačku filozofiju u kojoj su zaposleni najznačajniji resurs i da konstantno obezbeđuju visok kvalitet proizvoda ili usluga na tržištu. Takvo poslovno okruženje je podržano u potpunosti koncepcijom TQM koja se sve više infiltrira u naše organizacije kao stalna potreba jednog tržišno orijentisanog preduzeća. U osnovi TQM-a jeste borba za opstanak na tržištu u situaciji kada proizvod, proces i svi drugi uslovi moraju zadovoljiti sve zahteve kupca. On predstavlja savremeni koncept upravljanja kroz efikasno i efektivno korišćenje svih raspoloživih resursa za postizanje željenih ciljeva definisanih u Politici kvaliteta. Dakle, TQM predstavlja najviši nivo upravljanja preduzećem koji obuhvata tehničko-tehnološki aspekt, zaposlene, uspostavljanje uzajamno korisničkih odnosa između kupca i isporučioaca, čime se doprinosi ostvarivanju ciljeva kvaliteta definisanih u Politici kvaliteta, a samim tim i doprinosi efektivnosti i efikasnosti poslovanja.

TQM koncept podrazumeva aktivno učešće sa maksimalnom odgovornošću menadžmenta u cilju dostizanja postavljenih ciljeva organizacije kako bi se ostvario maksimalni profit. Svi drugi interesi organizacije, a i društva u celini, integrišu se u ovoj osnovni. Činjenica je da se u mnogim primerima u praksi na put uvođenja sis-

tema kvaliteta i njegovog unapređenja kreće tek onda kada je prvi čovek firme odlučio da se krene tim putem. Ali razlozi njegove odluke uglavnom se svode na to da je “papir neophodan”, a postavljeni ciljevi kvaliteta su kratkoročni i u osnovi takvog opredeljenja stoji interes preduzeća, dok motivi za unapređenje nisu na prvom mestu.

Naravno, na put primene i unapređenja sistema kvaliteta može se krenuti i pod uticajem shvatanja koliko na unapređenje same organizacije uticaj imaju zaposleni kao i kupci. Praksa pokazuje da je i ovaj koncept upravljanja pod velikim pritiskom dobavljača, konkurencije i kupaca zastupljen u velikoj meri. U ovom konceptu pozitivno je što se procesi rada prilagođavaju zahtevima kupca u cilju ispunjenja njegovih zahteva.

Svi ciljevi TQM-a se mogu podeliti na:

1. kratkoročne – manifestuju se u promenama u imidžu firme i marketinške pozicije koja se ostvaruje dobijanjem sertifikata;
2. srednjoročne - manifestuju se u očekivanjima od unapređenja kvaliteta proizvoda ili usluge kroz ostvarivanje organizovanije saradnje sa kupcima i dobavljačima nakon dobijanja sertifikata;
3. dugoročne – manifestuju se u prilagođavanju i unapređenju sistema upravljanja kvalitetom uslovima globalizacije tržišta.

Na prvi pogled sve izgleda lako i jednostavno. Naravno, u praksi je sve mnogo teže i retko se sreće, u javnosti, priznanje da se sve svede na kratkoročne ciljeve. Realnost, međutim, ukazuje na to da je broj ovakvih opredeljenja nije mali i da nema neku osetnu tendenciju opadanja, bez obzira na to da se o unapređenju sistema kvaliteta primenom ISO 9000 serije standarda već dosta dugo govori i radi. Primarni cilj prilikom uspostavljenja jednog ovakvog sistema ne treba da bude dobijanje sertifikata (uvek je to sekundarni cilj-logičan sled nakon ostvarivanja primarnog cilja) već uspostavljanje jednog modernog sistema kvaliteta koji će adekvatno moći da odgovori na sve izazove i probleme poslovanja.

Osnovna dilema koja je još uvek prisutna u realnosti jeste da li uvođenje jednog ovakvog sistema uistinu doprinosi razvoju i povećanju efektivnosti i efikasnosti sistema upravljanja preduzećem ili je to još jedno formalno doterivanje stvarnosti. Situacija u kojoj se čitava privreda u okruženju nalazi definitivno ne ide u prilog sagledavanju kolike su prednosti uvođenja ovakvog sistema upravljanja preduzećima, ali svetski trend izgradnje efikasnog sistema kvaliteta, koji doprinosi povećanju vrednosti, neminovno će uticati i na firme sa ovih prostora.

Kvalitet je nesumnjivo neminovnost i ključ uspeha.

#### **LITERATURA:**

- [1] S. Vladimirović: Priručnik, Sistem kvaliteta, Bor, 2003.
- [2] V. Simić, „Dilema i dalje postoji! Da li se nešto dobija primenom ISO 9000“, Zbornik radova, Nedelja kvaliteta 1997, Poslovna politika

UDK:332.572(045)=861

**DISKONTOVANJE NOVČANOG TOKA KAO METODA PROCENE  
VREDNOSTI U REPUBLICI SRBIJI I RAZVIJENIM ZEMLJAMA**

**THE METHOD OF DISCOUNTING CASH FLOW IN BUSINESS  
VALUATION IN REPUBLIC SERBIA AND DEVELOPED COUNTRIES**

Gordana Slavković  
Institut za rudarstvo i metalurgiju, Bor

**IZVOD**

*U ovom radu opisan je metod diskontovanog novčanog toka procene vrednosti kapitala u okviru zakonskih propisa u oblasti procene vrednosti kapitala u Republici Srbiji, sa osvrtom na profesionalnu praksu u razvijenim zemljama. Namera je da se istakne važnost ovog metoda prilikom procene vrednosti kapitala kao varijante prinostnog pristupa, kao i važnost pravilanog formiranja diskontne stope.*

**Ključne reči:** *procena vrednosti kapitala, metod procene, diskontna stopa, zakonski propisi u Republici Srbiji.*

**ABSTRACT**

*This paper shows the method of discounting cash flow in business valuation according to legal regulations in Republic of Serbia with turning on professional practice in developed countries. The purpose is to stress the importance of that method in business valuation as variant of profit access, also stress the importance of properly assignment discount rate.*

**Keywords:** *business valuation, business valuation method, discount rate, legal regulation in Republic of Serbia.*

**UVOD**

Uporedna analiza zakonskih propisa u oblasti procene vrednosti kapitala u Republici Srbiji i međunarodnih standarda za procenu vrednosti kapitala u raz-



vijenim zemljama, ukazuje na znatna odstupanja naše prakse u oblasti procene u odnosu na praksu koja polazi od profesionalnih međunarodnih standarda. Naime, metodologija za procenu vrednosti kapitala, odnosno imovine, propisana aktuelnim zakonima u našoj zemlji, usmerena je samo na preduzeća i druga pravna lica sa društvenim ili državnim kapitalom, koja ulaze u proces privatizacije ili su predmet statusnih promena, dok procenu vrednosti kapitala ili imovine preduzeća za bilo koje druge svrhe ne reguliše ni država niti neka profesionalna institucija. S druge strane, u razvijenim zemljama, profesionalna praksa u oblasti procene je, uglavnom, usaglašena sa međunarodnim standardima, uz minimalna odstupanja prouzrokovana činom prilagođavanja pojedinim zakonskim odredbama u određenoj državi.

Ograničenja koja nameću propisi našeg zakonodavstva pri izboru metoda procene i određivanju osnovnih parametara i pretpostavki za primenu izabrane metode, neposredno utiču na neobjektivnost, odnosno ugrožavaju realnost dobijenog rezultata procene. Osnovni cilj propisivanja metodologije za procenu u Republici Srbiji, jeste efikasno sprovođenje postupka privatizacije, uz snažnu državnu kontrolu i nastojanje da se zaštiti društvena, odnosno državna svojina. Država je direktno zainteresovana za neposredne efekte koji će proizaći iz procesa privatizacije i usled toga se može očekivati prilično visoka pristrasnost i subjektivnost u definisanju osnovnih metoda procene i ključnih parametara za njihovu primenu.

Doneti zakonski propisi predstavljaju samo nastavak procesa privatizacije društvenih i državnih preduzeća i to pod nadzorom republičke vlade i novoosnovanih nadležnih institucija (Agencija za privatizaciju, Akcijski fond i Centralni registar za hartije od vrednosti), bez pomaka ka definisanju metodologije za procenu vrednosti kapitala ili imovine preduzeća za druge svrhe. Usvojeni zakoni i podzakonski akti su:

- Zakon o privatizaciji;
- Zakon o izmenama i dopunama zakona o privatizaciji;
- Zakon o Akcijskom fondu;
- Zakon o Agenciji za privatizaciju;
- Uredba o prodaji kapitala i imovine javnim tenderom;
- Uredba o metodologiji za procenu vrednosti kapitala i imovine;
- Uredba o izmenama i dopunama uredbe o metodologiji za procenu vrednosti kapitala i imovine;
- Uredba o prodaji kapitala i imovine javnom aukcijom;
- Uredba o izmenama i dopunama uredbe o prodaji kapitala i imovine javnom aukcijom;

- Uredba o načinu izmirivanja javnih prihoda dospelih za plaćanje do kraja 2001. godine za subjekte koji se privatizuju metodom javne aukcije i metodom javnog tendera;
- Uputstvo o načinu primene metoda za procenu vrednosti kapitala i imovine i načinu iskazivanja procenjene vrednosti kapitala i drugi.

### **METODA DISKONTOVANOG NOVČANOG TOKA**

Prema propisima u Republici Srbiji moguće je primeniti jedino metodu diskontovanog novčanog toka kao varijantu prinosnog pristupa, pri čemu ova metoda postaje relevantna pri utvrđivanju konačnog rezultata procene, samo onda kada se po likvidacionoj metodi dobije manji iznos, a pri tome je Agencija za privatizaciju odbacila varijantu procene vrednosti kapitala metodom korigovane knjigovodstvene vrednosti.

Metoda diskontovanja budućih rezultata primenjuje se onda kada se budućí rezultati mogu realno projektovati, bez uključivanja efekata inflacije. U primeni metode diskontovanja budućih rezultata projektuju se prihodi za period koji je dovoljno dug da bi se stabilizovao nivo dobiti odnosno novčani tok, a koji ne može biti kraći od pet godina. Zatim se primenjuje metoda diskontovanja budućih rezultata ili neto novčanog toka u cilju svođenja na sadašnju vrednost. Projekcija budućih rezultata uključuje i proračun tzv. terminalne ili rezidualne vrednosti na bazi stabilizovanog neto novčanog toka u poslednjoj godini projekcije, a koja se, takođe, diskontuje na sadašnju vrednost. Na kraju, suma sadašnje vrednosti budućih rezultata, odnosno neto novčanog toka, i sadašnje rezidualne vrednosti, predstavlja procenjenu vrednost kapitala. Dve bitne pretpostavke moraju biti ispunjene da bi se primenila bilo koja metoda u okviru prinosnog pristupa, a samim tim i metoda diskontovanog novčanog toka. Prvo, da postoji mogućnost projekcije budućih rezultata, uz razuman stepen verovatnoće da će se predviđanja ostvariti. Drugo, da postoje realna očekivanja da će projektovani rezultati zaista pratiti planiranu stopu rasta u budućem periodu. U slučaju da je poslovanje preduzeća nestabilno sa prisutnom neizvesnošću u pogledu projekcije budućih rezultata, preporučljivo je da se primeni drugi pristup za procenu vrednosti.

Osnovna odstupanja u primeni metoda diskontovanja novčanih tokova u odnosu na praksu u razvijenim zemljama, ogledaju se u:

- a) načinu formiranja diskontne stope i
- b) ograničena izboru definicije novčanog toka.

U našoj praksi u oblasti procene, metoda „zidanja” je obavezna za izračunavanje cene sopstvenog kapitala, sa unapred preciziranim parametrima

koji limitiraju nivo rizika. Uz neznatne promene u terminologiji u odnosu na propise koji su važili do 2001. godine, aktuelna metodologija definiše sledeća tri nivoa rizika čijim sabiranjem dobijamo diskontnu stopu:

- 1) realna stopa prinosa na ulaganja bez rizika,
- 2) premija za rizik na ulaganje u subjekt privatizacije i
- 3) premija za rizik na ulaganje u Republiku Srbiju.

Stopa bez rizika reprezentuje sigurno ulaganje koje se identifikuje sa kupovinom državnih obveznica, odnosno teorijski se vezuje za ulaganja koja pretpostavljaju nulti sistematski rizik. U praksi ulaganja nultog sistematskog rizika ne postoje, ali se za svrhe procene, nerizična ulaganja najčešće povezuju sa kupovinom državnih obveznica, jer je u pitanju visoko likvidna i sigurna investicija, sa državnom garancijom, odnosno bankrotstvo države je jedina potencijalna pretnja. Prosečna realna stopa bez rizika u razvijenim zemljama, kreće se u intervalu od 1,3% do 5,9%. U skladu sa novom Uredbom, stopu bez rizika određuje republička institucija (Agencija), i to na šestomesečnom nivou. Agencija je za prvi period utvrdila realnu stopu prinosa na ulaganje bez rizika u visini od 4,5%, koja se još uvek koristi. S obzirom na to da u Republici Srbiji ne postoje dugoročne državne hartije od vrednosti i da se cena ulaganja bez rizika ne može jasno definisati, kao osnovnu stopu rizika trebalo bi koristiti prosek ili sredinu kamata na nerizične obveznice evropskih zemalja, uključujući i zemlje u tranziciji. Razlike u rizicima ulaganja u pojedine zemlje treba obuhvatiti obračunom stope rizika ulaganja u konkretnu zemlju. Osnovni deo diskontne stope, koji čine specifični rizici ulaganja u konkretno preduzeće, takođe su limitirani. Ova ograničenja, koje nameću zakonski propisi u našoj zemlji, odnose se na onemogućavanje procenjivača da diskontnu stopu formira u skladu sa realnim stepenom rizika, koristeći aktuelne tržišne informacije o stopi povraćaja za različita ulaganja, uključujući i poređenje sa granskim prosekom na svetskom tržištu.

Stopa rizika tj. premija za rizik ulaganja u preduzeće predstavlja nivo poslovnog i finansijskog rizika ulaganja u konkretno preduzeće, određenog na bazi analiziranih specifičnih nivoa rizika. Ukupnu stopu rizika ulaganja u preduzeće prema našoj metodologiji procene određuje procenitelj, uzimajući u obzir pet osnovnih elemenata, odnosno sabiranjem pojedinačnih stopa rizika za sledeće elemente:

- veličina subjekta;
- kvalitet organizacije, rukovodstva i kadrova;
- finansijski položaj;
- proizvodno-prodajni potencijal;
- mogućnost pouzdanog predviđanja poslovanja.

Svaki element može generisati stopu rizika od najviše 5%, a ukupna stopa ne sme biti manja od 5%, odnosno maksimalna stopa rizika ulaganja u preduzeće može biti 25%. Na isti način se cena sopstvenog kapitala utvrđivala i po prethodno važećoj metodologiji, s tim što su ranije predmet ocene rizika ulaganja u preduzeće bila šest kriterijuma, sa maksimalnim vrednovanjem do 3%, odnosno ukupna stopa rizika ulaganja u preduzeće bila je ograničena na 18%.

U skladu sa Uredbom, kao što je navedeno, specifični nivoi rizika su sledeći:

**a) Veličina preduzeća.**

Osim same veličine preduzeća, potrebno je ispitati i konkurentski ambijent. Generalno, što je preduzeće manje, veći je rizik, dok monopolski položaj minimizira uticaj konkurencije, odnosno rizik na ovom specifičnom nivou nije ni prisutan.

**b) Kvalitet organizacije, rukovodstva i kadrova.**

Ocenjuje se efikasnost organizacije, kompaktnost rukovodećeg tima, postojanje jasne strategije poslovanja, kadrovska struktura i sl. Smatra se da je rizik veći kod malih i novoosnovanih preduzeća ili u slučajevima postojanja tzv. "nezamenljivih" stručnjaka, neadekvatne organizacione i kadrovske strukture.

**c) Finansijski položaj.**

Analizira se kompletna finansijska situacija u određenom periodu poslovanja, sa posebnim osvrtom na sledeće pokazatelje: nivo likvidnosti, visinu neto obrtnog fonda, postojanje kratkoročne i dugoročne ravnoteže, rentabilnost i strukturu poslovnog rezultata. Ukoliko preduzeće ima uspostavljenu dugoročnu finansijsku strukturu, potreban nivo trajnih obrtnih sredstava i nizak stepen zaduženosti, smatra se da je rizik ulaganja u takvo preduzeće minimalan. Pri tome je poželjno da bilansni podaci budu prethodno podvrgnuti proveru, bilo revizorskim pregledom ili jednostavnom logičkom analizom.

**d) Proizvodno-prodajni potencijal.**

Prilikom ispitivanja širine proizvodnog asortimana i geografske diversifikovanosti, treba uzeti u obzir i karakteristike proizvoda, mogućnost supstitucije, elasticitet tražnje za konkretnim proizvodom. Veći stepen diversifikovanosti umanjuje potencijalni rizik od negativnog poslovanja. Analizira se disperzija kupaca, karakteristike tražnje, što je dosta limitirano i prirodom delatnosti i proizvodnim asortimanom preduzeća. Manji broj kupaca uvećava rizik u ovom domenu jer je preduzeće u većem stepenu zavisno od solventnosti i likvidnosti tih kupaca.

**e) Mogućnost pouzdanog predviđanja poslovanja.**

Dugogodišnji prethodni period poslovanja ukazuje na (ne)stabilnost ostvarenih rezultata, posebno u odnosu na kretanja u grani i privredi u celini. Iako »starost« preduzeća bitno utiče na stepen pouzdanosti projektovanja budućih rezultata, značajan faktor predviđanja je situacija u okruženju i, shodno tome, očekivani smer kretanja privrednih tokova. U slučaju dugogodišnjeg poslovanja rizik, takođe, može biti visok, ako se ima u vidu nepredvidljivost promena u okruženju.

Treća komponenta u formiranju cene sopstvenog kapitala je rizik zemlje ulaganja, odnosno premija za rizik na ulaganje u Republiku Srbiju. Prema novoj Uredbi Agencija za privatizaciju određuje stopu ulaganja u zemlju na šestomesečnom nivou i za prvi period je definisana na nivou od 7%. Ona se još uvek koristi, bez uzimanja u obzir privredne nestabilnosti koja je velikim delom prouzrokovana i procesom privatizacije.

Sledeće odstupanje u primeni metoda diskontovanja novčanih tokova u odnosu na međunarodnu praksu i teoriju ogleda se u ograničenom izboru definicije novčanog toka. Po važećoj Uredbi i Uputstvu ostavljena je mogućnost primene isključivo definicije novčanog toka »nakon servisiranja dugova«, uz primenu diskontne stope kao cene sopstvenog kapitala. Međutim, veliki broj naših preduzeća ima nerešeno pitanje dugoročnog duga koji je inicijalno odobren u periodu pre sankcija UN prema našoj zemlji (maj 1991). Konkretno, takva preduzeća neće moći da pripreme Program privatizacije i uđu u process privatizacije, sve dok se ne reše pitanja eventualnog refinansiranja i/ili delimičnog redukovanja obaveza prema stranim kreditorima.

**ZAKLJUČAK**

Metod diskontovanih novčanih tokova kao varijante prinosnog pristupa, postaje relevantan pri utvrđivanju konačnog rezultata procene, samo onda kada se po likvidacionom metodu dobije manji iznos, a pri tome je Agencija za privatizaciju odbacila varijantu procene vrednosti kapitala metodom korigovane knjigovodstvene vrednosti.

Metod diskontovanja budućih rezultata primenjuje se onda kada se budući rezultati mogu realno projektovati, bez uključivanja efekata inflacije.

Dodatno ograničenje koje dovodi u pitanje realnost dobijenog rezultata procene, a koje je regulisano zakonskim propisom, nalaže da se utvrđuje interval vrednosti u postupku utvrđivanja zaključka o vrednosti ukupnog kapitala.

Uzimajući u obzir da se u postupku procene mogu primeniti metoda diskontovanog novčanog toka i metoda likvidacione vrednosti, na formiranje konačnog intervala vrednosti, mogu uticati jedna ili obe metode, u zavisnosti koliko iznose njihovi pojedinačni rezultati, naravno ukoliko zanemarimo metodu korigovane knjigovodstvene vrednosti.

Osnovna odstupanja u primeni metoda diskontovanja novčanih tokova u odnosu na praksu u razvijenim zemljama, ogledaju se u načinu formiranja diskontne stope i ograničenom izboru definicije novčanog toka.

## LITERATURA

- [1] Fishman, Jay E., Guide to Business Valuations, Texas USA, Practitioners Publishing, 1999.
- [2] Leko V., Poznačić V., Vlahović A.: Procena vrednosti kapitala, metodologija i primeri, Ekonomski institut, Beograd, 1997.
- [3] Premija za rizik na ulaganje u SRJ za period oktobar 2000 – april 2001, Sl. glasnik RS br. 60/2001
- [4] Radović-Janković B.: Priručnik za privatizaciju preduzeća u Republici Srbiji: privatizacija-pravni okvir sa komentarom zakonskih propisa, Beograd, CESMECON, 2001.
- [5] Realna stopa prinosa na ulaganje bez rizika za period oktobar 2001 - april 2002, Sl. Glasnik br. 60/2001
- [6] Stefanović V.: Pravna regulativa za procenu vrednosti kapitala – komparativna analiza, magistarska teza, Ekonomski fakultet, Beograd, 2002.
- [7] Uputstvo o načinu primene metoda za procenu vrednosti kapitala i načinu iskazivanja procenjene vrednosti, "Službeni glasnik RS" br. 51/97 i "Službeni glasnik RS" br. 57/01.
- [8] Uredba o metodologiji za procenu vrednosti kapitala i imovine, 'Službeni glasnik RS', broj 38/2001.
- [9] Uredba o izmenama i dopunama uredbe o metodologiji za procenu vrednosti kapitala i imovine, 'Službeni glasnik RS', broj 45/01, član 3.
- [10] Uredba o prodaji kapitala i imovine javnim tenderom, Sl. Glasnik RS, br. 45/2001.
- [11] Uredba o prodaji kapitala i imovine javnom aukcijom, Sl. Glasnik RS, br. 45/2001.
- [12] Zakon o privatizaciji, Sl. Glasnik RS, br. 38/2001.

- [13] Zakon o izmenama i dopunama zakona o privatizaciji, Sl. Glasnik RS, br. 18/2003
- [14] Zakon o Akcijskom fondu, Sl. Glasnik RS, br. 38/2001.
- [15] Zakon o Agenciji za privatizaciju, Sl. Glasnik RS, br. 38/2001.
- [16] Zakon o izmenama i dopunama Zakona o privatizaciji "Sl. Glasnik RS", BR.45/05.

UDK:657.31(045)=861

**ANALIZA OBRJNIH SREDSTAVA KAO DEO  
FINANSIJSKE ANALIZE**  
**CURRENT ASSETS ANALYSIS AS A PART OF  
FINANCIAL ANALYSIS**

Gordana Slavković  
Institut za rudarstvo i metalurgiju, Bor

**IZVOD**

*U ovom radu predstavljena je analiza obrtnih sredstava u funkciji donošenja finansijske ocene o preduzeću. Za valjano ocenjivanje koriste se poslovne knjige preduzeća u proteklom petogodišnjem periodu. Na osnovu analiziranja definišu se ključni pokazatelji analize: koeficijent obrta i struktura obrtnih sredstava.*

***Ključne reči:** finasijska analiza, obrtna sredstva, bilans uspeha, bilans stanja*

**ABSTRACT**

*Paper shows analysis of current assets as part of financial business evaluation. For valid evaluation are used business books in last five years. As result of analysis we define main points: coefficient of turn over (or turn over ratio) and structure of current assets.*

***Keywords:** financial analysis, current assets, profit & loss account, balance-sheet*

**UVOD**

Analiza finansijske strukture preduzeća predstavlja značajano sagledavanje u okviru analize boniteta preduzeća. Ocena stabilnosti preduzeća bazira se na analizi finansijske strukture. Od kvaliteta finansijske strukture dobrim delom zavisi kako će se preduzeće prilagoditi ukupnom okruženju na tržištu.

U ovom radu predstavljena je analiza obrtnih sredstava na hipotetičkom primeru »NN« preduzeća. Informacionu podlogu ove analize čine poslovne knjige tj. knjigovodstveni godišnji izveštaji - Bilans stanja i Bilans uspeha. U analiziranju se uglavnom (kako bi se stekla prava ocena) razmatra period proteklih pet godina poslovanja preduzeća.



## ANALIZA OBRJNIH SREDSTAVA

Informacionu podlogu ove analize čine podaci iz izveštaja: Bilans stanja i Bilans uspeha u proteklom petogodišnjem periodu – period koji omogućava da se stekne prava slika o poslovnim rezultatima i sredstvima preduzeća kako osnovnim tako i obrtnim.

**Tabela 1. Bilans stanja**

*u 000 dinara*

R.b	Godina	1	2	3	4	5
	Opis					
	I AKTIVA					
1.	Novčana sredstva	24984	21049	17578	19047	17903
2.	Potraživanja	50859	103038	102323	94098	105936
3.	Zalihe	164853	150851	156938	157687	197774
4.	OBRTNA SREDSTVA (1 do 3)	240696	274938	276839	270832	321613
5.	Osnovna sredstva	259177	309269	396661	277543	265295
6.	Dug.finans.ulaganja	1819	1517	1517	1517	1517
7.	STALNA SREDSTVA (5+6)	260996	310786	398178	279060	266812
8.	POSLOVNA SREDSTVA (4+7)	501692	585724	675017	549892	588425
9.	Vanposlovna sredstva	17159	25773	30441	0	0
10.	UKUPNA AKTIVA ( 8+9 )	518851	611497	705458	549892	588425
	II PASIVA					
11.	Kratkoročne obaveze	59067	94474	145412	170481	264923
12.	Dugoročne obaveze	6384	6384	6384	7702	7627
13.	Trajni kapital	436241	485174	523109	371709	315875
14.	STALNI IZVORI (12+13)	442625	491558	529493	379411	323502
15.	POSLOVNA PASIVA (11+14)	501692	586032	674905	549892	588425
16.	Vanposlovna pasiva	17159	25465	30553	0	0
17.	UKUPNA PASIVA (15+16)	518851	611497	705458	549892	588425

Iz prezentiranog Bilansa stanja sledi da obrtna sredstva predstavljaju deo poslovnih sredstava preduzeća i u ukupnoj aktivi zauzimaju značajno mesto učestvuju sa 44-56%.

**Tabela 2. Bilans uspeha***u 000 dinara*

R.b.	Godina	1	2	3	4	5
	Opis					
1.	Poslovni prihodi	225100	99511	101362	94176	185275
2.	Finansijski prihodi	8069	14203	434	6048	5415
3.	Vanredni prihodi	1362	6043	7230	41193	126
4.	UKUPAN PRIHOD (1 do 3)	234531	119757	109026	141417	190816
5.	Poslovni rashodi	225628	150054	157817	181051	227317
6.	Finansijski rashodi	14029	4772	24535	954	12711
7.	Vanredni rashodi	8542	2037	5449	2902	3511
8.	UKUPNI RASHODI (5 do 7)	248199	156863	187801	184907	243539
10.	BRUTO DOBIT –gubitak (4 - 8)	-13668	-37106	-78775	-43490	-52723

Bilans uspeha pokazuje da preduzeće ostvaruje gubitak svake godine.

Obrtna sredstva čine: novčana sredstva, potraživanja i zalihe.

Analiza obrtnih sredstava je od izuzetnog značaja za menadžment preduzeća. Prezentiraju su:

2.1. Koeficijent obrta obrtnih sredstava ili analiza brzine ciklusa obrta

2.2. Analiza strukture obrtnih sredstava

### 2.1. Koeficijent obrta obrtnih sredstava

**Tabela 3. Koeficijent obrta obrtnih sredstava***u 000 dinara*

R.b.	Godina	1	2	3	4	5
	Opis					
1.	Poslovni prihodi	225100	99511	101362	94176	185275
2.	Obrtna sredstva	240696	274938	276839	270832	321613
3.	<b>Racio (1/2)</b>	<b>0,94</b>	<b>0,36</b>	<b>0,37</b>	<b>0,35</b>	<b>0,58</b>

Odnos (racio) poslovnih prihoda i obrtnih sredstava u posmatranom periodu ukazuje na veoma nizak koeficijent obrta obrtnih sredstava tj. manji od 1. Ovo pokazuje loše poslovanje obrtnim sredstvima.

### 2.2. Analiza strukture obrtnih sredstava

Da bi se izvela ova analiza posmatraju se, pored obrtnih sredstava, i ukupna tj. poslovna sredstva.

**Tabela 4. Odnos obrtnih i poslovnih sredstava***u 000 dinara*

R.b.	Godina		1	2	3	4	5
	Opis						
1.	Obrtna sredstva		240696	274938	276839	270832	321613
2.	Poslovna sredstva		501692	585724	675017	549892	588425
3.	Racio (1/2)		<b>0,48</b>	<b>0,47</b>	<b>0,41</b>	<b>0,49</b>	<b>0,55</b>

Sagledavanjem udela obrtnih sredstava u poslovnim sredstvima dolazi se do objašnjenja niskog koeficijenta obrta i njegove dinamike tokom perioda.

**Tabela 5. Struktura obrtnih sredstava***u 000 dinara*

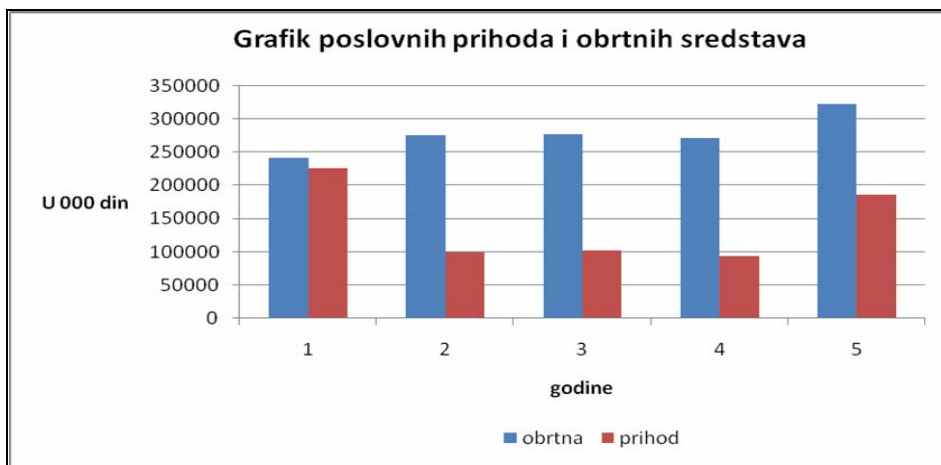
R.b.	Godina		1		2		3		4		5	
	Opis	Iznos	%	Iznos	%	Iznos	%	Iznos	%	Iznos	%	
1.	Novčana sredstva	24984	10	21049	8	17578	6	19047	7	17903	6	
2.	Potraživanja	50859	21	103038	37	102323	37	94098	35	105936	33	
3.	Zalihe	164853	69	150851	55	156938	57	157687	58	197774	61	
	Obrtna sredstva	240696	100	274938	100	276839	100	270832	100	321613	100	

Najlikvidniji deo obrtnih - sredstava novčana sredstva - imaju najmanji udeo u obrtnim sredstvima, a zalihe, kao nejelikvidniji deo, imaju najveći udeo u obrtnim sredstvima, što sve utiče na objašnjenje niskog koeficijenta obrta.

**Tabela 5. Odnos obrtnih sredstava i poslovnog prihoda***u 000 din.*

R.b.	Godina		1	2	3	4	5
	Opis						
1.	Obrtna sredstva		240696	274938	276839	270832	321613
2.	Poslovni prihodi		225100	99511	101362	94176	185275
3.	Racio (1/2)		<b>1,07</b>	<b>2,76</b>	<b>2,73</b>	<b>2,88</b>	<b>1,74</b>

Ovaj odnos pokazuje da su za ostvarenje poslovnih prihoda angažovana velika obrtna sredstva. U pojedinim godinama skoro tri puta veća nego što je ostvaren poslovni prihod. Ovaj pokazatelj govori o nepovoljnom iznosu angažovanja obrtnih sredstava za ostvarenje prihoda.



*Slika 1. Odnos poslovnih prihoda i obrtnih sredstava*

Na osnovu poslovnih podataka sledi za preduzeće »NN« sledeće:

- Odnos (ratio) poslovnih prihoda i obrtnih sredstava u posmatranom periodu ukazuje na veoma nizak koeficijent obrta obrtnih sredstava tj. manji od 1. Ovo pokazuje loše poslovanje obrtnim sredstvima.
- Sagledavanjem udela obrtnih sredstava u poslovnim sredstvima dolazi se do objašnjenja niskog koeficijenta obrta i njegove dinamike tokom perioda.

## ZAKLJUČAK

Analizom obrtnih sredstava dobijaju se značajni pokazatelji strukture sredstava preduzeća i izvode se ocene o brzini ciklusa ili obrta obrtnih sredstava, kao i o njihovoj strukturi. Za rukovodstvo preduzeća ovi pokazatelji su vrlo bitni, naravno zajedno sa ostalim pokazateljima finansijske strukture preduzeća. Periodičnom analizom treba da se utiče na njihovo poboljšanje koliko god je moguće u ukupnom privrednom okruženju. Ove ocene čine deo boniteta preduzeća i važne su i za nove investitore, kao i za banke. Analiza se prezentira i u sklopu izveštaja o proceni vrednosti kapitala.

**LITERATURA:**

- [1] L. Vera, P. Vladimir, V. Aleksandar: „Procena vrednosti kapitala, metodologija i primeri”, Ekonomski institut, Beograd, 1997.
- [2] J.Kornbluth: „Linear programming in financial planning, accountancy age books”, London 1979.
- [3] B. Mile, S. Gordana: "Tehno-ekonomska ocena", Bor, 2006.

UDK:622.272:622.4(045)=861

**ZAMENA KOMPRESORA ZA SNABDEVANJE  
KOMPRIMOVANIM VAZDUHOM POGONA JAMA  
FABRIČKE OZNAKE ZR-8B ( N = 1600 kW )**

**THE REPLACEMENT OF COMPRESSOR FOR COMPRESSED  
AIR SUPPLY OF PIT FACILITIES WITH TRADEMARK  
ZR - 8B (N=1600 kW)**

Zoran Ilić, Mr Bojan Drobnjaković, Branislav Rajković  
Institut za rudarstvo i metalurgiju, Bor

**IZVOD**

*Zbog smanjene jamske proizvodnje, nestabilnog rada kompresora (fabričke oznake ZR-8B ukupno instalisane snage  $N = 1600$  (kW), kao i velike potrošnje električne energije potrebno ga je zameniti proračunatim i usvojenim kompresorima manjih snaga i locirati ih na Servisnom i Izvoznom oknu, a koji su obuhvaćeni u G. R. P.*

*S tim u vezi potrebno je sagledati stvarne i potencijalne potrebe za komprimovanim vazduhom, sračunati i definisati neophodne snage kompresora, valjano izabrati kompresor, (tip renome proizvođača, mogućnost nabavke, servisa, zamene rezervnih delova, rok isporuke itd.), pri tom vodeći računa o odnosu kvalitet opreme i cena.*

**Ključne reči:** kompresor, komprimovani vazduh

**ABSTRACT**

*Due to the reduced pit production, unstable operation of compressor with trademark ZR-8B with total power installed  $N=1600$  (kW), as well as high consumption of electrical energy, it is necessary to replace it with calculated and adopted pair of compressors of less powers and to locate them on service and outcome shafts, what was encompassed by Additional Mining Project.*

*Relative to this it is necessary to consider real and potential requirements for compressed air, to calculate and define indispensable compressor powers, to make appropriate selection of compressors (compressor type, renown of manufacturer, possibility of provision, service and replacement of spare parts, term of delivery etc.), nevertheless minding about the relation of equipment quality and price.*

**Key words:** compressor, compressed air

## UVOD

Smanjena jamska proizvodnja, nestabilan rad kompresora (fabričke oznake ZR-8B ukupno instalisane snage  $N = 1600$  (kW) kao i velika potrošnja električne energije iziskuje njegovu zamenu novim kompresorom manje snage. U ovom slučaju proračunata su i usvojena dva odgovarajuća kompresora manjih snaga i gabarita radi lakšeg transporta od mesta distributera ove vrste opreme do kompresorskih podstanica na Novom servisnom i Izvoznom oknu "Inž. Šistek". Oba su povezana u zajedničku mrežu i preko svojih sudova za akumulaciju pritiska konstantno ga održavaju u rasponu od pet do šest bara.

Vazduh na povišenom pritisku sam po sebi ne predstavlja zapaljiv gas, nije eksplozivan i ne izaziva paljenje, te zbog toga instalacija komprimovanog vazduha ne podleže rigoroznim sigurnosnim merama. Međutim, vazduh pod pritiskom može da izazove pucanje i eksploziju cevi, armature ili rezervoara, čime može, na mehanički način, da dođe do oštećenja postrojenja ili povređivanja ljudi u neposrednoj blizini. Mere za prevazilaženje opasnosti i štetnosti zasnivaju se na: pravilnom izboru materijala, dimenzijama opreme za ugradnju, propisnom postavljanju sigurnosno merno-regulacione opreme, kao i na obučenosti kadrova za rukovanje i njeno održavanje.

Na bazi toga neophodno je utvrditi stvarne i potencijalne potrebe za komprimovanim vazduhom, definisati neophodne snage kompresora, valjano izabrati kompresor, (tip kompresora, renomirani proizvođač, mogućnost nabavke, servisa, zamene dotrajalih delova, rok isporuke itd.), ugradne i transportne gabarite, garantni rok i cenu. Sve ovo i zbog toga što se ovakva vrsta opreme ne proizvodi na našim prostorima.

Ukupna potrošnja komprimovanog vazduha u pogonu Jama data je tabelom 1.

**Tabela 1. Potrošači komprimiranog vazduha**

<b>SERVISNO OKNO</b>	Kapacitet	Kom.	Zbirni kapacitet
PHB oprema	2 m <sup>3</sup> /min	3	6 m <sup>3</sup> /min
Pneumatski granik	6 m <sup>3</sup> /min	1	6 m <sup>3</sup> /min
<b>R.t. Brezanik</b>			
Hidraulični minimatik	2 m <sup>3</sup> /min	2	4 m <sup>3</sup> /min
Bušaći čekić	5 m <sup>3</sup> /min	1	5 m <sup>3</sup> /min
Točište RO3	2 m <sup>3</sup> /min	1	2 m <sup>3</sup> /min
Točište XVII RO4	2 m <sup>3</sup> /min	1	2 m <sup>3</sup> /min
Spirokret	9 m <sup>3</sup> /min	1	9 m <sup>3</sup> /min
<b>Svega servisno okno</b>			<b>36 m<sup>3</sup>/min</b>

<b>IZVOZNO OKNO</b>			
Cilindri za otvaranje skipa	2 m <sup>3</sup> /min	1	2 m <sup>3</sup> /min
Cilindri za zatvaranje skipa	2 m <sup>3</sup> /min	1	2 m <sup>3</sup> /min
Granik	6 m <sup>3</sup> /min	1	6 m <sup>3</sup> /min
Cavo 310	8 m <sup>3</sup> /min	1	8 m <sup>3</sup> /min
LM 56	6 m <sup>3</sup> /min	1	6 m <sup>3</sup> /min
Duvaljke ¾''	2 m <sup>3</sup> /min	4	8 m <sup>3</sup> /min
<i>Svega izvozno okno</i>			<b>32 m<sup>3</sup>/min</b>
<i>Ukupno</i>			<b>68 m<sup>3</sup>/min</b>

Razvod komprimovanog vazduha dat je šematskim prikazom na Sl.1.

## STATIČKI PRORAČUN

### 1. Prečnik cevovoda komprimovanog vazduha (Izvozno okno)

**DEONICA 1** – od mesta priključka u kompresor do rezervoara komprimovanog vazduha

Podaci za proračun:

- količina komprimovanog vazduha       $q_0 = 32 \text{ m}^3/\text{min}$
- pritisak na početku deonice             $P_1 = 6 \text{ bara}$
- dužina deonice                               $L_1 = 5 \text{ m}$

#### 1.1.1 Gustina vazduha

$$\rho_0 = P_0/R \cdot T_0 = 101.325/287 \cdot 288 = 1,226 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_1 = P_1/R T_1 = 600.000/287 \cdot 298 = 7,015 \text{ kg/m}^3$$

#### 1.1.2 Količina protoka pri radnom pritisku $P_1 = 6 \text{ bara}$

$$q_1 = \rho_0 q_0 / 60 \rho_1 = 1,226 \cdot 32 / 60 \cdot 7,015 = 0,093 \text{ m}^3/\text{s}$$

#### 1.1.3 Prečnik cevi pri optimalnoj brzini vazduha na izlazu iz kompr. $v = 15 \text{ m/s}$

$$d = (4 \cdot q_1 / v \cdot \pi)^{1/2} = (4 \cdot 0,093 / 15 \cdot 3,14)^{1/2} = 0,088 \text{ m} \approx 100 \text{ mm}$$

Usvajaju se cevi od Č.0361 DN 100 (Ø108 x 4,5 mm) pri čemu unutrašnji prečnik iznosi  $d_n = 108 - 2 \times 4,5 = 99 \text{ mm}$

#### 1.1.4 Stvarna brzina protoka vazduha

$$v = q_1 / A = 0,093 / 0,0077 = 12,07 \text{ m/s}$$



### 1.1.5 Kako je koeficijent kinematske viskoznosti vazduha na 25 °C i na pritisku od 8,5 bara:

$$\nu = \mu / \rho_1 = 18,4 \cdot 106 / 7,015 = 2,62 \cdot 106 \text{ m}^2/\text{s} \text{ to je:}$$

$$Re = \nu \cdot d / \nu = 12,07 \cdot 0,10 / 2,62 \cdot 106 = 4,6 \cdot 107$$

Ovoj vrednosti Re broja i relativnoj hrapavosti  $\delta = k / D = 0,0003$  odgovara  $\lambda = 0,015$

Gde je apsolutna hrapavost  $k=0,03$

## 2. Pad pritiska u cevovodu

### 2.1.1. Pad pritiska u cevovodu od kompresora do krajnjeg potrošača na k-235

$$\begin{aligned} \Delta p &= (\lambda \cdot L_c / d_n + \sum \xi_c) (\rho_1 \cdot \nu^2) / 2 = \\ &= \left\{ 0,015 \frac{2030}{99 \cdot 10^{-3}} + 14 \right\} \cdot \frac{7,015 \cdot 12,07^2}{2} \end{aligned}$$

$$\Delta p = 164321 \text{ Pa} = 1,64 \text{ bar}$$

Gde su ukupni lokalni otpori  $\sum \xi_c = 14$

Zbirna dužina cevovoda  $L = 2030$  m prema Sl. 1 razvoda komprimovanog vazduha

## 3. Snaga kompresora

### 3.1.1. Potrebna snaga kompresora

Napomena  $p_0 = 1,013$  bara, ali se u inženjerskim proračunima uzima da je  $p_0 \approx 1$  bar,

$p_1 = p_0 + p_m = 1 + 6 = 7$  bar – pritisak kompresora i  $T = 70 + 273 = 343$  K  
gustina vazduha za  $p = 11$  bar i  $T = 343$  K iznosi:

$$\rho = \frac{p}{RT} = \frac{7 \cdot 10^5}{287 \cdot (70 + 273)} = 7,11 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Maseni protok vazduha je:

$$m = \rho \cdot V = 7,11 \cdot 0,093 = 0,6612 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Napor kompresora iznosi:

$$Y_{komp} = \frac{\Delta p}{\rho} = \frac{6 \cdot 10^5}{7,11} = 84388,18 \frac{J}{kg}$$

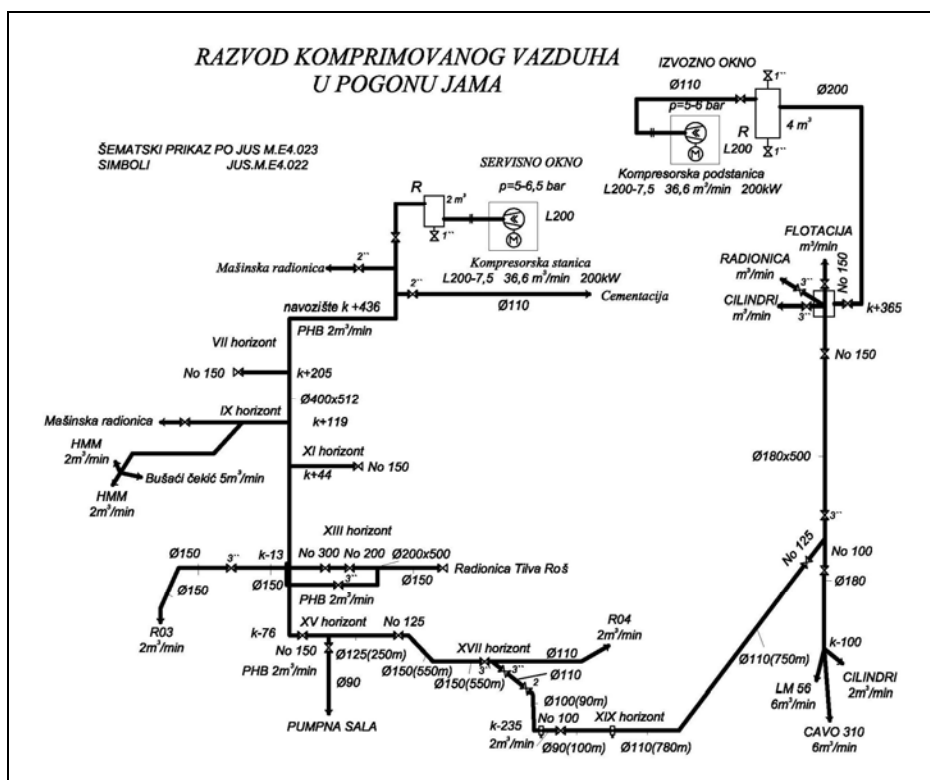
Snaga motora za kompresore:

$$P = \frac{Y_{komp} \cdot \dot{m}}{10^3 \cdot \eta} = \frac{84388,18 \cdot 0,6612}{10^3 \cdot 0,66} = 84,54 kW$$

Gde je  $\eta = 0,66$  stepen korisnosti kompresora

Potrebna snaga elektromotora uvećana za 50-75% zbog mogućeg preopterećenja je:

$$P_p = 1,75 \cdot P = 1,75 \cdot 84,54 = 147,945 kW$$



## PRIKAZ REZULTATA

Usvojena su dva vijčana kompresora (fab.oznake L200 -7,5) ukupne instalisane snage  $N=2 \times 200$  kW, sledećih tehničkih karakteristika:

- pogon: **elektromotorni**
- nazivni napon: **400 V**
- snaga motora: **200 kW**
- vrsta izrade: **vijčani**
- br.stepena kompresije: **JEDNOSTEPENI**
- radna zapremina: **36,6 m<sup>3</sup>/min**
- br. obrtaja E. M.  **$n = 1400 \text{ min}^{-1}$**
- nominalni pritisak:  **$p = 7,5 \text{ bara}$**
- pogon ventilator za hlađenje kompresora: nezavisni E.M.  $2 \times 3$  kW

Vazduh koji se usisava, prethodno se pročisti od mehaničkih nečistoća u (uljnom filtru-prečištaču, a zatim prolazi kroz metalni uložak gde se oslobađa zaostalih čestica i tako ide u kompresor. Ovako prečišćen vazduh sabija se u kompresoru na nominalni pritisak od 7,5 bara. Vazdušni pritisak je regulisan pomoću regulatora na 5 - 6 bara.

Pored regulatora pritiska, ugrađen je i ventil sigurnosti čiji je zadatak da se prinudno otvori i deo vazduha ispusti u slučaju da naiđe veći pritisak od nominalnog.

Instalacija kompresora sa motorom za pokretanje, ventilatorom za hlađenje i ostalom pripadajućom armaturom smeštena je u limenom kućištu gabarita (2800 x 1920 x 2073) mm i pozicionirano na zasebnom čvrstom temelju.

Kompresor je snabdeven i tzv. "automatom" čiji je zadatak da se sam automatski uključuje kada pritisak vazduha padne ispod 5 bara, odnosno isključuje kada taj pritisak poraste iznad nominalnog.

## ZAKLJUČAK

Racionalizacijom i inoviranjem postojeći kompresor fabričke oznake ZR – 8B i usvajanjem dva vijčana kompresora fabričke oznake L200 – 75 ukupno instalisane snage  $N=400$  kW i odgovarajućih tehničkih karakteristika smanjuje se ukupna potrošnja električne energije za oko 28800 (kWh) dnevno, ako računamo da oba kompresora rade puna 24 h u toku dana. Što na godišnjem nivou iznosi 10.512.000 (kWh). U svakom slučaju nimalo beznačajan faktor, imajući u vidu svetsku ekonomsku krizu i racionalnu potrošnju energije.

Takođe, svi ostali parametri: količina distribuiranog vazduha i radni pritisak ostaju u potrebnom opsegu.

### LITERATURA

- [1] Institut za bakar - Bor: Glavni rudarski projekat – Eksploatacije rude bakra u jami Bor do K-235m
- [2] Milovan Antunović Kobiliška: Opšti rudarski radovi.Građevinska knjiga, Beograd
- [3] Martin Bogner: Projektovanje termotehničkih i procesnih sistema, Beograd 1998. god.
- [4] Milun J. Babić: Zbirka rešenih zadataka iz turbomašina, Beograd 1990 god.
- [5] Miloš Anđelković: Priručnik za projektovanje pumpnih postrojenja, Niš, 1995. god.
- [6] D.Vitas-M.Trbojevi: Mašinski elementi I, Naučna knjiga, Beograd, 1971. god.
- [7] D.Vitas-M.Trbojevi: Mašinski elementi II, Naučna knjiga, Beograd, 1970. god.
- [8] S.Veriga: Mašinski elementi I, Mašinski fakultet, Beograd, 1973. god.
- [9] B.Kraut: Strojarski priručnik, Tehnička knjiga, Zagreb, 1982. god.
- [10] E.F.Gobel, Dr Ing: Rubber Sprinas Desing, A.Halsted Press Book, New York, 1974. god.
- [11] M.Bogner i dr: Zbirka propisa u mašinstvu I, Građevinska knjiga, Beograd, 1983. god.
- [12] M.Bogner i dr: Zbirka propisa u mašinstvu II, Građevinska knjiga, Beograd, 1984. god.
- [13] TMP.IS.Za snabdevanje komprimovanim vazduhom pogona Jama
- [14] JUS-Standardi:JUSB.M2.140;

## UPUTSTVO AUTORIMA

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

### Standardi za pripremu rada

*Obim i font.* Rad treba raditi u Microsoft Wordu novije verzije, fontom Times New Roman veličine 12 sa razmakom 1,5 reda. Preporučuje se da celokupni rukopis ne bude manji od 5 strana i ne veći od 10 strana.

*Naslov rada.* Iznad naslova rada piše se ime (imena) autora i institucija (institucije) u kojoj radi (rade). Ne preporučuje se da na radu budu više od tri autora. Uz ime prvog autora treba staviti fusnotu koja sadrži elektronsku adresu autora. Ukoliko rad potiče iz doktorske ili magistarske teze u fusnoti treba da stoji i naziv teze, mesto i fakultet na kojem je odbranjena. Za radove koji potiču iz istraživačkih projekata treba navesti naziv i broj projekta, finansijera i instituciju u kojoj se realizuje.

*Izvod.* Izvod dužine 150-300 reči nalazi se na početku rada i sadrži cilj rada, primenjene metode, glavne rezultate i zaključke.

*Ključne reči.* Ključne reči se navode iza rezimea. Treba da ih bude minimalno 3, a maksimalno 6.

*Naslov rada, izvod i ključne reči* treba da budu prevedeni na engleski jezik.

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

*Reference u tekstu.* Imena stranih autora u tekstu se navode u originalu ili u srpskoj transkripciji, fonetskim pisanjem prezimena, a zatim se u zagradi navodi izvorno, uz godinu publikovanja rada, npr. Miler (Miller, 1957). Kada su dva autora rada, navode se prezimena oba, dok se u slučaju većeg broja autora navodi prezime prvog i skraćenica "i sar." ili "et al."

*Citati.* Svaki citat, bez obzira na dužinu, treba da prati referenca sa brojem strane. Za svaki citat duži od 350 znakova autor mora da ima i da priloži pismeno odobrenje vlasnika autorskih prava.

*Spisak literature.* Na kraju teksta treba priložiti spisak literature koja je navođena u tekstu. Bibliografska jedinica knjige treba da sadrži prezime i inicijale imena autora, godinu izdanja, naslov knjige (kurzivom), mesto izdanja i izdavača, npr:

*Poglavlje* u knjizi navodi se na sledeći način:

[1] Willis B. A.: Mineral Processing Technology, Oxford, Pergamon Press (1979), str. 35.

Članak u časopisu navodi se na sledeći način: autor, godina izdanja (u zagradi), naslov članka, puno ime časopisa (kurzivom), volumen (boldovan), broj i stranice npr:

[2] Milošević N., Ristić M.. (2001): Kinetika procesa adsorpcije jona bakra iz otpadnih voda jame na jonoizmenjivaču Amberlit IR-120, Časopis Bakar, Bor, 26, 1, str. 113-118.

Web dokument: ime autora, godina, naziv dokumenta (kurzivom), datum kada je sajt posećen, internet adresa sajta, npr:

Degelman, D. (2000). APA Style Essentialis. Retrieved May 18, 2000. from WWW: <http://www.vanguard.edu/psychology/apa.pdf>

Kada se isti autor navodi više puta poštuje se redosled godina u kojima su radovi publikovani. Ukoliko se navodi veći broj radova istog autora publikovanih u istoj godini, radovi treba da budu označeni slovima uz godinu izdanja npr. 1999a, 1999b...

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

*Slike i tabele.* Svaka ilustracija i tabela mora biti razumljiva i bez čitanja teksta, odnosno, mora imati redni broj, naslov i legendu (objašnjenja oznaka, šifara i skraćenica).

Adresa redakcije je: **Časopis INOVACIJE I RAZVOJ**

**Institut za rudarstvo i metalurgiju,**

**Naučnotehnoška informatika,**

**Zeleni bulevar 35, 19210 Bor**

E-mail: **[nti@irmbor.co.rs](mailto:nti@irmbor.co.rs)**

Radovi se šalju elektronskom poštom ili u drugom elektronskom obliku, kao i na PTT adrese.

Za obaveštenja koristiti telephone: 030/454-104; 030/435-198

*Svim autorima se zahvaljujemo na saradnji.*

**SADRŽAJ**  
CONTENS

M. Mikić, D. Kržanović, M. Jovanović <b>SUZBIJANJE STVARANJA I PODIZANJA PRAŠINE NA POVRŠINSKIM KOPOVIMA PRI KAMIONSKOM TRANSPORTU</b> SUPPRESSION OF CREATING AND RAISING THE DUST WITH DUMPER TRANSPORTATION OF EXCAVATION AT THE OPEN PITS.....	3
Z. Ilić, Lj. Janošević, B. Rajković, S. Stanković <b>DEFINISANJE GASNE CENTRALE SA RAZVODNOM MREŽOM ZA SNABDEVANJE VODONIKOM UREĐAJA ZA SEČENJE METALA „PLAZMA” POSTUPKOM U POGONU FABRIKE OPREME I DELOVA U BORU</b> THE DETERMINATION OF GASEOUS STATION WITH DISTRIBUTIVE NETWORK FOR HYDROGEN SUPPLY OF DEVICE FOR METAL CUTTING BY “PLASMA” PROCEDURE AT THE FACILITIES OF THE FACTORY OF PARTS AND EQUIPMENT IN BOR .....	15
M. Petrović, D. Kalaba <b>ODREĐIVANJE SILE RAZARANJA BLOKA STENE PRIMENOM NUMERIČKIH METODA</b> DETERMINATION OF DESTRUCTION FORCE FOR BLOCK-STONE BY APPLYING NUMERICAL METHOD.....	27
V. Marjanović, <b>UTICAJ GRANULOMETRIJSKOG SASTAVA NA VLAŽNOST DEFINITIVNOG KONCENTRATA BAKRA IZ POGONA FLOTACIJA „V. KRIVELJ“</b> INLUENCE OF GRAIN-SIZE DISTRIBUTION ON MOISTURE CONTENT CLEANED CONCENTRATE CU FROM PLANT „V. KRIVELJ“ .....	37
S. Krstić, M. Ignjatović, V. Ljubojev, D. Ignjatović <b>ULJNI ŠKRILJACI SELA VLAŠKO POLJE I ULJNI ŠKRILJACI U ALEKSINAČKOM POVRŠINSKOM KOPU</b> OIL SHALES NEAR VILAGE VLAŠKO POLJE AND OIL SHALES OPEN CAST MINE .....	45
M. Ljubojev, Z. Stojanović, D. Mitić, D. Ignjatović <b>PREDLOG NAČINA IZRADE NOVOG TUNELA KRIVELJSKE REKE</b> PROPOSITION FOR PRODUKTION WAY OF NEW KRIVELJ ’S RIVER TUNNEL .....	51
V. Ščekić <b>ULOGA LOGISTIKE U LANCU SNABDEVANJA MATERIJALOM</b> THE ROLE OF LOGISTICS IN THE SUPPLY CHAIN FOR THE PROVISION OF A PRODUCTION MATERIAL .....	61

B. Rajković, V. Marjanović, Z. Ilić

**ODREĐIVANJE TEORIJSKE KRIVE FRAKCIONE EFIKASNOSTI I  
TOTALNOG STEPENA IZDVAJANJA CIKLONA POSTROJENJA ZA  
OTPRAŠIVANJE KAMENOLOMA „VELIKI KRIVELJ”**

THE DETERMINATION OF FRACTIONAL EFFICIENCY THEORETICAL  
CURVE AND TOTAL EXTRACTION DEGREE OF CYCLONE AT  
DUST EXTRACTION FACILITY OF „VELIKI KRIVELJ” QUARRY ..... 71

A. Ivanović

**KVALITET – KLJUČ USPEHA**

QUALITY – KEY OF SUCCESS..... 85

G. Slavković

**DISKONTOVANJE NOVČANOG TOKA KAO METODA PROCENE  
VREDNOSTI U REPUBLICI SRBIJI I RAZVIJENIM ZEMLJMA**

THE METHOD OF DISCOUNTING CASH FLOW IN BUSINESS  
VALUATION IN REPUBLIC SERBIA AND DEVELOPED COUNTRIES ..... 89

G. Slavković

**ANALIZA OBRJNIH SREDSTAVA KAO DEO FINANSIJSKE ANALIZE**

CURRENT ASSETS ANALYSIS AS A PART OF FINANCIAL ANALYSIS..... 97

Z. Ilić, B. Drobnjaković, B. Rajković

**KOMPRIMOVANIM VAZDUHOM POGONA JAMA  
FABRIČKE OZNAKE ZR-8B ( N = 1600 kW )**

THE REPLACEMENT OF COMPRESSOR FOR COMPRESSED AIR  
SUPPLY OF PIT FACILITIES WITH TRADEMARK ZR-8B (N=1600KW) ..... 103



**Izdavač:**

Institut za rudarstvo i metalurgiju, Bor  
Naučnotehnoška informatika

**Za izdavača imenuje se:**

Prof. dr Vlastimir Trujić

**Redakcioni odbor:**

Prof. dr Čedomir Knežević,  
„Metali 92“, doo Beograd

Prof. dr Dančo Davčev,  
Univerzitet Ćirilo i Metodije,  
Elektrotehnički fakultet, Kapros II,  
Skoplje, Makedonija

Prof dr Miroslav Ignjatović,  
Institut za rudarstvo i metalurgiju, Bor

Dr Dragan Milivojević,  
Institut za rudarstvo i metalurgiju, Bor

Mr Dušan Radivojević,  
Institut za rudarstvo i metalurgiju, Bor

Mira Antić, dipl.ecc.,  
RTB Bor grupa

**Izdavački odbor:**

Blaža Lekovski, dipl.inž.,  
Topionica i rafinacija bakra Bor

Nebojša Bučan, dipl. inž.,  
RTB Bor grupa

Dragoljub Cvetković, dipl. inž., ATB FOD

Mr Bojan Drobňjaković, dipl. inž.,  
Institut za rudarstvo i metalurgiju, Bor

**Glavni i odgovorni urednik:**

Dr Mile Bugarin

**Zamenik glavnog i odgovornog urednika**

Đorđe Stanković, dipl. inž.

**Urednik:**

Vesna Marjanović, dipl.inž.

**Lektor:**

Ljubiša Aleksić, prof.

**Priprema za štampu:**

Institut za rudarstvo i metalurgiju  
Ljiljana Mesarec, teh.

**Adresa redakcije:**

Institut za rudarstvo i metalurgiju  
19210 Bor  
Zeleni bulevar 35  
Telefoni: 030/435-198  
Fax: 030/435-175  
E-mail: nti@irmbor.co.rs

**Štampa:**

Grafomed trade Bor

**Tiraž:** 100 primeraka

**Publisher:**

Mining and Metallurgy Institute, Bor  
Scientific-tehnological Informatics

**For Publisher:**

Prof. D. Sc. Vlastimir Trujić

**Editorial Board:**

Prof. D. Sc. Čedomir Knežević,  
“Metals 92”, doo Beograd

Prof. D. Sc. Dančo Davčev,  
University ss Cyril and Methodius,  
Faculty of Electrical Engineering,  
Karpos II, Skopje, Macedonia

Prof. D. Sc. Miroslav Ignjatović,  
Mining and Metallurgy Institute, Bor

D. Sc. Dragan Milivojević,  
Mining and Metallurgy Institute, Bor

M. Sc. Dušan Radivojević,  
Mining and Metallurgy Institute, Bor

Mira Antić, B. Sc.Econ.,  
Copper Mining and Smelting Complex Bor

**Publishing Board:**

Blaža Lekovski, B. Eng.,  
TIR-Smelter and Refinery

Nebojša Bučan, B. Eng.,  
Copper Mining and Smelting Complex Bor

Dragoljub Cvetković, B. Eng., ATB FOD

M. Sc. Bojan Drobňjaković,  
Mining and Metallurgy Institute, Bor

**Editor in-chief**

D. Sc. Mile Bugarin

**Deputy Editor-in-chief**

Đorđe Stanković, B.Eng.

**Editor:**

Vesna Marjanović, B. Eng.

**Proofreading:**

Ljubiša Aleksić, prof.

**Printed in:**

Mining and Metallurgy Institute, Bor  
Ljiljana Mesarec

**Editorial Office Address:**

Mining and Metallurgy Institute  
19210 Bor,  
35 Zeleni bulevar  
Phone: 030/435-198  
Fax: 030/435-175  
E-mail: nti@irmbor.co.rs

**Printing:**

Grafomed trade Bor

**Circulation:** 100 copies