

**PROJEKAT TR 33023:**

**RAZVOJ TEHNOLOGIJA FLOTACIJSKE PRERADE RUDE BAKRA I PLEMENITIH  
METALA RADI POSTIZANJA BOLJIH TEHNOLOŠKIH REZULTATA**

## **TEHNIČKO REŠENJE**

**M-82**

**IMPLEMENTACIJA NOVE LINIJE OSNOVNOG FLOTIRANJA MINERALA  
BAKRA IZ LEŽIŠTA "CEROVO" U FLOTACIJI VELIKI KRIVELJ**

**Autori rešenja:**

mr Ivana Jovanović, dipl. inž.rud. – IRM Bor

Sanja Petrović, dipl. inž.rud. – IRM Bor

dr Dragan Milanović, dipl. inž. rud. – IRM Bor

mr Bojan Drobnjaković, dipl. inž. maš. – IRM Bor

Miomir Mikić, dipl. inž. rud. – IRM Bor

mr Daniela Urošević, dipl. inž. rud. – IRM Bor

Lidija Đurđevac-Ignjatović, dipl. inž. rud. – IRM Bor

Bor, 2015. god.



Datum: 03.07.2015. god.

## Naučnom veću Instituta za rudarstvo i metalurgiju Bor

**Predmet:** Pokretanje postupka za validaciju i verifikaciju tehničkog rešenja

Prema Pravilniku o postupku i načinu vrednovanja i kvantitativnom iskazivanju naučno-istraživačkih rezultata istraživača („Službeni glasnik RS”, br. 38/2008) obraćam se Naučnom veću Instituta za rudarstvo i metalurgiju u Boru sa molbom da pokrene postupak za validaciju i verifikaciju tehničkog rešenja M-82 (Nova proizvodna linija) pod nazivom:

### IMPLEMENTACIJA NOVE LINIJE OSNOVNOG FLOTIRANJA MINERALA BAKRA IZ LEŽIŠTA "CEROVO" U FLOTACIJI VELIKI KRIVELJ

Autori rešenja:

mr Ivana Jovanović, dipl. inž.rud. – IRM Bor  
Sanja Petrović, dipl. inž.rud. – IRM Bor  
dr Dragan Milanović, dipl. inž. rud. – IRM Bor  
mr Bojan Drobnjaković, dipl. inž. maš. – IRM Bor  
Miomir Mikić, dipl. inž. rud. – IRM Bor  
mr Daniela Urošević, dipl. inž. rud. – IRM Bor  
Lidija Đurđevac-Ignjatović, dipl. inž. rud. – IRM Bor

Predloženo tehničko rešenje je rezultat realizacije projekta TR 33023 u oblasti rudarstva i energetike, period 2011-2015.

Za recenzente predlažem:

1. Prof. dr Igor Miljanović, vanr. prof. Rudarsko-geološkog fakulteta u Beogradu
2. dr Vladan Milošević, viši naučni saradnik; Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Beograd

Saglasan rukovodilac Projekta TR 33023

dr Dragan Milanović, dipl. inž. rudarstva

Podnosilac zahteva

Sanja Petrović, dipl. inž. rudarstva



**ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО  
И МЕТАЛУРГИЈУ БОР**

**НАУЧНО ВЕЋЕ**

**Број: XXVIII/6.**

**Од 14.08.2015. године**

На основу Правилника о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача, прилог 2 (Сл.гласник РС бр.38/2008), Научно веће је на XXVIII-ој седници одржаној дана 14.08.2015. године донело:

**ОДЛУКУ**

*о покретању поступка за валидацијом и верификацијом  
техничког решења и именовању рецензената*

**I**

На захтев Иване Јовановић, истраживача сарадника Института за рударство и металургију у Бору, Научно веће је покренуло поступак за валидацијом и верификацијом техничког решења под називом „Импелементација нове линије основног флотирања минерала бакра из лежишта „Церово“ у флотацији Велики Кривељ“ и донело Одлуку о именовању следећих рецензената за давање мишљења о наведеном техничком решењу:

1. др Игор Миљановић, ванредни професор Рударско-геолошког факултета Београд
2. др Владан Милошевић, виши научни сарадник ИТМНС Београд



**ПРЕДСЕДНИК НАУЧНОГ ВЕЋА**

*Миланко Љубојевић*  
**Др Миланко Љубојевић, дипл.инж.руд.**  
**Научни саветник**

**PROJEKAT TR 33023:**

RAZVOJ TEHNOLOGIJA FLOTACIJSKE PRERADE RUDE BAKRA I PLEMENITIH  
METALA RADI POSTIZANJA BOLJIH TEHNOLOŠKIH REZULTATA

**TEHNIČKO REŠENJE**

**M-82**

**IMPLEMENTACIJA NOVE LINIJE OSNOVNOG FLOTIRANJA MINERALA  
BAKRA IZ LEŽIŠTA "CEROVO" U FLOTACIJI VELIKI KRIVELJ**

**Autori rešenja:**

mr Ivana Jovanović, dipl. inž.rud. – IRM Bor

Sanja Petrović, dipl. inž.rud. – IRM Bor

dr Dragan Milanović, dipl. inž. rud. – IRM Bor

mr Bojan Drobnjaković, dipl. inž. maš. – IRM Bor

Miomir Mikić, dipl. inž. rud. – IRM Bor

mr Daniela Urošević, dipl. inž. rud. – IRM Bor

Lidija Đurđevac-Ignjatović, dipl. inž. rud. – IRM Bor

Bor, 2015. god.



## Sadržaj

<b>1. OPŠTI DEO</b>	<b>3</b>
1.1. Osnovni podaci o tehničkom rešenju	3
1.2. Problem koji se tehničkim rešenjem rešava	4
1.3. Opis tehnološkog postupka prerade rude rudnika "Cerovo" u flotaciji Veliki Krivelj	5
<b>2. DETALJAN OPIS TEHNIČKOG REŠENJA</b>	<b>5</b>
2.1. Uvodne napomene	5
2.2. Opis tehnološkog procesa osnovnog flotiranja minerala bakra rude rudnika "Cerovo"	6
2.3. Potreba za uvođenjem novih RCS flotacijskih mašina u proces	7
2.4. Zajedničko prečišćavanje osnovnog koncentrata bakra rude rudnika "Veliki Krivelj" i rude rudnika "Cerovo"	9
2.4.1. Domeljavanje osnovnog koncentrata bakra	9
2.4.2. I prečišćavanje koncentrata bakra	9
2.4.3. II prečišćavanje koncentrata bakra	10
2.4.4. III prečišćavanje koncentrata bakra	11
2.4.5. Odvodnjavanje koncentrata bakra	11
<b>ZAKLJUČAK</b>	<b>12</b>
<b>LITERATURA</b>	<b>12</b>

**GRUPA M80: TEHNIČKA I RAZVOJNA REŠENJA**  
**KATEGORIJA M82: NOVA PROIZVODNA LINIJA UVEDENA U PROIZVODNJU**

**Predloženo Tehničko rešenje je obrađeno na ukupno 13 strana uključujući naslovne strane sa sledećim sadržajem:**

**1. OPŠTI DEO**

**1.1. Osnovni podaci o tehničkom rešenju**

• **Autori rešenja/Ustanova:**

mr Ivana Jovanović, dipl. inž. rud. – IRM Bor  
Sanja Petrović, dipl. inž. rud. – IRM Bor  
dr Dragan Milanović, dipl. inž. rud. – IRM Bor  
mr Bojan Drobnjaković, dipl. inž. maš. – IRM Bor  
Miomir Mikić, dipl. inž. rud. – IRM Bor  
mr Daniela Urošević, dipl. inž. rud. – IRM Bor  
Lidija Đurđevac-Ignjatović, dipl. inž. rud. – IRM Bor

• **Naziv i evidencioni broj projekta sa brojem aktivnosti, u kome je ostvaren rezultat iz kategorije M82:**

*Projekat TR 33023: Razvoj tehnologija flotacijske prerade rude bakra i plemenitih metala radi postizanja boljih tehnoloških rezultata*

• **Naziv tehničkog rešenja:**

IMPLEMENTACIJA NOVE LINIJE OSNOVNOG FLOTIRANJA MINERALA  
BAKRA IZ LEŽIŠTA "CEROVO" U FLOTACIJI VELIKI KRIVELJ

• **Oblast na koju se tehničko rešenje odnosi:**

Tehničko rešenje pripada oblasti: RUDARSTVO I ENERGETIKA

• **Tehničko rešenje rađeno za potrebe naručioca:**

Tehničko rešenje rađeno je u okviru projekta tehnološkog razvoja: TR 33023 Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.



- **Tehničko rešenje koristi:**

RTB Bor Grupa – Rudarsko-topioničarski basen Bor d.o.o.

Ul. Đorđa Vajferta br. 29

19210 Bor

(Flotacija Veliki Krivelj)

## **1.2. Problem koji se tehničkim rešenjem rešava**

Sadržaj bakra u rudi koja se prerađuje u flotaciji Veliki Krivelj vremenom opada, tako da trenutno iznosi oko 0,33% Cu. To znači da je praktično izjednačen sa sadržajem bakra u rudi ležišta "Kraku Bugaresku – Cementacija 1", u vreme obustave rada. Zbog stalnog opadanja količine bakra u rudi sa lokaliteta "Veliki Krivelj", ukazala se potreba za daljim povećanjem kapaciteta prerade rude. Kao najjednostavnije i najpouzdanije rešenje izabrano je da se postrojenje za preradu rude bakra ležišta "Cerovo Cementacija 1", remontuje i osposobi za rad, a da se flotacijska prerada obavlja u postrojenju flotacije u Velikom Krivelju. Shodno tome, deo postrojenja koji je lociran u rudniku bakra u Cerovu potpuno je remontovan i osposobljen za normalan rad od 2012. godine. U tom delu postrojenja vrši se trostepeno drobljenje otkopane rude sa prosejavanjem, zatim dvostepeno mlevenje izdrobljene rude sa jednostepenim klasiranjem, zgušnjavanje definitivno samlevenog proizvoda i transport zgusnute hidromešavine do flotacije Veliki Krivelj, gde se obavlja flotacijska koncentracija. Flotacijska prerada rude sa rudnika "Cerovo" odvija se zajedno sa rudom iz ležišta "Veliki Krivelj", počev od faze domeljavanja koncentrata, pa do finalnog prečišćavanja i odvodnjavanja proizvoda koncentracije.

Međutim, analizom tehnoloških pokazatelja skupne flotacijske prerade, došlo se do zaključka da različit sastav rude sa kopova "Veliki Krivelj" i "Cerovo" stvara izvesne poteškoće u pogledu ostvarivanja željenih performansi flotacijskog procesa (tj. željenog iskorišćenja i kvaliteta koncentrata bakra). Pored toga, zbog izvršene rekonstrukcije flotacijskog postrojenja Veliki Krivelj i pitanja unifikacije opreme, zatim daljeg tehnološkog unapređenja prerade rude iz ležišta "Cerovo", kao i predviđenog faznog povećanja kapaciteta otkopavanja, pripreme i flotacijske koncentracije rude sa rudnika "Cerovo", nametnuta je potreba za uvođenjem potpuno nove proizvodne linije u pogonu flotacije Veliki Krivelj. Ova proizvodna linija podrazumeva kompletno odvajanje flotacijske prerade rude rudnika "Cerovo", što se postiže ugradnjom i korišćenjem nove opreme u postrojenju, i to kroz nekoliko faza.

U okviru predmetnog tehničkog rešenja obuhvaćena je prva faza odvajanja flotacijske prerade cerovske rude.

### **1.3. Opis tehnološkog postupka prerade rude rudnika "Cerovo" u flotaciji Veliki Krivelj**

U prvoj fazi prerade, predviđeno je da se osnovno flotiranje rude rudnika "Cerovo" obavlja posebno, u novim flotacijskim mašinama, dok će se kasniji stadijumi prerade i dalje odvijati skupno u postojećim uređajima i mašinama u pogonu kriveljske flotacije.

U skladu sa tim, za pripremu pulpe za osnovno flotiranje rude iz ležišta "Kraku Bugaresku – Cementacija" u flotaciji u Velikom Krivelju korišće se novi kondicioner, zapremine 190 m<sup>3</sup>, dobavljača Metso Minerals GmbH.

U osnovnom flotiranju rude bakra korišće se 5 novih flotacijskih mašina (tip RCS 100) proizvođača Metso Minerals GmbH, zapremine 100 m<sup>3</sup>, umesto postojećih flotacijskih mašina tipa Denver DR 500 koje se trenutno koriste za osnovno flotiranje rude rudnika "Cerovo". Izbor flotacijskih mašina proizvođača Metso Minerals GmbH u osnovnom flotiranju minerala bakra cerovske rude jeste nastavak unifikacije opreme u flotaciji "Veliki Krivelj" sa tendencijom poboljšanja tehničko-tehnoloških performansi procesa flotacije.

Zajedničko domeljavanje osnovnog koncentrata bakra rude rudnika "Cerovo" i osnovnog koncentrata bakra rude rudnika "Veliki Krivelj" obavljaće se u postojećem mlinu sa kuglama, proizvođača Allis Chalmers (dimenzija D×L = 3,66×5,05 m) koji radi u zatvorenom ciklusu sa hidrociklonima. Za transport osnovnog koncentrata bakra rudnika "Cerovo" u ciklus domeljavanja predviđena je montaža nove pumpe i cevovoda.

Trostadijalno prečišćavanje skupnog osnovnog koncentrata bakra rude rudnika "Cerovo" i "Veliki Krivelj" i dopunsko flotiranje otoka I prečišćavanja odvijaje se u novougrađenim savremenim flotacijskim mašinama RCS 40, proizvođača Metso Minerals GmbH.

Odvodnjavanje definitivnog koncentrata vršice se u postojećem zgušnjivaču, a nakon zgušnjavanja u postojećim bubnjastim vakuum filterima.

## **2. DETALJAN OPIS TEHNIČKOG REŠENJA**

### **2.1. Uvodne napomene**

Predmet ovog tehničkog rešenja predstavlja implementacija nove linije osnovnog flotiranja minerala bakra iz ležišta "Cerovo" u flotaciji Veliki Krivelj.

U skladu s tim, tehnološki proces flotiranja rude rudnika "Cerovo" u flotaciji Veliki Krivelj obuhvata:

- prijem hidromešavine koja se sistemom hidrottransporta dovodi iz postrojenja usitnjavanja i klasiranja sa lokacije "Cerovo",





- njenu pripremu za proces flotacijske koncentracije u novoizabranom kondicioneru pulpe,
- osnovno flotiranje u novoizabranim flotacijskim mašinama
- trostepeno prečišćavanje koncentrata, kao i
- odvodnjavanje definitivnih proizvoda koncentracije.

## **2.2. Opis tehnološkog procesa osnovnog flotiranja minerala bakra rude rudnika "Cerovo"**

Tehnološka šema odvojenog osnovnog flotiranja cerovske rude i zajedničkog prečišćavanja koncentrata bakra kriveljske i cerovske rude u flotaciji Veliki Krivelj prikazana je u prilogu 1. Kapacitet prerade rude rudnika "Cerovo" u ovoj fazi iznosiće 2,5 miliona tona vlažne rude godišnje.

Osnovno flotiranje samlevene rude bakra sa rudnika "Cerovo" počinje prihvatanjem zgusnute hidromešavine u kondicioneru pulpe (poz. AG 5805-101). Sadržaj čvrste faze u ulaznoj hidromešavini iznosi oko 40%. Tako zgusnutu hidromešavinu neophodno je razrediti dodatkom vode u kondicioner, kako bi se postigla odgovarajuća gustina pulpe (oko 25% čvrste faze) koja je pogodna za flotacijsku koncentraciju. Pored vode, u kondicioner (poz. AG 5805-101) dodaje se krečno mleko radi podešavanja pH vrednosti pulpe za flotacijsku koncentraciju.

Uzorkovanje ulazne pulpe obavlja se pomoću automatskog uzimača uzoraka (poz. SA 5180-101). Deo uzetih uzoraka se šalje na analizator krupnoće čestica (poz. PZ 5610-101) i nakon obavljene analize u kondicioner (poz. AG 5805-101). Drugi deo uzoraka se, kao i reagensi (u svojstvu kolektora kalijum etil ksantat i natrijum izopropil ksantat, a u svojstvu penušača D-250) posredstvom pumpe (poz. PU 5805-101) transportuje u on-stream analizator (poz. OA 5830-101) koji vrši determinaciju elemenata u uzorcima, a zatim se uzorci uz pomoć pumpe (poz. PU 5835-101) vraćaju u kondicioner (poz. AG 5805-101).

Osnovno flotiranje rude bakra obavlja se u 5 novougrađenih flotacijskih mašina RCS 100 (poz. FC 5211-101, FC 5212-101, FC 5213-101, FC 5214-101, FC 5215-101), ukupne korisne zapremine flotacijskih komora 500 m<sup>3</sup>, postavljenih u jedan red sa konfiguracijom: UK-1C-MK-2C-MK-2C-IK. U drugu i četvrtu komoru za osnovno flotiranje, dodaju se kolektori kalijum etil ksantat i natrijum izopropil ksantat. Otok osnovnog flotiranja cerovske rude (koji predstavlja definitivnu jalovinu) spaja se sa jalovinom iz sve tri sekcije osnovnog flotiranja kriveljske rude, kao i sa otokom skupnog dopunskog flotiranja, nakon čega se isti kanalom zajedno šalju na flotacijsko jalovište Veliki Krivelj. Na kanalu jalovine osnovnog flotiranja cerovske rude postavljen je uzimač uzoraka (poz. SA 5225-101). Nakon izvršenog uzorkovanja, uzorci jalovine se pumpom (poz. PU 5810-101) dopremaju do on-stream



analizatora (poz. OA 5830-101), odakle se gravitacijski vraćaju u kanal definitivne jalovine cerovske rude.

Preliv flotacijskih mašina za osnovno flotiranje predstavlja osnovni koncentrat bakra koji se gravitacijski doprema u koš muljne pumpe (poz. PU 5310-101, PU 5310-102 – jedna radna, jedna u rezervi) i dalje cevovodom transportuje u ciklus domeljavanja i klasiranja. Uzorci osnovnog koncentrata uzimaju se pomoću automatskog uzorkivača (poz. SA 5305-101) i posredstvom pumpe (poz. PU 5815-101) transportuju u on-stream analizator (poz. OA 5830-101). Posle analize uzorci se šalju u koš pumpe (PU 5310-101, PU 5310-102).

### **2.3. Potreba za uvođenjem novih RCS flotacijskih mašina u proces**

Već je navededeno da će se u osnovnom flotiranju rude bakra koristiti 5 novih flotacijskih mašina RCS 100 proizvođača Metso Minerals GmbH, zapremine 100 m<sup>3</sup>, umesto postojećih flotacijskih mašina Denver DR 500.

Izbor flotacijskih mašina proizvođača Metso Minerals GmbH u osnovnom flotiranju minerala bakra cerovske rude jeste nastavak unifikacije opreme u flotaciji Veliki Krivelj sa tendencijom poboljšanja tehničko-tehnoloških performansi procesa flotacije.

Flotacijska mašina RCS<sup>TM</sup> (engl. Reactor Cell System) kombinuje prednost cilindrične ćelije sa jedinstvenim karakteristikama DV<sup>TM</sup> mehanizma radi stvaranja idealnih uslova za maksimiziranje flotacijskog učinka. Ovi idealni uslovi ogledaju se u postojanju jasno definisanih zona u okviru flotacijske komore, kada je mašina u radu, i to:

(1) U veoma aktivnoj donjoj zoni odvija se efikasna suspenzija i transport čvrste faze, pri čemu se, zahvaljujući dizajnu flotacijske ćelije, maksimalno omogućava i ostvaruje veliki broj kontakata između čestica korisnih minerala i vazdušnih mehurića. Na taj način se ostvaruje iskorišćenje unutar kompletnog opsega krupnoće mineralnih zrna.

(2) U gornjoj zoni je turbulencija smanjena, da bi se sprečilo odvajanje krupnijih čestica od vazdušnih mehurića.

(3) Površinski sloj pulpe je u stanju mirovanja kako bi se minimizirao prelazak čestica iz faze pene u fazu pulpe.

U tabeli 1 prikazana je specifikacija uređaja koji će se koristiti u okviru linije osnovnog flotiranja cerovske rude u flotaciji Veliki Krivelj.

**Tabela 1. Specifikacija opreme u okviru linije osnovnog flotiranja cerovske rude**

<b>Osnovno flotiranje rude bakra rudnika Cerovo</b>				
<b>R.b.</b>	<b>Pozicija</b>		<b>Kom.</b>	<b>Napomena</b>
1.	AG 5805-101	Kondicioner pulpe	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nominalne dimenzije: 6,25 m × 6,25 m</li> <li>- Mehanizam kondicionera:</li> <li>- Ekato mešač tipa HWL 2120 A</li> <li>- 2 impelera sa po tri pera</li> <li>- Prečnik impelera: 2500 mm</li> <li>- Izrađen od mekog čelika</li> <li>- Potpuno obložen gumom</li> <li>- Direktnan pogon spiralnim disk menjačem</li> <li>- Instalಿಸana snaga elektromotora mešača: 18,5 kW</li> </ul>
2.	FC 5211-101 FC 5212-101 FC 5213-101 FC 5214-101 FC 5215-101	Flotacijska mašina	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proizvođač: Metso Minerals GmbH</li> <li>- Tip: RCS 100</li> <li>- Broj komora: 5</li> <li>- Zapremina komore: 100 m<sup>3</sup></li> <li>- Konfiguracija: Ulazna kutija-1 komora- međukutija-2 komore-međukutija-2 komore-izlazna kutija</li> <li>- Instalಿಸana snaga elektromotora po jednoj komori: N = 110 kW</li> </ul>
3.	PU 5310-101 PU 5310-102	Pumpa	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proizvođač: ATB FOD Bor</li> <li>- Tip: HPHZ 100/125</li> <li>- Instalಿಸana snaga elektromotora: 22 kW</li> </ul>
4.	PU 5805-101	Pumpa	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proizvođač: Metso Minerals</li> <li>- Tip: Vasa 302-50</li> <li>- Snaga elektromotora: 15 kW</li> </ul>
5.	PU 5810-101	Pumpa	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proizvođač: Metso Minerals</li> <li>- Tip: Vasa 302-50</li> <li>- Snaga elektromotora: 15 kW</li> </ul>
6.	PU 5815-101	Pumpa	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proizvođač: Metso Minerals</li> <li>- Tip: Vasa 302-50</li> <li>- Snaga elektromotora: 15 kW</li> </ul>
7.	PU 5835-101	Pumpa	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proizvođač: Metso Minerals</li> <li>- Tip: Vasa 302-50</li> <li>- Snaga elektromotora: 15 kW</li> </ul>
8.	SA 5180-101	Automatski uzimač uzoraka	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Thermo Fisher SamStat-20C</li> <li>- Snaga elektromotora: 0,3 kW</li> </ul>
9.	SA 5225-101	Automatski uzimač uzoraka	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Thermo Fisher SamStat- 20C</li> <li>- Snaga elektromotora: 0,3 kW</li> </ul>
10.	SA 5305-101	Automatski uzimač uzoraka	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Thermo Fisher SamStat- 20C</li> <li>- Snaga elektromotora: 0,3 kW</li> </ul>

<b>Osnovno flotiranje rude bakra rudnika Cerovo</b>				
<b>R.b.</b>	<b>Pozicija</b>		<b>Kom.</b>	<b>Napomena</b>
11.	OA 5830-101	On-stream Analizator	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Thermo Scientific Multi-Stream Analyzer (MSA)</li> <li>– XRF Elemental Slurry Analyzer</li> <li>– Broj stream-ova: 6</li> <li>– Snaga elektromotora: 2,9 kW</li> </ul>
12.	PZ 5610-101	PSM - analizator krupnoće čestica	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>– <i>Proizvođač: Thermo Electron Corporation</i></li> <li>– Tip: PSM-400 MPX</li> <li>– Jednokanalna jedinica</li> <li>– Snaga elektromotora: 3,8 kW</li> </ul>

## **2.4. Zajedničko prečišćavanje osnovnog koncentrata bakra rude rudnika "Veliki Krivelj" i rude rudnika "Cerovo"**

### **2.4.1. Domeljavanje osnovnog koncentrata bakra**

Proces domeljavanja i klasiranja u ovoj fazi proizvodnje karakteriše zajednička prerada osnovnog koncentrata bakra rude rudnika "Cerovo" i osnovnog koncentrata bakra rude rudnika "Veliki Krivelj".

Koncentrat osnovnog flotiranja bakra cerovske rude se, zajedno sa osnovnim koncentratom bakra kriveljske rude, kao i koncentratom zajedničkog dopunskog flotiranja transportuje u koš centrifugalne muljne pumpe (poz. PU 4310-101, PU 4310-102 – jedna radna, jedna u rezervi) i dalje u hidrociklonsku bateriju (poz. CY 4320-101) na klasiranje. Pesak hidrociklona (poz. CY 4320-101) koji sadrži ~34% klase –74 µm predstavlja krupnu frakciju osnovnog koncentrata bakra i gravitacijski se odvodi u mlin sa kuglama (poz. ML 4330-101) na domeljavanje. U mlin za domeljavanje dodaje se i izvesna količina vode radi regulacije gustine pulpe u mlevenju. Samleveni proizvod koji sadrži ~45,5% klase –74 µm se iz mlina sa kuglama transportuje u koš muljne pumpe (poz. PU 4310-101), čime se ostvaruje zatvoreni ciklus domeljavanja i klasiranja.

### **2.4.2. I prečišćavanje koncentrata bakra**

Definitivni proizvod ciklusa domeljavanja i klasiranja, odnosno preliv hidrociklona (poz. CY 4320-101) sadrži ~85% klase –74 µm i predstavlja sitnu frakciju zajedničkog osnovnog koncentrata bakra cerovske i kriveljske rude. Uzorci preliva hidrociklona se uzorkuju automatskim uzimačem (poz. SA 4335-101) u sklopu koga se nalazi analizator krupnoće čestica (poz. PZ 4620-101).



Preliv hidrociklona se gravitacijski (cevovodom) transportuje na I prečišćavanje, u 6 postojećih flotacijskih mašina RCS 40 (poz. FC 4406-101, FC 4407-101, FC 4408-101, FC 4409-101, FC 4410-101 i FC 4411-101), ukupne korisne zapremine komora 240 m<sup>3</sup>, postavljenih u jedan red sa rasporedom: UK-2C-MK-2C-MK-2C-IK. U ulaznu kutiju, na čelo flotacijske mašine (poz. FC 4406-101) dodaje se voda radi postizanja potrebne gustine pulpe od 16% Č.

Otok I prečišćavanja gravitacijski odlazi u koš centrifugalne muljne pumpe (poz. PU 4420-101, PU 4420-102 – jedna radna, jedna u rezervi) koja ga dalje transportuje na dopunsko flotiranje minerala bakra, u 4 flotacijske mašine RCS 40 (poz. FC 4431-101, FC 4432-101, FC 4433-101 i FC 4434-101), ukupne korisne zapremine komora 160 m<sup>3</sup>, sa rasporedom: UK-2C-MK-2C-IK. U ulaznu kutiju, na čelo flotacijske mašine (poz. FC 4431-101) dodaje se i kalijum etil ksantat.

Otok flotacijskih mašina za dopunsko flotiranje predstavlja deo definitivne jalovine koja se spaja sa definitivnim jalovinama iz ciklusa osnovnog flotiranja kriveljske i cerovske rude i kanalom gravitacijski odvodi na jalovište Veliki Krivelj.

Automatski uzimač uzoraka (poz. SA 4450-101) uzima uzorke otoka dopunskog flotiranja pre odvođenja na jalovište. Odavde se pumpom (poz. PU 4825-101) uzorci šalju u on-stream analizator (poz. OA 4880-101) iz koga se, nakon analize, uzorci odvođe u kanal za skupnu definitivnu jalovinu.

Takođe, automatski uzimač uzoraka (poz. SA 4455-101) uzima uzorke skupne definitivne jalovine svih linija osnovnog flotiranja i otoka zajedničkog dopunskog flotiranja, koji se posredstvom pumpe (PU 4830-101) transportuju do on-stream analizatora (poz. OA 4880-101) i posle elementarne analize ponovo vraćaju u kanal za definitivnu jalovinu.

Koncentrat dopunskog flotiranja dospeva u koš centrifugalne muljne pumpe (poz. PU 4445-101, PU 4445-102 – jedna radna, jedna u rezervi) koja ga dalje doprema u koš muljne pumpe (poz. PU 4310-101, PU 4310-102), odakle se zajedno sa osnovnim koncentratom bakra i samlevenim proizvodom mlina sa kuglama (poz. ML 4330-101) transportuje u hidrociklon (poz. CY 4320-101) na klasiranje.

#### **2.4.3. II prečišćavanje koncentrata bakra**

Koncentrat I prečišćavanja se gravitacijski odvodi u koš centrifugalne muljne pumpe (poz. PU 4425-101, PU 4425-102 – jedna radna, jedna u rezervi) i dalje transportuje na II prečišćavanje, na čelo postojećih flotacijskih mašina RCS 40 (poz. FC 4461-101, FC 4462-101, FC 4463-101 i FC 4464-101), ukupne korisne zapremine komora 160 m<sup>3</sup>, postavljenih u jedan red, sa konfiguracijom: UK-2C-MK-2C-IK. Količina dodate vode u I prečišćavanju se podešava tako da omogući željeni sadržaj čvrste faze u drugom prečišćavanju od 16%. U



ulaznu kutiju, na čelo flotacijske mašine (poz. FC 4461-101) dodaje se krečno mleko radi regulisanja pH vrednosti pulpe.

Otok II prečišćavanja gravitacijski odlazi na čelo flotacijske mašine za I prečišćavanje (poz. FC 4406-101) prelivanjem iz izlazne kutije II prečišćavača u ulaznu kutiju I prečišćavača.

#### **24.4. III prečišćavanje koncentrata bakra**

Koncentrat II prečišćavanja gravitacijski dospeva u koš centrifugalne muljne pumpe (poz. PU 4475-101, PU 4475-102 – jedna radna, jedna u rezervi) i transportuje na treće prečišćavanje, na čelo flotacijskih mašina RCS 40 (poz. FC 4481-101 i FC 4482-101), ukupne korisne zapremine komora 80 m<sup>3</sup>, postavljenih u jedan red sa rasporedom: UK-2C-IK. Voda koja se dodaje u koncentrat drugog prečišćavanja se dozira u količini potrebnoj za postizanje željene gustine pulpe od 15% čvrste faze u III prečišćavanju.

Flotacijske mašine za III prečišćavanje koncentrata bakra spojene su sa flotacijskim mašinama za II prečišćavanje, tako da predstavljaju celinu.<sup>1</sup>

Otok III prečišćavanja se gravitacijski transportuje na II prečišćavanje, na čelo flotacijske mašine (poz. FC 4461-101), prelivanjem iz izlazne kutije III prečišćavača u ulaznu kutiju II prečišćavača.

Koncentrat III prečišćavanja predstavlja definitivni koncentrat bakra čiji se kvalitet kontroliše pomoću automatskog uzorkivača i on-stream analizatora (poz. SA 4490-101).

#### **2.4.5. Odvodnjavanje koncentrata bakra**

Koncentrat bakra III prečišćavanja se gravitacijski, sistemom cevovoda odvodi do postojećeg zgušnjivača (poz. 51.1) na zgušnjavanje. Zgusnuti proizvod, koji sadrži ~60% čvrstog, se pomoću pumpe (poz. 52.1.1, 52.1.2 – jedna radna, jedna rezervna) transportuje u razdeljivač pulpe (poz. 52.4). Preliv zgušnjivača (poz. 51.1) se posredstvom pumpe (poz. 52.3.3 i 52.3.5 – jedna radna, jedna rezervna) vraća u flotacijsko postrojenje kao povratna tehnološka voda.

Iz razdeljivača pulpe (poz. 52.4) zgusnuti proizvod se uvodi u filtere (poz. 53.1.1, 53.1.2, 53.1.3, 53.1.4) na filtriranje. Filteri se snabdevaju vazduhom uz pomoć kompresora (poz. 53.B.1 i 53.B.2)

Filtrat se, posredstvom vakuum pumpi (poz. 53.A.1, 53.A.2, 53.A.3, 53.A.4) preko risiverske buradi (poz. 53.C.1, 53.C.2, 53.C.3, 53.C.4) vraća u zgušnjivač (poz. 51.1).

Isfiltrirani koncentrat bakra (kek) sadrži ~10% vlage i kao takav se kamionima transportuje u topionicu na dalju metaluršku preradu.

<sup>1</sup> Izlazna kutija II prečišćavanja predstavlja ulaznu kutiju III prečišćavanja



## **ZAKLJUČAK**

Predloženo tehničko rešenje predstavlja značajan pomak ka rešavanju problema kompletnog odvajanja linija flotacijske prerade cerovske i kriveljske rude u flotaciji Veliki Krivelj, u svim stadijumima koncentracije. Implementacijom nove linije osnovnog flotiranja rude iz ležišta "Cerovo" (koja predstavlja nezaobilaznu prvu fazu u rešavanju pomenutog problema) postižu se bolje tehnološke performanse na osnovnom flotiranju. Naime, zahvaljujući savremenom dizajnu i radu RCS flotacijskih mašina, obezbediće se bolji kvalitet osnovnog koncentrata, uz maksimalno iskorišćenje bakra i plemenitih metala. Istovremeno se postavljaju i osnove za dalje povećanje kapaciteta prerade rude iz rudnika Cerovo, što ima za posledicu povećanje profitabilnosti proizvodnje bakra u flotaciji Veliki Krivelj.

## **LITERATURA**

1. Tehnički rudarski projekat rekonstrukcije postrojenja za flotiranje rude iz ležišta Cerovo za kapacitet 2,5 Mt vlažne rude godišnje u flotaciji Veliki Krivelj. Knjiga 1 - Tehnološki projekat, IRM Bor, 2014.





## NAUČNOM VEĆU INSTITUTA ZA RUDARSTVO I METALURGIJU BOR

**Predmet:** Recenzija tehničkog rešenja

### **IMPLEMENTACIJA NOVE LINIJE OSNOVNOG FLOTIRANJA MINERALA BAKRA IZ LEŽIŠTA "CEROVO" U FLOTACIJI VELIKI KRIVELJ**

Autora:

mr Ivana Jovanović, dipl. inž.rud. – IRM Bor

Sanja Petrović, dipl. inž.rud. –IRM Bor

dr Dragan Milanović, dipl. inž. rud. – IRM Bor

mr Bojan Drobnjaković, dipl. inž. maš. – IRM Bor

Miomir Mikić, dipl. inž. rud. – IRM Bor

mr Daniela Urošević, dipl. inž. rud. – IRM Bor

Lidija Đurđevac-Ignjatović, dipl. inž. rud. – IRM Bor

Odlukom Naučnog Veća IRM-a Bor, br. XXVIII/6. od 14.08.2015. god, imenovan sam za recezenta tehničkog rešenja pod nazivom: "**Implementacija nove linije osnovnog flotiranja minerala bakra iz ležišta "Cerovo" u flotaciji Veliki Krivelj**".

Ovo tehničko rešenje predstavlja rezultat rada na projektu TR 33023: " RAZVOJ TEHNOLOGIJA FLOTACIJSKE PRERADE RUDE BAKRA I PLEMENITIH METALA RADI POSTIZANJA BOLJIH TEHNOLOŠKIH REZULTATA" koji je finansiran od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (period 2011-2015), čiji je rukovodilac dr Dragan Milanović (IRM Bor).

Na osnovu dostavljenog pisanog materijala:

#### **Iznosim svoje mišljenje:**

Prikaz tehničkog rešenja urađen je u skladu sa zahtevima definisanim Pravilnikom o postupku i načinu vrednovanja i kvantitativnom iskazivanju naučno-istraživačkih rezultata – Sl. Glasnik RS 38/2008.

Predloženo tehničko rešenje je predstavljeno na ukupno 13 strana.

Opšti deo sadrži podatke o ustanovi i autorima rešenja, naziv i evidencioni broj projekta, naziv tehničkog rešenja, oblast na koju se tehničko rešenje odnosi, za koga je rešenje rađeno, godinu kada je rešenje urađeno i ko ga primenjuje, od kog tela su rezultati verifikovani i prikaz problema koji se ovim tehničkim rešenjem rešava.

Dokumentacija poglavlja 2, koja se odnosi na detaljan opis tehničkog rešenja, sadrži opis tehnološkog procesa osnovnog flotiranja minerala bakra iz rude rudnika "Cerovo", zatim opis

tehnološkog postupka zajedničkog prečišćavanja osnovnog koncentrata bakra rude rudnika "Veliki Krivelj" i rude rudnika "Cerovo", specifikaciju instaliranih uređaja kao i grafičku dokumentaciju - tehnološka šema odvojenog osnovnog flotiranja cerovske rude i zajedničkog prečišćavanja koncentrata bakra kriveljske i cerovske rude

Navedena poglavlja sadrže dovoljno informacija o novoinstaliranoj liniji osnovnog flotiranja cerovske rude u flotaciji Veliki Krivelj, prikaz specifikacije opreme i

### **ZAKLJUČAK**

Tehničko rešenje pod nazivom: "**IMPLEMENTACIJA NOVE LINIJE OSNOVNOG FLOTIRANJA MINERALA BAKRA IZ LEŽIŠTA "CEROVO" U FLOTACIJI VELIKI KRIVELJ**", pripremljeno je u skladu sa važećim Pravilnikom o postupku i načinu vrednovanja i kvantitativnom iskazivanju naučno-istraživačkih rezultata Sl. Glasnik RS 38/2008.

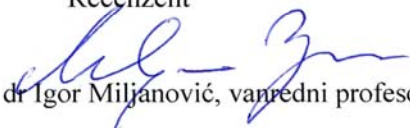
U tehničkom rešenju su prikazane sve neophodne informacije o oblasti na koju se tehničko rešenje odnosi i problem koji se njime rešava, kao i detaljan opis tehnološkog procesa osnovnog flotiranja cerovske rude i zajedničkog prečišćavanja osnovnog koncentrata kriveljske i cerovske rude sa pratećom grafičkom dokumentacijom.

U procesu flotacijske prerade dolazi do izvesnih poteškoća u pogledu ostvarivanja iskorišćenja i kvaliteta koncentrata bakra koje su posledica različitog sastava rude sa kopova Veliki Krivelj i Cerovo. S tim u vezi, kao jedno od rešenja nameće se odvajanje tehnoloških linija procesa prerade cerovske i kriveljske rude. U predmetnom tehničkom rešenju detaljno je opisana I faza koja predviđa da se osnovno flotiranje rude rudnika "Cerovo" obavlja posebno, u novim flotacijskim mašinama, odnosno opisana je implementacija linije osnovnog flotiranja cerovske rude u novim RCS flotacijskim mašinama. Izbor flotacijskih mašina proizvođača Metso Minerals GmbH u osnovnom flotiranju minerala bakra cerovske rude jeste nastavak unifikacije opreme u flotaciji Veliki Krivelj sa tendencijom poboljšanja tehničko-tehnoloških performansi procesa flotacije.

Na osnovu izloženih argumenata preporučujem da se navedeno tehničko rešenje prihvati i svrsta u kategoriju M82 – nova proizvodna linija uvedena u proizvodnju, pomenutog pravilnika.

U Beogradu, 03.11. 2015. godine

Recenzent

  
dr Igor Miljanović, vanredni profesor

Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet

**Naučnom veću Instituta za rudarstvo i metalurgiju Bor**

**Predmet:** Recenzija tehničkog rešenja

**IMPLEMENTACIJA NOVE LINIJE OSNOVNOG FLOTIRANJA MINERALA  
BAKRA IZ LEŽIŠTA "CEROVO" U FLOTACIJI VELIKI KRIVELJ**

Autora:

mr Ivana Jovanović, dipl. inž.rud. – IRM Bor  
Sanja Petrović, dipl. inž.rud. –IRM Bor  
dr Dragan Milanović, dipl. inž. rud. – IRM Bor  
mr Bojan Drobnjaković, dipl. inž. maš. – IRM Bor  
Miomir Mikić, dipl. inž. rud. – IRM Bor  
mr Daniela Urošević, dipl. inž. rud. – IRM Bor  
Lidija Đurđevac-Ignjatović, dipl. inž. rud. – IRM Bor

Odlukom Naučnog Veća IRM-a Bor, br. XXVIII/6. od 14.08.2015. god, imenovan sam za recezenta tehničkog rešenja pod nazivom: "**Implementacija nove linije osnovnog flotiranja minerala bakra iz ležišta "Cerovo" u flotaciji Veliki Krivelj**".

Ovo tehničko rešenje predstavlja rezultat rada na projektu TR 33023: "RAZVOJ TEHNOLOGIJA FLOTACIJSKE PRERADE RUDE BAKRA I PLEMENITIH METALA RADI POSTIZANJA BOLJIH TEHNOLOŠKIH REZULTATA" koji je finansiran od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (period 2011-2015), čiji je rukovodilac dr Dragan Milanović (IRM Bor).

Na osnovu dobijenog pisanog materijala koji se sastoji od sledećih celina:

1. Opšteg dela
2. Detaljnog opisa tehničkog rešenja

**IZNOSIM SVOJE MIŠLJENJE**

Prikaz tehničkog rešenja urađen je u skladu sa zahtevima definisanim Pravilnikom o postupku i načinu vrednovanja i kvantitativnom iskazivanju naučno-istraživačkih rezultata – Sl. Glasnik RS 38/2008.

Predloženo tehničko rešenje je predstavljeno na 13 strana.

Opšti deo sadrži podatke o ustanovi i autorima rešenja, naziv i evidencioni broj projekta, naziv tehničkog rešenja, oblast na koju se tehničko rešenje odnosi, za koga je rešenje rađeno, godinu kada je rešenje urađeno i ko ga primenjuje, od kog tela su rezultati verifikovani i prikaz problema koji se ovim tehničkim rešenjem rešava.

Dokumentacija poglavlja 2, koja se odnosi na detaljan opis tehničkog rešenja, sadrži:

- opis tehnološkog procesa osnovnog flotiranja minerala bakra iz rude rudnika "Cerovo",
- opis tehnološkog postupka zajedničkog prečišćavanja osnovnog koncentrata bakra rude rudnika "Veliki Krivelj" i rude rudnika "Cerovo",

- tehnološku šemu odvojenog osnovnog flotiranja cerovske rude i zajedničkog prečišćavanja koncentrata bakra kriveljske i cerovske rude

Navedena poglavlja pružaju dovoljno informacija o prvoj fazi procesa flotacijske prerade rude rudnika "Cerovo" u flotaciji Veliki Krivelj sa posebnim osvrtom na novoinstaliranoj liniji osnovnog flotiranja cerovske rude i karakteristike novih flotacijskih mašina - RCS flotacijske mašine proizvođača opreme Metso Minerals GmbH (izabrane kao logičan nastavak unifikacije opreme u flotaciji Veliki Krivelj sa tendencijom poboljšanja tehničko-tehnoloških performansi procesa flotacije.

## **ZAKLJUČAK**

Tehničko rešenje pod nazivom: " **IMPLEMENTACIJA NOVE LINIJE OSNOVNOG FLOTIRANJA MINERALA BAKRA IZ LEŽIŠTA "CEROVO" U FLOTACIJI VELIKI KRIVELJ**", pripremljeno je u skladu sa važećim Pravilnikom o postupku i načinu vrednovanja i kvantitativnom iskazivanju naučno-istraživačkih rezultata (Sl. Glasnik RS 38/2008).

U predmetnom tehničkom rešenju detaljno je opisana I faza prerade cerovske rude u flotaciji Veliki Krivelj koja predviđa da se osnovno flotiranje rude rudnika "Cerovo" obavlja posebno, dok će se kasniji stadijumi prerade i dalje odvijati skupno u postojećim uređajima i mašinama u pogonu kriveljske flotacije.

Tehničko rešenje jasno prezentira oblast na koju se tehničko rešenje odnosi, problem koji se njime rešava, objašnjenje suštine tehničkog rešenja uključujući odgovarajuću grafičku dokumentaciju – Tehnološka šema odvojenog osnovnog flotiranja cerovske rude i zajedničkog prečišćavanja koncentrata bakra kriveljske i cerovske rude.

Na osnovu izloženih argumenata preporučujem da se navedeno tehničko rešenje prihvati i svrsta u kategoriju **M82 – nova proizvodna linija uvedena u proizvodnju**, pomenutog pravilnika.

U Beogradu, 04. 11.2015. godine

Recenzent



dr Vladan Milošević, viši naučni saradnik

Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Beograd

**RTB BOR GRUPA, RBB BOR**

**Ul. Kestenova 8,**

**19 210 Bor**

**POTVRDA O PRIMENI TEHNIČKOG REŠENJA POD NAZIVOM:**

**IMPLEMENTACIJA NOVE LINIJE OSNOVNOG FLOTIRANJA MINERALA BAKRA IZ  
LEŽIŠTA "CEROVO" U FLOTACIJI VELIKI KRIVELJ**

Potvrđujem da je u pogonu flotacije Veliki Krivelj implementirana nova tehnološka linija osnovnog flotiranja minerala bakra iz rude ležišta Cerovo, predložena u navedenom tehničkom rešenju, koje je realizovano u Institutu za rudarstvo i metalurgiju Bor.

Ova potvrda se izdaje na zahtev grupe autora tehničkog rešenja – istraživača, u cilju pravdanja Projekata Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije ( TR 33023, ciklus 2011-2015) i ostvarenih referenci istraživača po važećem Pravilniku o vrednovanju i kvantitativnom iskazivanju naučnoistraživačkih rezultata istraživača Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja, i u druge svrhe se ne može upotrebiti.

U Boru,  
RBB-a

Zamenik direktora za razvoj

10.11.2015.



*Nebojša Bućan*  
Nebojša Bućan, dipl. ing. rud.



**ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО  
И МЕТАЛУРГИЈУ БОР  
НАУЧНО ВЕЋЕ**

**Број: XXIX/7.**

**Од 13.11.2015. године**

На основу Правилника о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача, прилог 2 (Сл.гласник РС бр.38/2008), Научно веће је на XXIX-ој седници одржаној дана 13.11.2015. године донело:

**ОДЛУКУ**

*о прихватању техничког решења*

**I**

На основу покренутог поступка за валидацијом и верификацијом техничког решења под називом „Имплементација нове линије основног флотирања минерала бакра из лежњишта „Церво“ у флотацији Велики Кривељ“, аутори: мр Ивана Јовановић, Сања Петровић, др Драган Милановић, мр Бејана Дробњаковића, Миомир Микић, мр Даниела Урошевић, Лидија Ђурђевац-Игњатовић, и мишљења рецензента и корисника о наведеном техничком решењу, Научно веће је донело Одлуку о прихватању наведеног техничког решења.

**ПРЕДСЕДНИК НАУЧНОГ ВЕЋА**

Др Милешко Љубојевић, дип.инж.руд.  
Научни саветник

