



ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО И МЕТАЛУРГИЈУ БОР  
19210 Бор, Зелени булевар 35  
Тел:(030) 436-826;факс:(030)435-175;E-mail:institut@irmbor.co.rs

ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО И  
МЕТАЛУРГИЈУ БОР

Број

1667



16.02.13 год.  
БОР, Зелени булевар 35

НАЗИВ ЗАПИСА Захтев Научном већу ИРМ-а	РЕДНИ БРОЈ : МАТ.ДОК.:	Ознака: 013.34-13.001
---	---------------------------	--------------------------

Датум: 04/11/2013

## НАУЧНОМ ВЕЋУ ИНСТИТУТА ЗА РУДАРСТВО И МЕТАЛУРГИЈУ У БОРУ

**ПРЕДМЕТ:** Покрета поступак за валидацију и верификацију техничког решења

У складу са Правилником о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научно-истраживачких резултата истраживача (Сл. гласник РС, бр. 38/2008), обраћамо се Научном Већу Института за рударство и металургију у Бору, са молбом да покрене поступак за валидацију и верификацију техничког решења М-83 (Нови технолошки поступак), под називом:

### ТЕХНИЧКО И РАЗВОЈНО РЕШЕЊЕ (М83)

## ИНТЕГРАЛНИ ТРЕТМАН ОТПАДНИХ ВОДА И РУДАРСКОГ ОТПАДА ИЗ РТБ-а БОР бр. Т1/2013

Установа:

Институт за рударство и металургију Бор

Аутора:

др Миле Бугарин, дипл.инж.  
Радојка Јонових, дипл.инж.  
Љиљана Аврамовић, дипл.инж.  
др Зоран Стевановић, дипл.инж.  
мр Радмила Марковић, дип.инж.  
Љубиша Обрадовић, дипл.инж.  
Гордана Славковић, дипл.екон.  
Војка Гардић, дипл.инж.

Предложено техничко решење је резултат реализације пројекта ТР-37001 у области: Уређење, заштита и коришћење вода, земљишта и ваздуха, за период 2011 - 2014 године.

За рецензенте предлагем:

1. др Мирослав Сокић, научни сарадник ИТНМС, Београд
2. др Милан Трумић, ванредни професор ТФ у Бору

Сагласан руководиоца пројекта ТР-37001

Др Миле Бугарин, дипл.инж.геол.

Подносилац захтева

Радојка Јонових, дипл.инж.тех.



**ТЕХНИЧКО И РАЗВОЈНО РЕШЕЊЕ  
(М –83)**

**„ИНТЕГРАЛНИ ТРЕТМАН ОТПАДНИХ ВОДА  
И РУДАРСКОГ ОТПАДА ИЗ РТБ-а БОР“**

Бор, 2013

**ПРОЈЕКТ: ТР-37001**

УТИЦАЈ РУДАРСКОГ ОТПАДА ИЗ РТБ-А БОР НА ЗАГАЂЕЊЕ ВОДОТОКОВА СА ПРЕДЛОГОМ МЕРА И ПОСТУПАКА ЗА СМАЊЕЊЕ ШТЕТНОГ ДЕЈСТВА НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ

**Област:** Уређење, заштита и коришћење вода, земљишта и ваздуха, за период 2011 - 2014 године

ТЕХНИЧКО И РАЗВОЈНО РЕШЕЊЕ (М83)

## ИНТЕГРАЛНИ ТРЕТМАН ОТПАДНИХ ВОДА И РУДАРСКОГ ОТПАДА ИЗ РТБ-а БОР

**Аутори**

др Миле Бугарин, Радојка Јонових, Љиљана Аврамових, др Зоран Стеванових, мр Радмила Марковић, Љубиша Обрадовић, Гордана Славковић, Војка Гардић

**Област на коју се техничко решење односи:** заштита животне средине

**Година израде:** 2013

**За кога је решење рађено:** РТБ Бор група, РББ Бор Д.О.О.

**Проблем који се техничким решењем решава**

У оквиру предвиђеног програма истраживања на пројекту ТР 37001: “Утицај рударског отпада из РТБ-а Бор на загађење водотокова са предлогом мера и поступака за смањење штетног дејства на животну средину”, урађена су технолошка испитивања процеса интегралног третмана отпадних вода и рударског отпада из РТБ-а Бор.

Рударство и производња бакра у Бору има огроман утицај на животну средину града и околине изазивајући константно загађење ваздуха, воде и земљишта.

Процењује се да је у Бору и околини у протеклом периоду депоновано више од  $750 \times 10^6$  т рударског отпада (коповске раскривке и флотацијске јаловине) који садржи преко 900.000 т бакра. Коповска раскривка представља композит грубе стенске масе док је флотацијска јаловина фино уситњени материјал, а заједничка им је карактеристика да садрже одређени део сулфидне и повећани део оксидне минерализације метала. Присутна минерализација у контакту са ваздухом и атмосферилијама представља главни узрочник генерисања киселих рудничких вода са рН вредношћу у интервалу од 3 до 4, које са собом носе растворени Cu, Fe, Mn, Zn, Pb, Ni, Bi, Cd, итд., што углавном зависи од хемијског и минералског састава примарне стенске масе.

Анализом речног седимената Борске реке утврђене су концентрације бакра и других тешких метала веће од максимално дозвољених концентрација прописаних законским регулативама Републике Србије, што директно утиче на загађење сливног подручја реке Тимок и даље Дунава и представља еколошки проблем међународног карактера.

На подручју Бора је у зони деловања РТБ-а деградирано преко 29.000 ha земљишта под шумама и ораницама док површина деградираног пољопривредног земљишта у борској општини износи преко 60 % укупног пољопривредног земљишта.

Интегрални третман отпадних индустријских и рудничких вода и ванбилансних делова лежишта депонованих на Оштрељском планиру из Рударско-топионичарског басена Бор има за циљ да спречи загађења изазвана водама са неведеног подручја. Урађена је детаљна физичко-хемијска карактеризација отпадних вода насталих у процесима



производње бакра као и рудничких отпадних вода и карактеризација раскривке депоноване на Оштрељском планиру. Извршена су испитивања процеса лужења бакра из узорка раскривке са киселим отпадним водама при чему је постигнут степен излужења од 67 %  $\text{Cu}$ . Из лужних раствора бакар је издвајан процесима солвентне екстракције и електрохемијског поступка. Постигнути степен екстракције бакра износио је 96 %  $\text{Cu}$ . Након процеса екстракције бакра водена фаза је коришћена за поновни процес лужења раскривке. Раствор настао у процесу реекстракције је коришћен у процесу електролитичког издвајања бакра.

**Допринос овог техничког решења је предлог технолошког процеса интегралног третмана отпадних индустријских и рудничких вода и чврстог рудничког отпада у циљу валоризације бакра чиме би се постигао значајан економски ефекат. Овим процесом постиже се и додатни еколошки ефекат јер омогућава затворени кружни ток отпадних вода а самим тим и заштиту околних водотокова од присуства тешких метала.**

### Светска искуства

Најчешће примењиван поступак у свету за валоризацију бакра из ванбилансних рудничких материјала је хидрометалуршки поступак. Поступак се састоји од следећих фаза: уситњавање, лужење, солвентна екстракција и електролитичко издвајање бакра. Хидрометалуршки поступак је примењен у земљама (САД, Чиле, Аустралија, и Перу) које имају лако доступне ванбилансне депозите са ниским садржајем бакра и са више оксидних облика.

### Опис техничког решења

На основу експерименталних истраживања предвиђених у активностима на пројекту **ТР-37001: Утицај рударског отпада из РТБ-а Бор на загађење водотокова са предлогом мера и поступака за смањење штетног дејства на животну средину**, предложен је технолошки поступак интегралног третмана отпадних вода и рударског отпада из РТБ-а Бор.

Техничко решење у првом делу даје карактеризацију рударског отпада и отпадних вода:

1. Минералошки састав узорка раскривке депоноване на Оштрељском планиру
2. 3Д модел Оштрељског планира и дигитална мапа терена
3. Физичко - хемијска карактеризација узорка раскривке депоноване на Оштрељском планиру
4. Физичко - хемијска карактеризација индустријских и рудничких отпадних вода (акумулација Робуле)

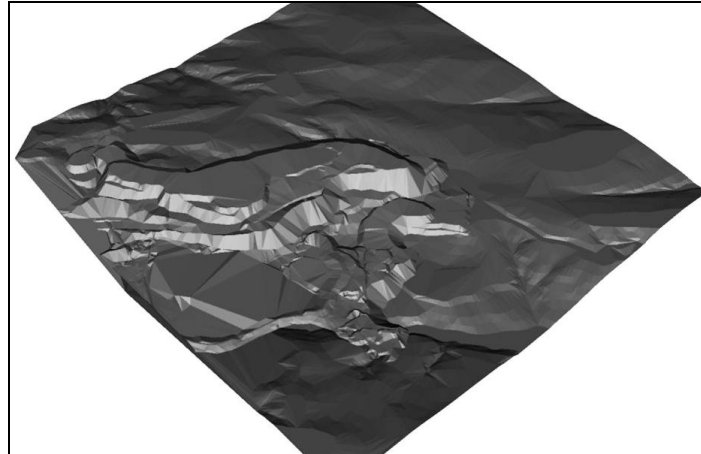
#### 1. Минералошки састав раскривке депоноване на Оштрељском планиру

Оштрељски планир је формиран од јаловинског материјала који је извађен из Старог борског површинског копа, тако да је и геолошка грађа овог одлагалишта истоветна геолошкој грађи копа из кога је материјал и депонован. Основну стенску масу Старог борског површинског копа чине свежи, неизмењени андезити, као јалове стене и хидротермално измењени андезити као носиоци орудњења. Од минерала бакра су присутни: ковелин, халкопирит, халкозин, борнит и енаргит, уочено је да је део сулфидних минерала бакра трансформисан у сулфатне минерале (халкантит и брошантит), од оксида бакра присутан је тенорит, а од карбоната су присутни малахит и азурит. Од хидротемалних измена најшире је распрострањена хлоритизација, затим каолинизација, пиритизација, силификација, сулфатизација и серицитизација.



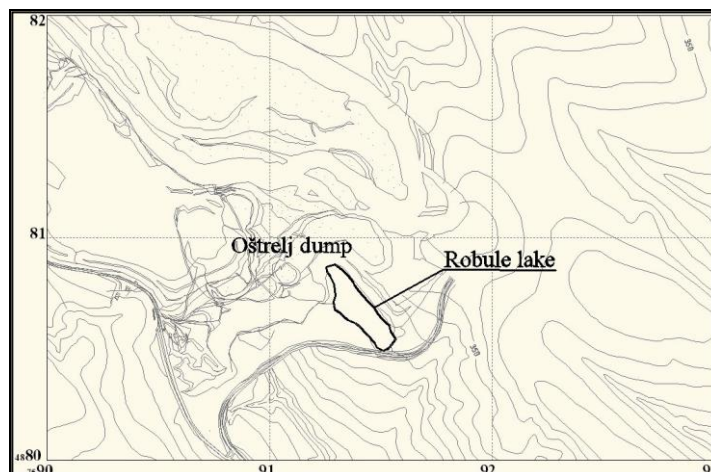
## 2. 3Д модел Оштрељског планира и дигитална мапа терена

У програмском пакету Gemcom 6.1 је израђен 3Д модел Оштрељског планира као и депресије у којој се налази акумулација Робуле. Израдом оваквог модела је омогућено што тачније одређивање запремине материјала од којег је планир сачињен, као и одређивање сливног подручја акумулације Робуле (слика 1). Робуле језеро је настало у природној депресији која је са узводне стране затворена одложеном коповском раскривком.



Слика 1. 3Д модел – Оштрељског планира и његов однос са палеорелефом у програмском пакету Gemcom 6.1

На основу топографских карти 1:25 000, Листови Бор 483–3–3 и 483–3–4, извршена је 3Д дигитализација терена шире околине Бора у програмском пакету AutoCAD. Такође, у истом програмском пакету су урађене 3Д дигитализације палеорелефа Оштрељског планира (слика 2).



Слика 2. Позиција језера Робуле у односу на Оштрељски планир

### 3. Физичко-хемијска карактеризација узорка раскривке депоноване на Оштрељском планиру

Одређене су карактеристике композитног узорка узорка са Оштрељског планира након дробљења и млевења. Насипна маса узорка је  $1014 \text{ kg/m}^3$ . Гранулометријски састав дат је у табели 1.

Табела 1. Гранулометријски састав технолошког узорка

mm	%	R %	D%
-0.425+0.300	2.00	2.00	100.00
-0.300+0.212	1.00	3.00	98.00
-0.212+0.106	7.00	10.00	97.00
-0.106+0.075	4.50	14.50	90.00
0.075+0.053	5.00	19.50	85.50
0.053+0.038	4.00	23.50	80.50
0.038+0.00	76.50	100.00	76.50

Хемијска карактеризација узорка са Оштрељског планира дата је у табели 2.

Табела 2. Хемијски састав композитног узорка са Оштрељског планира

Елеменат	Садржај, %	Аналитичка метода
<b>Cu</b>	<b>0.457</b>	<b>XRFA</b>
Fe	3.864	XRFA
Mn	0.167	XRFA
As	0.014	XRFA
Si	9.752	XRFA
Al	1.681	XRFA
Ca	15.25	XRFA
Sr	0.303	XRFA
Se	0.0098	ICP-AES
Sb	<0.0050	ICP-AES
Sn	<0.0010	ICP-AES
Mo	<0.0010	ICP-AES
S	0.860	S
As	0.0087	ICP-AES
Te	<0.0040	ICP-AES

XRFA - Рендгенска флуоросцентна анализа

ICP-AES - Атомско апсорпциони спектрометар са индуковано куплованом плазмом

S- Гасна волуметрија

Присуство бакра у узорку је у количини која указује на могућност његове експлоатације.

### 4. Физичко - хемијска карактеризација индустријских и рудничких отпадних вода

Урађена је детаљна физичко-хемијска анализа узорака отпадне воде из металуршких производних процеса (добивање сумпорне киселине, производња бакар сулфата, електролитичка рафинација бакра и прерада анодног муља) и узорака рудничких отпадних вода из акумулације Робуле (Табела 3).

Табела 3. Физичко - хемијска карактеризација отпадних воде

Параметар	Јединица	Индустријске отпадне воде				Рудничке отпадне воде	Аналитичка Хемијска метода*
		Отпадне воде из процеса добијања сумпорне киселине	Отпадне воде из електролитичке рафинације бабра	Отпадне воде из производње бакар сулфата	Отпадне воде из процеса прераде анодног муља	Отпадне воде из Робуле акумулације	
Количина	m <sup>3</sup> /day	156.68	24.72	6.76	8.45	484.00	
pH		2.36	1.66	0.10	0.81	3.16	
Укупни чврсти остатак сушен на 105°C	g/dm <sup>3</sup>	464.23	7.90	35.56	3.41	15.67	G
Садржај H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	g/dm <sup>3</sup>	1.76	4.13	190.18	37.41	0.05	V
Алуминијум (Al)	mg/dm <sup>3</sup>	129.65	6.30	28.94	7.18	352.50	AES-ICP
Антимон (Sb)	mg/dm <sup>3</sup>	<1	1.75	68.05	1.22	<0.1	AES-ICP
Арсен (As)	mg/dm <sup>3</sup>	81.34	13.30	549.54	28.45	<0.1	AES-ICP
Кадмијум (Cd)	mg/dm <sup>3</sup>	4.59	<1	<1	<1	<0.1	AES-ICP
Калцијум (Ca)	mg/dm <sup>3</sup>	571.09	84.64	39.27	43.45	430.00	AAS
Хром (Cr)	mg/dm <sup>3</sup>	<1	<1	<1	1.11	<0.1	AES-ICP
Кобалт (Co)	mg/dm <sup>3</sup>	1.10	<1	2.87	<1	1.20	AES-ICP
<b>Бакар (Cu)</b>	<b>mg/dm<sup>3</sup></b>	<b>93.41</b>	<b>1312.18</b>	<b>7121.82</b>	<b>725.64</b>	<b>61.80</b>	<b>AAS</b>
Гвожђе (Fe)	mg/dm <sup>3</sup>	5858.18	28.89	243.05	49.63	780.00	AAS
Олово (Pb)	mg/dm <sup>3</sup>	2.86	0.91	1.19	5.34	<0.1	AES-ICP
Магнезијум (Mg)	mg/dm <sup>3</sup>	153.45	20.96	35.18	13.27	1430.00	AAS
Манган (Mn)	mg/dm <sup>3</sup>	6.37	<1	<1	<1	108.80	ICP
Никл (Ni)	mg/dm <sup>3</sup>	0.72	25.88	879.18	5.61	0.68	ICP
Селен (Se)	mg/dm <sup>3</sup>	1.48	1.52	49.39	1290.09	<0.15	ICP
Натријум (Na)	mg/dm <sup>3</sup>	40.80	11.09	28.43	12.14	140.00	AAS
Ванадијум (V)	mg/dm <sup>3</sup>	2.23	<1	<1	<1		ICP
Цинк (Zn)	mg/dm <sup>3</sup>	173.74	3.25	34.52	1.85	23.40	ICP
Сребро (Ag)	mg/dm <sup>3</sup>	<1	<1	<1	<1		ICP
Бизмут (Bi)	mg/dm <sup>3</sup>	1.70	1.45	13.37	2.45	<1	AAS
Жива (Hg)	mg/dm <sup>3</sup>	0.0348	0.001	0.001	0.001	0.001	CV-AAS
Хлориди (Cl)	mg/dm <sup>3</sup>	78.15	33.78	45.20	191.49		T
Сульфати (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/dm <sup>3</sup>	35365.75	31315.01	216413.91	100211.43		G

\* G - Гравиметријска метода

V - Волуметријска метода

AES-ICP - Атомско апсорпциони спектрометар са индуковано куплованом плазмом (Spectro Ciros Vision)

AAS - Атомско апсорпциони спектрометар (Perkin-Elmer – 100)

CV-AAS - Без пламена атомско апсорпциона спектромететрија (Perkin-Elmer FIMS-100)

T - Турбидометријска метода

Рудничке отпадне воде из акумулације "Робуле" имају повећан садржај тешких метала који је изнад дозвољених граница регулисаних законском регулативом Републике Србије за безбедно испуштање у Борску реку. Отпадне воде из технолошких процеса за производњу бакар-сулфата, електролитичку рафинацију бабра, прераду анодног муља и производњу сумпорне киселине даје слику састава отпадних индустријских вода из РТБ Бор. Количина бабра присутна у отпадном водама у садашњим условима производње бабра угрожава животну средину и представља значајан економски губитак.

Отпадне рудничке воде из Робуле акумулације и отпадне воде из процеса производње сумпорне киселине коришћене су као реагент за лужење узорака раскривке. Урађена је серија лабораторијских испитивања процеса перколационог лужења бакра, дефинисани су оптимални параметри лужења који су проверени на увећаном лабораторијском постројењу приказаном на слици 3.



Општимални технолошки параметри лужења су:

- брзина лужења бакра 750 мг/л/дан,
- рН вредност лужног раствора: 1,5,
- густина пулпе: 10wt%,
- величина честице: 100% - 12.5 мм,
- температура: 20°C,
- укупно време лужења једног циклуса: 120 ч;

Под овим условима постигнут је степен излужења бакра од 67 % Cu.

Слика 3. Увећано лабораторијско постројење за перколационо лужење

Подаци о садржају бакра (табела 3) у отпадним водама из процеса електролитичке рафинације бакра, производње бакар сулфат и прераде анодног муља, указују на могућност примене процеса солвентне екстракције за издвајање бакра из ових вода.

Урађене су серије опита на лабораторијском нивоу са циљем издвајања бакра из колективног узорка наведених отпадних вода применом поступка солвентне екстракције. Испитиван је утицај врсте екстрагенса, време контакта фаза и однос органске и водене фазе. Најбољи резултати екстракције бакра постигнути су применом екстрагенса LIX 622N при следећим условима: однос аq/org: 1/1; водена фаза: колективни узорак отпадних вода који садржи  $2.1 \text{ g/dm}^3 \text{ Cu}$ , рН=1.2; органска фаза: LIX-622N (5%) у керозину. При овим условима степен екстракције бакра износио је 97,4 % Cu и потврђен је висок степен селективности у односу на садржај гвожђа из раствора.

Издвојена водена фаза настала у процесу екстракције бакра садржали око  $200 \text{ mg/dm}^3 \text{ Cu}$  и прикључује се отпадним рудничким водама из акумулације Робуле и отпадном водом из процеса производње сумпорне киселине у процесу лужења раскривке. Добијени лужни раствор упућује се у SX процес.

Засићена органска фаза је реекстрахована у два ступња. Услови одвијања процеса реекстракције: однос аq/org фаза: 1/5, раствор за реекстракцију:  $2\text{M H}_2\text{SO}_4$ . Степен реекстракције бакра био је 95% Cu.

Из раствора добијеног након реекстракције извршена је валоризација бакра поступком електролитичког издвајања бакра (EW) при чему је добијен катодни бакар комерцијалног квалитета.

Након извршених лабораторијских експерименталних истраживања процеса солвентне екстракције и електролитичког издвајања бакра (SX-EW), дефинисани су оптимални

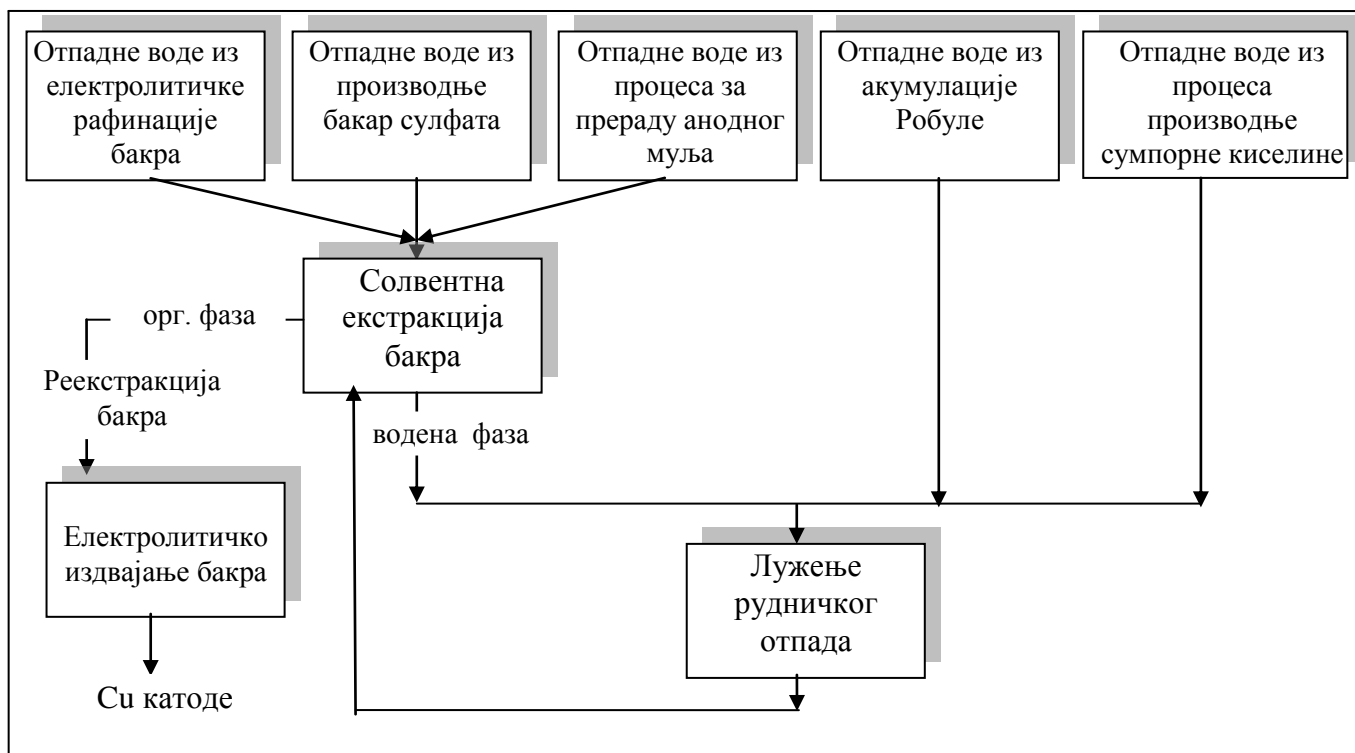


параметри процеса и потврђени на увећаном лабораторијском постројењу приказаном на слици 4.



Слика 4. Увећано лабораторијско постројење за SX-EW процес

На основу резултата увећаних лабораторијских истраживања сачињен је предлог технолошког процеса интегралног третмана отпадних вода и рудничког отпада који је приказан на слици 5.



Слика 5. Блок шема предложениог технолошког процеса интегралног третмана отпадних вода и рудничког отпада из РТБ Бор



Предложени метод за интегрални третман омогућава издвајање бакра из отпадних вода и чврстог рудничког отпада што има позитиван економски ефекат и истовремено спречава даље загађење животне средине.

## ЗАКЉУЧАК

Предмет техничког решења је нови технолошки поступак за интегрални третман рудничког отпада и отпадних вода из РТБ Бор. У програмском пакету Gemcom 6.1 је израђен 3D модел Оштрељског планира као и депресије у којој се налази акумулација „Робуле“. Приказан је минералогски састав и физичко-хемијска карактеризација узорка раскривке депоноване на Оштрељском планиру

Дата је карактеризација отпадних индустријских вода насталих у току процеса добијања и прераде бакра као и отпадних рудничких вода из акумулације Робуле које настају дејством атмосферских падавина на одложене коповске раскривке. Утврђен је повишен садржај јона тешких метала (Cu, Fe, Mn, Zn, Pb, Ni, Bi, Cd, и др.) који вишеструко премашује граничне вредности дефинисане у законској регулативи Републике Србије.

Дат је предлог третмана индустријских отпадних вода са повећаним садржајем бакра поступком солвентне екстракције (SX) бакра и постигнут је степен екстракције бакра од 97 % Cu. Из раствора добијеног након реекстракције извршена је валоризација бакра поступком електролитичког издвајања (EW) бакра и добијен катодни бакар комерцијалног квалитета. Након процеса екстракције бакра издвајена водена фаза у комбинацији са отпадном индустријском водом из процеса производње сумпорне киселине и рудничким водама користи се у процесу лужења бакра из чврстог рударског отпада – Оштрељског планира. Добијени лужни раствор упућује се у SX-EW процес у циљу добијања бакра комерцијалног квалитета.

Предложени интегрални третман отпадних вода и рударског отпада у рударском комплексу РТБ Бор омогућава затворени кружни ток отпадних вода чиме се постиже заштита водотокова од присуства тешких метала. Предност предложеног интегралног третмана отпадних вода и чврстог рударског отпада је да се поред еколошког постиже и значајан економски ефекат издвајањем присутног бакра из отпадних вода и рударског отпада.

Нови технолошки поступак који је предмет овог техничког решења је применљив у РТБ Бор и може се прилагодити за решавање сличних проблема у другим рудницама бакра.



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

**Број: XVI/7.2.**

**Од 04.12.2013.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 XVI-ој седници одржаној дана 04.12.2013. године донело:

**ОДЛУКУ**

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

**I**

На захтев Радојке Јоновић, стручног саветника Института за рударство и металургију у Бору, Научно веће је покренуло поступак за валидацијом и верификацијом техничког решења под називом „*Интегрални третман отпадних вода и рударског отпада из РТБ-а Бор* „ и донело Одлуку о именовању следећих рецензента за давање мишљења о наведеном техничком решењу:

1. др Мирослав Сокић, научни сарадник ИТНМС-а Београд
2. проф.др Милан Трумић, ванредни професор Техничког факултета у Бору

**ПРЕДСЕДНИК НАУЧНОГ ВЕЋА**

**Др Миленко Љубојев, дипл.инж.руд.  
Научни саветник**



**Predmet:** Recenzija Tehničkog rešenja

## INTEGRALNI TRETMAN OTPADNIH VODA I RUDARSKOG OTPADA IZ RTB-a BOR

**Autora :**

dr Mile Bugarin, dipl.inž. geol.  
Radojka Jonović, dipl.inž.tehn.  
Ljiljana Avramović, dipl.inž.tehn  
dr Zoran Stevanović, dipl.inž.rud.  
mr Radmila Marković, dip.inž.tehn.  
Ljubiša Obradović, dipl.inž.rud.  
Gordana Slavković, dipl.ekon.  
Vojka Gardić, dipl.inž.tehn.

### **Mišljenje recenzenta**

Odlukom Naučnog Veća IRM-a Bor, br. XVI/7.2. od 04.12.2013, određen sam za recenzenta tehničkog rešenja: „**Integralni tretman otpadnih voda i rudarskog otpada iz RTB-a Bor**“, koje predstavlja rezultat projekta br. **TR 37001**: *“Uticaj rudarskog otpada iz RTB-a Bor na zagađenje vodotokova sa predlogom mera i postupaka za smanjenje štetnog dejstva na životnu sredinu”*, oblast: *Uređenje, zaštita i korišćenje voda, zemljišta i vazduha*, finansiran od strane MPNTR R Srbije (2011-2014), čiji je rukovodilac dr Mile Bugarin, dipl.inž. geol., viši naučni saradnik u IRM Bor. U skladu sa iznetim iznosim mišljenje na osnovu priložene dokumentacije.

Tehničko rešenje predstavljeno je na 10 strana, obuhvata 3 tabele, jednu blok-šemu i četiri slike. Tehničko rešenje je urađeno u skladu sa zahtevima definisanim „Pravilnikom o postupku i načinu vrednovanja i kvantitativnom iskazivanju naučnoistraživačkih rezultata, Sl. Glasnik, RS 38/2008.

Tehničko rešenje je prikazano kroz sledeće celine:

- **Opšti deo:** sadrži naziv i broj projekta na koje se tehničko rešenje odnosi, naziv tehničkog rešenja i spisak autora
- **Oblast na koju se tehničko rešenje odnosi:** zaštita životne sredine



- **Problem koji se tehničkim rešenjem rešava:** u cilju rešavanja višedecenijskog problema nastalog odlaganjem rudarskog otpada dat je predlog tehnološkog procesa integralnog tretmana otpadnih industrijskih i rudničkih voda i čvrstog rudničkog otpada čime bi se pored ekološkog postigao i ekonomski efekat.
- **Svetska iskustva:** dat je pregled zemalja koje su primenile sličan tretman rudarskog otpada
- **Opis tehničkog rešenja:** sadrži fizičko-hemijsku karakterizaciju čvrstog i tečnog otpada i opis predloženog tehnološkog procesa integralnog tretmana zasnovanog na rezultatima dobijenim u eksperimentalnim istraživanjima procesa luženja-solventna ekstrakcija-elektrolitičko izdvajanje bakra (L-SX-EW) na uvećanom laboratorijskom nivou.

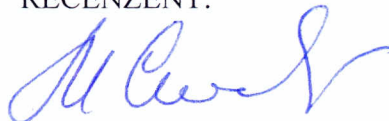
## Zaključak

Dokumentacija tehničkog tešenje „**Integralni tretman otpadnih voda i rudarskog otpada iz RTB-a Bor**“ pripremljena je u skladu sa Pravilnikom o postupku i načinu vrednovanja i kvantitativnom iskazivanju naučnoistraživačkih rezultata istraživača, SI.Gl.38/2008, i pruža sve neophodne informacije o oblasti na koju se tehničko rešenje odnosi, problem koji se njime rešava, stanje rešenosti tog problema u svetu, detaljan opis predloženog postupka za integralni tretman otpadnih voda i rudarskog otpada.

Predloženi postupak se odnosi na čvrst rudarski otpad i industrijske i rudničke otpadne vode poreklom iz RTB Bor i omogućava pored valorizacije bakra i zaštitu čovekove okoline. Doprinos ovog tehničkog rešenja je primena otpadnih voda u procesu luženja čvrstog rudničkog otpada čime se rešava ekološki problem izazvan uticajem i čvrstog i tečnog rudarskog otpada na životnu okolinu. Proces se može primeniti u RTB Bor i prilagoditi za rešavanje sličnih problema u drugim rudnicima bakra.

Na osnovu izloženih argumenata preporučujem da se tehničko rešenje prihvati i svrsta u kategoriju **M 83**, novi tehnološki postupak, pomenutog pravilnika.

RECENZENT:



Dr Miroslav Sokić,

naučni saradnik ITNMS Beograd

Datum: decembar 2013.god.

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

**Predmet:** Recenzija Tehničkog rešenja kategorije M 83 pod nazivom „INTEGRALNI TRETMAN OTPADNIH VODA I RUDARSKOG OTPADA IZ RTB-a BOR“

Na osnovu Odluke Naučnog veća Instituta za rudarstvo i metalurgiju u Boru broj: XVI/7.2. od 04.12.2013.god., određen sam za recenzenta tehničkog rešenja pod nazivom „Integralni tretman otpadnih voda i rudarskog otpada iz RTB-a Bor“.

Tehničko rešenje je rezultat Projekta: „Uticaj rudarskog otpada iz RTB-a Bor na zagađenje vodotokova sa predlogom mera i postupaka za smanjenje štetnog dejstva na životnu sredinu“. Projekat je finansiran od strane Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije.

Broj projekta: TR 37001

Oblast: Uređenje, zaštita i korišćenje voda, zemljišta i vazduha

Period realizacije: 2011-2014

Rukovodilac projekta: Dr Mile Bugarin, dipl.inž. geol., viši naučni saradnik u IRM Bor

Autori tehničkog rešenja iz Instituta za rudarstvo i metalurgiju u Boru su:

dr Mile Bugarin, dipl.inž. geol.

Radojka Jonović, dipl.inž.tehn.

Ljiljana Avramović, dipl.inž.tehn.

dr Zoran Stevanović, dipl.inž.rud.

mr Radmila Marković, dip.inž.tehn.

Ljubiša Obradović, dipl.inž.rud.

Gordana Slavković, dipl.ekon.

Vojka Gardić, dipl.inž.tehn.

### **Mišljenje recenzenta**

Tehničko rešenje pod nazivom „Integralni tretman otpadnih voda i rudarskog otpada iz RTB-a Bor“ predstavljeno je na deset strana, sadrži tri tabele, četiri slike i jednu blok šemu za tehnološki postupak integralnog tretmana otpadnih voda i rudarskog otpada u RTB Bor. Tehničko rešenje je uređeno u skladu sa zahtevima koji su definisani „Pravilnikom o postupku i načinu vrednovanja i kvantitativnom iskazivanju naučnoistraživačkih rezultata, Sl. glasnik, RS 38/2008.

U prvom delu tehničkog rešenja opisan je problem koji se tehničkim rešenjem rešava a odnosi se na rešavanje posledica zagađenja životne sredine Bora i okoline rudarskim otpadom i otpadnim vodama. Autori su izneli podatke o količini deponovanog rudarskog otpada i otpadnim vodama u RTB Bor, nastalih kao rezultat višedecenijskog uticaja rudarstva i proizvodnje bakra u Boru, što dovodi do zagađenja vazduha, vode i zemljišta.



Drugi deo opisuje svetska iskustva u primeni hidrometalurških postupaka za valorizaciju bakra iz vanbilansnih rudničkih materijala.

U trećem delu dat je opis tehničkog rešenja. Prikazan je mineraloški sastav i fizičko-hemijska karakterizacija uzorka raskrivke deponovane na Oštrejskom planiru. Sačinjen je i 3D model Oštrejskog planira i digitalna mapa terena. Data je fizičko-hemijska karakterizacija industrijskih otpadnih voda (iz proizvodnih procesa: dobijanje sumporne kiseline, proizvodnja bakar sulfata, elektrolitička rafinacija bakra i prerada anodnog mulja) i uzoraka rudničkih otpadnih voda iz akumulacije Robule.

Na osnovu urađene fizičko – hemijske karakterizacije Oštrejskog planira i otpadnih voda, kao i eksperimentalnih istraživanja procesa luženja, solventne ekstrakcije i elektrohemijskog izdvajanja bakra (L-SX-EW) sačinjen je predlog tehnološkog procesa integralnog tretmana rudarskog otpada i otpadnih voda i data blok-šema procesa.

Doprinos predloženog tehničkog rešenja je novi tehnološki postupak luženja rudarskog otpada iz RTB Bor primenom otpadnih voda kao rastvora za luženje. Ovim se postiže zatvoreni ciklus kruženja otpadnih voda čime se rešava ekološki problem. Daljim postupcima SX-EW omogućava se valorizacija bakra što daje dodatni ekonomski efekat predloženog postupka. Proces je primenljiv u RTB Bor i drugim rudnicima bakra uz prilagođavanje procesa konkretnom sastavu rudarskog otpada.

Navedeno tehničko rešenje za naše uslove predstavlja jedan potpuno nov tehnološki postupak i stoga predlažem da se tehničko rešenje pod nazivom: "Integralni tretman otpadnih voda i rudarskog otpada iz RTB-a Bor" prihvati i svrsta u kategoriju **M 83**, novi tehnološki postupak na nacionalnom nivou, u skladu sa zahtevima definisanim u pomenutom pravilniku Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj.

RECENZENT

Prof. dr Milan Trumić, vanredni profesor  
Tehničkog fakulteta u Boru,  
Univerziteta u Beogradu

Bor, 18. decembar 2013. godine



**RTB BOR – GRUPA**  
Društvo s ograničenom odgovornošću  
**„RUDNICI BAKRA BOR” U BORU**

Zam.dir.za pov.ekspl.i investicije: (030) 422-461; 421-198; 421-458;  
Zam.dir.za PMS: (030) 422-461; 421-198; 421-458;

Telex 19204 i 19249  
Telefax br.(030) 422-074  
E-mail: rbb@ptt.rs

RBB BOR D.O.O.

Naš znak i br.: \_\_\_\_\_

Vaš znak i br.: \_\_\_\_\_

Datum \_\_\_\_\_

19210 Bor

Ul. Kestenova

Poš.fah 103

**PREDMET**

Dokaz o prihvatljivosti tehničkog rešenja  
pod nazivom: „Integralni tretman otpadnih  
voda i rudarskog otpada iz RTB-a Bor“

Tehničko rešenje je rezultat projekta finansiranog od strane Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije, br. TR 37001 pod nazivom: “Uticaj rudarskog otpada iz RTB-a Bor na zagađenje vodotokova sa predlogom mera i postupaka za smanjenje štetnog dejstva na životnu sredinu. Oblast: Uređenje, zaštita i korišćenje voda, zemljišta i vazduha, period realizacije: 2011-2014. Rukovodilac projekta: Dr Mile Bugarin, dipl.inž.geol., viši naučni saradnik u IRM Bor

Tehničko rešenje definiše novi tehnološki postupak integralnog tretmana otpadnih voda i rudarskog otpada iz RTB-a Bor.

Autori tehničkog rešenja iz Instituta za rudarstvo i metalurgiju u Boru su:

dr Mile Bugarin, dipl.inž. geol.

Radojka Jonović, dipl.inž.tehn.

Ljiljana Avramović, dipl.inž.tehn.

dr Zoran Stevanović, dipl.inž.rud.

mr Radmila Marković, dip.inž.tehn.

Ljubiša Obradović, dipl.inž.rud.

Gordana Slavković, dipl.ekon.

Vojka Gardić, dipl.inž.tehn.

Predloženo tehničko rešenje za integralnog tretman otpadnih voda i rudarskog otpada iz RTB Bor, zasnovano je na naučnim činjenicama i stručnim objašnjenjima kao i rezultatima eksperimentalnih istraživanja na uvećanom laboratorijskom nivou na uzorcima rudarskog otpada poreklom iz RTB Bor. Opravdanost primene predloženog tehničkog rešenja je rešavanje ekološkog problema izazvanog dejstvom otpadnih voda i čvrstog rudarskog otpada poreklom iz RTB Bor. Dodatni ekonomski efekat predloženog postupka postiže se valorizacijom bakra iz rudarskog otpada primenom postupaka: luženje, solventna ekstrakcija i elektrolitičko izdvajanje bakra (L-SX-EW).

Na osnovu uvida u sadržaj tehničkog rešenja i svih napred navedenih konstatacija, prihvatamo predmetno tehničko rešenje koje predstavlja novi tehnološki postupak kao originalnu tehnologiju za integralni tretman rudarskog otpada i otpadnih voda poreklom iz RTB Bor. Spremni smo da u narednom periodu damo punu podršku za dalja istraživanja za primenu ove tehnologije na sličnim sirovinama nastalim u procesima rudarenja i prerade rude bakra.

Bor, decembar 2013. godine

Zamenik direktora za proizvodnju RBBa



Darko Milićević, dipl.ing.rud.

Strukturiran





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

**Број: XVII/2.2.**

**Од 27.12.2013.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 XVII-ој седници одржаној дана 27.12.2013. године донело:

**ОДЛУКУ**  
**о прихватању техничког решења**

**I**

На основу покренутог поступка за валидацијом и верификацијом техничког решења под називом „*Интегрални третман отпадних вода и рударског отпада из РТБ-а Бор*“, аутора: др Миле Бугарин, Радојка Јонових, Љиљана Аврамових, др Зоран Стеванових, мр Радмила Марковић, Љубиша Обрадовић, Гордана Славковић, Војка Гардић, и мишљења рецензената и корисника о наведеном техничком решењу, Научно веће је донело Одлуку о прихватању наведеног техничког решења.

**ПРЕДСЕДНИК НАУЧНОГ ВЕЋА**

Др Миленко Љубојев, дипл.инж.руд.

Научни саветник