



YU ISSN 1451-0162

UDC 622

mining engineering

RUDARSKI RADOVI

1/2014

komitet za podzemnu eksploataciju mineralnih sirovina

Rudarski radovi je časopis baziran na bogatoj tradiciji stručnog i naučnog rada u oblasti rudarstva, podzemne i površinske eksploatacije, pripreme mineralnih sirovina, geologije, mineralogije, petrologije, geomehanike i povezanih srodnih oblasti. Izlazi dva puta godišnje od 2001.godine, a od 2011. godine četiri puta godišnje.

Glavni i odgovorni urednik

Prof.dr Mirko Ivković, viši naučni saradnik
Komiteta za podzemnu eksploataciju mineralnih sirovina
Resavica

E-mail: mirko.ivkovic@jppeu.rs

Tel: 035/627-566

Zamenik glavnog i odgovornog urednika

Doc.dr Jovo Miljanović
Rudarski fakultet Prijedor, Republika Srpska

Urednici

Vlado Todorović
Danijel Janković

Prevodilac:

Nenad Radača
Dražana Tošić

Štamparija: Grafpromet doo, Kragujevac

Tiraž: 100 primerka

Internet adresa

www.jppeu.rs

Izdavanje časopisa finansijski podržavaju
Komiteta za podzemnu eksploataciju
mineralnih sirovina Resavica

ISSN 1451-0162

Indeksiranje časopisa u SCIndeksu i u ISI

Sva prava zadržana

Izdava

Komiteta za podzemnu eksploataciju
mineralnih sirovina Resavica

E-mail: mirko.ivkovic@jppeu.rs

Tel: 035/627-566

Naučno-tehnički saradnja sa

Inženjerskom Akademijom Srbije

KOMITET ZA PODZEMNU EKSPLOATACIJU MINERALNIH SIROVINA

Ure iva ki odbor

Akademik Prof.dr Mladen Stjepanovi

Inženjerska akademija Srbije

Prof dr Vladimir Bodarenko

Nacionalni rudarski univerzitet,

Odeljenje za podzemno rudarstvo, Ukrajina

Prof.dr Milivoj Vuli

Univerzitet u Ljubljani, Slovenija

Akademik Prof.dr Jerzy Kicki

Državni institut za mineralne sirovine i energiju,

Krakov, Poljska

Prof.dr Vencislav Ivanov

Rudarski fakultet Univerziteta za rudarstvo i geologiju

„St. Ivan Rilski“Sofija Bugarska

Prof. Dr Tajduš Antoni

Stanislavov univerzitet za rudarstvo i metalurgiju,

Krakov, Poljska

Dr Dragan Komljenovi

Nuklearna generatorska stanica G2, Hidro –Quebec,

Kanada

Doc.dr Zlatko Dragosavljevi

Fakultet za primenjenu ekologiju

Futura Univerzitet Singidunum-

Beograd

Prof.dr Dušan Gagi

Rudarsko-geološki fakultet Beograd

Prof.dr Nebojša Vidanovi

Rudarsko-geološki fakultet Beograd

Prof.dr Ne o uri

Tehni ki institut, Bijeljina,Republika Srpska

Prof.dr Vitomir Mili

Tehni ki fakultet Bor

Prof. Dr Rodoljub Stanojlovi

Tehni ki fakultet Bor

Dr Miroslav R. Ignjatovi , viši nau ni saradnik

Privredna komora Srbije

Doc.dr Slobodan Majstorovi

Rudarski fakultet, Prijedor

Prof.dr Vladimir Malbaši

Rudarski fakultet, Prijedor

Doc. dr Lazar Stojanovi

Rudarski fakultet, Prijedor

Prof.dr Radoje Pantovi

Tehni ki fakultet, Bor

Prof. dr Kemal Guti

RGGF-Univerzitet u Tuzli, BiH

COMMITTE OF UNDERGROUND EXPLOITATUONOF THE MINERAL DEPOSITS

SADRŽAJ

Mirko Ivkovi , Jovo Miljanovi , Zorica Ivkovi

NOVI PRISTUP OSAVREMENJAVANJU RADA I POSLOVANJA RUDNIKA SA
PODZEMNOM EKSPLOATACIJOM UGLJA U SRBIJI

Ljiljana Tankosi , Nadežda M. ali , Milena R.Kostovi

TALOŽENJE LIMONITA I GLINE LEŽIŠTA „BUVA “ PRIMJENOM
HIDROIZOLOVANIH POLIAKRILAMIDA

Slobodan Majstorovi , Dražana Toši , Edin Fazli

IZBOR NA INA OTVARANJA I RAZRADE GRUPISANIH BOKSITNIH RUDNIH TJELA
PRIMJENOM VIŠEKRITERIJUMSKE OPTIMIZACIJE

NOVI PRISTUP OSAVREMENJAVANJU RADA I POSLOVANJA RUDNIKA SA PODZEMNOM EKSPLOATACIJOM UGLJA U SRBIJI

Mirko Ivkovi¹, Jovo Miljanovi², Zorica Ivkovi¹

IZVOD

Sve analize i sagledavanja stanja rada i poslovanja rudnika sa podzemnom eksploatacijom uglja u Srbiji, pokazuju da je prisutna izuzetno teška ekonomska situacija, nizak stepen mehanizovanosti tehnoloških faza i radnih procesa, visoko učešće teškog fizičkog rada i kontinuiran trend pogoršanja odnosa priprema-otkopavanje u gotovo svim jamama, što direktno vodi prekidu kontinuiteta otkopavanja. Da bi se izašlo iz ove pozicije neminovne su korenite promene, a koje se obrađuju u ovom radu.

Ključne reči: rudnici, uglj, podzemna eksploatacija

1. UVOD

U složenim i različitim uslovima ležišta uglja u Srbiji, primenjuju se brojna specifična tehničko-tehnološka rešenja podzemnog otkopavanja slojeva kamenog, mrkog uglja i lignita uz nastojanja da se prilagode uslovima svakog ležišta, sa različitim rezultatima. Uglavnom se kod aktivnih rudnika radi o otkopavanju debelih ugljenih slojeva, a što je najsvestranije i najteže područje u oblasti podzemnog otkopavanja.

Sada je u Srbiji aktivno 8. proizvodnih rudnika sa 11 jama i jednim rudnikom čija je osnovna delatnost izrada rudarskih investicionih objekata. Proizvodnja koja se ostvaruje godišnje je nedopustivo niska, a osnovni uzrok je nizak stepen mehanizovanosti, visoka amortizovanost opreme i izostanak investiranja.

Većina aktivnih rudnika je u eksploataciji od 160. do 50 godina i kod većine su rezerve uglja iscrpljenjem izuzev ležišta Soko i Štavalj. Sa druge strane postoje veći broj ležišta, koja se po svojim prirodno-geološkim uslovima predisponirana sistemima podzemne eksploatacije, sa značajnim rezervama i dugim vekom eksploatacije, uz koje se mogu graditi i novi termoenergetski objekti.

Adekvatno uslovima, izabrana metoda i tehnologija otkopavanja, najbolja konstrukcija mehanizma za dobijanje i transport, izbor tipa i načina podgrađivanja, kao i izbora adekvatne tehnologije izrade i osiguranja (podgrađivanja) rudarskih prostiranja, kao i organizacija rada predstavlja niz potencijalnih mogućnosti za poboljšanje efekata otkopavanja i veću sigurnost rada.

2. IZMENA PRISTUPA OSAVREMENJAVANJA I RADA PODZEMNIH RUDNIKA

Sadašnji aktivni rudnici sa preostalim malim rezervama uglja treba da se otkopavaju, a da se istovremeno, odnosno što pre započne otvaranje novih rudnika sa većim rezervama i uslovima u kojima se može primeniti savremena mehanizacija. Praksa izostanka ulaganja u rudnike takođe se mora izmeniti i prilagoditi potrebama.

¹ JP PEU-Resavica

² Univerzitet u Banja Luci, Rudarski fakultet, Prijedor

Kao ilustracija smanjenog investiranja u rudnike, u odnosu na planirane za period 2010-2013. godine prikazana je u tabeli broj 1. a najmanji stepen je kod nabavke tehni ko-tehnološke opreme, od svega 14,0 %, a istovremeno rudnici su ostvarivali proizvodnju preko 90%.

U tabeli broj 2. za period 2010-2013. godine, po rudnicima je prikazan pregled investiranja u rudarske radove, što dovoljno govori o tendencijama zaostajanja razvoja rudnika.

Tabela 1. Pregled investiranja u rudarske radove po rudnicima JP PEU (2010-2013)

Rudnik	2010		2011		2012		2013		2010 2013	
	Izra eno (m)	Vrednost (din x 10 ³)	Izra eno (m)	Vrednost (din x 10 ³)	Izra eno (m)	Vrednost (din x 10 ³)	Izra eno (m)	Vrednost (din x 10 ³)	Izra eno (m)	Vrednost (din x 10 ³)
Vrška uka	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ibarski rudnici	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rembas	1.420	236.642	1.463	237.927	635,8	108.681	1.106	199.737	4.624,8	772.986
Bogovina	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Soko	133	23.468	292	62.803	224,5	58.456	96	27.988	745,5	172.715
Jasenovac	367	65.939	198	40.486	222,2	50.021	109	30.108	896,2	186.554
Štavalj	293	47.895	419	57.376	1.081,1	100.219	407	54.792	2.200,2	260.282
Lubnica	46	3.316	119	15.116	70,8	21.708	797	146.975	1.032,8	187.115
UKUPNO	2.259	377.260	2.491	413.708	2.234,5	339.085	2.515	459.600	9.499,5	1.589.653

Komentar:

- Kod Rudnika „Vrška uka“, „Ibarski rudnici“ i „Bogovina“ nema investicionih ulaganja u rudarske radove s obzirom da su tu rezerve pred iscrpljenjem,
- Prose no se godišnje u svim rudnicima uradi 2.375 m novih rudarskih prostorija, što je veoma nisko i narušava kontinuitet otkopnih radova. Najve i obim izrade rudarskih prostorija je kod rudnika „Rembas“, dok je najniži u rudniku „Soko“, koji je rudnik sa najve om potencijalnoš u, što upu uje da se mora pove ati obim radova kod ovog rudnika,
- Kod rudnika „Štavalj“ investicioni rudarski radovi su radovi koji obezbe uju teku u proizvodnju i ne bi se mogli smatrati klasi nim investicijama.

Tabela 2. Pregled planiranih i realizovanih vrednosti investiranja u rudnicima JP PEU (2010-2013)

(din x 10³)

Struktura ulaganja	2010		2011		2012		2013		2010 -2013		
	Plan	Realizacij a	Plan	Realizacij a	Plan	Realizacija	Plan	Realizacija	Plan	Realizacija	%
Geološki radovi	75.706	19.172	81.190	17.475	72.000	24.485	87.600	13.432	316.496	74564	23.5
Rudarski radovi	630.290	377.260	527.585	413.708	654.190	339.085	611.675	459.600	2.423.840	1589653	65.5
Gra evinski radovi	54.825	0	243.000	0	35.700	0	35.000	0	368.525	0	-
Tehni ko tehnološka oprema	461.531	126.800	614.080	183.435	754.017	44.080	924.942	36.347	2.754.570	390.662	14.0
Osniva ka ulaganja	108.200	101.809	67.830	68.629	76.000	56.714	212.060	55.060	464.090	282.212	60.8
UKUPNO	1.330.552	625.041	1.533.685	683.247	1.591.907	464.364	1.871.277	564.439	6.327.421	2.337.091	36.9
Procentat realizacije (%)	46,9		44,5		29,1		30,1		36,9		

Komentar:

- Ukupna realizacija investiranja ostvarena je sa 36.9% pri čemu najveći procenat ostvarenja ima stavka „Rudarski radovi“, a najniža stavka „Tehnološka oprema“,
- Izostanak investiranja u opremu ima direktne posledice na kapacitet proizvodnje i izradu rudarskih radova,
- Nizak procenat ostvarenja investiranja u „Geološke radove“ takođe utiče na racionalno izvođenje rudarskih radova u jamama,
- Evidentan je pad veličine ulaganja po godinama za 2012. i 2013. godinu.

3. PROBLEMI PRIVATIZACIJE RUDNIKA

Planovi o privatizaciji rudnika i termoenergetskih objekata, kao i strateškom partnerstvu sa ino-investitorima su sada apsurdni. Nema investitora koji će kupiti rudnik, izgraditi termoelektranu i po deplasiranim cenama prodavati električnu energiju i biti u bankrot.

Socijalno stanje stanovništva Srbije sada je veoma loše i sa teškim izgledima da će se u skorijoj budućnosti popraviti. Povećanje cena energenata posebno električne energije i uglja dovele bi do još težeg osiromašenja i veoma mali broj stanovništva bi mogao izmirivati obaveze za potrošnju energenata.

Uglj je dobro od nacionalnog interesa i država treba da ulaže u otvaranje novih rudnika sa savremenom opremom. Orijentaciona sagledavanja otvaranja rudnika uglja u ležištu „Poljana“ pokazuju da bi se mogao ostvariti nivo proizvodnje oko milion tona, što je dvostruko više nego što to daju sada svi aktivni rudnici, a moglo bi se otvoriti što direktno što indirektno oko 1.000 radnih mesta.

Već deceniju i po pada zaposlenost u Srbiji i dobija alarmantne razmere, a nećine se mere za razvoj rudarstva i zapošljavanje ljudi. Neko mora nešto proizvoditi i nemogu samo svi trgovati ili se baviti sitnim uslugama.

4. CENE ELEKTRIČNE ENERGIJE I UGLJA

Cena električne energije u Srbiji je na samom dnu u odnosu na evropske cenovnike. U odnosu na kilovat u Danskoj ili Norveškoj, srpski kilovat je jeftiniji skoro pet puta, ali naša struja je i niža nego u okruženju.

U tabeli 3 date su cene električne energije u nekim evropskim zemljama i u Srbiji radi poređenja.

Tabela 3. Cene električne energije u nekim zemljama

	CENE ELEKTRIČNE ENERGIJE	(€cent/KWh)	
Zemlja	Bez taksi i PDV	Sa taksom i PDV	Ukupno
Nemačka	14,89	14,32	29,21
Slovenija	11,76	4,81	15,57
Hrvatska	10,60	2,90	13,50
Crna Gora	8,59	1,95	10,54
Bugarska	7,35	1,47	8,82
BIH	6,80	1,16	7,96
Makedonija	4,10	3,70	7,80
Srbija	5,17	1,07	6,24

Izvor podataka : Ve ernje novosti 14.06.2014.(M.N.S.)

Cene uglja u Srbiji su najniže u regionu. U cilju ilustracije analizirani su podaci cena uglja u Sloveniji i Srbiji.

Podzemni rudnici uglja u Srbiji plasiraju sitan ugalj u Termoelektranu „Morava“ po ceni 1,65 €/GJ, a ugalj iz Velenja ze TE „Šoštanj“ ima cenu 2,95 €/GJ. Prema podacima preuzetim iz Slovenije (Cenik premoga „Velenje“ 2013), komercijalni asortiman mrkog uglja uvezen iz eške košta 260 EU/t, dok je naš ugalj „Rembas“ istog kvaliteta košta sa PDV u Resavici 9.400 din (ili 81 EU).

Da je elektri na energija proizvedena iz uglja najmanja u odnosu na ostale energente vidljivo je iz tabele 4. (iznos podataka AGGIO D.O.O. Novi Sad)

Tabela 4. Uporedne toplotne i cenovne vrednosti dobijene energije iz energetskih goriva koji se koriste u Srbiji (podaci iz 2010)

Redni broj	Naziv energenta	Jedinica mere	Toplotna vrednost MJ	Toplotna vrednost KWh	Cene po jed. mere €	Tržišna cena	Cena 1MJ/€	Cena 1 Kwh/ €	Prose an stepen iskoriš enja toplotne energije %	Cena Kwh neto energije (dinara)	Vrsta goriva	Komentar
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Ogrevno drvo	kg	14.81	4.11	0.060	1pm=500kg=30€	0.0041	0.0146	60	2.287	obnovljivo	Poz.bil.CO2
2	Energetski briket	kg	18.00	5.00	0.100	1 t =100 €	0.0056	0.0200	80	2.350	obnovljivo	Poz.bil. CO2
3	Energetske pelete	kg	18.46	5.12	1.130	1 t = 130 €	0.0070	0.2540	91	2.622	obnovljivo	Poz.bil. CO2
4	Ugalj mrki	kg	18.81	5.22	0.064	1 t = 64 €	0.0034	0.0123	60	1.927	fosilno	Neg.bil.CO2
5	Lož ulje	kg	41.20	11.44	0.789	1 kg = 0.77 €	0.0187	0.0672	94	6.720	fosilno	Neg.bil.CO2
6	Zemni gas	Nm ³	33.10	9.19	0.426	1Nm ³ = 0.426 €	0.0129	0.0464	96	4.543	fosilno	Neg.bil.CO2
7	Mazut	kg	39.27	10.90	0.437	1 kg = 0.437 €	0.0111	0.0401	90	4.188	fosilno	Neg.bil.CO2
8	Elektri na energija	KWh	3.60	1.00	0.065	1 Kwh = 0.065 €	0.0181	0.0650	100	6.016	Obn/fos	50% - 50 %

Napomena: Rubrika 13 odre uje bilansu CO2 kao produkt emisije CO2 u energetskim agregatima, odnosno poreza na emisiju CO2 koji je uveden po Kjoto protokol u razvijenim zemljam Evrope.

1 €= 94 din

Izvor: AGGIO D.O.O.

Novi Sad

5. ZAKLJU CI

Sve analize pokazuju da e i u naredne tri decenije ugalj biti glavni energent za proizvodnju elektri ne energije. Shodno tome i Srbija treba da razvija ugljarsku industriju, odnosno da pored savremenih površinskih kopova razvija i podzemnu eksploataciju uglja otvaranjem novih rudnika. Tako e tehnološki procesi proizvodnje, izrade rudarskih prostorija i njihovog osiguranja, transporta repromaterijala i prevoza ljudi moraju se osavremeniti i mehanizovati.

LITERATURA

1. M.Ivkovi , S.Ivkovi : Stanje mehanizovanosti tehnoloških faza rada podzemne eksploatacije u rudnicima JP PEU, asopis „Rudarski radovi“ br. 2-3/2013, Resavica 2013
2. M.Deni , S.Kokeri : Pozicija podzemne eksploatacije uglja u energetskom sektoru Srbije, asopis „Rudarski radovi“ br 4/2013, Resavica 2013,
3. M.Ivkovi : Racionalni sistemi podzemnog otkopavanja slojeva mrkog uglja ve e debljine u složenim uslovima eksploatacije, Doktorska disertacija, RGF-Beograd, 1997,
4. M.Ivkovi : Strategija razvoja rudnika sa podzemnom eksploatacijom u Srbiji u uslovima restrukturiranja, asopis „Rudarski radovi“ br. 2/2001, Resavica 2001,
5. M.Ivkovi , J.Miljanovi : Parametri uticajni na životnu sredinu u rudniku „Soko“ Sokobanja, asopis „Rudarski radovi“ br.2/2009, Bor 2009,
6. J.Miljanovi , M.Ivkovi : Sistematizacija tehni ko-tehnoloških rešenja eksploatacije u podzemnim rudnicima uglja u Srbiji, Monografija,Komitet za eksploataciju mineralnih sirovina-Resavica, 2014.

TALOŽENJE LIMONITA I GLINE LEŽIŠTA „BUVA“ PRIMJENOM HIDROLIZOVANIH POLIAKRILAMIDA

Ljiljana S. Tankosi¹, Nadežda M. Čalić¹, Milena R. Kostović²

IZVOD

U postrojenju za pripremu mineralnih sirovina rudnika kompanije ArcelorMittal Prijedor, vrši se priprema rude gvožđa iz ležišta „Buva“ postupkom klasiranja krupnih klasa i magnetskom koncentracijom sitnih klasa. Ruda gvožđa obiluje velikim količinama najsitnijih klasa sa visokim sadržajem gvožđa.

U ovom radu su prikazana preliminarna istraživanja utvrđivanja moguće koncentracije limonita iz mulja* selektivnom flokulacijom i izdvajanja istaloženog materijala – limonita, u vidu koncentrata. Pozitivni rezultati ovih istraživanja znače i mogućnost povećanja iskorištenja limonita iz rude i do 30%, a time i povećanje ukupnih rezervi limonita. Treba naglasiti da ovaj proizvod sadrži oko 30% prirodnog okera, pigmenta koji ima cijenu znatno veću od limonita, što bi, pored značajnog ekološkog doprinosa očuvanju životne sredine, imalo i značajnu ekonomsku korist.

Ispitivanja prikazana u ovom radu odnose se na ispitivanja taloženja uzoraka minerala limonita i odvojeno gline u različitim uslovima (pH sredine, vrsta i koncentracija flokulanata, vrijeme taloženja) kako bi se poznavanjem ponašanja ovih minerala u različitim uslovima taloženja predvideli optimalni parametri taloženja za selektivno flokuliranje limonita.

Cljučne riječi: mulj, limonit, glina, iskorištenje, flokulacija, selektivna flokulacija, flokulanti.

¹ Univerzitet u Banja Luci, Rudarski fakultet Prijedor,

² Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd,

*U ovom radu pod pojmom mulj podrazumijeva se preliv hidrociklona, sa niskim udjelom vrste faze (oko 10% i fino omeštenica 100% -25 μm).

1. UVOD

U postrojenju za pripremu mineralnih sirovina, kompanije ArcelorMittal Prijedor, vrši se priprema rude gvožđ a iz ležišta „Buva “ postupkom klasiranja krupnih klasa i magnetskom koncentracijom pijeska hidrociklona (-0,300+0,030 mm). Klasa -0,030 mm predstavlja jalovinu, a katkada je sadržana maseno i do 30%, sa visokim sadržajem gvožđ a. U siromašnijim partijama rude sadržaj gvožđ a se kreće od 42-48%, a u bogatim partijama rude sadržaj gvožđ a je nešto veći od zahtjevanog sadržaja u koncentratu (52-54%).

Strukturno-teksturne karakteristike rude limonita ležišta „Buva “, veći pri otkopavanju uzrokuju dobijanje velikih količina ina sitnih klasa, krupno je ispod 25 μm. Svaki dalji postupak povećava udio ovih klasa iz kojih se na postojećem postrojenju za pripremu mineralnih sirovina u Omarskoj ne može izdvojiti koncentrat zadovoljavajuće kvaliteta, te kao takav, predstavlja jalovinu. Ova jalovina je nepogodna za deponovanje zbog toga što predstavlja stabilnu suspenziju i samim tim predstavlja problem za zaštitu životne sredine. S druge strane, izdvajanje mulja sa oko 50% Fe ili preko 75% limonita u svojstvu jalovine, predstavlja veliki gubitak limonita i smanjenje ekonomskih efekata u poslovanju rudnika.

Osnovni problem za uspješno tretiranje muljeva, bilo u cilju njihovog zbrinjavanja, bilo da se radi o deponovanju na odlagališta, odvodnjavanju ili u cilju valorizacije minerala iz mulja postupcima pripreme mineralnih sirovina, jeste to što se ovi procesi odigravaju djelovanjem fizičkih sila privlačenja ili odbijanja (gravitacijske, centrifugalne, magnetske i sl.) na površine pojedinačnih zrna. Kada su u pitanju suspenzije sitnih klasa, koje predstavljaju kvazidisperzne sisteme, površinske sile koje deluju između zrna minerala jače su od sila privlačenja ili odbijanja fizičkih sila, ili znatno umanjuju njihovo dejstvo. U stabilnim suspenzijama površinske sile ispod 10 (30) μm ostaju dugo dispergovane. Zbog toga se kretanje najsitnijih zrna kroz fluid veoma usporava što ugrožava procese pripreme mineralnih sirovina do neprimjenljivosti.

Najjednostavniji mehanizam disperzije površine je povećanje naelektrisanje njihovih površina. Naelektrisanje i izmjena naelektrisanja mogu biti značajni i u djelovanju flokulanta, mada je pokazano da djelotvorna, specifična adsorpcija flokulanata može da se odigrava i u slučaju kada su površina mineralnih estica i aktivni joni flokulanta istog znaka naelektrisanja. Zbog toga je, u objašnjenju mehanizma flokulacije, potrebno imati podatke o naelektrisanju površina estica.

Jedan od najperspektivnijih postupaka za separaciju minerala iz mulja je selektivna flokulacija (1,2, 3, 5). Veliki broj radova govori o uslovima za uspješnu selektivnu flokulaciju, ali se navodi sa samo nekoliko industrijskih aplikacija. Razumijevanje procesa i istraživanja su još uvijek u relativno ranoj fazi (1,2). Za sada prevladava mišljenje (4,7) da se formiranje flokula odvija u moguća sledeća tri mehanizma: smanjenje elektrostatičkog odbijanja između estica, formiranje polimernih mostova između estica i ionska izmjena između estica i površine estica.

2. EKSPERIMENTALNI RAD

Koncentracija minerala primenom selektivne flokulacije po pravilu uključuje četiri faze i to:

- disperziju estica kako bi svaka estica bila izložena delovanju flokulanta
- selektivnu adsorpciju flokulanta
- formiranje i rast flokula
- odvajanje flokuliranog materijala

U preliminarnim ispitivanjima, koja su rađena u cilju utvrđivanja moguće koncentracije limonita iz mulja selektivnom flokulacijom i odmuljivanjem, prate se uslovi doziranja flokulanata, disperzanata, pH uslovi, miješanje i taloženje. U ovom radu prikazani su rezultati taloženja bez prethodne disperzije.

2.1. Metode ispitivanja

U eksperimentalnim ispitivanjima u ovom radu primjenjeno je više metoda ispitivanja i to:

- metode ispitivanja u cilju karakterizacije uzoraka limonita i gline (krupno e, gustine, hemijskog i mineralnog sastava)
- metode ispitivanja površine minerala određivanjem elektrokinetičkog potencijala
- metode ispitivanja taloženja posebno za uzorke limonita i posebno za uzorke gline.

2.2. Uzorci za ispitivanja

Sva ispitivanja minerala u ovom radu izvršena su na uzorcima limonita i uzorcima gline koji ulaze u sastav rude ležišta „Buva“. Uzorci su dobijeni ručnim odabiranjem, ručnim usitnjavanjem u porcelanskom mlinu i prosejavanjem na situ otvora 0,025 mm i 0,005 mm.

Za mjerenje elektrokinetičkog potencijala korišćeni su uzorci krupno e ispod 0,005 mm, a za zaopte flokulacije ispod 0,025 mm.

Hemijski sastav uzoraka limonita prikazan je u tabeli 1.

Tabela 1. Hemijski sastav uzorka limonita

Fe, %	SiO ₂ , %	Al ₂ O ₃ , %
57,23	2,68	1,49

Iz tabele 1 se vidi da uzorak limonita ima visok sadržaj Fe, koji je približan teorijskom. Sadržaj neistog je relativno nizak, pa se može reći da se radi o uzorku istog minerala limonita.

Hemijski sastav gline prikazan je u tabeli 2.

Tabela 2. Hemijski sastav uzorka gline

Fe, %	Mn, %	SiO ₂ , %	Al ₂ O ₃ , %
5,16	1,98	58,44	17,68

2.3. Reagensi

U ispitivanjima prikazanim u ovom radu primenjeni su reagensi proanaliti ke isto e i to:

- Kao regulatori pH sredine koriš eni su natrijumhidroksid (NaOH) i hlorovodoni na kiselina (HCl).
- kao flokulanti koriš eni su anjonski i katjonski poliakrilamidi tipa SUPERFLOC, firme Kemira sa razli itom, rastu om molekulskom masom i trgova kim oznakama kako je prikazano u tabeli 3.

Tabela 3. Flokulanti koriš eni u eksperimentalnim ispitivanjima

Naziv reagensa	Oznaka
Anjonski poliakrilamidi	A100
	A120
	A130
	A150
Katjonski poliakrilamid	C496

2.3.1. Priprema reagenasa

Regulatori pH (HCl i NaOH) pripremani su kao vodeni rastvori koncentracija $0,1 \text{ mol/dm}^3$, a isti su dodavani u rastvor prema potrebi do postizanja željene pH vrijednosti.

Flokulanti su pripremani neposredno prije opita kao svježi rastvori. Svi koriš eni reagensi su pripremani kao rastvori u destilovanoj vodi. Koncentracija osnovnih rastvora poliakrilamida iznosila je 0,1% i 0,5% a isti su dodavani prema potrebi u koli inama i koncentracijama koje su zahtijevala odre ena ispitivanja izražena u g/t ili g/l.

2.4. Ispitivanja površine minerala

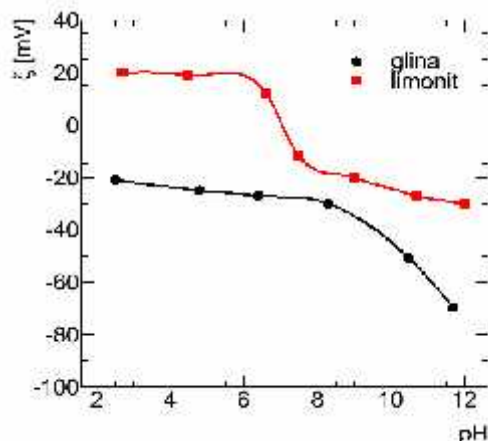
Naelektrisanje površine minerala odre ivano je utvr ivanjem elektrokineti kog potencijala na osnovu mjerenja elektroforetske pokretljivosti estica pomo u mikroelektroforetskog Zetametra „Riddick“. Postupak je više puta detaljno prikazan u literaturi (13).

2.5. Ispitivanja taloženja

Ispitivanja taloženja limonita i gline vršena su u menzurama zapremine 100 ml. Udeo minerala u suspenziji koja je podvrgnuta ispitivanju odgovara udelu vrstog u prelivu hidrociklona na industrijskom postrojenju i iznosi 12 % . Opiti su ra eni u razli itim uslovima (pH sredine, vrste i koncentracije flokulanata, vremena taloženja) kako bi se utvrdilo ponašanje ovih minerala u razli itim uslovima taloženja. Cilj ovih ispitivanja je predvi anje uslova flokulacije i vrste i potrošnje flokulanata za selektivnu flokulaciju limonita.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

Rezultati ispitivanja elektrokineti kog potencijala limonita i gline su prikazani grafi ki na slici 1.



Sl.1. Elektrokineti ki potencijal limonita (1) i gline (2) u funkciji pH.

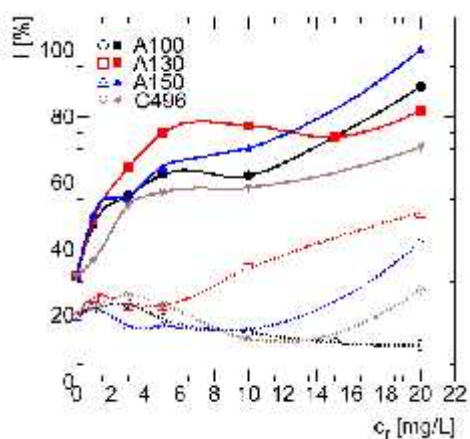
Elektrokineti ki potencijal limonita u kiseloj sredini je pozitivan. Izoelektri na ta ka se ostvaruje na pH u blizini 7, a iznad ove ta ke pH elektrokineti ki potencijal limonita je negativan.

Elektrokineti ki potencijal gline u celom ispitivanom rasponu pH je negativan.

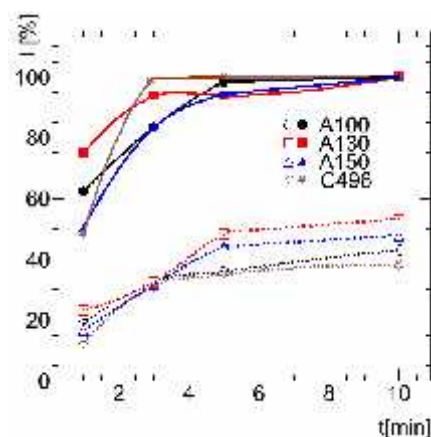
Prema vrijednostima elektrokineti kog potencijala limonita i gline u vodi pri razli itim rastvorima pH adsorpcija flokulanata delovanjem elektrostrastati kih sila se ne odigrava, budu i da pri negativno naelektrisanjoj površini i negativnom naelektrisanju aktivni joni flokuliraju.

Rezultati ispitivanja taloženja limonita i gline su prikazani grafi ki na slikama 2, 3 i 4 kao odnos masa minerala u talogu i polaznom uzorku (raspodjela) i to u funkciji:

1. potrošnje flokulanata, za vrijeme taloženja $t=1$ min,
2. vremena taloženja na prirodnom pH (6,3-6,5) pri potrošnji flokulanata 5 mg/l,
3. vremena taloženja na prirodnom pH (6,3-6,5) pri potrošnji flokulanata 10 mg/l.



Sl. 2. Raspodjela limonita i gline u talogu u funkciji potrošnje flokulanata, pH (6,3-6,5).



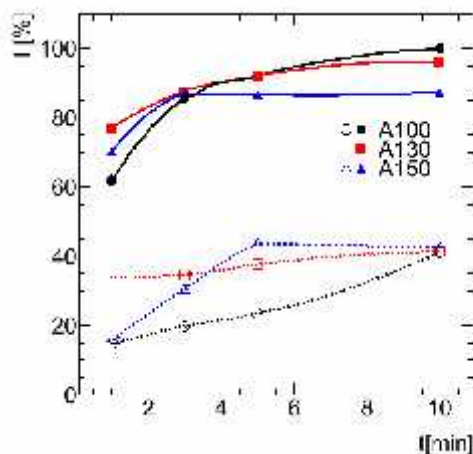
Sl. 3. Raspodjela limonita i gline u talogu u funkciji vremena taloženja, pH 6,3-6,5; potrošnja flokulanata 5 mg/l

Analiza rezultata prikazanih na sl. 2, i 3. Pokazuje da se masena raspodjela limonita u istaloženom dijelu talogu pove ava od nekoliko procenata do nekoliko desetina procenata u odnosu

na postignutu raspodjelu bez flokulanata kada iznosi oko~32% (slika 2., nulta ta ka na apscisi) i dostiže vrijednost od 62-100%, pri koncentraciji od 20 mg/l primjenom svih flokulanata, sa produživanjem vremena flokuliranja od 1 do 4 min. (sl. 3). U istim uslovim raspodjela gline u talogu, kre e se od 10(A100) do 40% pri koncentraciji flokulanata od 20 mg/l (A130).

Raspodjela limonita u talogu pri koncentracijama od 5 i 10 mg/l iznose od 60-80% (slika 2). Sa anjonskim flokulantom A130 postignuta je najve a raspodjela. S druge strane, raspodjela gline pri istim koncentracijama sa flokulantima A100 i A150 iznosi ~10-20%, a primjenom flokulanta A130 ista iznose 24-34%. Interesantno je da pri koncentracijama ve im od 10 mg/l i više raspodjela gline zna ajno raste, a samo sa flokulantom A100 prakti no su nepromijenjena. Za dalja ispitivanja su usvojene koncentracije flokulanata od 5 i 10 mg/l, s obzirom na vrijeme taloženja od 1 min, kao i na pojavu veoma krupnih flokula sa velikom koli inom „zarobljene vode“.

Iz dijagrama sa sl. 3 vidi se da koriš enjem sva tri anjonska flokulanta pri koncentraciji od 5 mg/l raspodjele limonita iznose od 85-95% za vrijeme taloženja od 3 min. Interesantno je da primjenom katjonskog flokulanta pri istom vremenu taloženja (3 min) raspodjela limonita iznosi 100%. Tako e, za vrijeme taloženja od 3 min raspodjele gline iznose ~30%, nezavisno od primjenjenog flokulanta. Sa pove anjem vremena taloženja, raspodjele limonita u talogu su i dalje visoka i dostižu 100%, dok se raspodjele gline pove avaju, ali ne prelaze 50%. Iz tih razloga usvojeno je vrijeme taloženja od 3 min. Za ovo vrijeme taloženja najbolje rezultate sa aspekta selektivnosti je pokazao flokulant A130.



Sl. 4. Raspodjela limonita i gline u talogu u funkciji vremena taloženja, pH0,3-6,5; potrošnja flokulanata 10 mg/l

Sa pove anjem koncentracije primjenjenih flokulanata na 10 mg/l sa dijagrama na sl. 4 vidi se da su raspodjele limonita ~80% za vrijeme taloženja od 3 min. Sa istom koncentracijom flokulanta, a pove anjem vremena taloženja zna ajnije se ne pove avaju raspodjele limonita. Raspodjele gline su i dalje zna ajno niža od raspodjele limonita i nisu ve a od 45%, odnosno za vrijeme taloženja od 3 min koje je i usvojeno, ista iznose 20-35%. Pri ovim koncentracijama i vremenu taloženja od 3 min, flokulant A100 daje najbolje rezultate od zna aja za selektivnost izme u limonita i gline.

4. ZAKLJUČAK:

Po pravilu, flokulacija je uspješnija sa povećanjem broja ugljovodoničnih radikala, odnosno sa povećanjem molekulske težine polimera (3,7,11 i 12). Ovo se potvrđuje i našim optima.

Poređenjem podataka merenja elektrokinetike kod potencijala limonita sa rezultatima taloženja može se zaključiti da je flokulacija limonita polimerima rezultat adsorpcije polimera na površinama minerala silikata i od fizičkih sila elektrostatičkog djelovanja. Ovo je izraženije kada je u pitanju glina gdje je u cijelom rasponu pH elektrokinetički potencijal negativan. Kada je u pitanju limonit može se reći da se dobra flokulacija postiže u blizini izoelektrične tačke (pH 6-7) u uslovima malih vrijednosti pozitivnog naelektrisanja.

Na osnovu optičkih taloženja limonita i gline može se zaključiti da su raspodjele limonita u dobijenim talozima znatno veće a od raspodjele gline primjenom svih flokulanata, nezavisno od vremena taloženja, vrste i koncentracije primjenjenih reagenasa. Raspodjele limonita za usvojeno vrijeme taloženja od 3 minuta iznose od 80-100%, dok raspodjele gline iznose od 20-50%.

Dobijeni rezultati pokazuju da je moguće ostvariti selektivnu flokulaciju limonita, jer je u mulju, koji se na industrijskom postrojenju dobija kao preliv hidrociklona, sadržaj gvožđa veoma estro preko 45%, a katkada i preko 50%. Za dobijanje uslovnog koncentrata potrebno je smanjiti sadržaj gline u talogu za 2 do 15%. Raspodjele limonita u laboratorijskim optima u optimalnim uslovima u talogu iznose od 80-100%. Raspodjele gline u prelivu iznose od 20 do 50 %, što prevedeno na industrijske uslove znači da se lako može dobiti istaloženi proizvod sa preko 51-55% Fe, sa masenim iskorištenjem preko 80% u odnosu na početni mulj. Prema sadržaju Fe ovakav proizvod bi, poslije okrupnjavanja, bio interesantan za metalurgiju.

LITERATURA

1. Yosry A. Attia Fine Particle Separation by Selective Flocculation *Separation Science and Technology*, Volume 17, Issue 3 March 1982, pages 485 – 493
2. N. Ali, M. Glušac, M. Ignjatović, Koncentracija limonita iz mulja, VIII Savjetovanje hemičara i tehnologa Republike Srpske, Tehnološki fakultet, Banja Luka (2008).
3. J.P. Friend and J.A. Kitchener^a Some physico-chemical aspects of the separation of finely-divided minerals by selective flocculation
4. R. D. Pascoe^c and E. Doherty Shear flocculation and flotation of hematite using sodium oleate Camborne School of Mines, University of Exeter, Redruth, Cornwall TR1 3SE, UK, Available online 24 July 1998.
5. Yu, S., Attia, Y. A. Review of selective flocculation in mineral separations. Personal Authors: Yu, S., Attia, Y. A. Mining Engineering Division, Ohio State Univ., Columbus, OH 43210, USA., July 28- August 1, 1986. Attia, Y. A. (editor).
6. N. Ali Priprema mineralnih sirovina, RF Prijedor 2012
7. P. Somasundaran, V. Runkana, Selective flocculation of fines Vol. 10 Special Issue Trans. Nonferrous Met. Soc. China Jun. 2000., Article ID: 1003-6326(2000)S1-0008-04
8. Stechemesser, H., & Dobias, B. (Eds.) Tretiranje muljeva, Flokulacija i koagulacija Surfactant science series: Vol. 126, 2005
9. Healy L.W., La Mer V.K. The adsorption flocculation reactions of a polymer with an aqueous colloidal dispersion *J Phys. Chem.*, 66, 1962.
10. Dobias, B. Coagulation and flocculation.
11. L.J. Tankosi, Mogućnost koncentracije limonita iz mulja selektivnom flokulacijom i odmuljivanjem, Magistarski rad, RGF Beograd, 2012
12. B.M. Moudgil, S. Mathur, T.S. Prakash, Advances in Selective Flocculation Technology for Solid-Solid Separations, *Miner. Process. Recent Adv. Future trends*, Proc. Conf. (S.P. Mehrotra and Rajiv Sekhar, eds), Allied Publishers, New Delhi, 503, 1995.
13. Salati, D., Primjene elektroforetskog zeta metra u pripremi mineralnih sirovina, *Rudarski glasnik*, Rudarski institut Beograd, god. VI, sveska 3, 1967, str. 33-45

UDK:622.28.048:622.272(045)=861

**IZBOR NA INA OTVARANJA I RAZRADE
GRUPISANIH BOKSITNIH RUDNIH TIJELA PRIMJENOM VIŠEKRITERIJUMSKE
OPTIMIZACIJE**

¹Slobodan Majstorovi , ¹Dražana Toši , ²Edin Fazli

IZVOD

Izbor optimalnog na ina otvaranja i razrade ležišta boksita, koja ine grupisana rudna tijela je kompleksan i mnogovarijantni zadatak. Izrazita složenost problema uslovljena je velikim brojem uticajnih faktora koje je potrebno postupkom matemati kog modeliranja matemati ki formulisati.

U radu je prezentiran postupak primjene višekriterijumske optimizacije kroz metodu norma-vektora za odre ivanje optimalnog na ina otvaranja i razrade ležišta boksita koga ine grupisana rudna tijela.

Ključne riječi: otvaranje i razrada, matemati ka metoda, kriterijum optimizacije

1. OPŠTI DIO

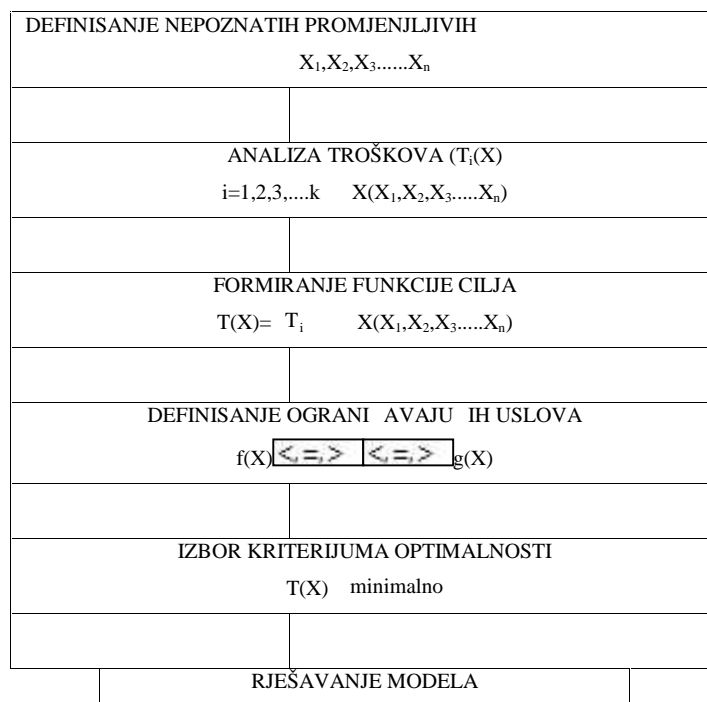
Postupak matemati kog modeliranja se provodi u dvije faze korištenjem metoda varijanti nekoliko razli itih modela otvaranja i razrade ležišta.

U prvoj fazi, za svaku od varijanti otvaranja i razrade ležišta primjenom funkcije cilja određuju se optimalne vrijednosti veli ine janskog polja, veli ine horizonta i veli ine otkopnih polja. Funkcija cilja opisuje ciljeve tehni kog sistema, tj. smatra se da sistem ispunjava svoje ciljeve sve dok vrijednosti funkcije leže unutar oblasti koje ograni avaju dozvoljene grani ne vrijednosti funkcije cilja u vremenu. Matemati ki model za optimizaciju nabrojanih parametara formira se na osnovu tehni kog opisa sistema otvaranja i razrade, a prema algoritmu na sl.1:

¹ Univerzitet u Banja Luci, Rudarski fakultet, Prijedor

² Rudnici lignita „Kreka“ ,Tuzla

U drugoj fazi matematičkog modeliranja dobivene optimalne vrijednosti parametara iz prve faze posmatraju se i definišu kao jedinstven sistem i upoređuju prema kriterijumima koje treba da zadovolji projektovani sistem otvaranja i razrade grupisanih boksitnih rudnih tijela. Za rješavanje druge faze matematičkog modela uspješno se može primijeniti metod višekriterijumske optimizacije-metoda norma vektora.



Sl.1. Algoritam funkcije cilja

Metoda norma vektora je relativno jednostavna metoda rangiranja i izbora najboljeg rješenja od ponuđenih varijanti, a provodi se prema sledećoj metodologiji.

- Za svaku varijantu koja se upoređuje i njena efikasnost se ocjenjuje izračunava se vrijednost pojedinih kriterijuma: (K_1, K_2, K_3, \dots)
- Na osnovu dobivenih vrijednosti kriterijuma određuje se optimalna vrijednost između istoimenih kriterijuma
- Na osnovu poznatih vrijednosti kriterijuma određuje se vektor: (X_{mn})
- Sračunava se "norma vektor": (R_i)
- Određuje se minimalna vrijednost vektora: (X_{mn})

Izračunati vektor prikazuje vektorski stupac kriterijuma (K_i), koji daje najmanje odstupanje po svim kriterijumima. Minimalna vrijednost "norma vektora" je optimalno rješenje, a postupak se provodi prema sledećem algoritmu:

ULAZ VRIJEDNOST KRITERIJA K_1, K_2, K_3, \dots	
MINIMUM ILI MAKSIMUM ISTOIMENIH KRITERIJA $K_{ij} = (K_{ij} - K_{ijo}) / K_{ijo} = X_{mn}$ $m=1,2,3, \dots$ $n=1,2,3, \dots$	
NORMA VEKTOR $R_i = ((X_{1n})^2 + (X_{2n})^2 + \dots + (X_{jn})^2)^{1/2}$	
MINIMALNA VRIJEDNOST VEKTORA X_{mn}	

Sl.2. Algoritam višekriterijumske optimizacije

2. DEFINISANJE KRITERIJUMA OPTIMALNOSTI

Određivanje optimalnog sistema otvaranja i razrade ležišta boksita, koja su grupisana u rudna tijela metodom "norma vektora" vrši se prema sledećim kriterijumima optimalnosti:

K_1 -troškovi otvaranja i razrade jamskog polja..... T_{OPJP} minimalni

K_2 -kapacitet otkopnog polja..... Q_g maksimalan

K_3 -troškovi pripreme rudnih tijela..... T_{PRT} minimalni

K_4 -kapacitet na otkopavanju rudnog tijela..... Q_d maksimalan

Vrijednosti pobrojanih kriterijuma određuju se za svaku pojedinačnu varijantu otvaranja i razrade na sledeći način:

Kriterijum K_1 :

Za predmetno jamsko polje uradi se nekoliko različitih varijanti lokacije prostorija otvaranja, definišu se prostorije razrade, transportni putevi i količina rude koja ostaje u zaštitnom stubu prostorija otvaranja, za svaku od predloženih varijanti analitičkim metodom se određuju troškovi. Ukupni troškovi otvaranja i razrade jamskog polja određuju se prema sledećim zbirnim pojedinačnim troškovima:

Vrijednost rude u zaštitnom stubu (kod otvaranja oknima): Zaštitni stub rude predstavlja dio ležišta u njegovoj zapremini se ne vrši otkopavanje, u cilju zaštite prostorija otvaranja, kao kapitalnih objekata od prvorazrednog značaja za rad jame. Konstruisanje zaštitnog stuba vrši se na osnovu uglovnih parametara, koje su orijentacione vrijednosti (tabela 1.), pri čemu je neophodno da se predvidi zaštitni pojas oko okna širine 10-15m

Tabela 1. Geološki parametri

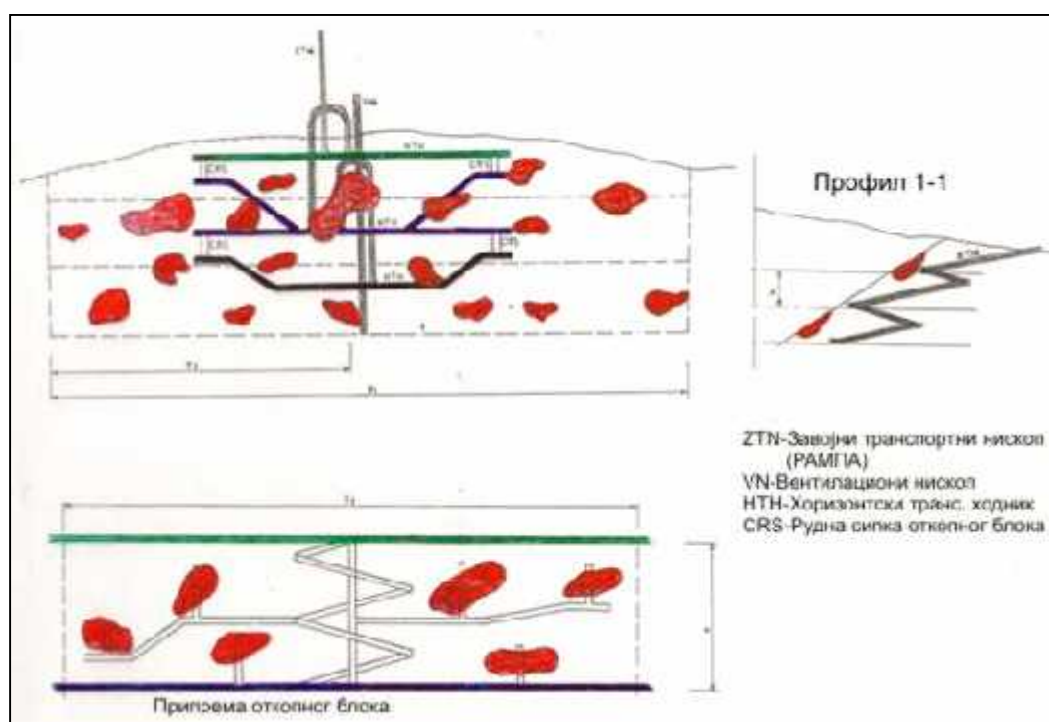
KATEGORIJA STIJENA	VRIJEDNOST UGLOVNIH PARAMETARA
slabe stijene	55 - 65 ⁰
srednje vrste stijene	65 - 75 ⁰
vrste stijene	75 - 85 ⁰

Vrijednost rude u zaštitnom stubu može se odrediti kao :

$$T_{ZS} = Q_{ZS} \times C_r \quad (\text{KM})$$

Q_{ZS} - količina rude zahvaćene zaštitnim stubom okna (t)

C_r - cijena rude (KM/t)



Sl.3. Varijanta otvaranje i razrade jamskog polja koga ine grupisana boksitna rudna tijela

Troškovi izrade prostorija otvaranja jamskog polja: za svaki konkretan način otvaranja jamskog polja mogu se odrediti kao:

$$T_{PO} = \sum_{i=1}^n L_i \cdot C_{PO} \quad (\text{KM})$$

L_i - dužina prostorija razrade na nivou otkopnog polja ili horizonta (m)

n - broj otkopnih polja ili horizonata u granicama jamskog polja

C_{PO} - cijena izrade prostorije otvaranja (KM/m)

- Troškovi izrade prostorija razrade jamskog polja: za svaki konkretan na in otvaranja jamskog polja u zavisnosti od na ina otvaranja, odabrane metode otkopavanja, kapaciteta i prirodnih uslova u ležištu troškovi izrade prostorija razrade jamskog polja mogu se odrediti kao:

$$T_{PR} = \sum_{i=1}^n L_i \cdot C_{PR} \quad (\text{KM})$$

L_i -dužina prostorija razrade na nivou otkopnog polja ili horizonta (m)

n -broj otkopnih polja ili horizonata u granicama jamskog polja

C_{PR} -cijena izrade prostorije razrade (KM/m)

- Troškovi održavanja prostorija otvaranja jamskog polja:

$$T_{PO}^{od} = \sum_{i=1}^n L_{ij} \cdot t \cdot C_{PO}^{od} \quad (\text{KM})$$

C_{PO}^{od} cijena održavanja prostorije razrade (KM/m)

L_{ij} - dužina podgra enog dijela prostorija razrade (m)

t - vrijeme održavanja prostorija otvaranja, koje je jednako vremenu otkopavanja jamskog polja ili jame

- Troškovi održavanja prostorija razrade jamskog polja:

$$T_{PR}^{od} = \sum_{i=1}^n L_{ij} \cdot t \cdot C_{PR}^{od} \quad (\text{KM})$$

C_{PR}^{od} -cijena održavanja prostorije razrade (KM/m)

L_{ij} - dužina podgra enog dijela prostorija razrade (m)

t - vrijeme održavanja prostorija razrade, koje je jednako vremenu otkopavanja otkopnog polja ili horizonta

- Troškovi transporta i izvoza rud : zavise od koli ine rude koja se transportuje i dužine transporta:

$$T_n = (R_1 \cdot l_1 + R_2 \cdot l_2 + R_3 \cdot l_3 + R_n \cdot l_n) \cdot C_{tr} \quad (\text{KM})$$

$R_1..R_n$ -koli ina rude koja se transportuje (t)

$l_1...l_n$ - dužina transporta (m)

C_{tr} -cijena transporta (KM/tm)

- Troškovi energije za provjetravanje: izražavaju se cijenom elektri ne energije koja se utroši za pokretanje jamskog vazduha i provjetravanje jame:

$$T_{pr} = 85,68 \frac{\alpha \cdot C_{kwh} \cdot P \cdot L \cdot t \cdot Q^3}{S^3 \cdot \eta} \quad (\text{KM})$$

L - ukupna dužina prostorija otvaranja i razrade (m)

Q - ukupno potrebna količina vazduha za provjetravanje (m^3/sec)

C_{kwh} - cijena električne energije (KM/kWh)

- Troškovi izgradnje površinskih rudarskih objekata i pristupnih saobraćajnica: mogu se svesti na troškove uređenja lokacije za pomoćne i rudarske objekte i troškove izgradnje pristupnih saobraćajnica.

$$T_{izgradnja} = G \cdot C_{ul} + L_{ps} \cdot C_{ps} \quad (\text{KM})$$

G - količina radova na uređenju lokacije (m^3)

C_{ul} - cijena uređenja lokacije (KM/ m^3)

L_{ps} – dužina pristupne saobraćajnice (km)

C_{ps} - cijena pristupne saobraćajnice (KM/km)

Sabiranjem svih navedenih troškova za svaku od predpostavljenih varijanti dobija se zbirna vrijednost troškova za pojedinu varijantu otvaranja.

Kriterijum K₂:

Maksimalno mogući kapacitet otkopnog polja može se odrediti iz odnosa ukupnih eksploatacionih rezervi i vremena eksploatacije otkopnog polja. Eksploatacione rezerve otkopnog polja iznose:

$$Q_{op} = \sum_{i=1}^n Q = X_3 \cdot X_4 \cdot K_{OR} \cdot K_{ir} \quad (\text{t})$$

X_3 -veličina otkopnog polja po pružanju (m)

X_4 -veličina otkopnog polja po padu (m)

K_{OR} -koeficijent orudjenosti funkcionalne površine otkopnog polja

K_{ir} -koeficijent iskorištenja ležišta u postupku eksploatacije

i -broj rudnih tijela zahvaćenih otkopnim poljem

Q_i -jezerve rude u rudnom tijelu (t)

Vrijeme eksploatacije otkopnog polja može se odrediti kao vrijeme potrebno za pripremu otkopnog polja uvećeno za rezervno vrijeme od 1 do 2 mjeseca.

$$T_{O} = T_{pop} + T_r \quad (\text{god})$$

$$T_{pop} = \frac{\sum L_{pp}^{op}}{V_{pop}} \quad (\text{god})$$

$$\sum L_{pp}^{op} = L_{TH} + L_{VH} + L_{CRS} + L_{SPU} = 2(X_3 - X_4) + \frac{H_{OZ}}{\sin \alpha} + \frac{H_{OZ}}{\sin \beta} \quad (\text{m})$$

L_{TH} -dužina transportnog hodnika otkopnog polja (bloka) (m)

L_{VH} -dužina ventilacionog hodnika otkopnog polja (bloka) (m)

L_{CRS} -dužina centralne rudne sipke otkopnog polja (bloka) (m)

L_{SPU} -dužina servisno prolazne rampe za otkopno polje (blok) (m)

H_{OZ} - visina otkopnog bloka (m)

X_4 - optimalna širina otkopnog bloka (m)

γ -ugao nagiba centralne rudne sipke ($^{\circ}$)

β - ugao nagiba servisno prolazne rampe ($^{\circ}$)

V_{pop} -prosje na brzina napredovanja radova na izradi prostorija pripreme (m/god)

Maksimalno mogu i kapacitet otkopnog polja može se odrediti kao:

$$Q_g = \frac{X_3 \cdot X_4 \cdot K_{ir} \cdot v_{pr}}{0.16 \cdot v_{pr} + 2(X_2 - X_4) + \frac{H_{OZ}}{\sin \alpha + \sin \beta}} \quad (\text{t/god})$$

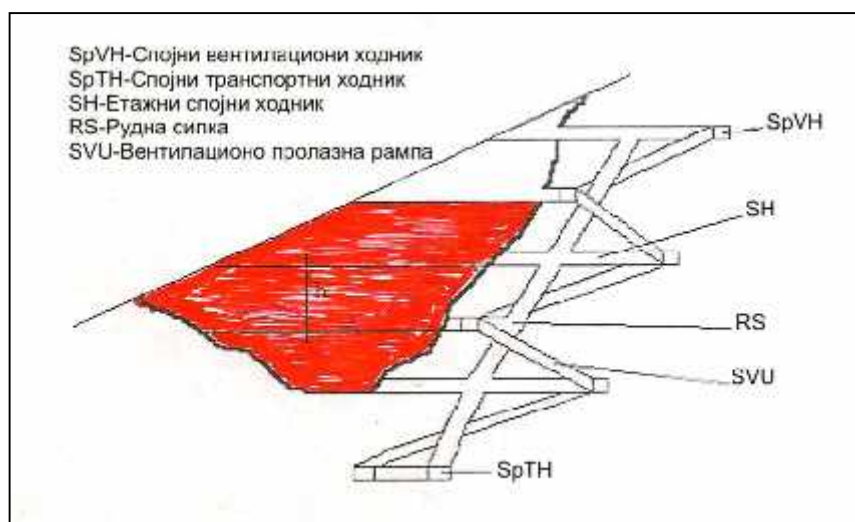
X_3 -dužina otkopnog polja (m)

v_{pr} -brzina izrade prostorija pripreme (m/god)

X_2 -širina jamskog polja (m)

Kriterijum K₃:

Priprema rudnih tijela prilago ena je podetažnoj metodi otkopavanja, koja se glavnom primjenjuje za otkopavanje ležišta boksita, i vrši se na na in da se od prostorija razrade, tj transportnog i ventilacionog hodnika rade transportni i ventilacioni spojni hodnik (S_pTH) (S_pVH) sa kojim se spaja rudno tijelo sa sistemom razrade jamskog polja. Neposredno uz podinski kontakt rudnog tijela, iz (S_pTH) rade se rudna sipka (RS) i prolazno ventilaciona rampa (SVU) sa kojima se spaja sa (S_pVH). Rudno tijelo se dijeli na etaže visine (h), a na nivou svake etaže rade se kratki spojni hodnici kojima se (RS) i (SVU) spajaju sa rudnim tijelom.



Sl.4. Priprema rudnog tijela

Ukupni troškovi pripreme rudnih tijela za otkopavanje mogu se definisati kao:

- Troškovi izrade spojnog transportnog hodnika (T_{SpTH}):

$$T_{SpTH} = \frac{X_5 \cdot C_{SpTH}}{R_t \cdot K_{ir}} \quad (\text{KM/t})$$

X_5 -dužina spojnog transportnog hodnika

C_{SpTH} -cijena izrade spojnog transportnog hodnika

R_t -ukupna količina rude u rudnom tijelu

K_{ir} -koeficijent iskorištenja pri otkopavanju rudnog tijela

- Troškovi izrade spojnog ventilacionog hodnika (T_{SpVH}):

$$T_{SpVH} = \frac{X_5 \cdot T_{SpTH}}{R_t \cdot K_{ir}} \quad (\text{KM/t})$$

X_5 -dužina spojnog transportnog hodnika

C_{SpVH} -cijena izrade spojnog ventilacionog hodnika

R_t -ukupna količina rude u rudnom tijelu

K_{ir} -koeficijent iskorištenja pri otkopavanju rudnog tijela

- Troškovi izrade rudne sipke (RS)

$$T_{RS} = \frac{X_6 \cdot C_{RS}}{R_t \cdot K_{ir} \cdot \sin \beta} \quad (\text{KM/t})$$

X_6 -vertikalno rastojanje između transportnog i ventilacionog spojnog hodnika (m)

C_{RS} -cijena izrade rudne sipke (KM/m)

β -ugao nagiba rudne sipke ($^\circ$)

- Troškovi izrade prolazno ventilacione rampe (SVU)

$$T_{SVU} = \frac{X_6 \cdot C_{SVU}}{R_t \cdot K_{ir} \cdot \sin \beta_{SVU}} \quad (\text{KM/t})$$

C_{SVU} -cijena izrade prolazno ventilacione rampe (KM/m)

β_{SVU} -ugao nagiba prolazno ventilacione rampe ($^{\circ}$)

- Troškovi izrade spojnih hodnika za etaže (SH)

$$T_{SH} = \frac{L_{SH} \cdot C_{SH} \cdot N}{R_t \cdot K_{ir}} \quad (\text{KM/t})$$

L_{SH} - prosje na dužina spojnog hodnika za etažu (m)

N-broj etaža na rudnom tijelu

C_{SH} - cijena izrade spojnog hodnika (KM/m)

Sabiranjem svih navedenih troškova pripreme rudnog tijela dobija se zbirna vrijednost troškova pripreme za pojedina rudna tijela.

Kriterijum K₄:

Maksimalno mogu i kapacitet otkopa jednog rudnog tijela, na osnovu poznavanja opštih eksploatacionih uslova, karakteristika raspoložive opreme i poznavanja stanja u ostalim podsistemima podzemnog proizvodnog sistema, može se odrediti preko trajanja proizvodnog ciklusa otkopa i raspoloživog rada u toku dana:

$$Q_d = f(L, \omega, \varphi, \rho) \quad Q_d = f(L, \omega, \varphi, \rho)$$

Q_d -dnevni kapacitet otkopa (t/dan)

L- prosje na dužina transporta od otkopa do rudne sipke (m)

S faktor radne sredine

{ -faktor raspoložive opreme

... -faktor organizacije rada

Što prakti no zna i da se kapacitet otkopa odre uje na osnovu dužine trajanja proizvodnog ciklusa, proizvodno tehni kih karakteristika opreme i organizacije rada:

$$Q_d = \frac{t_r}{t_c} \cdot Q_c \cdot K_{ir} = N_c \cdot Q_c \cdot K_{ir} \quad (\text{t/dan})$$

t_r -trajanje radnog dana (h/dan)

t_c -vrijeme trajanja radnog ciklusa na otkopavanju rude u otkopu (h)

Q_c -kapacitet otkopa za jedan radni ciklus (t)

N-broj ciklusa na otkopavanju rude u jednom danu

Prema organizaciji proizvodnje kod metoda podetažno-pre nog otkopavanja za jedan radni ciklus mora se obaviti dobivanjem rude na jednom otkopnom radilištu i dva pre na (otkopna) hodnika.

Mogu a proizvodnja za jedan ciklus jednaka je:

$$Q_c = \left((h \cdot b - h_{OH} \cdot b_{OH}) \cdot w + 2 \cdot h_{OH} \cdot b_{OH} \cdot l_b \right) \cdot \gamma \cdot K_{ir} \quad (\text{t/ciklusu})$$

Za dalji obradu potrebno je predhodno ustanovljene i definisane kriterijume proraunati primjenom neke od matematičkih metoda, te dobivene vrijednosti kriterijuma za savku od analiziranih varijanti prikazati tabelarno u obliku:

$$K_{ij} = \frac{K_{ij} - K_{ijo}}{K_{ijo}}$$

Tabela.2.Vrijednosti kriterijuma

	VRIJEDNOSTI KRITERIJUMA			
	K1	K2	K3	K4
VARIJANTA 1.	K ₁₁	K ₁₂	K ₁₃	K ₁₄
VARIJANTA 2.	K ₂₁	K ₂₂	K ₂₃	K ₂₄
VARIJANTA 3.	K ₃₁	K ₃₂	K ₃₃	K ₃₄

3.ODREĐIVANJE NORMA-VEKTORA

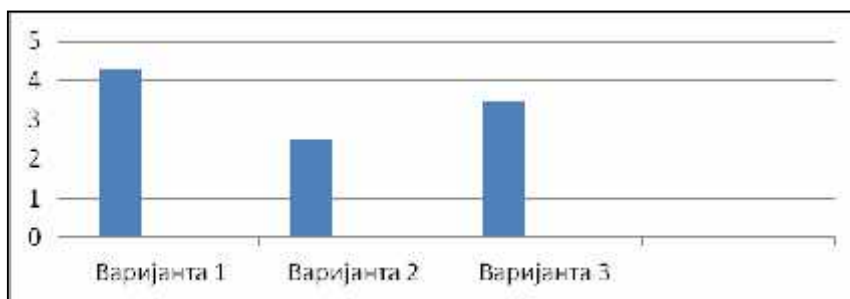
Izračunavanje norma-vektora, vrši se prema obrascu:

$$R_i = \sqrt{(X_{1n})^2 + (X_2)^2 + \dots + (X_{jn})^2}$$

a rezultati prorauna se daju tabelarno (tabela.3) i grafički (grafikon 1.)

Tabela 3.Rezultati prorauna

T _{OPJP}	a _{1j} j=1,2,...n	T _{PRT}	a _{2j} j=1,2,...n	Q _d	a _{3j} j=1,2,...n	Q _{god}	a _{4j} j=1,2,...n	R _{ij}
K ₁₁		K ₁₃		K ₁₄		K ₁₂		
K ₂₁		K ₂₃		K ₂₄		K ₂₂		
K ₃₁		K ₃₃		K ₃₄		K ₃₂		



Grafikon 1

4.ZAKLJU AK

Metoda norma vektora je relativno jednostavna metoda rangiranja i izbora najboljeg rješenja od ponu enih varijanti. Varijanta otvaranja i razrade jamskog polja koja ima najmanji norma-vektor predstavlja optimalno rješenje otvaranja i osnovne pripreme ležišta boksita koga ine grupisana rudna tijela.

LITERATURA:

1. S. Majstorovi , M. Stjepanovi : Odre ivanje optimalne veli ine jamskog polja za grupisana boksitna rudna tela, XXVIII oktobarsko savetovanje rudara i metalurga D. Milanovac 01-03.10.1996. godine (str.107-111)
2. Majstorovi : Podzemna eksploatacija ležišta boksita u uslovima vrste neposredne krovine, Prvi nau no stru ni skup "Podzemna eksploatacija i aspekti unapre enja i racionalizacije tehnoloških procesa u funkciji daljeg razvoja" RGF Beograd 27 i 28. 02. 1992. godine (str. 73-86)

