

## POBOLJŠANJA METODA PODZEMNOG OTKOPAVANJA BOKSITA U JAMI ČUKOVAC – GRIŽINICA

Borislav PERIĆ i Slavko VUJEC

Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Luigija Pierottija 6, 41000 Zagreb, Hrvatska

**Ključne riječi:** Boksit, Podzemna eksploatacija boksita, Otkopne metode, Poboljšanje metoda otkopavanja.

**Key-words:** Bauxite, Underground bauxite exploitation, Excavation methods, Improvement of excavation methods.

Eksploatacija boksita u Dalmaciji ima dugu tradiciju. Najveća jama ovog boksitonošnog područja razvila se u ležištima Čukovac i Grižinica, a eksploatacijske rezerve iznose 1.180.000 tona. Godišnja proizvodnja u 1990. godini iznosila je 100.000 tona. Ova jama nalazi se u eksploataciji od 1987. godine uz primjenu klasične varijante podetažne otkopne metode sa zarušavanjem krovine. Otkopna metoda u dosadašnjem radu nije dala zadovoljavajuće rezultate gledajući na iskorištenje mineralne sirovine i rješenje tehničke zaštite. Zbog toga su predviđena istraživanja na poboljšanju postojeće otkopne metode u smislu usklađivanja prirodnih utjecaja ležišta s tehnologijom otkopavanja i karakteristikama suverene jamske mehanizacije. Rezultati istraživanja za ovu jamu ukazali su na potrebu primjene više varijanti podetažne otkopne metode, a to su: varijanta s privremenim malim komorama, varijanta s otvorenim otkopanim prostorima i varijanta sa zaštitnim slojem boksita.

Exploitation of bauxite in region of Dalmatia has tradition of more than 50 years. The biggest underground mine of this bauxite bearing area was developed in deposit Čukovac-Grižinica with proved workable reserves of  $1.2 \times 10^6$  t. Yearly output in 1990. was 100.000 t. Production in this mine started 1987, and sublevel caving method was used.

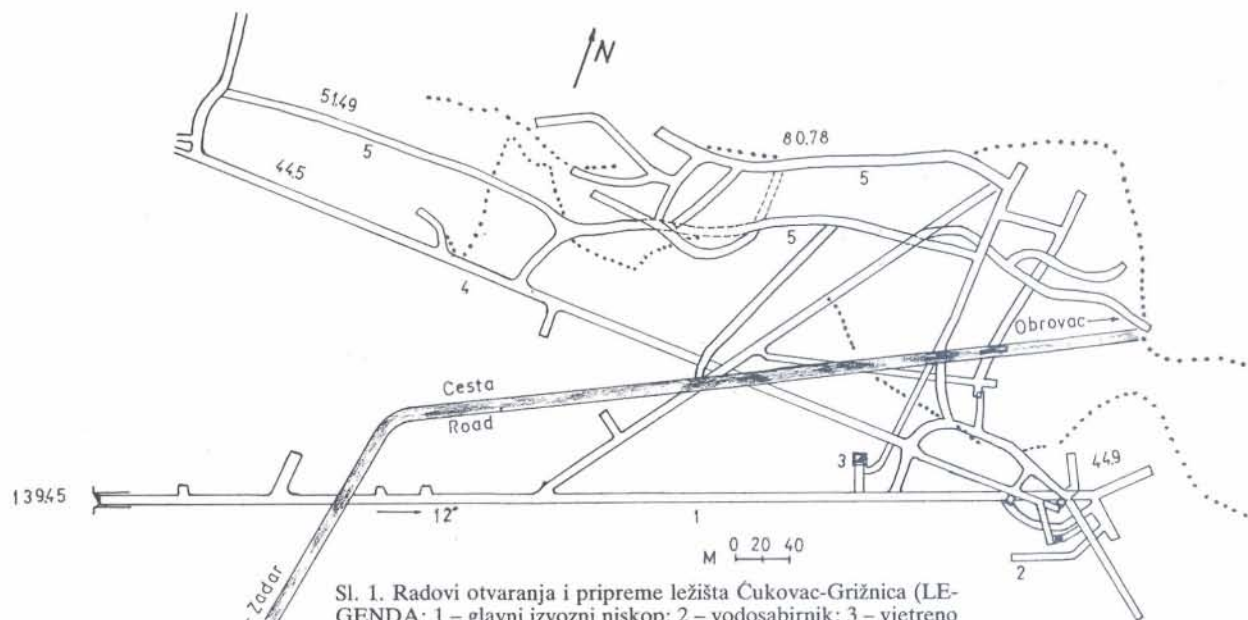
Coefficient of extraction in the parts with weak rocks is low, and insufficient security in the conditions with firm roof. Therefore investigation of improvement of mining method was carrying on to coincide characteristics of rocks, and mining methods. Following methods were selected: sublevel caving (actually retreat stoping), sublevel stoping and sublevel caving with bauxite protection layer.

### Uvod

Eksploatacija boksita u Dalmaciji značajnije se razvija tek nakon Drugog svjetskog rata, usporedno s brzim razvojem aluminijske industrije. Ležišta Čukovac i Grižinica, koja se radi neposredne blizine tretiraju kao jedno ležište, nalaze se unutar eksploatacijskog polja Maslenica. Na dijelu ležišta Čukovac koji je lociran bliže površini terena, početna eksploa-

tacija od 1979. do 1983. godine obavljala se je površinskim kopom do maksimalne dubine na koti +65, a nastavak eksploatacije dubljeg dijela ležišta u planu je zajedno s ležištem Grižinica u okviru jedne zajedničke jame.

Konceptija otvaranja i razrade navedenih ležišta prilagođena je karakteristikama dizelske opreme. U tom smislu projektirani su i izgrađeni slijedeći objekti otvaranja jama, kako je to prikazano na sl. 1:



Sl. 1. Radovi otvaranja i pripreme ležišta Čukovac-Grižinica (LEGENDA: 1 – glavni izvozni niskop; 2 – vodosabirnik; 3 – vjetročno okno; 4 – glavni transportni hodnik; 5 – etažni hodnici)

Fig. 1. Layout of the mine Čukovac-Grižinica (LEGEND: 1 – drift; 2 – sump; 3 – ventilation shaft; 4 – level drive; 5 – levels)

- glavni izvozni niskop nagiba  $12^\circ$  i dužine 412,5 m opremljen transportnom trakom za izvoz rude i jalovine,
- vodosabirnik i crpna stanica na dnu niskopa,
- vjetreno okno s odjeljenjem za prolaz radnika, dužine 81,2 m.

Svi objekti otvaranja jame projektirani su i izvedeni kroz čvrsti podinski vapnenac, u pravilu bez podgrađivanja. Razrada ležišta koncipirana je posebno za ležište Čukovac, a posebno za sjeverozapadni dio ležišta Grižinica. Rudarskim prostorijama razrade predviđen je pristup do svake etaže. Visina svake etaže usvojena je 10 m.

Transport mineralne sirovine i jalovine u jami i izvoz na površinu, izvedeni su s tri različita sustava:

- transport po otkopnim i etažnim hodnicima do rudnih sipki s utovarno-transportnim strojevima s volumenom koša  $2 \text{ m}^3$ ,
- transport po jamskim transportnim prostorijama do sipki na glavnom izvoznom niskopu s jamskim damperima s volumenom sanduka  $6,6 \text{ m}^3$ ,
- izvoz iz jame po glavnom izvoznom niskopu do lokacije depoa na površini s transportnom trakom,
- doprema potrošnog materijala i rezervnih dijelova u jamu s jamskim damperima i utovarivačima, kojima je omogućen prolaz kroz glavni izvozni niskop pokraj transportne trake.

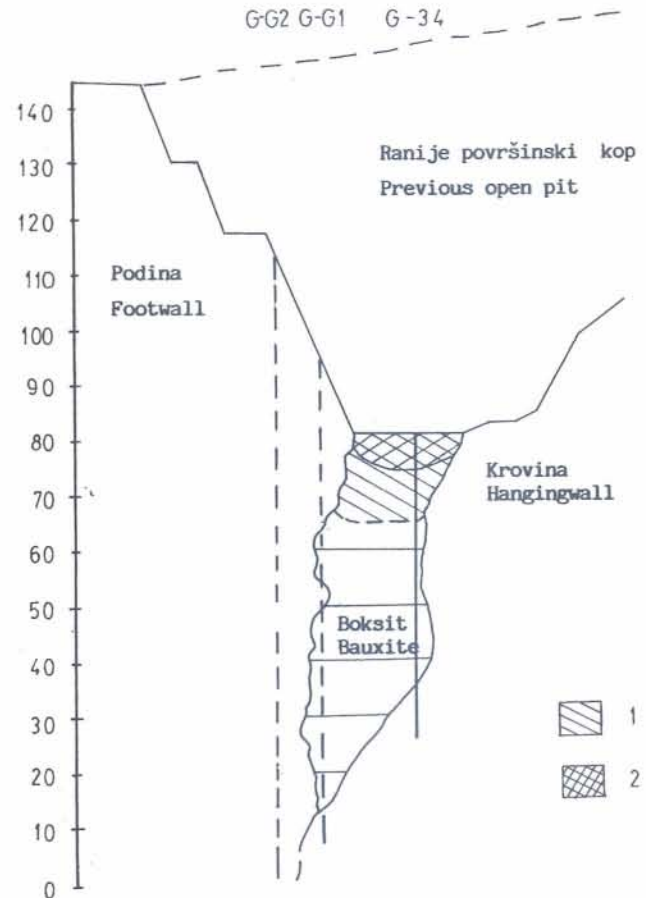
Tehnologija otkopavanja ležišta obrađena je u glavnom rudarskom projektu (»Projekt za rudnik Čukovac-Grižinica«, izrađenom od strane ALUTERV-FKI iz Budimpešte, 1979) na idejnom nivou uz prikaz slijedećih metoda:

- magazinska podetažna metoda,
- podetažno otkopavanje s otvorenim komorama,
- uskopno otkopavanje,
- komorno otkopavanje i
- otkopavanje u pojasevima sa skreperima.

Već na samom početku eksploatacije ležišta bilo je jasno da se navedene varijante ne mogu uspješno primijeniti, jer nisu usklađene s prirodnim karakteristikama ležišta boksita i pratećih naslaga, pa je za početak otkopavanja od 1987. do 1990. godine primijenjena klasična varijanta podetažne otkopne metode sa zarušavanjem krovine. Primjena klasične varijante podetažne metode sa zarušavanjem krovine u uvjetima ovih ležišta nije dala zadovoljavajuće rezultate uslijed pojave neregularnog zarušavanja krovine, formiranja otvorenih otkopnih prostora nedefinirane stabilnosti, nesigurnih uvjeta rada, povećanih otkopnih gubitaka i drugoga. Iz ovih razloga pristupilo se je istraživanju tehnologije daljnjeg otkopavanja ležišta, kojom bi se pored uspostavljanja sigurnih uvjeta rada omogućilo i postizanje povoljnih tehnoloških i ekonomskih parametara eksploatacije.

### Rudarsko-geološke i geotehničke karakteristike ležišta

Ležišta boksita nepravilnog su oblika sa strmim zalijeganjem i dosta razvijenom morfologijom podine, kako je to vidljivo na slikama 2. i 3. Kontakt



Sl. 2. Karakterističan profil ležišta Čukovac (LEGENDA: 1 - zaštitni stup; 2 - otkopano površinskim kopom i zasuto)

Fig. 2. Typical profile of Čukovac deposit (LEGEND: 1 - safety pillar 2 - mined and filed [open pit]; area)

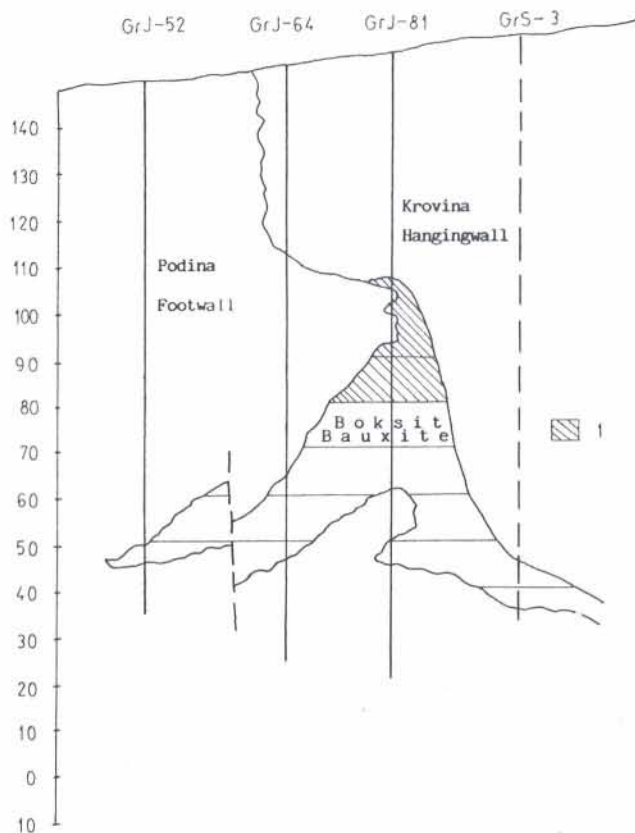
podine koju čine foraminiferski vapnenaci i boksit kod obadva ova ležišta neravan je, radi krških formi podinskih udubljenja ispunjenih boksitom. Kontakt krovinskih naslaga koje su sastavljene od prominske klastične serije boksita mnogo je regularniji. Prisutna su samo lagana povijanja po padu i duž pružanja ležišta. Prosječna moćnost boksita u ležištu Čukovac iznosi 10-12 m, dok se kod ležišta Grižinica mijenja u skokovima, i to tako što je najveći dio boksita

Tablica 1. Rezerve ležišta Čukovac - Grižinica  
Table 1. Reserves of deposits Čukovac - Grižinica

Ležište Ore deposit	Bilančne rezerve t Reserves (t)	Eksploatacijski gubici % Exploitation looses (%)	Eksploatacijske rezerve t Workable reserves (t)
Čukovac	257.000	30	179.900
Grižinica	1.430.000	30	1.001.000
	1.687.000	30	1.180.900

Tablica 2. Kvaliteta rude ležišta Čukovac - Grižinica  
Table 2. Quality of ore

Ležište Ore deposit	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{SiO}_2$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{TiO}_2$	CaO
Čukovac	47,25	6,26	19,88	2,52	0,01
Grižinica	47,73	5,33	20,09	2,78	0,15



Sl. 3. Karakterističan profil ležišta Grižinica (LEGENDA: 1 – otkopano jamskim putem)

Fig. 3. Typical profile of deposit Grižinica (LEGEND: 1 – underground mined area)

smješten u neravnomjerno raspoređenim podinskim udubljenjima, koja naglo ili postepeno isklinjavaju.

Utvrđene rezerve boksita na oba ležišta sa stanjem 31. prosinca 1987. godine te prosječna kvaliteta prikazani su u tablicama 1 i 2.

Foraminiferski vapnenci u podini predstavljaju u geomehničkom pogledu najstabilnije stijene, povoljne za lokaciju podzemnih rudarskih prostorija, jer ih u pravilu nije potrebno podgrađivati. Krovinske naslage čini prominska klastična serija sastavljena od konglomerata s kompaktnim ili trošnim vezivom, laporovitim vapnenaca i vapnenaca s čestim proslojcima glina i laporovitim glina. Geomehnička svojstva ovih naslaga imaju široki raspon u ovisnosti od svojstava pojedinih litoloških članova, općenito ih karakterizira niska čvrstoća, te su stoga nepovoljne za lokaciju rudarskih podzemnih prostorija, a i kod otkopavanja se može očekivati njihovo neposredno zarušavanje u otkopane prostore.

Stijensku masu boksita karakterizira relativno visoka gustoća i kut unutrašnjeg trenja, uz dosta niske vrijednosti čvrstoće loma i kohezije. To ima poseban značaj kod dimenzioniranja podzemnih pripremnih prostorija i određivanja načina podgrađivanja. U okviru ležišta boksit je homogen i kompaktn, bez jalovih uložaka ili proslojaka.

Diskontinuiteti su prisutni u krovinskim i podinskim naslagama, te u rudnom tijelu gdje su izražene: slojne plohe, pukotine i rasjedi, odnosno ruptures s tragovima smicanja. Njihov raspored i gustoća mogu imati značajnog utjecaja na zarušavanje pri otkopavanju odnosno na ispadanje pojedinih blokova.

#### Dosadašnji radovi na otkopavanju

Tijekom dosadašnje jamske eksploatacije na ležištu Grižinica otkopane su dvije etaže u području

Tablica 3. Mehanička svojstva boksita, podine i krovine  
Table 3. Mechanical properties of bauxite, footwall and hangingwall

Vrsta stijene Kind of rock	Jednoosno ispitivanje Uniaxial compressions				Troosno ispitivanje Triaxial compressions				Direktno smicanje Direct shear		
	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	$\sigma$ MPa	E MPa	$\nu$ -	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	$\sigma$ MPa	c MPa	$\varphi_0$ °	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	c MPa	$\varphi_0$ °
Foraminiferski vapnenac (podina) Foraminiferous limestone (footwall)	2640	87,85	56,29		2630	85,71					
	2547	63,87	4424		2650	110,10	11	55°			
	2589	80,03	6498		2641	141,07					
	2635	61,57	6880								
Boksit Bauxite		10,47	29,96		1940	27,40					
	2620				1905	44,58	3	48°			
Konglomerat Conglomerate	2652	37,30	4092		2665	67,89					
	2637	28,63	3627								
	2625	34,37	3345				9	51°			
	2624	32,64	3108								
Krovina Hangingwall	Vapnenac Limestone	2584	55,41	5428		2574	33,98				
		2547	44,46	12407	0,40	2604	113,36	9,5	53°		
	Glinoviti kalcilit Clayey calcilutite	2091	12,60	3150		2040	51,52			2125	
		2181	6,39	597	0,33	2154	56,49	3	55°	2082	1,5
	Zaglinjeni boksit Clayey bauxite	2253	15,87	5104		2187	45,99				
		2157	17,42	2973		2211	58,13	3,5	55°		

centralnog dijela ležišta, na kotama +90 i +80 m. Otkopavanje je izvedeno podetažnom otkopnom metodom sa zarušavanjem krovine, uz visinu etaža 10 m, s redoslijedom otkopavanja odozgo na dolje.

Kod izvođenja otkopnih radova došlo je do bitnih promjena u pogledu uvjeta primjene podetažne metode. Zarušavanje krovinskih naslaga sukcesivno s napredovanjem otkopa bilo je samo u dijelovima ležišta neposredno ispod krovinskih naslaga i uz kontakt s podinskim vapnencem. U dijelovima ležišta, odnosno akumulacijama boksita unutar podinskog vapnenca pri otkopavanju došlo je do neplaniranog formiranja otvorenih otkopanih prostora maksimalnih dimenzija cca 40 × 25 m. Takvo stanje ne odgovara tehnološkim uvjetima primjene podetažne metode zbog pojave iznenadnog neregularnog zarušavanja krovine. Postupak zarušavanja najčešće započinje postupnim ispadanjem pojedinačnih većih blokova jalovine, a nastavlja se intenzivnijim zarušavanjem većih razmjera s veoma različitim granulometrijskim sastavom.

Tijekom otkopavanja prve dvije etaže ovog ležišta na kotama +90 i +80 m na jednom dijelu ležišta u blizini asfaltirane ceste od Obrovca prema Masleničkom mostu zarušavanje se manifestiralo i na površini terena, gdje je nastalo udubljenje tlocrtnih dimenzija 30 × 20 m i dubine 15 do 20 m. Pri ovakvom neregularnom zarušavanju krovine veći dio etaže na koti +90 m, otkopan je varijantom s otvorenim otkopanim prostorima, pri čemu su u uvjetima nedovoljno sigurnog radilišta postizavani dobri proizvodni rezultati i visoki koeficijent iskorištenja ležišta.

Za razliku od ove etaže, na nižoj etaži, kota +80 m, većim dijelom otkopavanje je izvedeno ispod već zarušene krovine, pa su proizvodni rezultati bili daleko skromniji, posebno koeficijent iskorištenja ležišta koji je iznosio čak 50%, a prouzročen je miješanjem jalovine s rudom.

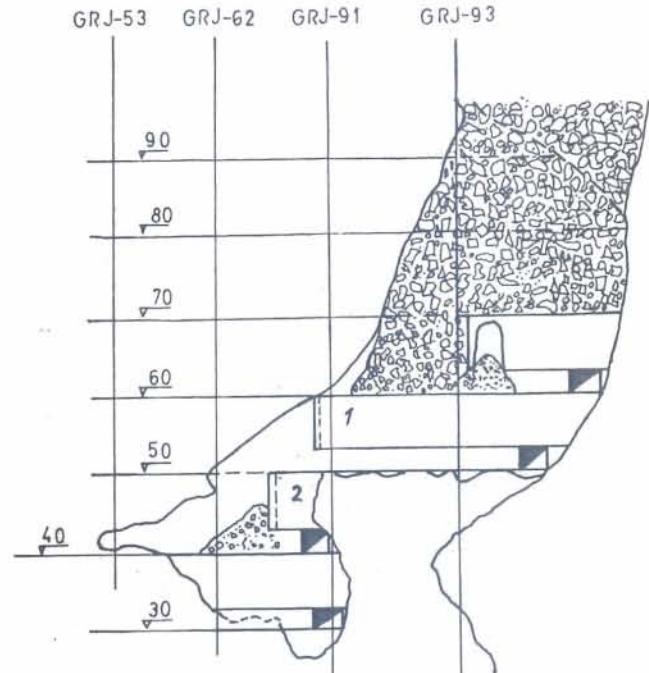
Otkopavanje ležišta Čukovac izvedeno je površinskim kopom koji je postupno produbljivan od sjeverozapada prema jugoistoku iz zajedničkog unutarnjeg usjeka do kote +65 m. Nakon prestanka eksploatacije površinskim kopom, jugoistočni dio ležišta djelomično je zatrpan jalovinom.

### Poboljšanje metoda otkopavanja

Složene prirodne karakteristike ležišta boksita Čukovac i Grižinica ukazuju da realizacija navedenih principa otkopavanja nije izvediva samo s jednom otkopnom metodom odnosno samo s jednom varijantom otkopne metode (Vujec, 1991).

Nakon uzimanja u obzir utjecajnih veličina, kao što su: karakteristike ležišta, iskustva na otkopavanju naših i inozemnih ležišta boksita te rezultate do sada provedenih istraživanja na poboljšanju tehnologije otkopavanja, izdvajaju se kao najpodobnija rješenja slijedeće varijante podetažne otkopne metode (sl. 4):

- podetažna otkopna metoda u varijanti »privremenih malih komora« pri uvjetima neposrednog zarušavanja krovinskih naslaga;
- podetažna otkopna metoda s otvorenim otkopanim prostorima uz ograničenje raspona ovih prostora do granica utvrđene stabilnosti;



Sl. 4. Otkopne metode za ležište Grižinica (LEGENDA: 1 – podetažna otkopna metoda – varijanta s privremenim malim komorama; 2 – podetažna otkopna metoda s otvorenim otkopanim prostorima)

Fig. 4. Mining methods for the deposit Grižinica (LEGENDA: 1 – sublevel caving method (actually retreat stoping); 2 – sublevel stopping method)

- podetažna otkopna metoda sa zaštitnim slojem boksita iznad otkopnih radilišta u uvjetima neregularnog zarušavanja.

Navedene varijante podetažne otkopne metode karakterizira identična otkopna priprema veoma elastična primjena i mogućnost lagane međusobne transformacije, što je garancija za njihovo uspješno prilagodavanje postojećim raznovrsnim ležišnim prilikama. Uz pravilno vođenje tehnološkog procesa osigurana je dobra tehnička zaštita u okviru svih faza otkopavanja, kao i provođenje odgovarajućih dodatnih mjera zaštite u svim nastalim situacijama. Otkopni parametri kod svih varijanti identični su, te se lako mogu prilagoditi tehničkim karakteristikama postojeće suvremene mehanizacije na otkopu. Pored toga sve varijante imaju značajne odlike u tehnološkom i organizacijskom vođenju proizvodnog procesa, kao što su:

- mogućnost potpune mehanizacije u svim tehnološkim fazama otkopavanja;
- mogućnost otkopavanja na više otkopa i više etaža istovremeno, čime se postiže racionalno iskorištenje cjelokupne mehanizacije, te olakšava organizacija rada i izvršenje postavljene dinamike proizvodnje;
- s dobro isplaniranom dinamikom pripremnih i otkopnih radova mogu se postići vrlo elastične i selektivne kombinacije, koje omogućavaju postizanje optimalnih tehničkih i ekonomskih rezultata.

Osnovni nedostatak podetažne metode čine visoki otkopni gubici kod otkopavanja u uvjetima neposrednog zarušavanja krovine, koji dostižu i do 50%. Taj

nedostatak znatno će biti ublažen primjenom varijante s privremenim malim komorama i varijante sa zaštitnim slojem boksita, koje su tako koncipirane da se maksimalno sprečava neposredan kontakt rude nakon miniranja i jalovine u otkopnom hodniku. Tehnologija razrade ležišta Čukovac-Grižinica prilagođena je primjeni podetažne otkopne metode s visinom etaže od 10 m, koja u potpunosti odgovara tehnološkim rješenjima predloženih varijanti podetažne metode.

Na ležištu Čukovac potpuno otkopavanje izvest će se sa sedam etaža visine 10 m od kote +70 do kote +10 m, a u ležištu Grižinica formirat će se devet etaža iste visine, od kote +90 do kote +10 m.

Usvajanjem kapaciteta proizvodnje jame od 100.000 t/god, vijek trajanja eksploatacije u ovoj jami iznositi će oko 12 godina.

### Podetažna otkopna metoda – varijanta s privremenim malim komorama

Klasičnu podetažnu otkopnu metodu s neposrednim zarušavanjem krovine, gdje se ruda nakon miniranja nalazi u neposrednom kontaktu sa zarušenom jalovinom, karakteriziraju visoki otkopni gubici koji dostižu i do 50%. Takvo stanje rezultat je mnogih nepovoljnih faktora koji su vezani uz složene prirodne karakteristike ležišta boksita, kao i tehnoloških zahtjeva u industriji prerade. Naime, radi štetnog djelovanja kalcija u preradi boksita nije dozvoljeno onečišćenje s jalovinom (maksimalno 1,5% CaO), pa kako se izvađeni boksit ne oplemenjuje, pri otkopavanju se mora obustaviti utovar čim dođe i do najmanjeg razblaženja s jalovinom. Selektivni rad kod utovara na otkopu skoro sasvim se isključuje u uvjetima primjene mehanizacije u okviru cjelokupnog tehnološkog procesa.

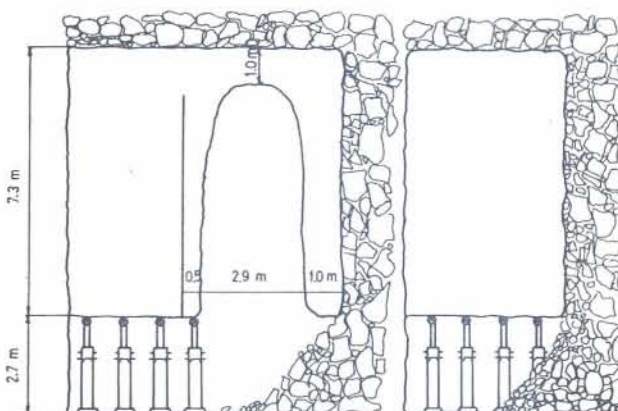
Zbog navedenih nedostataka klasična varijanta podetažne metode u dijelovima jame može se zamijeniti varijantom s privremenim malim komorama, koja u pogledu iskorištenja rude pri otkopavanju predstavlja znatno poboljšanje. Područje primjene ove varijante veže se za dijelove ležišta gdje se krovina neposredno zarušava sukcesivno s napredovanjem otkopa, a to su:

- ležište Čukovac ispod dijela površinskog kopa;
- veći dio ležišta Grižinica, u području ispod kontaktne zone i ispod krovinskih naslaga koje karakterizira manja čvrstoća.

Otkopavanje pojedinih etaža je odstupno te počinje iz pripremnog otkopnog hodnika od podine i razvija se prema etažnom hodniku kojim je otvorena etaža, lociranim uz krovinu ležišta. Na etažama s većom moćnosti rudnog tijela mogu se formirati 2–3 otkopa postavljena stepenasto, s međusobnim minimalnim razmakom od 5 m u smjeru napredovanja otkopa, kao i potreban broj prečnih otkopnih hodnika uže pripreme.

Privremene male komore formiraju se iz prečnog otkopnog hodnika miniranjem s tri reda bušotina, dijela ploče boksita iznad otkopnog hodnika i dijela stupa prema starom radu, tako da nakon miniranja ostaje čvrsta »zavjesa« boksita debljine cca 1 m prema starom radu, u stropu te na čelu i boku hodnika. »Zavjesa« boksita sprečava prodor jalovine

iz starog rada prema boksitu nakon miniranja, koji se može utovariti potpuno čist i bez razblaženja s jalovinom (sl. 5).



Sl. 5. Podetažna otkopna metoda s privremenim malim komorama i zarušavanjem

Fig. 5. Sublevel caving method (actually retreat stoping)

Nakon utovara boksita, buši se samo jedna lepeza bušotina s pojasom miniranja od 0,5 m i dužinom bušotine do 30 cm prema starome radu. Time se presijeca oslonac ranije formirane zavjese boksita te dolazi do rušenja zavjese boksita i jalovine. Manji dio ove rude dobije se kod otkopavanja slijedeće niže etaže. Takvim tehnološkim rješenjima ukupno iskorištenje rude pri otkopavanju iznosi 71%. Osnovni uvjet za primjenu varijante podetažne metode s privremenim malim komorama jest upotreba strojnog bušenja i mehaniziranog punjenja minskih bušotina, kao i utovarno-transportnog stroja s daljinskim upravljanjem, čime se postiže potrebna sigurnost izvođenja radova.

### Podetažna otkopna metoda – varijanta s otvorenim otkopanim prostorima

Podetažna otkopna metoda s ostavljanjem otvorenog otkopanog prostora, uz ograničenje raspona otkopanog prostora do granice utvrđene stabilnosti, može se primijeniti u dijelovima ležišta Grižinica u područjima akumulacija boksita unutar podinskih naslaga, gdje rudarsku krovinu boksita čine čvršće naslage podinskih vapnenaca. Maksimalni raspon otvorenog otkopanog prostora može se usvojiti da iznosi 20 m na temelju dosadašnjih saznanja o karakteristikama podinskih naslaga i stanja diskontinualnosti. U slučaju povećanja ovog raspona kod dubljih prodora boksita u podinske naslage, ovu varijantu treba transformirati u varijantu otkopavanja sa zaštitnim slojem boksita, odnosno u varijantu s privremenim malim komorama. Ovako brze i jednostavne transformacije omogućuje identična otkopna priprema kod sve tri projektirane varijante, gdje su razlike prisutne samo u postupku s otkopanim prostorima.

Primjena ove varijante podetažne otkopne metode temelji se na dosadašnjim iskustvima iz eksploatacije ležišta boksita ove regije, i drugih ležišta s čvršćim krovinskim naslagama kao i na rezultatima proračuna izvršenih na matematičkim modelima (Perić, 1988).

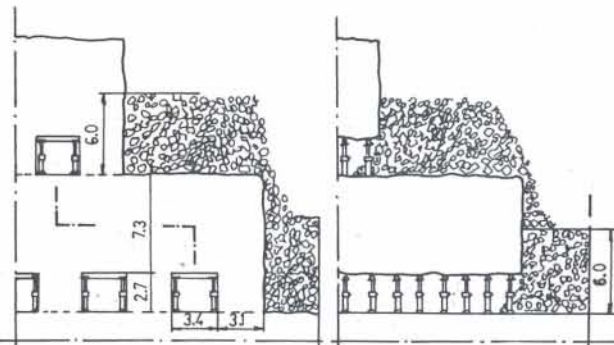
Naime, kod malog raspona otkopanog prostora do cca 20 m, prostorno stanje naprezanja u krovini karakteriziraju pretežno tlačna naprezanja, koja u naslagama povećane čvrstoće uvjetuju stabilno stanje u pogledu zarušavanja (Franklin, Desseault, 1991).

#### Podetažna otkopna metoda – varijanta sa zaštitnim slojem boksita

Podetažna otkopna metoda sa zaštitnim slojem boksita iznad otkopnih radilišta može se primjenjivati u dijelovima ležišta Čukovac i Grižinica gdje se ne može uspostaviti kontinuirano zarušavanje krovine sukcesivno s napredovanjem otkopa i gdje raspon otvorenog otkopanog prostora prelazi granice utvrđene stabilnosti, tj. 20 m, a to su:

- dio ležišta Čukovac ispod bivšeg površinskog kopa te ranije otkopanog prostora etažom kote +50 m, koji se nije zarušio;
- dijelovi ležišta Grižinica u području akumulacija unutar čvrstih podinskih naslaga u uvjetima kada raspon otvorenog otkopanog prostora prelazi 20 m.

Osnovni princip otkopavanja ovom varijantom podetažne metode svodi se na formiranje zaštitnog sloja rude na otkopanom prostoru iznad otkopa koji štiti od nekontroliranog zarušavanja krovine (sl. 6).



Sl. 6. Podetažna otkopna metoda sa zaštitnim slojem boksita  
Fig. 6. Sublevel caving method with protective layer of bauxite

Takvu zaštitu moguće je izvesti izoliranjem radnog prostora otkopnog hodnika od otkopanog prostora formiranjem zaštitnog sloja boksita iznad otkopa. Zaštitni sloj boksita formirat će se tako što se nakon miniranja lepeze u natkopnoj ploči otkopnog hod-

nika i stupu prema starom radu neće utovarivati sav boksit, nego će se u početnom periodu veći dio ostaviti kao zaštitni izolacijski sloj od otvorenog otkopnog prostora, sve do postizanja njegove debljine 6 m. U slučaju kada nastupi potpuno zarušavanje krovinskih naslaga, boksit iz zaštitnog sloja se može utovariti, te nastaviti daljnje otkopavanje primjenom varijante podetažne metode s privremenim malim komorama u uvjetima neposrednog zarušavanja krovine.

Za striktno provođenje ove varijante otkopavanja neophodna je stroga tehnološka disciplina, kako bi se utovarivala i odvozila samo ona količina boksita kojom se neće smanjivati minimalno utvrđena debljina zaštitnog sloja 6 m.

#### Zaključak

Dosadašnja istraživanja na poboljšanju postojeće otkopne metode temelje se na utvrđivanju prirodnih karakteristika ležišta, tehnoloških uvjeta otkopavanja, mogućnosti primjene suvremene rudarske mehanizacije, analizi iskustava na otkopavanju naših i ležišta boksita u inozemstvu. Rezultati takvih istraživanja na ležištima Čukovac i Grižinica sa složenim karakteristikama ležišta, ukazali su na potrebu primjene više varijanti otkopne metode. Kao najpodobnije predočene su tri varijante podetažne otkopne metode, koje uz različita tehnološka rješenja procesa otkopavanja, karakterizira identična otkopna priprema i identična otkopna mehanizacija, čime je postignuta mogućnost lagane međusobne transformacije i prilagođavanja prirodnim karakteristikama ležišta. Ponderirani ukupni otkopni gubici iznosit će cca 23%, što je znatno manje od dosadašnjih gubitaka kod primjene klasične podetažne metode.

Primljeno: 20. I. 1992.

Prihvaćeno: 9. VI. 1992.

#### LITERATURA

- Franklin, J. A. & Desseault, M. B. (1991): Rock engineering application. McGraw.Hill, Inc., 431 pp., New York.
- Perić, B. (1988): Doprinos tehničkoj zaštiti pri otkopavanju boksita podetažnom otkopnom metodom. (Disertacija), Sveučilište u Zagrebu, 317 str., Zagreb.
- Perić, B., Vujec, S. & Zvežina, R. (1990): The improvement of the excavation methods in bauxite deposits. *Rudarsko-geološko-naftni zbornik, Vol. 2.*, p. 93–103. Zagreb.
- Vujec, S. (1991): The effect of weak roof rocks in underground exploitation of bauxite. *Travaux Vol. 20–21, No. 23.*, p. 29–34. Zagreb.

## Improvement of the Mining Method in the Bauxite Mine Čukovac – Grižinica

B. Perić & S. Vujec

Underground mine Čukovac-Grižinica is continuation of the open pit mining on the west part of the deposit. The hanging wall of the deposit is composed of clastic weak rocks, but in the footwall there are firm foraminiferous limestones.

Contacts of bauxite, hangingwall and footwall are almost vertical (Fig. 2 and 3). Openings works are located in the stable footwall rocks. Layout of the mine is designed for the production of 100.000 t/year (fig. 1.).

Underground exploitation started by application of classical in bauxite mining, sublevel caving method. In the parts of the deposit with firm rocks in the roof (actual footwall) caving does not appear and excavation is performed in undefined conditions of the stope stability.

Mining in the conditions of weak rocks in roof is characterised by a rather low production and low recovery coefficient reaching even 50%.

Sublevel caving in fact retreat stoping method (fig. 5) represent the formation of temporary small chambers in bauxite. This method is in the conditions of direct roof caving, the bauxite dilution in excavation is prevented and recovery increased to 70%.

Sublevel stoping method may be used in the parts of deposit with firm roof where caving does not appear. Span of open stopes has to be determined as a stable for each kind of rock. If the span of the deposit is bigger than determined safe value, than protective layer of bauxite has to be created (fig. 6).