

Stručni rad

Professional paper

UDC: 622.272:622.3(497.6 Buvač)

DOI: 10.5825/afts.2012.0406.027M

ЕКОНОМСКИ ЕЛЕМЕНТИ ОПТИМИЗАЦИЈЕ ТЕХНОЛОШКЕ ФАЗЕ ОТКОПАВАЊА И ТРАНСПОРТА ЈАЛОВИНЕ НА ПОВРШИНСКОМ КОПУ „БУВАЧ“

Малбашић Владимир¹, Стојановић Лазар², Ковачевић Жељко¹, Триван Јелена¹

¹Рударски факултет Приједор Универзитета у Бањалуци, e-mail: prodekan@rf-pd.org

²Терекс д.о.о. Бијељина

РЕЗИМЕ

У овом раду су приказани економски аспекти оптимизације технолошке фазе откопавања и транспорта јаловине на површинском копу који ради као један од момената развоја рудника у жељеном правцу. У овом раду је приказан један од приступа ријешавања питања и проблема везаних за оптимизацију када Концесионар-ArcelorMittal Приједор планира промјену капацитета производње жељезне руде али и промјену саме технологије откопавања и транспорта јаловинског материјала. То је условило потребу за потпуно новом техничком и економском анализом уз дефинисање нових услова рада у којима је неопходно одредити или дати основне смјернице за избор опреме, одређивање нове динамике експлоатације и добијање основних техно-економских параметара рада на овој технолошкој фази за различите варијанте коришћене опреме.

Резултати такве анализе, презентовани у овом раду, дају Концесионару параметре и упоредну економску анализу технологије рада и потреба за набавком неопходне опреме сходно новоутврђеној динамици експлоатације са параметрима тако организованог рада.

Кључне ријечи: *упоредна економска анализа, NPV-нето садашња вриједност, ДАС-дисконтовани просјечни трошкови експлоатације, економски параметри рада опреме.*

ECONOMIC ELEMENTS OF OPTIMIZATION OF WASTE MINING AND HAULAGE PHASE AT THE OPEN PIT „BUVAČ“

ABSTRACT

In this paper are presented the economic aspects of optimization of waste excavation and haulage at the mine who works as one of the moments of the mine development in the desired direction. This paper presents one approach to resolving issues and problems related to optimization when concessionaire-ArcelorMittal Prijedor plans to change production capacity of iron ore and change the technology of waste material excavation and transport. This has caused the needs for an entirely new technical and economic analysis to define new working conditions where is necessary defined or provide basic guidelines for the equipment selection, determining the new dynamics of exploitation and production of main techno-economic parameters of this technological stage for different equipment alternatives.

The results of this analysis, presented in this paper, give to the concessionaire the parameters and comparative economic analysis of technology and the need to purchase the necessary equipment in accordance with the the newly identified exploitation dynamics parameters likely to work organization.

Key words: *Comparative economic analysis ,NPV-net present value, DAC-discounted average costs of exploitation, economic parameters of equipment utilization.*

УВОД

У развоју пројекта истраживања или рударског пројекта, од његове ране-почетне фазе до тренутка када исти постаје оперативан односно прелази у реализацију, постоје одређене кључне тачке-моменти на којима се могу уочити и који могу означити напредак у развоју и реализацији. Двије од тих кључних тачака-момената су завршетак процјене минералних ресурса, којим се квантификује квалитет и количина миенрлане сировине у лежишту, и завршетак прелиминарне или пуне студије изводљивости, које омогућавају конверзију минералних ресурса у минералне резерве и дефинишу процеси експлоатације и припреме минералних сировина са економским параметрима развоја рудника. [3]

Планирање и пројектовање површинских копова је процес доношења одлука који води ка реалном и изводљивом плану профитабилне експлоатације минералних ресурса. Планирање се може се вршити са широким спектром временских оквира од веома кратког (нпр., следећа смјена експлоатације) до веома дугог (нпр. профитабилно откопавање кроз цио живот рудника). Процес се описује као низ корака. У пракси, међутим, није неуобичајено да се циклус врати на раније-претходне кораке, на примјер, када нека нова информација постане позната и доступна и може довести до промјена у сврси и обиму студије или пројектних рјешења. Кораци у изради студије су:

- Основна припрема,
- Припрема основних улазних података (информације о истраживању, ресурсима, геодетске подлоге, подаци о технологији експлоатације, информације о законској регулативи, процјене будућих тржишних услова, структуре трошкова и др.),
- Дефинисање оквира студије (сет одлука и алтернатива које се тестирају),
- Оцјена (вођење моделирања, оптимизације и економске евалуације алтернатива, вођење процјене ризика основних варијанти за избор),
- Избор (Избор најбољег/их алтернативног/их плана/ова тј. избор активности у циљу одрживости опција) [4]

Приликом дефинисања потребног капитала и саме стратегије развоја рудника постоје три технике које се данас у свијету користе: Техника граничног квалитета (cutoff), Техника рангирања трошкова и Оптимизација површинског копа. Све три технике доводе до креирања планова и пројеката рудника који максимализују вриједност ресурса унутар одређених ограничења. Те максимализоване вриједности не морају бити увијек позитивне и рудник не мора/треба бити позитиван за људе који врше анализе и израђују студије. Три су могућа главна извора недовољно дефинисаних проблема приликом максимализације вриједности одређеног минералног ресурса:

- Поријекло трошкова,
- Прорачунавање фиксних трошкова и
- Редослијед и динамика откопавања [1]

Ограничавање доступних опција експлоатације се приликом планирања рудника са хиљадама потенцијалних блокова за откопавање заснива на стварању/процјени компромиса капиталних и оперативних трошкова и оптималне развојне стратегије, што уопште није једноставан процес. Из тих разлога се у пракси процес одвија у два основна корака:

- Успостављање максимума и минимума капацитета производње/производне стопе и капиталних трошкова који ће се примјенити на рудник са датом/ познатом или претпостављеном структуром трошкова, и
- Унутар ограничења која се унапријед наводе, утврђује се кључно ограничење које има значајан утицај на развој рудника и његове економију што најчешће смањује број могућих избора у будућности (нпр пројектовани капацитет, захтјев за употребом расположиве опреме, услови снабдијевања енергијом и енергентима, и сл) .

Сваки потенцијални метод/технологија експлоатације има различите минимуме и максимуме за оба критеријума - производњу и капиталне инвестиције. Лежиште се треба анализирати најмање толико пута колико постоји различитих метода експлоатације за откопавање истог. Чак и за одређену технику и методу експлоатације, различити производни капацитети могу захтијевати различиту величину и структуру опреме са значајним промјенама у трошковима. Функција трошкови/капацитет производње је врло ријетко права крива. [1]

АНАЛИЗА И ОПТИМИЗАЦИЈА ТЕХНОЛОШКЕ ФАЗЕ ОТКОПАВАЊА И ТРАНСПОРТА

У овом раду се приказује економски дио анализе и оптимизације спроведене у Студији о избору оптималног транспорта јаловине на површинском копу „Бувач“ [2] при чему су дефинисани нови услови експлоатације проистекли из промјена у количинама резерви (нова оптимизирана контура површинског копа), промјена годишњег капацитета производње те из измјена технологије откопавања и транспорта јаловине. Све то је изискивало свеобухватну анализу одређених показатеља, параметара и услова као што су досадашња пројектна рјешења, тренутно стање рударских радова, анализу радне средине, преглед и анализу стања расположиве рударске опреме што је пратило дефинисање оптималне границе површинског копа и динамике експлоатације сходно новопостављеним улазним параметрима Концесионара-ArcelorMittal Prijedor те захтјевима према квалитету и количинама руде на годишњем нивоу. Након дефинисања количина и квалитета жељезне руде те пратећих количина јаловине у конструкцији копа приступило се анализи производних параметара приликом употребе двије технологије откопавања и транспорта јаловине и различите структуре опреме унутар тих система (према захтјеву Предузећа ArcelorMittal Prijedor):

- Систем багер-камион - БК и
- Систем багер-камион-дробилица –транспортер-одлагач - БКДТО .

ДЕФИНИСАЊЕ ФАЗНОГ РАЗВОЈА КОПА

На основу процеса оптимизације извршеног у софтверском пакету Whittle Four-XTM и примијењених фактора модификовања добијена је завршна контура копа и количине за откопавање на лежишту Бувач од 38.5×10^6 t руде (укључујући разблажења и искоришћења маса) са коефицијентом откривке од 3,3, што захтјева откопавање и $126,1 \times 10^6$ t јаловине. Од укупне количине јаловине око 57% маса се може директно откопавати без минирања. При процесу оптимизације су коришћени улазни подаци и параметри добијени од стране ArcelorMittal Prijedor , са напоменом да су ти подаци имали своју улогу у току оптимизације контуре копа, дефинисања резерви - укупних маса за откопавање те дефинисања динамике и плана откопавања али нису коришћени у економском дијелу анализе. Подаци и параметри су приказани у табели 1.

План динамике производње

Када је изабрана односно добијена завршна контура површинског копа, планирање рада копа почиње са пројектовањем фаза развоја копа. Фазе развоја копа представљају серију методичких дијелова копа који ће бити откопавани одређеним редослиједом, те у појединим фазама бити и исторемено откопаване.

За пројекат копа Бувач, примарни циљеви дефинисања фаза развоја рударских радова су били:

- Да се одложи откопавање јаловине у каснијим годинама колико је то могуће,
- Да се побољша NPV експлоатишући бољи квалитет руде у току ранијих година (2011, 2012 и 2013), и
- Годишња количина руде која се експлоатише 2.6×10^6 t руде у 2011 и 3.0×10^6 t руде у периоду 2012-2023.

Секундарни циљеви били су:

- обезбјеђење сталног приступа свим етажама копа,
- одржавање минималних радних ширина на свим активним етажама,
- одржавање захтјева за униформношћу опреме,
- смањење транспортних дужина, и
- смањење стопе улагања у опрему.

Табела 1. Параметри за оптимизацију површинског копа
Table 1 The parameters for optimization of open pit

Whittle параметри	Трошкови	Јединица
Економија		
Референтни трошкови откопавања	1,48	€/t откпаној
Онкрементални трошкови откопавања (испод 150 м)	0,002	€/t откпаној
Трошкови припреме	4,54	€/t припремљене
G&A	-	Трошкови укључени у трошкове откопавања и припреме
Накнаде	-	-
Транспорт	-	-
Продајна цијена на 51,4 % Fe	35 (47,8; 57,4)	€/dmtu Fe цијена
Стопа дисконтовања	8	%
Разблажење и искоришћење		
Искоришћење при експлоатацији	98	%
Разблажење приликом откопавања	2	%
Искоришћење Fe	87	%
Углови косина		
СЗ завршни угао косине	16	°
Завршни угао осталих зона	20	°
Оптимизација	0,5-2,0	Фактор ниво прихода
Сценарио рада		
Лимит капацитета производње	2.600.000 3.000.000	t/ годишње -2011. t/годишње – 2012 до краја
Лимит % Fe у припреми	49% Fe 43 % Fe	година-2011,2012,2013. година-2014 до краја рада

План динамике производње се заснива на рудним резервама у новодефинисаним контурама копа, а експлоатација се планира на годишњем нивоу одређивањем количина руде и јаловине по појединим фазама, које треба откопати. Тако се развој рударских радова заснива на следећим критеријумима:

- 13 година вијек рудника;
- Откопавање руде високог квалитета у раним годинама експлоатације (2011, 2012 и 2013. година - 49% Fe) како би се максимализовао поврат инвестиције, а касније прилично једнообразан улазни квалитет руде (43%Fe). Током првих година експлоатације коефицијент откривке креће се око 1:6 t/t, док у задњим годинама вриједност коефицијента откривке пада на вриједност од око 1:1,5 t/t.

Структура опреме појединих варијанти система експлоатације и параметри оптимизације рада опреме

Већ је речено да су у анализи разматране двије варијанте система-технолозије откопавања и транспорта јаловине на ПБ „Бувач“ и овдје се даје кратак приказ тих варијантних структура опреме.

Багер-камион (БК) систем - анализа различитих врста утоварне опреме упарених са различитим величинама камиона је урађена у циљу утврђивања могућих годишњих маса које могу експлоатисати поједине флоте. Три различите утоварне јединице (ЕЅ, ЕКГ, РС1250), усклађиване су са два различита типа камиона (САТ 777, САТ 775). Приказане су три могуће варијанте (комбинације):

- Производни систем 1: Дреглајн ЕЅ 6 (6 м³) и камион САТ 777 (77 т),
- Производни систем 2: Багер ЕКГ 5А (5 м³), и камион САТ 775F (63 т),
- Производни систем 3: Багер Komatsu PC 1250 (6 м³) и камион САТ 777 (77 т).

Параметри за оптимизацију ових система (утоварне и транспортне опреме) су приказани у табели 2.

Табела 2. Параметри за оптимизацију рада опреме БК система
Table 2 The parameters for the optimization of equipment BK system

Утоварана јединица			
	ЕЅ 6/45	Komatsu PC 1250	ЕКГ 5А
Запремина кашике, м ³	6	6,3	5
Запремина напуњене кашике, м ³	7,4	7,5	6,25
Коефицијент пуњења, %	80	80	80
Просјечно вријеме трајања циклуса, min	1	0,75	0,75
Расположивост камиона багеру	Шрема симулационом моделу		
Транспортна јединица			
	САТ 777	САТ 775	
Носивост, м ³	76,5	63,5	
Запремина сандука, м ³	36,3	33,1	
Запремина материјала, м ³	51,3	42,5	
Отпор котрљању, % :	Нагиби: У копу су конструисане рампе нагиба 6 – 8 %, а на одлагалишту 6%	Рестрикције брзине: 50 м од багера и 30 метара од ситоварног мјеста, максимално дозвољена брзина је 30 km/h -Прис спуштању низ рампу брзина је ограничена на 30 km/h - На траси између копа и одлагалишта нема ограничења брзине - Ограничење брзине на траси за руду је за пуне камионе 30 km/h, а за празне 40 km/h	
-Коп-код багера: 5 - Коп-на етажи: 4 -Коп- на рампи: 3 - Транспортни путеви: 2,5 - Одлагалиште: 4 -Одлагалиште-рампе: 4			
Материјал			
	Јаловина	Руда	
Запреминска маса у масиву, t/m ³	2,13	2,35	
Коефицијент растреситости у кашици багера	1,2	1,2	
Насипна запреминска маса, t/m ³	1,78	1,96	
Коефицијент растреситости у сандуку камиона	1,25	1,25	
Насипна запреминска маса у сандуку камиона, t/m ³	1,70	1,88	

За сваку годину производње, одређени су профили транспортних путева дигитализацијом профила за руду и јаловину из копа до одлагалишта и дефинисањем транспортног пута центрима одложених маса на одлагалишту и центрима маса које одговарају појединој локацији дробилице. Примјери ових транспортних профила су моделирани користећи Fleet Production and Costing – (FPC) софтвер, који је развијен од стране компаније Caterpillar за оптимизацију ових система.

Без обзира што се поређење двије анализираних варијанте врши од 1.1.2014. године (јер набавка дробилица - sizer-a и њихова монтажа није могућа прије 2014. године), извјесне разлике у динамичком развоју рударских радова јављају се већ од 2012. године. Ово се прије свега односи на формирање транспортних рута и платоа на одлагалишту “Језеро“ неопходних за успјешан старт БК-ДТО система крајем 2013, односно почетком 2014. године.

БК-ДТО систем - ток материјала у овој варијанти структуре опреме започиње откопавањем и утоваром материјала у камионе односно радом БК система као и у првој варијанти. Након транспорта материјал се у дробиличном постројењу прилагођава транспортерима са траком. Извозним транспортером материјал се одводи ван граница копа.

Везни транспортер преводи материјал до одлагалишног транспортера, након чега се одлагачем врши одлагање. Верификација постојећих транспортера је урађена у програмском пакету Helix, чиме је потврђена могућност употребе постојећих транспортера. Структура опреме поред већ наведене опреме у дискотниуалном дијелу-систему БК, у овој варијанти система откопавања и транспорта јаловине јесте следећа:

- дробилица (sizer-a) капацитета 6000 t/h,
- три транспортера (ширине 1400 mm и брзине траке 5,2 m/s) са утоварним колицима и клизним возом (одлагач на шинама) и
- одлагач ARs 1400.

При анализи експлоатације јаловине БК-ДТО системом, кренуло се од разматрања више карактеристичних фаза у развоју живота копа. Током ове анализе, прецизирани су (у времену и простору) положаји дробилице (sizer-a), транспортне руте и експлоатациони параметри рада транспортне механизације (флоте камиона и транспортера са траком). Сва разматрања вршена су у оквиру задатих параметара, односно са обавезом испуњења пројектованих циљева по питању количина и квалитета. Анализа положаја дробилице (sizer-a) вршена је по више критеријума.

Помоћна механизација укључује дозере, грејдере, цистерне за воду и камионе за одржавање путева и етажа, мјешовиту помоћну опрему и одређена је на основу вишегодишњег праћења. Детаљан прорачун продуктивности урађен је за сваку годину (за руду и откривку) за обје варијанте и приказан у следећим табелама.

Основни оперативни параметри

Да би се одредила количина потребне основне опреме, продуктивност је израчуната на основу планираног годишњег броја сати рада и механичке расположивости. Употреба основне рударске опреме подразумијева 365 дана у години, у 3 смјене дневно и 7 дана седмично. Основни оперативни параметри су дати у табели 3. Тренутна расположивост камиона на копу Бувач је око 80%. Распоживост 80% се односи на транспортне камионе, што је прихватљива вриједност, према свјетским стандардима у рударству, за животни вијек изабране рударске опреме. Свјетски стандард је испод 90 посто за камионе и преко 80 посто за багере.

Табела 3. Процјена годишњег броја радних сати
Table 3 Estimated annual number of hours

	Смјена/годишње	Часова/годишње
Укупно смјена	1095	8760
Планирани број нерадних дана	20	160
Број радних смјена	1075	8600
Број смјена на одржавању утоварне опреме	215	1720
Непланирани број нерадних смјена	90	720
Број радних смјена флоте	770	Радних сати:4600
Часови/смјена		
Трајање смјене, h	8	
Нерадни сати, h	1	
Радно вријеме у смјени, h	7	
Планирани застоји, h	1	
Укупно вријеме застоја у смјени, h	2	
Укупно вријеме застоја у дану, h	6	
Ефективно вријеме рада у смјени, h	6	

На основу оперативних параметара, познате структуре опреме по варијанатама 1 и 2 те траженом капацитету производње и дефинисаном квалитету жељезне руде, израчунат је број потребних и расположивих машина (основне опреме БК система и помоћне механизације те опреме за рад БКДТО система) са динамиком набавке недостајућих јединица.

РЕЗУЛТАТИ ЕКОНОМСКЕ АНАЛИЗЕ

Након дефинисања потребног броја појединих врста машина у двије варијанте структуре опреме дефинисани су капитални трошкови (трошкови набавке и посједовања опреме-амортизација, камата, осигурање и порез) и оперативни трошкови (гориво, електрија, масти, гуме, одржавање и др) по варијанатама и дати економски параметри појединих система и варијанти - са дефинисањем модела трошкова на принципу дисконтованих просјечних трошкова за вјерно упоређивање варијанти трошкова производње са различитим карактеристикама капиталних и оперативних трошкова и вршење анализе осјетљивости пројекта за економски најризицијне улазне параметре, а то су: цијена дизела и електричне енергије и дисконтна стопа за „NPV“. Процјена капиталних и оперативних трошкова даје представу о укупним улагањима и трошковима са довољном тачношћу, што омогућава Инвеститору, у овом случају предузећу ArcelorMittal Prijedor-AMP да донесе одлуку о инвестирању у овај пројекат.

Капитални трошкови

Капитални трошкови су процијењени на основу количине опреме потребне за постизање планиране производње рудника и избора пратеће опреме, што је описано у претходним поглављима и на основу процјена годишњег нивоа ангажовања и рада постојеће опрема и трошкове набавке опреме из фирми које се баве њиховом производњом, водича за процјену, и најновијих података за пројекат. У прикупљању понуда за опрему био је укључен и АМП.

Амортизација опреме чини највећи капитални трошак у оба система откопавања, транспорта и одлагања откритке на копу „Бувач“. У економске прорачуне укључена је само директна амортизација постојеће и нове опреме, без амортизације постојеће инфраструктуре која је иста за обје варијанте, или је разлика занемарљива. Уважена је постојећа књиговодствена политика фирме „ArcelorMittal“ дата у „Правилнику о номенклатури основних средстава и нематеријалних улагања и стопама амортизације“ и примјењене су идентичне стопе отписа за ову врсту опреме, која као временска стопа износи 15% годишње. Резидуална вриједност камиона CAT 775F у БК систему процењена је на 10% од набавне цијене камиона. Као дио капиталних трошкова премија осигурања обрачуната је само за нову опрему, примјеном стопе од 5% на обрачунату амортизацију, табела 4.

Оперативни трошкови

Прогноза оперативних трошкова је подијељена на области:

- Утовар и Транспорт
- Помоћна механизацију – путеви и одлагалишта

Постоје два приступа који могу да се користе у одређивању главних компонената за часовни оперативни трошак. Један приступ заснива се на примјени просјечних трошкова за цио вијек пројекта, а други се заснива на прилагођавању трошкова старости опреме. Овдје је изабран приступ узимања у обзир старости машина, који је тачнији и одговара у већој мјери реалном стању. Ова методологија резултује нижим трошковима одржавања у ранијим годинама пројекта, чиме се побољшава нето садашња вриједност пројекта. Главни трошкови одржавања за сваку машину, кроз сваки период, се добијају множењем основних трошкова са коефицијентом трошкова одржавања, гдје исти варира у зависности од укупног броја израђених сати опреме. Свака машина се посматра посебно и њеним додавањем у систем добијају се

промјене у трошковима рада. Оперативни трошкови опреме су дефинисани на основу принципа животног вијека. Ти трошкови узимају у обзир следеће ставке са захтјевима саме локације рудника и радног циклуса: *Горива, мазива и других течности*, као што је антифриз, *Материјали за поправке и одржавање* укључујући главне компоненте, мање дијелове и уопште потрошне материјале током вијека трајања опреме, *Гуме и гусјеничне компоненте* који се користе у вијеку трајања опреме, *Директна радна снага на одржавању* за све поправке, одржавање и сервисирање током вијека трајања опреме и *Потрошни резервни дијелови* за откопавање (зуби и сл.)

Табела 4. Годишњи трошкови капитала за Варијанту 1

Table 4 The annual cost of capital for Variant 1

Ставка	Трошкови по јединици	Комада	ГОДИШЊИ КАПИТАЛНИ ТРОШКОВИ, (000) €												
			2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Багер-Камион систем и пратећа механизација															
Камион CAT 775	650	17	5.200	2.600	1.300	1.950	-	-	-	-	-	-	-	-	11.050
Багер PC1250	1.000	1	1.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.000
Дозер D 155AX	425	10	-	2.550	-	-	-	-	1.700	-	-	-	-	-	4.250
Грејдер CAT 16M	750	4	750	1.500	-	-	-	750	-	-	-	-	-	-	3.000
Укупни капитални трошкови, 000 €			6.950	6.650	1.300	1.950	-	750	-	1.700	-	-	-	-	19.300

Табела 9. Годишњи капитални трошкови за Варијанту 2

Ставка	Трошкови по јединици	Комада	ГОДИШЊИ КАПИТАЛНИ ТРОШКОВИ, (000) €												
			2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Багер-Камион систем и пратећа механизација															
Камион CAT 775	650	17	5.200	2.600	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.800
Багер PC1250	1.000	1	1.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.000
Дозер D 155AX	425	10	-	2.550	-	-	-	-	1.700	-	-	-	-	-	2.550
Грејдер CAT 16M	750	4	750	1.500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.250
Укупни капитални трошкови, 000 €			6.950	6.650	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13.600
ДТО СИСТЕМ															
Дробилница	5.500	1	-	2.200	3.200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.500
Транспортери	4.060	3	-	1.624	2.436	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.060
Одлагач	1.285	1	-	514	771	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.285
Цјевополагач	500	1	-	-	500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	500
Укупни капитални трошкови, 000 €			-	4.338	7.007	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.345
														УКУПНО, 000 €	24.945

Збир оперативних трошкова током трајања пројекта у конкретном случају износе просјечно 1.009 €/t експлоатисане јаловине. Оперативни трошкови по тони се крећу од 0.78 €/t у првој години до 2.45 €/t у посљедњој 2023. години. Већи трошкови су добијени у 13-тој години, због мањег капацитета и других транспортних дионица. Удио појединих трошкова је приказан на сликама 1 и 2 за поједине варијанте. Трошкови откопавања и транспорта представљају скоро половину оперативних трошкова експлоатације. Затим слиједи амортизација, па трошкови радне снаге, одржавање опреме и на крају трошкови одржавања путева.

Економска анализа

Методологија економске процјене је модел трошкова са дефинисањем улазних података и резултатима анализа по варијанатама са анализом осјетљивости. Анализа претпоставља да се развој рударских радова на копу одвија како је приказано у претходним поглављима овог рада. Модел трошкова се заснива на принципу дисконтованих просјечних трошкова (DAC), што омогућава вјерно упоређивање варијанти трошкова производње са различитим карактеристикама капиталних и оперативних трошкова. Прорачун DAC је коришћен у процјени различитих варијанти транспортних система за откривку на површинском копу Бувач. Користећи ову методологију, трошкови експлоатације су пројектовани у будућност (пројекције су рађене на годишњем нивоу).

Дисконтовани просјечни трошак је процијењен помоћу моделирања трошкова, са европским евром (€) као валутом за улазне цијене. Капитални и оперативни трошкови су процијењени са $\pm 10\%$ тачности. Трошкови су изражени у условима 2011. без додатака везаних за промјене девизних курсева или инфлацију. Тренутни план вијека експлоатације је 13 година.

Капитални трошкови потребне рударске опреме су засновани на подацима АМП базе трошкова те на бази цијена сличне опреме из других пројеката. Директним упитима FAM Magdeburg, MMD Mineral Sizing (Europe) Ltd, ThyssenKrupp и SANDVIK су добијене цијене за опрему дробилице у копу – ДТО, уз трошкове испоруке на локацију Бувача- локацију пројекта.

Оперативни трошкови укључују плате руковоаца, гориво, електричну енергију, мазива (уља, масти, филтери), гуме, резервне дијелове и друге трошкове везане директно за рад опреме и експлоатацију. Трошкови рада потребне флоте у временском периоду су израчунати на основу количине потрошње горива, електричне енергије, мазива, радне снаге, одржавања, дијелова и радних услова дефинисаних на основу АМП базе података. Двије анализиране варијанте откопавања и транспорта у економском вијеку пројекта 2011-2023. године имају следеће резултате:

- Варијанта 1: „БК систем“ која обрађује откопавање, транспорт и одлагање јаловине са класичном механизацијом - багерима и камионима- добијени DAC у периоду 2011-2023. год. : 1,013 €/t;
- Варијанта 2: „БК-ДТО систем“ која обрађује откопавање транспорт и одлагање јаловине комбинованом технологијом, увођењем дробилице за припрему јаловине за транспорт транспортерима са траком 2014. године- добијени DAC у периоду од 2011-2023. год : 0,996 €/t;

Калкулација економске цијене јаловине је урађена по динамичком моделу са NPV уз дисконтну стопу 10% (дисконтовани просјечни трошак). Анализа осетљивости пројекта је рађена за економски најризиичније улазне параметре, а то су: цијена дизела и електричне енергије и дисконтна стопа за NPV. Ови параметри су варијани у следећим опсезима: раст трошкова дизела и електричне енергије за 10%, 15% и 20% и промјена дисконтне стопе од 5%, 10%, 15% и 20%.

ЗАКЉУЧАК

Циљ оптимизације појединих технолошких фаза експлоатације на површинским коповима јесте да се, путем процијене капиталних и оперативних трошкова, утврде очекивани укупни трошкови пројекта у различитим алтернативама система рада и структуре опреме и то са довољном тачношћу, што би омогућило инвеститорима да донесу одлуку о инвестирању у одређени пројекат или измјену технологије рада/експлоатације. Рударска производња се базира на моделу којим управља власник, а у конкретном случају се ради о предузећу „АрцеллорМиттал Приједор“ што је условило одређеним улазним подацима вршење анализе и оптимизације откопавања и транспорта јаловине на површинском копу “Бувач”. Изабрана опрема за одређивање трошкова је базирана на прогнози производње на руднику и методологији која разматра опште логистичке и организационе услове специфичне за пројекат Бувача. Ефикасност опреме је процењена на основу услова који постоје на руднику Бувач (нпр. транспортни путеви за сваку годину, итд.). Урађена економска евалуација за обје варијанте могуће технологије откопавања, транспорта и одлагања јаловине на површинском копу „Бувач“, даје довољно аргументације да се Инвеститор одлучи за оптималну варијанту кључних активности које ће утицати на укупну економију рудника.

Неопходно је поменути да би се резултати анализе вјероватно позитивно мијењали у зависности од конкретних планова Инвеститора у смислу ријешавања организације рада у периоду са већим годишњим продукцијама јаловине (2011-2014). То би се могло урадити

унајмљивањем опреме подизвођача под повољнијим условима у односу на дефинисане цијене производње јаловине у овој анализи, или пак добијањем услова лизинга неопходне опреме у тим временским интервалима, што би утицало на економске резултате рада.

Несумњиво је, да систем БКДТО захтјева већа улагања, која су дјелимично „неутралисала“ његову повољност у погледу оперативних трошкова односно улазних података и утрошака енергената. Тај фактор – већа улагања, а мањи ризик увозних горива - би могао, вјероватно могао утицати код доношења коначне одлуке.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Runge, C. Ian. (1997). Mining economics and strategy, SME
- [2] Студија изводљивости „Избор оптималног транспортног система откривке на ПК „Бувач”, 2011. Београд. Рударско-геолошки факултет.
- [3] Whittle, D. Global manager, Planning leadership Program, BHP Biliton, Melbourne. Chapter 5. Mineral resources and reserves, and mining technical studies, SME Mining engineering handbook.
- [4] Whittle, D. Global manager, Planning leadership Program, BHP Biliton, Melbourne. Chapter 10. Pit planning and designing, SME Mining engineering handbook.