



MODEL ZA OPTIMALIZACIJU TRANSPORTNIH SISTEMA NA POVRŠINSKIM KOPOVIMA RMU „BANOVIĆI“

Dr. Safer Mušanović, dipl.inž.maš.

Rudnik mrkog uglja Banovići, 061/896-804, safermusanovic@gmail.com;

Prof. dr. Asib Alihodžić, dipl.inž.maš.

Internacionalni univerzitet Travnik u Travniku, asib.dr@gmail.com

Dr.sc. Mušanović Esad, dipl.ing.saob.,

Visoka škola „LOGOS-Centar“ u Mostaru, 061/280-061, musanovicesad2@gmail.com

Abdulah Jusić, dipl.inž.rud,

RMU "Banovići" d.d. Banovići, [061 048 096](tel:061048096), yusa2506@gmail.com

Sažetak: U radu je prezentovan model za optimalizaciju diskontinuiranog transporta otkrivke i uglja na površinskim kopovima RMU Banovići i to: PK Turija i PK Grivice za period 2014 – 2020 godine. Model za optimalizaciju tehničko-tehnoloških parametara sistema razvijen je u simulativnom jeziku GPSS/H i PROOF simulacionom paketu. Verifikacija i potvrda razvijenog modela je izvršena na osnovu statističkih obrađenih podataka sa površinskih kopova u proteklom periodu. Ekonomski model je razvijen u softverskom paketu Xeras (Runga) i obrađuje očekivan tok prihoda, troškova kapitala za novu opremu, operativne troškove opreme, rukovaoca i radnike na održavanju. Model upotrebe DCF analize definiše: NPV neto sadašnju vrijednost dobiti, IPR (interna stopa povrata) i DAC (diskontovane prosječne troškove) procesa transporta na PK Turija i PK Grivice RMU Banovići.

Ključne riječi: simulacija, diskontovani novčani tok, neto sadašnja vrijednost, interna stopa povrata, diskontovani prosječni troškovi

MODEL IN OPTIMIZING ITS ON PIT MINES "BANOVIĆI"

Abstract: This paper presents a model for the optimization of discontinuous transport and coal at the pit mines Lancaster, namely: Turija and Grivice for the period 2014 - 2020 year. A model for the optimization of technical and technological parameters of the system was developed in the simulation language GPSS / H and PROOF simulation package. Verification and validation of the model was based on the statistical processed data from the surface mines in the previous period. An economic model was developed in the software package Xerash (Runga) and processes expected stream of income, the cost of capital for new equipment, operating costs of equipment, operator and maintenance workers. Model use DCF analysis defines: NPV net present value of profits, IPR (internal rate of return) and DAC (discounted average costs) in the transport process in Turija and Grivice RMU Lancaster.

Keywords: simulation, discounted cash flow, net present value, internal rate of return, discounted average costs



1. UVOD

Rudarstvo kao privredna grana u BiH predstavlja osnovu razvoja privrede i znatno utiče na ukupnu ekonomiju zemlje. Brzi razvoj rudarskih kapaciteta ostvaren je zahvaljujući primjeni savremene visokoproduktivne mehanizacije. Danas kada su zakoni tržišta dominantni, ekonomičnost proizvodnje mineralne sirovine često je limitirajući faktor daljeg rada rudnika. Za ekonomičnu proizvodnju rudnika nužno je optimizirati sve segmente tehnološkog procesa, odnosno povećati njihovu pouzdanost i efikasnost a posebno oblast transporta, jer troškovi transporta u ukupnoj cijeni koštanja proizvedene tone mineralne sirovine dostižu i do 50 % ukupnih troškova.

Ukupna proizvodnja uglja u RMU Banovići na nivou godine je 1 500 000 tona separisanog uglja i 12 500 000 metara kubnih čvrste mase otkrivke.

Banovički ugalj kao energent se koristi u termo-energetskim objektima, industrijskim postrojenjima, te opštoj i širokoj potrošnji.

Rudnici mrkog uglja «Banovići» d.d. Banovići su funkcionalno a i tehnološki zaokružena cjelina. U organizacionom smislu, rudnici i ostale cjeline su podjeljeni na rudnike/površinske kopove, radne jedinice, sektore i službe. Osnovna djelatnost Rudnika mrkog uglja «Banovići» d.d. Banovići je eksploatacija mrkog uglja koja se odvija kroz sledeće proizvodne procese: bušenje i miniranje, otkopavanje i utovar (bagerovanje), transport, oplemenjivanje, održavanje opreme i rekultivacija.

Rezerve i predviđene količine uglja za eksploataciju, sa prognozom preostalog eksploatacionog vijeka, za rudnike banovičkog bazena prikazane su u tabeli 1.

Tabela br. 1.

Rudnici mrkog uglja «Banovići» d.d. Banovići					
Red. br	NAZIV	Jed. mj.	Površinska e.	Podzemna e.	UKUPNO
1*	Rezerve uglja	t.r.u.	113267000	13611186	126878186
2*	Količina otkrivke	m ³ č. m.	838091000		838091000
3*	Odnos 2*/1*	2*/1*	7,72		
4*	Proj. god. proiz.	t.r.u.			2000000
5*	Eksploatacioni vijek	god.			66,43

Tabela br. 1. Rezerve uglja u RMU «Banovići»

U tabeli broj 2. date su ograničene rezerve uglja za površinsku eksploataciju po površinskim kopovima.



Tabela br. 2.

Površinski kop	Ugalj (t. r. u.)	Otkrivka (m ³ č. m.)	K _o (t. r. u./ m ³ č. m.)
Turija	28180000	195066000	6,92
Grivice	35448000	287415000	8,11
Breštica	16761000	154257000	9,20
Seona	32314000	201353000	6,23
UKUPNO	113267000	838091000	7,72

Tabela br. 2. Ograničene rezerve uglja za eksploataciju po objektima

Iz tabele 1. i 2. se može jasno zaključiti da vijek eksploatacije uglja ima perspektivu za narednih 50-60 godina eksploatacije po dinamici koja je utvrđena u studiji dugoročnog razvoja rudnika.

Rudnici mrkog uglja Banovići raspolažu značajnim eksploatacionim rezervama uglja ali i veoma izraženim učešćem jalovinskih masa u ukupnom transportu.

Osnovni faktor koji utiče na realizaciju planskih zadataka na uglju je izvršavanje planskih zadataka na otkrivci. Na površinskim kopovima Rudnika Banovići do sada je otkopano cca 90 miliona tona uglja i cca 400 miliona m³ č. m. otkrivke. Proizvodnja se ostvaruje diskontinuiranom tehnologijom. Utovar otkrivke vrši se bagerima kašikarima, zapremine kašike od 8 – 21 m³, u kamione nosivosti 100 – 170 tona kojima se prevozi na odlagališta.

Ugalj se dobiva uglavnom bagerima dreglajnama zapremine kašike 5 – 9 m³ i dijelom kašikarima zapremine kašike 9 – 20,7 m³, te se damperima odvozi do drobiličnih postrojenja. Dugoročni razvoj rudnika strateški važnog kolektiva iz oblasti rudarstva u BiH zasnovan je na izgradnji TE Banovići 300 MW, koja treba da obezbjedi siguran plasman uglja, povećanu proizvodnju uglja i tržišno konkurentan proizvod, proizvodnju električne i toplotne energije, veći broj radnih mjesta podizanje standarda zaposlenika, kao i podsticanje i izgradnju drugih privrednih objekata. Kroz primjenu evropskih direktiva o zaštiti okoline učiniti sve da se smanji emisija štetnih materijala kako kroz eliminisanje individualnih ložišta, tako i kroz korištenje nus proizvoda kao što su SO₂, NO₂, za proizvodnju cementa i gipsa.

2. SISTEM TRANSPORTA U RUDNIKU

Istraživanje optimalnog modela transporta u proizvodnim sistemima posebno u rudnicima sa površinskom eksploatacijom zavisi prvenstveno od ekonomskih faktora uslova u kojima se određeni proizvodni sistem nalazi.

Ekonomski uspjeh površinske eksploatacije mineralnih sirovina u mnogome zavisi od planiranja i kontrole troškova transporta. U tom procesu pravilan izbor, prvenstveno prema usklađenosti kapaciteta, utovara i transportne opreme, zatim brzo i pravilno donošenje odluka



u datim situacijama predstavlja važan udio. Prvo i osnovno pitanje koje se postavlja je šta je najefikasniji i najjeftiniji sistem transporta?

U RMU Banovići se primjenjuje kamionski način transporta uglja i otkrivke, zatim transport trakastim transporterima, kao i kombinovani način transporta. Svaki od navedenih sistema transporta ima svoje specifičnosti, ali im je zajedničko da koriste različite osnovne mašine, različitog jediničnog kapaciteta koji za svoju primjenu traže određene tehničke uslove, kojima se kao ograničavajući faktor javljaju prirodni uslovi ležišta, što znači da se za svako ležište mora tražiti optimalno tehno-ekonomsko rješenje.

Diskontinuirani transportni sistemi su jedan od najčešće korištenih vidova transporta u površinskoj eksploataciji mineralnih sirovina.

Ekonomska opravdanost primjene ovih sistema uglavnom zavisi od efikasnosti metoda planiranja i analize u fazi projektovanja obzirom na činjenicu da troškovi transporta dostižu do 50 % ukupnih troškova eksploatacije. Ovaj problem je posebno evidentan pri eksploataciji u PK Turija zbog povećane dubine površinskog kopa i potrebe uvođenja trakastog transportnog sistema.

3. METODE OPTIMALIZACIJE SISTEMA TRANSPORTA

Jedna od prvih metoda koja se koristila za proučavanje procesa transporta u rudarstvu je bila teorija redova čekanja, zatim je slijedila primjena stohastičke metode Monte Carlo i linearnog programiranja, da bi se danas većina proizvodno tehnoloških procesa i sistema u rudarstvu izučavalo simulacionim modeliranjem.

Analizom ovih metoda može se zaključiti da se teorija redova čekanja Monte Carlo metoda uglavnom koriste za rješavanje jednostavnih problema iz oblasti transporta na površinskim kopovima.

Metoda linearnog programiranja je dobro poznata i često korištena za rješavanje određenih problema na površinskim kopovima. Glavni nedostatak ove metode je stohastički karakter samog transportnog procesa, čime se smanjuje stepen pouzdanosti ulaznih podataka za metode a time i valjanost linearnog modela opada.

Simulaciono modeliranje se već duže vrijeme primjenjuje kao jedana od najefikasnijih metoda za praćenje, analizu i upravljanje proizvodnim procesima i donošenje poslovnih odluka u rudarskim preduzećima širom svijeta.



4. SIMULACIONI MODEL ZA OPTIMIZACIJU TEHNIČKO-TEHNOLOŠKIH PARAMETARA SISTEMA

Model za optimizaciju tehničko-tehnoloških parametara diskontinuiranog transporta uglja i otkrivke (mineralne sirovine) razvijen je u GPSS/H simulacionom jeziku na bazi sadašnjeg stanja sistema eksploatacije i pokazatelja rada u predhodnom periodu. Statistička obrada podataka obavljena je sa Expert Fit softwerom. Kreiranje ulaznih datoteka sa odgovarajućom strukturom ulaznih podataka bilo je neophodno za realizaciju efikasne simulacione studije. Simulacioni model zahtjevao je sledeće ulazne podatke:

- tehničke karakteristike bagera
- tehničke karakteristike kamiona
- karakteristike mreže transportnih puteva
- funkcije raspodjele karakterističnih slučajnih veličina koje opisuju rad opreme (vremena ispravnosti i otkaza opreme, brzine kretanja punih i praznih kamiona, vremena manevrisanja utovara i istovara kamiona)
- karakteristike materijala (gustna, jednoaksijalni pritisak, koeficijent rastresitosti, krupnoća)
- opšte podatke o organizacionoj strukturi šemi rada rudnika i trajanja pojedinih aktivnosti.

Svi predhodno definisani podaci se unose u datoteke. Za potrebe ovog simulacionog modela kreirane su četiri nezavisne datoteke.

Datoteka o bagerima sadrži podatke o tipu proizvođača bagera, zapreminu kašike bagera, trajanje ciklusa kašike, parametrima funkcije raspodjele za vremena ispravnosti otkaza.

Datoteka o kamionima sadrži podatke o tipu i proizvođača kamiona, nosivosti, sopstvenoj masi kamiona funkcije raspodjele za vremena ispravnosti otkaza.

Datoteka o mreži transportnih puteva sadrži podatke o broju transportnih puteva, broju dionica, dužinama, nagibima, kvalitetu podloge puta i radijusa krivina za svaku dionicu transportnog puta.

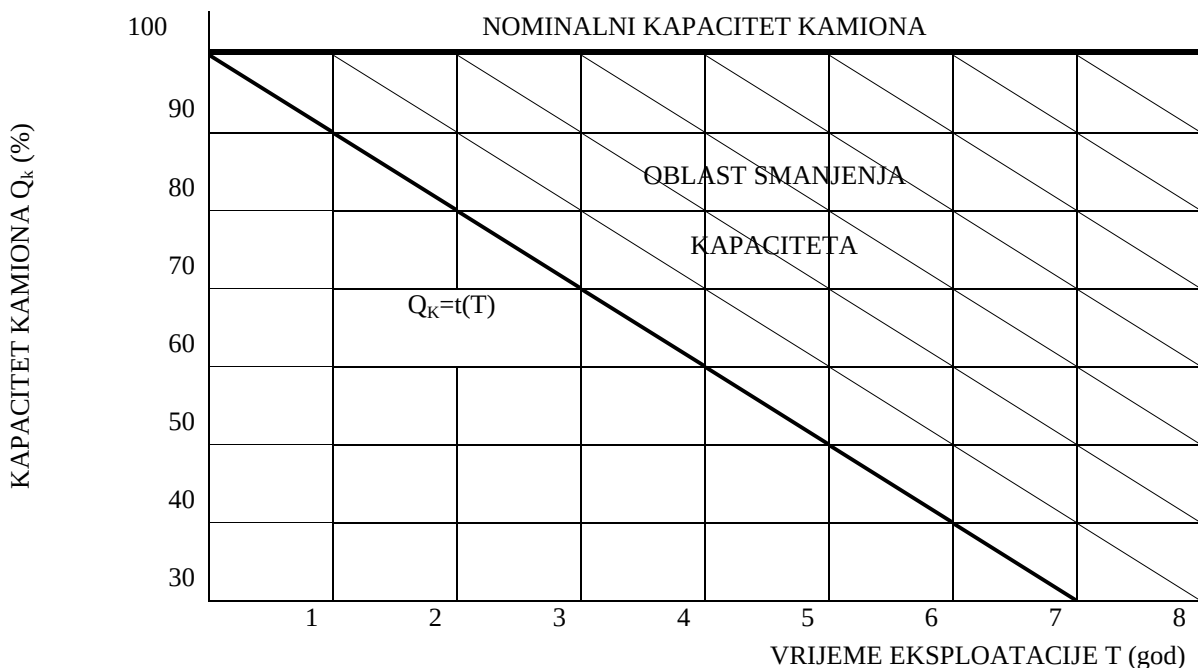
5. USKLAĐENOST UTOVARNIH I TRANSPORTNIH KAPACITETA

Za normalno funkcionisanje kompleksa BAGER-KAMION potrebno je obezbediti stalno održavanje kapaciteta kompleta damper kamiona na nivou projektovanog kapaciteta površinskog kopa. U procesu rada, kapacitet pojedinog kamiona konstantno opada, a time i kompleta kamiona usled uticaja sledećih faktora:

- Trošenja i starosti pojedinih kamiona
- Otpisa kamiona nakon amortizacije
- Popune kompleta novim kamionima
- Promjene rudarsko-tehničkih uslova eksploatacije



Dakle proizvodni kapacitet kamiona je u funkciji mnogih promjenljivih.



Proizvodni
kapacitet
kompleta

je:

$$Q_{kk} = \sum_{i=1}^Z \cdot \sum_{j=1}^K \cdot n_{ij} \cdot Q_{ij}$$

(1)

gdje je:

- i – tekuća godina eksploatacije kamiona
- z – broj povećanih grupa kamiona
- j – tip kamiona
- k – broj tipova kamiona
- n_{ij} – broj kamiona i-te godine eksploatacije j-tog tipa
- Q_{ij} – proizvodni kapacitet kamiona i-te godine eksploatacije j-tog tipa

Smanjenje kapaciteta kamiona može se aproksimirati kao i linearna zavisnost:

$$Q_i = Q_{ij} \cdot b \quad (2)$$

gdje je: Q_{ij} – kapacitet kamiona j-tog tipa u prvoj godini eksploatacije (t_{km}/god)

- i – godina eksploatacije kamiona
- b – godišnje smanjenje kapaciteta

Smanjenje kapaciteta kamiona može se aproksimirati kao i linearna zavisnost i ona iznosi 89 % poslije prve godine eksploatacije, a nakon sedme 29 %.



Tabela br. 3.

FAKTORI UTICAJA NA KAPACITET KAMIONA	GODINA RADA KAMIONA						
	1	2	3	4	5	6	7
Habanje i starenje kamiona	0,97	0,94	0,91	0,88	0,86	0,83	0,88
Smjenski otkazi	0,99	0,98	0,97	0,95	0,94	0,93	0,92
Cjelosmjenski zastoji	0,96	0,91	0,87	0,82	0,78	0,73	0,69
Povećnje broja i dužina tekućih opr.	0,97	0,94	0,91	0,87	0,84	0,81	0,78
Povećanje broja i vremena servisa	1,00	1,00	0,99	0,98	0,93	0,82	0,73
Ukupni koeficijent stanja kamiona (b)	0,89	0,79	0,69	0,59	0,46	0,39	0,29

*Tabela br.3. Koeficijent smanjenja kapaciteta kamiona (b) u zavisnosti od
godina njegovog rada (N. Popović, Naučne osnove projektovanja površinskih kopova)*

Sa vremenom eksploatacije održavanje kamiona sve više raste što se odražava ne samo na troškove već i na iskorištenje kamiona (vrijeme rada), njegov kapacitet. Zbog toga je pitanje režima rada i kvaliteta održavanja kamiona jedno od najvažnijih za efikasan rad kompleksa, a za što postoje dobri radionički uslovi i obučenost radne snage u RMU Banovići. U trosmjenskom režimu (četvorobrigadni sistem) rada kamiona potrebno je znatno više vremena za tekuće održavanje posebno za starije kamione, preko 5 godina.

U procesu eksploatacije kamiona dešava se i ranije otpisivanje zbog:

- havarije i potpunog uništenja
- havarije i neracionalnosti opravki
- prijevremenog trošenja zbog nepravilne eksploatacije ili fabričkih nedostataka
- intenzivnog korištenja pojedinih kamiona

Ovi otpisi u početku, kod novih kamiona su veoma mali da bi se vremenom dobio eksponencijalni porast. Funkcija prijevremenog otpisa kamiona iz istovremene grupe kamiona predstavljena je regresionom jednačinom:

$$k_{otp-i} = 0,225^{0,8315}$$

Broj kamiona zbog trošenja (habanja) :

$$n = \frac{Q_{k-smj} \cdot b}{Q_{ij}} \quad (3)$$



gdje je: b- koeficijent godišnjeg smanjenja kapaciteta kamiona

Istraživanjem pouzdanosti rada damper kamiona na površinskim kopovima dobiveni su podaci koji govore da funkcija pouzdanosti kamiona u radu nije pravolinijska sa godinama rada, već se pokorava Weibull-ovom modelu.

$$R_e = 1 - F_e = e^{-\left(\frac{t}{a}\right)^b} \quad (4)$$

Na osnovu rezultata iz prakse utvrđeni su koeficijenti a i b kao i funkcija pouzdanosti $R_{(t)}$ i funkcija intenziteta otkaza $\lambda_{(t)}$. Dobiveni rezultati predstavljeni su na dijagramu slika 2. i tabeli broj 4. Analiziran je Damper kamion Mark 36 za uslove rada u RMU Banovići.

Održavanje kompletnosti kamiona mora se vršiti svake godine i sa proračunima kapaciteta svakog pojedinog kamiona u zavisnosti od vremena njegovog rada, pouzdanosti tabela br. 3.

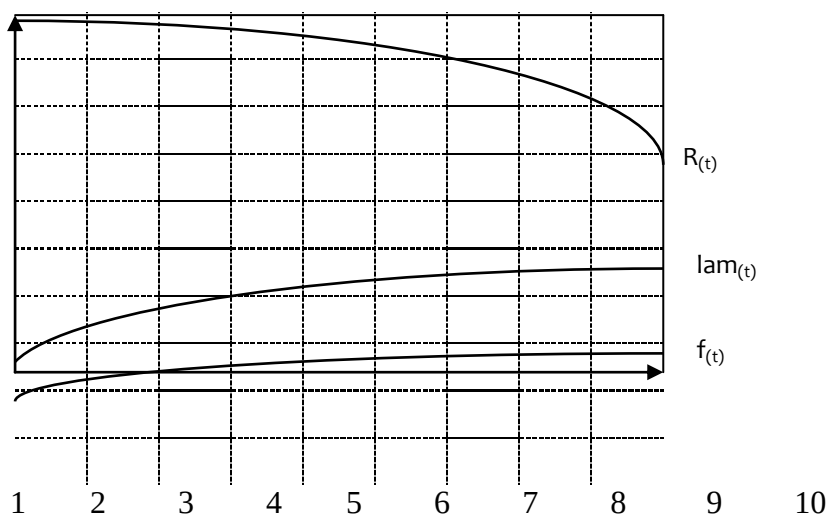
Tabela br. 4.

RAZRED		SREDINA RAZRED A	ZASTO J	KUM. ZASTO J	$R_{(e)}$	$R_{(t)}$	$F_{(t)}$	$f_{(t)}$	$\lambda_{(t)}$
71760	13554 7	63787	7992	7992	0,9876 3	0,98 8	0,81 2	2.996E -07	3.033E -07
13554 7	19933 3	127573	19152	27144	0,9579 7	0,96 4	0,83 6	4.370E -07	4.533E -07
19933 3	26312 0	191360	13464	40608	0,9371 2	0,93 3	0,86 7	5.349E -07	5.733E -07
26312 0	32690 7	255147	18576	59184	0,9083 6	0,89 6	0,10 4	6.871E -07	6.773E -07
32690 7	39869 3	318933	22584	81768	0,8733 9	0,85 6	0,14 4	6.597E -07	7.789E -07
39069 3	45448 0	382728	31272	113040	0,8249 7	0,81 3	0,18 7	6.961E -07	8.568E -07
45448 0	51826 7	446507	41112	154152	0,7613 2	0,76 7	0,23 3	7.189E -07	9.368E -07
51826 7	58205 3	510293	37680	191832	0,7029 7	0,72 1	0,27 9	7.299E -07	1.812E -07
58205 3	64584 0	574080	42072	233904	0,6378 3	0,67 4	0,32 6	7.308E -07	1.884E -07

Tabela br.4. Rezultati ipitivanja



Procjenjeni parametri krive $R(t)$ $a=1035518,86$
 $b=1.579$



Slika 2. Dijagram $R(t)$, $lam(t)$ i $f(t)$ po Weibull-u za analizirani komplet kamiona

6. ZAKLJUČAK

Za izbor optimalnog sistema transporta otkrivke i uglja u RMU Banovići na PK Turija i Grivice razvijen je integralni simulacioni model utovarno-transportnog sistema bageri kamioni u GPSS/H simulacionom jeziku. Model primjenom procesnog modela, oslikava stanja transportnog sistema na eksploataciji otkrivke i uglja u vremenu i prostoru. Fleksibilnost modela se ogleda u mogućnosti razmatranja struktura opreme u sistemu da optimizira parametre pojedinih procesa u sistemu, kao i samog transportnog sistema.

Na osnovu analize usklađenosti utovarnih i transportnih kapaciteta datih u radu može se zaključiti da je usklađenost izvršena po veličini i broju jedinica kamiona, naspram jedinica utovarno bagerskih sistema, što znači da bageri sa većom zapreminom kašike utovaraju kamione sa većom zapreminom korpe i bageri sa manjom zapreminom kašike utovaraju kamione sa manjom zapreminom korpe.

Ekonomska ocjena različitih varijanti transportnih sistema (kamiona različitih tipova) i struktura opreme, putem izrade ekonomskog modela, predstavlja najbolji način sagledavanja uticaja svih struktura i vidova troškova na ukupne troškove, kako pojedinačne tehnološke faze tako i cjelokupne tehnologije rada i eksploatacije na površinskim kopovima.



7. LITERATURA

1. Adamović Ž: Upravljanje i održavanje tehničkih sistema, OMO Beograd, 1986. god.
2. Mušanović S: Analiza pouzdanosti konstrukcije na povećanje eksploatacije kamiona u Rudniku "Banovići" Magistarski rad FEM Tuzla, 1999.
3. Mušanović S: Utvrđivanje uticaja pojedinih sklopova na pouzdanost, na povećanje vremenskog iskorištenja istih u Rudniku Banovići, Međunarodni naučno-stručni skup „Stanje i perspektiverazvoja rudnika uglja u BiH”, Kakanj 26. i 27. 09. 2002. godine
4. Mušanović S: Prilog istraživanju uticajnih faktora na efektivnost i efikasnost proizvodnje uglja u Rudniku Banovići, Doktorska disertacija, Travnik, 14.05.2014. godine
5. Alihodžić A., Alihodžić Almir., Poslovna organizacija preduzeća, Fakultet Primijenjenih Znanosti Biznisa u Peći, Peć 2007.
6. Alihodžić A., Alihodžić Almir i Perica Gojković., Metodologija naučno istraživačkog rada,
7. Popović N: Naučne osnove projektovanja površinskih kopova