

***Pregledni rad  
Review paper  
UDC: 622.33:699.81***

## UGROŽENOST PODZEMNIH RUDNIKA UGLJA ENDOGENIM POŽARIMA

Mirko Ivković<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*JP PEU-Resavica, E.mail: mirko.ivkovic@jppeu.rs*

### REZIME

Rudnički požari čine relativno čestu pojavu najčešće pri podzemnoj eksploataciji uglja, a ređe u rudnicima metala sa prisustvom pirita, i predstavljaju potencijalnu opasnost za zaposlene, instaliranu opremu i uređaje, pa i ceo podzemni proizvodni sistem. Po prirodi nastajanja, rudnički požari su klasifikovani na egzogene koji nastaju spoljnim izvorom toplote i endogene koji nastaju procesom samozapaljenja.

U ovom radu daje se prikaz rizika od endogenih rudničkih požara, kao i metode zaštite od navedene opasnosti u podzemnim proizvodnim objektima-jamama rudnika uglja Republike Srbije.

Ključne reči: *endogeni požari, podzemna eksploatacija, samozapaljivost, mere zaštite*

### MINE FIRES IN UNDERGROUND EXPLOATATION

#### ABSTRACT

Mine fires are a relatively frequent phenomenon in underground coal exploitation and they represent a potential danger for workers, installed equipment and appliances and for the mine itself. Mine fires could be classified, by their nature of appearance, into mine fires, generated by the heat source, and mine fires, generated by the coal selfinflammability.

Key words: *mine fires, underground exploitation, selfinflammability, medods of protection*

#### UVOD

Po pojmom rudnički požari podrazumevaju se požari nastali u blizini rudničkih otvora ili u podzemnim objektima. Svaki proces oksidacije praćen oslobađanjem toplote i svetlosti naziva se gorenjem. Da bi došlo do gorenja neke gorive materije moraju biti ispunjeni sledeći uslovi:

- da postoje gorive materije;
- da postoji kiseonik koji omogućava i pomaže gorenje;
- da postoji izvor paljenja.

Zaštita od rudničkih požara zasniva se na tome da se isključi jedan od ova tri uslova. S obzirom da je ugalj goriva materija i da se u rudarske prostorije unose razni gorivi materijali, to je praktično

postojanje gorive materije nemoguće isključiti. Takođe, nemoguće je isključiti prisustvo kiseonika u rudarskim prostorijama. Iz tog razloga nastoje se isključiti izvori paljenja, koji mogu biti uzročnici požara.

Pojave rudničkih požara podjednako su ugrožavajuće u podzemnoj eksploataciji uglja i za zaposlene, za opremu, mašine instalacije i ugajl, odnosno njegove gubitke. S obzirom na činjenicu da su oksidacioni procesi kao pojava gotovo neminovni, to je osnovna mera zaštite sprečavanje njihovog razvijanja u burnije procese, odnosno požare.

## ENDOGENI POŽARI

Endogeni požari nastaju kao rezultat zajedničkog delovanja prirodno-geoloških i tehničko-tehnoloških uslova u prostoru i vremenu.

Prirodno-geološki uslovi uticajni na nastajanje endogenih oksidacionih procesa su: sklonost uglja ka samozapaljenju, debljina ugljenog sloja, tektonske karakteristike, nagib i dubina zaleganja, osobine pratećih naslaga, prisustvo vode u ugljenom sloju i pratećim stenama.

Tehničko-tehnološki faktori uticajni na endogenu požarnu ugroženost su: neadekvatna priprema i razrada, primenjena otkopna metoda, gubici uglja pri otkopavanju, loša i neblagovremena izolacija otkopanih prostora, neadekvatna brzina napredovanja radnog fronta otkopa, nepravilna šema provetravanja, visoka depresija jame i otkopnog polja, gubici vazdušne struje, nepovoljna lokacija separatnih ventilatora i dr.

Ugalj je hemijski vrlo složena materija, pri čemu ugljevi iz raznih ležišta mogu biti vrlo različitog sastava. Ovo utiče da se proces endogenih oksidacionih procesa intenzivno istražuje i izučava, posebno u uslovima podzemnih proizvodnih sistema u kojima se ugrađuje skupocena oprema koja ne trpi klasičan sistem zaštite dugotrajnijom izolacijom.

U nizu teoretskih razmatranja procesa samozapaljenja, izdvajaju se piritno-sulfidna, bakterijska, fenolna i oksidaciona teorija.

Prema prirodnoj teoriji početno zagrevanje uglja nastaje zbog prelaska piritu u prisustvu vode i kiseonika u sulfat gvožđa kojom prilikom se oslobađaju znatne količine toplote.

Bakterijska teorija pripisuje početno zagrevanje uglja razvoju mikroorganizama u uglju. Fenolna teorija objašnjava samozapaljenje uglja kao posledicu intenzivnog vezivanja fenolnih grupa iz uglja sa kiseonikom pri čemu dolazi do egzotermne reakcije. Smatra se da kiseonik iz vazduha prvo deluje na fenone grupe u uglju, a potom fenol deluje na ugajl izazivajući oksidaciju.

Danas se u rudarskoj nauci prioritetan značaj pridaje oksidacionoj teoriji, koja samozapaljenje tumači kao proces sorpcije  $O_2$  u više karakterističnih faza odnosno perioda, i to: inkubacija, indikacija i otvoreni požar.

U period inkubacije požara računa se period od početka oksidacionog procesa uglja do momenta kad se požar može primetiti ili se mogu izmeriti produkti oksidacije. U ovom periodu vrši se upijanje kiseonika, tj. ispunjavanje prslina i intermolekularnog prostora u sloju uglja i vezivanja kiseonika sa ugljenikom iz uglja.

Period indikacije počinje pojavom vodene pare, kada se kapljice vode hvataju na podgradu ili strop i bokove prostorija u blizini mesta požara. Nakon toga izdvajaju se CO i  $CO_2$ , čime se završava period indikacije i dolazi do otvorenog požara. Sklonost nekog uglja da sorbira kiseonik iz atmosferskog vazduha je prirodna karakteristika, a utvrđivanje razlike u sklonosti sorpcije kiseonika od strane raznih ugljeva predstavljaju jednu od metoda za ispitivanje.

## OCENA SKLONOSTI UGLJA KA SAMOZAPLJENJU

Pri oceni stanja endogene požarne ugroženosti, pored prirodne sklonosti uglja ka samozapaljenju, u obzir se uzimaju i faktori uticajni na sorpcionu sposobnost uglja, i to: stepen usitnjenosti uglja, početna temperatura uglja, prethodno zagrevanje, kvašenje i stepen oksidisanosti.

Povećanjem spena usitnjenosti uglja, povećava se ukupna unutrašnja i spoljna sorpciona površina. Spoljašnju sorpcionu površinu čini sistem makro i mikro pukotina i stepen usitnjenosti, a unutrašnju poroznost uglja. U procesu sorpcije kiseonika učestvuje spoljašnja temperatura i deo unutrašnje, naročito na višim temperaturama. To je posebno izraženo kod eksploatacije slojeva na većim dubinama, gde temperaturni odnosi u sloju utiču na povećanje požarne ugroženosti.

Potrebno zagrevanje uglja ubrzava razvoj procesa samozapaljenja. Naročito izraženi su recidivi požara na lokacijama prethodno saniranih požara.

Kvašenje uglja izaziva bubrenje na zidovima prslina i pukotina, usled čega dolazi do povećanja sorpcione sposobnosti. Neoksidirani ugljevi ne bubre. Pored toga, vlaga ima i ulogu katalizatora u oksidacionom procesu.

Stepen oksidisanosti uglja utiče na smanjenje sklonosti samozapaljenju. Povećanjem dubine oksidisanog sloja, dolazi do njegove potpune nesposobnosti za upijanje kiseonika.

Za ispitivanje prirodne sklonosti ugljeva ka samozapaljenju, razvijeno je u svetu oko 20-tak teorija, pri čemu su opšte prihvaćene sledeće Makni, Skočinski, Olpinski, Halupe-Drebeka.

Izučavanje procesa samozapaljenja uglja, upijanje kiseonika i izdvajanje produkata oksidacije, ostaje isto nezavisno od stepena metamorfizma. Zbog toga se smatra da su izotermne, termičke i adijabatske metode podjednako prihvatljive za određivanje sklonosti uglja ka samozapaljenju.

Ispitivanje ugljeva u izotermnim uslovima naročito je pogodno za proučavanje razvoja procesa u I fazi, kad se kiseonik uglavnom absorbira i samo njegov mali deo odlazi na stvaranje CO<sub>2</sub>, CO i H<sub>2</sub>O.

Metode zasnovane na oksidaciji uglja sa kiseonikom iz vazduha najbolje odgovaraju za ispitivanje slabije metamorfisanih mrkih ugljeva.

Ispitivanjem uglja u adijabatskim uslovima, može se pratiti razvoj procesa samozapaljivosti u sve tri faze, dok se ispitivanjem u tehničkim uslovima omogućuje praćenje u drugoj i trećoj fazi.

Ispitivanje prirodne sklonosti uglja ka samozapaljenju, po metodi Olpinskog, kod nas vrši RI – Beograd. Ova metoda zasniva se na oksidaciji uglja molekularnim kiseonikom, pri konstantnoj temperaturi. Po ovoj metodologiji ugljeva su razvrstani u 4 kategorije:

- I. kategorija:  
veoma sklona  $SZ_B = 120^0 C/min$  i više
- II. kategorija:  
sklona  $SZ_B = 100-120^0C/min$
- III. kategorija:  
umereno sklona  $SZ_B = 80-100^0C/min$
- IV. kategorija:  
nisu sklona  $SZ_B =$  ispod  $80^0 C/min$

## ISTRAŽIVANJA SAMOZAPALJIVOSTI UGLJEVA U PODZEMNIM RUDNICIMA UGLJA SA REPUBLIKE SRBIJE

U Republici Srbiji sistemom podzemne eksploatacije otkopavaju se slojevi kamenog uglja, mrkog uglja i lignita. Na osnovu prikupljenih i obrađenih podataka, osnovne prirodno-geološke uslove aktivnih ležišta karakteriše sledeće:

- ugljeni slojevi su uglavnom složene strukture (sa većim ili manjim učešćem jalovine) najčešće promenljive debljine koja varira od 1-40 m;
- usled intenzivne makro i mikro tektonike, ležišta su po pravilu izrasedana u više sistema raseda, koji su formirali otkopna polja nepravilnog oblika;
- aktivna ležišta nisu izraziti nosioci metana, izuzev ležišta „Soko“ i „Vrška Čuka“;
- stabilnost rudarskih podzemnih objekata direktno je vezana za fizičko-mehanička svojstva ugljenih slojeva i pratećih naslaga (sa naglašenim učešćem glinovitih komponenti) u kojima se primenjuju uobičajeni sistemi podgrađivanja;
- u pogledu vodonosnosti sva ležišta, izuzev ležišta „Štavalj“ pripadaju grupi rudnika sa dotokom vode manjim od 1,0 m<sup>3</sup>/min, odnosno grupi slabo odvodjenih rudnika;
- samozapaljivost i eksplozivnost ugljene prašine, kao i prirodna sklonost uglja samozapaljenju ispitivani su u više navrata po metodologiji Skočinskog.

Vrednost prirodnog indeksa samozapaljivosti, za ugljeve svih aktivnih rudnika dobijene na osnovu ispitivanja, tabela 1.

Tabela 1. Vrijednosti prirodnog indeksa samozapaljivosti  
Table 1 Index value of natural igniting

Prirodni indeks samozapaljivosti SZP (°C/min)	RUDNIK JAMA						Soko	Bogovina	Jasenovac	Lubnica	Štavalj
	Vrška Čuka Avramica	Ibarski rudnici Jarndo Ušće	Rembas S.Rudnik Strmosten P.livade								
SZP	Nije sklon samozapaljenju	69-98	62-120	118-140	110-120	55-95	115-188	80-120	81-95	80	103-111

U poslednjih 15 godina oksidacioni procesi i požari endogenog karaktera registrovani su u većini jama-rudnika JP za PEU.

Otvoreni požari zabeleženi su u jamama:

- „Senjski Rudnik“ rudnika „Rembas“ (preko 30 požarnih pojava)
- „Pasuljanske livade“ rudnika „Rembas“, (3)
- „Jarando“ rudnika „Ibarski rudnici“, (6)
- „Stara jama“ rudnika „Lubnica“, (3)
- „Jasenovac“ rudnika „Jasenovac“, (4)

dok su u više navrata oksidacioni procesi blagovremeno sanirani i sprečeno njihovo razvijanje u otvorene požare u jamama:

- „Strmosten“ rudnika „Rembas“,
- „Soko“ rudnika „Soko“ i
- „Jasenovac“ rudnika „Jasenovac“
- „Tadenje“ Ibarskih rudnika

Najveći broj požara dogodilo se u jami „Senjski Rudnik“, pri otkopavanju debelog ugljenog sloja u otkopnom polju „B“. Na brojnost požara najveći uticaj imali su lokacija otkopnog polja, nekvalitetna izolacija otkopnih prostora i neadekvatan sistem izolacije. Kao rezultat razvoja požarnih procesa,

povremeno je prekinuto otkopavanje u ovom otkopnom polju i pristupljeno kvalitetnoj izolaciji otkopanih prostora zamuljivanjem termoelektranskim pepelom.

Požari u jami „Jarando“ u otkopnom polju OP-2, bili su posebno specifični zbog lokacije nastanka u starom radu aktivnih stubnih otkopa i uz prisustvo metana i potencijalne opasnosti od upale.

Kako se nije mogla izvršiti kvalitetna izolacija požarnog područja uz nastavak radova otkopavanja, to su sanacije požarnog procesa uspješno izvedene ventilacionim metodama, uz primenu depresionog načina provetravanja otkopnih radilišta, bez zastoja u tehnološkom procesu proizvodnje.

Treba istaći činjenicu da se u aktivnim jamama mora računati sa permanentnom prisutnom mogućnošću nastanka endogenih oksidacionih pojava, bez obzira na relativno nizak indeks samozapaljivosti. Izvore nastanka endogenih oksidacionih pojava treba tražiti u tehnološkim faktorima i to u prvom redu: u visokim gubicima uglja kod primenjenih metoda otkopavanja, neadekvatnim načinima izolacije otkopnih prostora, ostavljanju niza ugljenih stubova kroz koje migrira vazduh i neadekvatnim sistemima ventilacije.

#### TEHNIČKE MERE ZAŠTITE OD ENDOGENIH POŽARA

Opasnost od pojave endogenih požara u PPS traje praktično tokom čitavog perioda eksploatacije u ležištima uglja, te su endogeni procesi postali izuzetno važan sigurnosno proizvodni faktor eksploatacije uglja u celini.

Praksa je pokazala da proces otkopavanja, ma koliko bio efikasan i ekonomičan stvara, ipak, povoljne uslove za razvoj oksidacionih procesa. Iz tog razloga, u samom procesu otkopavanja treba tražiti one elemente procesa koji deluju odbrambeno ili deprimirajuće na oksidacioni proces, zadržavajući ga u okviru potencijalnih opasnosti.

Proces otkopavanja, koji nije uvek jednostavan, naročito kod nekih metoda otkopavanja, sa stanovišta oksidacije stvara posebne poteškoće. Otkopne jedinice, bez obzira na geometrijski oblik i način otkopavanja, predstavljaju mesta gde je najteže ostvariti kontrolu protoka vazduha, zbog velike mogućnosti njegove migracije. Od glavnog vazdušnog toka u otkopnim prostorima uvek se gubi relativno veća ili manja količina vazduha i nekontrolisano zalazi u stare radove, ispucale stubove uglja i u slabo izolovane otkopane delove ležišta. Te količine vazduha nisu sposobne da iznesu višak toplote koji se pri oksidaciji stvara, ali su dovoljne da proces oksidacije podstiču i razvijaju. Zbog toga su, u principu, otkopne jedinice, bez obzira na metodu i tehnologiju otkopavanja, potencijalno ugroženije ili podložnije oksidacionim i požarnim pojavama od ostalih objekata u PPS.

Analzom nastalih pojava, uočene su neke karakteristične pojave, pri čemu treba istaći sledeće:

- pri otkopavanju slojeva veće debljine, češće su pojave endogenih pojava nego što je to slučaj kod otkopavanja tankih ugljenih slojeva,
- nisu zabeležene pojave endogenih požara u neporemećenim slojevima, sem u slučaju kada izdanju na površinu,
- svakoj fazi procesa samozapaljivanja uglja odgovara određena optimalna količina vazduha,
- brzina otkopavanja (napredovanja otkopa) je, uz neadekvatnu ventilaciju, najčešći uzrok nastanka endogenih požara,
- neadekvatnim provetravanjem obezbeđuju se dovoljne količine kiseonika, ali zato se onemogućuje odvođenje oksidacione toplote, čime se direktno utiče na ubrzanje požarnog procesa,
- najveći broj požara nastaje u periodima izraženih oscilacija barometarskog pritiska, posebno kod loše izvedene izolacije starih radova.

Sprečavanje oksidacionih procesa ulazi u tehnološki postupak ukupne podzemne eksploatacije uglja i tangira sve njegove osnovne faze izvođenja: otvaranje, pripremu, otkopavanje, ventilaciju,

odvodnjavanje i održavanje. Prvi stepen zaštite i ujedno najvažniji i najefikasniji, jesu mere prevencije, koje se ugrađuju u postupak svake tehnološke faze. Za slučaj da mere prevencije nisu dovoljne, kao drugi stepen zaštite, podrazumevaju se mere sanacije.

Rano otkrivanje oksidacionih pojava je veoma bitan činilac za uspešnu zaštitu od izbijanja ili samu sanaciju endogenog požara. Redovna kontrola gasnih, ventilacionih i požarnih pokazatelja, kako operativnim putem, tako i primenom sistema automatske daljinske kontrole, predstavlja glavnu preventivnu meru. Savremen metod preventivne zaštite od nastanka endogenih požarnih procesa predstavlja postupak inertizacije azotom.

Pored ovih mera, u sistemu preventivne zaštite veoma bitne mere su:

- čistoća kopanja, uz što manje gubitke;
- smanjenje manifestacija jamskih pritisaka;
- izbor parametra eksploatacionih polja;
- utvrđivanje brzine i redosleda otkopavanja;
- redovna izolacija otkopanih prostora;
- primena pravilnog sistema provetranja.

Za sanaciju nastalih požara, koriste se aktivne metode gašenja i ventilacione metode. U aktivne metode ubrajaju se aktivni zahvati gašenja požara sa vodom i odvoz upaljenog i zagrejanog uglja, izolacija požarom ugroženih područja privremenim i stalnim podgradama, injektiranje požarnog područja i intervencija sa azotom ili inertnim gasovima.

Za aktivno gašenje vodom, neophodno je imati instaliran razvod vode ili hidrantsku mrežu pod pritiskom. Aktivno gašenje požara sprovodi se po posebnom planu i sa obučanim ljudstvom za ovu vrstu radova.

Izolacija požarnog područja pregradama ima cilj prekidanje i dovođenje kiseonika na požarno žarište, te uspeh gašenja zavisi od kvaliteta izolacije. Izolacione podgrade treba da zadovolje niz zahteva: da su nepropusne, da mogu da izdrže jamski pritisak kome su izložene, da izdrže eventualni dotok vode, da su otporne na gorenje, kao i agresivno dejstvo okolne sredine, da se lako održavaju, da imaju što duži vek trajanja, da se lako i brzo mogu postavljati.

Izolacione protivpožarne pregrade mogu biti: od kladića, opeke, kamena, betona ili armiranog betona, a pri izradi pregrada, obavezno se ugrađuju cevi za odvodnjavanje, uz uzimanje uzoraka vazduha, radi kontrole gasno-temperaturnog stanja i depresije.

Prilikom izolacije požarom ugroženog područja, naročito u metanskim uslovima, postoji opasnost od stvaranja eksplozivnih smeša metana i požarnih gasova. Zbog toga se posebna pažnja posvećuje redosledu postavljanja pregrada.

Injektiranje požarnog područja najčešće se vrši smešom vode i gašenog kreča ili smešom rastvorene gline sa dodatkom određenih hemijskih sredstava koje poboljšavaju efekat injektiranja. Materije koje se u glinenom rastvoru ponašaju kao inhibitori su:  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . Odlike katalizatora imaju  $\text{FeSO}_4$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{NaO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

Inertizacija požarnog područja sa inertnim gasovima, prvenstveno azotom, ugljendioksidnim i generatorskim gasom, našla je široku primenu u razvijenim rudarskim zemljama. Primenom inertizacije kod požara, vrlo brzo se postiže značajno smanjenje razvoja požara, a u metanskim uslovima otklanja opasnost od eksplozije.

Ventilacione metode u borbi protiv nastalog jamskog požara mogu biti vrlo efikasne, a suština im je sprečavanje cirkulacije kiseonika kroz požarno područje. Kod primene ventilacionih metoda, potrebni su visoka stručnost, dobro poznavanje konkretnih uslova i raspolaganje odgovarajućom tehničkom dokumentacijom i opremom. Ove metode ne dopuštaju improvizaciju i brzopleta i nestudiozna rešenja.

Ventilacione metode za suzbijanje nastalog požara su najčešće sledeće:

- smanjenje količine vazduha,
- izravnjavanje pritisaka gasećim ogrankom i prigušivačem,
- izravnjavanje pritisaka prigušivačem,
- izravnjavanje pritisaka cevnim ventilatorom i prigušivačem,
- izravnjavanje pritisaka pomoćnim ventilatorom i prigušivačem,
- izravnjavanje pritisaka pomoću glavnih ventilatora i prigušivača.

## ZAKLJUČAK

U cilju zaštite zaposlenih i imovine u rudnicima sa podzemnom eksploatacijom Republike Srbije, neophodno je preduzimati kompleks preventivnih mera zaštite, a ukoliko iste nisu dovoljne, moraju se preduzeti mere sanacije.

Mere preventivne zaštite moraju biti ugrađene u svaku fazu tehnološkog procesa, a za metode sanacije rudnici moraju sprovoditi sledeće:

- održavanje pravilnog režima provetravanja;
- permanantna kontrola gasnih, ventilacionih i požarnih parametara;
- ugradnja sistema za izolaciju sistema starih radova i požarnih područja sa termoelektronski pepelom;
- instaliranje hidrantske mreže sa priključcima za gašenje požara.

Za eliminaciju požara u podzemnim objektima, rudnici moraju imati osposobljene kadrove i odgovarajuću opremu za efikasno gašenje (izolaciju) eventualno nastalih požara.

## LITERATURA

1. Dragosavljević Z., Denić M., Ivković M.: Strategija razvoja podzemnih rudnika uglja u Srbiji u okviru razvoja ugljenih basena sa površinskom eksploatacijom, Časopis Rudarski radovi br. 1/2009, Bor, 2009.
2. Ivković M., Mladenović A.: Osavremenjavanje podzemne eksploatacije uglja u cilju povećanja proizvodnje i zaštite zaposlenih, Časopis Rudarski radovi br.1/2001, Bor, 2001.
3. Ivković M., Miljanović J.: Parametri uticajni na životnu sredinu u rudniku „Soko“ – Sokobanja, Časopis rudarski radovi br.1/2009, Bor, 2009.
4. Magdalenović N., Jovanović R., Stanujkić D., Magdalinović-Kalinović: Optimizacija rudarskih projekata i proizvodnje, Časopis Rudarski radovi br.2/2009, Bor, 2009.
5. Milećević M., Milić V., Svrkota I.: Zarušavanje krovinskih stena pri otkopavanju slojeva uglja vrlo velike moćnosti. Časopis Rudarski radovi br.1/2007, Bor, 2007.
6. Miljković M., Ignjatović M., Bogdanović D.: Proračun i izgradnja zaštitnih pregrada od aerodinamičkih udara u rudnicima, Časopis rudarski radovi 2/2001, Bor, 2001.
7. Sokolović D.: Risk identification in the mine design, exploitation and combustion of oil shale, Journal Mining Engineering, no 1/2010, Bor, 2010.
8. Stjepanović M.: Stanje sigurnosti i tehnička zaštita u rudnicima sa podzemnom eksploatacijom uglja u Republici Srbiji, Časopis Rudarski radovi br.1/2001, Bor, 2001.
9. Stjepanović M.: Novi izazovi i vizije rudarstva u svetu sa osvrtom na rudarstvo u Srbiji, Časopis Rudarski radovi br.2/2007, Bor, 2007.
10. Urošević D., Đuranović D.: Značaj i procena vrednosti poslovnih poduhvata u Rudarstvu Srbije, Časopis Rudarski radovi br.1/2007, Bor, 2007.