

*Originalan naučni rad
UDC: 622.814(497.11)*

ISPITIVANJE SVOJSTAVA I ZAŠTITA OD EKSPLOZIVNE UGLJENE PRAŠINE U PODZEMNIM RUDNICIMA UGLJA U SRBIJI

Mirko Ivković¹

¹JP PEU – Resavica, e-mail: ugaljprojekt@ptt.rs

REZIME

Intenzivna istraživanja složenog procesa eksplozivnih svojstava ugljene prašine u podzemnim rudnicima uglja doprinela su realnijem sagledavanju ove opasnosti. Posledice eksplozije ugljene prašine daleko su veće i teže od eksplozije gasova, kako na zaposlene u rudniku tako i sam rudarski objekat.

U ovom radu, na osnovu do sada sprovedenih istraživanja eksplozivnih svojstava ugljene prašine i pregleda podzemnih rudarskih objekata – jama u Srbiji daje se pregled mera zaštite koje su sprovede, ocena njihove efikasnosti i predlažu dodatne mere u cilju eluminisanja ove opasnosti.

Ključne reči: *ugalj, ugljena prašina, rudarstvo*

EXAMININ ATTRIBUTE AND PROTECTION FROM EXPLOSIVE COAL DUST ON UNDERGROUND MINING COAL IN SERBIA

ABSTRACT

Intensive research complex proceeding explosive characteristic mine dust in underground mining coal contribute real notice this dangerous consequence of explode coal dust in largest and most difficult than exploding gas, identical on employed and mining facilities.

In this labour, on the basis of the so far implement research explosive characteristic coal dust and examination underground mine facilities - den in Serbia presents examination measure protection which implement, estimate their effectively and suggest additionally measure in objective elimination of this danger.

Key words: coal, coal dust, mining

UVOD

Prodorom mehanizacije u svim fazama tehnološkog procesa podzemne eksploatacije ugljenih slojeva i intenziviranjem proizvodnje, povećava se i stepen ugroženosti od eksplozivne i zapaljive ugljene prašine. Slučajevi eksplozija ugljene prašine sa katastrofalnim posledicama uticali su da se problematici borbe sa ugljenom prašinom i istraživanjima u ovoj oblasti posveti ozbiljna pažnja.

Do eksplozije ugljene prašine, koja po svojim prirodnim svojstvima poseduje eksplozivna svojstva dolazi u slučajevima kada se u određenom vremenu podudara više faktora:

- Uskovitlano stanje prašine sa odgovarajućim disperznim sastavom.
- Smeša prašine i vazduha u odgovarajućoj razmeri,
- Izvor paljenja smeše prašina-vazduh, prašina-vazduh-metan.

Uslova za stvaranje ugljene prašine u rudnicima uglja, ima praktično svuda, a takođe široke su mogućnosti njenog uzviltavanja, te se moraju neutralisati izvori paljenja. Za eliminisanje eksplozivnih svojstava ugljene prašine neophodno je preduzimati niz mere zaštite.

U procesu paljenja i eksplozije ugljene prašine razvijaju se visoke temperature i velike količine toplote, a to nosi i visoke pritiske u delu podzemne rudničke atmosfere koju je zahvatila eksplozija. Razvijeni pritisci prouzrokuju snažne i razarajuće vazdušne udare koji uz ostala dejstva, izazivaju snažno uskovitlavanje prašine, te nastaju udari koji daju lanac paljenja i eksploziranja ugljene prašine u podzemnim prostorijama. Sve se ovo odigrava izuzetno velikom brzinom, što nastali lanac paljenja pretvara u jedinstveni proces upale i eksplozije ugljene prašine u zahvaćenom prostoru. Ovo iziskuje potrebu da se u rudnicima moraju sprovoditi mere ograničavanja eventualno nastale eksplozije.

ISTRAŽIVANJE EKSPLOZIVNIH SVOJSTAVA UGLJENE PRAŠINE U PODZEMNIM RUDNICIMA U SRBIJI

Ispitivanjem svojstava ugljene prašine u rudnicima uglja Srbije uglavnom su se bavili stručnjaci Rudarskog instituta Beograd, pri čemu su poseban doprinos dali Dr A. Ćurčić i B. Vukmanović, koji su višedecenijskim bavljenjem ovom problematikom značajno doprineli da se problemu prašine posveti dužna pažnja.

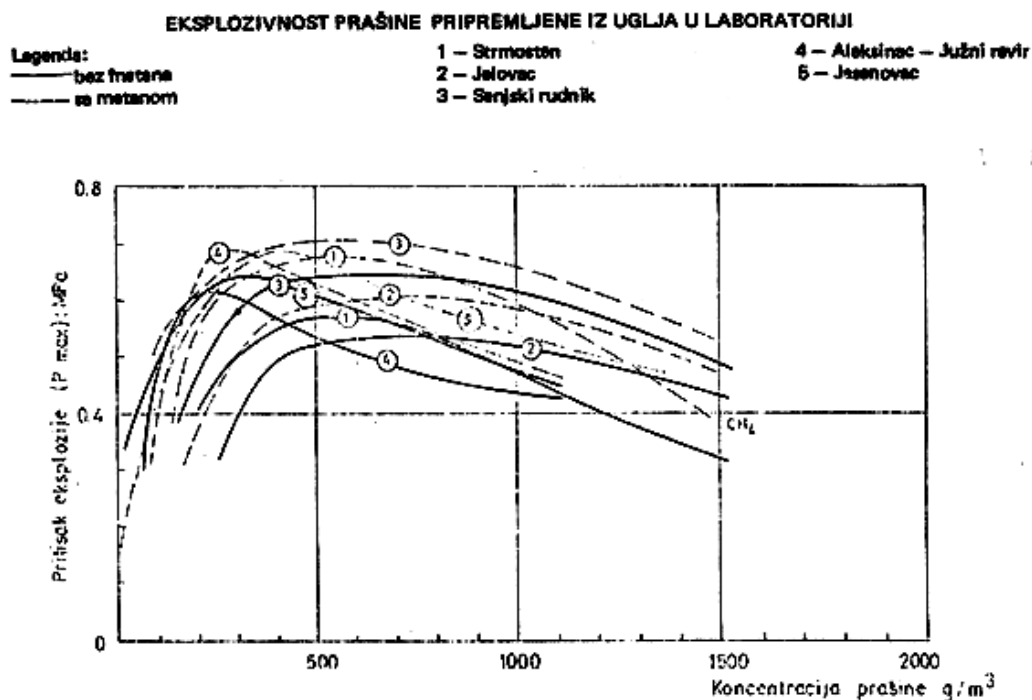
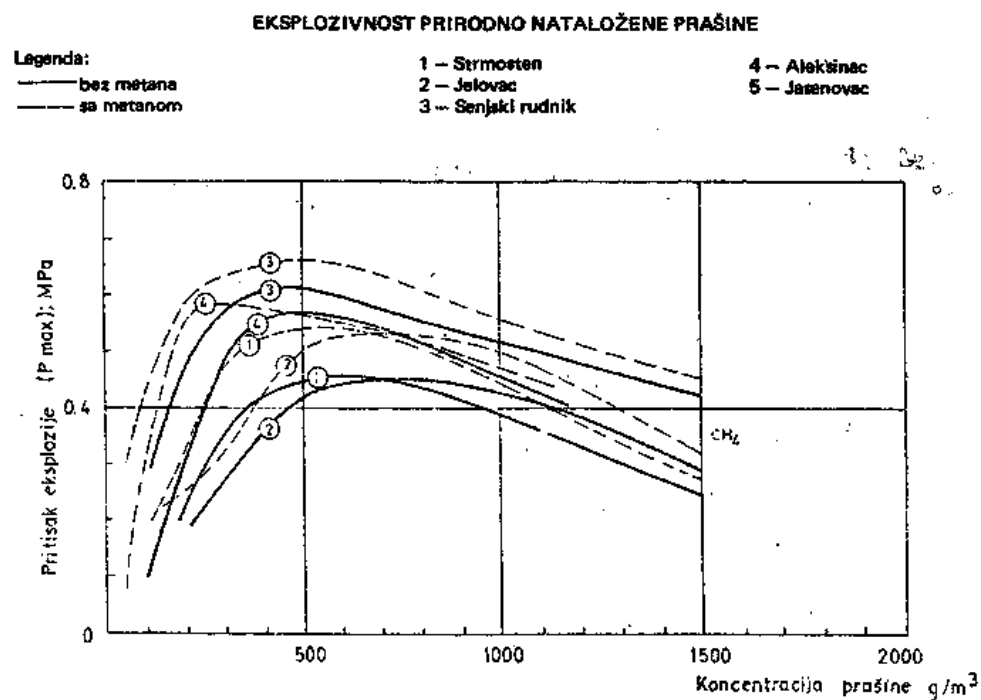
Kompletna istraživanja eksplozivnih svojstava ugljene prašine razvrstavaju se u četiri grupe:

1. Laboratoriska ispitivanja hemiskih karakteristika: sadržaja isparljivih materija, pepela, vlage, Cfix, koks, sagorljive materije i određivanja tačke štelovanja;
2. Ispitivanje fizičkih svojstava prašine: disperznog sastava, zapreminske težine, specifične površine i sposobnosti provođenja toplote;
3. Eksperimenti stvaranje eksplozivnih smeša i praćenja toka eksplozije u laboratoriskim bombama,
4. Eksperimenti eksplozije ugljene prašine u ispitnom rovu.

Sadržaj isparljivih materija je različito tretiran u propisima raznih zemalja. Neki postavljaju granicu na 10,12 ili 14 %, a po našim propisima ta granica je 14 %. Prašine sa preko 70 % vlage, odnosno pepela preko 70 % smatraju se eksplozivno bezopasnim. Granulometrički sastav utiče na eksplozivna svojstva smeše prašina-vazduh, pri čemu je najbitnije učešće čestica ispod 75 odnosno 63 mikrometra. Vlaga okolne atmosfere dvostruko utiče na eksplozivnu sposobnost prašine. Pri povećanoj vlazi teže dolazi do formiranja oblaka prašine, a sa druge strane vlažne čestice, da bi se dovele u stanje eksplozivne opasnosti, moraju se prethodno osušiti, čime se utroše najveće količine toplote, pa se teže razvija proces eksplozije. Stepent eksplozivnosti prašine utvrđuje se na osnovu: veličine pritiska na mestu eksplozije; donje granice eksplozivnosti, tj. sadržaja prašine (g/m^3) u vazdušnoj smeši kod koje nastaje eksplozija; koncentracije prašine (g/m^3) pri kojoj nastaje najveći pritisak.

Uzorci ugljene prašine za ispitivanje pripremaju se ili iz ugljenog sloja u laboratoriji ili uzimanjem uzoraka nataložene prašine u podzemnim rudarskim prostorijama. Nakon laboratoriskih ispitivanja fizičkih i hemiskih svojstava vrši se ispitivanje toka eksplozije sa laboratoriskim bombama pri čemu se ispituje sposobnost eksplozije smeša prašina-vazduh i prašina-vazduh- 2 % CH_4 .

Na slikama br.1 i br.2 dati su dijagramski prikazi eksplozivnosti prašine pripremljene iz uglja u laboratoriji i prirodno nataložene prašine u nekim rudnicima uglja u Srbiji [1].



Slika 1. i 2. Maksimalni pritisak eksplozije (P_{max}) u zavisnosti od koncentracije prašine (q/m^3)
 Figure 1. Maximum pressure explode (P_{max}) depend on concentration of dust (q/m^3)

Rezultati ispitivanja parametara eksplozivnih svojstava ugljene prašine u sada aktivnim podzemnim rudnicima uglja u Srbiji prikazani su u tabeli 1.

Tabela 1. Eksplozivna i zapaljiva svojstva ugljene prašine
Table 1. Explosive characteristic and inflammable attribute coal dust

RUDNIK - JAMA	Donja granica eksplozivnosti (g/cm ³)		Temperatura zapaljenja (°C)
	sa CH ₄	bez CH ₄	
Vrška Čuka – „Avramica“	-	-	-
Ibarski – „Jarando“	70 – 1110	220 – 470	630 – 700
„Tadenje“	-7	270	-
Rembas – „Senjski rudnik“	-	220 – 320	260 – 290
„Strmoseten“	180 – 280	320 – 380	280 – 290
„Jelovac“	230 – 310	300 – 420	270 – 280
Bogovina – „Istočno polje“	-	140	-
Soko – „Soko“	230	445	600 – 670
Jasenovac - „Jasenovac“	-	80	285
Lubnica – „Stara jama“	-	110 – 300	220 – 250
Štavalj – „Štavalj“	-	-	220 – 280

IZVORI IZDVAJANJA UGLJENE PRAŠINE U AKTIVNIM PODZEMNIM RUDNICIMA U SRBIJI

U Srbiji je sada aktivno 8 rudnika sa 11 jama u kojima se vrši eksploatacija antracita, kamenog i mrkog uglja i lignita. Prirodno-geološki uslovi koji determinišu uslove eksploatacije smatraju se složenim, tako da se za otkopavanje ugljenih slojeva u svim jamama primenjuju metode stubnog i stubno-komornog otkopavanja. Izrada rudarskih prostorija vrši se klasičnim sistemom bušačko-minerskim radovima. Transport iskopine je mehanizovan i vrši se sistemima grabuljastih i gumenih trakastih transportera. Praktično ugljena prašina se kod ovako ustrojenih tehnoloških sistema stvara : pri bušenju minskih bušotina, pri miniranju i pri transportu (odvozu) iskopine, posebno na mestima presipa.

Rezultati tehničke analize rovnih ugljeva prikazani su u tabeli 2. [3] što govori o širokom spektru svojstava ugljeva iz kojih se stvara prašina kod primenjenih tehnoloških procesa.

PRIKAZ OPŠTIH MERA ZAŠTITE OD EKSPLOZIVNE UGLJENE PRAŠINE

Sistem mera kojima se sprečavaju opasnosti od eksplozivnih svojstava ugljene prašine u osnovi se svode na:

- mere kojima se sprečava stvaranje i nagomilavanje većih količina prašine u rudarskim prostorijama,
- mere neutralizacije ugljene prašine i onemogućavanje paljenja prašine,
- mere kojima se ograničava dejstvo upale-eksplozije, ukoliko do nje dođe,
- mere redovne kontrole stanja zaprašenosti u rudarskim prostorijama i određivanje intenziteta izdvajanja kod najvećih izvora prašine u tehnološkom procesu.

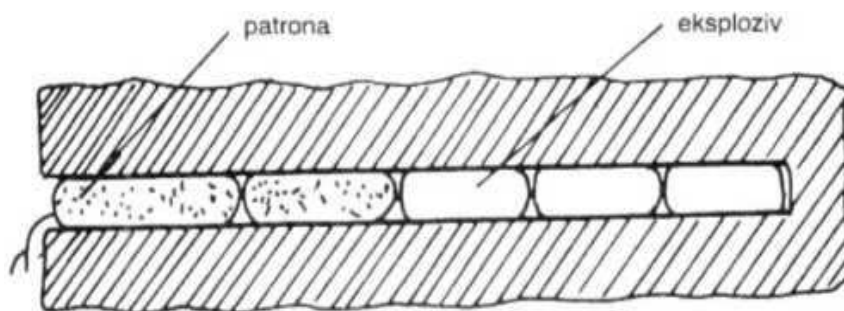
Sprečavanje stvaranja prašine svodi se na primenu kvašenja vodom ugljenog sloja i jamskog vazduha. Kvašenje ugljenog sloja vrši se ubrizgavanjem vode pod pritiskom i ova metoda je posebno efikasna za sprečavanje razvijanja prašine pri bušačko-minerskim radovima (slika 3) i pri radu mašina za rezanje. Rasprskavanje vode u vazduhu (slika 4) daje određene efekte, ali uglavnom kratkotrajne, jer

se ponovnim sušenjem prašine povećava njena disperzivnost. Zato se ova mera mora kombinovati sa uklanjanjem oborene prašine čišćenjem.

Tabela 2. Rezultati tehničke analize ugljeva
Table 2. Effects technical analysis rough coal

Parametri	RUDNICI							
	V.Čuka	Ibarski rudnici	Rembas	Bogovina	Jasenovac	Soko	Štavalj	Lubnica
	M.Čuka	Tadenje	Jelovac	II sloj			C.polje	I sloj
Vlaga (%)	0,96	5,02	17,53	26,72	23,59	19,22	28,33	20,00
Pepeo (%)	13,19	28,95	11,88	16,68	14,00	11,83	10,98	17,43
S(%)	2,26	5,70	0,99	3,48	1,61	1,70	0,98	2,19
Sag.(%)	86,06	65,10	70,59	54,36	62,39	70,62	67,49	62,57
Isp (%)	8,82	32,14	35,19	30,47	34,99	35,80	40,16	33,10
Koks(%)	90,36	63,90	45,86	42,27	40,47	45,71	43,21	46,90
c-fix (%)	79,68	37,25	35,75	26,42	27,59	34,47	30,48	29,47
DTE(kJ/kg)	29,370	20,535	19,026	14,884	16,057	18,239	14,983	15,418
GTE(kJ/kg)	30,605	-	20,353	16,084	-	19,506	18,228	16,101

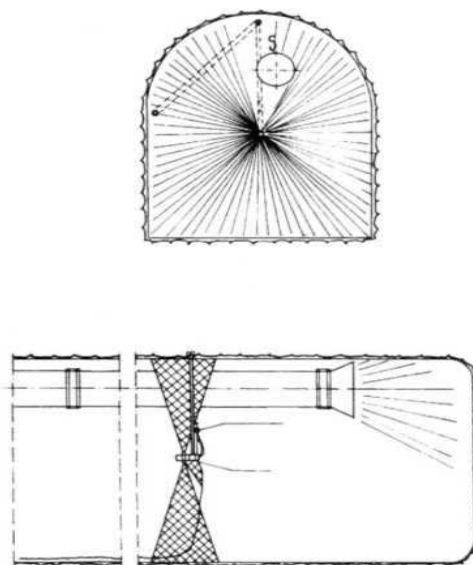
Eliminisanje izvora paljenja odnosi se na primenu opreme u sigurnosnoj izvedbi, sprečavanju nastanka požara, zabrane unošenja otvorenog plamena, propisanim postupkom zavarivanja u rudarskim prostorijama i naročito sprovođenjem mera koje se odnose na miniranje u rudnicima i mera zaštite od metana obzirom da se pri eksploziji uzviltava ugljena prašina i time je sposobna za eksploziju. Vrlo efikasna mera neutralizacije ugljene prašine sastoji se u posipanju inertnom kamenom prašinom u rudarskim prostorijama u kojima se taloži ugljena prašina i tamo gde neutralizacija vodom ne daje efekte.



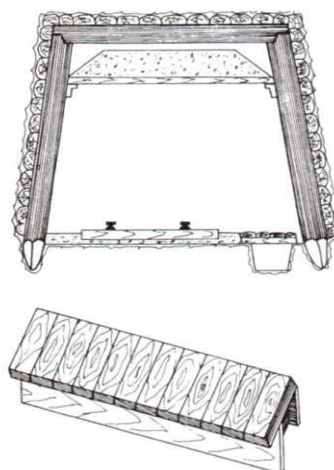
Slika 3. Šematski prikaz vodenog čepa u minskoj bušotini
Figure 3. First drought of water cover in undermine drill – hole

Ograničenje širenja eksplozije ugljene prašine, ukoliko do nje dođe, ima za cilj da umani dimenzije i posledice nesrećenja i rušenja. U tu svrhu koriste se protiveksplozivne brane od inertne prašine, ili sa vodom. Prilikom ugradnje protiveksplozivnih brana veoma je bitno određivanja mesta njihovog optimalnog dejstva. Smatra se da se najveći efekat zaštite postiže ako se brane postavljaju između plamena koji se širi i udarnog talasa koji se ispred njega kreće. U takvom slučajevima pod uticajem ovog talasa podiže se oblak inertne prašine odnosno mlaza vode, što sprečava dalje širenje plamena i prekida eksploziju.

U pojedinim rudnicima u svetu primenjuju se razni tipovi i vrste protiveksplozivnih brana, a sama njihova konstrukcija se prethodno proverava i ispituje u eksperimentalnom rovu. Na slikama 5. i 6. dat je izgled protiveksplozivnih brana sa inertnom kamenom prašinom i vodom. Količina inertne prašine (vode), tip brane, tip etaža i brane i potrebna rastojanja između polica moraju se tačno odrediti, svi potrebni elementi detaljno razraditi i uskladiti sa važećim normetivima i standardima.



Slika 4. Šematski prikaz vodene zavese
Figure 4. First drought of water curtain



Slika 5. Šematski prikaz protiveksplozivne brane sa kamenom prašinom
Figure 5. First drought against explosive dam with stone dust



Slika 6. Šematski prikaz protiveksplozivne brane sa vodom
Figure 6. First drought against explosive dam with water

SPROVOĐENJE PROPISANIH MERA ZAŠTITE OD EKSPLOZIVNE UGLJENE PRAŠINE U PODZEMNIM RUDNICIMA U SRBIJI

Kao što je navedeno ugljena prašina u svim aktivnim podzemnim rudnicima uglja u Srbiji, izuzev rudnika Vrška Čuka, je eksplozivno opasna i zapaljiva u određenim uslovima. Ova činjenica obavezuje rudnike da sistematski sprovedu propisane mere zaštite od eksplozivne ugljene prašine, kao i da se i kod nemetanskih jama primenjuje takozvani metanski režim rada.

Pravilnikom o tehničkim normativima za podzemnu eksploataciju uglja definisano je pod kojim uslovima se prašina ugljenog sloja smatra eksplozivno opasnom i propisane su obaveze ispitivanja eksplozivnih svojstava prašine i preduzimanja mera zaštite, a koje se u suštini sastoje u sledećem:

- radilišta i njihova okolina moraju se vlažiti na udaljenosti do 20 m od čela radilišta, odnosno 30 m u smeru kretanja vazdušne struje,
- u izlaznom delu otkopnih radilišta moraju se postaviti vodene zavese,
- otklanjanje opasnosti od eksplozije može se vršiti i zaprašivanjem suvom kamenom prašinom odgovarajućeg sastava i granulacije,
- radilište se stalno vlaži, a obavezno pre i posle miniranja i kad su mašine za dobijanje uglja u radu,
- za sprečavanje prenošenja eksplozije moraju se na određenim lokacijama u jami postaviti glavne i sporedne protiveksplozivne brane sa vodom ili kamenom prašinom.

Za eliminisanje opasnosti od eksplozivnih svojstava ugljene prašine sada se u podzemnim objektima-jamama rudnika uglja u Srbiji sprovodi samo deo propisanih mera i to obaranje i kvašenje prašine vodom duž određenih transportnih i ventilacionih prostorija, dok se prethodno i naknadno neutralisanje pri miniranju na otkopnim i pripremnim radilištima ne obavlja. Ugradnja protiveksplozivnih brana ne vrši se duži vremenski period. Sprovođenje mera eliminisanja izvora uzviltavanje i upale prašine se intenzivno sprovode. Samo natapanje i kvašenje vodom prašine duž rudarskih prostorija u svim jamama obavlja se periodično na osnovu vizuelne ocene odgovornih lica službi vetrenja.

ZAKLJUČAK

Izvršenim istraživanjem utvrđeno je da ugljena prašina u podzemnim rudnicima uglja pokazuje u određenim uslovima eksplozivna i zapaljiva svojstva, te je saglasno tome obavezno preduzimanje propisanih mera. Ove mere sadržine su u nizu postupaka, od smanjenja intenziteta izdvajanja, neutralizacije, sprečavanja uzviltavanja, eliminisanje izvora upale, do ograničavanja dejstava eventualno nastale upale odnosno eksplozije.

Iz dosadašnje prakse evidentno je da je efikasnost preduzimanih mera bila na relativno zadovoljavajućem nivou, i da se moraju sistematski sprovoditi i u sprezi sa redovnim merenjima zaprašivosti u rudarskim prostorijama.

LITERATURA

1. Ćurčić A.: Industrijska prašina kao potencijalni izvori opasnosti od eksplozije, Zbornik savetovanja „Požari i eksplozije“, Budva 1987.
2. Ignjatović M.: Restruktuiranje podzemne eksploatacije uglja u Srbiji, Časopis Rudarski radovi br. 2/2002, Bor 2002.
3. Ivković M.: Ocena ugroženosti eksplozivnom ugljenom prašinom u podzemnim rudnicima uglja u Srbiji, Časopis Rudarski radovi br. 1/2009, Bor 2009.
4. Miljković M., Ignjatović M.: Analiza opasnosti i procena rizika od udesa u životnoj sredini u rudnicima sa podzemnom eksploatacijom, Časopis Rudarski radovi br. 2/2001, Bor 2001.

5. Ostojić M.: Karakteristike ugljene prašine i parametri zapaljivosti i eksplozivnosti u rudnicima JP PEU, Časopis Rudarski radovi br. 2/2001, Bor 2001.
6. Stjepanović M.: Stanje sigurnosti i tehnička zaštita u rudnicima sa podzemnom eksploatacijom uglja u Srbiji, Časopis Rudarski radovi br. 1/2001, Bor 2001.