

RUDARSKI GLASNIK
YU ISSN 0035 - 9637

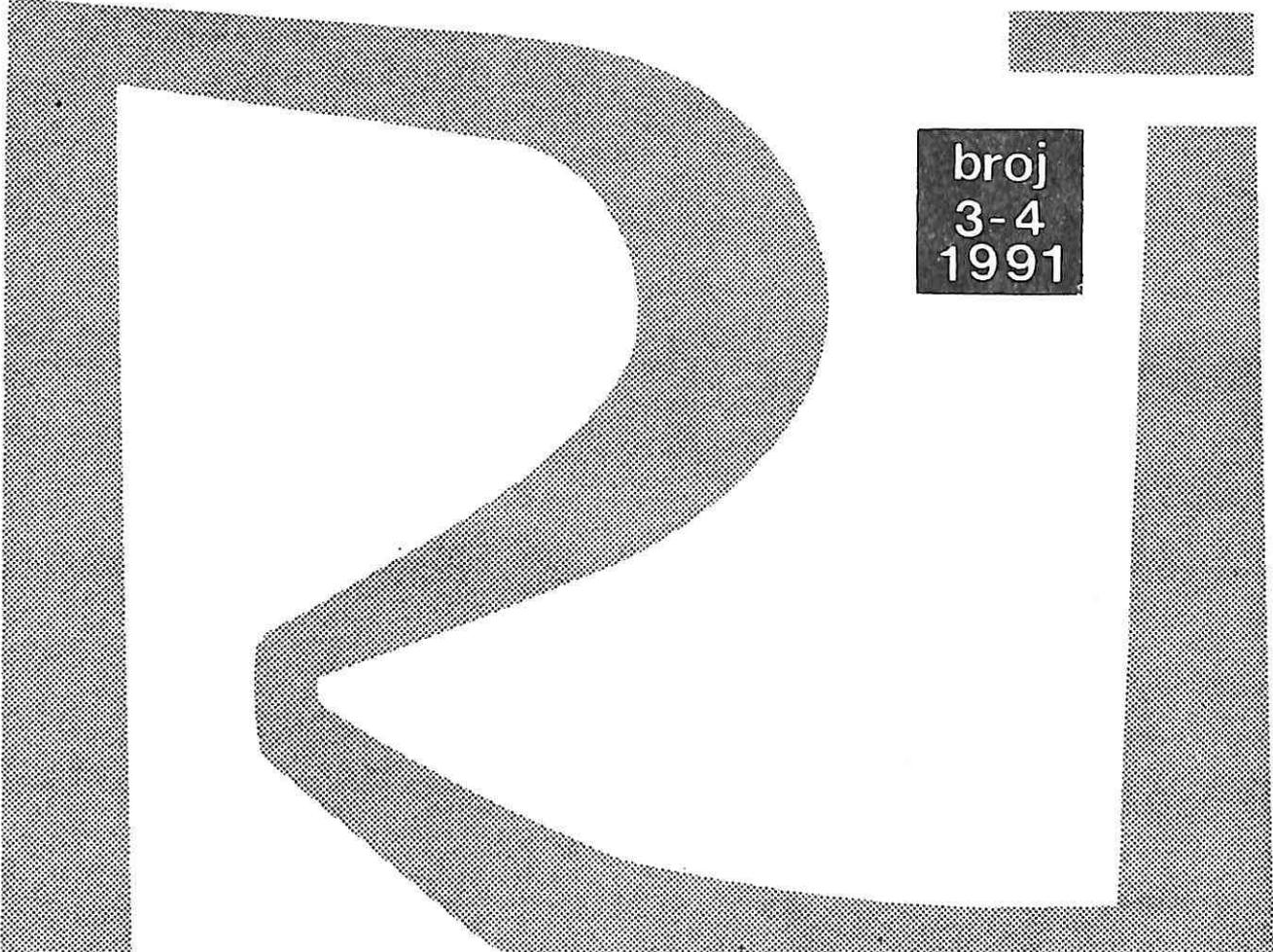
broj
3-4
1991

RUDARSKI GLASNIK

B U L L E T I N O F M I N E S
B U L L E T I N D E S M I N E S
Г О Р Н Ы Й Ж У Р Н А Л
B E R G B A U Z E I T S C H R I F T

RUDARSKI INSTITUT BEOGRAD (ZEMUN) BATAJNICKI PUT BROJ 2 - JUGOSLAVIJA

RUDARSKI GLASNIK
YU ISSN 0035 - 9637



broj
3-4
1991

RUDARSKI GLASNIK

B U L L E T I N O F M I N E S
B U L L E T I N D E S M I N E S
Г О Р Н Ы Й Ж У Р Н А Л
B E R G B A U Z E I T S C H R I F T

Izdavač:

RUDARSKI INSTITUT – BEOGRAD

11080 Zemun, Batajnički put br. 2

Redakcija:

11080 Zemun, Batajnički put br. 2

Glavni i odgovorni urednik:

dr inž. ĐURO MARUNIĆ, Beograd

Redakcioni odbor:

RADMILO OBRADOVIĆ, dr inž., Rudarski institut Beograd
ALEKSANDAR ČURČIĆ, dr inž., Rudarski institut Beograd
BORISLAV PERKOVIĆ, dr inž., Rudarski institut Beograd
LJUBOMIR ČOLIĆ, dipl.inž., Rudarski institut Beograd
MILETA SIMIĆ, dr inž., Rudarski institut Beograd
MIRA MITROVIĆ, dipl. inž., Rudarski institut Beograd

Redakcija:

JELENA SIMONOVIĆ, dipl. fil., Rudarski institut Beograd

U finansiranju časopisa učestvuje Republički fond za nauku, Beograd

TEHNIČKI REDAKTOR: JELENA SIMONOVIĆ – NASLOVNA STRANA: A. KATUNARIĆ – SLIKA NA NASLOVNOJ STRANI:
FLOTACIJA (SNIMLJENO U RUDARSKOM INSTITUTU, BEOGRAD) – FOTO: S. RISTIĆ

IZDAVAČ: RUDARSKI INSTITUT, BEOGRAD (ZEMUN), BATAJNIČKI PUT 2
EDITOR: INSTITUTE OF MINES, BATAJNIČKI PUT 2, BEOGRAD (ZEMUN), YUGOSLAVIA
ŠTAMPA: ZAVOD ZA GRAFIČKU DELATNOST INSTITUTA ZA VODOPRIVREDU „JAROSLAV ČERNI“ – BELI POTOK,
JAROSLAVA ČERNOG 80, TEL. 649-265

SADRŽAJ

Eksploatacija mineralnih sirovina

NENAD MAKAR – NEBOJŠA MAKSIMOVIĆ – SIMEUN MARJANAC Tehnologija rada bagera C – 700S u bloku u zavisnosti od njegovih tehno – eksploatacionih karakteristika (stručni rad)	5
Summary	12
JOVAN RADOJEVIĆ – RADMILO OBRADOVIĆ – ALEKSANDAR STAMATOVIĆ – ZORAN MILANOVIĆ – MIROLJUB ŽIVANOVIĆ – BOŽIDAR GRUBAČEVIĆ – NEBOJŠA GOJKOVIĆ Utvrđivanje uticaja eksploatacije na promenu fizičko – mehaničkih svojstava materijala u odlagalištima (originalni naučni rad)	13
Summary	18
JOVAN RADOJEVIĆ – ALEKSANDAR STAMATOVIĆ – ZORAN MILANOVIĆ – NEBOJŠA GOJKOVIĆ Doprinos metodologiji utvrđivanja stabilnosti radnih kosina u povlatnim sedimentima površinskih kopova uglja (originalni naučni rad)	19
Summary	24
DRAGAN ILIĆ Praćenje položaja izvoznih sudova u oknima rudnika (pregledni članak)	25
Summary	28
JOVAN PEJČINOVIĆ Problematika odvodnjavanja rudnika Trepča, Stari Trg (stručni rad)	29
Summary	37
VELJKO SIMEUNOVIĆ Određivanje stepena rekonstrukcije rudnika uglja sa osnovu njegovog tehničkog nivoa (originalni naučni rad)	39
Summary	44
<i>Priprema mineralnih sirovina</i>	
MIHAJLO CANIĆ – STEVAN ĐOKIĆ – VILIM ŠER Predlog procesa čišćenja uglja Pljevlja (originalni naučni rad)	45
Summary	53

BOŽIDAR BRANKOVIĆ – DINKO KNEŽEVIĆ – MILAN MILOŠEVIĆ – MIHAJLO ŠKUNDRIĆ	
Čišćenje lignita kao osnova zaštite okoline i povećanja rezervi uglja (stručni rad) . . .	54
Summary	60

Ventilacija i tehnička zaštita

BRANISLAV GRBOVIĆ – GRADIMIR ŽUGIĆ	
Uklanjanje sekundarno nataložene prašine iz drobilnog postrojenja RB Majdanpek uz pomoć sistema vakuum čistača (stručni rad)	61
Summary	65

VASO ELEZOVIĆ – ALEKSANDAR ĆURČIĆ	
Karakteristike egzogenog požara u jami rudnika Aleksinac (stručni rad)	66
Summary	73

VIDO MARTINOVIĆ – NIKOLA LILIĆ	
Izboj metana u višenamenskom tunelu između Tivta i Kotora (stručni rad)	74
Summary	78

Zaštita životne sredine

ŽELJKO DŽELETOVIĆ – ALEKSANDAR ĐIKIĆ – RADOSLAV FILIPOVIĆ	
Ocena rekultibilnosti litoloških članova krovine ugljenog sloja u kosovskom ugljenom basenu (stručni rad)	80
Summary	85

**U „Rudarskom glasniku” br. 1 – 2/91, str. 44 i 45, ime Prof. dr Momčila Patarića je pogrešno odštampano (Miodrag umesto Momčilo).
Redakcija se izvinjava autoru.**

TEHNOLOGIJA RADA BAGERA C – 700S U BLOKU U ZAVISNOSTI OD NJEGOVIH TEHNO – EKSPLOATACIONIH KARAKTERISTIKA

(sa 4 slike)

Nenad Makar – Nebojša Maksimović – Simeun Marjanac

Rezime

Za rotorni bager C – 700S su grafički i analitički obrađeni mikroparametri u bloku. Posebno su naglašeni nagibi bočnih kosina i uglovi okretanja katarke rotora koji su u direktnoj funkciji uglova slobodnog rezanja. Tehnološke šeme rada ovog bagera su date za slučajeve kada se bočna kosina nalazi levo ili desno od ose kretanja bagera. Napravljen je dijagram ugla bočne kosine u zavisnosti od visine kopanja rotornog bagera. Ovakva detaljna obrada je dala značajne podatke, bitne za dalju primenu rotornog bagera C – 700S na površinskim kopovima.

Rotorni bager C – 700S, proizvođača KRUP, je zbog svojih osnovnih karakteristika (pouzdanost u radu, veliki kapacitet u odnosu na gabarite i težinu, operativnost i manipulativnost) našao primenu na površinskim kopovima. U Jugoslaviji ovaj rotorni bager radi na PK Tamnava – istok (REIK Kolubara), PK Jezero (Omarska) i u Stanarima, a uvršten je i u spisak opreme za neke nove površinske kopove koji su u fazi projektovanja. Zbog toga je potrebno da se detaljnije odrede i izuče parametri bloka u funkciji tehničko – tehnoloških mogućnosti ovog bagera.

Radi lakšeg sagledavanja problematike, na slici 1 je dat crtež bagera sa njegovim tehničkim osobinama.

Tehničke karakteristike rotornog bagera C – 700S su:

– dozvoljeni nagib u radu:	
uzdužni	5%
poprečni	5%
– minimalni dozvoljeni nagib pri transportu	10%
– nominalna zapremina kašike	700 l
– prečnik radnog točka	7,7 m
– broj kašika	12 kom.
– broj istresanja u minutu	72
– brzina rezanja	2,42 m/s
– snaga motora	600 kW
– teoretski kapacitet	3024 m ³ /h
– uređaj za dizanje strele radnog točka	hidraulični

– visina kopanja	16,0 m
– dubina kopanja	1,2 m
– visina dohvata merena od planuma do donje ivice radnog točka	10,5 m
– dužina strele radnog točka merena od ose okretanja do ose radnog točka	16,0 m
– dužina istovarne katarke	25,0 m
– maksimalna visina podizanja istovarne katarke	13,0 m
– najniža visina istovarne katarke	4,0 m
– područje okretanja obe konzole	210°
– širina transportnih traka na bageru	1400 m
– brzina traka	4,2 m/s
– brzina kretanja bagera	10,0 m/min
– težina bagera	525 t
– srednji pritisak na tlo	9,5 N/cm ²

Ono što je karakteristično za ovaj rotorni bager, a veoma bitno za određivanje parametara bloka, je da se reduktor, elektromotor i transportna traka nalaze na jednoj strani radnog točka (desnoj). Ovakav raspored definiše veoma različite uglove slobodnog rezanja koji iznose 16° (levi) i 47° (desni).

Ugao slobodnog rezanja diktira ugao obrtanja katarke u najnižoj podetaži (rezu), pa prema tome od njega direktno zavisi i ugao bočne kosine etaže. Ugao slobodnog rezanja je određen položajem rotora, transportne trake i pogonskog motora radnog točka sa jedne strane, kao i linijom koja spaja sredinu vedrice sa sredinom vešanja katarke radnog točka sa druge strane.

Ugao slobodnog rezanja je minimalni ugao obrtanja katarke radnog točka pri bagerovanju najniže podetaže (reza). Veći ugao okretanja je dozvoljen (dolazi do povećanja ugla bočne kosine), a manji ugao nije moguće ostvariti jer bi kataraka radnog točka udarala o etažu i bager bi se ošteti.

Zbog vrlo različitih uglova slobodnog rezanja urađene su tehnološke šeme rada. Tehnološke šeme su rađene za slučaj kada se bočna kosina nalazi sa leve strane radnog točka, kao i za slučaj kada je bočna kosina bloka koji se otkopava sa desne strane radnog točka. U oba slučaja su širina i visina bloka koji se otkopava iste, a isti su i raspored i visina podetaža.

Za date tehnološke šeme rada ovog rotornog bagera širina bloka je ista i iznosi 23 m, dok je visina bloka otkopavanja 13 m. Rotorni bager ovu visinu bloka otkopava u tri reza (podetaže), visoka 5, 5 i 3 m.

Na slici 2 je data tehnološka šema rada ovog rotornog bagera kada mu se bočna kosina nalazi sa leve strane, a na slici 3 kada se bočna kosina nalazi sa desne strane gledajući u pravcu napredovanja bagera.

Pored grafičkog određivanja mikrotehnoških parametara bloka, za drugi slučaj su oni i analitički određeni. Kompletan postupak ovog analitičkog načina određivanja parametara bloka urađen je po metodologiji dr inž. Dragoljuba Čirića.

ANALIČKO ODREĐIVANJE MIKROTEHNOŠKIH PARAMETARA BLOKA

Ulazni podaci za proračun širine bloka rotornog bagera

- Dužina katarke rotornog bagera
 $D_k = 15,3$ m
- Visina bloka otkopavanja
 $H = 13$ m
- Visina podetaža
 $I = 5$ m
 $II = 5$ m
 $III = 3$ m
- Visina postavljanja osovine radnog točka iznad radnog planuma za prvu podetažu
 $V_{rg} = H - V_{ig} + R = 13 - 3 + 3,85 = 11,85$ m
 $V_{rg2} = 13 - 5 - 5 + 3,85 = 6,85$ m
 $V_{rg3} = 13 - 5 - 5 - 3 + 3,85 = 3,85$ m
- Visina za poslednju podetažu $V_{rd} = V_{rg3}$.
- Nagib katarke radnog točka

$$\beta = \arcsin \frac{V_r - V_v}{D_k}$$

gde je V_r visina postavljanja radnog točka pri otkopavanju pojedinih podetaža.

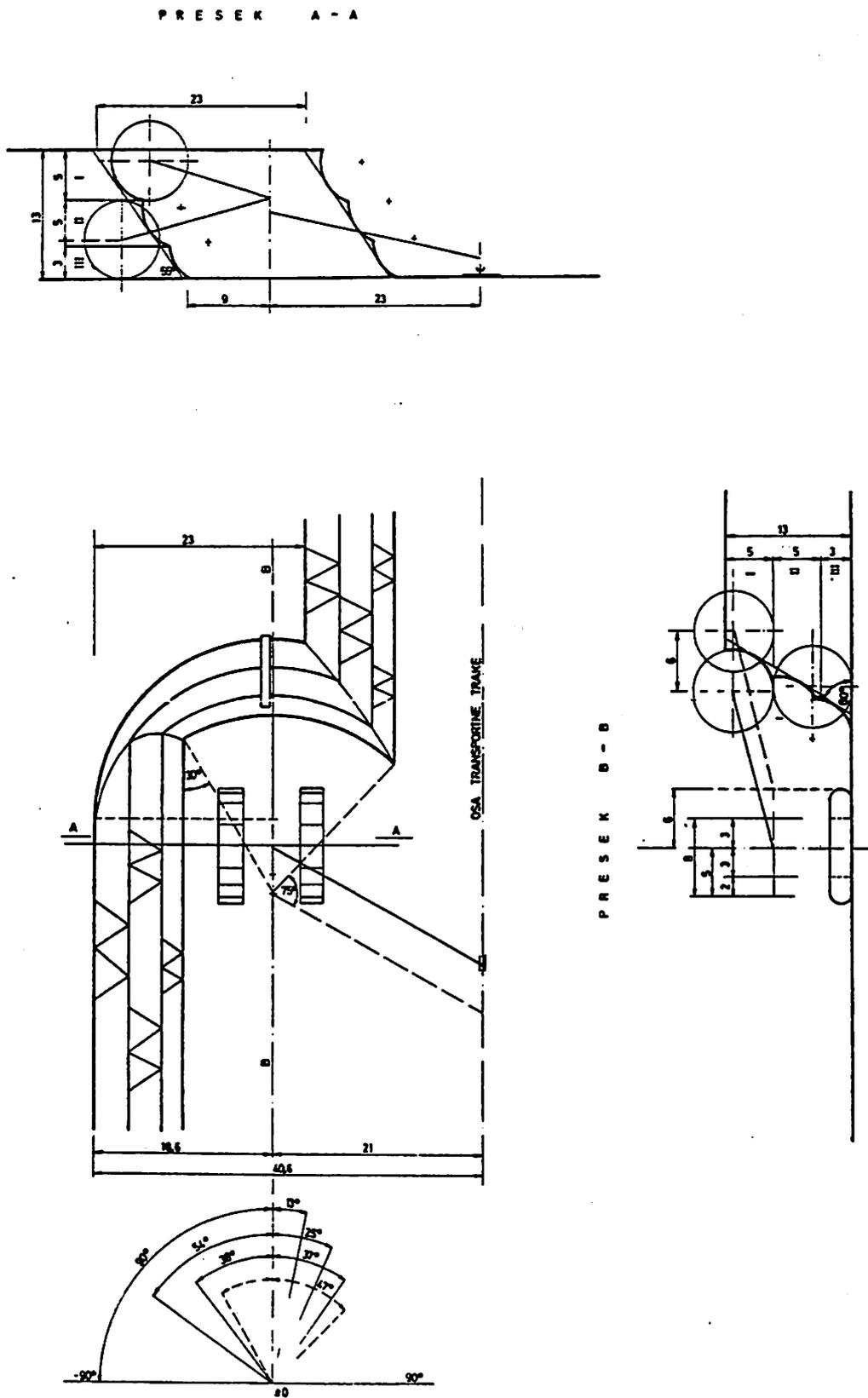
Za visinu od 13 m, nagib katarke iznosi:

$$\beta = \arcsin \frac{11,85 - 8,3}{15,3}$$

$$\beta = \arcsin \frac{3,55}{15,3} = \arcsin 0,232$$

$$\beta = 13,4^\circ$$

- Kod najnižeg postavljanja katarke radnog točka sledi:



Sl. 2 - Tehnološka šema rada bagera C - 700S x 16/1,2 kada mu se bočna kosina nalazi sa leve strane

$$-\beta_{\max} = \arcsin \frac{V_v - R}{D_k} = \frac{8,3 - 3,85}{15,3}$$

$$-\beta_{\max} = \arcsin \frac{4,45}{15,3}$$

$$-\beta_{\max} = \arcsin 0,2908$$

$$-\beta_{\max} = -16,9^\circ \approx -17^\circ$$

- Ugao nagiba strle radnog točka u planumu
 $\beta_p \approx -17^\circ$

- Radijus kopanja (rastojanje osovine radnog točka od ose bagera mereno u horizontali)
 $R_{kg} = D_k \cos \beta + R_e = 15,3 \cos 13,4 + 1,4 = 16,28 \text{ m}$
 $R_{k_{\max}} = D_k + R_e = 15,3 + 1,4 = 16,7$
 $R_{kp} = \sqrt{D_k^2 - (V_v - R)^2} + R_e = R_{k_3} = 16,03 \text{ m}$
 $R_{k_1} = D_k \cos \beta + R_e = 15,3 \cos 13,4 + 1,4 = 16,28 \text{ m}$
 $R_{k_2} = D_k \cos \beta + R_e = 15,3 \cos -5,4 + 1,4 = 16,63 \text{ m}$
 $R_{k_3} = D_k \cos \beta + R_e = 15,3 \cos -17^\circ + 1,4 = 16,03 \text{ m}$
 $\beta_1 = \arcsin 0,232 = 13,4^\circ$
 $\beta_2 = \arcsin 0,094 = -5,4^\circ$
 $\beta_3 = \arcsin 0,290 = -17^\circ$

- Granični ugao nagiba čeone kosine
 $\alpha_{\check{c}gr} = \arcsin \frac{V_{rg} - R}{R_{kg} - (L_f + r)} = \frac{11,85 - 3,85}{16,28 - (5,7 + 1,53)}$
 $\alpha_{\check{c}gr} = \arcsin \frac{8}{9,05}$
 $\alpha_{\check{c}gr} = \arcsin 0,883 \Rightarrow \alpha_{\check{c}gr} = 41,47 \approx 41^\circ$
 gde je:
 $r = r' + r'' = 1,03 + 0,5 = 1,53 \text{ m}$
 $r'' = 0,5 + 1,0 \text{ m}$
 $r' = R_{kp} - r'' - \sqrt{(R_{kp} - r'')^2 - L_e^2}$
 $r' = 16,03 - 0,5 - \sqrt{(16,03 - 0,5)^2 - 5,5^2}$
 $r' = 16,03 - 0,5 - \sqrt{241,18 - 30,25}$
 $r' = 16,03 - 0,5 - 14,5$
 $r' = 1,03 \text{ m}$
 $L_e = 5,5 \text{ m}$
 $L_f = 5,7 \text{ m}$

- Granični ugao nagiba bočne kosine (tj. onaj ugao koji se može ostvariti kada se osovina trase bagera nalazi na minimalnom rastojanju od donje ivice unutrašnje bočne kosine; ovo rastojanje se naziva graničnim rastojanjem)
 $L_{gr} = R_{kp} \sin \varphi_{grd} \quad \varphi_{grl} = 16^\circ$
 $L_{gr} = 16,03 \sin 47^\circ \quad \varphi_{grd} = 47^\circ$
 $L_{gr} = 11,72$
 $\alpha_{bgr} = \arcsin \frac{V_{rg} - R}{R_{kg} - L_{gr}} = \arcsin \frac{11,85 - 3,85}{16,28 - 11,72} = \arcsin \frac{8}{4,56}$
 $\alpha_{bgr} = 60,3 \approx 60^\circ$

- Dubina bloka (određena veličinom napredovanja u osovini transporta bagera u toku jednog radnog ciklusa, prilaskom bagera do spoljne ivice čeone kosine, kao i mogućnošću oslanjanja konstrukcije donje ivice katarke radnog točka pri otkopavanju gornje podetaže)

$$D_{b1} = L_{cg} - (V_{rg} - R) \operatorname{ctg} \alpha_{\check{c}}$$

$$D_{b1} = 9,08 - (11,85 - 3,85) \operatorname{ctg} 65^\circ$$

$$D_{b1} = 9,08 - 8 \cdot 0,466$$

$$D_{b1} = 5,35 \text{ m}$$

gde je:

$$L_{cg} = R_{kg} - (r + L_f)$$

$$L_{cg} = 16,28 - (1,5 + 5,7)$$

$$L_{cg} = 16,28 - 7,2$$

$$L_{cg} = 9,08 \text{ m}$$

$$D_{b2} = \frac{R \cos \beta - (01 + 02)}{\sin \beta} - V \operatorname{ctg} \alpha_{\check{c}} + \sqrt{V(2R - V)}$$

$$D_{b2} = \frac{3,85 \cos 13,4^\circ - (1,0 + 0,5)}{\sin 13,4^\circ} - 5 \operatorname{ctg} 65^\circ + \sqrt{5(2 \cdot 3,85 - 5)}$$

$$D_{b2} = \frac{2,245}{0,231} - 2,331 + 3,674$$

$$D_{b2} = 11,061 \text{ m}$$

gde je:

- 01- rastojanje donje ivice konstrukcije katarke od osovine radnog točka
 02- dopušteno rastojanje do kog može da se približi konstrukcija katarke radnog točka ivici podetaže
 V - visina druge podetaže

- Minimalni nagib čeone kosine (za dubinu bloka 0 m)

$$\alpha_{\check{c}min} = \arcsin \frac{V_{rg} - R}{R_{kg} - (L_f + r + D_b)}$$

$$\alpha_{\check{c}min} = \arcsin \frac{11,85 - 3,85}{16,28 - (5,7 + 0,5 + 6,35)}$$

$$\alpha_{\check{c}min} = \arcsin 2,144 \Rightarrow \alpha_{\check{c}min} = 65^\circ$$

- Maksimalno rastojanje osovine trase bagera od donje unutrašnje bočne kosine

$$L_{\max} = R_{kg} - (V_{rg} - R) \operatorname{ctg} \alpha_b \quad \alpha_b = 63^\circ \text{ zadato}$$

$$L_{\max} = 16,28 - (11,85 - 3,85) \operatorname{ctg} 63^\circ$$

$$L_{\max} = 16,28 - 8 \cdot 0,509$$

$$L_{\max} = 12,21 \text{ m}$$

- Minimalni nagib bočnih kosina

$$\alpha_{bmin} = \arcsin \frac{V_{rg} - R}{R_{kg} - L_{\max}}$$

$$\alpha_{bmin} = \arcsin \frac{11,85 - 3,85}{16,28 - 12,21}$$

$$\alpha_{b_{\min}} = \arctan \frac{8}{4,07}$$

$$\alpha_{b_{\min}} = 63^\circ$$

- Širina bloka (određena rastojanjem od gornje ivice spoljašnje do gornje ivice unutrašnje bočne kosine bloka)

$$\check{S}_{ug} = R_{kg} \cdot \sin \varphi_{kg} \quad \varphi_{kg} = 90^\circ$$

$$\check{S}_{ug} = 16,28 \sin 90^\circ$$

$$\check{S}_{ug} = 16,28 \text{ m}$$

$$\check{S}_{sd} = R_{kg} \cdot \sin \varphi_{kds} \quad \varphi_{kds} = 43^\circ$$

$$\check{S}_{sd} = 16,03 \cdot \sin 43^\circ$$

$$\check{S}_{sd} = 16,03 \cdot 0,68$$

$$\check{S}_{sd} = 10,9 \text{ m}$$

- Ukupna širina bloka

$$\check{S} = \check{S}_{ug} + \check{S}_{sg}$$

$$\check{S} = 16,28 + 6,32$$

$$\check{S} = 22,6 \approx 23 \text{ m}$$

$$\check{S}_{sg} = \check{S}_{sd} - H \cdot \text{ctg} \alpha_b \quad H = V_{rg} - R$$

$$\check{S}_{sg} = 10,9 - 8 \cdot \text{ctg} 60^\circ \quad H = 11,85 - 3,85$$

$$\check{S}_{sg} = 10,9 - 4,61 \quad H = 8 \text{ m}$$

$$\check{S}_{sd} = 6,32 \text{ m}$$

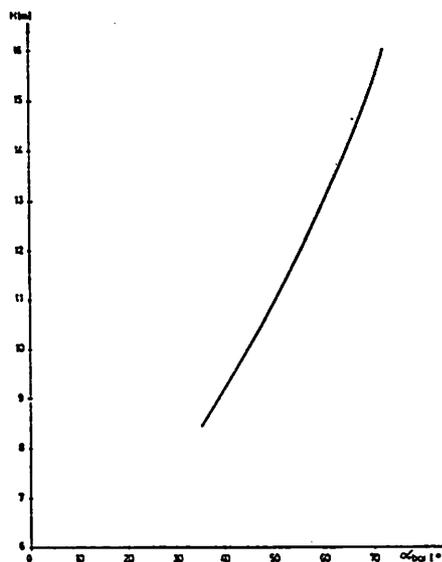
Iz urađene analize proističe da pri radu bagera u bloku, kada se bočna kosina nalazi sa desne strane ose napredovanja, za visinu od 13 m nagib bočne kosine ne može biti blaži od 60°.

Sa povećanjem visine bloka otkopavanja naglo se povećava i nagib bočne kosine. Za varijantu kada je $\varphi_{grd} = 16^\circ$ (kao što je prikazano na slici 2) rotorni bager bez problema može da ostvari blaži ugao bočne kosine (55°).

Dobijeni podaci su veoma važni za određivanje mogućnosti rada bagera sa aspekta geomehaničkih parametara, koji se daju za odgovarajuće radne sredine, odnosno materijala koji se otkopava.

Na slici 4 je data kriva promene graničnog ugla nagiba bočne kosine rotornog bagera C-700S (za $\varphi_{grd} = 47^\circ$) u zavisnosti od visine etaže.

Uglovi okretanja katarke radnog točka u odnosu na osu bagera za svaki pojedinačni rez su dati u tablicama 1 i 2.



SI 4 - Kriva promene graničnog ugla nagiba bočne kosine rotornog bagera C-700S za $\varphi_{grd} = 47^\circ$

Ugao slobodnog rezanja 16°

Tablica 1

Rez	Ugao levo	Ugao desno	Ukupan ugao
I	90°	13°	103°
II	54°	25°	79°
III	38°	37°	75°

Ugao slobodnog rezanja 47°

Tablica 2

Rez	Ugao levo	Ugao desno	Ukupan ugao
I	22°	90°	112°
II	33°	54°	87°
III	43°	47°	90°

Elementi potrebni za eventualno izvođenje radova po datim tehnološkim šemama dati su na slikama 1 i 2.

SUMMARY

Technology of Excavator C – 700S Operation in a Block In Dependence on Its Technical Mining Properties

Microparameters were defined graphically and analytically for operation of a bucketwheel excavator C – 700S in a block. A specific emphasis was made for lateral slope inclines and angles of bucketwheel boom turning, which are a direct function of free cutting angles. Operating flow – sheets for this excavator are given for cases when the lateral slope is located to the left and right of excavator travel axis. A diagram was made for lateral slope angle in dependence on excavator digging height. Detailed processing of this kind yielded valuable data of importance for further application of bucketwheel excavator C – 700S in openpit mines.

Literatura

1. Makar, M., 1990: Teorija bagerovanja rotornim bagerima, Rudarski institut, Beograd
2. Ćirić, D., 1980: Analitičko određivanje mikrotehnoloških parametara bloka, Rudarski institut, Beograd
3. Dokumentacija proizvođača

Autori: dipl.inž. Nenad Makar, dipl.inž. Nebojša Maksimović i dipl.inž. Simeun Marjanac, Zavod za eksploataciju mineralnih sirovina u Rudarskom institutu, Beograd
Recenzent: dipl.inž. Milivoje Makar, Rudarski institut, Beograd
Članak primljen 7.5.1991, prihvaćen 12.3.1992.

UTVRĐIVANJE UTICAJA EKSPLOATACIJE NA PROMENU FIZIČKO – MEHANIČKIH SVOJSTAVA MATERIJALA U ODLAGALIŠTIMA

(sa 1 slikom)

**Jovan Radojević – Radmilo Obradović – Aleksandar Stamatović.
– Zoran Milanović – Miroljub Živanović – Božidar Grubačević –
Nebojša Gojković**

Rezime

Za potrebe projekta „Ugalj Republike Srbije – osnovna energetska sirovina u perspektivi do 2005. godine i dalje do 2020. godine” dato je saopštenje o utvrđivanju uticaja eksploatacije na promenu fizičko – mehaničkih svojstava materijala u odlagalištima.

Analizirani su osnovni podaci o lignitskim basenima Srbije (kolubarskom, kostolačkom i kosovskom ugljenom basenu).

Otkopavanje, transport i odlaganje jalovinskog materijala utiču na promenu fizičko – mehaničkih osobina, kao i na stabilnost novoformiranih kosina.

Svojstva otkopanog materijala se menjaju od momenta otkopavanja do momenta odlaganja, tako da treba računati sa čvrstoćom smicanja, koja će biti znatno umanjena usled vibracija trake pri transportu, promene vlažnosti i rastresitosti jalovinskog materijala.

U okviru projekta Ugalj Republike Srbije – osnovna energetska sirovina u perspektivi do 2005. godine i dalje do 2020. godine Odbor za energetiku Republičkog fonda za nauku Srbije

je prihvatio i finansirao temu Utvrdjivanje uticaja eksploatacije na promenu fizičko – mehaničkih svojstava materijala u odlagalištima lignitskih basena Srbije

*Ovaj članak je rezultat rada autora na naučnom projektu „Ugalj Republike Srbije – osnovna energetska sirovina u perspektivi do 2005. godine i dalje do 2020. godine”.

Grupa saradnika Katedre za mehaniku stena Rudarsko – geološkog fakulteta u Beogradu i tematske oblasti za geomehaniku Rudarskog instituta iz Beograda izvršila je odgovarajuća ispitivanja i istraživanja, o čemu obaveštava stručnu i naučnu javnost.

U ovom članku su dati osnovni podaci o lignitskim basenima Srbije, analiza procesa otkopavanja, transportovanja i odlaganja jalovine, kao i rezultati dobijeni analizom promene svojstava materijala od momenta otkopavanja, preko transportovanja do odlaganja.

Analiza i dobijeni rezultati uticaja promene pojedinih parametara procesa odlaganja na formiranje novih svojstava materijala, kao i utvrđivanje strukture odloženog materijala, biće saopšteni javnosti kada sav materijal bude obrađen.

Opšte

Analizirajući sadašnje metodologije utvrđivanja parametara čvrstoće i proračuna stabilnosti kosina, kao i promene koje su uočljive u procesima eksploatacije (otkopavanje, transportu i odlaganju), došlo se do saznanja da se mora nešto menjati u metodologijama fizičko – mehaničkih ispitivanja i postupcima proračuna, usvajajući niz tehničko – tehnoloških elemenata koji utiču na krajnje rezultate.

Postojeći postupci ispitivanja i proračuna nisu u potpunosti obezbeđivali dobijanje realnih vrednosti ulaznih računskih parametara ni sam postupak analize stabilnosti. Praksa da se postupa sa otkopanom jalovinom na isti način kao i sa prirodnim neporemećenim materijalom svakako nije mogla da pruži zadovoljavajuće rezultate. Pored toga, stečena znanja iz oblasti primenjene geomehanike nisu mogla uvek i u svakom pogledu da se pored sa iskustvima dobijenim u građevinskoj mehanici tla. Postoje bitne razlike u mnogočemu, što postojeći propisi i uputstva ne regulišu.

Do danas još nije napravljena jedinstvena metodologija za ispitivanje na kopovima uglja ili odlagalištima, a ne postoji ni

jedinstveno mišljenje o interpretaciji rezultata ovih istraživanja. To dovodi ne samo do nemogućnosti upoređivanja dobijenih rezultata i podataka već najčešće krije u sebi i ozbiljnu opasnost od pojave grešaka pri analizi stabilnosti.

Razlike između prirodnog tla u terenu i otkopanog materijala zahtevaju i drugačiji pristup laboratorijskim i terenskim ispitivanjima i analizi stabilnosti odlagališta. Bitne razlike se javljaju u promeni naponskog stanja odloženog materijala.

Lignitski baseni Srbije

Lignitski baseni u Srbiji, koji po svojim potencijalima spadaju u najveće basene u Jugoslaviji, su kosovski, kolubarski i kostolački.

Preko 90% površinskih otkopa lignita u nas pripada mlađim formacijama i ima veoma heterogen sastav: od kvartarnih, pontskih, do pliocenskih nekoherentno – koherentnih sedimenata (Kolubara, Kosovo, Kostolac). U pojedinim basenima ugljeni slojevi imaju različitu debljinu i, posmatrano u celini, samo se ugljeni sloj basena Kosovo i Kolubara može smatrati homogenim, dok je u kostolačkom basenu sastavljen od nekoliko ugljenih slojeva sa međuslojnom glinovito – peskovitom jalovinom.

Prema do sada utvrđenim terensko – laboratorijskim merenjima i dobijenim vrednostima fizičko – mehaničkih parametara za dimenzionisanje kosina i proračun nosivosti, lignitske basene Srbije čine četiri osnovne grupe stena i to:

- *prva grupa* obuhvata prašinate – peskovite sedimente i les (kolubarski i kostolački basen)
- *drugu grupu* čine glinoviti materijali meke i tvrde plastičnosti i kvartarno glinoviti prašinati sedimenti (Kostolac, Kolubara)
- *trećoj grupi* pripadaju gline tvrde plastičnosti (sive gline Kosovskog basena), laporovite gline i laporci
- *četvrtu grupu* sačinjavaju ugljevi, kompaktni i sa proslojcima.

Za prve tri od navedenih grupa, karakterističan je ugao nasipanja koji se kreće u širem dijapazonu, od 38° do 33° u prirodno vlažnom materijalu.

Otkopavanje, transport i odlaganje jalovine

Problem stabilnosti odlagališta zahteva određenu analizu tehnološkog procesa od momenta otkopavanja pa do odlaganja masa, kao i razmatranje uticaja koji tehnološki proces može imati na promenu svojstava prvobitnog tla u masivu, a time i na opštu stabilnost.

Tehnologija otkopavanja, transportovanja i odlaganja je predmet izučavanja drugih naučno – tehničkih disciplina, od kojih usvajamo samo osnovnu šemu odlaganja jalovine, i to:

- postupak sa odlaganjem u blokovima, gde se koristi diskontinuirana mehanizacija (bageri kašikari ili dreglajni) i
- sistem bager – traka – odlagač (BTO sistem).

Najvažniji tehnološki faktori koji utiču na obrazovanje svojstava odloženog materijala i, kasnije, stabilnost odlagališta jesu: način otkopavanja i dubina reza, način i dužina transportovanja materijala, način odlaganja, visina i geometrija kosina, dužina i brzina pomeranja fronta odlagališta.

Promena svojstava materijala od momenta otkopavanja do momenta odlaganja

Na osnovu sprovedenih ispitivanja i istraživanja mogu se izvesti sledeći osnovni zaključci:

- struktura transportovanog materijala zavisi od njegove apsorpcione sposobnosti i vlažnosti
- osim dinamičkih sila, između čestica deluju trenje i površinske sile, pri čemu se zbog dejstva vode obrazuje komplikovani sistem sila, a moguće je i uspostavljanje različitih stanja trenutne ravnoteže zbog promenljive vrednosti vlažnosti
- usled delovanja trenja između čestica, povećava se gustina na dodirnim površinama skeleta i rastu apsorpciona

sposobnost površine dodira i prividna kohezija

- usled vibracija se lanac vodenih opni „otkida“, što može dovesti do tiksotropnog gubitka stabilnosti skeleta i prelaska transportovanog materijala u kašasto stanje.

Simuliranjem uticaja dužine transportovanja jalovine konstatovano je da siva glina transportovana na odlagalište menja u izvesnoj meri svoja prvobitna mehanička svojstva, i to, u konkretnom slučaju zbog vibracije, i do 41% od svoje prvobitne čvrstoće, les za 35%, a prašnasti pesak za 18%.

Zbog navedenih razloga, pri razmatranju uslova stabilnosti jalovine u odlagalištu treba računati sa čvrstoćom smicanja koja će biti znatno umanjena, kako zbog uticaja vibracija pri transportovanju tako i usled dodatnog provlažavanja.

Analiza tehničko – tehnološkog uticaja procesa odlaganja na formiranje novih svojstava materijala

Bitni tehničko – tehnološki elementi koji utiču na formiranje novih svojstava odložene koherentno – nekoherentne jalovine su:

- širina bloka
- dužina fronta odlaganja
- dužina odbacne konzole
- visina odlaganja (u dubinskom ili visinskom radu)
- brzina kretanja trake
- ugao nasipanja
- tehnološka pauza

Sa aspekta uticaja procesa odlaganja na formiranje novih svojstava, bitni su visina bacanja (pada) materijala, visina odloženog materijala (prema načinu odlaganja), brzina kretanja trake, ugao nasipavanja i tehnološka pauza. Međutim, posmatranje samo jednog od navedenih elemenata ne može da da pravu sliku o uticaju tehničko – tehnoloških procesa na formiranje novih svojstava, već se moraju posmatrati kao međusobno zavisni i uslovljeni opštim tehnološkim procesom otkopavanja, transportovanja i odlaganja.

Procesi koji utiču na promenu fizičko – mehaničkih parametara analizirani su na terenu i u laboratoriji, pri čemu su razrađeni postupci i metode merenja uticaja sledećih procesa:

- uticaj udara na zbijenost pojedinih komada materijala koji se odlaže
- uticaj udara na promenu zapreminske mase kompaktnih komada odloženog materijala
- uticaj udara na promenu zapreminske mase odloženog materijala (u celini)
- uticaj poremećaja strukture na svojstva materijala koji je odložen
- uticaj načina zbijanja na obrazovanje novih mehaničkih svojstava materijala koji se odlaže
- postupak zbijanja po metodi dr inž. Radmila Obradovića (1979), Rudarski institut – Beograd
- efekat dinamičkog dejstva na stabilnost usled odlaganja materijala
- koeficijent rastresitosti (i nasipna gustina)

- utvrđivanje uticaja opterećenja podloge težinom odloženog materijala
- analiza procesa opterećenja materijala u odlagalištu u zavisnosti od tehnološke pauze
- utvrđivanje uticaja opterećenja podloge u zavisnosti od kapaciteta odlaganja.

Uticaj udara na zbijenost pojedinih komada materijala koji se odlaže

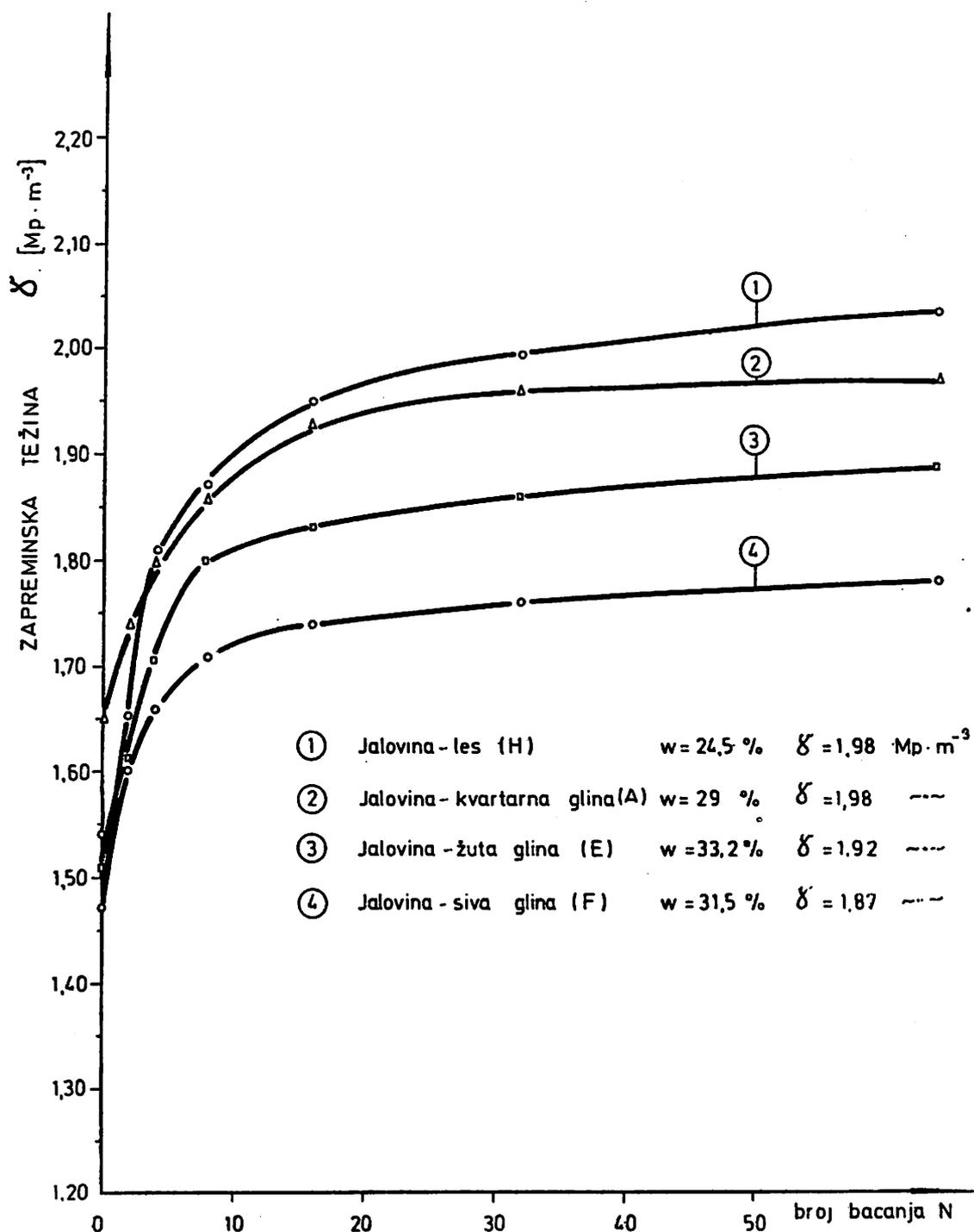
Posle transportovanja, jalovina se odlaže sa izvesne visine, pri čemu je sa stanovišta uticaja na mehaničke osobine značajan način odlaganja od nožice prema vrhu etaže.

Prema kinematičkom postupku odlaganja, kod odlagališta mešovite jalovine razlikuju se područje udara masa, na koje pada jalovina odbačena sa trake odlagača, područje kotrljanja, u kome su jače sile smicanja na kosu ravan od sile trenja, i područje zaustavljanja, u kome se slažu otkotrljani komadi.

Rezultati terenskih merenja zapreminskih masa materijala odloženih visinski (Istočno odlagalište)

Tablica 1

Zapreminska masa g/cm ³	Neporemećen uzorak		Nekoherentna razdrobljena jalovina – prašinsti pesak			
	broj opta	%	H = 8,0 m		H = 12,0 m	
			broj opta		broj opta	
1,00-1,10	–		2	2,47	5	6,58
1,10-1,20	–		25	30,86	12	15,79
1,20-1,30	–		23	28,40	15	19,74
1,30-1,40	–		14	17,28	21	27,63
1,40-1,50	–		10	12,35	12	15,79
1,50-1,60	–		3	3,70	7	9,21
1,60-1,70	–		4	4,94	4	5,26
1,70-1,80	–		–	–	–	–
1,80-1,90	3	20,00	–	–	–	–
1,90-2,00	10	66,67	–	–	–	–
2,00-2,10	2	13,33	–	–	–	–
Ukupno:		100	81	100	86	100
Srednja vrednost:	1,942	–	1,284	–	1,339	–
Devijacija (σ)	0,0632	–	0,1399	–	0,1465	–
Koeficijent varijacije (v)	3,2637	–	10,8915	–	10,938	–



Sl. 1 – Uticaj broja udaraca na povećanje zapremnske težine razdrobljene jalovine, visina bacanja 2,0 m

Energija odlaganja (visina odlaganja) jalovine utiče na promenu zapremine težine odloženog materijala. Uticaj promene energije odlaganja na promenu zapremine mase osmatran je „in situ,” a rezultati takvog opažanja dati su u tablici 1.

Takođe su i u laboratorijskim uslovima osmatrani uticaji promene energije odlaganja na promenu zapremine mase. Da bi se ovaj proces ispitao u laboratorijskim uslovima, pripremljeni uzorci su bacani više puta sa različitih visina (2,0; 1,0; 0,5; 0,1 m) i merene su vrednosti zapreminskih masa.

Na slici 1 su prikazani rezultati ispitivanja za visinu bacanja materijala $h = 2,0$ m.

Zaključak

Istraživanja izvedena na terenu i laboratoriji ukazuju na činjenicu da se pri posmatranju odlagališta, kao objekta veštački konstruisanog, uslovi stabilnosti ne mogu posmatrati statično, klasičnim postupcima koji važe u građevinskoj mehanici tla, već da se moraju analizirati kroz niz dodatnih ispitivanja, kao što je navedeno.

SUMMARY

Determination of the Effect of Mining on Change of Disposed Materials Physico – Mechanical Properties

An analysis was made of basic data on Serbia's lignite basins. Effect of mining, transport and waste disposal on the change of physico – mechanical properties was determined as well as stability of newly formed slopes.

Mining properties change from the moment of excavation to the moment of disposal, so one must take into account the shearing strength which will be significantly decreased due to vibration during transport, change of humidity and loosening of waste material.

Literatura

1. Tomakow, I., 1965: Opredelenie fiziko – mehaničkih svojstv porod otvalnogo massiva na karierah Kuzbasa, „Ugol” No. 4
2. Schultze, E., 1965: Bodenuntersuchungen und Erdstatik im Braunkohle Tagebau, „Braunkohle” No. 7/8
3. Obradović, R., 1966: Prilog proučavanju problema stabilnosti odložene jalovine, „Rudarski glasnik” No. 1
4. Obradović, R., 1970: Neki problemi mehanike tla na površinskim otkopima i odlagalištima (I deo), „Rudarski glasnik” No. 4
5. Obradović, R., 1971: Neki problemi mehanike tla na površinskim otkopima i odlagalištima (II deo), „Rudarski glasnik” No. 1
6. Obradović, R., Ilić, D., Stamatović, A., 1978: Uticaj tehnologije odlaganja na stabilnost kosine kod odlaganja na ranije odloženoj jalovini odlagališta Šume površinskog kopa Kosovo u Belaćevcu, „Rudarski glasnik” No. 2

Autori: prof. dr Jovan Radojević i dipl.inž. Nebojša Gojković, Rudarsko – geološki fakultet u Beogradu, mr inž. Aleksandar Stamatović, mr inž. Zoran Milanović, dipl.inž. Mirosljub Živanović i dipl.inž. Božidar Grubačević, Zavod za eksploataciju mineralnih sirovina u Rudarskom institutu, Beograd
Recenzent: dr inž. Jevto Bralić, Beograd
Članak primljen 9.1.1992, prihvaćen 12. 3. 1992.

DOPRINOS METODOLOGIJI UTVRĐIVANJA STABILNOSTI RADNIH KOSINA U POVLATNIM SEDIMENTIMA POVRŠINSKIH KOPOVA UGLJA

(sa 8 slika)

Jovan Radojević – Aleksandar Stamatović – Zoran Milanović –
Nebojša Gojković

Rezime

Predmet ovog rada predstavlja pokušaj da se odgovarajućim priznatim postupcima statističke analize obradi i sistematizuje veliki broj uzoraka iz povlatnih sedimenata površinskih kopova tercijerne starosti u Jugoslaviji. U sažetom obliku je prikazano do kakvih se rezultata došlo ispitivanjem i obradom preko 5.300 uzoraka iz raznih litoloških članova skoro svih površinskih kopova u Jugoslaviji.

Na primeru površinskog kopa Tamnava – zapad su prikazani rezultati istraživanja za sve povlatne sedimente, kao i za ugljenu seriju. Za usvojene parametre radne sredine određene su zavisnosti visine etaže od ugla nagiba etaže za različite faktore sigurnosti, pri čemu je kao jedinstvena metoda proračuna stabilnosti usvojena Bishop-ova metoda.

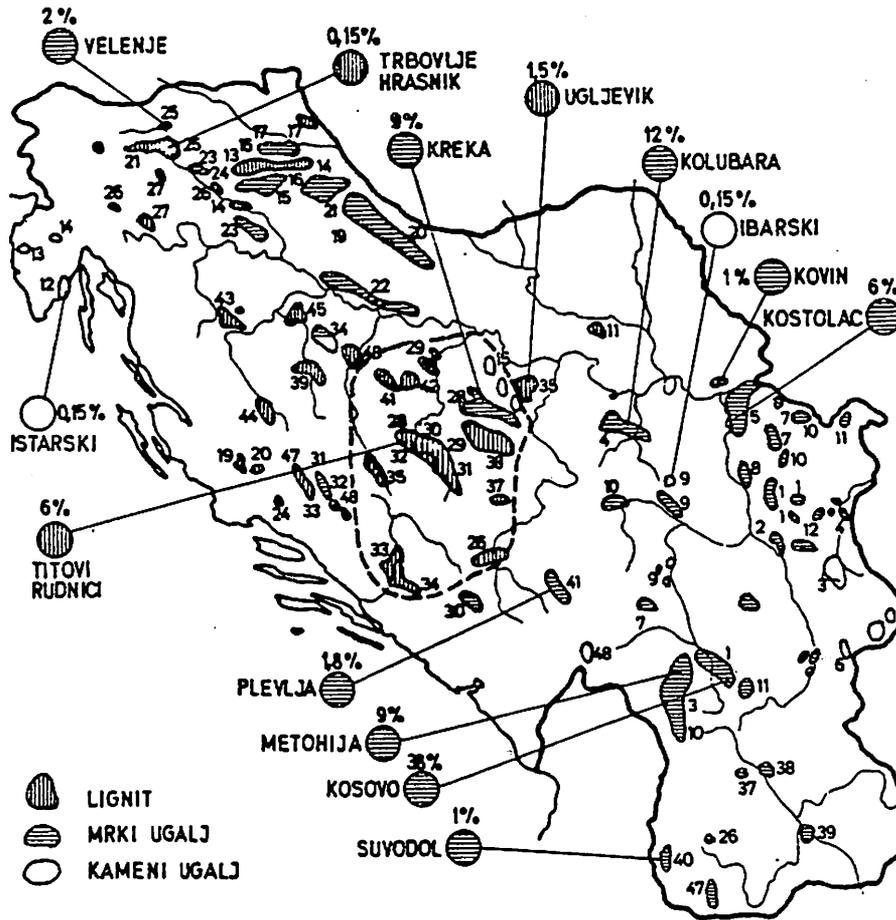
Na kraju su utvrđeni i matematički prikazani jedinstveni faktori sigurnosti za peskovitu i glinovitu seriju, kao funkcionalna zavisnost visine i nagiba kosine, ugla unutrašnjeg trenja i kohezije.

Uvod

Prema raspoloživim podacima, ukupne geološke rezerve uglja, koje iznose preko 31

milijarde tona, raspoređene su u okviru sledećih basena:

- kameni uglj u okviru istarskog i ibarskog basena
- mrki uglj u okviru Titovih rudnika, Ugljevika, kao i Trbovlja i Hrastnika



Sl. 1 – Šematski prikaz ležišta uglja u Jugoslaviji

– lignit u okviru kosovskog, metohijskog, kolubarskog i kostolačkog ugljenog basena, Suvodola, Kovina, Pljevalja, Oslomeja i Velenja.

Kako je preko 87% ukupnih rezervi skoncentrisano u okviru tercijernih basena, to je jasno da je pitanje stabilnosti radnih kosina osnovni činilac od značaja kada su u pitanju ekonomičnost i bezbednost površinske eksploatacije.

Kada se radi o analizi stabilnosti radnih kosina povlatnih sedimentata, ukazujemo na osnovne postavke i činjenice:

– kako prirodne kosine tako i kosine koje čovek stvara potrebno je proučiti sa aspekta

inženjerske geologije, geomorfologije, mehanike tla i stena, kao i zaštite čovekove okoline

- materijal od koga je kosina izgrađena ima prirodnu sklonost ka klizanju pod uticajem gravitacijskih ili drugih sila (tektonska naprezanja, seizmičke delatnosti i dr.), a tome se suprotstavlja otpor smicanja u materijalu
- nestabilnost se pojavljuje kada otpor smicanja nije dovoljan za uravnotežavanje sila, koje teže da prouzrokuju pomeranje duž ma koje površine u sklopu kosine
- velike visine etaža površinskih kopova i teške otkopne mašine koje se kreću na planumima etaža opterećuju radne kosine i dovode u pitanje njihovu stabilnost. Zbog toga problem stabilnosti kosina etaža zavisi od većeg broja uticajnih faktora, koji se moraju dovesti u međusobnu vezu i detaljno proučavati

- metodologija istraživanja, bušenja i uzorkovanja treba da je jedinstvena kod istraživanja svih ležišta u SFRJ, i moraju da je primenjuju sva preduzeća i institucije koje se bave ovom problematikom, što kod nas nije slučaj
- sva laboratorijska ispitivanja koja su izvedena za potrebe naših površinskih otkopa su u skladu sa važećim standardima JUS-a
- pri definisanju fizičko – mehaničkih parametara potrebnih za geostatičke proračune, potrebno je izvršiti statističku analizu rezultata laboratorijskih ispitivanja
- za analizu stabilnosti radnih kosina površinskih kopova tercijarnih ugljenih basena u Jugoslaviji primenjena je Bishop-ova metoda proračuna.

Izbor metode proračuna stabilnosti

Kako je navedeno, iz mnoštva poznatih metoda za naše uslove i potrebe odabrana je Bishop-ova metoda.

Po ovoj metodi, normalna sila na osnovici lamele dobija se razlaganjem sila vertikalno na lamelu. Rezultati koji se dobijaju su pouzdani, ali se postupak ograničava na klizne površine kružnog oblika. Metoda primenjuje iterativna računanja pri određivanju faktora sigurnosti. Postupak je podesan kako za analizu stabilnosti sa ukupnim naponima tako i za analizu sa efektivnim naponima na kružnim kliznim površinama u mekim stenskim masama.

Formula po kojoj se proračunava faktor sigurnosti glasi:

$$F = \frac{\sum \frac{c b_i + b_i (\gamma h_i - \gamma_w h_{iw}) \tan \phi}{\cos \theta_i + (\sin \theta_i \tan \phi) / F}}{\sum (W_i \sin \theta_i)}$$

gde je:

- b** – širina lamele
- γ** – zapreminska težina materijala
- γ_w** – zapreminska težina vode
- θ** – ugao nagiba dna lamele
- ϕ** – ugao unutrašnjeg trenja
- c** – kohezija
- W** – težina lamele
- h** – visina lamele
- h_w** – visina pijezometarskog nivoa
- F** – faktor sigurnosti

Proračuni su urađeni za visine kosina od $N = 5, 10, 20$ i 30 m i nagibe radnih kosina od $20^\circ, 30^\circ, 40^\circ, 50^\circ$ i 60° . Na ovaj način je za svaki litološki član dobijeno 20 faktora sigurnosti. Analiza stabilnosti je izvedena za kosine koje su prethodno odvođene.

Kriterijum minimalnog faktora sigurnosti za radne kosine kod nas je određen zakonom i iznosi $F_{\min} = 1,10$.

Rezultati analize stabilnosti

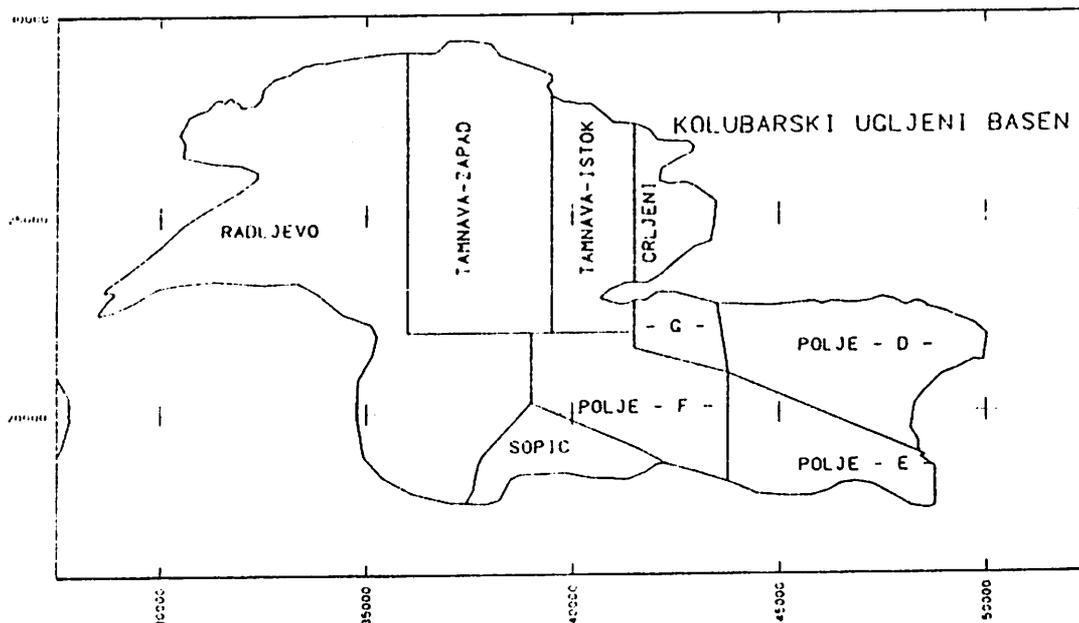
Prikupljeni su i sistematizovani podaci za proračun stabilnosti za sledeće ugljene basene: kolubarski, kosovski, metohijski, kostolačko – podunavski, stanarski, pela-gonsko – pilepsko – bitoljski, kičevski, gatačko – nevesinjski i pljevaljski ugljeni baseni.

Za svaki litološki član u određenom ugljenom basenu su prikupljeni i sistematizovani svi laboratorijski opiti za određivanje fizičko – mehaničkih osobina. Prikupljeni rezultati su nakon sistematizovanja statistički obrađeni. Rezultati statističke analize su zbog svoje obimnosti sistematizovani u posebnu knjigu koja predstavlja dokumentacionu podlogu za izradu ovog rada.

Za proračune stabilnosti radnih kosina usvojene su srednje vrednosti parametara čvrstoće, s obzirom da radne kosine imaju kratko vreme trajanja.

Pošto nije moguće da prikažemo rezultate analize stabilnosti za sve navedene basene (podaci se nalaze u arhivi tematske oblasti za geomehaniku Rudarskog instituta u Zemunu), odlučili smo se da prikažemo rezultate koje smo dobili za polje Tamnava – zapad, imajući u vidu da smo u sklopu obrade podataka ispitivanja za kolubarski ugljeni basen imali na raspolaganju preko 2.600 podataka, odnosno obrađenih rezultata ispitivanja.

Analiza stabilnosti radnih kosina u kolubarskom ugljenom basenu izvršena je za sledeća polja koja su u eksploataciji ili u fazi istraživanja (slika 2): polje B, polje F, polje D, Šopić, Tamnava – istok i Tamnava – zapad.



Sl. 2 – Podela kolubarskog ugljenog basena na istražna i eksploataciona polja

Zaključna razmatranja

Izvršenom analizom dobijene su funkcionalne zavisnosti faktora sigurnosti od ugla nagiba kosine za različite visine radnih kosina za sve litološke članove koji izgrađuju pojedine površinske kopove obuhvaćene ovom analizom.

Dijagrami prikazani na slikama 3 do 8 mogu poslužiti kao geomehanički priručnik za inženjere u rudarskoj praksi.

Na kraju je utvrđen jedinstveni faktor sigurnosti za peskovitu i glinovitu seriju povlatnih sedimenta površinskih kopova u Jugoslaviji, polazeći od postavke da je faktor sigurnosti dat kao funkcionalna zavisnost visine kosine (H), nagiba kosine (α), ugla unutrašnjeg trenja (ϕ) i kohezije (c).

$$F = f(H, \alpha, \phi, c)$$

Zapreminska težina nije uzeta u obzir kod uspostavljanja zavisnosti iako su svi proračuni izvršeni sa stvarnim vrednostima zapreminske težine. Razlog tome je malo rasipanje rezultata zapreminskih težina unutar grupa gline i peska, pa njena varijacija praktično minimalno utiče na oblik krajnje formule.

Na osnovu rezultata analize ispitivanja uspostavljena je zavisnost veličine faktora sigurnosti od visine kosine, nagiba kosine, ugla unutrašnjeg trenja i kohezije.

Jedinstveni faktor sigurnosti za peskovitu seriju iznosi:

$$F = 2,63668 - 0,09474\alpha + 0,0287\phi + 0,05078 c - 0,00132 H c + 0,00075z^2$$

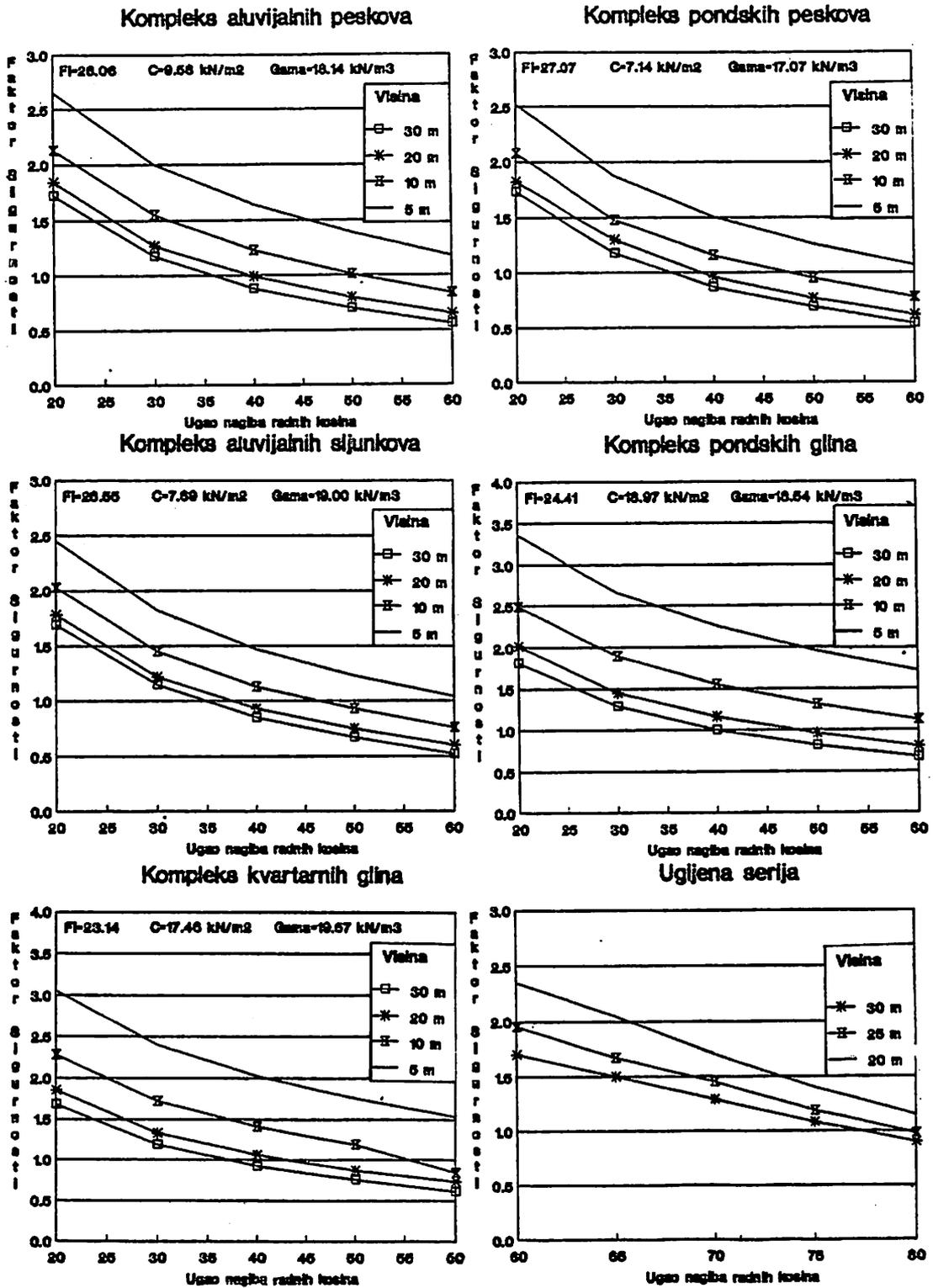
i utvrđen je za populaciju od 250 vrednosti pojedinačnih faktora sigurnosti, uz sračunati koeficijent korelacije od 0,9609.

Jedinstveni faktor sigurnosti za glinovitu seriju iznosi:

$$F = 0,123846 - 0,021527 H + 0,095502 \phi + 0,049828 c + 0,000344\alpha H - 0,001381\alpha\phi - 0,0002008 \alpha c - 0,001007 Hc$$

i utvrđen je za populaciju od 600 vrednosti pojedinačnih faktora sigurnosti, uz sračunati koeficijent korelacije od 0,9558.

Prednost ovakvog načina sračunavanja faktora sigurnosti je u tome što kada posedujemo fizičko – mehaničke parametre možemo promenom geometrijskih elemenata kosine izračunati faktor sigurnosti.



Slike 3 do 8 – Dijagrami zavisnosti faktora sigurnosti od ugla nagiba i visine radnih kosina za Tamnavu – zapad

SUMMARY

Contribution to the Methodology for Defining the Stability of Operating Slopes in Openpit Coal Mine Hanging – Wall Sediments

The subject of this paper represents an attempt to process and systematize a large number of samples from tertiary age hanging – wall sediments in openpit mines in Yugoslavia by use of appropriate accepted statistical analysis procedures. A brief outline is given of results obtained by testing and processing more than 5,300 samples from different lithological members. On the example of openpit mine Tamnava – East testing results are presented for all hanging – wall sediments, as well as for the coal series.

Literatura

1. Vukadinović, S., 1981: Elementi teorije verovatnoće i matematičke statistike, „Privredni pregled“, Beograd
2. Hoek, E., Bray, J. W., 1977: Rock Slope Engineering, London
3. Bishop, A.W., 1952: The stability of earth dams, Ph. D. Thesis, University of London
4. Stručna literatura, elaborati, studije i ostala dokumentacija arhive tematske oblasti za geomehaniku Rudarskog instituta, Beograd

Autori: prof. dr Jovan Radojević i dipl.inž. Nebojša Gojković, Rudarsko – geološki fakultet, Beograd, mr inž. Aleksandar Stamatović i mr inž. Zoran Milanović, Rudarski institut, Beograd
Recenzent: dr inž. Radmilo Obradović, Rudarski institut, Beograd
Članak primljen 11.9.1991, prihvaćen 12.3.1992.

PRAĆENJE POLOŽAJA IZVOZNIH SUDOVA U OKNIMA RUDNIKA

(sa 2 slike)

Dragan IIIć

Rezime

U radu je dat pregled postojećih uređaja za praćenje položaja sudova rudarskih izvoznih mašina. Pregled je urađen hronološki, sa ocenom nedostataka svakog pojedinog rešenja. Kao zaključak su navedeni pravci kojima treba da se ide u daljem usavršavanju ovakve vrste uređaja.

Uvod

Praćenje položaja izvoznih sudova u oknu ima poseban značaj za izvozno postrojenje zbog bezbednosti, operativnosti i automatizovanja upravljanja. Razvoj uređaja za praćenje sudova i detektovanje pojedinih značajnih položaja odvijao se istovremeno sa razvojem drugih tehničkih uređaja izvoznih postrojenja, da bi se danas kod većine proizvođača i isporučilaca izvoznih postrojenja uočilo znatno zaostajanje u tehničkom i tehnološkom razvoju.

Havarije na pojedinim postrojenjima primoravaju proizvođače da se više posvete problemu tačnog pozicioniranja izvoznih sudova razvijanjem novih, delotvornijih uređaja i sistema. Pri rešavanju ovog problema se sada koriste i efikasniji pristupi, koji će postajati sve

više pravilo umesto izuzetak. Misli se, pre svega, na usvajanje principa da se sam izvozni sud neposrednije prati, umesto da se o njegovoj poziciji zaključuje na osnovu kretanja pogonskog bubnja – pogonskog kotura.

Praćenje položaja preko kretanja pogonskog bubnja – kotura

Prvi uređaji za kontinualnu kontrolu i detekciju bitnih položaja suda u oknu su bili skoro potpuno mehanički, uključujući tu i pokazivače trenutnog položaja. Pratilo se kretanje pogonskog bubnja – kotura i prenosilo na linearno kretanje pokazivača, koji je aktivirao i prekidače pojedinih položaja. Ovi uređaji, regulatori vožnje, su doživeli izvesno unapređenje uvođenjem selsinskih parova (prijemnik – predajnik) i mehanizama sa preciznijim aktiviranjem prekidača za položaje i kao takvi se sreću i danas na izvoznim mašinama sov-

jetske i britanske proizvodnje, kao i na mašinama proizvođača ASEA (sada ABB). Nepreciznost ovakvih regulatora ima više uzroka: istežanje užeta, habanje obloga i klizanje kod mašina sa frikcionim koturovima. Suštinska zamerka ovakvom rešenju je što se detekcija kretanja u lancu sud – uže – pogonski bubanj – kotur vrši relativno daleko od suda kao objekta koji se prati.

Korekcija pokazivanja, sinhronizacija, je dosta složena i neažurna jer je potrebno da mašina stoji, zahtevaju se dodatni pogon za pokretanje regulatora vožnje tokom korekcije i poseban referentni detektor položaja suda (obično je to magnetni prekidač na nekom od horizonata).

Preciznost mehaničkih regulatora vožnje opada sa dužinom izvoznog puta i zato britanski proizvođači za dublja okna uvode uređaje koji tokom vožnje sredinom okna isključuju deo izvoznog puta da bi sa dovoljnom preciznošću kontrolisali prilaze krajnjim tačkama okna, što svakako predstavlja iznuđeno i prilično problematično rešenje. Dodatni uređaji se uvode i da bi se izbeglo zamorno prepodešavanje regulatora pri korekcijama koje su potrebne zbog nepovratnih procesa, kao što je habanje obloga na kojima leži užad pogonskih koturova. Kod proizvođača ASEA (ABB) se za ovu svrhu ugrađuje korektor zasnovan na diferencijalnom prenosu, kojim se vrše fine korekcije u prenosu od pogonskog kotura na uređaje regulatora vožnje.

I pored svega ravedenog, ovi regulatori vožnje su veoma zastupljeni, mada im se opravdano može prigovoriti da su dosta složeni i skupi ali, što je praksa pokazala, ne i apsolutno pouzdani. Postojeće instalacije (ukupno četiri) proizvođača ASEA u Rudniku bakra Bor su tokom decenije rada više puta otkazale baš na mehanički koncipiranim regulatorima vožnje.

Tehnološki novim regulatorima vožnje, zasnovanim na digitalnom signalu iz inkrementalnih enkodera koji prate kretanje pogonskog bubnja – kotura, ostaje suštinska zamerka što ne prate sud i dalje. Prednosti ovakvog rešenja su višestruke u poređenju sa prethodno pomenutim rešenjima. Sami uređaji su jeftiniji i man-

jeg gabarita, pa tako i daleko pristupačniji za primenu na svakoj vrsti izvoznih mašina i kod zahteva za povećanom bezbednošću i operativnošću.

Korekcije pokazivanja ovih uređaja, potrebne zbog povremenih pojava tokom rada izvozne mašine (proklizavanje kod frikcionog kotura), obavljaju se veoma efikasno, bez potrebe za prekidanjem izvoza, tj. u toku prolaska izvoznog suda pored poznatih tačaka u oknu koje se detektuju posebnim detektorima, sposobnim da otkriju sud koji se kreće.

Za korigovanje zbog pojava koje trajno dovode do nesaglasnosti u pokazivanju (habanje obloga, na primer) nisu potrebni dodatni skupi i složeni uređaji, s obzirom da se radi o obradi električnog signala u koji se pretvara položaj suda posle inkrementalnog dekodera. Podešavanje se brzo i efikasno izvodi potenciometarskim ili prekidačkim uređajima, bez dužih zastoja u radu izvozne mašine. Referentni detektori položaja moraju da precizno otkrivaju sud u kretanju i treba da ih bude dovoljno na izvoznom putu, što nije uvek lako realizovati.

Kontrola užadi

Potreba za kontrolom užadi izvozne mašine nastaje i kao posledica nedovoljne pouzdanosti praćenja položaja uređajima koje smo razmatrali, odnosno njihovog glavnog nedostatka – da se posuda prati posredno preko bubnja – kotura.

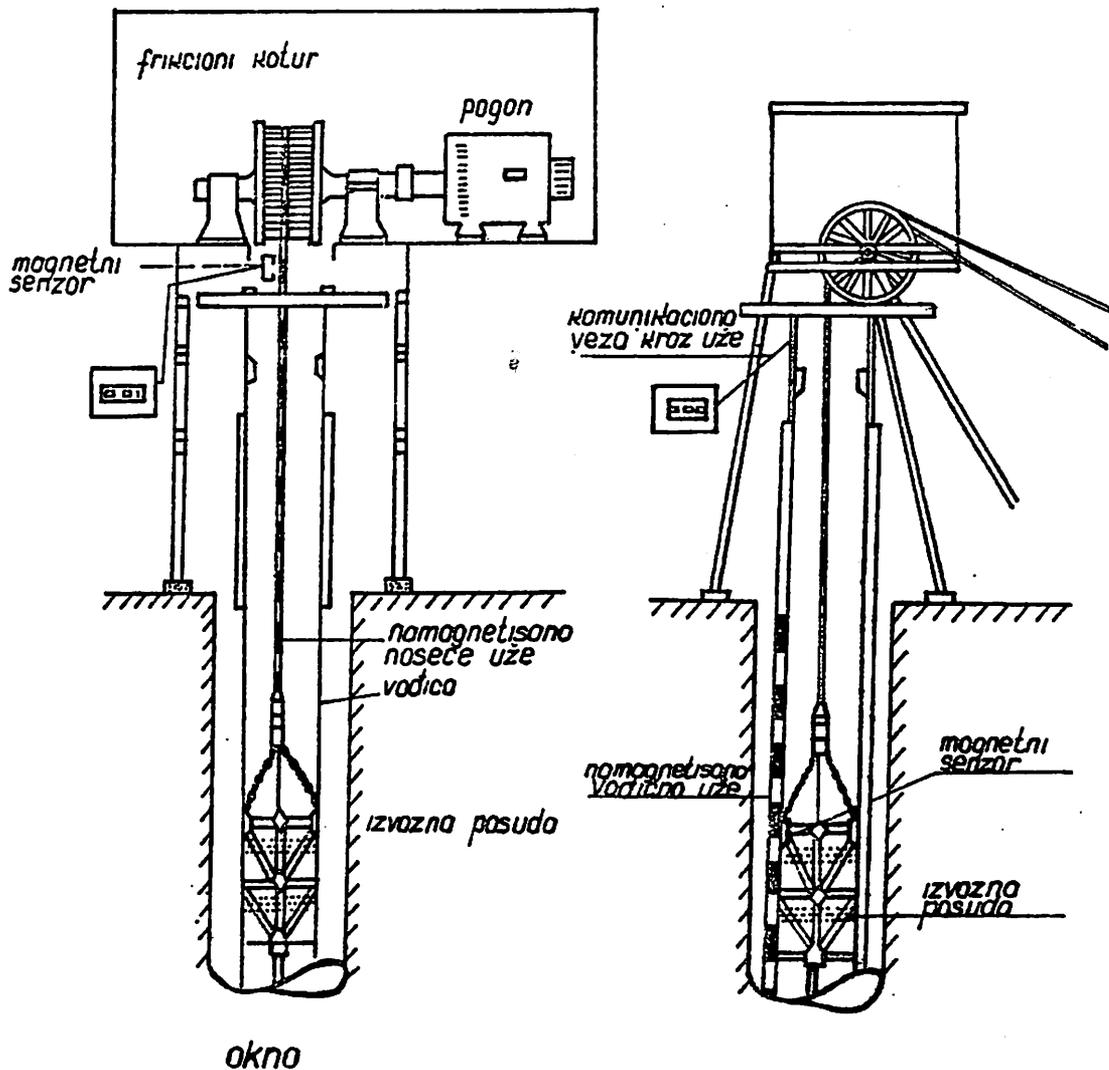
Veoma opasna pojava zaglave izvoznog suda u oknu ne može da se otkrije ako se ne uvede dodatna kontrola užadi koja su pričvršćena za izvozni sud. Zaglave izvoznog suda mogu da se otkriju praćenjem balansnih užadi, odnosno njihovog podizanja kod mašina sa bubnjem. Uređaji kojima se detektuje podizanje balansnih užadi su relativno jednostavno rešeni.

Kod ostalih tipova izvoznih mašina za detekciju zaglave ostaje da se prati zategnutost nosećeg užeta, što se ne može izvesti ni jednostavno ni pouzdano. Najjednostavnija rešenja se sreću u vidu detektora labavosti, pogodno postavljenih prekidača koje aktivira

labavo uže. Jednostavnost ovog rešenja ide na štetu njegove pouzdanosti.

Složenija rešenja predstavljaju čitavi sistemi, kao što je „Dynamite”, proizvođača ASEA (ABB). Ovaj sistem se zasniva na tenzometarskim detektorima, ugrađenim u spojnom priboru koji spaja posudu i noseće uže. Prenos informacije o sili u spojnom priboru se vrši telekomunikacionim kanalom na površinu (obično se koristi telekomunikaciona veza kroz uže na bazi induktivne petlje).

Gubljenje frikcionog kontakta užadi i pogonskog kotura, koje ima za posledicu kretanje suda shodno smeru debalansa a ne smeru koji daje pogon (potpuno proklizavanje), takođe ne može da se otkrije regulatorima vožnje, već se za zaštitu od ove pojave uvode posebni uređaji za kontrolu smera pogonskih užadi. Na izvoznom oknu u Boru, gde nije ugrađena odgovarajuća zaštita, više puta je zabeležena ovakva, inače retka, pojava, prouzrokovana kako habanjem obloga tako i posebnim klimatskim i pogonskim okolnostima.



Slike 1 1 2

Praćenje položaja preko užadi

Najnoviji sistem za praćenje položaja polazi od kvalitativno novog pristupa i prati položaj izvoznih sudova praćenjem namagnetisanih užadi. Ovaj sistem se primenjuje na izvoznim instalacijama britanske proizvodnje.

Kod mašina sa pogonskim koturom se jedno od nosećih užadi na svakih 20 cm magnetiše N i S polom naizmenično (stabilnost magnetizacije ne dozvoljava manja rastojanja) i magnetnim beskontaktnim detektorom, smeštenim van okna, prati kretanje užeta (slika 1).

Kod izvoznih mašina sa bubnjevima je ovaj način praćenja moguć magnetizacijom jedne od užadnih vodica. Detektor se nalazi na izvoznom sudu, a signal se prenosi komunikacionim kanalom kroz isto ili neko drugo od vodičnih užadi (slika 2). Kod krutih vodica mora da se položi dodatno uže namenjeno magnetisanju i komunikaciji, što poskupljuje ovaj nesumnjivo efikasan sistem za praćenje izvoznih sudova.

Ovde bi moglo da se prigovori ceni i komplikovanosti ovog rešenja: posebni uređaji za magnetizaciju, postupak magnetizacije potreban za svako novo uže, složen sistem komuniciranja i njegovog napajanja u sudu izvozne mašine. Ali, treba posebno naglasiti prednost što je izbegnuta dodatna kontrola užadi.

Zaključak

Mada praćenje položaja izvoznih sudova u oknu doživljava razvoj, nije se još došlo do delotvornog, ekonomičnog i široko prihvaćenog uređaja koji bi ovaj problem efikasno rešio. Pravci daljeg rada na ovim uređajima, na osnovu iskustava sa postojećim, bili bi sledeći:

- praćenje užadi bi moralo svakako da postoji
- jednostavna korekcija svake vrste bi se zadržala
- primenu efikasnih ali skupih i složenih rešenja razmotriti u svakom konkretnom slučaju, posebno na izvoznim mašinama nižih performansi i cene.

SUMMARY

Monitoring of the Position of Hoist Vessels In Mine Shafts

The paper summarizes existing devices for monitoring positions of mine hoisting machine vessels. The survey was made chronologically with estimation of shortcomings of each individual solution. As a conclusion directions are suggested for further improvement of devices of this kind.

Literatura

1. Hoist monitoring units – ASEA – AS 10 – 107E
2. DC mine winders Siemens E – 273 ... 101
3. Large Multi – Rope Friction Winders ... GEC, vol. 7, No. 3, 1983.
4. Davis, R., 1989: Automated Hoists, „World mining“
5. Ilić, D.: Mikroprocesorsko upravljanje izvoznim mašinama, XXII oktobarsko savetovanje rudara i metalurga, Bor.

Autor: dipl.inž. Dragan Ilić, Inovacioni centar Instituta za bakar, Bor
Recenzent: prof. dr Miloš Grujić, Rudarsko – geološki fakultet, Beograd
Članak primljen 16.10.1991, prihvaćen 12.3.1992.

PROBLEMATIKA ODVODNJAVANJA RUDNIKA TREPČA, STARI TRG

(sa 8 slika)

Jovan Pejčlinović

Rezime

Odvodnjavanje rudnika predstavlja bitan faktor za sigurnu i ekonomičnu eksploataciju nekog ležišta. Postojanje velikih akumulacija podzemnih voda u kavernama je složen problem i velika opasnost u fazi otvaranja novih horizonata. Troškovi pumpanja velikih akumulacija i priliva podzemne vode predstavljaju značajnu stavku u ukupnim troškovima eksploatacije rude. U ovom članku su na primeru rudnika Trepča, Stari Trg, prikazani koncepcija odvodnjavanja i principi zaštite u fazi otvaranja novih horizonata u uslovima postojanja velike akumulacije i povećanog priliva vode.

Uvodne napomene

Jama rudnika Trepča, Stari Trg, sa dubinom XI horizonta od 757 m spada u duboke jame. Predviđeno je otvaranje još dva nova horizonta, XII i XIII, nakon čega će dubina jame iznositi 877 m. Ležište Trepča spada u veća u svetu poznata ležišta olova i cinka. Iz ovoga ležišta je u toku eksploatacije koja je trajala 61 godinu otkopano oko 36.110.000 t rude. Orudnjenje je vezano za kontakt krečnjaka, škriljca i breče. Za krečnjak je vezano postojanje velikih akumulacija podzemne vode. Kroz dugi period postojanja rudnika Trepča opasnost od podzemnih voda je bila različita i sigurnosne mere su prilagođavane potrebama. Sa spuštanjem

eksploatacije u dubinu, rastao je priliv podzemne vode jer je povećavana zona koju oceduje rudnik, tako da je problematika odvodnjavanja jame bivala sve složenija. Depresiona površina sa koje se infiltrira voda u jamske prostorije XI horizonta iznosi oko 17,5 km². Sa nje se infiltrira oko $3,2 \cdot 10^6$ m³ vode godišnje, od čega u jamske prostorije dolazi i iscrpi se oko $2,4 \cdot 10^5$ m³ godišnje.

Iskustvo je pokazalo da do provala podzemnih voda u jamske prostorije dolazi u fazi otvaranja novih nižih horizonata.

Prilikom otvaranja rudnika Trepča nisu se očekivale velike količine podzemnih voda. Prvo otvaranje ležišta Trepča je izvršeno starim iz-

voznim oknom (k 830 – 610 m) i potkopom I tunel na k 610 m. Prilikom izvođenja radova otvaranja u prvoj fazi naišlo se na veće količine podzemne vode. Iz ovih razloga se otvaranje novih horizonata vrši kroz vodonepropusnu sredinu, pri čemu razlikujemo dve faze otvaranja, i to: otvaranje novih horizonata niskopima do VII horizonta i otvaranje novih horizonata od VII do XI horizonta od novoizrađenog izvoznog okna. Otvaranje XII i XIII horizonta je predviđeno takođe iz izvoznog okna. Kod otvaranja i razrade VII horizonta 1953. god. zbog neopreznosti (nisu zatvorena vodna vrata pre otpucavanja) došlo je do potapanja horizonta i pumpnih postrojenja. Voda se digla na 41 m iznad nivoa VII horizonta. Po zatvaranju vodnih vrata uz pomoć ronilaca nivo vode se spustio ispod nivoa VII horizonta i oslobođena je pumpna stanica. Zastoj u radu usled provala vode je trajao 4,5 meseca. Otvaranje VIII i IX horizonta je izvršeno iz novog okna izvoznim hodnicima, usmerenim prema centralnom delu ležišta. U škriljcu pre kontakta sa krečnjakom su na oba horizonta izrađene betonske baraže u koje su ugrađena čelična vodna vrata. Voda je spuštena na nivo IX horizonta, tako da je pumpna stanica izrađena sa leve strane izvoznog hodnika, na 8,0 m ispod nivoa horizonta. Pri izradi izvoznih hodnika brže napreduje hodnik na nižem horizontu, u ovom slučaju na IX, i njime je otvorena akumulirana voda. Na sličan način su otvoreni X i XI horizont i spušten nivo vode na XI horizont, s tim što je pumpna stanica izrađena na nivou XI horizonta, a vodosabirnik 5,0 m niže od nivoa izvoznog hodnika. Otvaranjem i spuštanjem izdani na najnižem horizont prestaje priliv vode na višim horizontima. Puštanjem u rad pumpne stanice na XIII horizontu pretaće sa radom pumpna stanica na XI horizontu. Voda će se pumpati direktno sa XIII na IX horizont i dalje po postojećem sistemu odvodnjavanja.

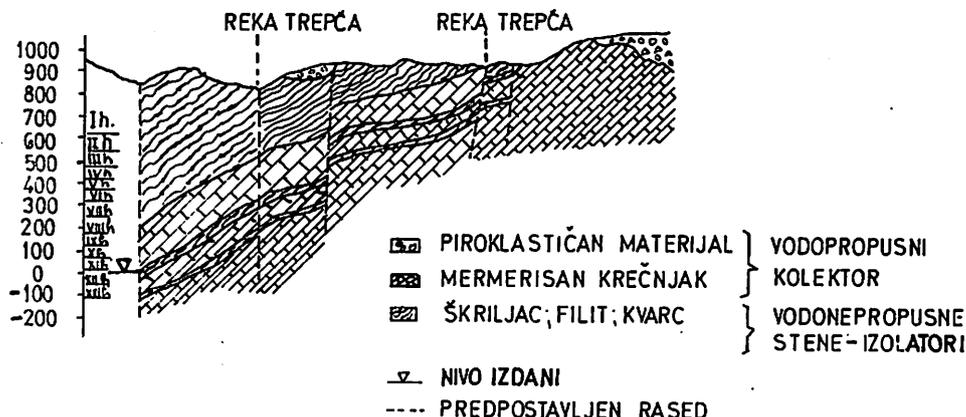
Geološke i hidrogeološke karakteristike ležišta

Ležište Trepča je hidrotermalno – metasomatskog, srednje do visokotermalnog porekla. Orudnjenje je nastalo prodorom rastvora za vreme Alpske orogeneze. Tektonika je odigrala značajnu ulogu pri stvaranju ležišta, prostornog rasporeda, oblika i veličine

rudnih tela. Položaj rudnih tela zavisi od položaja škriljaca (krovina) i krečnjaka (podina), na čijem su kontaktu ili u samom krečnjaku stvorena rudna tela. Do sada je u ovom ležištu na raznim nivoima otvoreno preko 40 rudnih tela. Sva rudna tela, bez obzira na kojem su kontaktu nastala, su cevastog, nepravilnog oblika, sa znatnim pružanjem po dubini i različitim uglom zaleganja. Granice rudnih tela prema okolnim stenama su oštre i jasne. Na višim horizontima rudna masa je bila koncentrisana u manjem broju rudnih tela veće površine. Sa dubinom se površina pojedinačnih rudnih tela smanjuje ali se povećava njihov broj i ukupna površina na nižim horizontima. Površine rudnih tela su vrlo različite i kreću se od 100 – 7000 m². Zaleganje rudnih tela na južnom krilu se kreće od 65 – 75° prema JZ, 30 – 35° prema SI na severnom krilu i 40 – 45° prema SZ u centralnom delu ležišta.

Hidrogeološkim istraživanjima je utvrđeno da sva voda koja ugrožava rudarske prostore dolazi iz krečnjaka. Voda dolazi iz pukotina, prslina, rasednih zona i naročito iz karsnih kanala i kaverni. Zato je krečnjak sa hidrogeološkog stanovišta svrstan u vodopropusne stene – hidrogeološke kolektore, jer se u njemu sakuplja podzemna voda koja predstavlja opasnost za bezbednost rudara i otežava eksploataciju. Posebnu opasnost pri izvođenju rudarskih radova predstavljaju kaverne, u kojima može biti akumulirano i više od milion kubika vode. Glavni rudarski radovi razrade i pripreme se izvode u krečnjaku koji čini podinu produktivne zone. Izvođenje ovih radova mora se vršiti sa velikom predostrožnošću i primenom maksimalnih mera bezbednosti. Ostali litološki članovi, u prvom redu škriljac, zbog svojih fizičko – hemijskih karakteristika su mnogo manje vodopropusni, pa se u hidrološkom smislu svrstavaju u izolatore. To ne znači da su ove stene potpuno vodonepropusne, jer i u njima ima pojava podzemnih voda vezanih za pukotine, međutim, radi se o manjim količinama vode bez stalnog režima tako da ne predstavljaju opasnost za izvođenje radova.

Izdani koja je stvorena u krečnjacima je razbijenog tipa. Nivo izdani se sada nalazi na nivou najniže otvorenog horizonta (XI horizont, k + 15,0 m) tako da su svi viši horizonti



Sl. 1 – Prognozni hidrogeološki profil

pretežno isušeni i nalaze se u depresionoj zoni koja je nastala spuštanjem nivoa izdani.

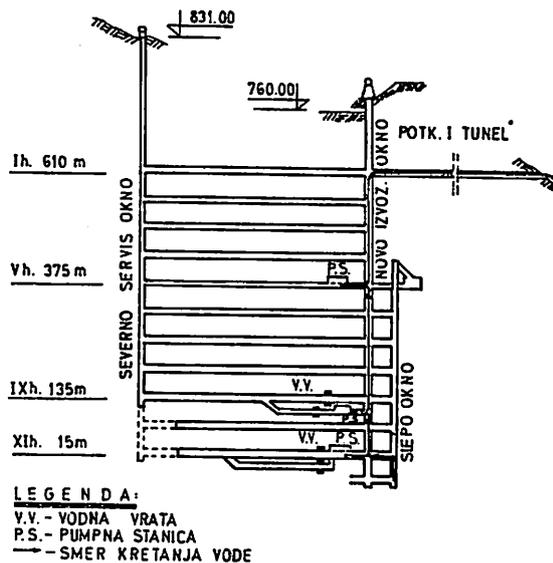
Sada od ukupnog pritoka vode oko 94% dolazi sa XI horizonta i predstavlja izdansku vodu. Ostalih 6% dolazi sa svih viših horizonata i predstavlja lutajuću vodu. Po otvaranju XIII horizonta izdan će se spustiti na nivo XIII horizonta.

Na slici 1 je prikazan prognostic hidrogeološki profil ležišta Trepča.

Sa porastom dubine jamskih radova raste i temperatura podzemne vode. Na IX horizontu temperatura vode je iznosila 31°C, a na XI horizontu iznosi 33°C. Pri ovome je neophodno napomenuti da sva podzemna voda nema istu temperaturu. Takozvana glavna voda, koja dolazi iz otvorenih kaverni, ima nižu temperaturu, dok voda otvorena bušotinama ima višu temperaturu. Temperatura nabušene vode na IX horizontu je iznosila 38°C, a na XI horizontu 52°C. Za sada nije dovoljno proučen i razjašnjen ovaj fenomen. Pretpostavlja se da je topla voda vezana za oksidaciju rude, a hladnija voda za krečnjak.

Prikaz postojećeg sistema odvodnjavanja

Odvodnjavanje rudnika se vrši posredno zbog velike dubine sa koje mora voda da se pumpa. Sva količina podzemne vode koja se skuplja u vodosabirniku 4 m ispod XI horizonta se pumpa u vodosabirnik na IX horizontu, odakle se pumpa u vodosabirnik na V horizon-



Sl. 2 – Postojeća šema odvodnjavanja jame

tu. Sa ovog horizonta se voda pumpa na nivo I horizonta.

Sa ovog horizonta se veći deo vode odvodi napolje kanalom kroz potkop „I tunel“, a manji deo za potrebe kupatila, radionica i sl. se pumpom kapaciteta 1,0 m³/min pumpa do rezervoara iznad portala izvozne mašine. Na

slici 2 je prikazana šema odvodnjavanja jame sa XI horizonta.

Pumpne stanice na XI, IX i V horizontu imaju po tri pumpe sa sledećim tehničkim karakteristikama:

– pumpna stanica na XI horizontu
3 centrifugalne pumpe Jastrebac, tip CRP–8
Q = 4800 – 8400 l/min H_{man} = 132 – 192 m
N = 280 kW n = 1485 o/min

– pumpna stanica na IX horizontu
1 centrifugalna pumpa tipa Sulcer
Q = 5682 l/min H_{man} = 240 m
N = 301,76 kW n = 1475 o/min
2 centrifugalne pumpe Ingersoll – Rand
Q = 6000 l/min H_{man} = 240 m
N = 400 kW n = 2980 o/min

– pumpna stanica na V horizontu
3 centrifugalne pumpe Sulcer
Q = 5682 l/min H_{man} = 240 m
N = 301,76 kW n = 1475 o/min

Pritok vode na XI horizontu se kreće od 4,0 do 4,8 m³/min, tako da taj priliv može da savlada po jedna pumpa.

Za odvodnjavanje od IX do I horizonta koristi se jedan čelični cevovod koji ima prečnik

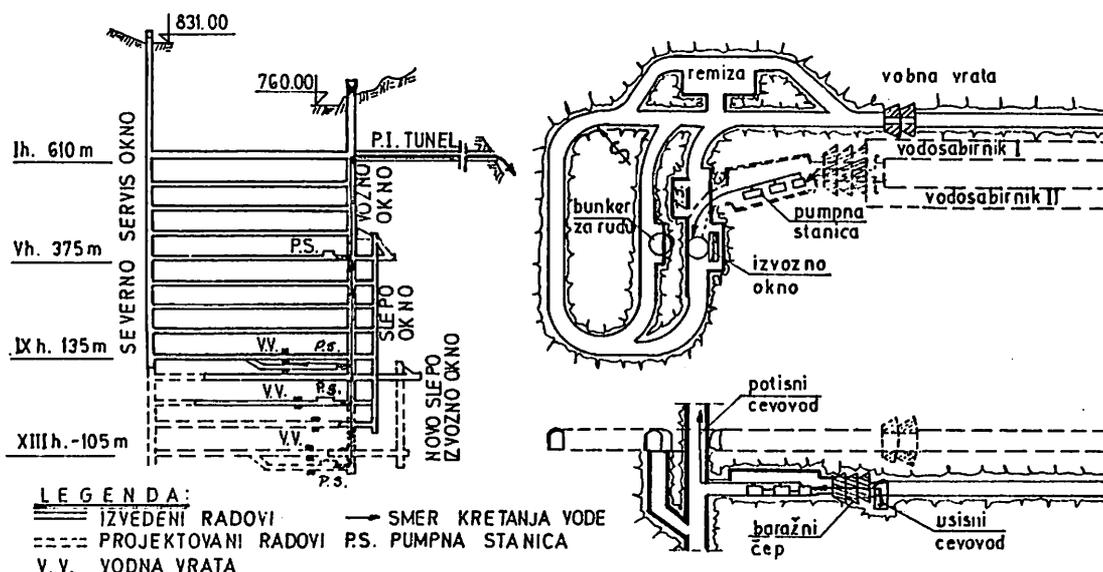
350,0 mm, a od XI do IX horizonta postoji i rezervni cevovod. Nepostojanje rezervnog cevovoda od IX do I horizonta predstavlja veliki problem pri čišćenju kamenca. Zbog visokog sadržaja krečnjaka u vodi, taloženje kamenca je veoma intenzivno.

Pumpne stanice na XI i V horizontu se nalaze na nivoima horizontata, a pumpna stanica na IX horizontu je za 8,0 m niža od nivoa horizonta.

Koncepcijsko rešenje odvodnjavanja XIII horizonta

Po puštanju u rad novog sistema za odvodnjavanje jame praktikuje se jednovremeno spuštavanje nivoa izdani za dva horizonta, odnosno 120 m. Tako su istovremeno otvarani VIII i IX horizont sa pumpnom stanicom na IX horizontu, i X i XI horizont sa pumpnom stanicom na XI horizontu.

U ovom slučaju, tako će se otvarati XII i XIII horizont. Nivo izdani će se spustiti za 120 m i nalaziće se na koti – 105,0 m. Predviđeno je da se pumpna stanica izradi kao i na IX horizontu ispod nivoa horizonta, u ovom slučaju za 5,0 m. Prihvaćeno je ovo rešenje a ne rešenje sa pumpnom stanicom na nivou horizonta, kao na XI horizontu, zbog problema crpljenja vode u



Sl. 3 – Šema odvodnjavanja jame po otvaranju XIII horizonta sa planom lokacije objekata na XIII horizontu

usisnom cevovodu, što je dovelo do nižeg iskorišćenja kapaciteta pumpi. Po puštanju u rad pumpne stanice na XIII horizontu pretače sa radom pumpna stanica na XI horizontu, tako da će se voda pumpati direktno sa XIII na IX horizont i dalje po postojećoj šemi. Na slici 3 je prikazana šema odvodnjavanja jame po otvaranju XIII horizonta, sa planom objekata na XIII horizontu.

Dimenzionisanje i izbor karakteristika pumpi su izvršeni za sledeće uslove rada: cevovod sa prečnikom 350 mm, sa 6 krivina od po 90° i dva ventila; temperatura vode $t = 34,0^{\circ}\text{C}$ i da se za vreme spuštanja nivoa vode jednovremeno pumpa po 12,0 m³/min, pa se predviđa jednovremeni rad po 2 pumpe sa kapacitetom po 6,0 m³/min.

Po spuštanju izdani na nivo XIII horizonta započinje ustaljeni režim odvodnjavanja, pri čemu se očekuje prtok vode od 5,0 – 7,0 m³/min, za šta će biti dovoljan rad samo jedne pumpe.

Dimenzionisanje pumpi je izvršeno na osnovu formula koje se najčešće sreću u literaturi o odvodjavanju [1, 2], i to:

$$H_{man} = H_g + \Sigma gub$$

gde je:

H_g – geodetska visina pumpanja

$$H_g = H_{gu} + H_{gp}$$

H_{gu} , H_{gp} – usisna i potisna geodetska visina

Σgub – ukupni gubici

pri čemu je:

$$\Sigma gub = h_1 + h_{2u} + h_{3u} + h_{2p} + h_{3p}$$

h_1 – gubitak usled brzine proticanja

h_{2u} – gubitak u pravom delu usisnog cevovoda

h_{3u} – gubitak usled lokalnog otpora u usisnom cevovodu (usisna korpa, ventili, krivine)

h_{2p} – gubitak u pravom delu potisnog cevovoda

h_{3p} – gubitak usled lokalnog otpora u potisnom cevovodu

Gubitak usled brzine proticanja (brzinski gubitak):

$$h_1 = \frac{W^2}{2g} \text{ (m)} = \frac{W^2}{2g} \rho \text{ (Pa)}$$

gde je:

W – brzina proticanja vode, m/s

ρ – gustina vode, kg/dm³

Gubitak usled trenja u pravom delu cevovoda:

$$h_2 \lambda_b \frac{1}{d} \cdot \frac{W^2}{2g} \text{ (m)} = \lambda_b \frac{1}{d} \cdot \frac{W^2}{2} \rho \text{ (Pa)}$$

gde je:

λ_b – koeficijent trenja cevovoda

l – dužina cevovoda, m

d – prečnik cevovoda, m

Gubitak za savlađivanje lokalnih otpora:

$$h_3 = Z \lambda_n \frac{\Sigma l_e}{d} \cdot \frac{W^2}{2g} \text{ (m)} = Z \lambda_n \frac{\Sigma l_e}{d} \cdot \frac{W^2}{2} \rho \text{ (Pa)}$$

gde je:

Z – stepen sigurnosti 1,15 – 1,40 zavisno od vrste i starosti cevi

λ_n – koeficijent trenja na mestima lokalnih otpora

Σl_e – ukupna ekvivalentna dužina svih lokalnih otpora u cevovodu

Koeficijent trenja λ_b se nalazi iz dijagrama prikazanog na slici 4.

Za određivanje koeficijenta λ_b je neophodno odrediti kriterijum strujanja Re (Rejnoldsov broj) prema formuli:

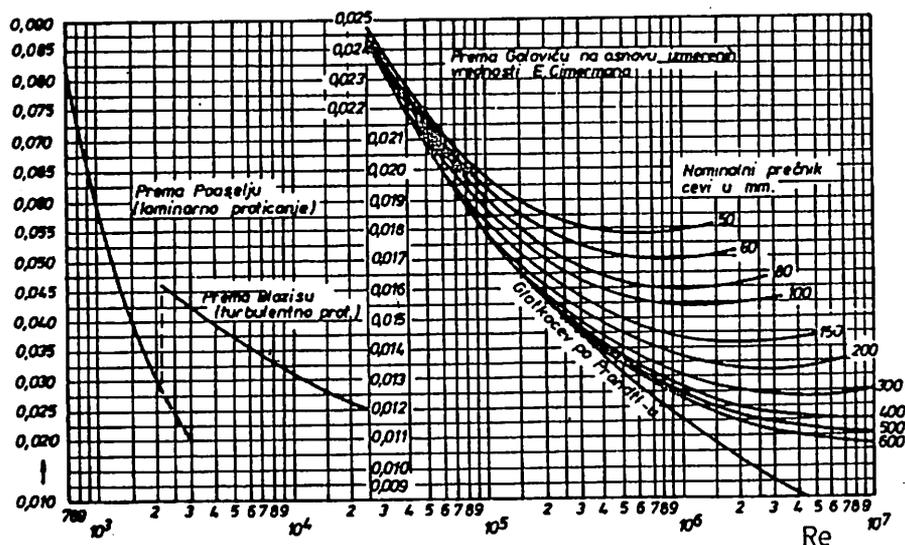
$$Re = \frac{W \cdot d}{\nu}$$

gde je:

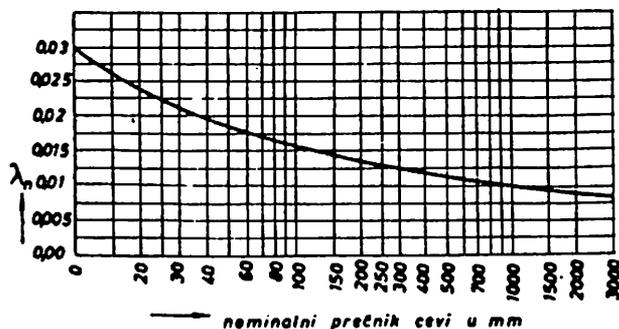
ν – kinematička viskoznost, mm²/s

Koeficijent trenja na mestima lokalnih otpora se određuje iz dijagrama datog na slici 5, s tim što prethodno treba odrediti ukupnu ekvivalentnu dužinu na osnovu vrste i broja dodatnih otpora prema vrednostima datim u literaturi [1, 2].

Proračunom su utvrđene sledeće vrednosti:



Sl. 4 – Kriva koeficijenta λ_b



Sl. 5 – Kriva koeficijenta λ_n

$$h_1 = 0,22 \text{ m } h_2 = 1,46 \text{ m } h_3 = 3,03 \text{ m}$$

$$H_m = 245 + 0,22 + 1,46 + 3,03 = 249,71$$

$$mVS = 25 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

Na osnovu proračuna je predviđena nabavka i ugradnja tri centrifugalne pumpe tipa CVNRL 8/6 Jastrebac, Niš, sa sledećim tehničkim karakteristikama: $Q = 4800 - 8400 \text{ l/min}$, $H = 330 - 252 \text{ m}$, $N = 560 \text{ kW}$ i $n = 1450 \text{ o/min}$

Dve pumpe će biti u radu a jedna u rezervi u fazi spuštanja izdani na nivo XIII horizonta, a zatim će raditi samo jedna pumpa.

Mere sigurnosti pri otvaranju XII i XIII horizonta

Praksa je pokazala da glavna opasnost od podzemnih voda u ovoj jami preti prilikom otvaranja i razrade novih nižih horizontata. Na osnovu dosadašnjeg iskustva stečenog pri otvaranju IX i XI horizonta, za otvaranje XII i XIII horizonta su predviđene sledeće sigurnosne mere:

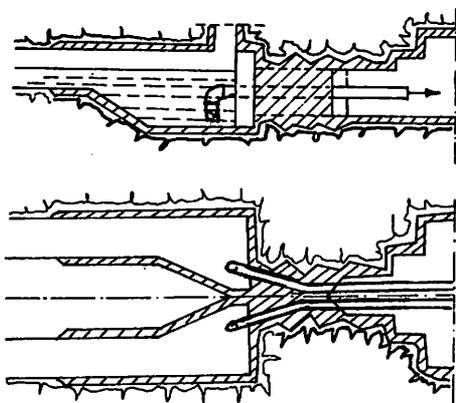
1. Bušenje lepeze dubinskih ispitnih bušotina iz komore u blizini okna sa ciljem utvrđivanja kontakta škrljajac – krečnjak. Utvrđivanje kontakta je neophodno radi određivanja lokacije vodne baraže. Kontakt škrljajaca i krečnjaka se približava oknu, tako da otvaranje XIV i XV horizonta ne može da se vrši iz ovoga okna, jer bi prema prognoznom profilu okno prošlo kroz kontakt škrljajac – krečnjak između XV i XVI horizonta.

Po utvrđivanju kontakta škrljajac – krečnjak određiće se mikrolokacija vodne baraže do koje će se izraditi glavni izvozni hodnik. Predviđeno je da se baraža na XIII horizontu locira na takvoj udaljenosti od kontakta škrljajac – krečnjak, da se može izraditi deo

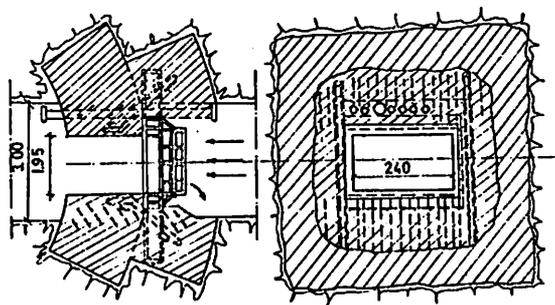
izvoznog hodnika i vodosabirnika koji će prihvatiti vodu u slučaju prodora pre izrade vodosabirnika u celosti.

Betonsku baražu treba locirati u što kompaktnijem škriljcu i na tom mestu se proširuje hodnik. Do sada se i pored izbora povoljnog škriljca moralo vršiti injektiranje na mestu lokacije baraže radi sprečavanja prodora vode van baraže i povećanja nosivosti škriljaca, pa će se isto izvesti i na XII i XIII horizontu. U betonu baraže se ugrađuju cevi za kontrolu nivoa vode, komprimirani vazduh, kablove i eventualno potrebe odvodnjavanja.

2. Ugradnja čeličnih vodnih vrata u betonsku baražu. Svetli profil vrata iznosi 2,40 x 1,95 m. Na mestu vrata treba postaviti pokretan komad koloseka koji će se sklanjati radi zatvaranja vrata pre miniranja. Vodna vrata i baraže se dimenzionišu da izdrže pritisak dva puta veći od pritiska vode, za X horizont 18×10^5 Pa a za XIII horizont 24×10^5 Pa.
3. Ispred vodne baraže na XIII horizontu iz pravca okna će se izraditi pumpna stanica. Ona će biti povezana sa vodosabirnikom veznim hodnikom u kome će se ugraditi betonski čep sa dve usisne cevi ϕ 350 mm, po jedna za svaki hodnik vodosabirnika.
4. U produžetku, ispred vodnog čepa, sa vezom preko kosog niskopa iz izvoznog hodnika radi se vodosabirnik. Vodosabirnik se sastoji od dva paralelna hodnika dugačka po 173,5 m, sa svetlim presekom $13,4 \text{ m}^2$ i ukupnom zapreminom $4649,8 \text{ m}^3$.



Sl. 6 – Betonski čep



Sl. 7 – Šema vodnih vrata na XIII horizontu

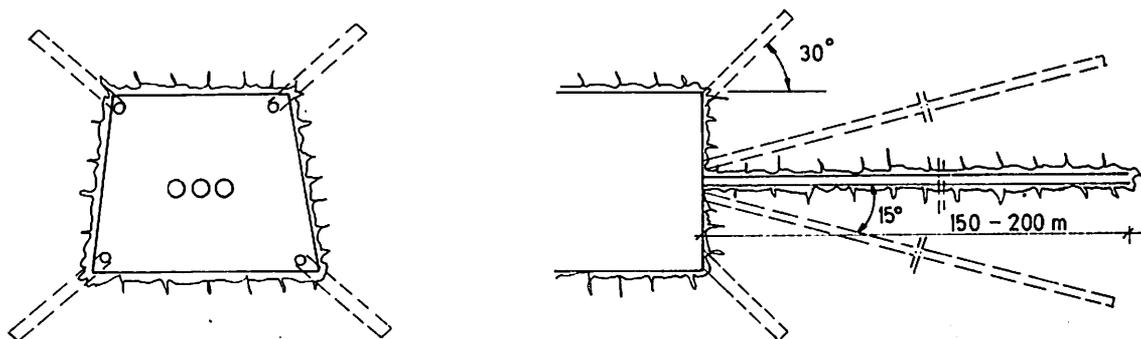
U nastavku se rade taložnici dugački 58,0 mm. Na slici 6 je dat šematski prikaz betonskog čepa, a na slici 7 vodnih vrata.

Posle izrade baraže sa vratima pumpne stanice i ugradnje pumpi i vodosabirnika sa čepom, nastavlja se sa izradom glavnog izvoznog hodnika. Izradi hodnika prethodi istražno dubinsko bušenje, najčešće sa tri bušotine od kojih je jedna po osi hodnika. Bušenje ima za cilj da se bliže odredi dalje kretanje kontakta škriljca i krečnjaka i eventualno nabuši kaverna sa vodom. Po ulasku hodnika u krečnjak, izradi hodnika će osim dubinskih bušotina prethoditi i predvrtavanje ispitnim bušotinama dugim 3,0 m, kako se to vidi sa sl. 8. Pri ovome, dubina bušotina za miniranje iznosi 1,60 m tako da preostali stub krečnjaka od 1,4 m može sigurno da izdrži pritisak vode od 12×10^5 Pa na XIII horizontu.

Na početku istražnih dubinskih bušotina se ubetonira cev dugačka 3,0 m, sa prečnikom 98 mm, i na nju postavlja ventil od 4". Dalje bušenje se vrši kroz ventil i ubetoniranu cev krunom koja ima prečnik 76,2 mm.

Sem predvrtavanja, iz razloga sigurnosti predviđen je sledeći režim rada:

- pre miniranja sva lica se povlače iza vodnih vrata
- pre miniranja isključiti ventilator i zatvoriti ventil na ubetoniranoj cevi
- pre miniranja se obavezno zatvaraju vodna vrata i zatežu dobro zatezačima
- otvoriti ventile na ugrađenim cevima u betonskoj baraži, osim cevi za ventilaciju, radi kontrole priliva vode i u slučaju priliva vode zatvoriti ventile kako se diže nivo vode



Sl. 8 – Šema predvrtavanja

iza vrata da ne bi došlo do stvaranja vazdušnih jastuka iza vrata

- nadzornik smene mora pre miniranja da proveri da li su sprovedene predviđene mere sigurnosti
- otpucavanje vršiti isključivo električnim putem, kablom provučenim kroz gornje cevi u baražu vrata
- vodi se stalna evidencija lica koja ulaze i izlaze kroz vodna vrata
- radi bržeg i efikasnijeg obaveštavanja radnika koji rade ispred vodnih vrata instaliraju se zvučni i svetlosni signali na radnim čelima, vodnim vratima i u pumpnoj sali
- kod vodnih vrata moraju stalno da se nalaze dežurni, koji će se smenjivati na licu mesta
- mora se voditi stalna kontrola ispravnosti vodnih vrata, a naročito površina naleganja vrata na okvir rama (mora biti čista i podmazana), zavrtnja za zatezanje i ventila na cevima ugrađenim u betonsku baražu
- nadzornici smena su dužni da vode evidenciju o kontroli navedenih ispravnosti
- nakon otpucavanja, vrata se mogu otvoriti posle 15 – 30 minuta ukoliko je utvrđeno da nije došlo do povećanog priliva vode. Vrata se mogu otvarati samo uz prisustvo nadzornika smene
- posle otvaranja vrata pušta se u rad ventilator i tek nakon provetranja vrši kontrola radnih čela uz prisustvo nadzornika smene
- u slučaju da dođe do prekida električne energije, moraju da se povuku svi radnici i zatvore vodna vrata.

Kada se dobije prva voda pod pritiskom počinje odvodnjavanje zahvaćenog stuba

vode pojačanim režimom pumpanja sve dok se nivo izdani ne spusti na nivo horizonta. Tada počinje ustaljeni režim pumpanja, koliko iznosi normalni priliv vode.

Planira se zahvatanje vode bušotinama a ne direktnim probijanjem kaverne i potapanjem prostorija ispred vodnih vrata, a što se dešavalo pri otvaranju IX i delimično XI horizonta. Ovakav način zahvatanja vode omogućuje dirigovano ispuštanje vode iz kaverni kroz bušotine, srazmerno kapacitetu pumpi. Približavanjem radova kaverni odstranjuje se opasnost po zaposlene od iznenadnog proboja vode iz kaverni. Pri ovome treba računati na sledeće poteškoće:

- zbog nepravilnosti oblika i promene dimenzija kaverni otežano je nabušiti kavernu dubinskim bušotinama
- usled hidrostatičkog pritiska vode pri nailasku krune dolazi do velikog potiskivanja krune i mašine (12×10^5 Pa), pa je neophodno dobro osigurati bušilicu.

Bušenjem kratkih bušotina opasnost od nailaska na vodu je veća, jer je otežano osiguranje bušačkog čekića od potiskivanja. U jednom i drugom slučaju, rukovalac bušilicom mora da se nalazi sa strane bušilice.

Dotok vode kroz bušotinu zavisi od dužine bušotine i nivoa vode u kaverni i kreće se za bušotinu $d = 76,2$ mm i dugačku 10,0 m od $4,7 \text{ m}^3/\text{min}$ za $H = 120$ m, do $0,95 \text{ m}^3/\text{min}$ za $H = 5,0$ m. Za postojeći i planirani kapacitet

pumpi, pri jednovremenom radu 2 pumpe, potrebno je izbušiti 4 bušotine, s tim što po spuštanju vode na 35 m iznad XIII horizonta treba proširiti otvor miniranjem da bi dotok iznosio oko 12 m³/min. Da bušotine za crpljenje vode ne bi bile duge, što bi uticalo na smanjenje priliva vode i vreme bušenja, kada se voda nabuši jednom bušotinom, prilazi se hodnikom na oko 10 m do kaverne i sa čela hodnika buše bušotine za odvodnjavanje. Pri otvaranju IX horizonta otvori za vodu su izrađeni miniranjem i dotok vode je iznosio 20,0 m³/min, zbog čega je potopljen hodnik iza vodnih vrata. Količina vode akumulirana u kavernama za nivo dva horizonta (120 m), koju treba iscrpiti uz pumpanje redovnog priliva vode, iznosi oko 3.000.000 m³. Predviđa se da spuštanje vode na nivo XIII horizonta traje 12 meseci. Odvodnjavanje IX horizonta je trajalo nešto duže zbog neusklađenosti kapaciteta pumpi na IX i V horizontu. Nabavkom i ugradnjom novih pumpi kapaciteti su usklađeni.

Podzemna voda u ovoj jami sadrži dosta rastvorenog CaCO₃ koji se zbog opadanja temperature taloži na bokovima cevi za odvodnjavanje, čime se značajno smanjuje prečnik cevovoda i povećava otpor i manometarska visina. Čišćenje cevi od nataloženog kamenca se vrši povremenim rastvaranjem kiselinom, što dovodi do zastoja u odvodnjavanju.

Radi povećanja sigurnosti predviđena je ugradnja još jednog cevovoda u izvoznom oknu od IX do I horizonta, što će omogućiti bolje čišćenje cevi od kamenca.

Zaključak

Sa povećanjem dubine povećava se i opasnost od provale podzemnih voda u jamske prostorije. Ova opasnost je naročito izražena u fazi otvaranja i razrade novih horizonata. U uslovima postojanja kaverni ispunjenih vodom odvodnjavanje je još složenije i opasnije. U radu je dat prikaz ove problematike na primeru rudnika olova i cinka Trepča, u kome postoje velike akumulacije podzemne vode u kavernama koje imaju zapreminu i do 3.000.000 m³ za nivo od 120 m. Normalan priliv vode je takođe visok i kreće se za XI horizont od 4,0 do 4,8 m³/min, a za XIII horizont se očekuje priliv od 5,0 do 7,0 m³/min. Visina pumpanja vode za XIII horizont iznosi 715 m.

Zbog složenosti i opasnosti u fazi otvaranja vode, dat je predlog mera sigurnosti koje je neophodno primeniti pri otvaranju XIII horizonta i spuštanju nivoa izdani na ovaj horizont. Predložena je izrada vodne baraže sa vratima, betonskog čepa, pumpne stanice i vodosabirnika na XIII horizontu i vodne baraže sa vratima na XII horizontu, u vodonepropusnom škrljcu. Za lokaciju ovih objekata i utvrđivanje kontakta škrljac – krečnjak predviđeno je dubinsko bušenje lepeze bušotina. Daljoj izradi hodnika iza vodnih vrata prethodi predvrtavanje. Date su i ostale tehničke i organizacione mere zaštite. Prikazana rešenja mogu poslužiti u slučajevima odvodnjavanja rudnika sa više ili manje izraženom problematikom.

SUMMARY

Problems of Mine Trepča – Stari Trg Drainage

Mine drainage represents a major factor for safe and profitable mining of a deposit. Presence of large groundwater accumulations in caverns is a complex problem and great hazard in the stage of opening new horizons. Costs of pumping large accumulations and inflows of groundwater represent a major item in overall costs of ore mining.

On the example of Mine Trepča – Stari Trg, the paper outlines the drainage concept and protection principles in the stage of opening new horizons in the presence of large accumulation and increased inflow of groundwater.

Literatura

1. Jovičić, V., Čović, A., 1985: Odvodnjavanje rudnika, Beograd
2. Riter, K., 1951: Pumpe za tečnost, Beograd
3. Bolotskij, N.S., Svobodkin, D.S., 1982: Borba s podzemnim vodama, Kijev
4. Ševjakov, L.D. i drugi, 1960: Šahtnij vodootliv, Moskva
5. Kuzeljević, Ž. i saradnici, 1973: Odvodnjavanje dubokih delova rudnika Trepča, Stari Trg, „Rudarstvo i metalurgija“, Beograd
6. Pejčinović, J. i saradnici, 1989: Investicioni program za proširenje kapaciteta rudnika Trepča, Stari Trg

Autor: dr inž. Jovan Pejčinović, Zavod za ventilaciju i tehničku zaštitu Rudarskog instituta, Beograd
Recenzent: prof. dr Anka Čović, Rudarsko – geološki fakultet, Beograd
Članak primljen 1.10.1991, prihvaćen 12.03.1992.

ODREĐIVANJE POTREBNOG STEPENA REKONSTRUKCIJE RUDNIKA UGLJA NA OSNOVU NJEGOVOG TEHNIČKOG NIVOVA

Veljko Simeunović

Rezime

Glavni cilj određivanja tehničkog nivoa rudnika u eksploataciji ili nekog njegovog podsistema je da se stručno – tehnička analiza i procena u kom se stepenu očekuje rekonstrukcija za dati vremenski period.

U ovom radu je data teorijska osnova za ocenu stepena rekonstrukcije rudnika uglja sa podzemnom eksploatacijom. Naime, prikazana je metodologija određivanja tehničkog nivoa pojedinih podsistema i tehnoloških šema rudnika koja omogućava da se dobije stvarna predstava o ukupnom tehničkom nivou podzemnog proizvodnog sistema. Na osnovu te vrednosti, koja se dobija u vidu bezdimenzionog broja $[0 < R(t) \leq 1]$, rekonstrukcija se svrstava u jedan od četiri stepena, nakon čega projektant stiče potpunu predstavu o tehničko – tehnološkom stanju rudnika koji treba uključiti u proces rekonstrukcije.

Metode i osnovni pojmovi pri određivanju tehničkog nivoa rudnika

Ocena tehničkog nivoa rudnika u eksploataciji je osnovni preduslov za izbor racionalnog postupka njegove rekonstrukcije. Tehničko – ekonomski efekti rada rudnika, po pravilu, opadaju sa pogoršanjem rudarsko – geoloških uslova pri istoj tehnološkoj šemi. Negativni tehničko – ekonomski efekti se takođe ispoljavaju i primenom zastarelih i amortizovanih proizvodnih sredstava. Za kvantitativnu ocenu tehničkog nivoa rudnika u

eksploataciji, kod koga su nastali takvi uslovi, koriste se diferencijalne i kompleksne metode, na osnovu kojih se, nezavisno od metode, zasebno određuju tehnički nivoi pojedinih proizvodnih procesa i tehnoloških šema.

S obzirom da je rudnik složen proizvodni sistem, koji se kao takav ne može rešavati u sklopu diferencijalnih metoda, u većini slučajeva nužno je tražiti rešenja uz pomoć kompleksnih metoda. Ovaj tip metoda s uspehom može da se primeni i na određivanje tehničkog nivoa rudnika.

Glavni cilj određivanja tehničkog nivoa rudnika u eksploataciji je da se stručno – tehnička analiza i proceni u kom stepenu se očekuje rekonstrukcija u datom vremenskom periodu.

Izraz „tehnički nivo rudnika” podrazumeva pokazatelje koji odražavaju stepen savremenosti u odnosu na bazni rudnik.

Bazni rudnik je onaj koji ima idealan sklad tehničkih rešenja dostignutog tehničko – tehnološkog nivoa i prirodnih uslova. Za bazni rudnik se može uzeti i rudnik iz prakse, pod uslovom da ima slične rudarsko – geološke uslove za uporednim i da se u procesu njegove eksploatacije koriste najsavremenija tehnička sredstva i tehnološke šeme. Pored toga, treba voditi računa da pojedina tehnička sredstva nisu dostigla optimalan stepen korišćenja kapaciteta i da se proces usavršavanja nastavlja, pa se zbog toga uzima vrednost koja odgovara u datom trenutku. U današnje vreme postoji principijelna mogućnost formiranja baznog rudnika sa maksimalno mogućim opštim tehničkim nivoom, zahvaljujući naučnoistraživačkim radovima koji se odnose na prognoze razvoja eksploatacije uglja u budućnosti. Naime, daju se pravci progresa u tehnici i tehnologiji podzemne eksploatacije uglja za pojedine podsisteme za većinu rudarsko – geoloških uslova, koji se za ovakav problem mogu usvojiti kao bazni elementi.

Na kraju treba pomenuti i koeficijent važnosti, dat kao brojana vrednost, kojim se izražava važnost tehničkog nivoa proizvodnog procesa ili tehnološke šeme kod kompleksne ocene tehničkog nivoa rudnika.

Osnovne postavke pri određivanju stvarnih i baznih pokazatelja

Rudnik, kao kompleksan dinamički sistem koji ima veliki broj uzajamno vezanih elemenata, predstavlja složen objekat sa stanovišta ocene njegovog tehničkog nivoa. Naime, u zavisnosti od cilja analize ovakav problem se može posmatrati kroz nekoliko različitih i dosta složenih aspekata, a rešenja se mogu dobiti na više načina. Objektivna ocena tehničkog nivoa rudnika se postiže kompleksnom metodom preko stvarnih pokazatelja.

Stvarni pokazatelji se odlikuju time što daju realan tehnički nivo pojedinih proizvodnih procesa i tehnoloških šema, a istovremeno i rudnika u celosti. Oni na dosta jednostavan način kroz kvantitativne i kvalitativne parametre daju predstavu o tehničkom nivou rudnika kao celine.

Ovi pokazatelji se određuju na osnovu podataka o stvarnom stanju svakog podsistema rudnika pre rekonstrukcije, koji se prikupljaju snimanjem tehničkog nivoa svakog od njih u skladu sa baznim pokazateljima. Naime, prikupljaju se podaci o načinu otvaranja, proizvodnji sa pojedinih slojeva ili revira (ako ih ima više), broju automatizovanih i ukupnom broju postrojenja na površini, mehanizovanosti i automatizovanosti otkopa sa njihovom proizvodnjom, tehnologiji izrade prostorija pripreme i otkopavanja sa kvantitativnim vrednostima, načinu i dužini transpota i sl. Na osnovu prikupljenih podataka, korišćenjem izraza (3), (4) i (6) u ovom radu, izračunavaju se vrednosti za stvarne pokazatelje svakog podsistema.

Ocena tehničkog nivoa rudnika kompleksnom metodom u potpunosti se može dati na osnovu stvarnih pokazatelja, kojima se ocenjuje kvalitet primenjenog tehničkog sredstva ili konstrukcije rudnika i predstavlja vrlo pouzdan postupak. Normalno je da pri jednoj ovakvoj oceni tehnička sredstva imaju veoma važan uticaj jer su uzajamno povezana i karakterišu bitna svojstva rudnika. Uporedo sa tehničkim sredstvima, važnu ulogu u tehničkom razvoju podzemne eksploatacije uglja ima šema otvaranja, pripreme i otkopavanja.

Treba napomenuti da se prilikom korišćenja ove metode kod ocene tehničkog nivoa rudnika ne preporučuje uključivanje cene uglja, produktivnosti rada, brzine napredovanja otkopa i sl.

Primenom ovog postupka mogu se ocenjivati sledeći tehnički nivoi proizvodnih procesa i tehnološki elementi rudnika u eksploataciji: sistem otvaranja i pripreme, otkopavanje, pripremi radovi, podzemni i pomoćni transport, površinski kompleks, kapacitet rudnika i sl.

uslovima. Ova vrednost je u svim slučajevima $r_{isj}^b \leq 1$.

Elementi matrice stvarnih pokazatelja računaju se po formuli

$$r_{isj}^r = \frac{O_{isj}^r}{O_{ij}^r} \quad (3)$$

gde je:

O_{isj}^r – ostvareni obim proizvodnje primenjenog s-tog tehničkog sredstva u i-tim rudarsko tehničkim uslovima na j-tom proizvodnom procesu;

O_{ij}^r – ukupni obim proizvodnje u i-tim rudarsko – tehničkim uslovima ($i = 1, 2, \dots, a$) na j-tom procesu jednak za sve s-ove ($s = 1, 2, \dots, b$).

Kada se s-to tehničko sredstvo ili tehnološka šema koji su predviđeni naučno – tehničkim rešenjem u odgovarajućim rudarsko-geološkim uslovima ne primene, tada je $O_{isj}^r = 0$, odnosno $r_{isj}^r = 0$. U slučaju da se dato tehničko sredstvo koristi na odgovarajućem rudniku i da se obim njegove proizvodnje približava obimu predviđenom naučno – stručnom prognozom, tada je $r_{isj}^r \approx 1$.

Korišćenjem ovih postavki omogućava se određivanje stvarnih i baznih pokazatelja za različita tehnička sredstva (tehnološke šeme) po osnovu ukupnog obima realizovanog procesa nekog rudnika. Izrazi za njihovo određivanje su:

– za stvarne pokazatelje

$$r_{isj}^r = \frac{\sum_{i=1}^a r_{isj}^r \frac{O_{ij}^r}{\sum_{i=1}^a O_{ij}^r}}{\sum_{i=1}^a O_{ij}^r} \quad (4)$$

– za bazne pokazatelje

$$r_{isj}^b = \frac{\sum_{i=1}^a r_{isj}^b \frac{O_{ij}^b}{\sum_{i=1}^a O_{ij}^b}}{\sum_{i=1}^a O_{ij}^b} \quad (5)$$

Ako su dati tehničko sredstvo ili tehnološka šema koji imaju više elemenata (kompleksna mehanizacija i automatizacija,

kompleksna izrada i izrada jamskih prostorija kombajnom i sl.), tada se ukupni stvarni i bazni pokazatelji izračunavaju:

– ukupni stvarni pokazatelj

$$r_j^r(t) = \sum_{s=1}^k r_{sj}^r \quad (6)$$

– ukupni bazni pokazatelj

$$r_j^b(t) = \sum_{s=1}^k r_{sj}^b \quad (7)$$

U izrazima (6) i (7) k je broj elemenata koji se određuju kod tehničkog sredstva a imaju uticaj na j-ti pokazatelj.

Određivanje parametarskih pokazatelja i koeficijenta važnosti

Kada se odrede ukupni stvarni i bazni pokazatelj (r_j^r i r_j^b) kod pojedinih parametara rudnika, stiču se uslovi za određivanje svakog posebno iz odnosa ukupnog stvarnog i ukupnog baznog pokazatelja, odnosno

$$R_j(t) = \frac{r_j^r(t)}{r_j^b(t)} \quad (8)$$

Što je veći parametarski pokazatelj $R_j(t)$, viši je i tehnički nivo rudnika. Iz njegove vrednosti se može u svakom momentu izvući zaključak kakva su tehnička sredstva ili tehnološka šema u upotrebi, odnosno da li su savremeni ili pak zastareli.

Koeficijent važnosti (k_j) je izražen brojem i definiše važnost datog parametarskog pokazatelja u procesu ocene tehničkog nivoa rudnika. Njegova vrednost može da se odredi na sledeći način:

$$k_j = \frac{n_j^r(t)}{\sum_{j=1}^n n_j^r(t)} \quad (9)$$

gde je:

$n_j^g(t)$ – stvarni broj angažovanih radnika na j-tom procesu ($j = 1, 2, \dots, n$) u toku radnog dana.

Određivanje tehničkog nivoa rudnika

Na osnovu opisanog postupka kompleksne metode za ocenu tehničkog nivoa rudnika može da se da izraz kojim se dobija njegova kumulativna vrednost. Ovaj izraz ima sledeći oblik:

$$R(t) = \sum_{j=1}^n R_j(t) \times k_j \quad (10)$$

Na kraju se mogu dati dijapazoni vrednosti za: ukupni tehnički nivo rudnika, parametarski pokazatelj i koeficijent važnosti. Vrednosti ovih veličina kreću se:

$$\begin{aligned} 0 < R(t) &\leq 1 \\ 0 &\leq R_j < 1 \\ 0 &\leq k_j < 1 \\ \sum_{j=1}^n k_j &= 1 \end{aligned}$$

Određivanje stepena rekonstrukcije

Na osnovu parametarskih pokazatelja koji izražavaju tehnički nivo pojedinih podsistema u okviru rudnika kao sistema, dobija se kompleksna ocena njegovog tehničkog nivoa. Analiza ovih pokazatelja, dobijenih opisanom metodologijom, omogućava da se na početku projektovanja rekonstrukcije rudnika utvrdi o kom stepenu rekonstrukcije se radi, odnosno, da projektant u startu ima pregled o tehničkom stanju pojedinih podsistema, kao i o adekvatnosti primenjenih tehnoloških šema na rudniku.

Prema ukupnom pokazatelju tehničkog nivoa rudnika $R(t)$, koji se teoretski kreće $0 < R(t) \leq 1$, može se izvršiti klasifikacija rekonstrukcije u četiri grupe:

- I stepen rekonstrukcije – ukupni pokazatelj tehničkog nivoa rudnika $R(t) \leq 0,7$
- II stepen rekonstrukcije – ukupni pokazatelj tehničkog nivoa rudnika je $0,5 \leq R(t) < 0,7$
- III stepen rekonstrukcije – ukupni pokazatelj tehničkog nivoa rudnika je $0,3 \leq R(t) < 0,5$
- IV stepen rekonstrukcije – ukupni pokazatelj tehničkog nivoa rudnika je $R(t) < 0,3$.

Prvi stepen rekonstrukcije se odnosi na rudnike koji već poseduju veoma visok tehnički nivo. Rekonstrukcija kod rudnika sa ovim stepenom tehničkog nivoa je neznatna i u praksi se retko kada izvodi, a ako se njoj i pristupi, onda se to najčešće odnosi na usavršavanje nekih od proizvodnih procesa. Rudnik koji se svrsta u ovu kategoriju rekonstrukcije može da se okarakteriše kao rudnik sa savremenom tehnikom i tehnologijom.

Drugi stepen rekonstrukcije podrazumeva rekonstrukciju jednog ili više proizvodnih procesa (tehnoloških šema). Koji će tehnološki proces ili tehnološka šema biti podvrgnuti rekonstrukciji, zavisi od vrednosti koja je jednaka proizvodu parametarskog pokazatelja i koeficijenta važnosti [$R_j(t) \times k_j$]. Naime, podsystem kod koga su ove vrednosti van dozvoljenih granica iziskuje nužnu rekonstrukciju. Praksa je pokazala da su to podsystemi za otkopavanje, podzemni transport i dr.

Treći stepen rekonstrukcije se odnosi na rudnike sa niskim tehničkim nivoom. Uglavnom su to rudnici kod kojih je potrebna totalna rekonstrukcija. U ovom slučaju može da se izostavi neki podsystem u procesu rekonstrukcije, naravno, uz prethodnu detaljnu analizu.

Rudnici sa četvrtim stepenom rekonstrukcije su u principu tehničko – tehnološki zastareli i moraju da se podvrgnu potpunoj rekonstrukciji. U ovom slučaju, problem rekonstrukcije ima gotovo istu težinu kao i pri izgradnji potpuno novog rudnika.

SUMMARY

Determination of the Degree of Coal Mine Reconstruction on the Basis of Its Technical Level

The main objective of determination of the technical level of an operating mine, or anyone of its subsystems, is to afford a specialized and technical analysis and estimation of the rate of expected reconstruction over a given time period.

To this goal the paper supplies a theoretical basis for estimation of the degree of an underground coal mine reconstruction. Namely, a methodology is presented for determination of the technical level of individual subsystems and flow – sheets of the mine, enabling a realistic idea on the overall technical level of an underground production system. This value obtained in the form of a dimensionless number ($0 < R(t) \leq 1$), reconstruction is classified into one of four degrees, so that the designer gains a complete idea on the techno – technological status of the mine to be submitted to a reconstruction process.

Literatura

1. Bezrukova, L. G., 1985: Opredelenie optimalnogo varianta rekonstrukcii šaht, „Gornie žurnal” 6
2. Bratčenko, B. F., Ustinov M. I. i dr.: Sposoby vskrytia, podgotovki i sistemy razrabotki šahtnyh polei, Nedra, Moskva
3. Batmenov, J. A. K. 1984: Tehničeskoe perevooruženie ugolnyh šaht, Nedra, Moskva
4. Simeunović, V., 1990: Definisanje kriterijuma za izbor racionalnog postupka rekonstrukcije rudnika sa podzemnom eksploatacijom ležišta mrkog uglja u Jugoslaviji, doktorska disertacija, Rudarsko – geološki fakultet, Beograd

Autor: dr inž. Veljko Simeunović, Rudarsko – geološki fakultet, Beograd
Recenzent: doc. dr Dušan Gagić, Rudarsko – geološki fakultet, Beograd
Članak primljen 26.2.1991, prihvaćen 12.3.1992.

UDK 622.767 : 622.332 „Pljevlja“
Originalni naučni rad
– primjenjena istraživački

PREDLOG PROCESA ČIŠĆENJA UGLJA PLJEVLJA

(sa 2 slike)

Mihajlo Canić – Stevan Đokić – Vilim Šer

Rezime

U članku su saopšteni rezultati dobijeni ispitivanjem mogućnosti čišćenja na uzorku rovnog uglja ležišta Potrlica rudnika uglja Pljevlja.

Rezultati ukazuju da se ispitivani ugalj može čistiti, pri čemu se odbacivanjem oko 40% jalovine i najvećeg dela CaO koncentrisanog u jalovini dobija kvalitetan ugalj za sagorevanje u TE Pljevlja.

U radu je dat i predlog procesa čišćenja rovnog uglja „Parnaby“ postupkom za čišćenje krupne klase – 100 +5 mm u „Parnaby“ bubnju, a sitne klase – 5 +0,5 mm u „Parnaby“ ciklonima.

Uvod

Rudnik Pljevlja eksploatiše ugalj sa dva površinska kopa: Borovica i Potrlica. Ugalj se najvećim delom plasira u termoerlektoranu Pljevlja, a manjim delom se otprema u suhu separaciju koja daje asortimane komad i kocku za široku potrošnju.

Već nekoliko godina znatno se pogoršava kvalitet uglja sa kopa Potrlica, što izaziva teškoće na selektivnoj eksploataciji na kopu, a takođe i teškoće u sagorevanju takvog

uglja u termoelektрани. Pogoršani kvalitet znači visok udeo jalovine u uglju (do 60%) i visok udeo kalcijum oksida u pepelu, s obzirom da se jalovina sastoji iz laporca.

Uvidajući ozbiljnost problema, razvojna služba rudnika Pljevlja je posvetila dužnu pažnju razrešenju problema, a to je uvođenje procesa čišćenja uglja, o čemu je urađena studija. U ovom članku je dat skraćeni prikaz rezultata ispitivanja sa predlogom procesa čišćenja uglja Pljevlja.

Podaci o uzroku

Srednji reprezentativni uzorak uglja Potrica, sa masom od 10,5 t, uzet je bagerom. Usitnjavanjem, homogenizacijom i skraćivanjem, uzorak je sveden na krupnoću – 100 +0 mm i masu od oko 2,0 t.

Osobine isplivanog uzorka uglja

U tablicama 1, 2 i 3 su prikazani tehnička i elementarna analiza, sastav pepela i granulometrijski sastav uzorka krupnoće – 100 +0 mm.

Sa ukupnom vlagom od 31%, ugalj površinskog kopa Potrica sadrži 21,29% pepela (30,86% na 105°C), 0,43% ukupnog sumpora, svega 0,11% sagorivog sumpora, 30,38% isparljivih materija i 47,17% sagorivih materija.

Donja specifična toplota sagorevanja iznosi 8.110 kJ/kg.

Sadržaj CO₂ u uglju bez vlage iznosi 19,72%, a u uglju sa 31% vlage sadržaj CO₂ iznosi 13,61%, što onda daje pravu sliku sadržaja pepela od 34,9%, odnosno na 105°C oko 50,58%.

Čista ugljena supstanca (bez vlage i pepela) ima 57,08% ugljenika, 3,98% vodonika, 38,71% azota i kiseonika i 63,68% isparljivih materija.

U tablici 2 su prikazani rezultati analize sastava pepela, iz koje se vidi da u pepelu ima 86,76% CaO, što je posledica visokog udela laporovite jalovine.

Pepeo se topi u oksidacionoj atmosferi na oko 1.400°C.

U tablici 3 je prikazan granulometrijski sastav iz koga se vidi da je udeo klase +15 mm vrlo visok i iznosi oko 78%. To je posledica velike tvrdoće uglja u odnosu na prateću jalovinu. Učešće mulja – 0,5 mm iznosi oko 4,54%.

Tehnička i elementarna analiza rovnog uglja iz ležišta Potrica – Pljevlja

Tablica 1

	Sa ukupnom vlagom	Bez vlage	Bez vlage i pepela
Vlaga, %	31,00	–	–
Pepeo, %	21,29	30,86	–
Sumpor ukupni, %	0,43	0,62	–
Sumpor u pepelu, %	0,32	0,46	–
Koks, %	38,62	55,97	36,32
C-fix, %	17,33	25,11	36,32
Isparljivo, %	30,38	44,03	63,68
Sagorivo, %	47,71	69,14	100,00
Toplota sagorevanja, (kJ/kg)			
– gornja	9412	13657	19728
– donja	8110	12803	18493
Ugljenik ukupni, %	27,23	39,47	57,08
Vodonik, %	1,90	2,76	3,98
Sumpr sag., %	0,11	0,16	0,23
Azot + kiseonik, %	18,47	26,75	38,71
CO ₂	13,61	19,72	–

Analiza pepela i topivost pepela iz rovnog uglja ležišta Potrica – Pljevlja

Tablica 2

Sastojci	%
SiO ₂	2,85
Fe ₂ O ₃	2,47
Al ₂ O ₃	2,50
CaO	86,76
HgO	–
SO ₃	3,65
P ₂ O ₅	–
TiO ₂	–
Na ₂ O	–
K ₂ O	–
Reakcija	izrazito jako bazna

Granulometrijski sastav rovnog uglja Pljevlja
 Uzorak: PLJEVLJA – ROVNI UGALJ
 Klasa krupnoće: 100 + 0 m

Tablica 3

Klase krupnoće mm	Masa (105°C) M%	Pepeo (105°C) p%	Σ Frakcije odseva		Σ Frakcije proseva	
			ΣM% ↓	Σp% ↓	ΣM% ↓	Σp% ↓
- 100.00 + 60.00	40.49	28.08	40.49	28.08	100.00	30.22
- 60.00 + 30.00	24.81	28.33	65.30	28.17	59.51	31.67
- 30.00 + 15.00	12.76	30.09	78.06	28.49	34.70	34.06
- 15.00 + 10.00	5.11	34.59	83.17	28.86	21.94	36.37
- 10.00 + 5.00	4.68	30.79	87.85	28.97	16.83	36.90
- 5.00 + 3.00	1.77	32.53	89.62	29.04	12.15	39.26
- 3.00 + 0.50	5.84	35.25	95.46	29.42	10.38	40.41
- 0.50 + 0.00	4.54	47.04	100.00	30.22	4.54	47.04
ULAZ	100.00	30.22				

Ispitivanje mogućnosti čišćenja

Ispitivanja mogućnosti čišćenja uglja Pljevlja su urađena pliva – tone analizama na sledećim klasama krupnoće: - 100 + 60 mm, - 60 + 30 mm, - 30 + 15 mm, - 15 + 10 mm, - 10 + 5 mm, - 5 + 3 mm i - 3 + 0,5 mm. Na osnovu rezultata pojedinačnih P – T analiza, a prema udelima iz tablice 3, oformili smo zbirnu P – T analizu za ugajl iz ležišta Potrica krupnoće - 100 + 0,5 mm, prikazanu na slici 1 krivama čišćenja po Henry – Reinhardt-u i tabelarno u tablici 4.

Iz rezultata P – T analiza uočava se teže raslojavanje frakcija gustine 1,60 – 1,70, 1,70 – 1,80 i + 1,80 kg/dm³, što je posledica izvođenja opita potapanja od većih ka nižim gustinama da bi se izbeglo veliko upijanje teške tečnosti poroznih zrna jalovine. Poroznost se povećava sniženjem sadržaja vlage, što se u fazi pripreme uzorka za potapanje ne može izbeći. Naknadnom proverom gustine komadne jalovine, posle zasićenja sa vlagom do oko 22%, odredili smo da se gustina kreće od 1,87 do 2,02 kg/dm³, zavisno od vrste jalovine.

Bez obzira na uočeni problem, koji će mnogo manje biti izražen pri kontinuiranoj

preradi rovne sirovine sa prirodnom vlagom, rezultati P – T analiza ukazuju da se može uspešno ukloniti preko 30% jalovine sa visokim sadržajem pepela od 55% (105°C).

Izbor tehnologije čišćenja

Rezultati iz tablice 4 i sl. 1 pokazuju preko parametara $\Delta \pm 0,1$ da su najpovoljnije gustine za čišćenje uglja Potrica 1,50 kg/dm³ i 1,60 kg/dm³.

Vrednost $\Delta \pm 0,1$ po gustinama iznosi:

1,4 kg/dm³ $\Delta \pm 0,1$ 18,98%

1,5 kg/dm³ $\Delta \pm 0,1$ 0,08%

1,6 kg/dm³ $\Delta \pm 0,1$ 16,14%

1,7 kg/dm³ $\Delta \pm 0,1$ 22,44%

Za gustine deljenja 1,50 ili 1,60 kg/dm³, ugajl Potrica svrstavamo u kategoriju srednje teškog do teškog za čišćenje. U tablici 5 je dat zaključak P – T analize iz tablice 4, za gustinu deljenja 1,50 i 1,60 kg/dm³.

Pliva – tone analiza

Uzorak: PLJEVLJA

Klasa krupnoće: – 100 + 0,5 mm

Tablica 4

Gustina g/cm ³	Masa (105°C) M%	Pepeo (105°C) p%	Frakcija koja pliva		Frakcija koja tone	
			M%	p%	M%	p%
– 1.30	31.09	8.99	31.09	8.99	100.00	32.82
1.30 – 1.40	14.71	15.80	45.80	11.18	68.91	43.56
1.40 – 1.50	4.27	29.11	50.07	12.71	54.20	51.10
1.50 – 1.60	3.81	38.89	53.88	14.56	49.93	52.98
1.60 – 1.70	12.33	50.61	66.21	21.27	46.12	54.14
1.70 – 1.80	10.11	55.16	76.32	25.76	33.79	55.43
+ 1.80	23.68	55.55	100.00	32.82	23.68	55.55
ULAZ	100.00	32.82				

Teoretski bilans čišćenja uglja Potrlica – 100 + 0,5 mm

Tablica 5

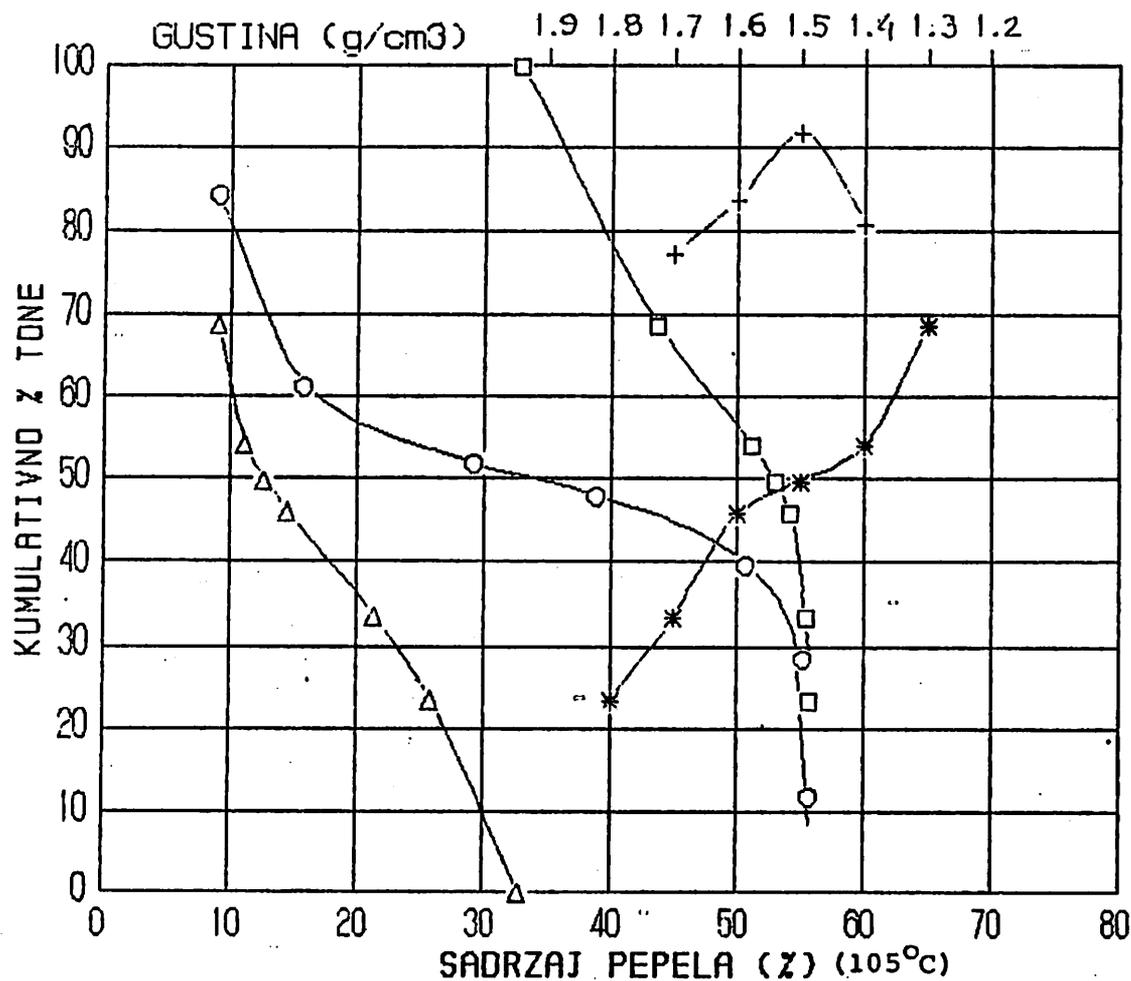
Proizvod	Gustina kg/dm ³	M a s a		Pepeo P% (105°C)
		M%	M%	
		na klasu	na RU	
ČU – 100 + 0,5 mm	– 1,50	50,07	47,80	12,71
J – 100 + 0,5 mm	+ 1,50	49,93	47,66	52,98
ČU – 100 + 0,5 mm	– 1,60	53,88	51,43	14,56
J – 100 + 0,5 mm	+ 1,60	46,12	44,03	56,14
Klasa – 100 + 0,5 mm	–	–	95,46	32,82
Klasa – 0,5 + 0 mm	–	–	4,54	47,04
RU – 100 + 0,5 mm	–	–	100,00	33,46

Čišćenje ovog uglja, uz izdvajanje međuproizvoda, nema smisla, jer je sadržaj pepela (u frakcijama 1,50 – 1,60 38,89% p, odnosno 1,60 – 1,70 50,61% p) vrlo visok i viši je od sadržaja pepela u rovnom uglju, koji nije pogodan za upotrebu u TE Pljevlja.

Prema tome, ovaj ugalj treba čistiti samo na dva proizvoda. Što se tiče gustine, i pored nešto povišenog parametra $\Delta \pm 0,1$, smatramo

da je gustina deljenja 1,60 kg/dm³ opravdana sa stanovišta primene čistog uglja, koji je najvećim delom namenjen za TE Pljevlja i stoga treba odbaciti što je moguće više jalovine, sa što manjim toplotnim gubitkom.

Pri izboru uređaja za čišćenje polazimo od toga da se čišćenje uglja može obavljati u četiri različita medija: vodi, vazduhu, teškoj sredini i autogenoj suspenziji.



- KRIVA GRANICNIH SLOJEVA
- △ KRIVA SREDNJEG SADRZAJA PEPELA U CISTOM UGLJU
- KRIVA SREDNJEG SADRZAJA PEPELA U JALOVINI
- * KRIVA GUSTINA
- + KRIVA $\Delta+0.1$ RASPODELA GUSTINA

Sl. 1 - Krive čišćenja po Henry - Reinhardt-u (klasa - 100 + 0,5 mm)

Izuzev vazduha, kod svakog medija se može raditi sa ili bez dinamičkih efekata. U ovom slučaju, vazduh se odmah eliminiše, te ostaju voda, teška sredina i autogena suspenzija.

od 100 t/h, onda dolazimo do zaključka da je neophodno vršiti čišćenje celog raspona krupnoće - 100 + 0,5 mm, a ne razdvojeno krupnu (- 100 + 15 mm) i sitnu klasu (- 15 + 0,5 mm)

Ukoliko u dalje razmatranje uvrstimo i kapacitet budućeg pogona, koji neće biti veći

Takav zadatak mogu obaviti sledeći uređaji:

medijum	uredjaj	krupnoća	oštrina odvajanja
teška sredina (magnetit)	LARCODEM	- 100 + 0,5 mm	Ep = 0,020 – 0,025
voda	BATAC mašina taložnica	- 100 + 0,5 mm	Im = 0,180
autogena suspenzija (mulj – 0,5 mm iz sirovine)	PARNABY bubanj i cikloni	- 100 + 5 i - 5 + 0 5 mm	Ep = 0,070 u ciklonima

Ocena investicija po uređajima je sledeća:

- LARCODEM (10-15.000 \$/h)	1 do 1,5 mil. \$
- BATAC (ocena po analogiji)	1,2 mil. \$
- PARNABY (ponuda firme)	0,55 mil. \$

Prema tome, i kvalitet mulja omogućava primenu „Parnaby” postupka za čišćenje uglja Pljevlja iz ležišta Potrice.

Rezime obračuna predviđanja rezultata čišćenja uglja iz Potrice, za gustinu odvajanja $dr = 1,50$ i $dr = 1,60 \text{ kg/dm}^3$

Tablica 6

Upoređivanje investicija pokazuje da je najpovoljniji postupak „Parnaby”. Ako se uzmu u obzir rokovi isporuke, rokovi projektovanja i montaže, onda su prednosti „Parnaby” postupka nesumnjive.

Ostaje još da se prouči uticaj oštine odvajanja na rezultate čišćenja.

U tablici 6 je dat rezime obračuna predviđanja rezultata čišćenja u industrijskim uređajima zavisno od oštine odvajanja, iz koga uočavamo sledeće:

- pri gustini deljenja $dr = 1,60 \text{ kg/dm}^3$, od teoretskog udela ČU 53,88% sa Ep 0,070, dobijamo udeo 56,86% uz promenu kvaliteta od 14,56% pepela (105°C) na 16,96%
- udeo jalovine pri istoj gustini pada od 46,12%, u teoretskom bilansu, na 43,14% sa Ep = 0,070, dok sadržaj pepela pada od 54,14% (105°C) na svega 53,60% (105°C).

Ispitivanje osobina mulja je pokazalo da je:

- gustina mulja – 0,5 mm oko $1,90 \text{ kg/dm}^3$ i on je kao takav pogodan za primenu u pravljenju autogene suspenzije
- kvalitet mulja – 0,5 mm oko 46,5% pepela (105°C), što ne opravdava njegovu primenu, već se mora deponovati kao jalovinski materijal.

Oštrina odvajanja	$dr = 1,50 \text{ kg/dm}^3$			
	čist uglj		jalovina	
	M%	P% (105°C)	M%	P% (105°C)
Teoretski	50,07	12,71	49,93	52,98
Ep = 0,020	50,04	12,73	49,96	52,93
Ep = 0,030	50,00	12,78	50,00	52,85
Ep = 0,040	49,95	12,87	50,05	52,72
Ep = 0,050	49,88	13,03	50,12	52,50
Ep = 0,060	49,75	13,28	50,25	52,15
Ep = 0,070	49,55	13,60	50,45	51,68
Im = 0,150	51,01	14,29	48,99	52,10
Im = 0,180	51,42	15,11	48,58	51,56
			$dr = 1,60 \text{ kg/dm}^3$	
Teoretski	53,88	14,56	46,12	54,14
Ep = 0,020	54,28	14,85	45,74	54,13
Ep = 0,030	54,97	15,38	45,03	54,10
Ep = 0,040	55,59	15,84	44,41	54,06
Ep = 0,050	56,10	16,24	43,90	53,99
Ep = 0,060	56,52	16,61	43,48	53,89
Ep = 0,070	56,86	16,96	43,14	53,71
Im = 0,150	58,76	18,23	41,24	53,60
Im = 0,180	59,88	19,03	40,32	53,22

Predlog šeme tehnološkog procesa

Imajući u vidu da se ovaj ugalj čisti pre svega za energetske potrebe, smatramo da je gustina deljenja od $1,60 \text{ kg/dm}^3$ povoljnija jer se izdvaja maksimalno čista jalovina.

Prema tome, za čišćenje uglja Potrica predlažemo proces čišćenja prikazan na slici 2, koji bi se sastojao u sledećem:

- rovni ugalj Potrica se doprema kamionima do prihvatnog bunkera koji je opremljen rešetkom sa otvorom od 400 mm
- komadi krupniji od 400 mm usitnjavaju se „pickerom” na – 400 mm
- rovni ugalj, sveden na – 400 mm, dozira se u drobilicu tipa CATR preko kalibarskog rešeta ili stacionarne rešetke
- usitnjeni rovni ugalj krupnoće – $100 + 0 \text{ mm}$ dozira se u „Parnaby” bubanj, gde se izdvaja krupna jalovina – $100 + 5 \text{ mm}$
- laka frakcija iz „Parnaby” bubnja se odsejava i pere na situ sa otvorom 5 mm
- prosev sita – 5 mm se pumpa u „Parnaby” hidrociklone, gde se dobijaju jalovina i čist ugalj

- jalovina hidrociklona se odvodnjava na zajedničkom jalovinskom situ, a čist ugalj hidrociklona se odvodi na pranje i odvodnjavanje na sito sa otvorom 0,5 mm
- otpadni mulj – 0,5 mm delom se odvodi kao otpadna voda, a delom koristi kao medijum u „Parnaby” bubnju i hidrociklonima.

Predloženim načinom čišćenja rovnog uglja Potrica, na gustini deljenja $1,60 \text{ kg/dm}^3$ na dva proizvoda, „Parnaby” postupkom se uz oštrinu odvajanja $E_p = 0,070$ može dobiti:

- oko 56,86% ČU sa oko 16,96% pepela (105°C)
- oko 43,14% J sa oko 53,71% pepela (105°C)
- oko 4,54% mulja sa oko 47% pepela (105°C)

pri čemu je polazni uzorak sadržao oko 33% perpela (105°C).

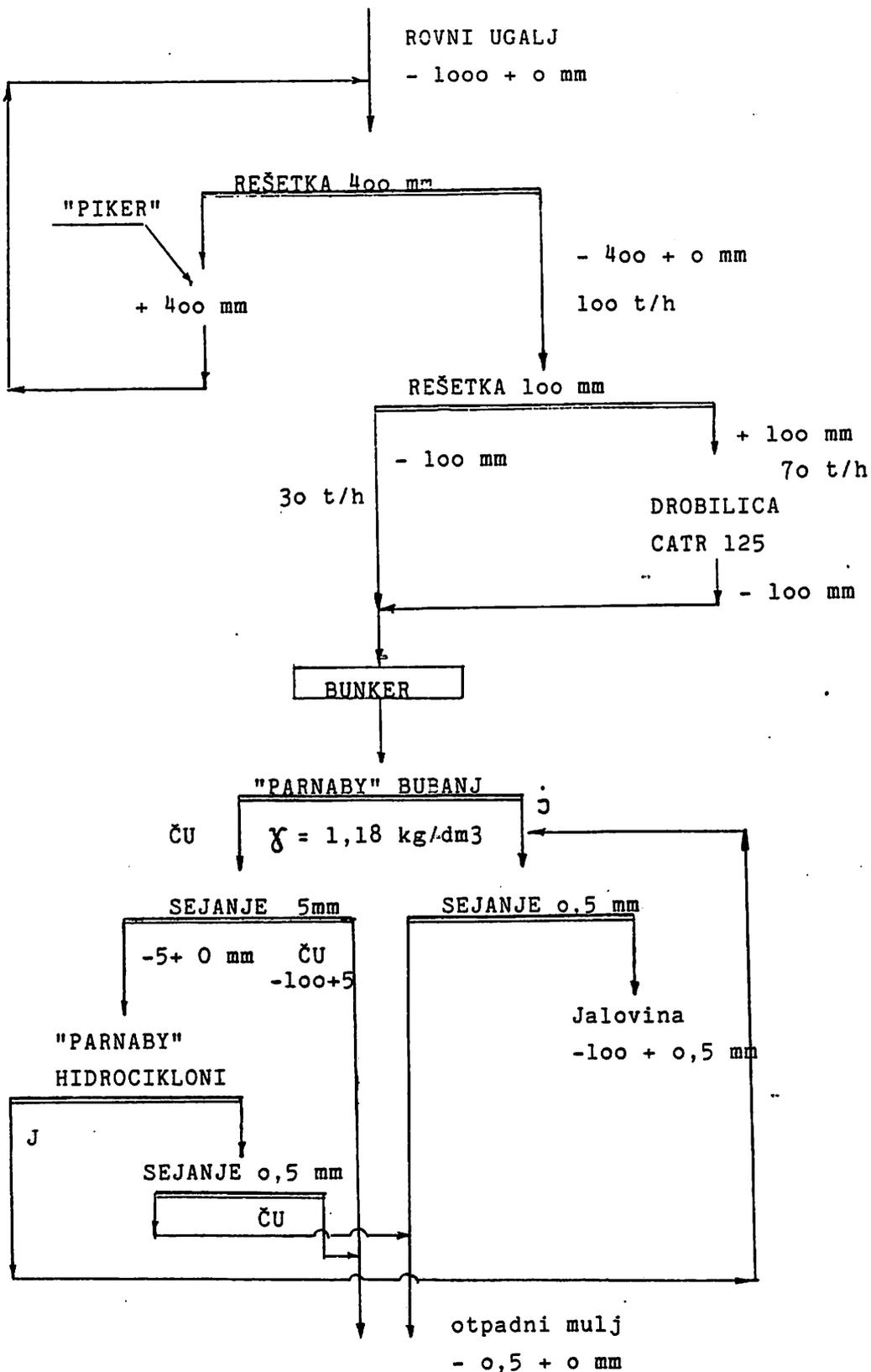
Laboratorijskim čišćenjem na gustini $1,60 \text{ kg/dm}^3$ dobijeni su čist ugalj i jalovina, sa osobinama datim u tablici 7.

Sastav pepela ukazuje takođe na visok sadržaj CaO u pepelu jalovine od 84,24% u

Tehnička i elementarna analiza čistog uglja ($-1,60 \text{ kg/dm}^3$) ležišta Potrica i jalovine ($+ 1,60 \text{ kg/dm}^3$) – teoretski

Tablica 7

	Čist ugalj		Jalovina	
	sa ukupnom vlagom	bez vlage	sa ukupnom vlagom	bez vlage
Vlaga, %	37,00	–	21,00	–
Pepeco, %	10,32	16,38	43,66	55,26
S ukupni, %	0,79	1,26	0,16	0,20
S u pepelu, %	0,40	0,64	0,09	0,11
Koks, %	36,32	57,56	45,12	57,11
C-fix, %	26,00	41,28	1,47	1,85
Isparljivo, %	26,68	42,34	33,88	42,89
Sagorljivo, %	52,68	83,62	35,35	44,74
Toplota sagorevanja, (kJ/kg)				
– gornja	13657	21524	–	–
– donja	12054	20490	–	–
Ugljenik	30,03	47,66	10,46	13,24
Vodonik	2,64	4,19	0,73	0,93
Sumpor sag., %	0,39	0,62	0,07	0,09
Azot + kiseonik	19,62	31,15	24,08	30,48
CO ₂	3,13	4,97	26,65	33,73



Sl. 2 - Predlog tehnološkog procesa čišćenja rovnog uglja Potrica, Pljevlja

odnosu na čist ugalj 55,63%, što je veoma značajno za TE Pljevlja

Zaključak

Ispitivanja izvršena na rovnom uglju Pljevlja iz ležišta Potrlica pokazala su da rovni ugalj sadrži oko 31% vlage sa oko 21% pepela i oko 14% CO₂, što ukazuje da je pravi sadržaj pepela oko 35% zbog visokog udela laporovite jalovine sa velikim učešćem karbonata.

Ispitivanja mogućnosti čišćenja su pokazala da se ugalj može čistiti na dva proizvoda, u opsegu krupnoće – 100 + 0,5 mm. Zbog najnižih investicija, predložen je „Parnaby” postupak koji se sastoji u sledećem:

- krupna klasa – 100 + 5 mm se čisti u „Parnaby” bubnju u autogenoj suspenziji na gustini deljenja 1,60 kg/dm³ (stvarna gustina suspenzije 1,18 do 1,20 kg/dm³)
- sitna klasa – 5 + 0,5 mm se čisti pri istim uslovima u „Parnaby” hidrociklonima na čist ugalj i jalovinu
- klasa – 0,5 + 0 mm se koristi u procesu kao autogena suspenzija, a zatim odlaže na deponiju mulja kao otpadni produkt.

Ovakvim postupkom čišćenja se može dobiti oko 54% čistog uglja sa oko 16,6% pepela (105°C), i oko 41% jalovine sa oko 53% pepela (105°C). Na taj način se dobija čist ugalj koji se može upotrebljavati u TE Pljevlja i to kako zbog sniženog sadržaja pepela tako i zbog sniženog sadržaja CaO.

SUMMARY

Proposed Process for Pljevlja Coal Cleaning

The paper outlines the results obtained by testing the possibility of cleaning on a raw run coal sample from Coal Mine Pljevlja Deposit Potrlica.

The results indicate that the tested coal is cleanable, so that removal of about 40% of the waste and major part of CaO concentrated in the waste yields a high grade coal for combustion in Thermal Electric Power Generating Plant Pljevlja.

The paper proposes raw run coal cleaning by use of the „Parnaby” process for cleaning of coarse class – 100 + 5 mm in a „Parnaby” drum and fine classes – 5 + 0.5 mm in „Parnaby” cyclones.

Literatura

1. Studija mogućnosti čišćenja rovnog uglja iz rudnika Pljevlja, Rudarski institut, 1990.
2. Canić, M., Šer, V., 1989: Mogućnost primene „Parnaby” postupka za čišćenje uglja Bogovina sa aspekta oštine odvajanja, Rudarski glasnik br. 3
3. Handzame P.O., 1988: An introduction to the Parnaby process, Belgija

Autori: dipl.inž. Mihajlo Canić, dipl.inž. Stevan Đokić i dipl.inž. Vilim Šer, Zavod za pripremu mineralnih sirovina Rudarskog instituta, Beograd

Recenzent: dipl.inž. Mira Mitrović, Beograd

Članak primljen 10.1.1991, prihvaćen 12.3.1992.

ČIŠĆENJE LIGNITA KAO OSNOVA ZAŠTITE OKOLINE I POVEĆANJA REZERVI UGLJA

(sa 1 slikom)

Božidar Branković – Milan Milošević – Dinko Knežević –
Mihajlo Škundrić

Rezime

Važeći princip da se otkopani lignit najkraćim putem dostavi u TE na sagorevanje, koje mora biti efikasno sa stanovišta proizvodnje električne energije a produkti sagorevanja (gasovi i pepeo) se smatraju nužnim proizvodima, doveo je do velikog zagađenja okoline. U radu su navedeni rezultati istraživanja koji pokazuju da se ovaj princip rada mora napustiti kako bi se poboljšala zaštita okoline od hemijski aktivnih materija, gasova i pepela. Predložen je novi pristup zaštiti okoline uvođenjem postupka čišćenja lignita pre sagorevanja u TE i vraćanja prirodi prirodnih proizvoda umesto hemijski aktivnih. Kroz čišćenje lignita se bolje i efikasnije štiti okolina, smanjuju troškovi izgradnje TE, a moguće je i povećanje rezervi uglja prevođenjem vanbilansnih u bilansne rezerve.

Uvod

U termoelektranama se, po pravilu, sagoreva uglj koji ima nižu toplotnu vrednost i visoki sadržaj pepela. Kod mladih ugljeva, lignita, sadržaj vlage i pepela su takvi da se oni svrstavaju u niskotplotne ugljeve. Korišćenjem ovih ugljeva u TE se proizvode velike

količine pepela i otpadnih gasova koji degradiraju okolinu. U tablici 1 je prikazana proizvodnja pepela po stanovniku i po površini za neke zemlje.

Velika proizvodnja pepela po km² i po stanovniku, data u proseku, samo pokazuje da se proizvodnja pepela mnogostruko povećava u regionima termoelektrana. U pojedinim regionima se već pruža otpor daljoj izgradnji

* Ovaj rad je finansirao Republički fond za nauku

TE, zbog visoke ugroženosti okoline od pepela i otpadnih gasova kao produkata sagorevanja. U budućnosti će se sve više raditi na odsumporavanju dimnih gasova upotrebom CaO i MgO radi smanjenja aerozagadenja, što znači da će se količine pepela i otpadnih materijala i dalje povećavati. U svetskoj, a i jugoslovenskoj praksi prisutan je princip rada koji se može definisati na sledeći način: ugalj treba otkopati i u rovnom stanju ga što kraćim putem dostaviti u TE na sagorevanje. Sagorevanje treba da bude efikasno sa stanovišta proizvodnje električne energije, a produkte sagorevanja treba smatrati nužnim proizvodom. Ovaj princip je kod sagorevanja lignita u TE doveo do razvoja mlinova koji, pored uglja, melju izrazito abrazivnu jalovinu. U proces otprašivanja dimnih gasova uljučeni su enormno veliki elektrofilteri, koji često nisu u stanju da obave zadatak, a za održavanje vatre koriste se i veće količine mazuta. Sve zajedno čini da su investicioni i tekući troškovi veći nego što treba da budu, a hemijski aktivne materije, gasovi i pepeo, ozbiljno ugrožavaju okolinu.

Proizvodnja pepela po stanovniku i po km²

Tablica 1

Z e m l j a	Količina pepela	
	t/stanovniku	t/km ²
ČSR	1,04	118,0
Jugoslavija	0,46	43,0
Poljska	0,39	43,6
SSD	0,31	3,5
SAD	0,26	6,9
Nemačka	0,24	54,8
V. Britanija	0,22	48,2
Francuska	0,09	8,3

Interesa za ovakav pristup ima mnogo i mi ih nećemo analizirati ni iznositi, ali treba reći da se čišćenju uglja pre sagorevanja u TE nije moglo pristupiti, jer su uvek navođeni sledeći razlozi:

- skupo čišćenje uglja za velike kapacitete TE
- značajno prijanje voda procesima čišćenja uglja.

U ovom momentu, kada je u pojedinim regionima stepen zagađenja postao toliko visok da se pruža otpor daljem razvoju i izgradnji rudnika i TE, nužno je napraviti novi pristup rešavanju ovog problema. Kao imperativ se nameće potreba da se smanji zagađenje produktima sagorevanja, pepelom i gasovima. Treba napustiti princip da se okolina samo štiti od već nastalih produkata sagorevanja, već tako što će se u proces sagorevanja uneti manje nesagorivih neorganskih mineralnih materija i vlage. Ako se ugalj pre sagorevanja očisti od jalovine u rasponu svih prisutnih klasa krupnoće, ili samo pojedinih, dobiće se kvalitetnije gorivo za TE nego što je rovni ugalj, a prirodi ćemo vratiti nezagađenu jalovinu, tj. hemijski neizmenjenu materiju koja ne degradira okolinu, za razliku od hemijski aktivnog pepela koji danas vraćamo prirodi. Treba istaći da se danas raspolaže moćnim uređajima za čišćenje uglja u fluidu voda, čiji kapaciteti, zavisno od klase krupnoće, dostižu veličine od 700 do 1000 t/h.

Postojeće stanje

U Jugoslaviji godišnje u TE i toplanama sagori oko 38.500.000 t lignita. Pri tom se proizvede oko 7.000.000 t pepela (1988. god.). Proizvedeni pepeo se odlaze u neposrednoj blizini termoelektrana, najčešće na plodnom zemljištu, a površine pepelišta dostižu nekoliko desetina km². Odlaganje pepela vrši se različitim postupcima, od suvog do hidrauličnog odlaganja.

Uporedna analiza nekih lignita i kvalitet provirne vode pepelišta Kostolac

U tablici 2 daje se prikaz tri vrste lignita koji se najviše troše u TE. Pepeli prva dva uglja pripadaju silikatno – aluminatnim pepelima koji se odlaze i deponuju hidrauličkim putem, a treći pepeo predstavlja karbonatni pepeo, čije se odlaganje i deponovanje, uglavnom, obavlja suvim putem.

Obavljenim ispitivanjima utvrđeno je da silikatno – aluminatni pepeli imaju malu gustinu, 1,9 – 2,05 t/m³, i malu zapreminsku masu od 0,6 t/m³.

Karakteristike lignita

Tablica 2

Parametar	TENT-A	KOSTOLAC	KOSOVO
I. OPŠTI PODACI			
1. Blok	5	1	4
2. Nominalna snaga, MW	306	349	
3. Opterećenje, %		78	
II. UGALJ			
4. Poreklo			
5. Tehnička analiza			
– vlaga, %	50,50	39,50	41,78
– pepeo, %	13,58	23,87	18,09
– sumpor ukupan, %	0,63	1,29	1,34
– sumpor u pepelu, %	0,18	0,60	0,92
– koke, %	28,10	38,02	30,71
– C-fix, %	14,52	14,15	12,62
– isparljivo, %	21,40	22,48	27,51
– sagorljivo, %	35,92	36,63	40,13
– DTE, kJ/kg	8310	8292	8200
6. Elementarna analiza			
– ugljenik, %	24,17	23,86	25,18
– vodonik, %	2,21	2,13	1,95
– sumpor sagorljiv, %	0,45	0,69	0,52
– azot + kiseonik, %	9,09	9,93	12,58
7. Hemijska analiza pepela			
SiO ₂ , %	62,20	47,17	28,45
FeO ₃ , %	2,99	9,72	8,65
Al ₂ O ₃ , %	21,80	21,59	7,94
CaO, %	4,80	9,423	35,66
MgO, %	2,41	3,85	4,10
SO ₃ , %	3,27	2,40	12,71
P ₂ O ₅ , %	0,08	0,24	–
TiO ₂ , %	1,08	0,99	0,38
Na ₂ O, %	0,30	0,27	–
K ₂ O, %	0,96	0,71	–

Ispitivanjem granulometrijskog sastava silikatno – aluminatnih pepela utvrđeno je da oni sadrže 30 – 40% klase – 0,044 mm. Daljim ispitivanjima ovih pepela utvrđeno je da se oni lako hidraulički transportuju, da imaju visoku vodopropustljivost koja se kreće od 3,3 do $4,0 \cdot 10^{-5}$ m/s, da je ugao unutrašnjeg trenja $31 - 33^\circ$ i da je brzina taloženja velika i kreće se

od 1,4 do 2,5 m/h, u zavisnosti od gustine suspenzije. Pepeo ima sposobnost da zadrži vlagu od 35 do 41%.

Zbog izrazite sposobnosti da se drenira, hidraulički odloženi pepeo se lako isušuje na površini deponije pepela. Takođe, sadrži mnogo sitnih klasa male gustine koje vetar lako

raznosi po čitavoj okolini i znatno povećava zaprašenost u široj okolini TE i deponije pepela

Analizom ulazne i procedne vode za silikatno – aluminatna pepelišta utvrđeno je da se voda menja, ali pri tome ne gubi svoju upotrebnu vrednost. U tablici 3 su dati rezultati analize procedne vode iz pepelišta Kostolac (vidi tablicu 2). Prema važećim normama, procedna voda iz pepelišta može da se upotrebi za zalivanje biljaka.

Agresivnost karbonatnih pepela prema okolini je znatno veća. Čitava naselja su ugrožena velikom količinom prašine koja stupa u hemijsku reakciju sa okolinom. Kod ovakvih ugljeva se nužno nameće potreba za njihovim čišćenjem, jer, pored hemijski aktivnog pepela i uobičajenih produkata sagorevanja, iz karbonata se oslobađaju i velike količine ugljen – dioksida koje povećavaju količinu otpadnih gasova, što opet negativno utiče na okolinu.

Uporedna analiza sagorevanja uglja

U toku ispitivanja rada termoelektrana koje sagorevaju različite vrste ugljeva dobijeni su rezultati dati u tablici 4. Iz ovih rezultata proizlazi da za toplotnu jedinicu od 1 MJ kameni ugalj ima 0,10 kg vlage, mrki ugalj 1,49, odnosno 14,9 puta više, a lignit 6,92, odnosno 69,2 puta više nego kameni ugalj. Za istu proizvodnju energije, pepela će kod mrkog uglja biti 2,22 puta više, a kod lignita 5,19 puta više nego kod kamenog uglja. Sa sumporom je situacija slična. Za istu količinu energije ima ga 2 puta više kod mrkog uglja, a 3,7 puta kod lignita nego kod kamenog uglja. Slična upoređenja se mogu napraviti za sve utvrđene parametre iz tablice 4. U tablici 5 su prikazani odnosi karakterističnih veličina za kameni i mrki ugalj i lignit.

Iz tablice 4 se vidi da je količina suvih produkata sagorevanja na 1000 kJ DTE uglja za 6% veća kod mrkog uglja u odnosu na kameni, a kod lignita čak za 21%. Kod vlažnih gasovitih produkata sagorevanja ta razlika je još veća: kod mrkih ugljeva za 17%, a kod lignita čak 51%. S obzirom da je protok gasa pri određenoj snazi termoelektrane značajan faktor za konstrukciju elektrofilterskog postrojenja, pomenuta činjenica ukazuje da je za termoelektranu na lignit potrebna veća zapremina, odnosno veći i skuplji elektrofilter.

Kvalitet ulazne i procedne vode deponije pepela Kostolac

Tablica 3		
Mesto uzorkovanja	Ulazna voda deponije pepela	Procedna voda deponije pepela
Izgled vode	sivkasta	sivkasta
Vidljive otpadne materije	bez	bez
Temperatura vazduha, °C	11,0	11,8
Temperatura vode, °C	12,5	16,2
Mutnoća NTU	4,20	1,20
Boja u stepenima	30	10
pH-vrednost	7,73	7,44
Elektroprovodljivost	348	1139
Nitrati (N ₂ O ₅); mg l ⁻¹	10,0	4,0
Nitrati (N ₂ O ₃); mg l ⁻¹	0,15	0,15
Amonijak (NH ₃); mg l ⁻¹	0,00	0,00
Hloridi (Cl) mg l ⁻¹	20,0	35,0
Utročak KMnO ₄ ; mg l ⁻³	75,50	668,00
Hemijska potrošnja kiseonika HPK; mg l ⁻¹	18,38	167,00
Biohemijska potrošnja kiseonika (BPKs); mg l ⁻¹	15,63	141,95
Alkalitet ml/l n/10 HCl	35	15
Kalcijum oksid (CaO) mg l ⁻¹	98,10	448,45
Magnezijum oksid (MgO) mg l ⁻¹	161,35	705,89
Gvožđe (Fe); mg l ⁻¹	0,05	0,00
Mangan (Mn); mg l ⁻¹	0,00	0,00
Sulfati (SO ₄); mg l ⁻¹	26,88	367,36
Sulfati (PO ₄); mg l ⁻¹	0,50	0,25
Kiseonik (O ₂); mg l ⁻¹	1,20	9,37
Ostatak isparenja nefiltrirane vode; mg l ⁻¹	399	1418
Ostatak isparenja filtrirane vode; mg l ⁻¹	389	1410
Suspendovane materije, mg l ⁻¹	4	8
Fenolne materije; mg l ⁻¹	0,000	0,000
Vodonik sulfid (H ₂ S); mg l ⁻¹	0,0	0,0
Natrijum (Na); mg l ⁻¹	14,68	22,68
Kalijum (K); mg l ⁻¹	2,80	8,12
Olovo (Pb), mg l ⁻¹	0,005	0,005
Cink (Zn), mg l ⁻¹	0,002	0,006
Kadmijum (Cd), mg l ⁻¹	0,0005	0,0005
Bakar (Cu), mg l ⁻¹	0,002	0,004
Hrom (Cr ⁶⁺), (ukupni) mg l ⁻¹	0,002	0,002

Karakteristike nekih vrsta uglja Tablica 4

Parametar	Vrsta uglja		
	kameni	mrki	lignit
Sadržaj vlage, %	3	23,20	48,59
Sadržaj pepela, %	15	17,52	18,64
Ukupni sumpor, %	1	0,95	0,74
Ugljenik, %	74,00	42,47	21,82
Vodonik, %	3,60	3,41	1,83
Donja toplotna vrednost, kJ kg ⁻¹	29.300	15.529	7.025
Sadržaj vlage, kg/MJ	0,10	1,49	6,92
Sadržaj pepela, kg/MJ	0,51	1,13	2,65
Sadržaj sumpora, kg/MJ	0,03	0,06	0,11
Vn, m ³ kg ⁻¹	9,86	5,66	2,91
Vn, v, m ³ kg ⁻¹	10,30	6,33	3,72
Vn, V/Vn	1,04	1,12	1,28
Vn, J, m ³ · 1000 ⁻¹ kJ ⁻¹	0,34	0,36	0,41
Vn, v, J, m ³ · 1000 ⁻¹ kJ ⁻¹	0,35	0,41	0,53
Kn, gm ⁻³	15,20	31,00	64,10
Kn, V, gm ⁻³	14,60	27,70	50,10
KJ, g · 1000 ⁻¹ kJ ⁻¹	5,12	11,30	26,50
R H ₂ O, v, %	4,30	10,58	21,77

Vn – količina suvog, a V n.v – vlažnog gasa u uglju; V n.J – količina suvog, a V n.v.J – vlažnog gasa, na 1000 kJ DTE uglja; Kn –sadržaj pepela u uglju po 1 m³ suvog, a K n.v – vlažnog gasa, KJ – isto na 1000 kJ DTE uglja; R H₂O, v – zapremina vodene pare u vlažnom gasu, sve na 273°K i 1013 mbara.

NAPOMENA: Sve količine gasovitih produkata sagorevanja date su za višak vazduha koji odgovara sadržaju CO₂ u suvim gasovitim produktima sagorevanja od 14%.

Odnosi karakterističnih parametara za kameni i mrki ugalj i lignit

Tablica 5

Odnosi	Vrsta uglja		
	kameni	mrki	lignit
V n./V n.J.k.u.	1	1,06	1,21
V n.v./V n.v.J.k.u.	1	1,17	1,51
KJ/K J.k.u.	1	2,21	5,18
Kn/K n.k.u.	1	2,04	4,22
K n.v/ K n.v.k.u.	1	1,90	3,43

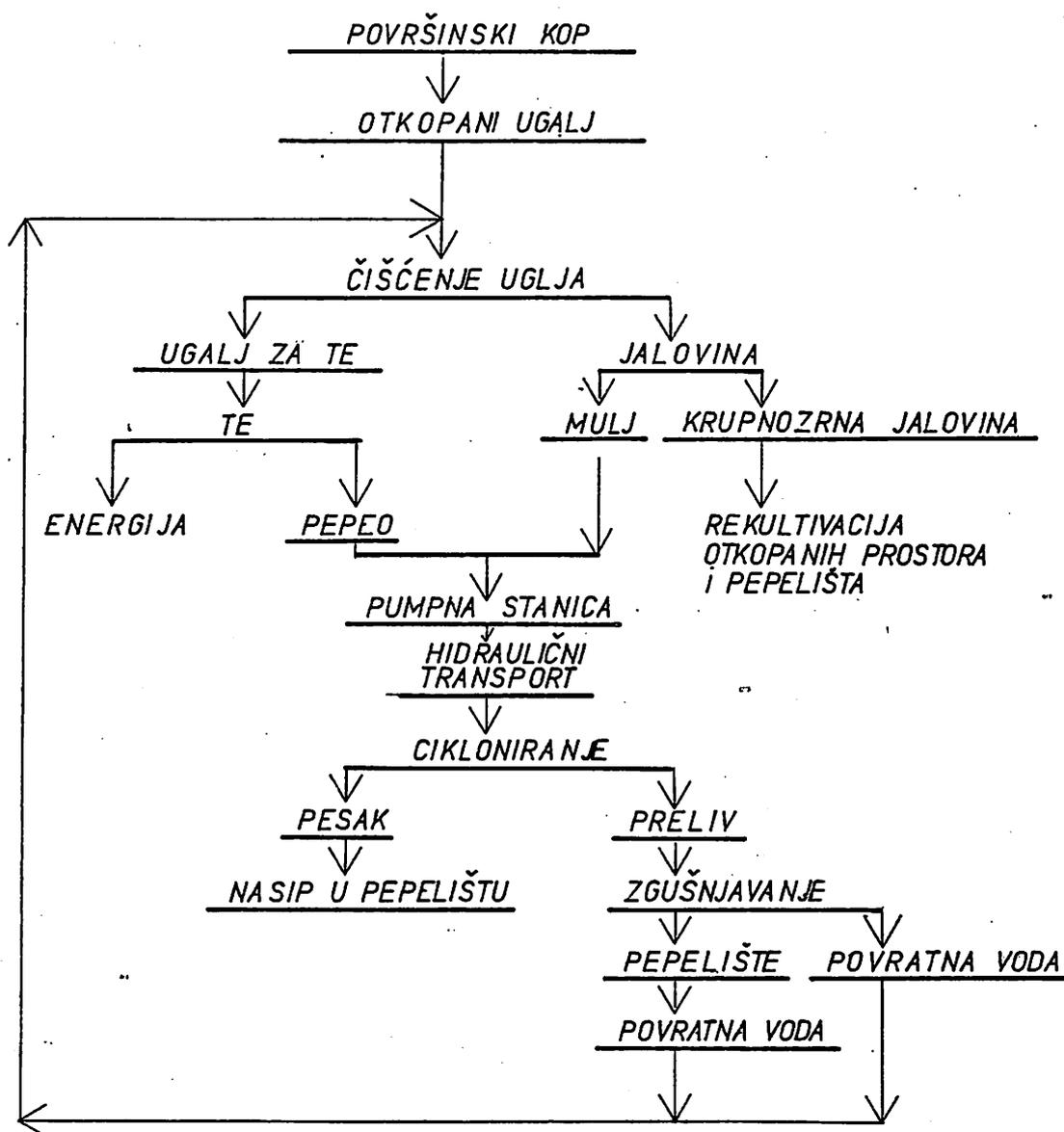
Ako se pretpostavi da je stepen vezivanja za sve tri vrste uglja isti, onda je količina čvrstih čestica koje prolaze kroz kotlovsko postrojenje kod mrkih ugljeva 2,21 put veća nego kod kamenih ugljeva, a kod lignita čak 5,18 puta. Povećana količina čvrstih čestica više prija grejne površine, opterećuje sistem za izdavanje i transport pepela, a posebno otežava rad elektrofilterskog postrojenja. Pri istom stepenu otprašivanja veće količine čvrstih čestica dovode do veće emisije, odnosno pri istoj emisiji čvrstih čestica potreban je veći stepen otprašivanja, odnosno veći i skuplji elektrofilter. Povećano prljanje grejnih površina utiče na povišenje temperature dimnih gasova. To direktno utiče na obaranje stepena otprašivanja i sniženje stepena iskorišćenja kotla, a time i na potrošnju goriva i povećanje količine čvrstih čestica u opticaju.

Pri istom stepenu vezivanja pepela, koncentracija čvrstih čestica po jedinici zapremine suvog gasa veća je 2,04 puta kod mrkog uglja, odnosno 4,22 puta kod lignita nego kod kamenog uglja. Koncentracija čvrstih čestica po jedinici zapremine vlažnog gasa, pri istom stepenu vezivanja pepela, veća je 1,9 puta kod mrkog uglja, odnosno 3,43 puta kod lignita nego kod kamenog uglja. Koncentracija čvrstih čestica u dimnom gasu na ulazu u elektrofiltersko postrojenje predstavlja važan parametar za konstrukciju elektrofiltera.

Vlažnost gasa pri sagorevanju kamenog uglja je veoma niska (4,3%), što uslovljava i nisku temperaturu tačke rose. Visok sadržaj vlage u gasu kod termoelektrana na lignitni prah (21,77%) uslovljava visoku temperaturu tačke rose (misl se na vodenu paru), koja prelazi 60°C. I vlažnost gasa je vrlo značajna za funkcionisanje elektrofiltera, a vodena para se koristi za kondicioniranje radi poboljšanja rada elektrofilterskog postrojenja.

Novi principl rada

Sigurno je da se procesima čišćenja ne može smanjiti vlažnost lignita, ali se sadržaj pepela može smanjiti na polovinu. Otvoreno je pitanje da li lignit treba sušiti pre mlevenja i sagorevanja u TE radi uspešnijeg rada elektrofiltera i smanjenja aerozagađenja.



S. 1 – Šema tretiranja uglja pre sagorevanja u TE i odlaganja otpadnih materijala

Sagledavajući sve analizirane činjenice, postavlja se pitanje principijelnog tehnološkog procesa proizvodnje uglja i njegovog sagorevanja u TE i odlaganja otpadnog materijala. Smatramo da bi globalni tehnološki proces trebalo koncipirati na način kako je to dato na sl. 1.

Za izgrađene TE očišćeni lignit ne bi bio od neke koristi, ali za nove elektrane koje tek treba graditi očišćeni lignit bi predstavljao gorivo, prema kome bi se one dimenzionisale.

Ove TE bi predstavljale pravi razvoj elektroprivrede sa uspešnijom zaštitom okoline. Čišćenjem lignita pre sagorevanja u TE mogle bi se sadašnje vanbilansne rezerve lignita prevesti u bilansne. Rezerve lignita sa 5500 kJ/kg mogle bi se čišćenjem lako dovesti na nivo od 7500 do 8500 kJ/kg i postati gorivo za postojeće TE.

Prednosti novog principa rada

Prednosti novog principa čišćenja lignita pre sagorevanja u TE su višestruke. Za

Čišćenje lignita pre sagorevanja mogu se koristiti vanbilansne rezerve, koje ne dolaze u obzir za eksploataciju zbog niske toplotne energije. Prevođenjem ovih rezervi u eksploatacione smanjuje se potreba za geološkim radovima, a već izvršeni geološki radovi se valorizuju. Uvećava se količina nacionalnog bogatstva. Pred svakom TE nalaze se postrojenja za drobljenje rovnog lignita iza kojih treba postaviti postrojenje za čišćenje. Na ovaj način se ne uvodi novo drobljenje uglja već se koriste postojeći sistem. Čišćenje lignita se može obaviti u modernim mašinama taložnicama sa savremenom regulacijom. Pored uglja, procesom čišćenja proizvede se i krupnozrna jalovina, koja se neće pretvoriti u pepeo TE i koja će se prirodi vratiti kao prirodni, hemijski neizmenjeni materijal. Ova jalovina može da se deponuje u okopani prostor, čime se značajno pomaže

rekultivaciji površinskog kopa. Mulj iz procesa čišćenja može zajedno sa pepelom ili odvojeno da se deponuje u otkopani ili novi prostor. Povratna voda može da se koristi za transport pepela. Kao kod silikatnih pepela, procedna voda predstavlja izvanredno profiltriranu vodu, i može da se ponovo koristi u procesu čišćenja uglja. Moguća je i varijanta da se rekultivacija pepela vrši muljem iz procesa čišćenja uglja.

Ovakvim načinom rada može da se obezbedi zatvoreni ciklus korišćenja voda, čime se povećava zaštita okoline, a smanjenim sadržajem pepela u uglju smanjuju se investicioni i tekući troškovi u TE, obezbeđuju uslovi za konstantan kvalitet uglja koji pospešuje rad TE, a što je najvažnije, smanjuju se aerozagađenje okoline i deponije pepela.

SUMMARY

Lignite Cleaning as a Basis for Environmental Protection and Increase of Coal Reserves

The paper suggests a new approach to environmental protection by introduction of a process of lignite cleaning prior to combustion in electric power generating plants and return of original natural products instead of chemically active ones. Lignite cleaning affords improved and more efficient environmental protection, reduction of thermal electric power generating plants construction costs, with possible increase of coal reserves by translation of non – balance reserves into balance ones.

Literatura

1. Douša, K., 1982: Svojstva zoli i šlaka čehoslovačkih topliv i sposobnost njihove transportacije i skladirovanja. Seminar on the extraction, removal and use of ash from coal – fired thermal power stations, Geneva
2. Knežević, D., 1990: Full – Scale Practice and Problems of Ash Transportation and Depositing from Electric Power Generating, Heating and Power Plants (In Serbocroatian), Conference „Coal, Ash and Environmental Protection Against Coal Combustion Products”, Belgrade
3. Knežević, D., 1985: Transport and Disposal of Ash and Slag in Yugoslav Power Generating Plants (In Serbocroatian), Rudarski glasnik No. 3, Belgrade.
4. Knežević, D., 1991: The use of tail dump parameters in constructioning ash disposal at thermal power plant in Obrenovac (in Serbocroatian), Belgrade
5. Gumz, W., 1962: Kurzes Handbuch der Brennstoff – und Feuerungstechnik, Springer – Verlag, Berlin
6. Düwel, L., Bühne, K.W., Lahann, H. 1972: Untersuchungen über die Asche – und Schwefeleinbindung bei Braunkohlenfeuerungen für Dampfkessel. Braunkohle, Heft 9
7. Boie, W., 1957: Vom Brennstoff zum Rauchgas, B.G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig
8. Garancijska i periodična ispitivanja elektrofiltera u termoelektranama, Beograd
9. Mitrović, M., Tomašić, S., Bratuljević, B., 1976: Treba li sagorevati lignit sa visokim sadržajem pepela u kotlovima TE, Rudarski glasnik No 2, Beograd

Autori: dr inž. Božidar Branković, dipl.inž. Milan Milošević, mr inž. Dinko Knežević i dipl.inž. Mihajlo Škundrić, Rudarski institut, Beograd

Recenzent: prof. dr Dušan Salatić, Rudarsko – geološki fakultet, Beograd

Članak primljen 10.1.1992, prihvaćen 12.3.1992.

UKLANJANJE SEKUNDARNO NATALOŽENE PRAŠINE IZ DROBILIČNOG POSTROJENJA RB MAJDANPEK UZ POMOĆ SISTEMA VAKUUM ČISTAČA

(sa 2 slike)

Branislav Grbović – Gradimir Žuglć

Rezime

Predmet ovog rada je tehničko rešenje sistema za tzv. suvo uklanjanje prašine vakuum čistačem tipa VEC MAGNUM PLUS. Karakteristike ovog čistača su izvanredne. Zbog velikog kapaciteta i potpritiska koji ostvaruje, kao i mogućnosti hidrauličkog transporta (što je jedinstven slučaj), predstavlja vrlo atraktivan izbor.

Uklanjanje sekundarno nataložene prašine

Uklanjanje sekundarno nataložene prašine sa podova, zidova i opreme predstavlja, zajedno sa otprašivanjem, osnovni uslov za sprovođenje kompleksnih mera zaštite od prašine i svođenje koncentracija u zakonom dozvoljene okvire. Ovo je posebno neophodno u postrojenjima u kojima dolazi do intenzivnog izdvajanja prašine u procesu transporta, drobljenja i sejanja mineralnih sirovina.

Generalno, sistemi za uklanjanje sekundarno nataložene prašine mogu da se podele na tri vrste: mokre, suve i kombinovane.

Mokro uklanjanje prašine predstavlja u stvari hidrauličko spiranje prašine uz pomoć

šmrkova kroz sistem tehničke kanalizacije do određenog kolektora, odakle se potom zamuljena voda ili uvodi u tehnološki proces ili ide u sistem za prečišćavanje vođa. Uslovi za primenu ovog sistema su: pogodna konstrukcija zgrade (betonska), zaštićenost energetske i druge opreme od prodora vode, obezbeđenje količine i pritiska vode za spiranje i dr.

Suvi sistemi, tj. pneumatsko odsisavanje prašine, se koriste u slučajevima kad konstrukcija objekta i vrsta opreme ne dozvoljavaju kvašenje i kada se želi na relativno čist način da ukloni prašina, bilo sa površine opreme bilo sa podova i zidova. Uhvaćena prašina je u suvom stanju i može da se dalje koristi u tehnološkom procesu, dok su problemi sa tretmanom otpadnih voda potpuno izbegnuti.

Kombinovani sistemi se primenjuju u slučajevima kada se ceo objekat ne može pokriti ni mokrim ni suvim sistemom. To su slučajevi kada je, na primer, veći deo podova u objektu od betona, sa pogodno obrađenim površinama i izgrađenom tehničkom kanalizacijom, dok su određene etaže izvedene tako da se hidrauličko spiranje ne može vršiti, što važi i za površine same opreme. U ovom slučaju, kombinovani sistemi predstavljaju najoptimalnije rešenje. Ovaj tip sistema je takođe pogodan za postrojenja u čijem se radu povremeno pojavljuju problemi sa vodosnabdevanjem, pa suvi sistemi u određenim periodima zamenjuju i mokre sisteme.

Izbor načina uklanjanja sekundarno nataložene prašine

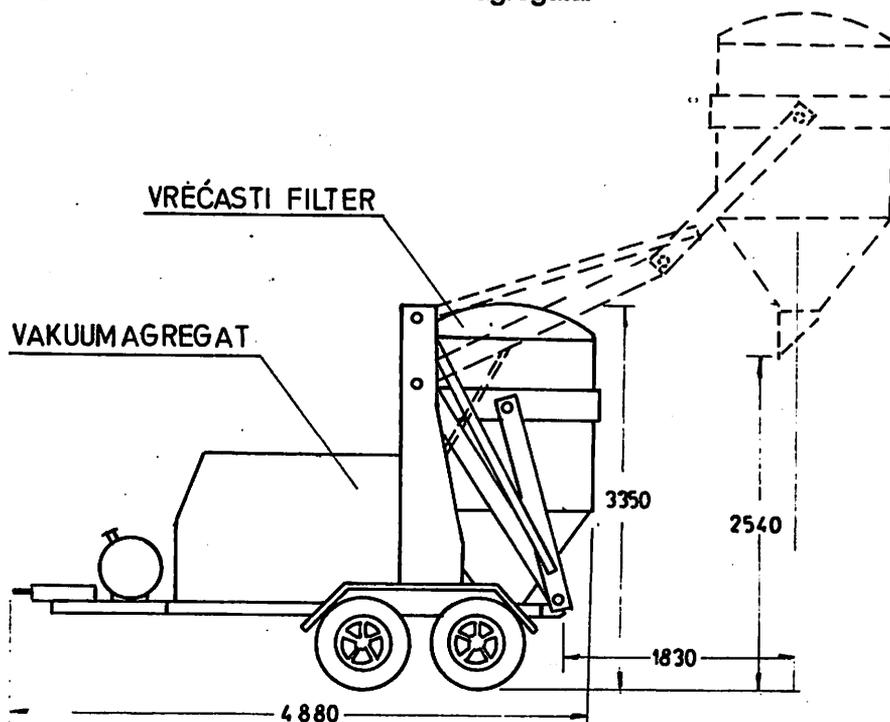
Pri analizi koji bi tip vakuum čistača bio najpogodniji za primenu u određenim objektima, mogu se razmatrati stacionarni i mobilni tip (sl. 1) ovog agregata. Ekonomski razlozi upućuju da se svi objekti nekog postrojenja pokriju jednim mobilnim agregatom. Međutim, iz razloga sigurnosti i stabilnosti investitor

često zahteva da svaki objekat ima svoj stacionarni agregat.

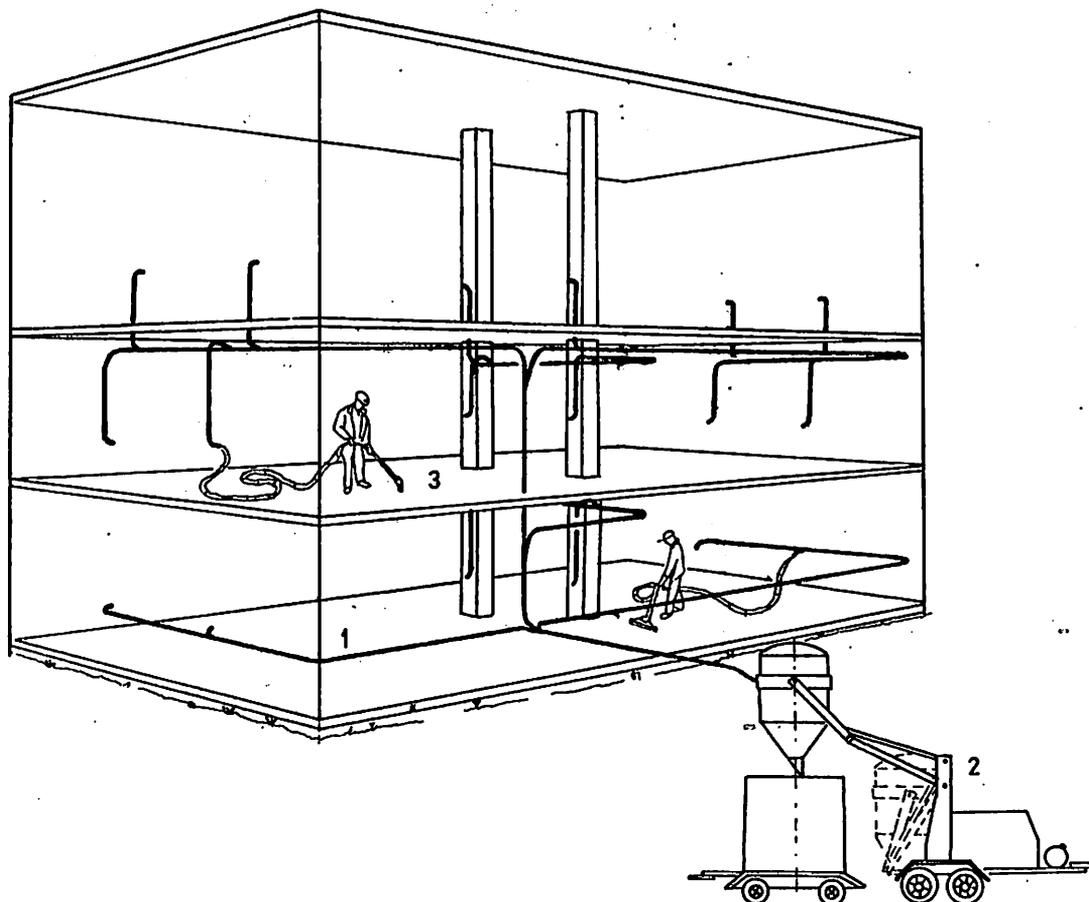
Naša praksa je, ipak, da se svakom sistemu obezbedi priključak za mobilni čistač koji će moći da se koristi u periodima remonta stacionarnog agregata, ili u slučaju da se stacionarni agregat nabavi tek posle mobilnog.

Za objekte sekundarnog i tercijernog drobljenja, sitare i pretovaranih stanica B i C u RB Majdanpek odabrani su kombinovani sistemi za uklanjanje sekundarno nataložene prašine. To znači da su zadržani do sada izvedeni sistemi tehničke kanalizacije kojom su obuhvaćeni delovi objekata, a pridodani su suvi sistemi sa vakuum čistačem tipa MAGNUM PLUS, američke kompanije VEC.

Shodno zahtevu investitora, princip je bio da se za udaljene objekte (stanice) predvidi mobilni agregat, a za osnovne objekte (sekundarno i tercijarno drobljenje i sitare) stacionarni agregati, sa mogućnošću korišćenja mobilnog agregata.



Sl. 1 – Mobilni tip (prikolica) vakuum čistača



Sl. 2 – Prikaz sistema vakuum čistača
1 – cevovod sistema; 2 – vakuum čistač; 3 – radnik na održavanju

Projektno rešenje sistema

Kapacitet i projektno rešenje svakog sistema vakuum čišćenja, bez obzira da li je u pitanju mobilni ili stacionarni čistač, zavise od sledećih osnovnih faktora:

- zahtevanih parametara rada u najudaljenijoj tački opsluživanja
- broja usisnih mesta u istovremenom radu
- karakteristika prašine
- dužine fleksibilnog creva
- rastojanja između poslednjeg, najudaljenijeg usisnog mesta u sistemu i vakuumske jedinice (agregata).

Za slučaj RBM-a, projektovani sistemi vakuum čistača se rade kao centralizovani sistemi. Naime, cevovod prečnika $\phi = 150$ mm se

izvodi duž svih etaža na kojima treba da se vrši čišćenje. On je isto tako razveden i po kotama gde postoji sistem hidrauličkog spiranja podova (sl. 2).

Duž grana cevovoda su na svakih deset metara predviđeni priključci za odsisavanje prašine. Odsisna mesta su tako izabrana da omogućavaju kompletno čišćenje svih površina etaža uz pomoć fleksibilnog creva koje je dugačko 8 metara. U radu može da se nalazi samo jedno odsisno mesto, dok sva ostala moraju da budu zatvorena.

Proračun i dimenzionisanje sistema

U slučaju Rudnika bakra Majdanpek, prema preporuci proizvođača opreme

VACUUM ENGINEERING CORPORATION - MILWAUKEE (SAD), prečnik cevododa je ϕ 150 mm za kapacitet čistača od 3900 m³/h.

Na osnovu ovih podataka i aksinometrijske šeme urađen je proračun pada pritiska u svim granama. Posmatrano je kao da se usisavanje vrši na najudaljenijem usisnom otvoru. Proračun je urađen uz pomoć matematičkih modela na računaru RI Beograd.

Na osnovu dobijenih podataka sračunata je potrebna snaga vakuum pumpe od 75 kW.

Rad vakuum čistača

Primena vakuum čistača tipa MAGNUM PLUS je višestruka i koristi se ne samo za suve materijale i prašinu (rudu, ugalj, pepeo i sl.) već i za vlažne materijale, kao i prepumpavanje otpadnih voda i to do 750 l/min. Fleksibilnost ovog uređaja i dosadašnje reference su izvanredni, te je izvesno očekivati visoke efekte njihovog rada i u našim postrojenjima za pripremu mineralnih sirovina.

Agregat (sl. 1), između ostalog, čine dva osnovna elementa: vakuum pumpa i vrećasti

filter sa ciklonskim predodvajanjem. Pogon agregata može da bude dizel ili električni. Sposoban je da usisava i transportuje prašinu i sa daljine od 500 m (ekvivalentna dužina), a može da se koristi i za pretovar rastresitih materijala.

Korist od primene ovog uređaja je višestruka, a primer postrojenja u Fort Wayne (SAD) to najbolje pokazuje (tablica 1).

Koliko i sama ušteda u ceni rada, toliko su važni sigurnost koja se stiče i mogućnost pouzdanog planiranja i izvršavanja radova na čišćenju postrojenja.

Način daljeg transporta uhvaćene prašine iz vrećastog filtera bira se u zavisnosti od lokalnih uslova i potreba (kamion, cisterna, hidrotransport, npr. u flotaciji, i sl.).

Zaključak

Kako za ljudstvo tako i za mehaničke i električne komponente mašina i uređaja vrlo je bitna čista radna sredina. Sistemi za uklanjanje sekundarno nataložene prašine su neophodan uslov da bi se ona obezbedila.

Čišćenje postrojenja Fort Wayne

Tablica 1

Način rada	Broj angažovanih radnika	Trajanje (dani)	Ukupno trajanje (h)	Cena US\$ čovek/sat	Ukupna cena rad (\$)
1	2	3	4	5	6
Manuelno - bez vakuum čistača (ranije)	4	56	1280	8,75	11.200
Sa vakuum čistačem	4	4	128	8,75	1.120

SUMMARY

Removal of Secondary Deposited Dust from Copper Mine Majdanpek Crushing Plant with the Aid of a Vacuum Cleaning System

The subject of this paper is the technical solution of the so-called system for dry removal of dust by vacuum cleaners of type VEC MAGNUM PLUS. The properties of this cleaner are outstanding. Due to the large capacity and realized underpressure, as well as the possibility for hydraulic transport (this being an unique case), this is a very attractive choice.

Literatura

- 1. Tehnička dokumentacija Rudarskog Instituta Beograd, izrađena za potrebe Rudnika bakra Majdanpek, 1988 – 1991.**
- 2. Kataloška dokumentacija firme GLOBE Export – Import, SAD.**

Autori: dipl.inž. Branislav Grbović i Gradimir Žugić, maš.tehn., Zavod za ventilaciju i tehničku zaštitu Rudarskog Instituta, Beograd
Recenzent: mr inž. Dragan Guzijan, Rudarski Institut, Beograd
Članak primljen 14.01.1991, prihvaćen 12.3.1992.

KARAKTERISTIKE EGZOGENOG POŽARA U JAMI RUDNIKA ALEKSINAC

(sa 7 slika)

Vaso Elezović – Aleksandar Ćurčić

Rezime

U članku su iznete karakteristike egzogenog požara u jami Morava rudnika Aleksinac u kome je nastradalo 90 rudara. Karakteristike požara su date na osnovu stvarnih rezultata i uz pomoć podataka iz literature. Utvrđeni su sledeći parametri: temperatura požarnih gasova u žarištu požara, brzina kretanja požarnih gasova, brzina napredovanja požara u normalnim uslovima provetravanja i u uslovima okretanja smeru vazdušne struje.

Uvod

U rudniku Aleksinac, jama Morava, dogodila se teška rudarska katastrofa 17. 11. 1989. godine, koju je prouzrokovao požar u transportnom hodniku GTH – 1, k – 445 m. Požar je izazvan sečenjem čelične podgrade autogenim aparatom i paljenjem nataložene ugljene prašine. Požar je bio vrlo intenzivan i u njemu je nastradalo 90 rudara.

U članku su prikazane karakteristike egzogenog požara sa parametrima: temperatura u žarištu, brzina širenja požarnih gasova, brzina napredovanja žarišta u uslovima normalne ventilacije i reverzije.

Osnovni podaci o rudniku

Jama Morava je otvorena sa tri okna: jedno izvozno (okno II) i dva ventilaciona (okna I i III). Na slici 1 je dat šematski prikaz jame sa svim ventilacionim prostorijama, položajem radilišta u Severnom i Južnom reviru, rasporedom vetrenih stanica u jami i izolovanih objekata sa svim potrebnim parametrima. Na slici je takođe obeleženo i mesto egzogenog požara, kao i kote svih horizonata.

Za vreme požara, eksploatacija je vršena u Severnom reviru stubnom „aleksinačkom“ otkopnom metodom, uz neke manje modifikacije, dok je Južni revir bio u otvaranju.

Prirodne karakteristike ležišta

U ležištu jame Morava razvijen je jedan sloj, deo 5 – 7 m. Neposrednu krovinu ugljenog sloja čine uljni škriljci (50 – 80 m), a podinu glinoviti i liskunoviti peščari, uljni škriljci, glinci i ugaj. Sloj je dezintegriran – lako drobljiv, nepravilnog zaleganja, sa padom oko 30°.

Mikrotektonika ležišta

Pojas koji je bio otkopavan u Severnom reviru između kota – 350 i – 400 m, kao i nižežeći, između kota – 400 i – 445 m, poremećen je rasedima na svakih 50 m, a u nekim slučajevima i za celu visinu sloja. Na poremećenim zonama ugaj je uglavnom zdrobljen i ima maksimalnu debljinu. Tektonski poremećaji u pratećim naslagama manifestuju se isto kao i u ugljenom sloju.

Samozapaljivost uglja

Ugaj u jami Morava je izrazito sklon samozapaljenju i pripada IV kategoriji opasnosti (indeks sklonosti SZP po metodi Olinovskog iznosi 115 – 188°C), a takođe je i uljni škriljac sklon samozapaljenju.

Metanoobilnost

Jama Morava je metanska i prognozna metanoobilnost iznosi 4,04 m³/CH₄/tru, a prosečna apsolutna metanoobilnost 0,57 m³/CH₄/min.

Eksplozivnost prirodno nataložene ugljene prašine

Istraživanja eksplozivnosti prirodno nataložene prašine pokazala su da je prašina eksplozivno opasna. Donja granična koncentracija sposobna za eksploziju u smeši prašina – vazduh + 2% metana iznosi 260 gr/m³ vazduha, a u smeši prašina – vazduh i 2% CH₄ koncentracija se smanjuje na 130 gr/m³.

Temperatura tinjanja nataložene prašine

Na vrućim površinama u otvorenom temperaturnom polju nataložena prašina se vrlo lako upali na temperaturi od 240°C za 17 minuta i 10 sekundi (najniža vrednost).

Fizičko – mehaničke karakteristike uglja i pratećih stena

Ugaj: $\sigma_c = 10,63 - 131,72 \text{ dN/cm}^2$

Krovni uljni škriljac: $\sigma_c = 714 - 883 \text{ dN/cm}^2$

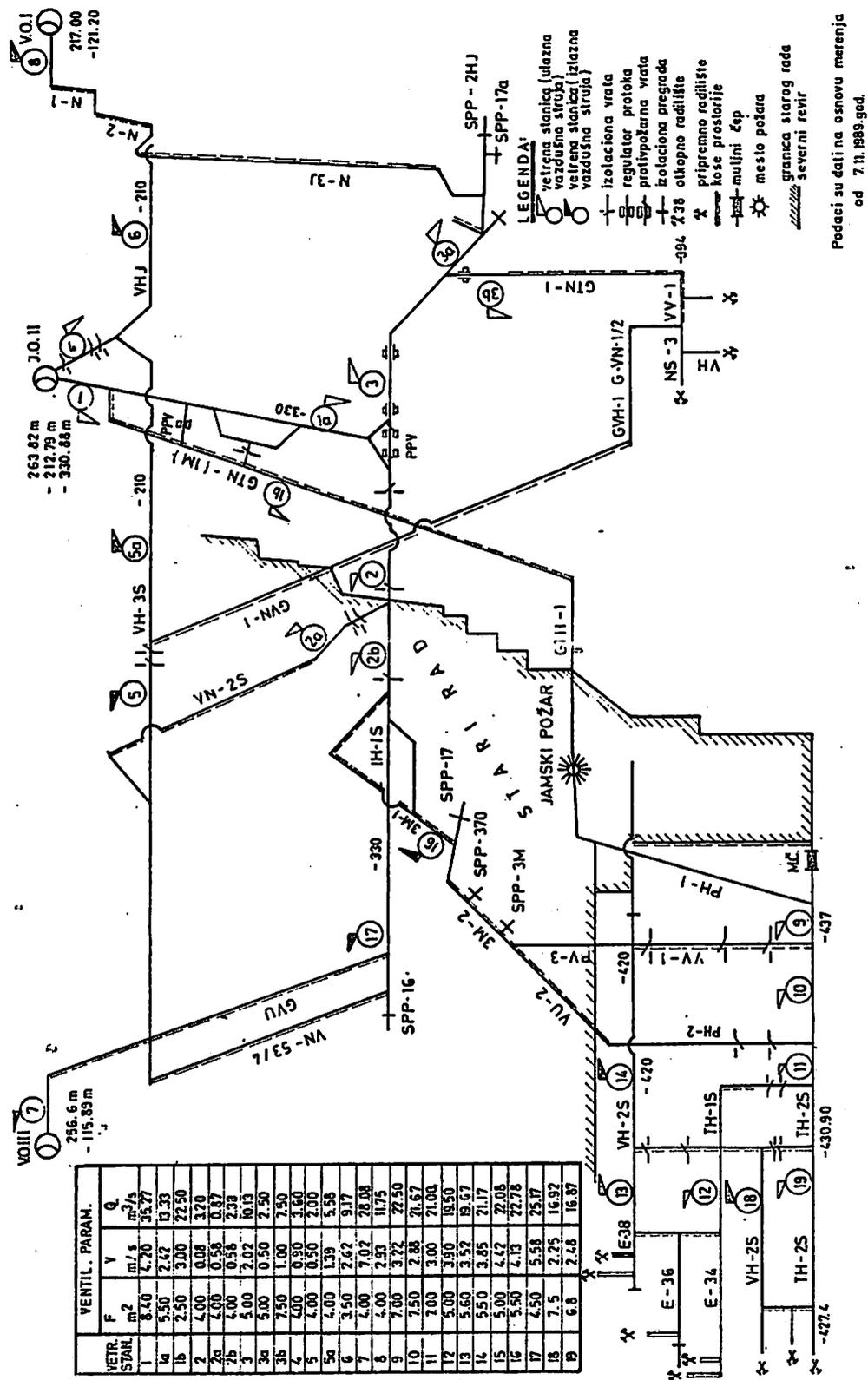
Podinski uljni škriljac: $\sigma_c = 15,8 - 35,1 \text{ dN/cm}^2$

Tehničko – tehnološke karakteristike hodnika GTH – 1 k – 445 m i mesta požara

Hodnikom GTH – 1 bile su otvorene rezerve uglja u Severnom reviru iznad kote – 440 m, a hodnik je imao funkciju glavne ventilacione i transportne prostorije. Izrađen je u podini sloja ispod starog rada na dubini od 20 – 80 m (ugaj je otkopan 1987. i 1988. god.), a niži pojas, kojim je zahvaćen ugaj ovom prostorijom (kota – 440 m), otkopan je 1988. i krajem 1989. god. Naslage kroz koje je izrađena prostorija (uljni škriljac i podinski glinoviti materijali) bile su poremećene. Mikrotektonika je bila izražena kao i u samom sloju, što je uslovljavalo podgrađivanje čeličnom kružnom podgradom sa potpunim zalaganjem bokova. Za vreme otkopavanja uglja iznad transportnog hodnika došlo je do velikih jamskih pritisaka koji su uslovlili izrazitu deformaciju podgrade, usled čega je došlo do smanjenja profila prostorije, a naročito na mestu požara, gde je inače prostorija u dužini od 20 m bila uža. Prostorija je intenzivno održavana zamenom iskrivljene podgrade.

Kratak prikaz dosadašnjih istraživanja karakteristika egzogenih požara u rudnicima sa podzemnom eksploatacijom

Dosadašnja istraživanja karakteristika egzogenih požara vršena su na fizičkim



Slika 1

modelima u prirodnoj veličini. U ovom radu će biti prikazani neki rezultati koji su karakteristični za naša istraživanja.

a) Izvršena su ispitivanja brzine napredovanja žarišta požara u početnoj fazi u pravcu vazdušne struje i u suprotnom smeru. Na ovaj način je utvrđeno da se formira plameni trougao čija je najkraća strana usmerena suprotno vazdušnoj struji, a duža strana u smeru vazdušne struje, kako se to vidi na slici 2.



Slika 2

Pokazalo se da na geometrijski oblik požara u preseku kroz žarište u fazi njegovog nastanka utiče brzina vazdušne struje. Ako je brzina mala, širenje požara i požarnih gasova suprotno je vazdušnoj struji i može da bude znatno. Modelska istraživanja pokazuju da, ako su brzine vazduha velike i prelaze 3 m/s, širenje požara protiv vazdušne struje praktično prestaje.

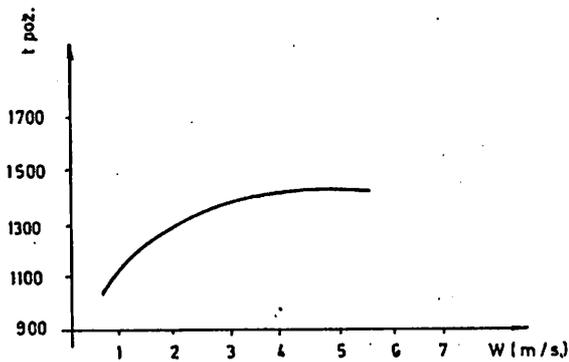
b) Utvrđeno je da početak gorenja podgrade pri malim brzinama vazduha nastaje srazmerno brzo, dok pri velikim brzinama plamen praktično klizi duž podgrade. Međutim, kada podgrada počne da gori, veće brzine vazduha doprinose intenzivnijem gorenju. Najveći intenzitet gorenja i najviše temperature javljaju se kad gori zalog podgrade. Eksperimenti su pokazali da je maksimalna temperatura požarnih gasova niža kada gori drvena podgrada bez zaloga. Sagorevanje drvene podgrade obavlja se uz oslobađanje vrlo velike energije toplotnog zračenja. Kada je prostorija podgrađena čeličnim okvirima sa drvenim zalogom, ovaj proces je još burniji. Dolazi do usijanja metala od vrelih požarnih gasova, pa požar dalje napreduje u smeru vazdušne struje.

c) Utvrđeno je da je temperatura požarnih gasova u žarištu u funkciji brzine vazdušne struje. Eksperimentalna ispitivanja su vršena

u granicama brzine vazdušne struje između 0 i 6 m/s. Izveden je obrazac koji dovoljno tačno, u fizičkom smislu, definiše temperaturu:

$$t_{\text{pož}} = \frac{w}{0,00023 + 0,00065 w} \text{ (}^{\circ}\text{C)}$$

gde je w – brzina vazdušne struje u m/s.



Slika 3

Na sl. 3 je grafički prikazana zavisnost temperature požarnih gasova u žarištu od brzine vazdušne struje.

Tako, na primer, ako je brzina vazdušne struje $w = 2$ m/s, primenom ovog obrasca dobija se temperatura požarnih gasova u žarištu 1307°C , a kod vrlo malih brzina, na primer $0,1$ m/s, ona iznosi 339°C .

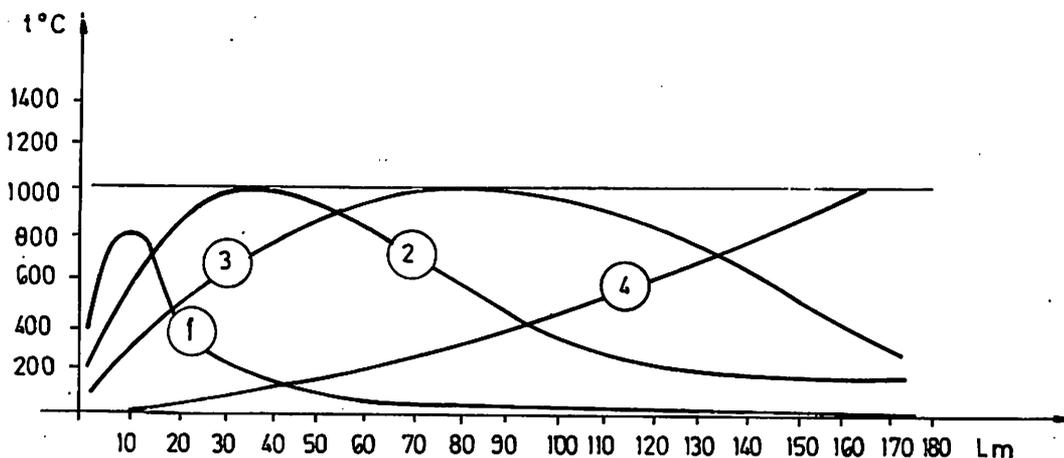
Za brzinu vazdušne struje od $w = 0$ m/s ovaj obrazac nema smisla, ali i za taj slučaj je dato fizičko tumačenje procesa. Naime, pri brzini nula vazdušna struja stagnira, što znači da nema ni dovođenja kiseonika, pa nema ni razvoja požara. Praktično, to je slučaj nepropusne izolacije požarnog žarišta i sigurna mera za gašenje požara.

Ranija istraživanja (npr. Voropijev i Budryk) takođe pokazuju da temperatura u žarištu pri gorenju drvenog materijala iznosi znatno iznad 1000°C , a postoje podaci u literaturi iz davne 1951. god. (Demidov) da ona može da dostigne $1590 - 1855^{\circ}\text{C}$.

Za istraživanje srednje temperature požarnih gasova utvrđen je empirijski obrazac:

LEGENDA

- 1 NA POČETKU POŽARA
- 2 POSLE JEDNOG SATA
- 3 POSLE DVA SATA
- 4 POSLE TRI SATA I DVADESET MINUTA



Slika 4

$$t_{\text{požar}} = \frac{w}{0,0002 + 0,0008 w} (^\circ\text{C})$$

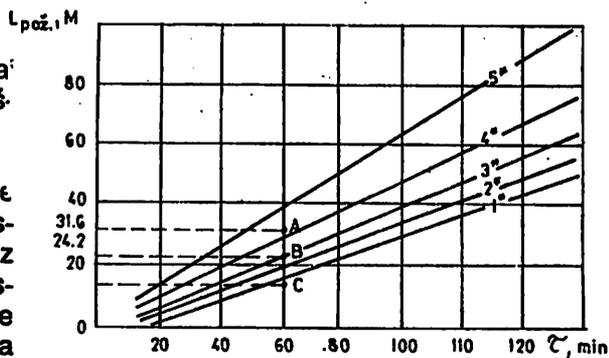
Za brzinu vazdušne struje od 2 m/s temperatura požarnih gasova primenom ovog obrasca iznosi 1111°C.

Neki autori (V...Jovičić) ukazuju da ovaj obrazac ne treba koristiti ako su brzine vazdušne struje manje od 0,5 m/s.

Na dijagramu sl. 4 date su krive promene temperature požarnih gasova po dužini prostorije u različitim vremenima trajanja požara. Iz dijagrama se vidi da se temperatura duž jamske prostorije menja u zavisnosti od dužine trajanja požara, odnosno njegovog kretanja duž jamske prostorije.

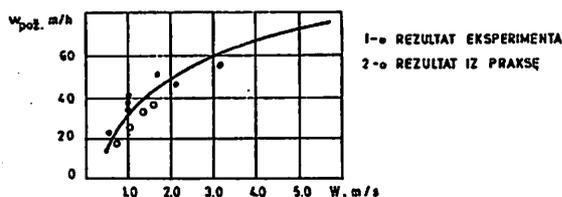
e) Istraživanjima srednje brzine kretanja požarnih gasova prema važećim teoretskim osnovama (S.N. Osipov, V.N. Žadan) dobijeni su sledeći rezultati: ako je brzina vazduha 1 m/s, brzina kretanja požarnih gasova iznosi 4,98 m/s, pri brzini vazduha od 2 m/s požarni gasovi se kreću brzinom od 6,87 m/s. Pri brzini vazdušne struje od 4 m/s, brzina požarnih gasova iznosi 8,49 m/s.

f) Dužina zone gorenja podgrade u zavisnosti od brzine vazdušne struje i vremena trajanja požara prikazana je na dijagramu sl. 5.



Sl. 5 – Zavisnost dužine zone gorenja od brzine vazdušne struje i vremena trajanja požara
 1* = pri brzini vazdušne struje 0,6 m/s; 2* = 1 m/s;
 3* = 2,1 m/s; 4* = 3,1 m/s; 5* = 5,2 m/s.

g) Srednja brzina kretanja žarišta požara u zavisnosti od brzine vazdušne struje i vremena trajanja od početka požara prikazana je na dijagramu na slici 6.



Sl. 6 – Zavisnost brzine kretanja žarišta požara po prostoriji od brzine vazdušne struje

Lokacija požara u jami

Na slici 1 je data linearna šema ventilacije, na kojoj su prikazani ventilacioni parametri za celu jamu (Severni i Južni revir) pre požara, i to: vetrene stanice, profili prostorija F (m^2), brzina vazduha w (m/s) i količina vazduha Q (m^3/s). Takođe su prikazani i svi ventilacioni objekti i položaji radilišta u sistemu.

Požar je nastao u glavnom transportnom hodniku GTH – 1 (kota – 445 m), na 2/3 njegove dužine prema reviru. Ovaj hodnik je imao i funkciju glavne ulazne vazdušne struje za Severni revir. U sistemu jame, požar se pojavio u njenom središnjem delu, na najnepovoljnijem mestu što se tiče ugroženosti radnika i imovine.

Na sl. 7 je prikazan detalj hodnika sa mestom požara i objektima u njegovoj blizini.

Stanje na mestu požara

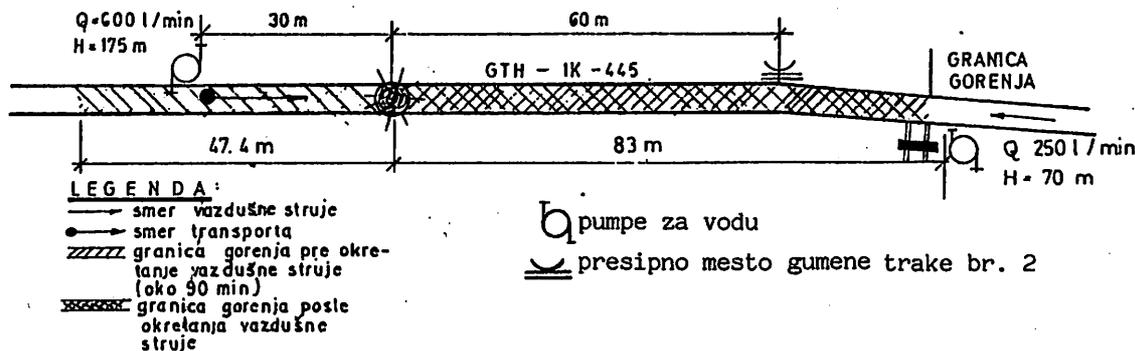
Mesto na kome je sečena deformisana čelična podgrada bilo je suženo, a takođe i ostali deo hodnika. Hodnik je bio suv, zaprašen pretežno suvom ugljenom prašinom i obložen

suvim drvenim zalogom. Usled deformisane podgrade i založenih bokova, dosta prašine je bilo iza zaloga a verovatno i na podu ispod platna gumene trake i delovima podgrade i konstrukcije traka. Nataložena prašina u jami Morava, prema ispitivanjima koja su vršena u Rudarskom institutu u Beogradu, pripada grupi finih prašina, čija su zrna na bokovima prostorije, podgrade i zaloga imala od 75,51 do 91,45% krupnoću ispod 71μ .

Nastanak požara

Mesto na kome je izazvan požar sečenjem podgrade autogenim aparatom bilo je izrazito lako zapaljivo zbog fino nataložene ugljene prašine. Iskre koje se raspršuju na sve strane gašene su u toku sečenja gaženjem i polivanjem vodom, ali, zbog prirode njenog neprimetnog gorenja, prašina je bila samo prividno ugašena. Žarišta su se nalazila dublje u sloju prašine u boku, a verovatno i ispod platna gumene trake koja je bila na tom mestu.

Kada užareni opiljak gvožđa (veća varnica) dođe u kontakt sa prašinom, propada kroz sloj prašine koja se lako pali, stvara jezgro u nataloženoj prašini i pritajeno tinja. Žarište požara takođe može da se prenosi kroz sloj prašine neprimetno prema bokovima hodnika, odnosno u svim pravcima u kojima ima prašine. Žarište može da se stvori i ispod čvrstih predmeta, ako tamo ima prašine, i da tako tinja. Ova osobina nataložene prašine može da zavara radnike koji rade na gašenju da su ugasili požar, a u suštini žarište se prenelo na bok iza zaloga ili ispod nekog predmeta gde je bilo prašine. Zbog toga je tehničkim propisima



Sl. 7 – Detalj mesta požara (prema podacima rudnika, R 1 : 1000)

predviđeno da pre početka rada ugljena prašina mora da bude odstranjena, a samo mesto rada dobro nakvašeno vodom.

U toku sečenja podgrade došlo je do upale ugljene prašine, koju su radnici gasili u nekoliko navrata, i posle poslednje intervencije smatrali su da su požar ugasili.

Prašina koja nije bila ugašena tinjala je u boku prostorije i radnici su je primetili kad se pojavio dim. Pokušali su da ugase žarište, ali podizanjem nataložene prašine otvaranjem boka hodnika – razvaljivanjem drvenog zaloga, planula je prašina i suve daske kojima je bio založen hodnik i obuhvatila ceo profil hodnika. Radnici nisu imali sredstava da ugase razbuktali požar.

Karakteristike požara

Požar je bio vrlo buran. Prema podacima iz rudnika, brzina vazduha iznosila je $w = 3,75$ m/s, a profil hodnika na mestu požara bio je deformisan i u preseku je imao oko 5 m^2 . Količina vazduha u protoku iznosila je oko $22,50 \text{ m}^3/\text{s}$.

Na osnovu izvršenih proračuna utvrđeno je da je temperatura požarnih gasova u žarištu iznosila oko 1500°C , a sigurno i više, s obzirom da je osim drveta gorela i ugljena prašina.

Srednja temperatura požarnih gasova u žarištu iznosila je oko 1100°C , a verovatno i više zbog sagorevanja ugljene prašine.

Srednja brzina kretanja požarnih gasova iznosila je oko $8,36$ m/s. Ova brzina je vrlo velika, što potvrđuje i podatak da većina radnika nije uspela da se povuče dalje sa radilišta u otkopne hodnike i da nije imala vremena da upotrebi izolacione samospasioce, koji su bili udaljeni od mesta požara samo oko 800 m. Znači da su sa povlačenjem počeli kasno i da su im požarni vreli gasovi došli na radilište za kratko vreme, samo oko 2 min. Vreme od 2 minuta podrazumeva da je požar razbuktan i da je zahvatio ceo obim profila prostorije (maksimalna temperatura u žarištu).

Iako su se s vremena na vreme pojavljivale izvesne količine dima, pretpostavlja se

da poslovođe, koje su bile u Severnom reviru, tome nisu posvetile dovoljno pažnje i nisu povukle radnike sa radilišta, jer su znali da se seče deformisana čelična podgrada u hodniku GTH – 1, k – 445 m, i smatrali su da nema opasnosti. U ovom slučaju treba istaći i to da je u protoku bila velika količina vazduha, oko $22,50 \text{ m}^3/\text{s}$, koja je razređivala gasove od sečenja i manje količine dima od gašenja požara u više navrata. Dok tinja u nataloženom neporemećenom stanju prašina nema mnogo dima, a i miris se slabije oseća kad je razređen velikom količinom vazduha. Tako su radnici mogli da rade na radilištima, a njihove poslovođe i nadzornici nisu slutili opasnost, pošto su i ranije imali ovakve slučajeve u praksi. Međutim, onog momenta kada veće užareno jezgro prašine, koje se često neprimećeno stvori dalje od mesta sečenja (preneto tinjajućom prašinom) i teško primeti zbog fenomena tinjanja prašine u nataloženom sloju, dođe u dodir sa suvim drvotom u zalogu, zapali drvo i naglo dolazi do pojave dima i plamena. Gašenje požara razbijanjem zaloga kilavičom i drugim alatom uzvitlava fino nataloženu prašinu koja burno gori u smeši sa vazduhom i za kratko vreme ceo profil obuhvati plamen, tako da to nije način gašenja već raspaljivanja požara. Vreli dimovi su zbunili poslovođe, nadzornike i radnike na radilištima, pa nisu imali vremena da upotrebe izolacione aparate (izuzev jednog dela) i da se povuku dalje od radilišta.

Jedini način da se požar ugasi u ovom slučaju je da se u začetku zalije vodom (natopi mesto), i to malim pritiskom vode, ili u pravi čas aparatom za gašenje požara. Kad gori profil celim obimom prostorije, jedino hitna izolacija požara dolazi u obzir, kada se utvrdi da su radnici izgubljeni. Izolacija je obavezna zbog rizika od eksplozije metana i ugljene prašine.

Prema analizi hronologije događaja za dužinu zone gorenja podgrade od razbuktavanja požara do okretanja smera vazdušne struje utvrđeno je vreme od $90'$ (od 12 h do 13 h $30'$). Prema dijagramu na sl. 5, tačka A, pri brzini kretanja vazdušne struje od $3,75$ m/s za 60 minuta je izgorelo oko $31,6$ m dužine prostorije, odnosno oko $47,4$ m do okretanja smera. Posle okretanja smera vazdušne struje količina vazduha nije merena, ali je prema proračunu iznosila $11,65 \text{ m}^3/\text{s}$, a brzina u prostoriji GTH –

1 – k – 445 m oko 1,9 m/s. Prema ovim parametrima, prostorija je gorela 24,2 m/h, kako je to naznačeno na dijagramu na slici 5, tačka B. Pri ovim pojavama veoma značajan uticaj ima požarna depresija, koja u pojedinim uslovima povećava, odnosno smanjuje količinu vazduha.

Okrenuti smer vazdušne struje je trajao od 13 h 30' do oko 20 h, ukupno oko 6 časova, što znači da je trebalo da izgori oko 145 m hodnika. Međutim, evidentno je da je za to vreme izgorelo 83 m hodnika, što znači da je gorenje bilo duplo soprije i iznosilo je 57,2 m manje od izračunate vrednosti. Razlog ovome je zarušavanje hodnika koji je goreo, pa je protok vazduha bio znatno smanjen i iznosio je oko 7 m³/s, a brzina 1,2 m/s. Da je hodnik bio zarušen, utvrđeno je prilikom intervencije na spašavanju unesrećenih.

Zaključak

Prema utvrđenim karakteristikama požara, radnici koji su bili iza mesta požara (u reviru), a nisu se povukli pre razbuktavanja požara, nisu imali vremena da se povuku dalje od otkopnih hodnika, pa čak ni da upotrebe izolacione samospasioce.

Posle utvrđivanja da nema preživelih (prosepkcija čete između 14 i 16 h), bilo je neophodno da se odmah izvrši izolacija požara kako bi se sprečilo dalje širenje požara i akumuliranje toplote u proizvodnom Severnom reviru, što bi doprinelo brzom iznošenju unesrećenih, sprečilo velike materijalne štete, a i rizik članova čete za spasavanje bi bio minimalan.

SUMMARY

Properties of the Exogene Fire In Mine Aleksinac Underground Pit

The paper outlines the properties of the exogene fire in Mine Aleksinac underground pit Morava in which 90 miners were killed. Fire properties were given on the basis of real results in line with the aid of literature data. The following parameters were determined: fire gases temperature in fire centre, velocity of fire gases movement, velocity of fire advance under normal ventilation conditions as well as under the conditions of air stream reversing.

Literatura

1. Osipov, S.N., Žadan, V.M., 1973: Ventilacija rudnika pri podzemnim požarima, „Nedra”, Moskva
2. Jovičić, V. i drugi, 1989: Istraživanje samozapaljivih osobina uglja i oksidacionih procesa u rudnicima uglja sa podzemnom eksploatacijom i iznalaženje adekvatnih mera zaštite, elaborat raden za RZNS
3. Dokumentacija rudnika Aleksinac (studije, elaborati, projekti, evidencije i dr.).

IZBOJ METANA U VIŠENAMENSKOM TUNELU IZMEĐU TIVTA I KOTORA

(sa 3 slike)

Vido Martinović – Nikola Lilić

Rezime

Pored prikaza geoloških istraživanja i pojave izboja gasa pri izradi višenamenskog tunela Vrmac, u ovom radu je dat i opis mera za sanaciju i nastavak radova u uslovima dinamičke pojave izboja gasa. Sugestija autora je usmerena na potrebnu interdisciplinarnost pristupa u rešavanju ovako složenih problema koji se mogu javiti pri izradi određenih podzemnih građevinskih objekata.

Uvod

Višenamenski tunel Vrmac je lociran ispod istoimenog brda koje geomorfološki od- vaja Kotor od Tivta u bokokotorskom zalivu.

Pored ekonomske opravdanosti, svrha izrade ovakvog objekta se ogleda u obezbe- denju ekološke zaštite bokokotorskog zaliva i uspostavljanju saobraćajne komunikacije između Kotora i Tivatskog polja. Zahvaljujući ovom tunelu, „prijava” industrija iz Kotora je preseljena u Grbaljsko Polje, a transportovanje otpadnih, industrijskih i fekalnih voda iz ovih gradova u otvoreno more.

Investitor, SIZ za stambenu i komunalnu delatnost iz Kotora, izradu ovog objekta poverio je izvođačima GRO Planum iz Zemuna

i GRO Konstruktor iz Splita. Deo tunela koji je raden iz pravca Kotora bio je poveren GRO Konstruktoru, a sa suprotne strane, iz pravca Tivta, GRO Planum.

Geološka istraživanja

Izvršena geološka istraživanja su bila nedovoljna, iako se unapred znalo da je brdo Vrmac sastavni deo zone intenzivnih tek- tonskih aktivnosti. Na osnovu geološkog pre- seka (sl. 1) može se potvrditi ovakva konstatacija. Dakle, očigledno je da je trebalo locirati veći broj istražnih bušotina u paleo- genom flišu i njegovom kontaktu sa mezo- zojskim krečnjacima.

Brdo Vrmac je geološki izgrađeno pretež- no od mezozojskih krečnjaka, koji su naizme-

nično pločasti do bankoviti i odlikuju se linearnom i skoro monoklinarnom građom. Ovi krečnjaci poseduju rožnace u vidu sočiva. Bankoviti krečnjaci su zastupljeni brečoidnim krečnjacima, koji su u profilu i u iskopu manje zastupljeni od pločastih. Međuslojne ispune su pretežno laporovito - glinovite. Sa strane Kotora, gde je radila GRO Konstruktor, iskop iz tunela se sastoji od krečnjaka, rožnaca i laporaca.

Sa tivatske strane, u nepovoljnijim geološkim uslovima, radove je izvodila GRO Planum. Trasa tunela, što se vidi iz geološkog preseka, sastavljena je od paleogenog fliša. Paleogene naslage, odvojene od mezozojskih krečnjaka longitudinalnim rasedima, ubrane su naborima metarskim do dekametarskim, a verovatno i krupnijih dimenzija.

Paleogene naslage se sastoje pretežno od mekših stena, laporaca i alevrolita, uz pojave slojeva kompaktnih kalkarenita i peščara. Ove kompaktnije stenske mase u paleogenoj seriji se javljaju ritmički, što ukazuje da se radi o flišu.

Istražnom bušotinom (B - 5) i iskopom iz tunela utvrđeno je da se radi o prevrnutim naborima, što svedoči o tome da se iznad gornjeeocenske flišne serije nalazi srednjeeocenska flišna serija (sl. 1).

Usled navlačenja mezozojskih krečnjaka ova serija je jako tektonizovna, što je uslovilo brojne rasedne pukotine i rasede koji generalno konkordantno prate nagib slojeva mezozojskog kompleksa i padaju prema severoistoku.

S obzirom na delimičnu ubranost flišnih naslaga paleogena tivatske zone, kao i velike tektonske oštećenosti usled navlačenja mezozojskih sedimenata, kontinualni slojevi peščara i krečnjaka, iako primarno konkordantni, ubiranjem i rasedanjem na pojedinim delovima su smicani, isprekidani i rotirani, pa se lako odvajaju od mekših sedimenata (glinaca, lapora i alevrolita).

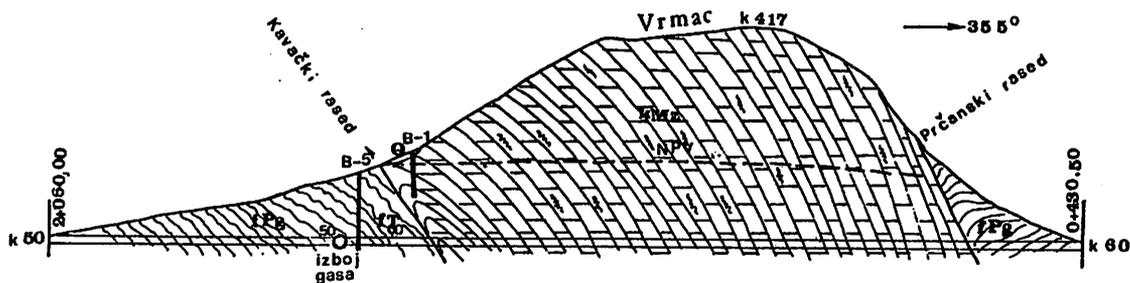
Geološkim kartiranjem i istražnim bušenjem (B - 1) trasa raseda nije pouzdano razjašnjeno pitanje kontaktnog reversnog raseda. Na osnovu fotogeologije, kao i geofizičkim istraživanjem, pretpostavljena je lokacija Kavačkog raseda, ali bez njegovog pravca i nagiba.

Na osnovu izvršenih radova u tunelu, očekivalo se da Kavački rased svojom trasom leži između bušotina B - 1 i B - 5. To je izazvalo probleme oko utvrđivanja metodo-logije za sanaciju posledica nastalih iznenadnim prodorom metana u tunelu.

Izboj gasa

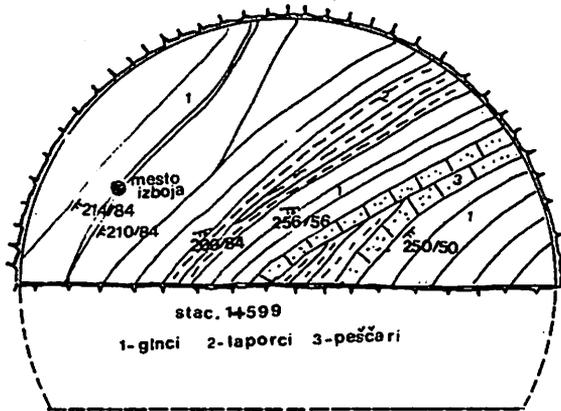
U flišnim naslagama, koje su intenzivno tektonski oštećene navlačenjem mezozojskih sedimenata, dana 23.4.1988. godine na stacionaži 1 + 599 sa tivatske strane je prilikom bušenja na čelu (brustu) za miniranje došlo do intenzivnog izboja gasa i vode pod pritiskom.

Sa slike 2, poprečni presek tunela, se vidi da je na čelu (brustu) najveća površina zastupljena glincima. Pad i pravac sloja na mestu izboja je bio 60/55, tj. paralelan je sa sistemom međuslojnih pukotina, koje su najzastupljenije



Sl. 1 - Geološki presek

jer su slojevi tanki. Javljaju se još i sistemski pukotina sa elementima pada 200/80 i 250/50.



Slika 2

Izvođač i investitor su istog dana pozvali stručnu ekipu iz Rudarskog instituta iz Tuzle koja je konstatovala da se radi o izboju metana. U pomoć portabilnog instrumenta su izvršili analizu gasnog uzorka. Po izjavama investitora, stručna ekipa je ustanovila da se radi o koncentracijama metana sa izvorišta (iz minske bušotine) od preko 40%.

Projektant i investitor su angažovali Katedru za ventilaciju i tehničku zaštitu Rudarsko - geološkog fakulteta iz Beograda da i ona učestvuje u rešavanju ovog problema. Ekipa je stigla na objekat 26. IV 1988. godine sa savremenim i preciznim aparatima za indiciranje metana.

Uzeti su uzorci vazduha iz tunela u staklene aspiratore i to iz kalote tunela i iz minske bušotine u toku rada ventilatora i po prestanku rada ventilatora. Rezultati gasne analize na gasnom hromatografu su bili sledeći:

	O ₂ , %	CO ₂ , %	CO, %	CH ₄ , %
a) pri radu ventilatora				
- iz minske bušotine	16,39	0,15	0,00	18,06
- iz krovine čela radilišta (brusta)	20,80	0,06	0,00	0,01
b) posle prestanka rada ventilatora				
- iz minske bušotine	14,19	0,33	0,00	28,80
- iz krovine čela radilišta (brusta)	20,19	0,06	0,00	0,05

Predlog mera za nastavak radova u tunelu

Nakon izboja gasa u tunelu Vrmac, glavni građevinski inspektor SR Crne Gore je rešenjem od 28.IX 1988. godine obustavio sve radove na izgradnji tunela sa tivatske strane.

Sagledavajući problem pojave metana, Katedra za ventilaciju i tehničku zaštitu Rudarsko - geološkog fakulteta iz Beograda je predložila mere za efikasniji nastavak daljih radova na iskopu višenamenskog tunela u novonastalim uslovima, kao i obezbeđenje potrebne sigurnosti rada.

Na osnovu analiza geološke dokumentacije, a imajući u vidu da je u neposrednoj blizini radova na iskopu tunela geofizičkim metodama konstatovan Kavački rased, kao i na osnovu relativno malog dotoka metana, predložen je nastavak radova uz informativno bušenje sa svim merama zaštite vezanim za radove u uslovima pojave metana.

U istom rešenju, glavni građevinski inspektor je naložio GRO Planum da izvede informativno bušenje prema priloženom planu.

Informativno bušenje je izvedeno sa četiri bušotine dugačke oko 20 m, kako je prikazano na sl. 3. Bušotine B - 2 i B - 3 su izbušene paralelno sa osom tunela, a bušotine B - 1 i B - 4 pod određenim uglom, a sve sa ciljem obezbeđenja zone sigurnosti prema Kavačkom rasedu. Bušotina B - 1 je bila najinteresantnija za našu dalju aktivnost, jer je prolazila kroz zonu u kojoj je pojava gasa i vode u toku izboja od 23.IV 1988. godine bila najintenzivnija.

Određivanje položaja, pravca i dužine informativnih bušotina prevashodno je imalo za

cilj obezbeđenje zaštitnog stuba, kao i dalje praćenje degazacije metana iz masiva. Prilikom bušenja ovih bušotina nije se naišlo nikakve geološke promene, kao ni na znake da su ušle u zonu povećane akumulacije metana.

	O ₂ , %	CO ₂ , %	CO, %	CH ₄ , %
B-1 (posle zatvaranja)	18,50	0,05	-	9,08
B-1 (otvorena)	19,10	0,07	-	1,34
u stropu na čelu (brustu)	20,70	0,06	-	0,00

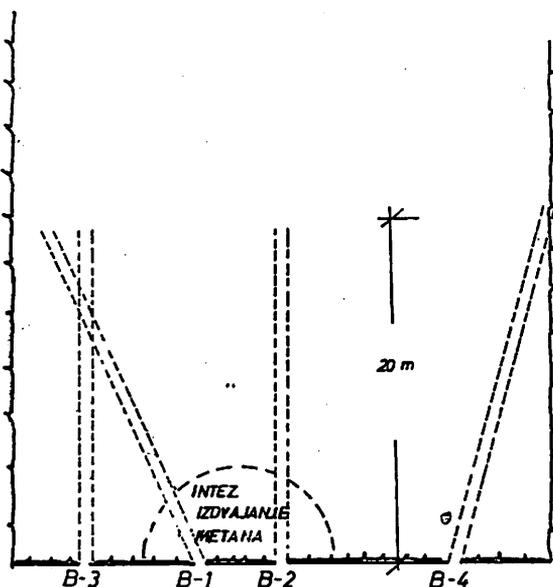
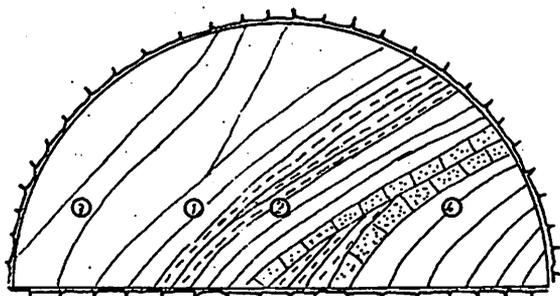
Za bušotine B-2, B-3 i B-4 takođe je vršena analiza vazduha kao i za bušotinu B-1. U svim gasnim uzorcima nije utvrđeno prisustvo metana.

Na osnovu konstatovanih koncentracija gasova iz informativnih bušotina predloženo je republičkom inspektoratu da promeni svoje rešenje o obustavi radova i donese rešenje ponovne aktivnosti GRO Planum u domenu izgradnje tunela sa tivatske strane.

Neposredno posle prvog napredovanja radova u dužini od 4 m izvršena je kontrola koncentracije gasne smeše iz svih bušotina. Jedino je bušotina B-2, koja je u neposrednoj blizini bušotine B-1 (sl. 3) a paralelna sa osom tunela, oslobađala metan u zapreminskim koncentracijama od 3,98%. U toku daljeg napredovanja radova vršena je redovna kontrola gasnog stanja istražno-informativnih bušotina. Jedino je bušotina B-2 i dalje oslobađala metan, ali u manjim procentualnim vrednostima. Već posle napredovanja radova u dužini od 10 metara koncentracija metana je iznosila 3,37%, da bi se naglo smanjivalo izdvajanje metana, a već oko 14 metara napredovanja metana nije bilo ni u tragovima.

Činjenica da je jedino u bušotini B-2 konstatovan metan ukazuje da se radi o lokalnoj zoni tanjoj od 10 metara. Miniranjem na čelu je potiskivan metan iz izvorišta u međuslojne pukotine koje su skoro upravne na osu tunela i koje su već posle 10 m napredovanja bile potpuno bez metana. Ovakve pojave sigurno ne bi bilo da je metan bio pod pritiskom, već bi ga bilo i u drugim bušotinama.

Procentualne vrednosti opadanja izdvajanja metana iz masiva upućuju na konstataciju da se najverovatnije radi o lokalnoj akumulaciji zatvorenog gasa (zarobljenog gasa), koji ne predstavlja opasnost za dalju eksploataciju objekta. Razlog za ovakvo značajno smanjenje



Slika 3

Neposrednom kontrolom izdvajanja metana u tunelu posebno tačnim portabilnim indikatorima konstatovano je da dolazi do otplinjavanja metana i procentualnog smanjenja koncentracije metana. Posle 38 dana zastoja radova u tunelu, redovnom kontrolom hemijskih analiza vazduha iz bušotine B-1 na mestu minske bušotine u kojoj je došlo do izboja gasa i u stropu čela (brusta) radilišta, ovo smanjenje je potvrđeno:

koncentracije metana treba takođe tražiti u degazaciji masiva nakon intenziviranja radova.

Zaključak

Izradi tehničke dokumentacije su prethodila geološka istraživanja kojima su definisana geološka svojstva sredine kroz koju je probijan tunel. No, ta istraživanja nisu ukazala na moguću pojavu metana. Ova činjenica se bitno odrazila na izbor tehnologije izrade objekta kao i predviđene mere sigurnosti rada, pa se može postaviti pitanje stepena istraživosti.

Kod izrade podzemnih prostorija i objekata u geološkim sredinama posebno se potencira problem odgovarajućeg stepena istraživosti radne sredine, odnosno njenih geoloških karakteristika. To se naročito odnosi na one terene u kojima su izražene tektonske deformacije. Naime, poznato je da su markantni rasedi često nosioci tekućih peskova, komunikacija za kretanje podzemnih voda, različitih gasova i dr. U ovom radu je prikazan slučaj pojave metana pod neznatnim pritiskom koji je ishalirao u radni prostor, odnosno izrađeni deo tunela i na taj način bitno pore-

metio planiranu dinamiku izgradnje, a time i znatno povećao finansijske troškove.

Informativno bušenje je pokazalo da je akumulacija metana neznatne zapremine. Zbog velikog zastoja u građevinskoj operativi nije se pristupilo utvrđivanju geneze metana, koje bi iziskivalo dodatno vreme za analizu, a time i povećalo vreme zastoja daljih aktivnosti u izradi višenamenskog tunela. To je šteta, jer bi utvrđivanje geneze metana imalo izuzetan praktični i naučni značaj.

Bez obzira na prethodno, jasno je da u svim sličnim uslovima mora biti posvećena veća pažnja geološkim istraživanjima u svim fazama realizacije projekata. Ovakav problem se nije pojavio samo na ovom objektu, već je pratilac mnogih podzemnih građevinskih radova.

Ovaj rad ima za cilj da, pored stručnjaka geologa, posebno naglasi potrebu za prisustvom stručnjaka rudarske struke prilikom izrade objekata, radi stalne kontrole i utvrđivanja objektivne potrebe za blagovremenim informacionim bušenjima (predvrtavanjima), sprovođenjem kvalitetne ventilacije i geneze gasova, a sve sa ciljem povećanja sigurnosti radnih uslova u podzemnim građevinskim objektima.

SUMMARY

Methane Outburst in the Multipurpose Tunnel Between Tivat and Kotor

In addition to the outline of geological explorations and occurrence of gas outburst during construction of tunnel Vrmac, the paper describes the measures undertaken for sanitation and continuation of works under the conditions of dynamic occurrence of gas outbursts. Authors' suggestion is directed to necessary multidisciplinary approach to solution of such complicated problems which may occur during construction of specific underground civil - engineering structures.

Literatura

1. Višenamenski tunel Vrmac - Elaborat o geotehničkim uslovima izgradnje tunela, Geološki zavod Crne Gore, Titograd i Rudarsko - geološki fakultet, Katedra za geotehniku i geofiziku, Beograd, 1985.
2. Geotehnički uslovi izgradnje tunela Vrmac - svodni elaborat, PZ Centroprojekt i Rudarsko - geološki fakultet, Katedra za geotehniku i geofiziku, Beograd, 1989.
3. Jovičić, V., 1987: Sigurnost i tehnička zaštita u rudarstvu, „Univerzal“, Sarajevo
4. Jovičić, V., 1989: Ventilacija rudnika, Beograd
5. Martinović, V., 1974: Kvantitativna analiza jamskog vazduha uz pomoć analitičke interferometrije, „Sigurnost u rudnicima“, Beograd.

Autori: dipl.inž. Vido Martinović i dr inž. Nikola Lilić, asistent, Rudarsko - geološki fakultet, Beograd
Recenzent: prof. dr Anka Čović, Rudarsko - geološki fakultet, Beograd
Članak primljen 8.5.1991, prihvaćen 12.3.1992.

OCENA REKULTIBILNOSTI LITOLOŠKIH ČLANOVA KROVINE UGLJENOG SLOJA U KOSOVSKOM UGLJENOM BASENU

(sa 2 slike)

Željko Dželetović – Aleksandar Djikić – Radoslav Filipović

Rezime

U radu su predstavljeni litološki članovi krovine i podine ugljenog sloja na području prostiranja budućih površinskih kopova Južno Kosovo, Lapje Selo i Ugljare – Preoce, lociranih u kosovskom ugljenom basenu

Proučavano područje je pokriveno izborom reprezentativnih geoloških bušotina. Ustanovljeni su različita moćnost i prostiranje pojedinih litoloških članova. Ocena rekultibilnosti litoloških članova je izvedena na osnovu prikaza pojedinih agrofizičkih i agrohemijskih svojstava. Pri tom je ustanovljeno da su pojedini litološki članovi izrazito heterogeni, ili imaju nepovoljna svojstva sa stanovišta rekultibilnosti.

Pepeo koji nastaje sagorevanjem kosovskog lignita odlikuje se izrazito nepovoljnim agrofizičkim i agrohemijskim svojstvima, pa u odnosu na litološke članove krovine i podine ugljenog sloja ima izrazito najnepovoljnije karakteristike sa stanovišta rekultibilnosti.

Uvod

Ležište lignita Kosovo se nalazi na visoravni koja se proteže od Uroševca do T.

Mitrovice, u dužini od 90 km i širini oko 16 km. Nadmorska visina celog ležišta je između 530 i 600 metara. Eksploatacija uglja u kosovskom ugljenom basenu vrši se od 1922. godine (Kun i drugi, 1979).

Rad je saopšten na IX jugoslovenskom naučnom simpozijumu „Oštećena zemljišta i problemi njihove zaštite“, održanom od 12 - 14. 6. 1991. godine u Tuzli.

Nagli razvoj iskopa uglja u kosovskom basenu, koji je usledio otvaranjem elektroenergetskih objekata sredinom sedamdesetih godina, nije pratilo i odgovarajuće rešenje problema odlaganja jalovinske otkrivke i pepela nastalog sagorevanjem uglja. Na te probleme, koji su se posredno odražavali i na stalno pogoršavanje stanja životne sredine šireg područja, blagovremeno su ukazivali brojni autori (Karahoda, 1977; Gogić, 1977; Bogdanović i drugi, 1977).

Da bi se selektivnim odlaganjem otkrivke na površini budućih jalovišta našao kvalitetan i podesan jalovinski supstrat za biološku rekultivaciju, neophodno je ispitati, pre početka eksploatacije površinskih kopova uglja, litološke članove krovine i bliže podine ugljenog sloja. Ocena rekultibilnosti litoloških članova se vrši na osnovu prikaza njihovih agrofizičkih i agrohemijskih svojstava. Zahvaljujući obilju podataka geoloških, rudarskih i agromeliorativnih istražnih radova, moguće je oceniti litološke članove krovine i bliže podine ugljenog sloja na području prostiranja budućih površinskih kopova: Južno Kosovo, Laplje Selo i Ugljare – Preoce, lociranih u kosovskom ugljenom basenu.

Metod rada

Istraživanjem su obuhvaćena postojeća odlagališta jalovine, nastala radom PK Dobro Selo i PK Belaćevac, odlagalište pepela i šljake u Kruševcu i litološki članovi krovine i bliže podine ugljenog sloja na području prostiranja budućih površinskih kopova. Područje istraživanja je predstavljeno na slici 1.

Agrofizička ispitivanja su izvedena standardnim metodama. Teksturne klase litoloških članova su određene prema trouglu za određivanje teksturnih klasa (USDA, 1951; Antić i drugi, 1972). Korišćena je kategorizacija pH – vrednosti zemljišta Braun – Blanquet-a (1964). Određivanje sadržaja aktivnog kreča izvršeno je metodom Drouineau-a (cit. Pantović i drugi, 1989). Sadržaj teških metala određen je metodom atomske spektrometrije (Ankerman i drugi, 1977).

Pored naših podataka, korišćeni su i odgovarajući podaci iz studija, elaborata i projekata Rudarskog instituta, INKOS-a i drugih autora.

Rezultati i diskusija

Na slici 2 je prikazan raspored litoloških članova krovine i podine na područjima prostiranja budućih površinskih kopova.

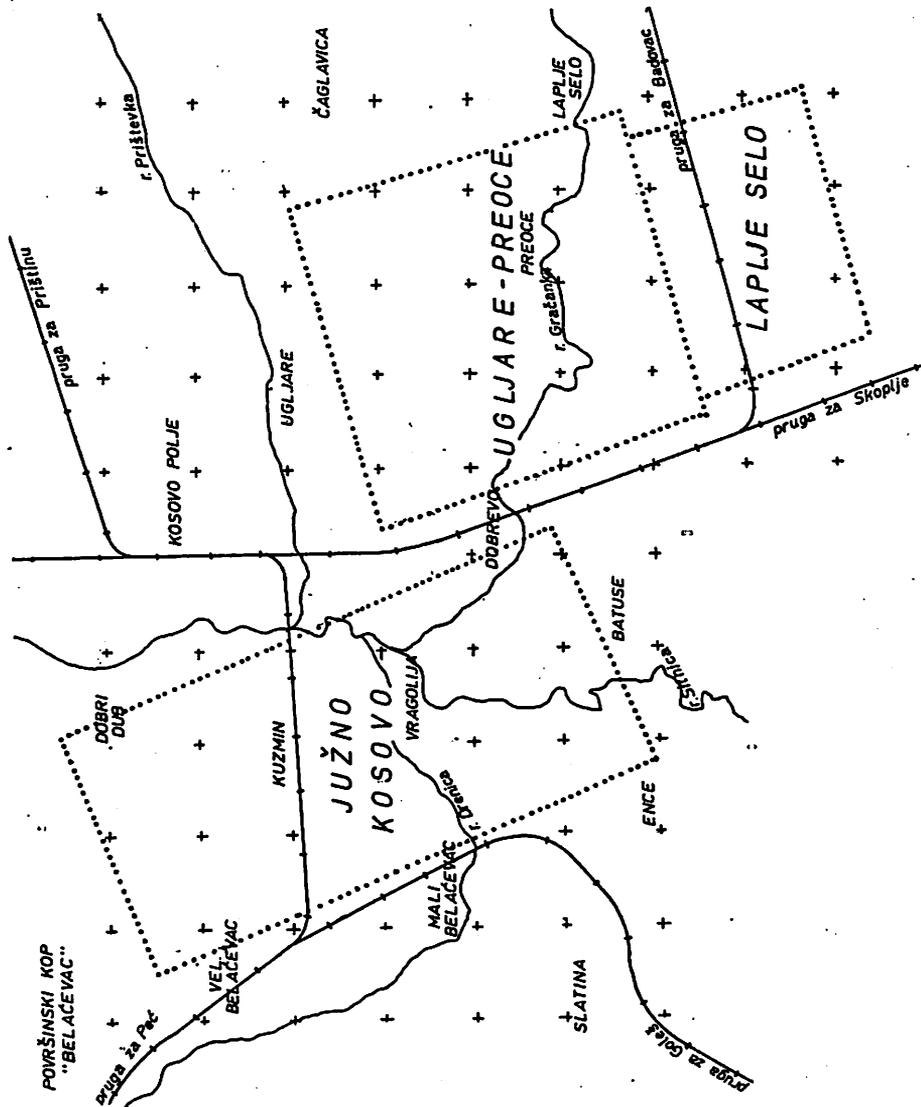
Zapaža se dominacija sivih glina na području prostiranja budućih kopova Južno Kosovo i Ugljare – Preoce, dok na području Lapljeg Sela dominiraju peskovi (više ili manje peskovite ilovače, peskovi i peskoviti šljunkovi). Peskovi se redovno pojavljuju kao litološki član uz rečne tokove Sitnice, Drenice, Prištevke i Gračanice. Žute gline su manje moćnosti i najčešće se smeruju sa peskovima, tj. nema ih pored rečnih tokova. Najmanje moćnosti su slojevi ziratnog zemljišta (do 1,5 m) i ugljevitih podinskih glina. U podini ugljenog sloja se nalaze zelene gline velike moćnosti, preko 30 metara.

Iz podataka u ovim projektima ustanovili smo da su žute gline po teksturi, uglavnom, praškasto – ilovaste, sive gline peskovite ilovače, ugljevite gline peskovito – praškaste, a podinske zelene gline teške glinuše do praškasti peskovi, tj. veoma su teksturno raznorodne, od veoma visokog sadržaja čestica glinovite frakcije do njihovog potpunog odsustva.

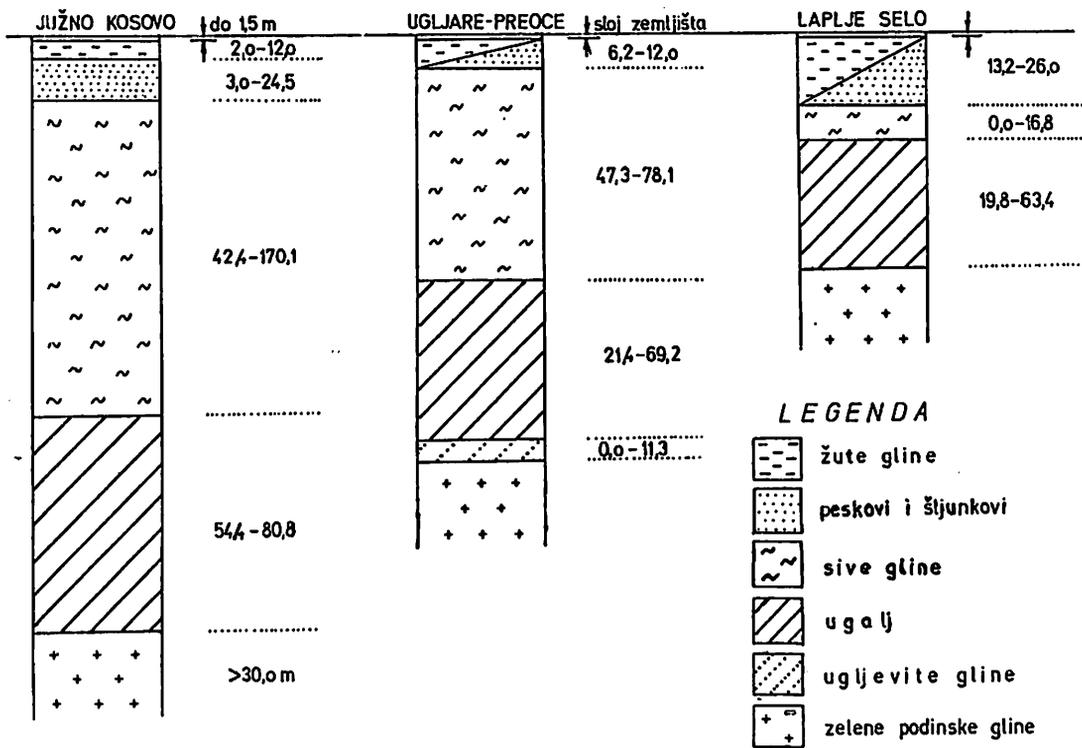
Zbog, uglavnom, skeletno – peskovitog sastava, sloj peskova i šljunkova ima ubedljivo najnepovoljnija svojstva sa stanovišta teksturnog sastava.

Na osnovu podataka o teksturi lako je zaključiti da su žute i sive gline najpodesnije kao supstrati za biološku rekultivaciju, te zbog toga ova dva litološka člana izdvajamo za dalju ocenu.

Prema podacima Brzakovića i drugih (1969) i Stamenkovića i drugih (1969), pepeo koji nastaje sagorevanjem u TE Kosovo – A pripada klasi ilovastog peska, dok prema



Sl. 1 - Situacioni plan područja prostriranja budućih površinskih kopova u kosovskom ugljenom basenu



Sl. 2 – Raspored litoloških članova krovine i podine ugljenog sloja

podacima Mitrović i drugi (1976) leteći pepeo ima nešto izmenjen granulometrijski sastav, te pripada teksturnoj klasi peskovitih ilovača.

Na osnovu podataka iz projekata o zapreminskoj i specifičnoj masi litoloških članova sračunat je koeficijent poroznosti (tablica 1). Prema koeficijentu poroznosti, sive i žute gline imaju poroznost koja približno odgovara lesolikim materijalima, tj. mogu se smatrati potencijalno plodnim. Poroznost pepela je veoma visoka, što je i osobina drugih pepela nastalih sagorevanjem uglja u termoelektranama u Srbiji. Visoke vrednosti koeficijenta poroznosti posredno svedoče o vrlo maloj zbijenosti, što u ovom slučaju, zbog mogućih jačih vazdušnih strujanja, može da prouzrokuje raznošenje pepela sa odlagališta pepela i šljake i znatnije aerozagadivanje šire okoline.

Jalovine nastale iskopom litoloških članova krovine iz postojećih površinskih kopova mogu u izvesnom stepenu da ukažu na jalovine koje će nastati iskopom litoloških članova na

području budućeg površinskog kopa Južno Kosovo zbog sličnosti rasporeda i moćnosti litoloških članova geološkog profila. Prema Kunu i drugima (1979), siva laporovita glina čini 90% tih jalovina, a žuta glina svega 10%.

Vrednosti pH jalovine sa postojećih odlagališta jalovine su uglavnom vrlo alkalne (tablica 2).

Srednje vrednosti koeficijenta poroznosti litoloških članova i pepela koji nastaje sagorevanjem kosovskog lignita

Tablica 1

Litološki član	Koeficijent poroznosti
Žute gline	0,87
Sive gline	0,94
Pepeo	
– u rastresitom stanju	3,22
– u zbijenom stanju	1,96

Neka agrohemijska svojstva jalovina sa odlagališta jalovine postojećih površinskih kopova (sloj 0 – 40 cm)

Tablica 2

Položaj	pH		Sadržaj humusa (%)
	u vodi	u 1 N KC1	
Dobro Selo	8,2	7,5	1,2 – 2,1
Grabovac	8,0 – 8,3	7,1	1,2 – 2,1
Belačevac	8,2	7,2 – 7,6	0,4 – 1,6

Mitrović i drugi (1976) navode da pepeo iz rovnog uglja ima slabo baznu reakciju.

Kruševcu), sadrži 8,1% aktivnog kreča. Navedeni sadržaji aktivnog kreča u pepelu, prema literaturnim podacima, smatraju se visokim i za određene biljne vrste toksičnim (uzrokuju pojavu hloroze).

Udeo teških metala u jalovinama (tablica 3) je u granicama udela teških metala u prirodnim zemljištima i u Zemljinoj kori. U pepelu kosovskog lignita (tablice 3 i 4) naročito je povećan udeo bora. Mitrović i drugi (1976) su ustanovili i povišen udeo molibdena, mangana i stroncijuma, koji uz bor čine pepeo kosovskog lignita toksičnim za pojedine biljne vrste.

Sadržaj teških metala u uzorcima jalovine i pepela

Tablica 3

P o l o ž a j	Ukupni sadržaj (mg / kg)				
	P b	C d	B	A s	H g
Odlagalište jalovine u Belačevcu, dubina:					
0 – 20 cm	36,0	0,3	1,30	0,00	0,065
20 – 40 cm	15,0	0,4	1,85	0,00	0,035
Odlagalište pepela i šljake u Kruševcu (odstajao, suv, slegnut pepeo), dubina:					
0 – 20 cm	6,0	0,5	20,60	0,90	0,00
20 – 40 cm	10,0	0,3	12,6	0,45	0,00

Visoke vrednosti udela humusa u jalovinama potiču od fino dispergovanih čestica uglja, koje se nisu mogle izdvojiti iz uzoraka pa su oksidisale pri analizi, dajući utisak većeg udela humusa od stvarnog. Isto treba imati u vidu i kod podataka za udeo humusa u pojedinim litološkim članovima. Naime, prema podacima iz istražnih elaborata, svi litološki članovi su veoma humozni. Isto važi i za sadržaj organske materije u pepelu, koji se kreće od 0,55 do 2,29%.

Jalovina sa odlagališta u Belačevcu (uzorkovano sa dubine 0 – 40 cm) sadrži 2,4% aktivnog kreča (CaO). Svež pepeo, neposredno po istakanju u odlagalište pepela i šljake, sadrži 14,4% aktivnog kreča, dok pepeo kada je slegnut, zbijen i suv (uzorkovano sa dubine 0 – 40 cm na odlagalištu pepela i šljake u

Sadržaj mikroelemenata i teških metala u svežem pepelu, uzorkovanom neposredno pored mesta hidrauličkog istakanja na odlagalištu pepela i šljake TE Kosovo – A

Tablica 4

E l e m e n t	Ukupni sadržaj	Pristupačni
	(mg / kg vazdušno suvog uzorka)	
Zn	19,5	1,0
Cu	23,0	1,0
Fe	7825,0	3,0
Cd	0,4	0,2
Pb	9,0	2,0

Zaključak

Iz analize rezultata agrofizičkih i agrohemijskih ispitivanja litoloških članova se vidi da su žute gline najpodesnije za biološku rekultivaciju, u nešto manjoj meri sive gline, a slojevi ugljevitih glina, peksova i šljunkova i zelenih podinskih glina su zbog svojih osobina (heterogenosti sastava ili zbog teksturnog sastava) u znatno manjoj meri rekultibilni.

Pri tom, kod tehničke faze rekultivacije posebnu pažnju treba obratiti odlaganju krovinskih materijala, kako bi se rekultibilniji slojevi (u ovom slučaju žute gline) deponovali kao površinski sloj deponosa.

Pepeo koji nastaje sagorevanjem kosovskog lignita ima nepovoljan (peskovit) teksturni sastav, alkaln je i krečan, a zbog povećanog udela B, Sr, Mo i Mn je i potencijalno toksičan.

SUMMARY

Estimation of Recultibility of Kosovo Coal Basin Coal Seam Hanging – Wall Lithological Members

The paper presents the lithological members of coal seam hanging – wall and floor lithological members in the area of future openpit mines Južno Kosovo, Laplje Selo and Ugljare – Preoce. The varying thicknesses and spreads of individual lithological members were defined on the basis of representative geological boreholes. Their recultibility was assessed on the basis of individual agrophysical and agrochemical properties.

Literatura

1. Ankerman, D., Large, R., 1977: Soil and Plant Analysis, Agricultural Laboratories Inc, Memphis.
2. Antić, M., Jović, N., Avdalović, V., 1972: Pedologija, Naučna knjiga, Beograd
3. Bogdanović, M., Tančić, N., Stojanović, S., 1977: Mogućnosti korišćenja otpadne lignitske prašine pri separaciji sirovog kosovskog lignita za melioraciju kiselih, peskovitih i jako glinovitih zemljišta SAP Kosovo, „Zemljište i biljka”, Vol. 26, No. 2, str. 275 – 285, Beograd
4. Braun-Blanquet, J., 1964: Pflanzensoziologie, Springer Verlag, 833, pp.
5. Brzaković, P., Stamenković, V., 1969: Utvrđivanje osnovnih karakteristika letećih pepela iz nekih jugoslovenskih termoelektrana, „Rudarski glasnik” br. 1, str. 38 – 45, Beograd
6. Gogić, Ž., 1977: Rekultivisanje i zaštita prirodne sredine oštećene rudarskim radovima, „Zemljište i biljka”, Vol. 26, No. 3, str. 269 – 273, Beograd
7. Karahoda, N., 1977: Posledice devastiranja zaštićenih i nezaštićenih površina iskorišćavanjem ruda u SAP Kosovo, „Zemljište i biljka”, Vol. 26, No. 3, str. 263 – 267, Beograd
8. Kun, J., Ilić, D., 1979: Razvoj površinskih kopova Kosova od 1955. do 1985. godine, „Rudarski glasnik” br. 2, str. 5 – 17, Beograd
9. Mitrović, M., Tomašić, S., Bratuljević, S., 1976: Treba li sagorevati lignit sa visokim sadržajem pepela u kotlovima termoelektrana – Primeri lignit Kolubara i Kosovo, „Rudarski glasnik” br 2, str 54 – 64, Beograd
10. Pantović, M., Džamić, R., Petrović, M., Jakovljević, M., 1989: Praktikum iz agrohemijske, Naučna knjiga, str. 165, Beograd
11. Stamenković, V., Jeremić, B., 1969: Iskorišćavanje letećeg pepela kao komponente mase za injektiranje tla, „Rudarski glasnik” br. 3, str. 36 – 43, Beograd
12. USDA (1951): Handbook 18, Soil Survey Manual
13. Kosovski ugljeni basen, geološki profili bušenja – obrađeni profili, Preduzeće za istraživanje i eksploataciju kosovskog lignita, Obilić, 1953.
14. Dokumentacioni geomehantički elaborat o ispitivanjima fizičko – mehaničkih osobina krovinskih i podinskih sedimenata i uglja – Srednje Kosovo/Istočni deo, Rudarski institut, OOUR Zavod za eksploataciju mineralnih sirovina, Beograd, 1978.
15. Elaborat o izvršenim geološkim istražnim radovima na prostoru kosovskog basena Srednje Kosovo, knjige 1 i 3, INKOS – Zavod za geologiju, Priština, 1988.
16. Studija parametara i kriterijuma za izbor mikrolokacije rudnika, Rudarski institut, Beograd, 1989.

Autori: dipl.inž. Željko Dželetović, Institut za primenu nuklearne energije – INEP, Beograd, dipl.inž. Aleksandar Đikić, Poljoprivredni fakultet, Priština i dr inž. Radoslav Filipović, Institut za primenu nuklearne energije – INEP, Beograd
Recenzent: dr inž. Gligorije Antonović, naučni savetnik, Institut za zemljište, Beograd
Članak primljen 1.7.1991, prihvaćen 12.3.1992.

BIBLIOGRAFSKI PODACI ZA ČLANKE U „RUDARSKOM GLASNIKU” U 1991.

<p>621.867 : 621.825</p> <p>Hodžić Asim: Određivanje broja uzastopnih pokretanja hidrodinamičkih spojnica kod višemotornog pogona velikih transportera</p> <p>„Rudarski glasnik” br. 1 – 2 (30), 1991, str. 14 – 19</p> <p>Prikazan je postupak za određivanje kinetičke energije transportera i toplotnog kapaciteta hidrodinamičkih spojnica. Na osnovu toga je definisan broj uzastopnih pokretanja spojnica koje rade u sprezi sa asinhronim kaveznim motorima velikih transportera.</p>	<p>622.271 : 624.13 : 622.693.25</p> <p>Radojević Jovan – Obradović Radmilo – Stamatović Aleksandar – Milanović Zoran – Živanović Mirosljub – Grubačević Božidar – Gojković Nebojša: Utvrđivanje uticaja eksploatacije na promenu fizičko – mehaničkih svojstava materijala u odlagalištima</p> <p>„Rudarski glasnik” br. 3 – 4 (30), 1991, str. 13 – 18</p> <p>Analizirani su osnovni podaci o lignitskim basenima Srbije i uticaj otkopavanja, transporta i odlaganja jalovinskog materijala na promenu fizičko – mehaničkih osobina i stabilnost novoformiranih kosina.</p>
<p>621.879.2.004.14</p> <p>Makar Nenad – Maksimović Nebojša – Marjanac Simeun: Tehnologija rada bagera C – 700S u bloku u zavisnosti od njegovih tehno – eksploatacionih karakteristika</p> <p>„Rudarski glasnik” 3 – 4 (30), 1991, str. 5 – 12</p> <p>Za rotorni bager C – 700S su grafički i analitički obrađeni mikroparametri rada u bloku. Posebno su naglašeni nagibi bočnih kosina i uglovi okretanja katarke rotora koji su u direktnoj funkciji uglova slobodnog rezanja</p>	<p>622.33/.37.004.68</p> <p>Simeunović Veljko: Određivanje potrebnog stepena rekonstrukcije rudnika uglja na osnovu njegovog tehničkog nivoa</p> <p>„Rudarski glasnik” br. 3 – 4 (30), 1991, str. 39 – 44 ..</p> <p>Data je teorijska osnova za ocenu stepena rekonstrukcije rudnika uglja sa podzemnom eksploatacijom i metodologija određivanja tehničkog nivoa pojedinih podsistema i tehnoloških šema rudnika, koja omogućava da se dobije stvarna predstava o ukupnom tehničkom nivou podzemnog proizvodnog sistema.</p>
<p>621.879.4.004.17</p> <p>Čirić Dragoljub: Rotorni bageri i površinski kopači (CSM) na istom otkopnom polju – uporedna analiza rezultata istraživanja dve tehnologije</p> <p>„Rudarski glasnik” br. 1 – 2 (30), 1991, str. 20 – 26</p> <p>Izvršenim istraživanjima su određene vrednosti relevantnih tehno – ekonomskih parametara za dve tehnologije i utvrđene razlike između tehničkih, sigurnosnih, organizacionih i ekonomskih faktora</p>	<p>622.343 + 622.693.25 : 628.515 „Pek”</p> <p>Lazić Ljiljana: Uticaj izliverne jalovine Rudnika bakra Majdanpek na mikrofloru vode reke Pek</p> <p>„Rudarski glasnik” br. 1 – 2 (30), 1991, str. 68 – 77</p> <p>Prikazana su mikrobiološka istraživanja reke Pek, započeta posle havarije koja se dogodila u RB Majdanpek, koja su imala za cilj da se sagledaju efekti nastalog zagađenja i prate procesi naseljavanja živog sveta.</p>
<p>624.131.53.622.271 : 622.332</p> <p>Radojević Jovan – Stamatović Aleksandar – Milanović Zoran – Gojković Nebojša: Doprinos metodologiji utvrđivanja stabilnosti radnih kosina u povlatnim sedimentima površinskih kopova uglja</p> <p>„Rudarski glasnik” br. 3 – 4 (30), 1991, str. 19 – 24</p> <p>Predmet ovog rada predstavlja pokušaj da se odgovarajućim priznatim postupcima statističke analize obradi i sistematizuje veliki broj uzoraka iz povlatnih sedimentata površinskih kopova tercijerne starosti u Jugoslaviji.</p>	<p>622.343 : 622.271 „Tilva Roš”</p> <p>Petković Zoran – Milanović Petar – Radojević Jovan – Gojković Nebojša: Pristup podzemnom otkopavanju preostale rude u obodnim delovima površinskog kopa rudnog tela Tilva Roš</p> <p>„Rudarski glasnik” br. 1 – 2 (30), 1991, str. 5 – 13</p> <p>Prikazani su rezultati istraživanja parametara radne sredine, statistički konturni dijagrami za južni i zapadni deo rudnog tela, analiza naponskog stanja i uglovi i zone zarušavanja za radnu sredinu definisanu kao ruda i radnu sredinu kaolinisanog andezita.</p>

<p>622.349. : 622.6 : 681.142</p> <p>Popović Nebojša: Transport rude i jalovine u rudniku Đurakov Do</p> <p>„Rudarski glasnik” br. 1 – 2 (30), 1991., str. 27 – 32</p> <p>Obrađen je proračun transporta rude i jalovine, kao jedna od ključnih faza tehnološkog procesa proizvodnje rude, sa ciljem da on bude tako rešen da ne predstavlja usko grlo u procesu.</p>	<p>622.67.001.41</p> <p>Illić Dragan: Praćenje položaja izvoznih sudova u oknima rudnika</p> <p>„Rudarski glasnik” br. 3 – 4 (30), 1991, str. 25 – 28</p> <p>Dat je hronološki pregled postojećih uređaja za praćenje položaja sudova rudarskih izvoznih mašina, sa ocenom nedostataka svakog pojedinog rešenja i predlogom pravaca kojima treba ići u daljem usavršavanju ovih uređaja.</p>
<p>622.44.002.5 : 628.517.2</p> <p>Pejčinović Jovan – Brašnjević Ratko: Zaštita od buke ventilatora</p> <p>„Rudarski glasnik” br. 1 – 2 (30), 1991, str. 60 – 67</p> <p>Na primeru glavnih jamskih ventilatora RUŽV prikazani su osnovni principi vezani za nastajanje i proračun jačine buke na izvoru i određenoj udaljenosti od ventilatora, principi proračuna i tehnička rešenja za smanjenje buke.</p>	<p>622.765 : 622.344</p> <p>Lazarević Živorad – Konec Zoltan – Adamović Milosav – Došenović Jovo: Utvrđivanje fenomena aktiviranja pirita uz pomoć FeSO₄ primenom kolektivno – selektivnog flotiranja cinkovo – piritne rude ležišta Čadinje kod Prijepolja</p> <p>„Rudarski glasnik” br. 1 – 2 (30), 1991, str. 50 – 52</p> <p>Opisan je nov postupak za koncentraciju polimetalične ZnS – FeS₂ rude ležišta Čadinje. Kolektivnim postupkom flotiranja pirita aktiviranog uz pomoć FeSO₄ i minerala cinka se naknadnim razdvajanjem dobijaju visokokvalitetni koncentracije minerala cinka i pirita.</p>
<p>622.5 – 52</p> <p>Pejčinović Jovan – Knežević Mirko: Automatsko upravljanje pumpama za odvodnjavanje rudnika</p> <p>„Rudarski glasnik” br. 1 – 2 (30), 1991, str. 34 – 43</p> <p>Imajući u vidu značaj automatskog upravljanja pumpnim uređajima, u ovom radu je dat opis principa i sastavnih komponenata za automatsku kontrolu i upravljanje sa karakterističnim šemama.</p>	<p>622.767 : 622.332 „Pljevlja”</p> <p>Canic Mihajlo – Đokić Stevan – Šer Vilim: Predlog procesa čišćenja uglja Pljevlja</p> <p>„Rudarski glasnik” br. 3 – 4 (30), 1991, str. 45 – 53</p> <p>Saopšteni su rezultati dobijeni ispitivanjem mogućnosti čišćenja na uzorku rovnog uglja ležišta Potrica. Dat je i predlog procesa čišćenja „Parnaby” postupkom.</p>
<p>622.53 „Stari Trg”</p> <p>Pejčinović Jovan: Problematika odvodnjavanja rudnika Trepča, Stari Trg</p> <p>„Rudarski glasnik” br. 3 – 4 (30), 1991, str. 29 – 38</p> <p>Na primeru rudnika Trepča, Stari Trg, prikazani su konceptija odvodnjavanja i principi zaštite u fazi otvaranja novih horizonata u uslovima postojanja velike akumulacije i povećanog priliva vode.</p>	<p>622.812 : 624.192</p> <p>Martinović Vido – Lilić Nikola: Izboj metana u višenamenskom tunelu između Tivta i Kotora</p> <p>„Rudarski glasnik” br. 3 – 4 (30), 1991, str. 74 – 79</p> <p>Pored prikaza geoloških istraživanja i pojave izboja gasa pri izradi višenamenskog tunela Vrmac, u ovom radu je dat i opis mera za sanaciju i nastavak radova u uslovima dinamičke pojave izboja gasa.</p>

<p>622.88 : 347.42</p> <p>Patarić Momčilo – Stojanović Aleksandar: Oštećenje objekata na rudnicima i oštećenja vlasnika</p> <p>„Rudarski glasnik“ br. 1 – 2 (30), 1991, str. 44 – 49</p> <p>Oštećenje objekata, nastalo kao posledica rudarskih radova je veoma aktuelan problem u našem rudarstvu. Pošto glavni sporovi nastaju oko ocene stepena oštećenja, opisani su postupci po kojima se obavlja procena oštećenja objekata u Nemačkoj i SSSR-u, a koji mogu da se koriste i u našem rudarstvu.</p>	<p>662.613 : 622.693</p> <p>Branković Božidar – Knežević Dinko – Milošević Milan – Joksimović Verica – Monevski Branimir: Mogućnosti i uslovi deponovanja pepela TE Kostolac – B</p> <p>„Rudarski glasnik“ br. 1 – 2 (30), 1991, str. 53 – 59</p> <p>Radi iznalaženja definitivnog postupka odlaganja pepela i šljake obavljena su detaljna ispitivanja pepela. Na bazi utvrđenih parametara data je analiza načina deponovanja pepela, koja predodređuje dalji pravac optimizacije transporta i deponovanja pepela.</p>
<p>622.882 „Kosovo“</p> <p>Dželetović Željko – Đikić Aleksandar – Filipović Radoslav: Ocena rekultibilnosti litoloških članova krovine ugljenog sloja u kosovskom ugljenom basenu</p> <p>„Rudarski glasnik“ br. 3 – 4 (30), 1991, str. 80 – 85</p> <p>Predstavljani su litološki članovi krovine i podine ugljenog sloja na području prostiranja budućih površinskih kopova Južno Kosovo, Laplje Selo i Ugljare – Preoce. Ocena rekultibilnosti je izvedena na osnovu prikaza pojedinih agrofizičkih i agrohemijskih svojstava.</p>	<p>662.62 : 662.933 + 621.187.1</p> <p>Šakić Dušan: Opšti aspekt korišćenja mešavine uglja – voda (II)</p> <p>„Rudarski glasnik“ br. 1 – 2 (30), 1991, str. 78 – 84</p> <p>Razmatran je izbor ugljeva za proizvodnju mešavine uglja – voda, definisana i sistematizovana do sada korišćena goriva i navedeni osnovni kriterijumi po kojima bi se vršio izbor ugljeva.</p>
<p>622.822.2 „Aleksinac“</p> <p>Elezović Vaso – Ćurčić Aleksandar: Karakteristike egzogenog požara u jami rudnika Aleksinac</p> <p>„Rudarski glasnik“ br. 3 – 4 (30), 1991, str. 66 – 73</p> <p>U članku su iznete karakteristike egzogenog požara u jami Morava, u kojoj je nastradalo 90 rudara. Karakteristike požara su date na osnovu stvarnih rezultata i uz pomoć podataka iz literature.</p>	<p>662.642 : 622.7</p> <p>Branković Božidar – Milošević Milan – Knežević Dinko – Škundrić Mihajlo: Čišćenje lignita kao osnova zaštite okoline i povećanja rezervi uglja</p> <p>„Rudarski glasnik“ br. 3 – 4 (30), 1991, str. 54 – 60</p> <p>Predložen je novi pristup zaštiti okoline uvođenjem postupka čišćenja lignita pre sagorevanja u TE, čime se smanjuju troškovi izgradnje TE i povećavaju rezerve uglja prevođenjem vanbilansnih rezervi u bilansne.</p>
<p>628.511 : 622.73.002.4</p> <p>Grbović Branislav – Žugić Gradimir: Uklanjanje sekundarnog nataložene prašine iz drobilnog postrojenja RB Majdanpek uz pomoć sistema vakuum čistača</p> <p>„Rudarski glasnik“ br. 3 – 4 (30), 1991, str. 61 – 65</p> <p>Prikazano je tehničko rešenje sistema za tzv. suvo uklanjanje prašine vakuum čistačem tipa VEC MAGNUM PLUS, koji ima izvanredne karakteristike: veliki kapacitet i potpritisak, kao i mogućnost hidrauličnog transporta.</p>	<p>65.012.2 : 622.3.001.2</p> <p>Illić Milivoje: Objašnjenje algoritma parametrizacije rezervi mineralnih sirovina</p> <p>„Rudarski glasnik“ br. 1 – 2 (30), 1991, str. 85 – 88</p> <p>Izložen je opšti problem parametrizacije rezervi pre ulaženja u algoritam korišćenja, bilo u površinskoj ili podzemnoj eksploataciji.</p>



RUDARSKI INSTITUT BEOGRAD - ZEMUN

Batajnički put br. 2 tel. 195-112; 198-112. telex 11830 YU RI

Na principu inženjeringa, samostalno i u saradnji sa domaćim i stranim izvođačima, Rudarski Institut obavlja:

- TERENSKA, LABORATORIJSKA I POLUINDUSTRIJSKA ISTRAŽIVANJA
- IZRADU NAUČNIH I EKONOMSKO-TEHNIČKIH STUDIJA
- IZRADU KOMPLETNIH PROJEKATA
 - površinske i podzemne eksploatacije mineralnih sirovina
 - oplemenjivanja mineralnih sirovina i primarne prerade obojene metalurgije
 - miniranja, transporta, ventilacije, termotehnike, građevinsko-arhitektonske i elektromašinske delatnosti i tehničke zaštite
- IZGRADNJU OBJEKATA I OPREMANJE POSTROJENJA, NADZOR, PUŠTANJE U POGON, UVOĐENJE I UHODAVANJE TEHNOLOŠKIH PROCESA I OBUKU KADROVA
- REKONSTRUKCIJU, MODERNIZACIJU I AUTOMATIZACIJU, NADZOR I VOĐENJE POSTOJEĆIH TEHNOLOŠKIH PROCESA
- VRŠI OPTIMIZACIJU KAPACITETA I IZBOR NAJPOVOLJNIJIH VARIJANTI KORIŠĆENJEM SAVREMENIH METODA I MATEMATIČKIH MODELA

Centar za dokumentaciju Rudarskog Instituta obaveštava o dostignućima svetske rudarske nauke i prakse iz navedenih delatnosti.

U okviru svoje izdavačke delatnosti Rudarski Institut izdaje kvartalni časopis:

RUDARSKI GLASNIK



RUDARSKI INSTITUT BEOGRAD - ZEMUN

Batajnički put br. 2 tel. 195-112; 198-112. telex 11830 YU RI

On engineering principles, independently and in collaboration with domestic and foreign partners, the Institute of Mines performs:

- FIELD, LABORATORY AND PILOT-SCALE INVESTIGATIONS
- ELABORATION OF SCIENTIFIC AND FEASIBILITY STUDIES
- ELABORATION OF COMPLETE PROJECTS FOR
 - open-cast and underground exploitation of mineral ores
 - mineral ore dressing and primary processing of non-ferrous metallurgy
 - blasting, transport, ventilation, heat engineering, civil engineering, electro-machine objects and technical protection
- CONSTRUCTION AND EQUIPMENT OF PLANTS, SUPERVISION, STARTING UP, INTRODUCTION AND RUNNING IN OF TECHNOLOGICAL PROCESSES, AND STAFF TRAINING
- RECONSTRUCTION, MODERNIZATION AND AUTOMATION, SUPERVISION AND MANAGEMENT OF CURRENT TECHNOLOGICAL PROCESSES
- PERFORMS CAPACITY OPTIMIZATIONS AND SELECTION OF MOST FAVORABLE ALTERNATIVE BY USE OF MODERN METHODS AND MATHEMATICAL MODELS

Documentation Center of the Institute of Mines supplies information on world's mining science and practice achievements in above mentioned activities.

The Institute of Mines editorial activities include the quarterly periodical:

RUDARSKI GLASNIK

