

RUDARSKI GLASNIK  
YU ISSN 0035 — 9637

BROJ **1**  
1988

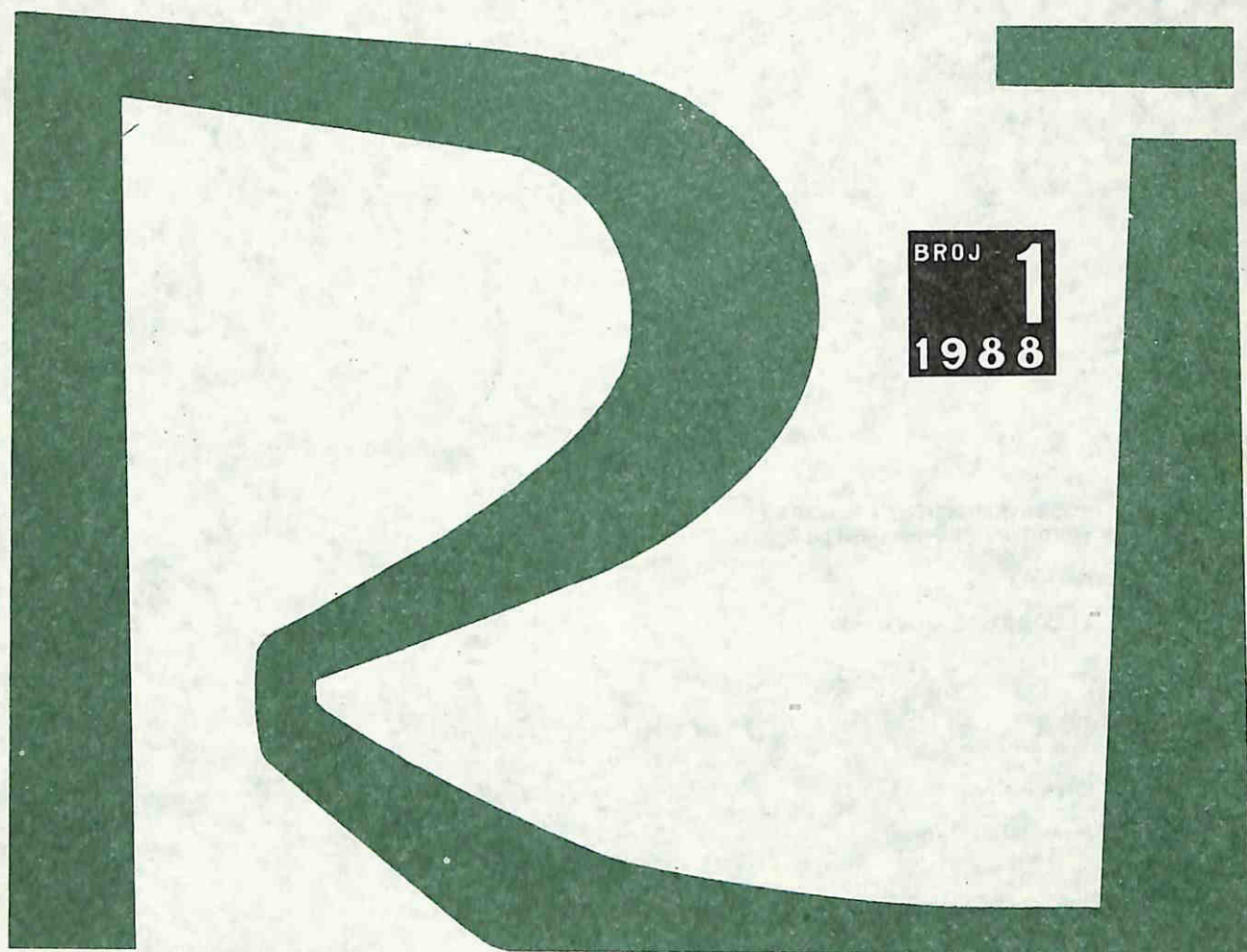
# **RUDARSKI GLASNIK**

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

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” – BEOGRAD, BUL. VOJVODE MIŠIĆA 43, TEL. 651-067

RUDARSKI GLASNIK  
YU ISSN 0035 - 9637



# 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) BATAJNIČKI PUT BROJ 2 - JUGOSLAVIJA

***Izdavač:***

**RUDARSKI INSTITUT – BEOGRAD**  
11080 Zemun, Batajinički put br. 2

***Redakcija:***

**11000 Beograd, Zmaj Jovina 21**

***Glavni urednik:***

**dr inž. ĐURO MARUNIĆ**

***Redakcioni odbor:***

**RADMILO OBRAĐOVIĆ, dr inž., Rudarski institut, Beograd**  
**DRAGORAD IVANKOVIĆ, 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**  
**GOJKO HOVANEĆ, prof. inž., Rudarski institut, Beograd**  
**VEĽIBOR KAĆUNKOVIĆ, dipl.inž., Rudarski institut, Beograd**  
**MIRA MITROVIĆ, dipl.inž., Rudarski institut, Beograd**

***Redakcija:***

**MIRA MARKOVIĆ, dipl.fil., Rudarski institut, Beograd**

**U finansiranju časopisa učestvuje Republička zajednica za naučni rad, Beograd**

## Sadržaj

### *Eksploatacija mineralnih sirovina*

|                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------|----|
| Dipl.inž. ZLATAN MATKO — dipl.inž. ZORAN ROSIĆ — dipl.inž. ŠIMEUN MARJANAC   |    |
| Mogućnosti površinske eksploatacije kamenog uglja „Moatize“ — Mozambik ..... | 5  |
| Summary .....                                                                | 10 |
| Zusammenfassung .....                                                        | 10 |
| Rezjume .....                                                                | 11 |

|                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Dipl.inž. ZORAN ROSIĆ                                                                       |    |
| Metoda pripreme čvrstih stena za rad kontinualne mehanizacije na površinskim kopovima ..... | 12 |
| Summary .....                                                                               | 19 |
| Zusammenfassung .....                                                                       | 19 |
| Rezjume .....                                                                               | 19 |

### *Priprema mineralnih sirovina*

|                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Prof. inž. GOJKO HOVANEĆ — dipl.inž. ZVONKO MITROVIĆ — dipl.inž. MILAN MILOŠEVIĆ —        |    |
| ATANAS TOKOV, hem.tehn.                                                                   |    |
| Rezultati ispitivanja mogućnosti luženja minerala bakra iz zaostale rude u jami Bor ..... | 20 |
| Summary .....                                                                             | 24 |
| Zusammenfassung .....                                                                     | 24 |
| Rezjume .....                                                                             | 27 |

|                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Dipl.inž. DINKO KNEŽEVIĆ                                                                           |    |
| Uticaj tehničko—tehnoloških rešenja pri formiranju deponija pepela i šljake na smanjenje zagađenja |    |
| okoline .....                                                                                      | 28 |
| Summary .....                                                                                      | 33 |
| Zusammenfassung .....                                                                              | 34 |
| Rezjume .....                                                                                      | 34 |

### *Ventilacija i tehnička zaštita*

|                                                                                                         |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Dipl.inž. VLADIMIR IVANOVIĆ                                                                             |    |
| Uticaj hemijsko—fizičkih štetnosti kao bitnog faktora radnih uslova na skraćenje radnog veka radnika na |    |
| površinskim kopovima .....                                                                              | 35 |
| Summary .....                                                                                           | 44 |
| Zusammenfassung .....                                                                                   | 44 |
| Rezjume .....                                                                                           | 44 |

|                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Dipl.inž. DRAGAN GUZIĆ                                                                       |    |
| Ispitivanje eksperimentalno izvedenog aspiracionog sistema otprašivanja kotlovskog bunkera u |    |
| TENT—B Obrenovac .....                                                                       | 46 |
| Summary .....                                                                                | 51 |
| Zusammenfassung .....                                                                        | 51 |
| Rezjume .....                                                                                | 51 |

### ***Termotehnika***

**Dr inž. VOJISLAV VULETIĆ — prof. dr inž. DRAGOMIR KOCIĆ**

|                                                                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Istraživanje uticaja gasodinamičkog otpora na prelazne procese u magistralnom gasovodu metodom digitalne simulacije ..... | 53 |
| Summary .....                                                                                                             | 60 |
| Zusammenfassung .....                                                                                                     | 60 |
| Rezjume .....                                                                                                             | 61 |

### ***Projektovanje i konstruisanje***

**Dipl.inž. DUŠKO KRASIN**

|                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tehničko rešenje grejanja pogonske zgrade rudnika olova i cinka Zaplanina, Kopaonik ..... | 62 |
| Summary .....                                                                             | 65 |
| Zusammenfassung .....                                                                     | 65 |
| Rezjume .....                                                                             | 65 |

|                                                            |    |
|------------------------------------------------------------|----|
| <b><i>Nova oprema i nova tehnička dostignuća</i></b> ..... | 66 |
|------------------------------------------------------------|----|

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| <b><i>Bibliografija</i></b> ..... | 67 |
|-----------------------------------|----|

## MOGUĆNOSTI POVRŠINSKE EKSPLOATACIJE KAMENOG UGLJA „MOATIZE“ – MOZAMBIK

(sa 2 slike)

Dipl.inž. Zlatan Matko – dipl.inž. Zoran Rosić –  
– dipl.inž. Simeun Marjanac

### Uvod

Često se u nizu – projektovanje, ugovaranje i nabavka opreme, izvođenje radova – iz razloga specifičnih za tehnološke i tržišno–ekonomske uslove savremenog privređivanja, remeti logički redosled. Naročito kada se ima u vidu, u rudarstvu kao i drugim granama privrede, potreba za ubrzanim donošenjem celishodnih odluka o količini investicija.

Izbor sistema eksploatacije na površinskim kopovima, dobrim delom zavisi od ulaganja u odgovarajuću osnovnu opremu.

Mogućnosti za postavljanje sistema eksploatacije nastaju na osnovu zadate dve varijante dinamike eksploatacije i iskustva sa odgovarajućom opremom iz jugoslovenskih rudnika sa sličnim rudarsko–geološkim uslovima\*)

### Prva varijanta eksploatacije

Prva varijanta predstavlja eksploataciju tehnološkim sistemom *bager–damper*, za godišnju proizvodnju od 1.200.000 t uglja uz koeficijent otkrivke od  $1,5 \text{ m}^3/\text{t}$ , a za rezerve uglja od  $79 \times 10^6 \text{ t}$ .

\*) Za svaku varijantu data je cena opreme u zapadnoj valuti, sa naznakom koji bi se deo opreme mogao nabaviti u Jugoslaviji. Predložene cene, s obzirom na način plaćanja i količinu, mogu pretrpeti korekciju od  $\pm 10\%$ .

Zadata dinamika za prvu varijantu eksploatacije prikazana je u tablici 1.

Tablica 1

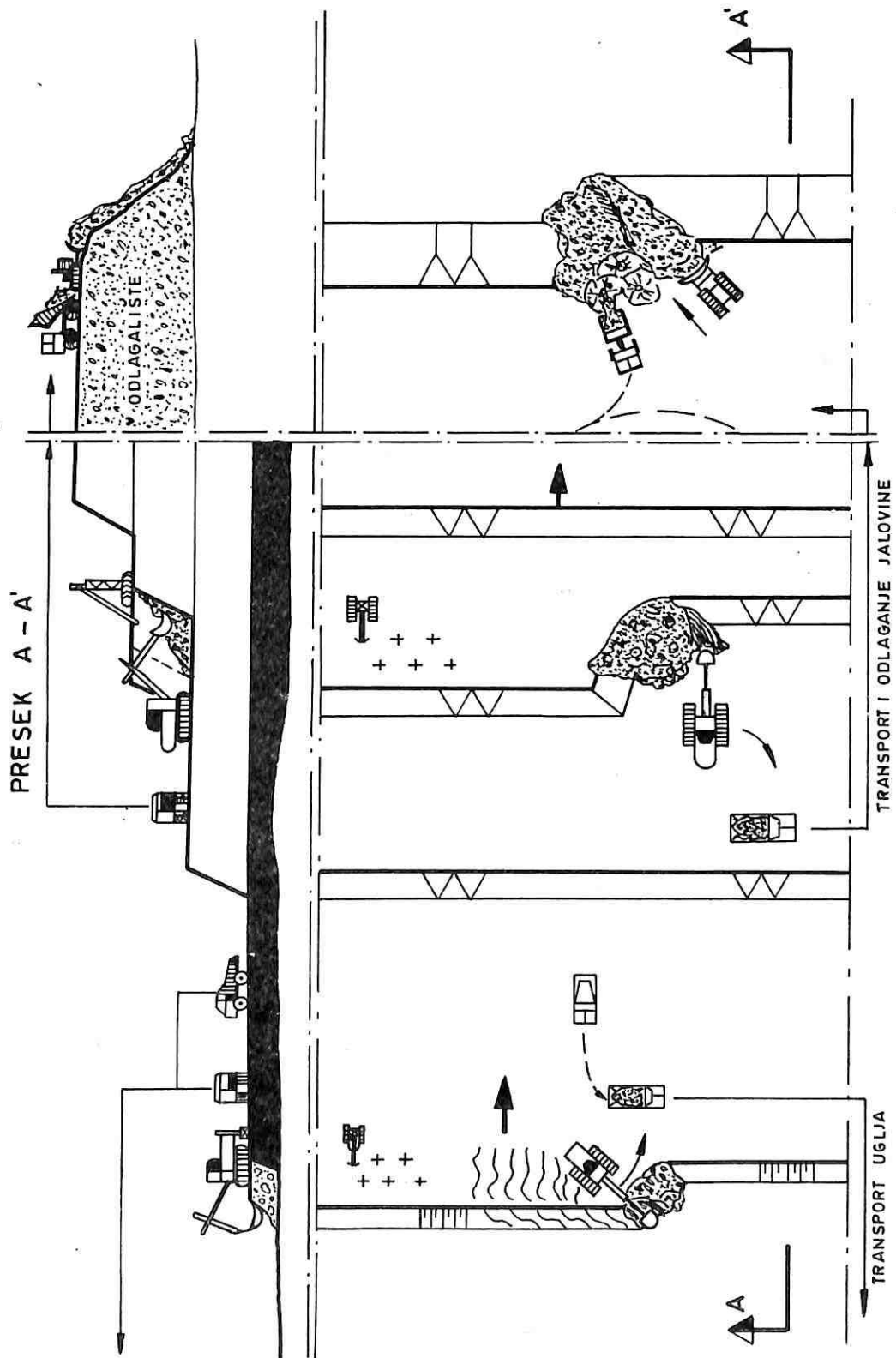
| Godina | Otkrivka<br>$\times 10^3 \text{ čm}^3$ | Uglj<br>$\times 10^3 \text{ t}$ |
|--------|----------------------------------------|---------------------------------|
| 1      | 350                                    | 100                             |
| 2      | 450                                    | 200                             |
| 3      | 800                                    | 400                             |
| 4      | 1000                                   | 600                             |
| 5      | 1200                                   | 800                             |
| 6      | 1500                                   | 1000                            |
| 7      | 1800                                   | 1200                            |
| 8      | 1800                                   | 1200                            |
| 9      | 1800                                   | 1200                            |
| ...    | i dalje                                | i dalje                         |

Za navedenu dinamiku predložena je i proračunata oprema prikazana u tablici 2.

Data oprema ima instalisani kapacitet viši od 20% na otkrivci i 50% na uglju. Raspoloživa rezerva omogućava elastičan rad rudnika u uslovima promenljivog koeficijenta otkrivke.

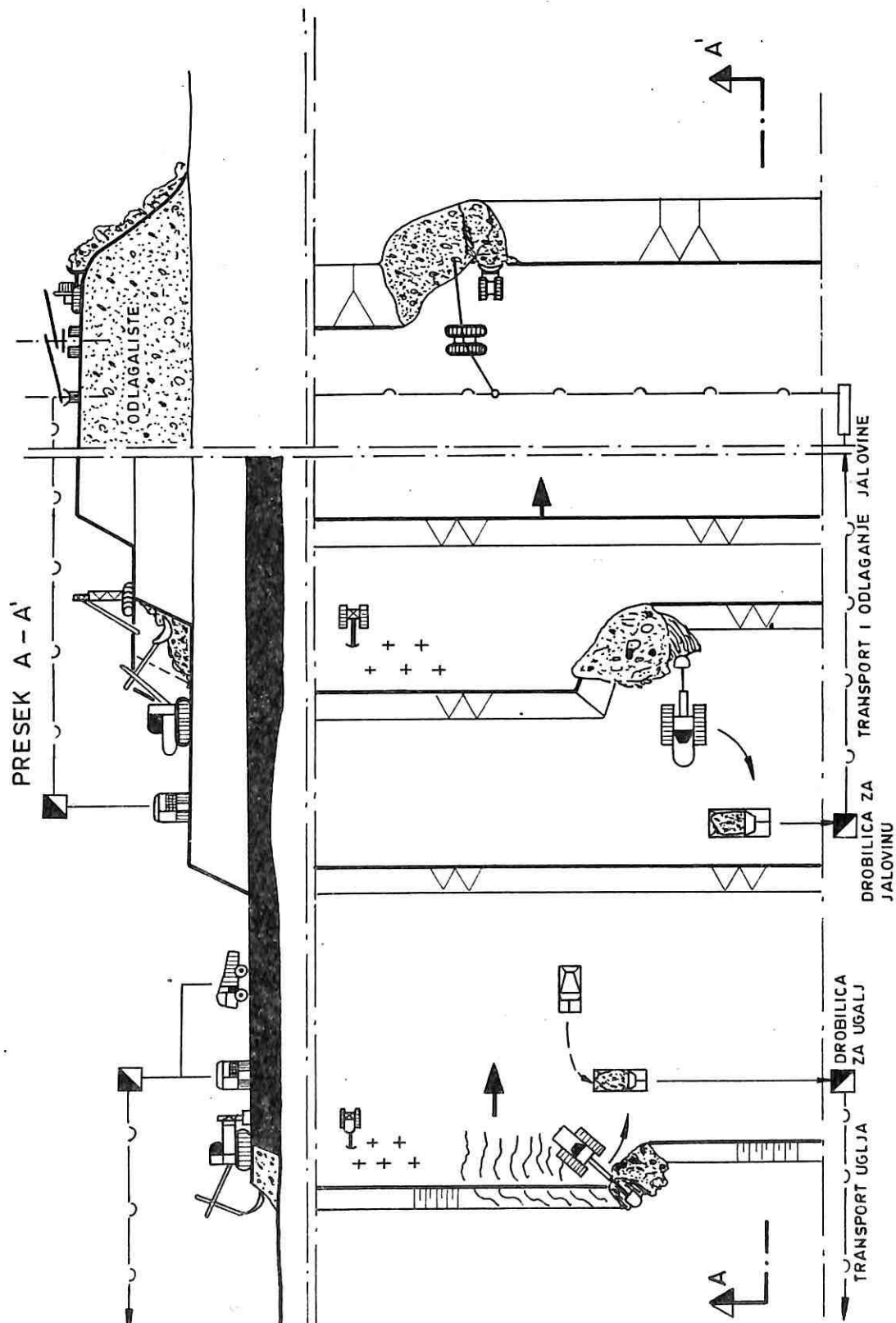
### Druga varijanta eksploatacije

S obzirom na rezerve uglja od 79.000.000 t i pretpostavljene mogućnosti plasmata od 2.500.000 t uglja godišnje, odnosno vek eksploatacije od cca 30 godina, može se primeniti tehnološki sistem *bager–samohodna drobilica–transporter*.



Sl. 1. – Tehnološka šema diskontinualnog rada





Sl. 2 – Tehnološka šema sa kontinualnim transportom

Tablica 2

| Oprema                                                        | Komada | Cena po komadu |
|---------------------------------------------------------------|--------|----------------|
| 1. Hidraulični bageri sa zapreminom kašike 5 m <sup>3</sup>   | 4      | 1.800.000 DM   |
| 2. Hidraulični bageri sa zapreminom kašike 3 m <sup>3</sup>   | 4      | 1.400.000 DM   |
| 3. Buldozeri sa snagom 220 kW                                 | 8      | 220.000 US \$  |
| 4. Kamioni za transport otkrivke sa zapreminom korpe 77 t     | 18     | 440.000 US \$  |
| 5. Kamioni za transport uglja sa zapreminom korpe 30 t        | 10     | 150.000 US \$  |
| 6. Bušaća garnitura za ugalj $\phi$ 76 mm sa kompresorom      | 2      | 260.000 DM     |
| 7. Bušaće garniture za otkrivanje $\phi$ 10 mm sa kompresorom | 3      | 350.000 DM     |
| 8. Grejder                                                    | 1      | 130.000 US \$  |
| 9. Kamioni cisterne za gorivo i vodu                          | 2      | 45.000 DM      |
| 10. Ostala pom. oprema rudnika (vozila, alat, pribor ...)     |        | 500.000 DM     |

Dinamika investiranja

Tablica 3

| Oprema                         | I–III god. rada |                 | IV–VII god. rada |                  |
|--------------------------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|
|                                | Kom.            | Cena            | Kom.             | Cena             |
| Hidraul. bager za otkrivanje   | 2               | 3.600.000 DM    | 2                | 3.600.000 DM     |
| Hidraulični bager za ugalj     | 1               | 1.400.000 DM    | 3                | 4.200.000 DM     |
| Buldozer                       | 4               | 880.000 US \$   | 4                | 880.000 US \$    |
| Vozilo za otkrivanje           | 8               | 3.200.000 US \$ | 10               | 4.000.000 US \$  |
| Vozilo za ugalj                | 4               | 600.000 US \$   | 6                | 900.000 US \$    |
| Bušaće garniture za otkrivanje | 2               | 700.000 DM      | 1                | 350.000 DM       |
| Bušaće garniture za ugalj      | 1               | 280.000 DM      | 1                | 280.000 DM       |
| Grejder                        | 1               | 130.000 US \$   |                  |                  |
| Cisterna                       | 2               | 90.000 DM       |                  |                  |
| Ostalo                         |                 | 200.000 DM      |                  | 300.000 DM       |
|                                |                 | 6.270.000 DM    |                  | 4.430.000 DM     |
|                                |                 | 4.210.000 US \$ |                  | 5.700.000 US \$  |
|                                | III             | 7.645.000 US \$ | III              | 10.318.000 US \$ |

Ukupne investicije u rudnik iznose: 17.963 000 US \$

Predložena varijanta omogućava znatne uštede u pogledu jedinične potrošnje energije i materijala po jedinici proizvoda, supstituciju nafte el. energijom i visoko učešće YU industrije. Nedostatak predložene dinamike je neophodna potreba za visokim kapacitetom.

Navedenoj dinamici i tehnologiji odgovara oprema prikazana u tablici 5.

Kod ulaganja najveći finansijski udar očekuje se u periodu od 3–5 godina kada se puštaju u pogon sistemi tračnih transportera i rad protočne drobilice za otkrivanje i ugalj.

Ukupna ulaganja u osnovnu opremu prikazana su u tablici 6.

Tablica 4

| Godina  | Otkrivka<br>(10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> ) | Ugalj<br>(10 <sup>3</sup> t) |
|---------|-----------------------------------------------|------------------------------|
| 1       | 350                                           | 100                          |
| 2       | 450                                           | 200                          |
| 3       | 800                                           | 400                          |
| 4       | 1200                                          | 800                          |
| 5       | 1600                                          | 1000                         |
| 6       | 1800                                          | 1200                         |
| 7       | 3000                                          | 1500                         |
| 8       | 3500                                          | 2000                         |
| 9       | 4000                                          | 2500                         |
| i dalje |                                               |                              |

Tablica 5

| Oprema                                            | Komada |
|---------------------------------------------------|--------|
| 1. Hidraulični bager za otkrivku 5 m <sup>3</sup> | 6      |
| 2. Hidraulični bager za ugalj 3 m                 | 7      |
| 3. Kamioni za transport uglja 30 t                | 10     |
| 4. Kamioni za transport otkrivke 77 t             | 14     |
| 5. Bušaće garniture za otkrivku                   | 5      |
| 6. Bušaće garniture za ugalj                      | 4      |
| 7. Buldozeri snage 220 kW                         | 10     |
| 8. Buldozeri sa bočnim kranom                     | 3      |
| 9. Samohodna drobilica za otkrivku                | 2      |
| 10. Samohodna drobilica za ugalj                  | 2      |
| 11. Transporteri za otkrivku                      | 4      |
| 12. Transporteri za ugalj                         | 4      |
| 13. Samohodni odlagač                             | 1      |
| 14. Grejder                                       | 1      |
| 15. Kamioni cisterne                              | 2      |
| 16. Dizalica za montažu                           | 1      |
| 17. Ostala pomoćna oprema                         |        |

Tablica 6

| Stavka                          | Jedinična cena  | Kom. | Ukupno           |
|---------------------------------|-----------------|------|------------------|
| 1.                              | 1,800,000 DM    | 6    | 10,800,000 DM    |
| 2.                              | 1,400,000 DM    | 7    | 9,800,000 DM     |
| 3.                              | 150,000 US \$   | 10   | 1,500,000 US \$  |
| 4.                              | 400,000 US \$   | 14   | 5,600,000 US \$  |
| 5.                              | 350,000 DM      | 5    | 1,750,000 DM     |
| 6.                              | 280,000 DM      | 4    | 1,120,000 DM     |
| 7.                              | 220,000 US \$   | 10   | 2,200,000 US \$  |
| 8.                              | 250,000 US \$   | 3    | 750,000 US \$    |
| 9.                              | 1,600,000 US \$ | 2    | 3,200,000 US \$  |
| 10.                             | 900,000 DM      | 2    | 1,800,000 DM     |
| 11.                             | 4,000,000 US \$ | 4    | 4,000,000 US \$  |
| 12.                             | 2,500,000 US \$ | 4    | 2,500,000 DM     |
| 13.                             | 1,800,000 US \$ | 1    | 1,800,000 US \$  |
| 14.                             | 130,000 US \$   | 1    | 130,000 US \$    |
| 15.                             | 45,000 DM       | 2    | 90,000 DM        |
| 16.                             | 650,000 DM      | 1    | 650,000 DM       |
| 17.                             | 800,000 DM      | —    | 800,000 DM       |
| Ukupna cena po valutama iznosi: |                 |      | 29,310,000 DM    |
|                                 |                 |      | 20,980,000 US \$ |
| Sveukupno:                      |                 |      | 37,040,000 US \$ |

Na osnovu izvršene analize prednosti i slabosti razmatranih varijanti utvrđeno je da su troškovi proizvodnje po jedinici proizvoda za varijantu 2 niži za oko 40%, a angažovanje kvalifikovane radne snage niže za oko 30%, nego za varijantu 1.

Specifičnost ulaganja u afričke zemlje, ako je investitor Jugoslovenska banka, uz uvažavanje ostalih tehnoeekonomskih, tržišnih i političkih elemenata takođe mora uvažiti i učešće domaće YU industrije u opremanju rudnika.

Tablica 7

| Va-ri-jan-ta | God. prozv. uglja (t) | Ukupne investicije US \$ | Učešće jugoslovenske industrije |    | Vek eksploatacije<br>god. |
|--------------|-----------------------|--------------------------|---------------------------------|----|---------------------------|
|              |                       |                          | US \$                           | %  |                           |
| 1.           | 1200000               | 18,000,000               | 2,000,000                       | 11 | 60                        |
| 2.           | 2500000               | 37,000,000               | 12,000,000                      | 32 | 30                        |

#### Rekapitulacija ulaganja i analiza prednosti i slabosti razmatranih varijanti

U tablici 7 prikazana je rekapitulacija ulaganja sa učešćem jugoslovenske industrije i vekom eksploatacije, po varijantama.

Varijanta 1, koja tretira sistem eksploatacije sa mobilnom diskontinuiranom opremom, ima nedostatke:

- kontinualno snabdevanje naftom
- kvalitetno održavanje opreme (kamiona)

- kvalitetno snabdevanje rezervnim delovima
- veći broj kvalifikovane radne snage
- nisko učešće YU opreme

Varijanta I ima sledeće prednosti:

- brzo postizanje projektovanog kapaciteta
- leasing osnovne opreme (kamiona i bagera)
- mogućnost prebacivanja opreme na drugo ležište, zbog prekida proizvodnje, u kratkom vremenskom periodu.

Varijanta II, koja tretira sistem eksploatacije sa kombinovanom opremom, ima sledeće nedostatke:

- kontinualno snabdevanje električnom energijom
- u slučaju naglog prekida proizvodnje veći deo opreme ostaje na radilištu
- za ekonomičnu proizvodnju potrebno je obezbediti veći plasman (tržište) i transportna sredstva

Varijanta II ima sledeće prednosti:

- veće učešće domaće YU industrije
- manje procentualno učešće kvalifikovane radne snage
- niže proizvodne troškove

Za opremu iz prve varijante, pored jedinične tržišne cene najčešće u konvertibilnoj valuti, plaća-

ju se i carinske dažbine. Obezbeđenje konvertibilnih sredstava je relativno otežano. Cena nafte i njeno obezbeđenje u kontinuitetu takođe predstavlja problem. Devalvacija dinara otežava otplatu kredita za opremu. Plasman sirovine (uglja) na konvertibilno tržište je otežan ekološkim limitima (procentom sumpora) i ponudama iz ostalih zemalja.

Varijanta II sa kombinovanom opremom zahteva više investicija, a ujedno i veće rezerve u kapacitetu opreme da bi se postigao optimalan ekonomski kapacitet. Troškovi eksploatacije su niži, ali su osnovni problemi zatvaranje konstrukcije finansiranja i duži investicioni period. Više je učešće domaće industrije, ali je zato teže prihvatiti komercijalne kredite proizvođača opreme, s obzirom na kamatnu stopu i period otplate.

#### Zaključak

Za odluku o postavljanju optimalnog sistema eksploatacije na površinskom kopu sa zadatim varijantama dinamike eksploatacije, ovakva analiza, kao što je obrazloženo, ne može dati konačan odgovor. Ona za oba slučaja samo daje mogućnosti i naznačava suštinsku problematiku i tehno-ekonomske parametre. Ona, takođe, predstavlja neophodnu osnovu za kompleksnu tehno-ekonomsku studiju koja može doneti pravi odgovor.

#### SUMMARY

##### Possibilities of Elaborating a Mining System Exemplified by Hard Coal Openpit Mine Moatize — Mozambique

The paper reviews the required equipment and capital investments for two variants developed on the basis of experience gained in Yugoslav collieries with similar mining and geological conditions. Included is an analysis of advantages and shortcomings of developed variants that served as a base for equipment selection under actual conditions. This will serve as a base for a complete feasibility study that may supply a proper answer regarding selection of the mining system.

#### ZUSAMMENFASSUNG

##### Möglichkeit vom Gewinnungssystem am Beispiel des Steinkohlentagebaues Moatize — Mozambik

Im Absatz wird eine Übersicht der nötigen Geräte und der Investitionshöhe in zwei Varianten gegeben, die auf Grund von Erfahrungen in Jugoslawien bei Bergwerken mit ähnlichen montangeologischen Bedingungen gebildet ist. Es ist auch eine Analyse der Schwächen und der Vorteile von den dargestellten Varianten gegeben, und auf dieser Grundlage die Geräte für die konkreten Bedingungen gewählt. Sie dient als Grundlage zur vielseitiger technisch-ökonomischer Analyse, welche Antwort geben wird über die richtige Auswahl vom Gewinnungssystem \*

## **РЕЗЮМЕ**

### **Возможности введения системы эксплуатации на примере карьера каменного угля Моатизе—Мозамбин**

В статье дается обзор потребного оборудования и величины вложений для двух вариантов, сделанных на основе опыта югославских рудников со сходными горно-геологическими условиями. Также дается анализ преимуществ и недостатков приведенных вариантов на основе которых выполнен выбор оборудования в конкретных условиях. Она служит как основа для комплексного технико-экономического анализа, на основе которого возможно получить прямой ответ о выборе системы эксплуатации.

**Автори: dipl.inž. Zlatan Matko, dipl.inž. Zoran Rosić i dipl.inž. Simeun Marjanac, Zavod za eksploataciju mineralnih sirovina Rudarskog Instituta, Beograd**  
**Recenzent: dr inž. D. Ćirić, Rudarski institut, Beograd**  
**Članak primljen 24.2.1988, prihvaćen 21.3.1988.**

## METODA PRIPREME ČVRSTIH STENA ZA RAD KONTINUALNE MEHANIZACIJE NA POVRŠINSKIM KOPOVIMA

(sa 7 slika)

Dipl.inž. Zoran Rosić

### Uvod

U savremeno doba brzi razvoj procesa dobijanja u površinskoj eksploataciji ležišta zahteva aktualizaciju i sistematski prilaz tehnološkoj fazi otkopavanja i same pripreme materijala, naročito kada se ima u vidu prelaz — uključivanje u postupak strojeva i tehnoloških zahvata za pripremu snažnih (tvrdih) serija radi stvaranja uslova za nastup kontinualne mehanizacije.

Visok praktični i naučno—istraživački nivo, vezan za ovu problematiku, dostignut je u koncernu Severnočeških ugljenih basena.

### Podaci o eksploatacionom polju i mehanizaciji

Koncern Severnočeških ugljenih basena eksploatiše površinskim načinom 70—80 miliona tona mrkog uglja godišnje. S obzirom na ukupnu produkciju uglja u Čehoslovačkoj, može se konstatovati da se najmanje 60% svih ugljenih masa eksploatiše površinskim načinom. Tamošnja eksploatacija je, pri tom, suočena sa visokim zahtevima koji se odnose na premeštanje jalovog materijala. Radi se o kubaturama od oko  $350 \times 10^6 \text{ m}^3$  godišnje, dakle koeficijentu otkrivke od 4 do 5  $\text{m}^3/\text{t}$ .

U eksploataciji ovih masa otkrivke kao osnove tehnološke celine odlučujuću ulogu imaju BTO sistemi.

Podeljene po najmerodavnijem kriterijumu kapacitativnosti, tehnološke celine, koje su tamo u radu, sadrže sledeće elemente:

a) TC — 1, za  $2500 \text{ m}^3/\text{h}$

BTO sistem: rotorni bager KU — 300  
transporter (1200 ÷ 1400 mm;  $v = 4 \text{ m/s}$ )  
odlagač ZP — 2500

b) TC — 2, za  $5000 \text{ m}^3/\text{h}$

BTO sistem: rotorni bager KU — 800 (SR<sub>s</sub>—2000;  
K—2000; RK—5000, vedričar)  
transporter (1600 ÷ 1800 mm;  $v = 5 \text{ m/s}$ )  
odlagač ZP — 6600

Ostvarivanje kontinualne eksploatacije sistemima BTO, međutim, u relativno nepovoljnoj sredini ovih basena, koju karakterišu pojave proslojaka tvrdih materijala, praćeno je tehnološkim zahtevima drugog efektivnog reda, o kojima će ovde ukratko biti govora.

Otkrивku Severnočeških ugljenih basena („Habazovice“, Usti; „Julijus Fučik“, Bilina; „Ležaki“, Most; „Nastup“, „Tušimice“ i „V.I. Lenjin“, Komožani) karakteriše sastav veoma raznovrsnog materijala. Generalno, to su glinoviti sedimenti izrazite sklonosti ka komadnošću, pelosideriti, pelokarbonati i peščari visoke tvrdoće u obliku slojeva, proslojne jalovine i razbacanih valutaka. Kod ovih materijala pri dobijanju dolazi do razdvajanja od masiva pretežno cepanjem i odlamanjem, ali ne rezanjem.

Pojava komadnosti velikih dimenzija i masovnosti, logično, ugrožavala bi kontinualni tehnološki lanac havarijama, lomovima i čestim zastojima, i učinila ga nepodesnim za proces dobijanja. Razume se, potreba za redukcijom komadnosti je neophodna. Mogućnosti za to postoje pre dobijanja, za vreme samog dobijanja i neposredno po dobijanju, tj. u masivu, na samom rotornom bageru i ispred tračnih transportera.

S obzirom na raznorodni sastav materijala koji sačinjava otkrivku, stepen podesnosti masiva za kopanje nije ujednačen, kako po planu tako i po dubini.

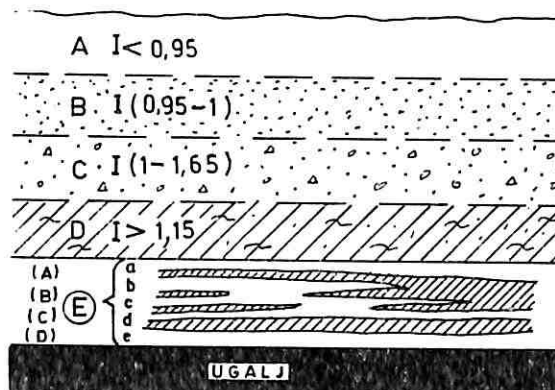
Prema stepenu podesnosti za kopanje, otkrivka bi se mogla svrstati u pet karakterističnih grupa ili sredina (prema sl. 1, sredine A, B, C, D i E).

Sredine A, B, C i D (rangirane po pogodnosti za kopanje, ili indeksu tvrdoće  $I$ , koji se kreće od 0,95 do 1,15), mogu da se dobijaju direktnim kopanjem (rotornim bagerom).

Indeks tvrdoće ( $I$ ) za svaku sredinu dobijen je utvrđivanjem vrednosti parametara „ $i$ “ (zapreminska težina, vlažnost, abrazivnost i dr.) iz određenog broja uzoraka:

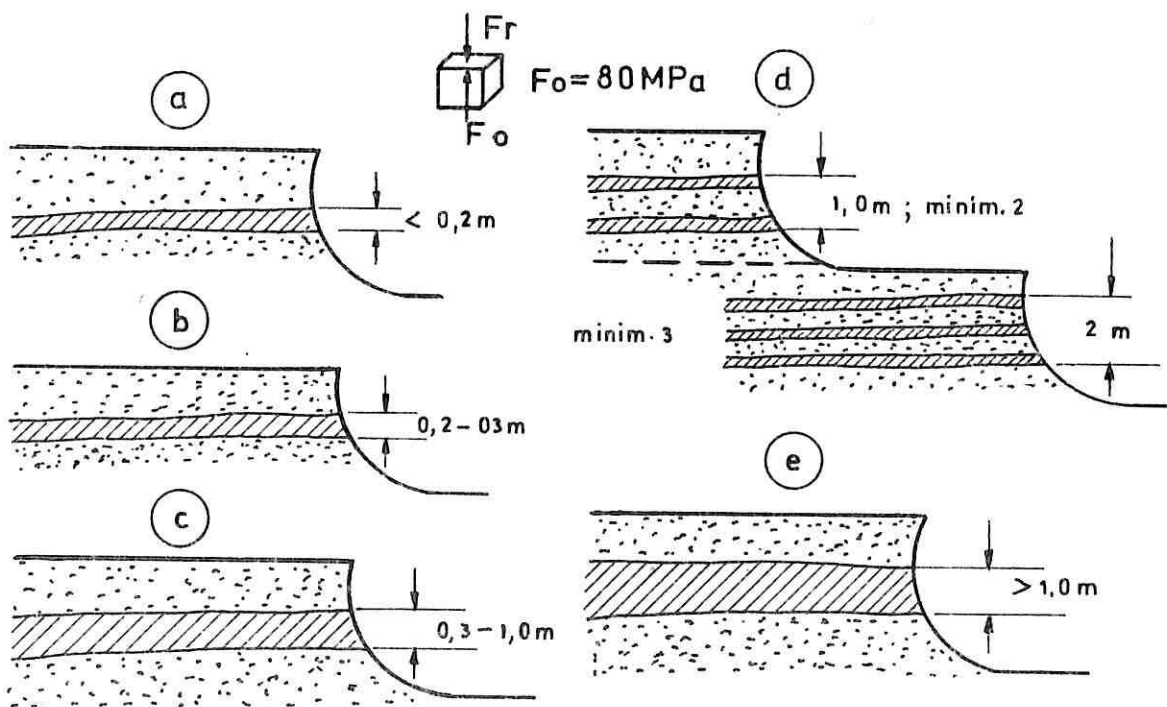
$$I = \frac{\sum_{i=1}^n i}{n}$$

Sredine A, B, C i D predstavljaju osnovni masiv otkrivke. Ako se u bilo kojoj od njih nalaze proslojci tvrdog materijala, ta sredina prelazi u sredinu E – nepogodnu za direktno kopanje (sl. 1).



Slika 1

Pojava tvrdih proslojaka u osnovnom masivu, tj. sredina E, okarakterisana je sledećim podgrupama (sl. 2):



Slika 2

Podgrupe su ustanovljene za graničnu vrednost otpora tvrdih proslojaka na silu rezanja od  $F_0 = 80$  MPa. Za veće vrednosti otpora na silu rezanja, a za iste dimenzije proslojaka, praktično, povoljnije podgrupe prelaze u nepovoljnije („a” u „b”, „b” u „c” itd.).

#### Metodološki postupak

Osnovna koncepcija u rešavanju problema prilagođavanja celokupne ili maksimalno moguće otkrivke za kontinualno dobijanje praktično predstavlja tehnološki tretman sredine E.

Prvo se mrežom istražnog bušenja vrši klasifikacija otkrivke, po planu i dubini, na radnu sredinu osnovnih grupacija (A, B, C, D) i definiše sredina E sa podgrupama (a, b, c, d i e) u zavisnosti od karaktera i moćnosti tvrdih proslojaka (sl. 3a).

Bušenjem, rastresanjem i prilagođenim miniranjem podgrupe a, b, c i d mogu se prilagoditi radu rotornog bagera (ili vedričara). Međutim, podgrupa e (kada debljina tvrdih proslojaka prelazi 1 m) i podgrupa d (u slučajevima kada je  $F_0 > 80$  MPa)

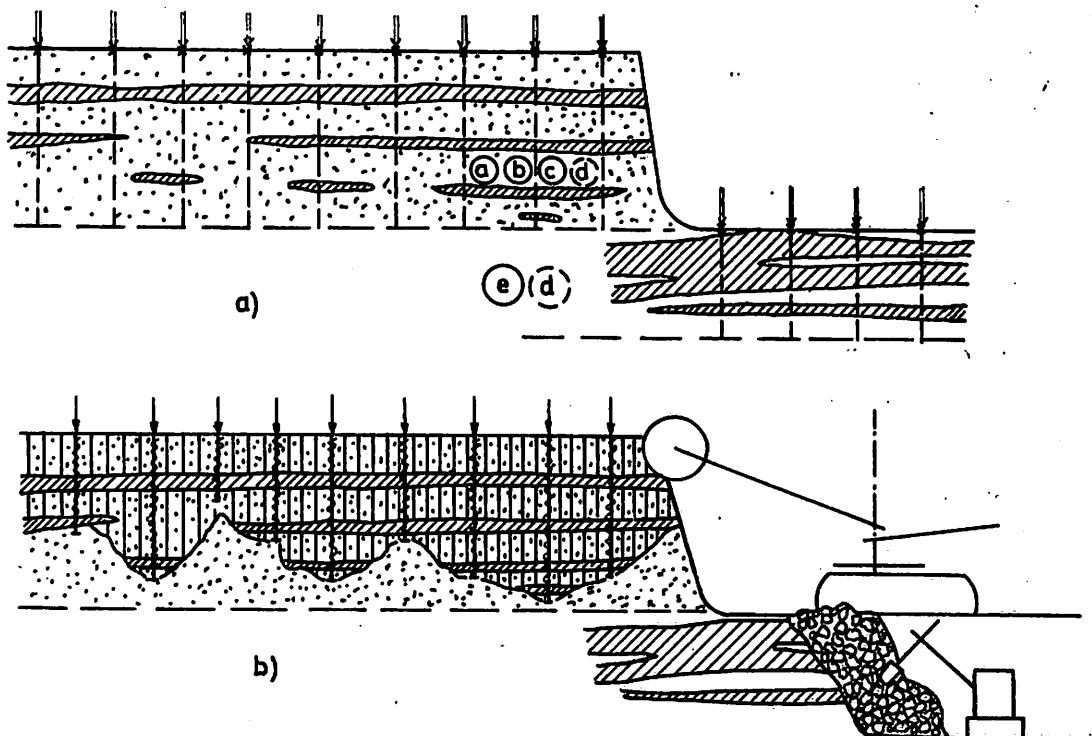
ne mogu. Ta otkrivka se dobija radom bagera kašikara uz pripremu klasičnim miniranjem (sl. 3b).

Sledeća faza u tretmanu sredine E je njena kategorizacija u odnosu na kapacitativne mogućnosti rotornog bagera, jer rotorni bager ostvaruje smanjeni učinak srazmerno uslovima u kojima će raditi (prema sl. 4 i tablici 1)

Tablica 1

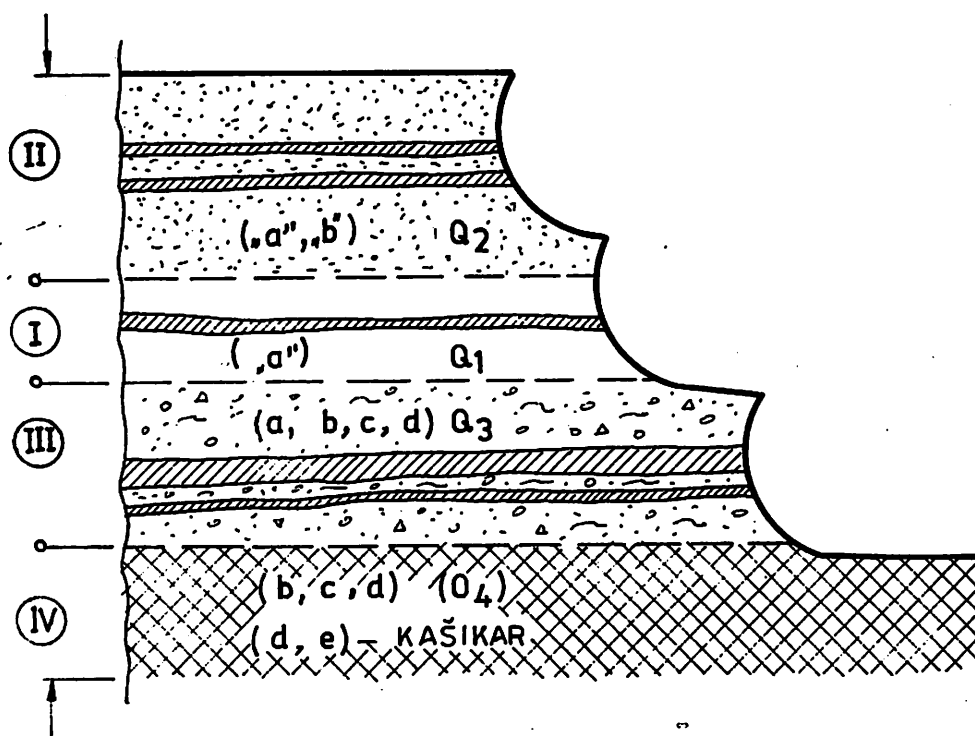
| Kategorija                 | I     | II    | III   | IV         |
|----------------------------|-------|-------|-------|------------|
| Kapacitet                  | $Q_1$ | $Q_2$ | $Q_3$ | $Q_4$      |
| Učinak u odnosu na Q tehn. | 0,95  | 0,75  | 0,6   | $\leq 0,5$ |

Zaključak je, da se ne isplati rad rotornog bagera u radnoj sredini IV kategorije, u kojoj bi, uz evidentne fizičke limite, ostvarivao jedva polovinu tehničkog kapaciteta. Zato se u ovoj kategoriji predviđa kombinacija rada sa bagerom kašikarom.



Slika 3

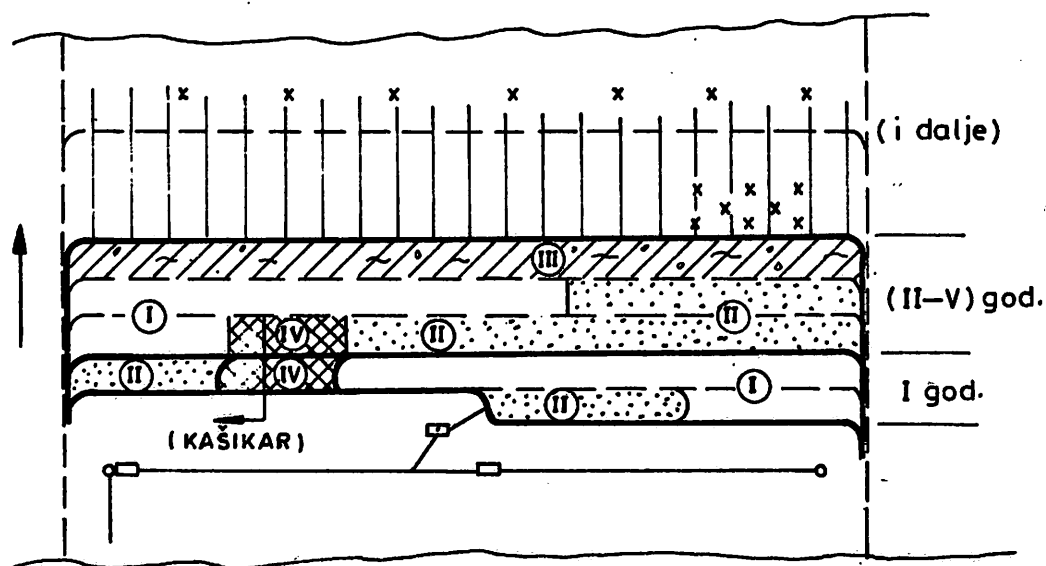




Slika 4

Kategorizacija se vrši kako po dubini, tako i po planumu, a u skladu sa predviđenom dinamičkom eksploatacije (sl. 5). Na taj način je omogućeno da se naknadnim istraživanjem niže kategorije

iz kasnijih godina eksploatacije prevedu u višu (povoljniju), i da se oni segmenti, nepodesni za rad rotornog bagera (IV kategorija), u međuvremenu odstrane bagerom kašikarom.



Slika 5

U završnoj fazi izrađuju se kapacitativni dijagrami rada za rotorne bagere, u konkretnom slučaju, i radi upoređenja, za bagere KU–800 i KU–300, kako za tekuću godinu (sl. 6), tako i za svaki dinamički period.

Svaki pojedinačni pravougaonik dijagrama predstavlja obračunsku količinu jalovine koju bager treba da dobije uz onaj kapacitet koji ostvaruje u odnosu na prethodno definisanu kategoriju radne sredine.

$$Q_{(KU-800)} = k_1 Q_{tehn.}$$

$$Q_{(KU-300)} = k_2 Q_{tehn.} \quad k_1 > k_2$$

Dakle, problem vezan za eksploataciju u sredini sa proslojcima tvrdog materijala, svodi se, s jedne strane, na iznalaženje načina da se ta sredina prilagodi radu kontinualne mehanizacije, a sa druge, na pronalazak novih mogućnosti postojeće mehanizacije i ostvarivanje novih tehnoloških zah-

KU–800.

|   | A                   | B       | C                | D                |
|---|---------------------|---------|------------------|------------------|
| ⊖ | $q_1^I (m^3)$<br>IK |         | $q_1^{II} (m^3)$ |                  |
| a |                     |         | IIK              | IIIK             |
| b |                     |         |                  | $q_1^{IV} (m^3)$ |
| c | $q_1^{III} (m^3)$   | IIIK    |                  |                  |
| d |                     |         |                  | IVK              |
| e |                     | KASIKAR |                  |                  |

KU–300

|   | A   | B       | C | D   |
|---|-----|---------|---|-----|
| ⊖ |     | IIK     |   |     |
| a | IK  |         |   |     |
| b | IIK | IIIK    |   |     |
| c |     |         |   |     |
| d |     |         |   | IVK |
| e |     | KASIKAR |   |     |

Slika 6

Iz dijagrama se lako može zaključiti da bager KU–800, koji ima veću silu rezanja od KU–300, ima veću zbirnu površinu koja pripada višim kategorijama, odnosno KU–800 na širem području rada ostvaruje veći kapacitet:

vata i sprega sa ciljem izvođenja kontinualnog rada. Drugim rečima:

a) prevođenje radne sredine u kategorije koje pogoduju radu rotornog bagera

$$Q_I (m^3) = q_1^I + q_2^I + \dots + q_n^I (m^3) \quad \text{sa} \quad 0,95 Q_{tehn.}$$

$$Q_{II} (m^3) = q_1^{II} + q_2^{II} + \dots + q_n^{II} (m^3) \quad \text{sa} \quad 0,75 Q_{tehn.}$$

$$Q_{III} (m^3) = q_1^{III} + q_2^{III} + \dots + q_n^{III} (m^3) \quad \text{sa} \quad 0,6 Q_{tehn.}$$

$$Q_{IV} (m^3) = \text{---II---} \quad \text{---II---} \quad \text{sa} \quad 0,5 Q_{tehn.}$$

ili bager kašikar

$$Q = k Q_{tehn.}$$

gde je  $k$  – ponder koeficijenta iskorišćenja tehn. kapaciteta.

b) korišćenje dopunske mehanizacije i dodatnih tehnoloških postupaka u pripremi materijala za ostvarivanje kontinualnog procesa eksploatacije\*) prema tablici 2 i sl. 7

Tablica 2

| Sprega | Radna sredina | Tehn. operacija                                                  | Mehanizacija                                                                                                    |                    |
|--------|---------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| 1      | I kat.        | direktno kopanje<br>* rastresanje                                | rotorni bager                                                                                                   |                    |
| 2      | II kat.       | direktno kopanje<br>* rastresanje<br>* miniranje                 | rotorni bager<br>* drobilica<br>(iznad centralnog levka bagera)                                                 | tračni transporter |
| 3      | III kat.      | * miniranje<br>* primarno drobljenje<br>* sekundarno drobljenje  | rotorni bager<br>* primarna drobilica (na rotoru bagera)<br>* sekundarna drobilica (iznad tračnog transportera) |                    |
| 4      | IV kat.       | * miniranje<br>* utovar<br>a) u drobilicu<br>b) kamion/drobljicu | * bager kašikar<br>* mobilna drobilica<br>* (kamioni—damperi)                                                   |                    |

## Zaključak

Izložena metodologija sadrži:

### I Opšti deo

— obrađivanje opštih tehnologija velikih strojeva BTO sistema  
— obrađivanje dokumentaciono—tehničkih podloga sa ciljem da se predlože optimalni tehnološki postupci.

### II Praktična delatnost

— istražni postupak: definicija, klasifikacija, kategorizacija radne sredine  
— pripremni postupak: bušenje, rastresanje i miniranje prilagođeno različitim dubinama i minskom punjenju, u cilju prevođenja radne sredine s tvrdim proslojcima u kategorije pogodne za dobijanje rotornim bagerom; klasično miniranje kao priprema serija tvrdih materijala nepovoljnih kategorija za dobijanje bagerom kašikarom.

### III Primenjena delatnost

Konstrukcija, mesto i tehnološke sprege strojeva u procesnoj liniji:

— rotorni bager sa teleskopskom katarkom, ugrađenom drobilicom (primarnom) na rotoru ili na centralnom levku

— sekundarna drobilica na račvastom pokretnom stroju iznad transportnog sistema

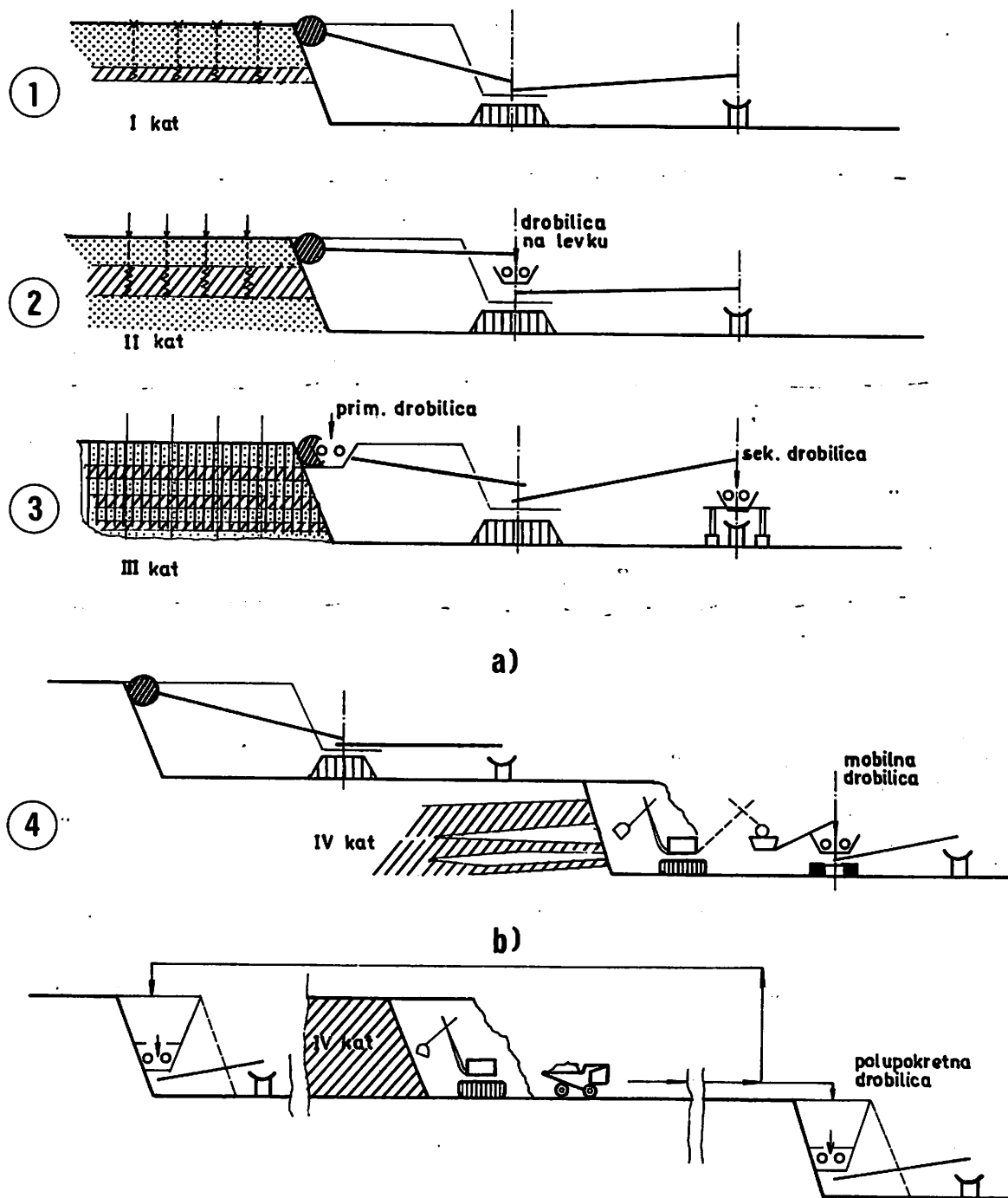
— mobilna drobilica na guseničnom podvozu za utovar kašikarom/damperom, sa rotacionom katarkom za dopremu materijala na daljinske transportere

— standardizacija tehnoloških šema rada. . .

### IV Dugoročna, prožimajuća sprega prakse i naučno—istraživačke misli

### V Korisna primena u našim uslovima

I naša savremena praksa u površinskoj eksploataciji suočena je sa problematikom dobijanja čvrstih serija otkrivke kontinualnim načinom rada od ležišta lignita do metaličnih i nemetalčnih ležišta. Primeri ležišta kosovskih lignita, ležišta mrkog uglja Moštаница, laporca u Beočinu, gvožđa u Omarskoj. . . na specifične načine govore o radu, i novim mogućnostima rada, u otkrivenju sa povećanom čvrstoćom. Primenjivost iznete metodologije delom se odnosi i na njih.



Slika 7

## SUMMARY

### **A Method for Development of Overburden Solid Sediments for Operation of Continuous Mechanization in Openpit Mines**

An analysis was made of a systematic approach to the technology of removing overburden hard elements and selection of mining technology. The problem present in North Bohemian Coal Basin was analyzed and monitored for years. As a result of investigations a complete range of specialized equipment and continuous mining technologies was proposed.

An ever increasing number of openpit mines in our country is faced with above stated problems. The guidelines given in the paper enable geological and operating organizations to make an appropriate approach to solving mentioned problems.

## ZUSAMMENFASSUNG

### **Vorbereitungsverfahren der feste Abraumsedimente für die kontinuierlich arbeitende Tagebaugeräte**

Es ist der planmäßige Zutritt der Abbautechnologie von festen Abraumelementen und die Wahl der Gewinnungstechnologie analysiert. Das anwesende Problem in den Nordböhmisches Kohlenbergwerke wurde analysiert und durch mehrere Jahre verfolgt. Als Untersuchungsergebnis wurde eine Spektrumreihe spezialisierter Gewinnungsgeräte für kontinuierliche Arbeit vorgeschlagen.

Immer mehr Tagebauer bei uns begegnen sich mit der Problematik, welche in diesem Absatz angeführt ist. Die Richtlinien im Absatz ermöglichen den geologischen und operativen Organisationen einen qualitativen Zutritt um die angeführten Problematik zu lösen.

## РЕЗЮМЕ

### **Метод подготовки твердых отложений вскрыши для работы механизации непрерывного действия на карьерах**

Сделан анализ систематического подхода технологии добычи включений вскрыши в выбора технологии эксплуатации. Проблема которая существует в Северночешском угольном бассейне анализируется и наблюдалась годами. В результате исследований предложен весь ряд специализированного оборудования и непрерывной технологии эксплуатации.

На большом числе карьеров у нас существует проблематика которая приводится в статье. Направления приведенные в статье дают возможность геологическим и операционным организациям сделать качественный подход решению горе упомянутой проблематики.

## Literatura

Reissig, I.: Dopunska mehanizacija za redukciju komadnosti i njene perspektive. — SHR Kruškovorske strojirny k.p. Komarany u Mostu.

Kalát, J.: Tehnologija dobijanja na površinskim kopovima. — SHR, Banske projekty, Teplice.

Autor: dipl.inž. Zoran Rosić, Zavod za eksploataciju mineralnih sirovina u Rudarskom institutu, Beograd  
Recenzent: dipl.inž. Z. Matko, Rudarski institut, Beograd  
Članak primljen 20.1.1988, prihvaćen 21.3.1988.

UDK 622.343 : 66.963.4  
Originalni naučni rad  
— primenjeno—istraživački

## REZULTATI ISPITIVANJA MOGUĆNOSTI LUŽENJA MINERALA BAKRA IZ ZAOSTALE RUDE U JAMI BOR

Prof. inž. Gojko Hovanec — dipl.inž. Zvonko Mitrović —  
dipl.inž. Milan Milošević — Atanas Tokov, hem.tehn.

### Uvodne napomene

Prema planu proizvodnje i otkopavanja, a vezano za preostale rezerve rude u ležištu Bor, sve proizvodne aktivnosti na kopu treba da budu završene krajem 1990. ili početkom 1991. god.

Posle završetka eksploatacije na obodu kopa i njegovom dnu (kontakt sa podzemnim eksploatacionim radovima), kao i u jami — u sigurnosnim stubovima i plafonima ostaće deo neotkopane rude. Postavlja se pitanje mogućnosti iskorišćenja bakra iz preostale rude. Jedna od mogućnosti, koja se u svetu na mnogim rudnicima primenjuje, je postupak luženja bakra „na mestu“ primenom razblaženih rastvora sumporne kiseline.

Rudarski institut je u zajednici sa Institutom za bakar—Bor dao inicijativu za sistematsko ispitivanje mogućnosti proizvodnje bakra luženjem zaostale rude na površinskom kopu i u jami rudnika Bor.

Program koji je za 1987. istraživačku godinu ponuđen Basenu Bor je prihvaćen i drugom polovinom 1987. godine obavljena su programom obuhvaćena istraživanja.

Po svojoj suštini i prirodi problema programom istraživanja za 1987. godinu obuhvaćena je sledeća problematika:

- istraživanje mogućnosti luženja bakra iz zaostale rude na površinskom kopu u Boru
- istraživanje mogućnosti luženja bakra iz zaostale rude (stubovi i plafoni) u jami Bor

— ispitivanje mogućnosti proizvodnje bakra iz jamske „plave“ vode u Boru.

Na kraju želimo da istaknemo, da je osnovni cilj istraživanja obavljenih u 1987. godini bio, da se informativno, manje—više kvalitativno, sagleda mogućnost ekstrakcije bakra iz zaostale rude sa površinskog kopa i jame u Boru primenom postupka luženja. Tek pošto ova ispitivanja potvrde tu mogućnost, pristupiće se u 1988. godini i narednim godinama ispitivanjima radi utvrđivanja kvalitativno—kvantitativnih pokazatelja luženja bakra, na bazi kojih bi bila urađena tehno—ekonomska analiza primene postupka luženja rude iz Bora.

Rezultati ispitivanja mogućnosti luženja bakra iz zaostale rude na površinskom kopu u Boru prikazani su u članku objavljenom u „Rudarskom glasniku“ br. 4/1987.

U ovom članku su prikazani rezultati luženja bakra agitacionim postupkom iz zaostale rude u jami Bor

### Uzimanje i obrada uzorka

Uzorak rude, koji je poslužio za izvođenje opita luženja, uzet je na XI horizontu u rudnom telu Tilva Roš. Prostorno gledano, uzorak je uzet približno sa mesta koje se poklapa sa onim na kopu, na kome je uzorak uzet radi ispitivanja mogućnosti luženja bakra iz rude sa površinskog kopa u Boru. Težina uzorka iz jame iznosila je oko 1 tone.

Uobičajenim postupkom obavljeno je ispitivanje i skraćivanje uzorka. Uzorak je posle višekratnog postupnog skraćivanja i usitnjavanja doveden na krupnoću +0–2 mm. Ovako pripremljen, podeľjen je na više uzoraka za određivanje fizičko–hemijskih karakteristika rude i njenog mineraloškog sastava i za opite luženja.

#### Određivanje fizičko–hemijskih karakteristika ispitivane rude

##### Utvrdjivanje specifične mase rude

Odgovarajućim postupkom određena je vrednost specifične mase rude i to u četiri paralelna merenja. Prosečna vrednost specifične mase rude iznela je  $2,92 \text{ g/cm}^3$ .

##### Određivanje prirodne kiselosti rude

Reakcija rudne mase sa destiliranom rudom je utvrđena sledećim postupkom:

– uzorak rude (+0–2 mm), težak 1 kg, mešan je u porculanskom mlinu sa 1 l destilirane vode u trajanju od 30 min. Posle mešanja izdvojen je deo tečne faze u kojoj je nakon filtriranja određena pH vrednost. Konstatovana je vrednost  $\text{pH} = 6,8$ . Prema tome, ruda reaguje blago kiselo (skoro neutralno) što upućuje na zaključak da ruda ima nizak stepen sekundarne oksidacije.

##### Kontrola prisustva magnetičnih frakcija u rudi

##### Postupak kontrole

– 1 kg rude (+0–2 mm) samleven je do 93%–0,074 mm u prisustvu 0,39 l vode i 0,3 g CaO. Iz samlevenog uzorka uzeto je 100 g rude i podvrgnuto tretiranju u analizatoru „Davis“. Nije konstatovano prisustvo metalne (magnetne) frakcije u rudi.

##### Određivanje utroška kiseline neophodne za neutralizaciju sekundarne alkaličnosti

##### Postupak merenja

– 1 kg rude (+0–2 mm) je standardno mleven u trajanju od 12 min uz dodatak 0,4 g CaO i  $\text{pH} = 7,7$ .

Da bi se pH sredine posle mlevenja sveo na vrednost prirodne kiselosti  $\text{pH} = 6,8$ , neophodno je

da se utroši određena količina sumporne kiseline. Za ovu neutralizaciju utrošeno je 0,6 ml koncentrovane  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , što preračunato na 1 t rude čini potrošnju od 1,15 kg koncentrovane sumporne kiseline.

##### Mlevenje rude u cilju njenog otvaranja, za opite agitacionog luženja

Kao i kod rude sa kopa, neophodno je bilo da se utvrdi vreme mlevenja u laboratorijskom mlinu radi obezbeđenja otvaranja sirovine izražene sa 93–94% – 0,074 mm.

##### Režim mlevenja:

– ovalni metalni laboratorijski mlin sa zapreminom 30 l

– uslovi mlevenja:

1 kg rude (+0–2 mm) sa 390 ml vode i 0,3 g CaO mleveno u trajanju od 5, 7, 9 i 12 min.

Rezultati mlevenja sa učešćem klase krupnoće – 0,074 mm dati su u narednoj tablici:

| Vreme mlevenja min. | Učešće klase – 0,074 mm % | pH sredine u pulpi posle pranja mlina |
|---------------------|---------------------------|---------------------------------------|
| 5                   | 68,77                     | 7,55                                  |
| 7                   | 76,15                     | 7,80                                  |
| 9                   | 85,13                     | 7,75                                  |
| 12                  | 93,10                     | 7,70                                  |

Usvojeno je vreme mlevenja od 12 min.

Granulo sastav rude, pri željenom stepenu otvaranja, konstatovan je prosejavanjem na seriji sita. Rezultati sejanja su pokazali sledeći granulo sastav rude:

| Klasa krupnoće meš. | mm            | Učešće klase krupnoće % | $\Sigma$ % ↓ |
|---------------------|---------------|-------------------------|--------------|
| + 100               | + 0,147       | 0,5                     | 0,5          |
| + 100–150           | + 0,147–0,104 | 2,7                     | 3,2          |
| + 150–200           | + 0,104–0,074 | 3,7                     | 6,9          |
| – 200               | – 0,074       | 93,1                    | 100,0        |

*Rezultati hemijske analize rude*

Kod opita luženja bakra veoma je značajan uvid u mineraloški oblik zastupljenosti bakra u rudi, kao i učešće karbonatnih spojeva, posebno  $\text{CaCO}_3$  i  $\text{MgCO}_3$ . Zbog toga je posebno pripremljen uzorak za hemijsku analizu. Racionalnom ili supstancijalnom analizom utvrđena je raspodela bakra po njegovim mineralima prisutnim u rudi. Na posebnim specimenima rude vršena je erc-mikroskopska analiza radi utvrđivanja mineraloškog sastava rude u celini.

Rezultati hemijske racionalne analize bakra dati su u narednoj tablici:

| Mineraloški oblik zastupljenosti bakra         | Sadržaj bakra % | Učešće % |
|------------------------------------------------|-----------------|----------|
| Malahit, $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$ | 0,0103          | 3,27     |
| Kuprit, $\text{Cu}_2\text{O}$                  | 0,0034          | 1,08     |
| Halkozin, $\text{Cu}_2\text{S}$                | 0,0379          | 12,01    |
| Kovelin, $\text{CuS}$                          | 0,2407          | 76,36    |
| Halkopirit, $\text{CuFeS}_2$                   | 0,0229          | 7,28     |
| Sadržaj ukupnog bakra                          | 0,3152          | 100,00   |

Standardnim analitičkim postupkom obavljena je hemijska analiza rude u celini. Konstatovan je sledeći hemijski sastav:

|                             |       |
|-----------------------------|-------|
| Ukupni Cu %                 | 0,314 |
| S, %                        | 9,00  |
| Fe, %                       | 20,13 |
| CaO, %                      | 5,30  |
| MgO, %                      | 0,20  |
| $\text{SiO}_2$ , %          | 49,83 |
| $\text{Al}_2\text{O}_3$ , % | 13,51 |
| Ukupno, %                   | 98,28 |

*Komentar rezultata hemijske analize*

— Mineraloški sastav rude jame Bor ističe njenu povoljnost za luženje sumpornom kiselinom.

— Stepenn oksidacije rude (učešće malahita + kuprita) je nešto veći u poređenju sa rudom uzetom na kopu. Učešće oksida je 4,35%. U odnosu na rudu sa kopa, ovde je učešće za 1,76% veće.

— Veće je učešće halkozina, dok je nešto niže učešće kovelina.

— Nešto je veće učešće halkopirita u poređenju sa rudom na kopu.

— Osetno je veće učešće karbonata  $\text{CaCO}_3$  +  $\text{MgCO}_3$  = 5,5%, dok je to učešće kod rude sa kopa

iznosilo svega 0,42%. To će se negativno odraziti na utrošak kiseline pri luženju.

— Učešće pirita u rudi jame Bor je osetno niže od učešća u rudi sa kopa. To se konstatuje kroz niži sadržaj sumpora i gvožđa.

— Ukupni sadržaj bakra u rudi jame je za više od dva puta niži od sadržaja u rudi sa kopa.

*Rezultati mikroskopske analize rude*

Rezultati mikroskopske analize rude mogu se svesti na sledeće zaključke:

— ruda je u osnovi jako silifikovana stenska masa.

— Dominantni mineral bakra je kovelin, a zatim slede digenit, halkozin i halkopirit. Ovim je u celosti potvrđen mineraloški sastav određen racionalnom hemijskom analizom.

— Glavni prateći sulfid u rudi je pirit, koji količinski dominira. Pirit je rekrystalisao i daje idiomorfne agregate sa dosta uklopaka silikata i titanovih minerala. U piritu se javljaju kapljice halkopirita, a veoma retko halkozina. Ređa je pojava cementacije agregata pirita kovelinom.

— Strukturno gledano, kovelin gradi veće samostalne površine u međuprostorima kvarcne stenske mase, mada se javlja i u pukotinama i prslinama. Uglavnom se javlja kao samostalna mineralizacija. Ređe se javlja u asocijacijama sa piritom. Zadnja karakteristika pojave kovelina u rudi je veoma pozitivna za proces luženja, budući da nudi efektan kontakt rastvarača sa kovelinom i pri većim razmerama krupnoće komada rude.

*Prognoza stepena izluženja bakra sračunatog na bazi mineraloškog sastava rude*

Kao i za rudu sa kopa, interesantno je da se vidi stepen izluženja koji se kao optimalan može ostvariti pri agitacionom luženju rude jame u Boru. Ova prognoza stepena izluženja zasnovana je na rezultatima ispitivanja rastvaranja čistih minerala bakra, pri čemu je uzet u obzir mineraloški sastav rude koji se ispituje.

Rezultat prognoze izluženja prikazan je u tablici 1.

Prema tome, agitacionim luženjem rude iz jame Bor, u optimalnim uslovima oksidacije i stepena kontakta minerala sa rastvaračem, može se za 10 dana rastvoriti iz rude 33,25% bakra.



Prognoza optimalnog luženja minerala bakra iz rude jame Bor

Tablica 1

| Prisutan mineral u rudi | Sadržaj minerala u rudi, % | Moguće rastvaranje bakra za 10 dana luženja, % | Učešće u ukupnom izluženju bakra, % | Primedba                                |
|-------------------------|----------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------|
| Malahit                 | 3,27                       | 100                                            | 3,27                                | Temperatura sredine pri luženju je 30°C |
| Kuprit                  | 1,08                       | 100                                            | 1,08                                |                                         |
| Halkozin                | 12,01                      | 50                                             | 6,00                                |                                         |
| Kovelin                 | 76,36                      | 30                                             | 22,90                               |                                         |
| Halkopirit              | 7,28                       | —                                              | —                                   |                                         |
| Ukupno                  | 100,00                     | —                                              | 33,25                               |                                         |

*Prikaz i komentar rezultata opita agitacionog luženja rude jame Bor*

Budući da je mineraloški sastav rude iz jame Bor u celosti identičan rudi sa kopa, u režimu opita luženja nije ništa menjano. Prva tri opita luženja izvedena su sa ciljem da se ispita:

- mogućnost rastvaranja bakra razblaženim rastvorom sumporne kiseline bez aeracije i dodatka feri—soli
- efikasnost agitacionog luženja u prisustvu feri—sulfata bez aeracije
- efikasnost agitacionog luženja uz istovremeno delovanje aeracije i feri—soli.

Prema tome, prva tri opita su imala kao osnovni cilj sagledavanje mogućnosti rastvaranja minerala bakra u razblaženom rastvoru sumporne kiseline u funkciji delovanja aeracije sredine i feri—sulfata.

U opitima luženja su korišćeni sledeći parametri:

- stepen otvaranja sirovine od 93%— 0,074 mm je bio nepromenjen u svim opitima
- odnos Č i T u pulpi je bio 1:2 (32% čvrstog)
- kiselost sredine od pH 2,0—2,2 održavana je u svim opitima
- vreme luženja od 4 dana je, takođe, bilo korišćeno u prva tri opita.

Posle prva tri opita luženja izveden je i četvrti, završni opit u kome je pored zajedničkog delovanja aeracije i feri—soli ispitan i uticaj vremena luženja. U poslednjem opitu je vreme trajanja luženja iznosilo 10 dana.

U daljem tekstu biće dat pojedinačni prikaz opita luženja.

**Opit br. 1**

*Cilj opita:* ispitati stepen rastvaranja minerala bakra u razblaženom rastvoru sumporne kiseline uz mešanje bez vazduha.

*Priprema sirovine:* 1000 g rude +0—2 mm, uz dodatak 0,4 g CaO i 390 ml vode, mleveno je u laboratorijskom mlinu 12 min. Pri tome je ostvaren stepen otvaranja sirovine izražen sa 93% — 0,074 mm krupnoće čestica.

*Agitacija pulpe:* u flotacionoj mašini, tip Denver se kiselo otpornim mehanizmom za mešanje i kiselo otpornom posudom, obavljeno je mešanje pulpe. Broj okretaja impelera — 650 obr./min.

*Ostali parametri:*

- odnos Č:T = 1:2
- specifična gustina pulpe — 1,276 g/cm<sup>3</sup> (33% Č)
- pH sredine posle ispiranja mlina iznosio je 7,7
- pH sredine u toku luženja 2,0—2,2
- vreme luženja 96 sati ili 4 dana
- utrošak kiseline za neutralizaciju alkaličnosti mlevenja do prirodne vrednosti kiselosti (kg pH = 7,7 do pH = 6,8) iznosio je 1,15 kg/t
- temperatura sredine 20—22°C (sobna temperatura).

U tablici 2 prikazani su rezultati luženja ostvareni u opitu br. 1.

Rezultati opita luženja br. 1 – ruda iz jame Bor

Tablica 2

| Vreme luženja čas | pH sredine | Sadržaj u rastvoru g/l |                  |                  |      | Sadržaj bakra u rudi % | % rastvorenog bakra (kumulativno) |                                  | utrošak kiseline kg/t (kumulativno) |            | Primedba                      |
|-------------------|------------|------------------------|------------------|------------------|------|------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------|
|                   |            | Cu                     | Fe <sup>2+</sup> | Fe <sup>3+</sup> | Σ Fe |                        | na bazi analize rastvora          | na bazi sadržaja bakra u rudi, % | ukupno                              | na luženje |                               |
| 0                 | 2,20       | —                      | —                | —                | —    | 0,32                   | —                                 | —                                | 8,08                                | 6,93       | Temperatura putiranja 20–25°C |
| 24                | 2,25       | 0,185                  | 1,68             | 0,31             | 1,99 | —                      | 12,145                            | —                                | 13,92                               | 12,77      |                               |
| 48                | 2,30       | 0,196                  | 2,06             | 0,34             | 2,40 | —                      | 12,887                            | —                                | 19,42                               | 18,27      |                               |
| 96                | 2,35       | 0,225                  | 2,00             | 0,71             | 2,71 | 0,269                  | 14,795                            | 15,94                            | 23,08                               | 22,93      |                               |

## Komentar ostvarenih rezultata

— Ukupno izluženje bakra od 14,8% je u celini identično onom iz prvog opita izvedenog na rudi sa kopa. Veći deo rastvorenog bakra je dobijen posle prvih 24 časa luženja.

— Na bazi analize bakra u ostatku – jalovini luženja iskazuje se nešto veće izluženje bakra koje iznosi 15,94%.

— U rastvoru luženja dominira Fe<sup>2+</sup>, dok je sadržaj Fe<sup>3+</sup> niži, što je logična posledica nedostataka oksidacionog delovanja kiseonika iz vazduha, tj. nedostatka aeracije pulpe.

— Utrošak kiseline pri luženju je osetno viši kod tretiranja rude iz jame u poređenju na utrošak ostvaren pri tretiranju rude sa kopa Bor. To je sasvim logično, ako se istakne da je u rudi jame osetno viši sadržaj karbonata (CaCO<sub>3</sub> + MgCO<sub>3</sub> – odnos 5,5% : 0,43%)

— Nešto veći sadržaj ukupnog gvožđa u rastvoru ukazuje da se u toku luženja rude iz jame Bor nešto brže rastvara pirit.

## Opit br. 2

*Cilj opita:* ispitati uticaj feri–sulfata na efekat luženja bez aeracije sredine

*Priprema sirovine:* u celosti kao i u opitu br. 1

*Agitacija pulpe:* kao u opitu br. 1, samo sa tom razlikom što su pulpi na početku luženja dodata 2g/l Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>

*Ostali parametri:* isti kao i u opitu br. 1

U tablici 3 prikazani su rezultati opita luženja br. 2.

## Komentar rezultata ostvarenih u opitu br. 2

— Uvođenje feri–sulfatne soli dovelo je do povećanja izluženja koje je sa 14,79% poraslo na 19,76% za isto vreme luženja od četiri dana. Analiza bakra u čvrstom ostatku posle luženja pokazuje još veće izluženje bakra od 23,36%

— Prisustvo Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> soli dovelo je i do nešto intenzivnijeg rastvaranja pirita, što se ispoljava u nešto većem sadržaju Fe<sup>2+</sup> katjona

— U prisustvu feri–sulfata došlo je do sniženja utroška kiseline pri luženju.

Rezultati opita luženja br. 2 – ruda iz jame Bor

Tablica 3

| Vreme luženja čas | pH sredine | Sadržaj u rastvoru g/l |                  |                  |      | Sadržaj bakra u rudi, % | % rastvorenog bakra (kumulativno) |                                | utrošak kiseline kg/t (kumulativno) |            | Primedba                      |
|-------------------|------------|------------------------|------------------|------------------|------|-------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------|
|                   |            | Cu                     | Fe <sup>2+</sup> | Fe <sup>3+</sup> | Σ Fe |                         | na bazi analize rastvora          | na bazi sadrž. bakra u rudi, % | ukupno                              | na luženje |                               |
| 0                 | 2,20       | —                      | —                | 2,0              | 2,0  | 0,313                   | —                                 | —                              | 8,15                                | 7,00       | Temperatura putiranja 20–23°C |
| 24                | 2,30       | 0,228                  | 2,35             | 1,96             | 4,31 | —                       | 15,33                             | —                              | 14,98                               | 13,83      |                               |
| 48                | 2,30       | 0,252                  | 2,08             | 2,86             | 4,93 | —                       | 16,94                             | —                              | 16,80                               | 15,65      |                               |
| 96                | 2,30       | 0,294                  | 2,20             | 2,75             | 4,95 | 0,273                   | 19,76                             | 23,365                         | 21,68                               | 20,53      |                               |

## Opit br. 3

*Cilj opita:* ispitati efekat rastvaranja minerala bakra uz istovremeno delovanje aeracije pulpe i feri–sulfata

*Priprema sirovine:* kao u prethodna dva opita

*Agitacija pulpe* kao u opitu br. 2 uz aeraciju sa 7,8 l/min. vazduha.

*Ostali parametri:* kao u opitu br. 2 samo sa razlikom aeriranja pulpe u toku čitavog perioda luženja

U tablici 4 prikazani su rezultati opita br. 3.

Neznatno sniženje ukupnog sadržaja gvožđa u rastvoru ukazuje da je deo gvožđa hidrolitički istaložen, što se negativno odražava na efekat luženja putem ograničavanja kontakta rastvarača sa površinom rastvaranih minerala

– Neznatno je snižena potrošnja kiseline.

## Opit br. 4

*Cilj opita:* ispitati efekat rastvaranja minerala bakra u razblaženom rastvoru sumporne kiseline uz aeraciju pulpe, u prisustvu feri–sulfata i produženom vremenu luženja od 4 na 10 dana.

Rezultati opita luženja br. 3 – ruda iz jame Bor

Tablica 4

| Vreme luženja čas | pH sredine | Sadržaj u rastvoru g/l |                  |                  |      | Sadržaj bakra u rudi, % | % rastvorenog bakra (kumulativno) |                                | utrošak kiseline kg/t (kumulativno) |            | Primerdžba                |
|-------------------|------------|------------------------|------------------|------------------|------|-------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|------------|---------------------------|
|                   |            | Cu                     | Fe <sup>2+</sup> | Fe <sup>3+</sup> | Σ Fe |                         | na bazi analize rastvora          | na bazi sadrž. bakra u rudi, % | ukupno                              | na luženje |                           |
| 0                 | 2,20       | —                      | —                | 2,0              | 2,0  | 0,308                   | —                                 | —                              | 8,28                                | 7,13       | Temperatura pulpe 20–25°C |
| 24                | 2,20       | 0,278                  | 0,52             | 3,90             | 4,42 | —                       | 18,99                             | —                              | 12,90                               | 11,75      |                           |
| 48                | 2,35       | 0,347                  | 0,25             | 4,15             | 4,40 | —                       | 23,70                             | —                              | 17,77                               | 16,62      |                           |
| 96                | 2,30       | 0,388                  | 0,15             | 4,23             | 4,28 | 0,226                   | 25,51                             | 26,62                          | 20,95                               | 19,80      |                           |

## Komentar rezultata

– Kombinovano delovanje kiseonika i feri–sulfata dovelo je do izrazitog ubrzanja i intenzifikacije rastvaranja minerala bakra, ostvareno je izluženje bakra od 25,5%

– Oksidacija kiseonikom dovela je do prevođenja Fe<sup>2+</sup> i Fe<sup>3+</sup> što se manifestuje u osetnom sniženju sadržaja Fe<sup>2+</sup> u pulpi. Bez sumnje da ovo ukazuje na pojačano oksidaciono delovanje u pulpi.

*Priprema sirovine:* kao u opitima 1–3

*Agitacija pulpe:* kao u opitu 3.

*Ostali parametri:* kao u opitu br. 3 sa razlikom povećanja temperature pulpe na 30°C.

U tablici 5 prikazani su rezultati opita br. 4.

Rezultati opita luženja br. 4 – ruda iz jame Bor

Tablica 5

| Vreme luženja, dana | pH sredine | Sadržaj u rastvoru g/l |                  |                  |      | Sadržaj bakra u rudi, % | % rastvorenog bakra (kumulativno) |                                | utrošak kiseline kg/t (kumulativno) |            | Primerdžba             |
|---------------------|------------|------------------------|------------------|------------------|------|-------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|------------|------------------------|
|                     |            | Cu                     | Fe <sup>2+</sup> | Fe <sup>3+</sup> | Σ Fe |                         | na bazi analize rastvora          | na bazi sadrž. bakra u rudi, % | ukupno                              | na luženje |                        |
| 0                   | 2,00       | —                      | —                | 2,0              | 2,0  | 0,342                   | —                                 | —                              | 8,30                                | 7,15       | Temperatura pulpe 30°C |
| 4                   | 1,05       | 0,449                  | 0,32             | 3,88             | 4,20 | —                       | 27,63                             | —                              | 20,06                               | 18,91      |                        |
| 10                  | 2,00       | 0,454                  | 0,25             | 3,80             | 4,05 | 0,245                   | 27,92                             | 28,36                          | 21,90                               | 20,75      |                        |

#### Komentar ostvarenih rezultata

— Produžetak vremena luženja i viša temperatura ambijenta doveli su do daljeg povećanja količine rastvorenog bakra. Za 10 dana luženja rastvoreno je oko 28% od ukupnog bakra.

— Ostvareni stepen rastvaranja bakra je dosta blizak onom koji se očekivao na bazi optimalnog rastvaranja prisutnih u rudi minerala bakra.

— Nema sumnje da je opit br. 4 dokazao da je ruda iz jame Bor pogodna za luženje.

— Pod dejstvom kiseonika i feri—sulfatne soli može se obezbediti zadovoljavajuća brzina rastvaranja bakra.

— Potrošnja kiseline je relativno niska i njen iznos je u neposrednoj funkciji sa sadržajem karbonata u rudi.

#### Zaključni osvrt na ostvarene rezultate luženja rude iz jame Bor

Uporedna ispitivanja mogućnosti luženja bakra

iz ruda sa površinskog kopa i iz jame Bor daju sledeće zaključke:

— ispitivane rude imaju iste mineraloško—petrografske karakteristike

— sadržaj bakra u rudi iz jame Bor je osetno niži od sadržaja u rudi sa kopa, što samo potvrđuje činjenicu da u borskom ležištu sa dubinom opada sadržaj bakra

— sa dubinom raste sadržaj karbonata u rudi, što će prouzrokovati uvećanu potrošnju kiseline pri luženju

— mineraloška zastupljenost bakra u rudi je veoma povoljna za luženje, što nedvosmisleno potvrđuju rezultati opita agitacionog luženja

— neophodno je da u sledećoj godini počne ispitivanje luženja u kolonama u kojima će se simulirati slični uslovi luženja bakra iz rude „in situ“. U toku ovih ispitivanja biće prikupljeni parametri na bazi kojih bi se mogao da koncipira industrijski postupak luženja i izvede tehnno—ekonomska analiza opravdanosti uvođenja luženja u praksi proizvodnje bakra u Rudniku bakra Bor.

#### SUMMARY

##### Results of Tests Into the Possibility of Leaching Coller Minerals from Residual Bor Pit Ore

Presented and discussed are the results of tests into the possibility of copper leaching from residual ore in Bor pit. The process of agitation of ground ore was applied.

The objective of the testing was to obtain an answer on the suitability of residual ore in Bor pit for copper extraction by the leaching process. On the basis of the results of this testing stage, the next one would include a more systematic test with the objective of gaining an insight into techno—economic justifiability of copper recovery by „in situ“ leaching of the ore from Bor pit.

#### ZUSAMMENFASSUNG

##### Untersuchungsergebnisse von Laugungsmöglichkeit der Kupferminerale aus dem zurückgebliebenen Erz in der Grube Bor

Es sind die Untersuchungsergebnisse von Laugungsmöglichkeit der Kupferminerale aus dem zurückgebliebenen Erz in der Grube Bor dargestellt und kommentiert.

Das Untersuchungsziel sollte eine Antwort geben, in welchem Mass ist das zurückgebliebene Erz in der Grube Bor vorteilhaft für Ausscheidung von Kupfer mit Laugungsverfahren. Auf Grund dieser Untersuchungsphase und der Ergebnissen, wird in der nächster Phase systematischer die Untersuchung durchgeführt, welche das Ziel hätte zu ermessen einer techno—ökonomischer Berechtigung der Kupferausbringung durch Laugung „in situ“ von Erz aus der Grube Bor.

## РЕЗЮМЕ

### Результаты исследований возможности выщелачивания минералов меди из остатков руды шахты Бор

Приведены и прокомментированы результаты исследований возможности выщелачивания меди из остатков руды в шахте Бор. При этом использован способ агитационного выщелачивания измельченной руды.

Целью исследований было получение ответов об этом сколько остаток руды из шахты Бор выгоден для экстракции меди применением способа выщелачивания. На основе результатов этой фазы исследований началось бы, в последующей более систематической фазе, исследование цель которого была бы замечание техно-экономического обоснования извлечения меди выщелачиванием "in situ" руды из шахты Бор.

## Literatura

H o v a n e c G. 1986: Hemijske metode koncentracije ruda zlata, srebra i bakra. —Rudarski Institut, Beograd, str. 106–113 \*

Izveštaj Rudarskog instituta, Beograd i Instituta za bakar Bor pod nazivom „Istraživanje mogućnosti luženja bakra iz zaostale rude na površinskom kopu i jami Bor“, kao i obnavljanju proizvodnje bakra iz jamske „plave“ vode, knjiga I, 1987, str. 35 do 51.

Autori: prof. inž. Gojko Hovanec i dipl.inž. Milan Milošević, Rudarski Institut, Beograd i dipl.inž. Zvonko Mitrović i Atanas Tokov, hem. tehn. Institut za bakar, Bor.

Recenzent: dr inž. D. Ivanković, Rudarski Institut, Beograd

Članak primljen 12.1.1988, prihvaćen 21.3.1988.

## UTICAJ TEHNIČKO—TEHNOLOŠKIH REŠENJA PRI FORMIRANJU DEPONIIJA PEPELA I ŠLJAKE NA SMANJENJE ZAGAĐENJA OKOLINE

Dipl.inž. Dinko Knežević

### Uvod

Kao nezaobilazan element u tehnološkom nizu termoelektrana na uglj javlja se potreba za formiranje prostora za smeštaj pepela i šljake. Godišnja produkcija pepela u SFRJ je oko 10 miliona tona, a kao sekundarna sirovina plasira se manje od milion tona. Dakle, većina proizvedenog pepela mora se trajno uskladištiti.

Period intenzivnog razvoja sistema za proizvodnju električne energije iz uglja karakteriše i izvesna stihijnost u rešavanju problema deponovanja pepela. Obično su za deponovanje korišćene uvale, napuštene korita reka, potoka i sl., pri čemu nije bio važan način deponovanja i njegov uticaj na mogućnost nadgradnje iznad kote terena, zagađivanje vodotokova, podzemnih voda, vazduha, okolnog zemljišta itd., već da proizvodnja električne energije ne stoji zbog pepela.

Vremena su se polako menjala i došlo se do shvatanja da su čista voda, vazduh i tlo isto tako potrebni kao i energija. Traženjem najvećih ili značajnijih zagađivača vrlo brzo su potencirane deponije pepela i šljake. Reklo bi se opravdano, jer deponije neposredno ugrožavaju okolinu:

- zauzimanjem ziratnog zemljišta za njihovo formiranje
- zagađivanjem površinskih vodotokova prelivnom vodom iz taložnog jezera ili preko podzemne vode

— zagađivanjem podzemnih voda filtracionom i procednom vodom

— zagađivanjem vazduha najsitnijim česticama pepela koje se lako dižu pod uticajem vazdušnih strujanja i

— zagađivanjem obradivog tla zbog taloženja pepela.

### Zagađenje voda i mere zaštite

Zagađenje voda je specifičnost svih hidrauličkih metoda deponovanja pepela i šljake. U suštini, deponije mogu imati negativno dejstvo na površinske vodotokove i na podzemne vode u širem području deponije.

Površinski vodotokovi mogu da budu zagađeni direktnim mešanjem vode iz deponije sa rekom ili potokom, odnosno posrednom vezom ovih voda preko podzemlja.

Podzemne vode mogu biti zagađene filtracionom i procednom vodom iz deponija

### Količina i kvalitet vode korišćene za transport i deponovanje

Termoelektrane spadaju u izrazito velike potrošače vode (najčešće se ta voda koristi za hlađenje uređaja i mašina). Blok sa snagom 200 MW ima prosečnu potrošnju vode od oko 29.000 m<sup>3</sup>/h. Za transport pepela koristi se veoma mali deo te vode uprkos činjenici da se pepeo i šljaka transportuju u

izrazito retkoj hidromešavini. Odnos čvrste i tečne faze ide (po masi) od 1:9 do 1:20 najčešće 1:15, odnosno blok sa snagom 200 MW koristi za transport pepela i šljake 600—800 m<sup>3</sup>/h vode, a blok sa snagom 300 MW 800—1000 m<sup>3</sup>/h.

Kad pepeo i šljaka dođu u kontakt sa vodom dolazi do njene kontaminacije. Zagađenje je posledica rastvaranja određenih štetnih sastojaka iz pepela. Voda, koja se koristi za transport pepela, može da bude zagađivač zbog prisustva jona teških elemenata (Pb, Zn, Cu, As) koji se u pepelu nalaze u oksidnom obliku. Voda može biti zagađena i fenolom koji je rastvorljiv u vodi, OH jonima koji čine hidromešavinu izrazito bazičnom (od 9 kod silicijskog pepela, do preko 12 kod kalcijuskog), uranom koji može da bude adsorbovan u šljaci i nesagorelom uglju, sumporom itd.

#### *Način zagađenja*

Primenom hidrauličkih metoda deponovanja pepelo i šljake se uvode u deponije u obliku retke hidromešavine. Taloženjem čvrstih čestica pepela i šljake vrši se bistrenje vode koja se skuplja na najnižem mestu u samoj deponiji. Dok se pepeo i šljaka praktično trajno odlažu u deponiju, voda se zadržava samo privremeno — dok se ne izbistri, kada je treba evakuisati iz deponije. Voda iz taložnog jezera se može odvesti u obližnji vodotok, odnosno vratiti nazad u termoelektranu i iskoristiti kao povratna u ciklusu transporta pepela i šljake.

Uobičajeno je kod naših termoelektrana da se voda iz taložnog jezera preko prelivnih kolektorskih šahtova odvodi u najbliži vodotok.

Višegodišnja praćenja kvaliteta te vode na našim najvećim elektranama pokazala su da prelivne vode povremeno sadrže povišen sadržaj jona teških elemenata (Pb, As, Cu), fenola i, kao po pravilu, stalno je prisutan povišen sadržaj sulfata. Tako, na primer, na deponiji termoelektrane „Nikola Tesla — A“ učešće sulfata u prelivnoj vodi ima red veličina 300 mg/l, a na deponiji TE Kostolac oko 600 mg/l.

Mada zagađenje vodotoka suspendovanim česticama nije često, ipak se povremeno (najčešće usled nepažnje osoblja na deponiji) javlja. Ilustracije radi, na deponiji TE Kostolac uproleće 1985. zabeleženo je učešće od 4500 miligrama suspendovanih čestica u litru prelivne vode (MDK je 30 mg/l).

Indirektno površinske vode se zagađuju preko podzemnih voda. Naime, formiranjem deponija na vodopropusnom terenu uspostavlja se prislan kontakt između voda iz deponije, podzemnih voda i voda iz vodotoka (reke).

Sve varijacije u nivou vodotoka odražavaju se na podzemne vode, a preko njih i na deponiju i vode u deponiji. Jasno, postoji i uticaj u suprotnom smeru od deponije ka reci. Dok se uticaj reke uglavnom manifestuje na količinu i nivo vode (a samim tim i na stabilnost deponije) dotle se povratni uticaj vode iz deponije na reku manifestuje preko zagađenja jonima teških metala, sulfatima, fenolom, alkalnošću, jonima radioaktivnih elemenata itd.

Uticaj vode iz deponije na vodotok u pogledu količina vode i promene nivoa je potpuno zanemarljiv.

Kod deponija koje se formiraju na „slabo propusnom terenu stepen zagađenja podzemnih voda je znatno niži, kao uostalom i celokupni uticaj deponije na vodotok i obrnuto.

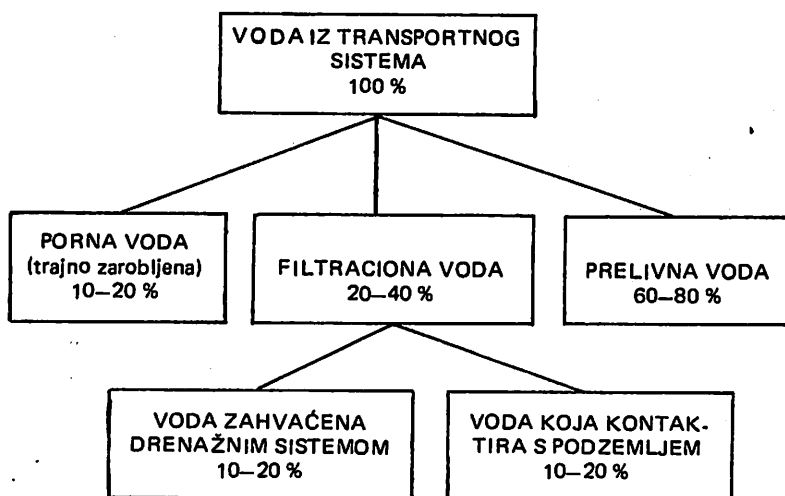
#### *Mere zaštite*

Prethodna analiza je pokazala da zbog zaštite voda u području deponije treba rešiti problem ispuštanja prelivnih voda iz taložnog jezera u obližnje vodotokove i problem infiltriranja voda iz deponije u podlogu, gde se meša sa podzemnom vodom.

U zavisnosti od karakteristika pepela, atmosferskih prilika i metodologije deponovanja, voda koja se kroz transportni sistem unosi u deponiju raspoređuje se na sledeći način:

Dakle, glavno zagađenje voda potiče od prelivne vode. U rudarskoj praksi je veoma čest slučaj da se izbistrena voda iz jalovišta ponovo vraća u ciklus transporta. Primenom tog principa trebalo bi prelivnu vodu vratiti u termoelektranu i upotrebiti u narednim transportnim ciklusima. Pri tome bi se u potpunosti zaštitili površinski vodotoci od zagađenja. Sprečavanje kontakta voda iz deponije s podzemnim vodama mnogo je u tehničkom pogledu kompleksnije, a u ekonomskom skuplje. Rešenje treba tražiti u zavisnosti od vrste pepela i šljake koji se deponuju, te od geološkog sastava i hidrogeoloških karakteristika podloge deponije.

Kod silikatnih pepela, koji se odlikuju hemijskom inertnošću sastojaka pepela u kontaktu s



vodom i dobrom vodopropustljivošću, pravilnim dimenzionisanjem i lociranjem drenažnog sistema više od polovine filtracione vode može se zahvatiti i ponovo vratiti u ciklus transporta u vidu povratne vode. S obzirom na malo učešće vezivnih komponenti drenažni sistem ima sve uslove da korektno radi u dužem vremenskom periodu, odnosno 10—20% upotrebljene vode ima karakter kontaminanta podzemlja. Sva tehnička rešenja koja bi sprečila kontakt ovih količina vode s podzemljem izuzetno su skupa i kod silikatnih pepela, ukoliko ne sadrže neke izuzetno štetne sastojke, praktično se ne upotrebljavaju. Razume se da je i izgradnja drenažnog sistema značajno finansijsko opterećenje, ali prioritarna namena drenaže nije zaštita voda od kontaminacije, već obezbeđenje statičke stabilnosti deponije.

Kalcijski i silikatno—kalcijski pepeli su izrazito kontaminantni prvenstveno povišenom alkaličnošću. U vodi sa pH vrednošću oko 12 ne može da opstaje živi svet, te je potpuna zaštita podzemlja neophodna. Zaštita podzemnih voda ugradnjom drenažnog sistema je nesigurna, jer bi CaO veoma brzo zatvorio otvore na drenažnim cevima. Kontakt voda iz deponije sa vodama podzemlja sprečava se oblaganjem celokupnog terena plastičnom folijom ili glinom. Folija je praktično vodonepropusna tako da nema proceđivanja ni filtriranja voda iz deponije.

Preko preliva se evakuise 60—80% vode, a preostalih 20—40% ostaju trajno u deponiji. Kad bi ova voda bila slobodna, mogla bi se formirati

veoma niska deponija. Kako u kalcijskim i kalcijsko—silicijskim pepelima značajno učešće imaju vezivne komponente kao što su CaO, CaSO<sub>4</sub>, MgO i sl., koje vežu određenu količinu vode, pepeo nije u obliku žitke mase već pomoću CO<sub>2</sub> iz vazduha čini kompaktnu stensku masu — CaCO<sub>3</sub>. Ovakvo rešenje omogućuje formiranje veoma visokih i stabilnih deponija.

Najveća mana ovakvog rešenja je značajno ekonomsko opterećenje termoelektrane.

U zavisnosti od nivoa podzemnih voda korišćenje folije zahteva posebne tehničko—tehnološke mere zaštite deponije od uticaja visokih podzemnih voda.

#### Zagađenje vazduha i mere zaštite

Zagađenje vazduha česticama pepela prisutno je na svim deponijama bez obzira na primenjenu metodologiju deponovanja — suhu ili mokru. Izuzetak čine deponije kod kojih gusta hidromešavina pod uticajem vezivnih komponenti iz pepela prelazi u očvrslu stanje.

Pod uticajem vazdušnih strujanja dižu se po krupnoći najsitnije i po masi najlakše čestice pepela i šljake i raznose po okolini. Ovaj vid zagađenja je nepovoljan kako za čoveka tako i za životinje, biljke i zemljište. Negativan uticaj se ispoljava i na rad savremenih mašina i uređaja (obično u sklopu površinskog otkopa) u području gde je locirana deponija.



### *Količine i karakteristike pepela*

Procesom sagorevanja uglja u kotlovima termoelektrana u obliku čvrstih nesagorivih ostataka javljaju se dva proizvoda — pepeo i šljake. Njihov međusobni maseni odnos varira od podjednake zastupljenosti (50% pepela — 50% šljake) do gotovo isključivog učešća pepela (95% pepela — 5% šljake). Najčešće je taj odnos 80—85% pepela i 15—20% šljake.

Količina pepela i šljake zavisi od potrošnje i kvaliteta uglja, načina i tehnologije sagorevanja, kao i od stepena forsiranja ložišta. Na našim elektranama, kod bloka sa snagom 200 MW izdvaja se 30—70 t/h, a kod bloka sa snagom 300 MW 45—100 t/h.

Osnovna razlika između šljake i pepela ogleda se u krupnoći. Pepeo je neuporedivo sitniji. Učešće klase  $-0,074+0$  mm kod pepela je obično oko 60%, a ggk je oko 0,5 mm. Kod šljake je učešće klase  $-0,074+0$  mm redovno ispod 10%, a ggk je 5—6 mm. Za šljaku je karakteristično i pojavljivanje štapićastih čestica, čija dužina je često veća od 40—60 mm.

Po pravilu, šljaku prati i nesagoreli ugalj. Učešće uglja varira od 3—15%. Nesagorelog uglja ima veoma malo u pepelu — 0,5—2%.

Po hemijskom i mineraloškom sastavu šljaka i pepeo su dosta slični.

Veoma je karakteristična dobra vodopropustljivost i kod šljake i kod pepela. Posebno se dobrom vodopropustljivošću odlikuju silikatni pepeo i šljake kod kojih je koeficijent filtracije reda  $10^{-5}$ — $10^{-6}$  m/s. Kod kalcijevih i kod silikatno-kalcijevih pepela vodopropustljivost je uslovljena metodologijom deponovanja. Usled hemijskih reakcija CaO iz pepela i vode vodopropustljivost je redovno niža. Ukoliko se proces hidratacije i, kasnije, karbonatizacije ne dešava stihijski ostvaruje se slaba vodopropustljivost reda  $10^{-8}$ — $10^{-9}$  m/s.

Pepeo i šljake spadaju u materijale sa malom gustinom — 1950—2200 kg/m<sup>3</sup> i zapreminskom masom koja je po pravilu ispod 1000 kg/m<sup>3</sup>, obično 650—1000 kg/m<sup>3</sup>.

### *Način zagađenja*

Na hidraulički formiranim deponijama mogu se zapaziti tri zone. U centralnom delu se formira

taložno jezero. Ovde se deponuje najsitniji i najlakši pepeo. S obzirom da je u potpunosti prekrivena vodom, ova zona nema nikakav uticaj na aerozagađenje okolnog područja.

Između jezera i obodnog nasipa nalaze se dve zone promenljive veličine. Bliža je jezeru zona pepela koji je relativno zasićen vodom. Pepeo iz ove zone se dosta teško podiže pod dejstvom vetrova srednjeg intenziteta.

Najbliže obodnom nasipu formira se zona isušenog pepela i šljake. Veličina ove zone zavisi od veličine deponije i metodologije deponovanja. Obično obuhvata trećinu površine. Upravo ova zona je glavni izvor zagađenja vazduha. Tu je pepeo suv, rastresit, sitan i lagan, što prouzrokuje njegovo podizanje i pri vetru veoma slabog intenziteta.

Kod deponija koje se formiraju suvim postupkom aerozagađenje je osnovni ekološki problem. U fazi transporta pepeo se obično kvasi (5—20% vlage), dok je šljaka po izvlačenju iz odšljakivača mokra (40—60% vlage). U transportu, bilo da se obavlja trakama, kamionima ili žičarom, gubi se dobar deo početne vlažnosti, naročito u površinskim slojevima. Kako je vodopropustljivost pepela veoma dobra, a evapotranspiracija usled tamne boje izražena, deponovani pepeo u veoma kratkom roku postaje izvor aerozagađenja.

Treći način deponovanja bio bi deponovanje pod vodom. Kod ovog načina deponovanja aerozagađenje ima minorni značaj.

### *Mere zaštite*

Za sprečavanje aerozagađenja poznat je čitav niz mera. Neke od njih treba predvideti još u fazi definisanja tehnologije transporta i deponovanja i izrade tehničke dokumentacije, dok se druge mogu predvideti i primeniti u bilo kojem periodu eksploatacije. Pravilnim izborom tehnologije transporta i formiranja deponije može se bitno umanjiti mogućnost aerozagađenja bez značajnijeg finansijskog opterećenja. Sve kasnije preduzete zaštitne mere su praćene finansijskim opterećenjem i ograničenim pozitivnim efektom.

Postupci kojima se u fazi definisanja tehnologije sprečava ili snižava aerozagađenje su:

— lociranje deponija u području koje je van osnovnih vazdušnih strujanja

- kasetna podela deponije praćena optimizacijom površine i visine aktivne kasete i
- spigotsko istakanje hidromešavine sa održavanjem deponije nakvašene tankim slojem vode.

Pravilan izbor mesta deponovanja ima izuzetan značaj ne samo sa aspekta aerozagađenja. Da bi se sagledao i ovaj element, treba poznavati pravac, intenzitet i učestalost vazdušnih strujanja na terenu koji predstavlja potencijalnu lokaciju za deponiju. Treba težiti da deponija bude locirana van osnovnih pravaca strujanja vetra, te da bude zaštićena prirodnim reljefom.

Kod definisanja veličine deponije obično se računa sa potpunim radnim vekom termoelektrane (25—40 godina). Često se površine koje deponija zauzima mere stotinama hektara. Ako se po čitavoj površini razastre pepeo, celokupno zauzeti teren postao bi izvor zagađenja. Zbog toga se deponija deli na više kaset sa njihovim naizmeničnim aktiviranjem. Broj kaset je problem koji se posebno razmatra, ali se može prihvatiti opšti princip da zauzeta površina na svakoj etaži mora obezbeđivati najmanje jednogodišnju rezervu. Istovremeno treba težiti formiranju najmanje triju kaset, pri čemu jedna ima karakter aktivne, jedna čini „hladnu“ rezervu, a treća je potpuno van upotrebe. Ovakvim radom se potencijalni izvor zagađenja smanjuje na trećinu, jer se druge dve kasete mogu zatravniti čime se na najefikasniji način rešava problem aerozagađenja. Odluka o maksimalnom nadvišenju jedne kasete kao aktivne u odnosu na ostale nije vezana samo za ekološke probleme, već mnogo više za problem obezbeđenja statičke stabilnosti deponije, te se, saglasno tome, mora prioritetno rešavati u odnosu na taj zahtev. Međutim, princip maksimalne vertikalne nadgradnje svake kasete ponaosob je jasan, jer se tim u velikoj meri ublažava aerozagađenje.

Treća projektantska mera, čiji efekti imaju pozitivan karakter u odnosu na aerozagađenje, je izbor odgovarajućeg načina istakanja hidromešavine. Razume se, ova treća mera je u potpunosti ograničena na hidrauličke deponije.

Ukoliko se mlaz pulpe na izlazu iz cevi razastire na malu površinu, u fazi transporta ka taložnom jezeru postiže se turbulentni režim strujanja koji ne obezbeđuje zadovoljavajuće taloženje čvrstih čestica. U tim uslovima hidromešavina predstavlja usmereni bujični tok sa sporim izmenama korita po kojem se obavlja transport. Ovo obezbeđuje pokrivanje vodom van taložnog jezera

relativno malog dela deponije, čime se neznatno smanjuje veličina potencijalnog izvora zagađenja.

Ako se, pak, primeni spigotsko istakanje nakvašena površina se višestruko povećava, čime se potencijalni izvor zagađenja znatno smanjuje, a potrebna je i redna izmena mesta istakanja.

Treba reći, da je spigotski način istakanja povoljniji i sa aspekta izbistravanja vode, formiranja plaže i sl.

Sva tri navedena postupka ne mogu potpuno sprečiti aerozagađenje, ali, u kombinaciji sa merama koje se mogu preduzeti posle početka eksploatacije, može se znatno umanjiti neželjeni efekat raznošenja čestica pepela.

Glavni pravac razvoja tehnologije deponovanja je transport i deponovanje pepela u obliku guste hidromešavine uz obezbeđenje potrebnih uslova za formiranje bezvodne deponije. Ovč se ne može postići kod svih vrsta pepela ali su dosadašnja ispitivanja pokazala da ima pepela koji lako upijaju i vežu dodanu vodu i tako stvaraju stabilnu bezvodnu deponiju. Ovako formirane deponije čine potpunu zaštitu sa aspekta aerozagađenja.

Pored projektantsko-tehnoloških postupaka, čijom primenom se umanjuje aerozagađenje, postoji i veliki broj „klasičnih“ postupaka za sprečavanje aerozagađenja. Najznačajniji su:

- prskanje isušenih delova vodom
- prskanje isušenih delova specijalnim smešama — emulzijama
- prekrivanje deponije geotekstilom
- održavanje maksimalne veličine taložnog jezera i
- formiranje biopokrivača.

#### Zagađenje zemljišta i mere zaštite

Degradacija zemljišta vrši se na dva načina:

- zauzimanjem zemljišta da bi se na njemu formirala deponija i
- zagađenjem zemljišta u okolini deponije česticama pepela i zagađenom vodom

Deponije zauzimaju više stotina hektara zemljišta (TE „Nikola Tesla B“ oko 600 ha, TE „Nikola Tesla A“ oko 400 ha, TE „Kostolac“ oko 250 ha), pri čemu se neophodno zauzima i deo

ziratnog zemljišta. Završetkom eksploatacije (posle 15—25 godina), u izvesnim slučajevima, može se na kruti deponije nastaviti poljoprivredna proizvodnja. Zbog kosina deponije površina je smanjena, a da bi se zemljište kultivisalo treba naneti sloj zemlje i humusa. Vrlo često se, zbog učešća radioaktivnih elemenata ili alkaličnosti ne može uzgajati poljoprivredna kultura, već zauzeto zemljište večno ostaje zagađeno i degradirano.

Površinskim rudarenjem zbog eksploatacije uglja i izgradnjom deponija za smeštaj ostataka pri sagorevanju tog uglja došlo je do uništenja znatnih agrarnih površina čija rekultivacija, bilo parcijalna bilo po završetku svih radova, dugo traje, skupa je i ne daje uvek najbolje rezultate. S druge strane, novi rudnici i nove termoelektrane zauzimaju nova agrarno korisna zemljišta. Jasno je da čovek ne može diktirati lokaciju rudnika ili određenih rudnih ležišta, ali zato može diktirati mikrolokaciju termoelektrane i njene deponije. Upravo progresivno uništavanje agrarno korisnog zemljišta i mogućnost izbora mesta za deponovanje pepela i šljake pokazuju da je neophodno početi deponovanje pepela i šljake u otkopane delove površinskih kopova.

Drugi vid negativnog dejstva deponije na zemljište ogleda se u taloženju čestica pepela koje vetar raznosi, te u zagađenju podzemne vode, bilo da je nivo podzemne vode iznad kote terena, bilo da je nešto niži od kote terena.

Posebne mere za zaštitu zemljišta unutar tehnologije formiranja deponije se ne preduzimaju, odnosno mere koje se preduzimaju za zaštitu vodotokova i podzemnih voda, mere za zaštitu od

aerозagađenja i mere za obezbeđenje statičke stabilnosti deponije imaju karakter i mera za zaštitu zemljišta.

### Zaključak

Deponije pepela i šljake predstavljaju značajne zagađivače okoline — vode, vazduha i zemljišta. Zagađenje površinskih i podzemnih voda vrši se jonima teških metala, radioaktivnim materijama, rastvornim organskim jedinjenjima, suspendovanim materijama i sl. Vazduh se zagađuje čvrstim česticama koje vetar raznosi. Zagađenje zemljišta je usko vezano za zagađenje voda i zagađenje vazduha, jer i nastaje kao posledica nepreduzimanja odgovarajućih mera za njihovu zaštitu.

Poznat je, i u praksi primenjen, veliki broj mera za zaštitu bilo da se preduzimaju u postupku definisanja tehnologije deponovanja, bilo da se preduzimaju u vreme kad počne eksploatacija deponije.

Iskustvo pokazuje da je najuspešnija i najjeftinija zaštita kod deponija koje tehnologiju nadgradnje prilagođavaju i zaštiti okoline. Pri tom, čitav niz mera i postupaka nema samo karakter zaštite od zagađenja, već bitno utiče i na stabilnost deponije. Posebno je ovo karakteristično za hidrauličke deponije.

Izbegavanjem stihijnosti pri formiranju i nadgradnji deponije, te potenciranjem tehnološke discipline uz postojanje zadovoljavajućeg organizacionog poretka, može se formirati deponija sa minimalnim negativnim uticajem na okolinu.

### SUMMARY

#### Effect of techno—technological Solutions of Ash and Slag Dumps Formation on Decrease of Environmental pollution

Ash and slag dumps represent major environmental polluters. Pollution of surface and groundwaters is made by heavy metal ions, radioactive matters, dissolved organic compounds, and the like, while air pollution results from solid particles carried by the wind, and soil pollution is related to water and air pollution and lack of appropriate protective measures.

Experience indicates that the most successful and cheapest protection is with dumps whose building technology is adapted to environmental protection. At the same time, the procedures and measures of protection have an essential effect on dump stability too, this being characteristic for hydraulic dumps.

## ZUSAMMENFASSUNG

### Einfluss der technisch—technologischer Lösungen bei der Bildung von Aschen— und Schlacken—Kippen auf die Verminderung der Umgebungsverunreinigung

Die Aschen— und Schlacken—Kippen stellen bedeutende Umgebungsverunreiniger dar. Die Verunreinigung der Oberflächen— und Grundwässer wird mit Schwermetallionen, radioaktiven Materialien, Lösungen organischer Verbindungen und ähnlicher, die Verunreinigung der Luft mit fester Teilchen, die der Wind zerstreut, und die Verunreinigung des Geländes mit der Verunreinigung vom Wasser und der Luft gebunden, so wie mit dem Nichtvornehmen der entsprechenden Schutzmassnahmen gebunden.

Die Erfahrung zeigt, dass die erfolgreichste und billigste Schutzmassnahmen bei der Kippen jene sind, die den Anbau der Technologie dem Umgebungsschutz anpassen. Bei diesem beeinflussen wesentlich die Masse und Verfahren zum Schutz auch auf die Stabilität der Kippen, was kennzeichnend für die Spülkippen ist.

Mit der Vermeidung vom Chaotischem bei der Formierung und dem Abau der Kippe und mit der Potenzierung der technologischen Disziplin, neben befriedigter organisatorischer Ordnung, kann man mit minimalen negativen Einfluss auf die Umgebung eine Kippe ausbilden.

## РЕЗЮМЕ

### Влияние техно-технологических решений при формированию отвалов золы и шлана на уменьшение загрязнения окрестности

Отвалы золы и шлана представляют собой материал загрязняющий окрестность. Загрязнение поверхностных и подземных вод осуществляется ионами тяжелых металлов, радиоактивными материалами, растворимыми органическими соединениями и сл., загрязнение воздуха — твердыми частицами разносившихся ветром, а загрязнение почвы связано с загрязнением воды и воздуха и несуществлением ответствующих мер защиты.

Опыт показывает что наиболее удачная и дешевая защита на отвалах она, которая технологию насыпки приспособливает защиты окрестности. При этом, меры и способы защиты существенно влияют и на устойчивость отвала, что представляет характеристику для гидроотвалов.

Уклонением стихийности при формированию и насыпке отвалов и потенцированием технологической дисциплины со удовлетворительностью, возможно формировать отвалы, которые показывают минимальное отрицательное влияние на окрестность.

## Literatura

- 1 Pietraru, J. 1982: Deponije za odlaganje taloga, šljake, zgure, jalovine i tehničkih otpadaka, Bukurešt.
- 2 Hidraulički transport i deponovanje pepela TE Gacko — konceptijsko rešenje, Rudarski Institut, Beograd, 1986.
- 3 Elaborat istražnih radova na pepelu i šljaci TE „Nikola Tesla — A“, Rudarski Institut, Beograd, 1981.
- 4 Elaborat istražnih radova na pepelu i šljaci TE Kostolac, Rudarski Institut, Beograd, 1984.
- 5 Studija izbora najpovoljnije lokacije za deponovanje pepela i šljake iz termoelektrane i komunalnog otpada SOUR Viskoza. — Rudarski Institut, Beograd, 1987.
- 6 Grbović, M., Košutić, Lj., Knežević, D. 1986: Hidrauličko deponovanje pepela, I jugoslovensko—poljski simpozijum o PMS, Opatija.
- 7 Knežević D., Košutić Lj. 1987: Taložanje čvrstih čestica u tankom vodenom sloju, XI jugoslovenski simpozijum o PMS, Zagreb.

Autor: dipl. inž. Dinko Knežević, Zavod za pripremu mineralnih sirovina u Rudarskom Institutu, Beograd  
Recenzent: dr inž. Lj. Košutić, Rudarski Institut, Beograd  
Članak primljen 18.1.1988, prihvaćen 21.3.1988.

UDK 622.625.007.2 : 628.5  
Originalni naučni rad  
— primenjeno—istraživački

## UTICAJ HEMIJSKO—FIZIČKIH ŠTETNOSTI KAO BITNOG FAKTORA RADNIH USLOVA NA SKRAĆENJE RADNOG VEKA RADNIKA NA POVRŠINSKIM KOPOVIMA

(sa 1 slikom)

Dipl inž. Vladimir Ivanović

### Uvod

U savremenim uslovima intenzivnog razvoja tehnologije i tehnike u rudarstvu radnik — neposredni proizvođač sve više dolazi u povoljniju poziciju manje zavisnosti od sredstava za proizvodnju, ali i veće odgovornosti za efikasno odvijanje tehnološkog procesa. Modernizacija proizvodnje krije i određene opasnosti, koje mogu vrlo nepovoljno, da se odraze, u prvom redu, na radnu sposobnost radnika, a zatim i na produktivnost rada i efekte proizvodnje.

Novi uslovi u proizvodnji doprinose kompleksnijem odnosu između radnika i elemenata tehnološkog procesa, pri čemu se ne isključuju i nepovoljni uticaji na zdravstveno stanje radnika sa trajnim deformacijama, koje vode ka profesionalnim oboljenjima i invalidnosti. To zahteva i jedan kompleksniji pristup u analizi sistema čovek—mašina, kome se može približiti ergonomija kao moderna nauka interdisciplinarnog karaktera.

Kao što je poznato, ergonomija ima više definicija, s obzirom na njeno interdisciplinarno opredeljenje. Međutim, ako se pođe od toga da ergonomija izučava funkcionalne mogućnosti i sposobnosti čoveka u procesu proizvodnje i metode za povećanje produktivnosti rada, koje istovremeno obezbeđuju duhovni razvoj, komfor i zaštitu zdravlja radnika (2), onda je moguće da se ciljevi istraživanja usmere na rešavanje konkretnih zadataka iz oblasti zaštite na radu u ergonomskom sistemu radnik — radna okolina — tehnika.

Krajnji cilj ergonomskih istraživanja u ovoj oblasti je utvrđivanje čovekove efikasnosti, što je veoma težak zadatak. Čovek, kao živi kibernetički sistem, poseduje osnovne osobine kao što je prilagođavanje ili delimično menjanje svog sopstvenog unutrašnjeg poretka. Prema tome, on je u stanju da se svesno ili nesvesno prilagođava uslovima koji vladaju u radnom ambijentu, što još više otežava iznalaženje granice čovekove efikasnosti. Za ostvarenje ovog cilja neophodan je timski rad stručnjaka različitog profila, inženjera, lekara, psihologa.

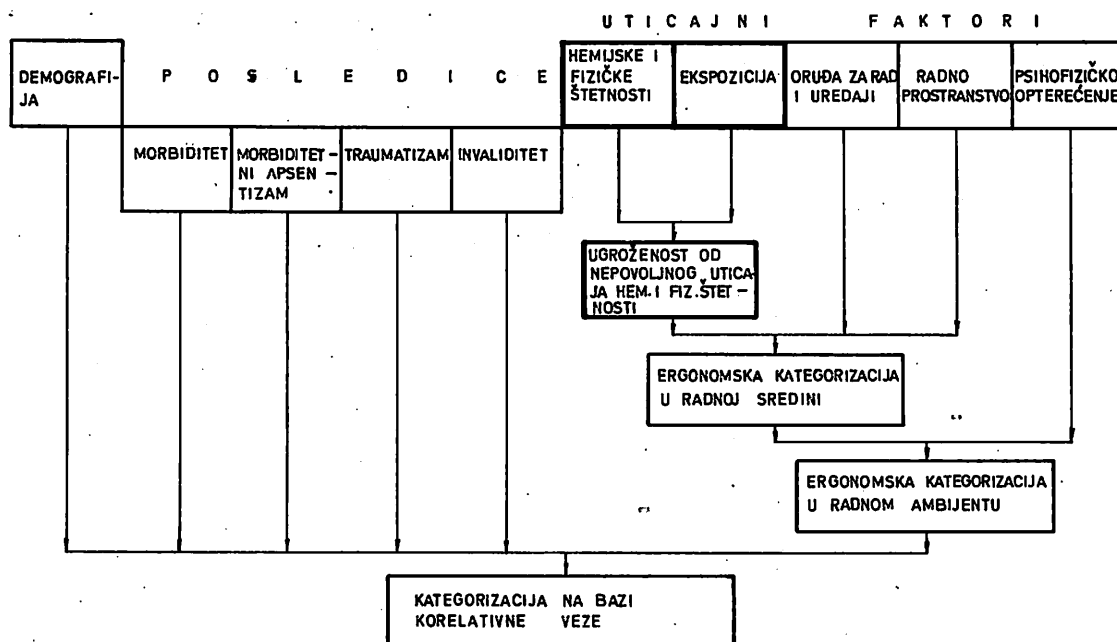
Jedan od praktičnih zadataka u ovom kompleksu je utvrđivanje korelativne veze između uzročnih i posledičnih faktora kao kriterijuma za ograničavanje radnog veka rudara. On predstavlja osnovu metodologije za utvrđivanje postupka i usaglašavanja kriterijuma za utvrđivanje poslova na kojima se radni staž — osiguranje računa sa uvećanim trajanjem (3). Međutim, praktičan rad na dokumentaciji ukazao je na čitav niz teškoća koje ograničavaju primenu ovog kriterijuma, što navodi na konstataciju da problem naučno još uvek nije dovoljno istražen do nivoa koji obezbeđuje nesmetanu praktičnu primenu. Tako postavljen zadatak je bio predmet istraživanja u posebnoj studiji rađenoj za rudnik Majdanpek (1).

U ovom članku je predmet interesovanja uporedna analiza hemijskih i fizičkih štetnosti u podsistemu radna okolina (uslovi rada) kod vozača teških kamiona i rukovaoca pomoćnom mehanizacijom kao uzročnih faktora u mogućoj korelativnoj

vezi sa posledicama na zdravstveno stanje radnika, u uslovima površinske eksploatacije ležišta rude bakra, uz korišćenje rezultata iz pomenute studije (1). U šematskom prikazu na crtežu 1, to je izvučeno debljim linijama.

– štetni gasovi koji nastaju radom motora sa unutrašnjim sagorevanjem – ugljen monoksid, azotni oksidi i akrolein

– buka  
– vibracije



Sl. 1 – Šematski prikaz složenog ergonomskeg postupka za analizu korelativne veze između uzročnih i posledičnih faktora na radnu sposobnost radnika

#### Definicija podsistema radne okoline

U ergonomskeg sistemu postoji međusobna povezanost čoveka–radnika sa faktorima koji ga okružuju. Radna okolina predstavlja prostornu i tehnološku celinu ili njen deo u kojoj se prate i prikupljaju sve potrebne informacije o hemijskim i fizičkim štetnostima. Prostorno–vremenske situacije u kojima se menjaju stanja hemijskih i fizičkih štetnosti određene su fazama tehnološkog procesa. Radna okolina ima materijalnu, prostornu i vremensku dimenziju i sadrži jednu ili više tehnoloških faza.

Podsistem radna okolina svojom materijalnom dimenzijom vrši uticaj na čoveka, a nju u konkretnom slučaju, u kabinama teških vozila i pomoćnih mašina, čine sledeće komponente:

– mineralna prašina sa agresivnom komponentom slobodnog (kristalnog)  $\text{SiO}_2$

– klimatski faktori  
– osvetljenost.

Pošto se radi o jednoj prostornoj celini – kabine rudarskih mašina – prostornu dimenziju podsistema radna okolina čine sledeće tehnološke faze:

#### u kabini teških vozila

– utovar jalovine  
– utovar rude  
– u toku vožnje  
– istovar jalovine  
– istovar rude  
i van kabine

#### u kabini pomoćnih mašina

– mašina u pokretu, aktivan rad  
– mašina u pokretu, bez aktivnog rada

- mašina nije u pokretu
- ostalo

Standardna devijacija:

$$\sigma = 1,42$$

Potencijalna opasnost od prisutnih štetnosti

Koeficijent varijacije:

$$K_v = 1,0$$

Potencijalna opasnost se pojavljuje kao pojam, koji se vezuje samo za podsistem radna okolina, a kriterijum za ocenu stepena opasnosti je „nivo prekoračenja“, dobijen iz odnosa izmerenih i dopuštenih vrednosti parametara koji karakterišu pojedine štetnosti.

Rukovaoci pomoćnih mašina

Izmerene koncentracije udišljive prašine, N (mg/m<sup>3</sup>):

Mineralna prašina

Vozači teških vozila

Izmerene koncentracije udišljive prašine, N (mg/m<sup>3</sup>):

|      |      |      |      |
|------|------|------|------|
| 0,06 | 0,20 | 0,11 | 0,11 |
| 0,40 | 0,54 | 0,53 | 0,28 |
| 0,26 | 0,42 | 0,21 | 0,09 |
| 1,91 | 0,47 | 0,98 | 0,67 |
| 0,10 | 0,46 | 0,13 | 0,47 |
| 1,89 |      | 1,02 | 0,67 |
| 1,76 |      | 1,23 | 0,85 |

|      |      |      |
|------|------|------|
| 0,24 | 0,08 | 0,86 |
| 0,86 | 0,52 | 0,24 |
| 0,26 | 0,41 | 0,52 |
| 0,74 | 0,54 | 0,08 |
| 0,18 | 0,19 | 0,37 |
| 0,57 | 0,47 | 0,36 |
| 0,56 | 0,42 | 0,37 |
| 0,45 | 0,51 |      |

Srednja vrednost:

$$\bar{N} = 0,61 \text{ mg/m}^3$$

Standardna devijacija:

$$\sigma = 0,57 \text{ mg/m}^3$$

Koeficijent varijacije:

$$K_v = 0,93$$

Utvrđeni faktori prekoračenja MDK udišljive prašine, FP =  $\frac{N}{MDK}$ :

$$FP = \frac{N}{MDK}$$

|      |      |      |      |
|------|------|------|------|
| 0,08 | 0,77 | 0,15 | 0,29 |
| 0,82 | 1,1  | 1,08 | 0,57 |
| 0,53 | 0,63 | 0,43 | 0,18 |
| 3,89 | 0,96 | 2,61 | 1,37 |
| 0,20 | 0,65 | 0,33 | 0,96 |
| 4,73 |      | 2,55 | 1,68 |
| 4,76 |      | 3,32 | 2,30 |

Srednja vrednost:

$$\bar{FP} = 1,42$$

Srednja vrednost:

$$\bar{N} = 0,43 \text{ mg/m}^3$$

Standardna devijacija:

$$\sigma = 0,23 \text{ mg/m}^3$$

Koeficijent varijacije:

$$K_v = 0,538$$

Utvrđeni faktori prekoračenja, FP =  $\frac{N}{MDK}$ :

|      |      |      |
|------|------|------|
| 0,89 | 0,31 | 1,76 |
| 1,76 | 1,06 | 0,59 |
| 0,53 | 0,84 | 0,78 |
| 1,10 | 1,40 | 0,12 |
| 0,27 | 0,50 | 0,93 |
| 1,43 | 1,05 | 0,90 |
| 1,40 | 1,05 | 0,64 |
| 0,78 | 0,88 |      |

Srednja vrednost:

$$\bar{FP} = 0,91$$

Standardna devijacija:

$$\sigma = 0,48$$

Koeficijent varijacije:

$$K_v = 0,53$$

Statistički podaci pokazuju da su vozači teških vozila potencijalno ugroženi od agresivne mineralne prašine, sudeći po prosečnom faktoru prekoračenja MDK i učestalosti prekoračenja dozvoljene koncentracije. Kod rukovaoca pomoćnih mašina nije izražena veća potencijalna opasnost od prašine.

Štetni gasovi

Vozači teških vozila

Utvrđeni faktori aditivne sumacije,  $FP_{as} = \frac{N}{MDK}$  :

|      |      |      |
|------|------|------|
| 1,2  | 0,72 | 0,66 |
| 0,65 | 1,77 | 0,24 |
| 0,94 | 1,30 | 2,02 |
| 0,32 | 0,32 | 1,40 |

Srednja vrednost:

$$\overline{FP}_{as} = 0,96$$

Standardna devijacija:

$$\sigma = 0,65$$

Koeficijent varijacije:

$$K_v = 0,683$$

Rukovaoci pomoćnim mašinama

Utvrđeni faktori aditivne sumacije  $FP_{as} = \frac{N}{MDK}$  :

|      |      |      |
|------|------|------|
| 2,14 | 0,42 | 0,50 |
| 4,26 | 0,92 | 3,50 |
| 2,18 | 0,44 | 1,43 |
| 0,76 | 1,12 | 1,12 |
| 0,80 | 1,12 | 1,16 |
| 0,84 | 1,08 | 1,16 |

Srednja vrednost:

$$\overline{FP}_{as} = 1,39$$

Standardna devijacija:

$$\sigma = 1,06$$

Koeficijent varijacije:

$$K_v = 0,762$$

Prema srednjoj vrednosti faktora aditivne sumacije i učestalosti prekoračenja MDK prisutna je potencijalna opasnost od štetnih gasova kod obe grupe poslova, s tim što je ona nešto više izražena kod rukovalaca pomoćnih mašina.

Buka

Vozači teških vozila

Izmereni nivoi buke, N (db/A):

|      |     |      |      |      |     |
|------|-----|------|------|------|-----|
| 93   | 86  | 95   | 89   | 88   | 89  |
| 85,5 | 87  | 85,5 | 86,5 | 88,5 | 91  |
| 86,5 | 104 | 88   | 89   | 90,5 | 114 |
| 101  | 104 | 85   | 83   | 111  | 114 |
| 100  | 104 | 85   | 93   | 111  | 114 |
| 101  | 104 | 92   | 85   | 111  | 112 |
| 100  |     | 83   |      | 110  |     |

Srednja vrednost:

$$\bar{N} = 95,8 \text{ db(A)}$$

Standardna devijacija:

$$\sigma = 18,7 \text{ db(A)}$$

Koeficijent varijacije:

$$K_v = 0,195$$

Izmerene vrednosti dozvoljenog vremena izlaganja, Td (min/dan):

|     |     |     |
|-----|-----|-----|
| 480 | 480 | 480 |
| 443 | 443 | 480 |
| 60  | 480 | 47  |
| 129 | 480 | 47  |
| 60  | 480 | 47  |
| 166 | 480 | 108 |

Srednja vrednost:

$$\bar{T}_d = 299 \text{ min/dan}$$

Standardna devijacija:

$$\sigma = 215 \text{ min/dan}$$



Koeficijent varijacije:

$$K_v = 0,719$$

Rukovaoci pomoćnim mašinama

Izmereni nivoi buke, N(db/A):

|    |       |       |
|----|-------|-------|
| 95 | 89    | 104   |
| 83 | 100,5 | 101,5 |
| 91 | 96    | 100,5 |
| 91 | 96    | 105   |
| 91 | 98    | 97    |
| 91 | 98    | 106   |
|    | 99    | 95    |

Srednja vrednost:

$$\bar{N} = 96,5 \text{ db(A)}$$

Standardna devijacija:

$$\sigma = 22,3 \text{ db(A)}$$

Koeficijent varijacije:

$$K_v = 0,231$$

Izmerene vrednosti dozvoljenog vremena izlaganja, Td (min/dan):

|     |     |     |
|-----|-----|-----|
| 360 | 286 | 80  |
| 480 | 443 | 80  |
| 240 | 144 | 90  |
| 240 | 144 | 43  |
| 240 | 144 | 166 |
| 240 | 144 | 43  |
|     |     | 185 |

Srednja vrednost:

$$\bar{T}_d = 200 \text{ min/dan}$$

Standardna devijacija:

$$\sigma = 133 \text{ min/dan}$$

Koeficijent varijacije:

$$K_v = 0,665$$

Vibracije

Vozači teških vozila

Izmerene vrednosti dozvoljenog vremena izlaganja, Td(min/dan):

|     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|
| 480 | 480 | 240 | 480 |
| 480 | 480 | 480 | 360 |
| 480 | 480 | 240 | 480 |
| 480 | 480 | 480 | 480 |
| 480 | 480 |     | 480 |

Srednja vrednost:

$$\bar{T}_d = 448 \text{ min/dan}$$

Standardna devijacija:

$$\sigma = 133 \text{ min/dan}$$

Koeficijent varijacije:

$$K_v = 0,297$$

Rukovaoci pomoćnim mašinama

Izmerene vrednosti dozvoljenog vremena izlaganja, Td (min/dan):

|     |     |     |
|-----|-----|-----|
| 480 | 480 | 480 |
| 360 | 120 | 480 |
| 480 | 480 | 480 |
| 480 | 41  | 480 |
| 480 | 480 | 480 |

Srednja vrednost:

$$\bar{T}_d = 419$$

Standardna devijacija:

$$\sigma = 180$$

Koeficijent varijacije:

$$K_v = 0,429$$

S obzirom na malu učestalost prekoračenja dozvoljenih vrednosti vibracija kod obe grupe poslova ne može se reći da je opasnost od vibracija karakteristična pojava, ali u svakom slučaju potencijalna opasnost je prisutna.

# Klima

## Vozači teških vozila

Izmerene temperature vazduha,  $t_s$  (°C):

|      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|
| 24,2 | 22,0 | 24,0 | 21,0 | 24,3 | 20,0 |
| 24,2 | 22,0 | 24,0 | 21,0 | 24,3 | 20,5 |
| 24,3 | 22,0 | 25,0 | 21,0 | 23,8 | 20,2 |
| 25,0 | 22,1 | 23,8 | 21,0 | 24,0 | 20,2 |
| 25,0 | 22,1 | 23,8 | 21,0 | 24,0 | 20,2 |

Srednja vrednost:

$$\bar{t}_s = 22,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Standardna devijacija:

$$\sigma = 4,8 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Koeficijent varijacije:

$$K_v = 0,21$$

Izmerene vrednosti relativne vlažnosti vazduha,  $R_v$  (%):

|    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|
| 48 | 36 | 51 | 40 | 56 | 44 |
| 48 | 36 | 51 | 40 | 56 | 44 |
| 47 | 35 | 46 | 40 | 53 | 44 |
| 46 | 35 | 51 | 40 | 52 | 44 |
| 46 | 35 | 51 | 39 | 52 | 44 |

Srednja vrednost:

$$\bar{R}_v = 45\%$$

Standardna devijacija:

$$\sigma = 10,5\%$$

Koeficijent varijacije:

$$K_v = 0,233$$

## Rukovaoci pomoćnim mašinama

Izmerene temperature vazduha,  $t$  (°C):

|      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|
| 24,0 | 15,5 | 22,5 | 21,5 | 22,7 | 22,3 |
| 24,5 | 20,0 | 22,7 | 21,0 | 22,9 | 22,3 |
| 23,8 | 20,0 | 23,0 | 21,0 | 23,7 | 18,0 |
| 23,7 | 19,8 | 20,0 | 14,0 | 20,0 | 14,0 |
| 20,0 | 14,0 |      |      |      |      |

Srednja vrednost:

$$\bar{E} = 20,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Standardna devijacija:

$$\sigma = 5,4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Koeficijent varijacije:

$$K_v = 0,26$$

Izmerene vrednosti relativne vlažnosti vazduha,  $R_v$  (%):

|    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|
| 52 | 41 | 54 | 41 | 54 | 40 |
| 51 | 42 | 62 | 41 | 61 | 40 |
| 51 | 42 | 55 | 41 | 53 | 40 |
| 53 | 42 | 65 | 60 | 65 | 60 |
| 65 | 60 |    |    |    |    |

Srednja vrednost:

$$\bar{R}_v = 51,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Standardna devijacija:

$$\sigma = 13,7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Koeficijent varijacije:

$$K_v = 0,267$$

Priloženi podaci merenja dati su za letnji i zimski period u jednoj godini. Dobijeni rezultati pokazuju da se klimatski parametri nalaze u zoni komfora. Međutim, za ukupnu ocenu klimatskih uslova mora se uzeti u obzir i nepovoljni uticaj spoljne okoline na radnike, koji obavljaju ove poslove.

## Vreme ekspozicije

Kao što je poznato, kod razmatranja štetnog uticaja hemijskih i fizičkih faktora na zdravstveno stanje i radnu sposobnost radnika bitnu ulogu igra ekspozicija pojedinim štetnostima. Za praktične potrebe ergonomske analize izdvojena su sledeća karakteristična vremena:

- efektivno radno vreme
- pomoćno radno vreme
- vreme drugih aktivnosti.

Navedene grupacije vremena nose u sebi sve osnovne varijante stepena opasnosti i težine rada neophodne za ergonomsku razmatranja.

Efektivno radno vreme čini vremenski interval u kome postoji direktan kontakt radnika sa mašinom i obavlja se proizvodni zadatak. To vreme obuhvata faze rada u kojima dolazi do najvećeg izdavanja prisutnih štetnosti.

Zajednička karakteristika za sve štetnosti u ovoj analizi je da procena stepena ugroženosti bazira na vremenu ekspozicije, odnosno boravka radnika u radnim okolinama i nivoima potencijalnih opasnosti od prisutnih štetnosti.

Primenjena metodologija za procenu, stepena ugroženosti omogućava da se poslovi raspodele u sledećih pet kategorija:

Pregled raspodele snimljenog radnog vremena sa stanovišta izloženosti delovanja hemijskih i fizičkih štetnosti kod vozača teških vozila i rukovaoca pomoćnim mašinama

|                           | Efektivno vreme (h) | Pomoćno vreme (h) | Vreme drugih aktivnosti (h) |
|---------------------------|---------------------|-------------------|-----------------------------|
| Vozači dampera—Terex—65t  | 6,17                | 0,35              | 1,48                        |
| Vozači dampera Terex—150t | 6,34                | 0,40              | 1,15                        |
| Vozači dampera—Wabco—150t | 6,44                | 0,40              | 1,15                        |
| Rukovaoci buldozerom      | 6,18                | 0,81              | 1,01                        |
| Rukovaoci grejderom       | 5,29                | 1,39              | 1,32                        |
| Rukovaoci turnotaktorom   | 5,18                | 1,49              | 0,70                        |

S obzirom na visoko učešće efektivnog rada u radnom ciklusu kod obe grupe poslova prisutna je izražena disponiranost u pogledu ekspozicija, s tim što je kod rukovaoca pomoćnim mašinama nešto manja.

**Analiza stepena ugroženosti od hemijskih i fizičkih štetnosti**

Teoretski gledano, radna sposobnost je obrnuto proporcionalna intenzitetu štetnosti, ali se funkcionalne zavisnosti za svaku pojedinačnu štetnost razlikuju. Kod analize stepena ugroženosti od hemijskih i fizičkih štetnosti nastoji se da kriterijum za ocenu bude dozvoljeno vreme rada, kako bi štetnosti mogle da se upoređuju. Važno je naglasiti činjenicu, da faktor „dozvoljeno vreme rada“ bilo po kom elementu posmatranja ima tretman parametra za uporednu ocenu kojom treba da se izvrši kategorizacija različitih uslova rada.

Dobijeni rezultat ukazuje na nivo opasnosti koji, ukoliko se ne otkloni, ugrožava radnike u navedenom stepenu.

Za procenu stepena ugroženosti kod nekih štetnosti primenjuje se kriterijum ograničavajućih parametara u poređenju sa zakonski propisanim vrednostima.

- 1 — neopasan rad
- 2 — umereno opasan rad
- 3 — srednje opasan rad
- 4 — opasan rad
- 5 — jako opasan rad.

Podela na kategorije sa odgovarajućim nazivima razumljivo ima karakter dogovora i njen praktičan značaj je u tome, da se poslovi mogu upoređivati u odnosu na različite uslove rada.

#### Mineralna prašina

Za kategorizaciju poslova u odnosu na kriterijum zaprašenosti korišćena je relacija u funkciji maksimalno dozvoljene koncentracije, prema Jugoslovenskom standardu JUS 2.B0.001, izmerene koncentracije respirabilne prašine i plućne ventilacije. Kriterijum je dozvoljeno vreme izlaganja štetnim koncentracijama udišljive prašine.

Kao što se vidi, kod vozača teških vozila prisutna je ugroženost od prašine u letnjem periodu, odnosno u sušnim periodima kada dolazi do povećanog izdavanja prašine. Prosečna kategorija ugroženosti iznosi 2,5 što se približava opasnom radu. U zimskom periodu, odnosno periodima većih atmosferskih padavina ugroženost od prašine nije prisutna.

Dozvoljeno vreme izlaganja (tds) i kategorije stepena opasnosti od mineralne prašine kod vozača teških vozila i rukovaoca pomoćnih mašinama

|                   | Letnji period<br>tds kategorija |        | Zimski period<br>tds kategorija |        |
|-------------------|---------------------------------|--------|---------------------------------|--------|
| TEREX 65 t        | 7,2<br>4,4                      | 2<br>4 | 8,0<br>8,0                      | 1<br>1 |
| TEREX 150 t       | 7,8<br>3,3                      | 1<br>5 | 8,0<br>8,0                      | 1<br>1 |
| WABCO 150 t       | 7,6<br>7,0                      | 1<br>2 | 8,0<br>7,2                      | 1<br>2 |
| BULDOZER          | 6,8<br>7,5                      | 2<br>2 | 7,9<br>8,0                      | 2<br>1 |
| GREJDER           | 6,9<br>8,0                      | 2<br>1 | 8,0<br>8,0                      | 1<br>1 |
| TURNOTRAK—<br>TOR | 8,0<br>7,5                      | 1<br>2 | 8,0<br>7,9                      | 1<br>1 |

Rukovaoci pomoćnih mašina nisu u značajnoj meri ugroženi od prašine uzimajući u obzir više-godišnju ekspoziciju.

### Štetni gasovi

Ispitivanja kombinovanog uticaja više štetnih gasova u smeši sa vazduhom pri jednovremenom delovanju je veoma kompleksno i zahteva velike pripreme, korišćenje obimnih epidemioloških studija i eksperimentalan rad. Međutim, do sada postignuti i publikovani rezultati omogućavaju primenu ovog kriterijuma u praktičnom radu. U konkretnom slučaju, primenjen je kriterijum aditivne sumacije u koji se uključuju svi prisutni gasovi osim onih za koje je dokazano da imaju nezavisan ili antagonistički efekat u odnosu na ostale prisutne gasove.

U funkciji pojedinačnog i aditivnog faktora prekoračenja MDK i ekspozicije utvrđene su sledeće kategorije stepena opasnosti za pojedine mašine:

| Kategorija   |   |
|--------------|---|
| TEREX 65 t   | 5 |
| TEREX 150 t  | 2 |
| WABCO 150 t  | 1 |
| BULDOZER     | 1 |
| GREJDER      | 1 |
| TURNOTRAKTOR | 1 |

Kod vozača teških vozila prisutna je izrazita neujednačenost kategorija ugroženosti od štetnih gasova, što bi trebalo da bude predmet posebnih istraživanja. Prosečna kategorija ugroženosti za celu grupu vozača teških vozila iznosi 2,7, što odgovara oblasti srednje opasnog rada.

### Buka

Pored direktnog mehaničkog dejstva buke veoma su značajne i ostale brojne organske i psihičke reakcije. One zavise ne samo od individualnih osetljivosti na buku, već i od vremena ekspozicije, intenziteta i karaktera buke pri čemu spektar, usmerenost, vremenska stalnost ili promenljivost udara, prisustvo vibracija i drugih faktora buke igraju veliku ulogu.

Primenjeni kriterijum bazira na dopuštenom vremenu izlaganja buci u odnosu na nivo trajanja buke, koji je određen zakonskim propisima.

Dozvoljeno vreme izlaganja i kategorija stepena opasnosti od štetne buke kod vozača teških vozila i rukovaoca pomoćnim mašinama

|              | Dozvoljeno vreme<br>Td, sati/dan | Kategorija |
|--------------|----------------------------------|------------|
| TEREX 65 t   | 5,5                              | 4          |
| TEREX 150 t  | 6,6                              | 3          |
| WABCO 150 t  | 8,0                              | 2          |
| BULDOZER     | 5,0                              | 4          |
| GREJDER      | 6,7                              | 3          |
| TURNOTRAKTOR | 5,4                              | 4          |

Prisutna je izražena ugroženost kod obe grupe poslova. Kod vozača teških vozila prosečna kategorija stepena ugroženosti je 3, a kod rukovaoca pomoćnim mašinama 3,7 što odgovara uslovima srednje opasnog i opasnog rada.

### Vibracije

Naša iskustva u pogledu definisanja stepena opasnosti od vibracija baziraju na preporukama međunarodne organizacije ISO. Primenjena metodologija za procenu stepena opasnosti, kao i kod buke, zasniva se na kriterijumu uporedne analize dozvoljenog vremena izlaganja štetnim vibracijama u pojedinim tehnološkim fazama rada i radnom ciklusu u celini i vremena izlaganja štetnim vibracijama.

**Dozvoljeno vreme izlaganja i kategorija stepena opasnosti od štetnih vibracija kod vozača teških vozila i rukovaoca pomoćnim mašinama**

|              | Dozvoljeno vreme<br>Td, sati/dan | Kategorija |
|--------------|----------------------------------|------------|
| TEREX 65 t   | 8                                | 2          |
| TEREX 150 t  | 8                                | 1          |
| WABCO 150 t  | 8                                | 1          |
| BULDOZER     | 7,3                              | 3          |
| GREJDER      | 8                                | 2          |
| TURNOTRAKTOR | 8                                | 1          |

Kao što se vidi, kod veoma teških vozila nije bila prisutna ugroženost od štetnih vibracija. Kod rudarskih mašina — na buldozerima je prisutna ugroženost većeg stepena, u poređenju sa ostalim mašinama, i to je oblast srednje opasnog rada.

## Klima

I pored velikog broja radova na istraživanju uticaja klimatskih faktora na zdravstveno stanje i efektivan rad radnika, još nije poznat postupak koji može da izdrži naučnu kritiku. Poznato je da čovek može da se adaptira hladnoći i toploti u relativno dužem periodu vremena, ali on nema sposobnosti prilagođavanja promenama klimatskih faktora u kratkim vremenskim razmacima. Ovaj momenat se mora uzeti u obzir kod ocene uticaja klimatskih uslova na radnike koji rade u spoljnim uslovima.

U primenjenoj metodologiji kriterijum za ocenu stepena opasnosti od nepovoljnog uticaja klimatskih faktora obuhvata sve prisutne faktore (ts, Rv, V) i zasniva se na uporednoj analizi izmerenih i propisanih vrednosti uzimajući u obzir različite kombinacije nepovoljnog delovanja i ekspoziciju radnika.

Izvršena analiza je pokazala da radnici na ovim poslovima nisu bili bitno ugroženi od nepovoljnih klimatskih faktora posmatrano u dužem periodu vremena.

**Kategorije stepena opasnosti u odnosu na nepovoljne klimatske faktore kod vozača teških vozila i rukovaoca pomoćnim mašinama**

|              | Kategorija opasnosti |
|--------------|----------------------|
| TEREX 65 t   | 1                    |
| TEREX 150 t  | 1                    |
| WABCO 150 t  | 1                    |
| BULDOZER     | 1                    |
| GREJDER      | 1                    |
| TURNOTRAKTOR | 1                    |

## Zaključak

Prisustvo hemijskih i fizičkih štetnosti u kabinama teških vozila i pomoćnih mašina je evidentno. Upoređujući prosečne vrednosti bitnih parametara može se zaključiti da je kod obe posmatrane grupe poslova prisutna potencijalna opasnost od prašine, štetnih gasova, buke i vibracija. Pozitivnu ocenu o klimatskim faktorima treba uzeti uslovno, pošto nije primenjen kriterijum nepovoljnog uticaja klimatskih faktora iz spoljne sredine. Velika učestalost prekoračenja dozvoljenih vrednosti povećava prisutnu potencijalnu opasnost. Podaci o standardnoj devijaciji i koeficijentu varijabilnosti pokazuju velike razlike u vrednostima intenziteta izdvajanja pojedinih štetnosti, a što je u zavisnosti od prirodnih uslova, lokacije mašina na površinskom kopu i tehnoloških faza rada. Visoko učešće efektivnog rada u ukupnom radnom vremenu ukazuje na izraženu ekspoziranost pri najvećem izdvajanju štetnosti.

Izvršena kategorizacija stepena opasnosti od hemijskih i fizičkih štetnosti pokazala je da se vozači teških vozila i rukovaoci pomoćnih mašina nalaze u oblastima srednje opasnog i opasnog rada u odnosu na štetnosti kod kojih je prethodno utvrđeno prisustvo potencijalnih opasnosti. Kod posmatrane dve grupe poslova nema bitnih razlika u odnosu na utvrđene kategorije opasnosti.

Konstatovana opasnost od hemijskih i fizičkih štetnosti ukazuje na postojanje uzročnih faktora, koji mogu uticati na smanjenje radne sposobnosti radnika. Bilo bi interesantno usmeriti dalju analizu na utvrđivanje eventualne korelativne veze između uzročnih i posledičnih faktora u konkretnom slučaju.

## SUMMARY

### Effect of physico—chemical Hazards as a Major Factor of Working Conditions Shortening the Operating Life of Workers in Openpit Mines

The subject of consideration is a comparative analysis of physico-chemical hazards in subsystem working environment (working conditions) with heavy vehicle (dumptruck) drivers and auxiliary machine operators as causal factors in a possible correlative relation with consequences on workers health in openpit mining of copper ore. Comparison of average values of essential parameters indicated that in both groups of jobs a potential hazard exists from mineral dust, harmful gases, noise and vibration. The high share of effective work in overall working hours indicated a pronounced exposure of workers during highest development of hazards. The completed analysis indicated the existence of causal factors that may results in a reduced working ability in both observed groups of workers.

## ZUSAMMENFASSUNG

### Einfluss der chemisch—physischer Beeinträchtigung als wesentlicher Faktor der Arbeitsverhältnisse bei der Verkürzung vom Arbeitsdauer der Schwerlastfahrzeugsfahrer und der Maschinen—führer der Tagebauhilfsmaschinen

Der Gegenstand der Überlegung ist die Vergleichsanalyse der chemischer und physischer Beeinträchtigung im Untersystem der Arbeitsumgebung (Arbeitsverhältnisse) von Schwerlastfahrzeugsfahrer (Selbstkipper) und Maschinenführer der Hilfsmaschinen, als Grundfaktoren der möglichen Korrelationsverbindung mit der Folge auf den Gesundheitszustand der Arbeiter in der Bedingungen von Tagebaugewinnung des Kupfererzes. In Vergleichung der Durchschnittswerte von wesentlichen Parametern wurde festgestellt, dass bei beider Arbeitsgruppen eine potentiale Gefahr von Mineralstaub, schädliches Gas, Geräusch und Schwingungen besteht. Der hohe Anteil der wirksamen Arbeit in der ingesamelter Arbeitszeit hat eine ausgedrückte Aussetzung der Arbeiter bei höchster Schadenausscheidung gezeigt. Eine durchgeführte Analyse zeigte das Bestehen der Grundfaktoren, die auf die Verminderung von Arbeitsfähigkeit einfluss haben können bei beiden betrachteten Arbeitergruppen \*

## РЕЗЮМЕ

### Влияние химико-физической вредности как существенного фактора рабочих условий для сокращения срока работы сотрудников на нальерах

Объект рассматривания представляет сравнительный анализ химической и физической вредностей в подсистеме "рабочая среда" (условия работы) у машинистов тяжелых самосвалов и операторов вспомогательных машин, как и факторы причины во возможной соотносительной связи со последствиями на состояние здоровья сотрудников в условиях поверхстной эксплуатации медной руды.

Сравнением средних вредностей существенных параметров сделан вывод что у обеих группах работы существует потенциальная опасность от минеральной пыли, вредных газов, шума и вибраций. Доля эффективного труда в общем рабочем времени великая и поназывает выраженную экспонированность рабочих при наибольшем выделении вредных веществ. Выполненный анализ указывает на существование причинных факторов, которые могут влиять на уменьшение рабочей способности у обеих рассматриваемых группах рабочих.

#### Literatura

1. Studija radnog veka vozača teških vozila i rukovaoca rudarsko-građevinskih mašina na površinskom kopu RB Majdanpek, Rudarski institut — Beograd 1984. god.
2. Š m i d, M. 1980: Ergonomičeskie parametri, Moskva.
3. Metodologija za izradu stručne dokumentacije uz zahtev za utvrđivanje poslova na kojima se staž osiguranja računa sa uvećanjim trajanjem, „Službeni list SFRJ“ 1976/1
4. S c h m i d t k e, H. 1986: Ergonomische Bewertung von Arbeitssystemen, Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 4/86.
5. K a s p a r e k, B. 1985: Ergonomija i bezbednost na radu, Jugoslovenska i inostrana dokumentacija zaštite na radu, Niš 1985/1.
6. Studija o uslovima rada i uzrocima nastajanja profesionalnih oboljenja na površinskom kopu RB Majdanpek, Rudarski institut — Beograd, 1982.

## ISPITIVANJE EKSPERIMENTALNO IZVEDENOG ASPIRACIONOG SISTEMA OTPRAŠIVANJA KOTLOVSKOG BUNKERA U TENT—B OBRENOVAC

(sa 2 slike)

Dipl.inž. Dragan Guzijan

U tehnološkom procesu dopreme i skladištenja uglja u kotlovske bunkere u termoelektrani „Nikola Tesla”—B, javlja se prekomerna zaprašenost radne sredine, što je utvrđeno merenjima.

Na osnovu dobijenih pokazatelja urađen je idejni projekat otprašivanja kotlovskih bunkere kojim su obuhvaćena sledeća presipna mesta:

1. presip sa transportera T3L i T3D na transportere T5L i T5D
2. presip sa T5L i T5D u bunkere (16 kom)

Određivanje optimalnih količina vazduha potrebnih za aspiraciju sa izvora zaprašenosti

U idejnom projektu su pomoću matematičkog modela izračunate optimalne količine zaprašenog vazduha potrebnog za aspiraciju sa izvora zaprašenosti. Primer listinga sa ulaznim i izlaznim podacima dat je na sl. 1.

Ovaj originalni matematički model ima 36 ulaznih podataka, sadržanih u geometrijskim i tehnološkim karakteristikama pretovarnog mesta, kvalitetu hermetizacije, uticaju pritiska u prekrivci, karakteristikama transportovanog uglja i sl.

Pregled dobijenih količina vazduha za odsisavanje, usvojenih kao optimalne, za svako pretovarno mesto, dat je u tablici 1.

### PROJEKAT KOLIČINA VAZDUHA

NO: TENT - B OBRENOVAC  
OBJEKT: KOTLOVSKI BUNKERI

ASPIRACIONI SISTEM BR: 1  
PRETOVARNO MESTO BR: PRETOVAR SA T5D U BUNKERE

### MODEL A

#### ULAZNI PODACI

|     |    |   |       |
|-----|----|---|-------|
| 0   | 90 | 0 | 0     |
| 4.3 | 0  | 0 | .1    |
| 0   | 0  | 0 | 700   |
| 90  | 0  | 0 | 700   |
| 0   | 0  | 0 | 40    |
| 0   | 0  | 4 | .05   |
| 0   | 0  | 4 | 1.293 |
| 0   | 0  | 0 | 4     |
| 0   | 0  | 0 | 0     |

#### REZULTATI

|       |        |       |           |
|-------|--------|-------|-----------|
| 0     | 9.005  | 0     | 3041.563  |
| 0     | 12.525 | 0     | 0         |
| 0     | 0      | 0     | .023      |
| 90    | 0      | 9.005 | 11.197    |
| 9.005 | 0      | .213  | .0009     |
| -.116 | 0      | 0     | 1.4       |
| 0     | 0      | 0     | 15.736    |
| 1.005 | 0      | 0     | 86722.940 |

COPYRIGHT © 1980

Slika 1.



Tablica 1

| Red. broj | Naziv odsisnog mesta                                                  | Količina vazduha $m^3/h$ |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| 1.        | Pretovar sa transportera T3 L i T3 D na reverzibilni transporter T5 L | 33 000                   |
| 2.        | Pretovar sa transportera T3 L i T3 D na reverzibilni transporter T5 D | 33.000                   |
| 3.        | Pretovar sa reverzibilnog transportera T5 L u bunkere                 | 60.000                   |
| 4.        | Pretovar sa reverzibilnog transportera T5 D u bunkere                 | 60.000                   |
| UKUPNO:   |                                                                       | 186.000                  |

Količine vazduha, navedene pod red. brojem 3 i 4, odnose se na bunker zapunjen ugljem do 1/3 njegove visine. Za potpuno prazan bunker potrebna količina vazduha iznosi  $\sim 80.000 m^3/h$ , a za bunker zapunjen ugljem do 2/3 njegove visine potrebne količine vazduha za odsisavanje iznose  $\sim 40.000 m^3/h$ .

U idejnom projektu predložene su tri varijante idejnog rešenja otprašivanja. U svakoj od ovih varijanti predviđena je ugradnja dva nezavisna sistema otprašivanja koji su vezani za rad transportera T5L i T5D.

Pošto se radi o investicijama vrednosti cca 1.500 miliona din. investitor je želeo da se na eksperimentu utvrdi efikasnost rada sistema otprašivanja prema varijanti koja je usvojena kao optimalna sa gledišta zaštite radne sredine i ukupnih investicionih troškova.

U skladu sa zahtevom investitora, Rudarski institut – Beograd je projektovao eksperimentalni sistem otprašivanja na jednom od bunkera. Montažu sistema izvela je RO „Termovent“ – Beograd.

#### Tehnički opis eksperimentalnog postrojenja

Eksperimentalno postrojenje montirano je na bunkeru br. 16. Pošto je investitor raspolagao sa četiri aksijalna ventilatora sa sledećim karakteristikama:

- proizvođač: „Ventilator“, Zagreb
- tip: ABVe–11.2

- napor ventilatora: 440 Pa
- snaga motora: 5,5 kW
- broj obrtaja: 950 o/min.

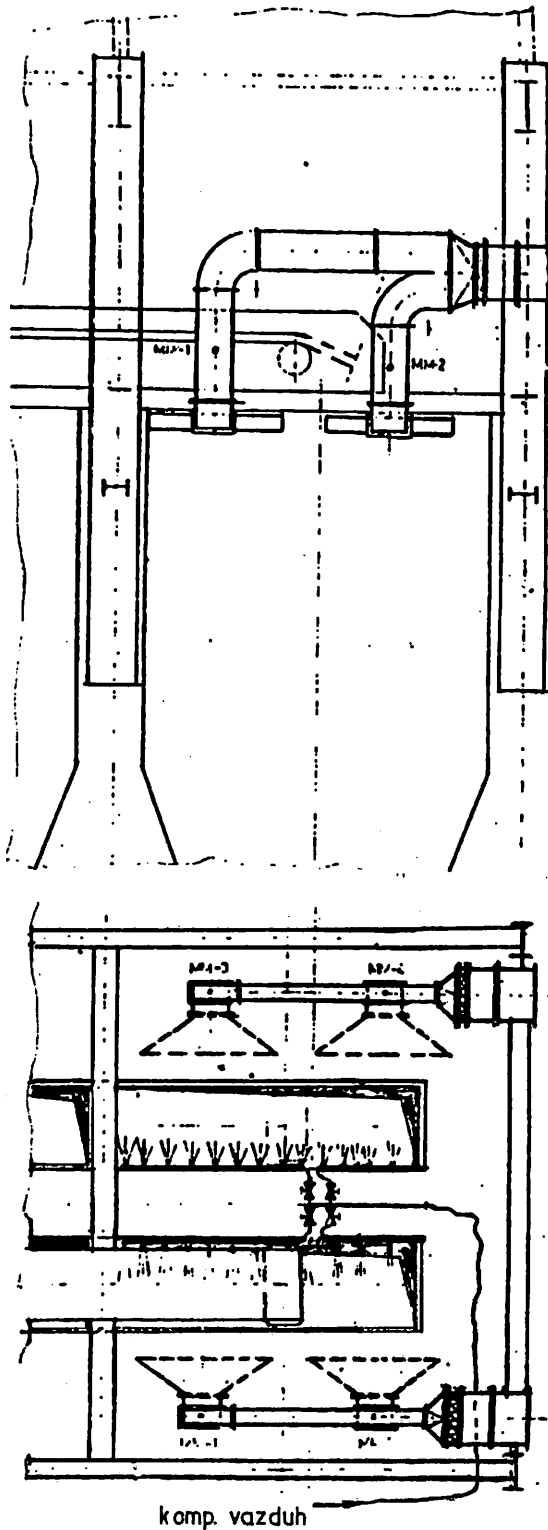
montirana su dva nezavisna sistema aspiracije sa po dve haube, postavljene u bunkeru neposredno uz otvor bunkera, kako je to prikazano na sl. 2.

Da bi se stvorila vazдушna zavesa na otvorima bunkera, montirana je instalacija komprimovanog vazduha sa četiri regulaciona ventila, kojim se otvori bunkera br. 16 dele na četiri polja. Vazдушna zavesa pokriva tri polja otvora bunkera, dok je regulacioni ventil četvrtog polja, na kom se vrši pretovar uglja sa transportera T5 u bunker, zatvoren.

#### Metodologija istraživanja

Ova ispitivanja su vršena da bi se utvrdila potrebna količina vazduha za odsisavanje prašine iz bunkera, kojom se obezbeđuje koncentracija prašine u radnoj sredini, kote +45.500, ispod maksimalno dozvoljenih koncentracija. Obavljena su sledeća merenja:

- merenje strujnih karakteristika eksperimentalnih sistema (4 merna mesta)
- uzorkovanje koncentracije prašine u struji vazduha u eksperimentalnim sistemima (4 merna mesta)
- uzorkovanje koncentracije prašine u radnoj sredini iznad bunkera br. 16 (četiri merna mesta)
- merenje sedimentacionih koncentracija na koti +45.500 (3 merna mesta)
- uzorkovanje koncentracije prašine u samom bunkeru



Slika 2.

– merenje koncentracije prašine na transportu T5 (na mestu utovara i na povratnoj stanici)

Merenja su izvršena sledećim instrumentima:

- aparatura za gravimetrijsko uzorkovanje prašine u strujećim gasovima, opseg merenja od 5–20 m<sup>3</sup>/h
- cilindrična sonda za merenje brzine
- depresiometar
- AERA – uređaj za gravimetrijsko uzorkovanje ukupne prašine
- univerzalni merni sistem UMMS koji se sastoji iz modula kojim se mere: brzina, temperatura, pritisak, vlažnost i vibracije
- psihrometar
- barometar
- digitalni termometar i higrometar.

## Rezultati ispitivanja

### Kapacitet aspiracionih sistema

Ispitivanja aspiracionih sistema izvršena su prvo pri radu sa jednim ventilatorom, a kasnije pri radu sa dva redno povezana ventilatora.

Dobijeni rezultati prikazani su u tablicama 2 i 3. Iz tablice 3 vidi se da je pri radu sa dva redno povezana ventilatora postignuta nešto veća količina aspiracionog vazduha od količine predviđene idejnim projektom (60.000 m<sup>3</sup>/h).

### Kapacitet sistema pri radu sa jednim ventilatorom

Tablica 2

| Sistem                                                      | Levi  |       | Desni |       |
|-------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Merno mesto                                                 | 1     | 2     | 3     | 4     |
| Količina aspiracio-<br>nog vazduha<br>Q (m <sup>3</sup> /h) | 11323 | 11404 | 10585 | 11820 |
|                                                             | 22727 |       | 22405 |       |
|                                                             | 45132 |       |       |       |

### Kapacitet sistema pri radu sa dva redno povezana ventilatora

Tablica 3

| Sistem                                              | Levi  |       | Desni |       |
|-----------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Merno mesto                                         | 1     | 2     | 3     | 4     |
| Količina aspiracionog vazduha Q (m <sup>3</sup> /h) | 14976 | 15824 | 14747 | 15951 |
|                                                     | 30800 |       | 30698 |       |
|                                                     | 61498 |       |       |       |

### Uzorkovanje čestica prašine u radnoj sredini

Svi dobijeni rezultati ispitivanja stanja zaprašenosti u radnoj sredini prikazani su tablično.

Tablica 4 sumira dobijene rezultate ispitivanja stanja zaprašenosti u radnoj sredini i u samim bunkerima, kada ne rade sistemi aspiracije i vazdušne zavese.

U tablici 6 prezentirani su rezultati ispitivanja pri radu aspiracionih sistema sa ukupnim kapacitetom  $Q = 61500 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Znak „—“ pored rednih brojeva merenja, u tablicama 5 i 6, označava da su uzorkovanja vršena bez rada vazdušne zavese.

#### Rezultati uzorkovanja bez rada sistema aspiracije i vazdušne zavese

Tablica 4

| Redni broj merenja | Zapunjenost bunkera pre početka merenja | Prosečna koncentracija u radnoj sredini ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) | Prosečna sediment. koncentracija ( $\text{g}/\text{m}^2 \text{ h}$ ) | Koncentracija prašine u bunkeru ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) |
|--------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| 1.1.               | do 2 m                                  | 165,02                                                             | 81,71                                                                | 8252,93                                                    |
| 1.2.               | do 1/3                                  | 39,06                                                              | 75,60                                                                | 5647,56                                                    |
| 1.3.               | do 1/2                                  | 39,44                                                              | 43,27                                                                | 3088,00                                                    |
| 1.4.               | do 1/3                                  | 79,72                                                              | 79,29                                                                | 3748,72                                                    |
| 1.5.               | do 1/2                                  | 40,28                                                              | 21,77                                                                | 2899,96                                                    |
| 1.6.               | do 2–3 m                                | 103,29                                                             | 76,49                                                                | 4148,4                                                     |

#### Rezultati uzorkovanja pri radu aspiracionih sistema sa jednim ventilatorom

Tablica 5

| Redni broj merenja | Zapunjenost bunkera pre merenja | Prosečna koncentracija prašine u radnoj sredini ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) | Prosečna sedimentaciona koncentracija ( $\text{g}/\text{m}^2 \text{ h}$ ) | Koncentracija prašine u aspiracionom sistemu ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) |
|--------------------|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| 2.1                | do 2 m                          | 19,61                                                                      | 18,44                                                                     | 2006,25                                                                 |
| 2.2                | do 1/4                          | 9,350                                                                      | 5,716                                                                     | 1380,90                                                                 |
| 2.3                | do 1/2                          | 7,155                                                                      | 1,316                                                                     | 1097,08                                                                 |
| 2.4                | do 1/2                          | 3,51                                                                       | 2,634                                                                     | 1967,91                                                                 |
| 2.5                | do 1/5                          | 13,16                                                                      | 13,47                                                                     | 2640,11                                                                 |
| 2.6                | do 1/4                          | 11,25                                                                      | 8,87                                                                      | 1814,05                                                                 |
| 2.7                | do 1/4                          | 5,27                                                                       | 2,738                                                                     | 2267,24                                                                 |
| 2.8                | do 1/4                          | 2,744                                                                      | 1,082                                                                     | 3952,20                                                                 |
| 2.9                | do 1/2                          | 6,20                                                                       | 6,477                                                                     | 1244,54                                                                 |

#### Rezultati uzorkovanja kada je u radu samo vazdušna zavesa

|       |        |       |        |         |
|-------|--------|-------|--------|---------|
| 2.10  | do 1/2 | 8,593 | 27,287 | 4366,06 |
| 2.11. | do 1/4 | 11,98 | 18,267 | 3214,16 |

U tablici 5 prikazani su rezultati merenja koncentracije čestica u radnoj sredini i aspiracionim kanalima, kada aspiracioni sistemi rade sa ukupnim kapacitetom od  $Q \approx 45.100 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Radi lakšeg sagledavanja dobijenih rezultata napominjemo da je, prema JUS Z.BO.0.01, maksimalno dozvoljena koncentracija prašine u radnoj sredini  $10 \text{ mg}/\text{m}^3$  za prašinu uglja.

## Rezultati uzorkovanja pri radu aspiracionih sistema sa dva ventilatora radno povezana

Tablica 6

| Redni broj merenja | Zapunjenost bunkera pre početka merenja | Prosečna koncentracija prašine u radnoj sredini ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) | Prosečna sedimentaciona koncentracija ( $\text{g}/\text{m}^2 \text{ h}$ ) | Koncentracija prašine u aspirac. sist. ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) |
|--------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| 3.1                | do 1/3                                  | 2,93                                                                       | 1,92                                                                      | 2299,16                                                           |
| 3.2                | do 1/4                                  | 4,281                                                                      | 2,44                                                                      | 3679,24                                                           |
| 3.3                | do 1/3                                  | 4,011                                                                      | 4,26                                                                      | 3293,68                                                           |
| 3.4–               | do 2 m                                  | 13,28                                                                      | 50,65                                                                     | 2997,53                                                           |
| 3.5–               | do 1/2                                  | 3,481                                                                      | 5,25                                                                      | 3019,15                                                           |
| 3.6–               | do 1/4                                  | 2,723                                                                      | 4,17                                                                      | 2618,41                                                           |
| 3.7–               | do 1/2                                  | 4,53                                                                       | 3,11                                                                      | 2901,13                                                           |
| 3.8–               | do 2 m                                  | 6,59                                                                       | 14,731                                                                    | 3800,57                                                           |
| 3.9                | prazan                                  | 14,778                                                                     | 25,814                                                                    | 3999,47                                                           |
| 3.10               | do 1/4                                  | 3,61                                                                       | 3,130                                                                     | 2690,66                                                           |
| 3.11               | do 1/2                                  | 5,625                                                                      | 3,434                                                                     | 2836,56                                                           |

Merenja emisije čestica prašine iznad prekrivke kolica transportera  
T5L – na mestu pretovara uglja u bunker

Tablica 7

| Merenje broj | Zapunjenost bunkera pre merenja | Vreme uzorkovanja (min) | Odvaga ( $\text{g}/\text{m}^3$ ) | Koncentracija prašine ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) |
|--------------|---------------------------------|-------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------------|
| 1            | do 1/2                          | 3                       | 115,6                            | 1926,67                                          |
| 2            | do 4/2                          | 7                       | 104,40                           | 745,71                                           |
| 3            | do 1/2                          | 5                       | 125,3                            | 1253                                             |

Merenje emisija čestica prašine iznad prekrivke kolica transportera  
T5L – na povratnoj stanici

Tablica 8

| Merenje broj | Zapunjenost bunkera pre merenja | Vreme uzorkovanja (min) | Odvaga ( $\text{g}/\text{m}^3$ ) | Koncentracija prašine ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) |
|--------------|---------------------------------|-------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------------|
| 4            | –                               | 5                       | 65,45                            | 654,5                                            |
| 5            | –                               | 5                       | 48,15                            | 481,1                                            |

## Zaključak

Analizom dobijenih rezultata ispitivanja sa radom i bez rada eksperimentalnog sistema aspiracije prašine iz bunkera br. 16, u sklopu bunkerskog prostora TENT–B, može se zaključiti sledeće:

– koncentracije čestica prašine u radnoj sredini i u samom bunkeru su velike (tablica 4) i jasno ukazuju da je neophodno što pre rešiti problem zaštite radne sredine na koti +45.500 objekta kotlovskih bunkera

– iz tablice 5 vidi se da se pri aspiraciji od  $\sim 45.000 \text{ m}^3/\text{h}$  zaprašenog vazduha iz bunekra može garantovati zaštita radne sredine ukoliko se vrši pretovar uglja u bunker koji je zapunjen najmanje do 1/2 njegove visine

– količina od  $60.000 \text{ m}^3/\text{h}$  (tablica 6) aspiracionog vazduha iz bunkera obezbeđuje zaštitu radne sredine u svim slučajevima sem kad se vrši utovar uglja u potpuno prazan bunker

U tom smislu, ukoliko investitor bude zahtevao da se projektovanje izvrši za ekstremni slučaj

kada je bunker potpuno prazan, projektovaće se sistem aspiracije sa količinom odsisavanog vazduha iz bunkera u iznosu od 80.000 m<sup>3</sup>/h

— ispitivanja su pokazala da je efekat zaštite radne sredine daleko veći kad se u radu nalazi i vazдушna zavesa na otvorima bunkera

— dalje je uočeno, a isto su potvrdila i ispitivanja, da su znatna izdvajanja prašine, u radnu sredinu, prilikom udara o čeonu prekrivku rever-

zibilnih transportera T5L i T5D, kao i na povratnoj stanici istih. Dobijeni rezultati nalažu potrebu za tretiranjem i ovih mesta kada se bude projektovao kompletan sistem otprašivanja na svih 16 bunkera.

Na kraju, moramo izraziti naše veliko zadovoljstvo, što su izvršena ispitivanja u praksi verifikovala naš originalni matematički metod za proračun optimalnih količina zaprašenog vazduha sa izvora zaprašenosti.

#### SUMMARY

##### Testing of the Experimentally Developed Aspiration System for Dedusting the Boiler Bunker in Power Generating Plant „Nikola Tesla” — B, Obrenovac

Determination of required volumes of air for removal of dust laden air was made by a mathematical model, and the results of measurements of the rate of working environment dustiness indicated that the achieved effects are more than satisfactory and that the rate of dustiness was brought down within the MDK limits.

The proposed solution represents an innovation not only in the conceptual and technical sense, but also from the aspect of environmental protection in the case of bunkers for storing coal in power generating plants.

The developed solution for protection of the environment against dust pollution is an unique example in Yugoslav practice.

#### ZUSAMMENFASSUNG

##### Untersuchung von ausgeführtem Versuchsansaugsystem der Entstaubung des Kesselbunkers in der TENT—B Obrenovac

Die Bestimmung der nötigen Luftmengen zur Absaugung der staubhaltiger Luft ist mit einem mathematischem Modell durchgeführt, und die Ergebnisse der Verstaubungsmessung der Arbeitsumwelt haben gezeigt, dass man mehr als Befriedigende Wirkungen erreicht hat und dass die Verstaubung in die Grenzen von MDK beschränkt ist. Die vorgeschlagene Lösungen stellen eine Neuheit vor nicht nur im Grundgedanke und technischem Gedanke, sonder auch vom Standpunkt des Lebens— und Arbeitsumwelts—Schutzes, wenn in die Frage der Bunkerraum für die Lagerung von Kohle in den Thermokraftwerken kommt.

Die angeführte Lösung der Arbeitsumwelt von der Staubs Verunreinigung stellt in der jugoslawischen Praxis ein Einheitsbeispiel dar.

#### РЕЗЮМЕ

##### Исследование опытно-выведенного аспирационного система обеспыливания дозирочного бункера в ТЕ "Никола Тесла" — Б, Обреновац

С помощью математической модели выполнено определение необходимых количеств воздуха для отсасывания запыленного воздуха, а результаты измерений запыленности рабочей среды показали что получение эффеыты более удовлетворяют и что запыленность приведена в пределах максимально допустимой концентрации (МДК). Предложенное решение представляет собой новост, не только в идейном и техническом смислах, но и с точки зрения жизньеной и рабочей средах человека, когда вопрос о бункерных пространств для складирования угля в термознергетических сооружениях. Данное решение защиты рабочей среды от загрязнения пылей представляет единственный пример в югославской прантине.

**Literatura**

1. **Wajni projekat otprašivanja bunkerskog prostora u TENT-B Obrenovac, Rudarski institut, Beograd, 1987.**
2. **Elaborat o postignutim efektima otprašivanja u okviru eksperimentalnih radova na bunkeru br. 16 u TENT-B Obrenovac, Rudarski institut, Beograd, 1987.**
3. **Janković, D., Guzijan, D., Grbović, B., 1986: Doprinos rešenju problema zaprašenosti bunekrskog prostora u TENT-B Obrenovac. „Energija i ekologija“ br. 10-12, Beograd.**

**Autor:** dipl.inž. Dragan Guzijan, Zavod za ventilaciju i tehničku zaštitu u Rudarskom institutu, Beograd  
**Recenzent:** dipl.inž. D. Janković, Rudarski institut, Beograd  
**Članak primljen 29.1.1988, prihvaćen 21.3. 1988.**

## ISTRAŽIVANJE UTICAJA GASODINAMIČKOG OTPORA NA PRELAZNE PROCESSE U MAGISTRALNOM GASOVODU METODOM DIGITALNE SIMULACIJE

(sa 5 slika)

Dr inž. Vojislav Vuletić – prof. dr inž. Dragomir Kocić

### Uvod

Karakteristika transporta gasa je stalna promenljivost režima rada u sistemu gasovoda, prozrokovana neravnomernom potrošnjom gasa, uključivanjem i isključivanjem potrošača za ravnanje potrošnje, uključivanjem i isključivanjem kompresorskih postrojenja, izduvavanjem gasa na ventilima sigurnosti, nenadanim isticanjem gasa iz gasovoda usled havarija i sl.

Gasovodi kao objekti regulisanja obično se karakterišu određenim kašnjenjem koje može da bude i znatno. Vreme kašnjenja u sistemu transporta gasa zavisi od oblika raspodele pritiska gasa duž gasovoda. Ova raspodela se menja po vremenu na slučajan način. Značajno je da se oceni uticaj faktora kašnjenja u sistemu na prolaz signala poremećaja po cevovodu i obrnuto, zavisnost vremena kašnjenja od pritiska gasa, prečnika gasovoda, gustine gasa, kao i ostalih parametara gasovoda.

Uticaj gasodinamičkog otpora u magistralnom gasovodu je važan, jer su u izrazu za gasodinamički otpor implicitno sadržani svi parametri magistralnog gasovoda, čiji je svaki pojedinačan uticaj na prelazne procese od bitnog značaja.

U članku su prikazani rezultati istraživanja uticaja gasodinamičkog otpora na prelazne procese u magistralnom gasovodu digitalnom simulacijom.

Deonica magistralnog gasovoda kao objekat sa raspodeljenim parametrima

Magistralni gasovod predstavlja objekat sa raspodeljenim parametrima po deonicama. Sa stanovišta analize prelaznih procesa najsloženiji deo u sistemu transporta gasa je deonica gasovoda, koja predstavlja objekat sa raspodeljenim parametrima.

Gasovodna mreža predstavlja sistem gasovodnih linija, čija se dinamika opisuje sistemom nelinearnih parcijalnih diferencijalnih jednačina, pri čemu početni i granični uslovi zavise od konfiguracije mreže. Za analizu nestacionarnih procesa u magistralnom gasovodu najčešće se koristi uprošćen sistem jednačina koji opisuje izotermno nestacionarno kretanje gasa u horizontalnom gasovodu, u sledećem obliku [5, 6, 9, 10, 11, 13]:

$$\begin{aligned} -\frac{\partial p}{\partial x} &= \frac{\partial (ow)}{\partial t} + \frac{\lambda \rho w^2}{2D} \\ -\frac{\partial p}{\partial t} &= c^2 \frac{\partial (\rho w)}{\partial x} \end{aligned} \quad (1)$$

$$p = \rho ZRT$$

gde je:

x – koordinata dužine (m)

t – koordinata vremena (s)

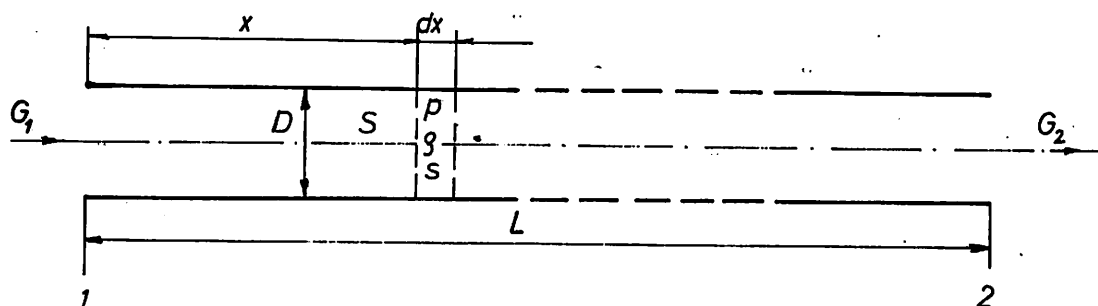
$\rho$  – gustina gasa ( $\text{kg m}^{-3}$ )

$p$  — pritisak gasa ( $\text{N m}^{-2}$ )  
 $w$  — brzina kretanja gasa ( $\text{m s}^{-1}$ )  
 $c$  — brzina zvuka u gasu ( $\text{m s}^{-1}$ )  
 $D$  — prečnik gasovoda ( $\text{m}$ )  
 $T$  — temperatura gasa ( $\text{K}$ )  
 $Z$  — koeficijent kompresibilnosti  
 $R$  — gasna konstanta ( $\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$ )

Analiitičko rešenje nelinearnih parcijalnih diferencijalnih jednačina ovog tipa sa datim početnim i graničnim uslovima u konačnom obliku je nemoguće.

Kretanje gasa predstavlja fizički proces, čiji su parametri pritisak, temperatura, brzina, gustina itd. međusobno povezani matematičkim zavisnostima, zasnovanim na zakonima fizike, mehanike i termodinamike, kao što su: zakon promene količine kretanja, očuvanja mase, prvi i drugi zakon termodinamike.

Jednačina kretanja struje gasa izvedena je na osnovu zakona promene količine kretanja stišljivog fluida. Promena količine kretanja sistema materijalnih tačaka u nekoj elementarnoj zapremini jednaka je impulsu svih spoljnih sila koje deluju na sistem u razmatranom intervalu vremena. Na slici 1 je prikazana principijelna šema gasovoda.



Slika 1.

Prema oznakama na slici, shodno zakonu promene količine kretanja, pod pretpostavkom da je gasovod horizontalan, da je odnos srednje brzine struje i brzine zvuka u gasnoj sredini mali tako da može da se zanemari, jer vrlo malo utiče na krajnji rezultat, izraz za struju gasa dobija sledeći oblik [1, 2, 3, 4, 7, 8]

$$\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial (\rho w)}{\partial t} + \frac{\lambda \rho w^2}{2D} = 0 \quad (2)$$

i karakteriše pad pritiska duž gasovoda, koji je proporcionalan kvadratu brzine protoka.

Član  $\frac{\partial (\rho w)}{\partial t}$  predstavlja promenu protoka po

vremenu i karakteriše inercijalnost procesa. Kako je uticaj ovog člana na raspodelu gasa u različitim slučajevima nejednak, to je za analizu i istraživanje veoma značajan.

Jednačina kontinuiteta za ravnomerno kretanje gasa, zasnovana na osnovama zakona očuvanja mase, ima sledeći oblik [7]:

$$\frac{\partial (\rho w)}{\partial x} + \frac{\partial \rho}{\partial t} = 0 \quad (3)$$

a jednačina stanja gasa sledeći:

$$p = \rho \cdot ZRT \quad (4)$$

Napisane zajedno, jednačine (2), (3) i (4) predstavljaju sistem nelinearnih parcijalnih diferencijalnih jednačina prvog reda koje opisuju izotermno nestacionarno kretanje gasa u horizontalnom cevovodu, koji je identičan sa sistemom jednačina (1):

$$(I) \quad \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial (\rho w)}{\partial t} + \frac{\lambda \rho w^2}{2D} = 0$$

$$(II) \quad \frac{\partial p}{\partial t} \frac{1}{c^2} + \frac{\partial (\rho w)}{\partial x} = 0 \quad (5)$$

$$(III) \quad \rho = \frac{p}{ZRT}$$

Iako ovaj sistem jednačina ne uzima u obzir promenu temperature duž gasovoda, kao i visinsku



razliku gasovoda, u opštem slučaju veoma je težak za rešavanje glomaznim i veoma teškim računskim metodama.

Pri projektovanju magistralnih gasovoda i pri organizaciji racionalne eksploatacije neophodan je pravilan i tačan proračun strujanja gasa duž gasovoda u uslovima nestacionarnih režima. Dobijanje analitičkih rešenja nelinearnih sistema parcijalnih diferencijalnih jednačina za jednodimenzionalno nestacionarno strujanje gasa je veoma teško i dugotrajno sa velikim brojem uprošćenja. Zbog složenosti problema mnogi istraživači su pokušali da razrade efikasne približne metode. Obično su se rešavanja zasnivala na uprošćavanju sistema jednačina. Međutim, za mnoge praktične i važne slučajeve dešavalo se da rešenja nisu bila dovoljno tačna, pa su morale da se traže druge metode proračuna. Numeričke metode imaju široke mogućnosti rešavanja jednačina. Metoda konačnih razlika se pokazala uspešnom. Karakteristika ove metode je u jednostavnosti konačnih jednačina i mogućnosti ponavljanja celih ciklusa operacija. Metoda konačnih razlika je relativno jednostavna za programiranje i realizaciju na računarima. Metoda daje malu grešku, a tačnost aproksimacije jednačina može da se poveća bez povećanja složenosti računanja. Nedostatak metode se sastoji u neophodnosti ponavljanja celih ciklusa operacija, radi smanjenja greške računanja.

#### Priprema matematičkog modela nestacionarnog strujanja gasa za istraživanje prelaznih procesa

Kod pripreme za računar i programiranje pošlo se od sistema nelinearnih parcijalnih diferencijalnih jednačina (1) napisanog u obliku sistema jednačina (5). Izvršene su određene smene, a jednačina (III) smenjena je u jednačine (I) i (II) sistema jednačina (5), tako da je dobijen sistem jednačina u sledećem obliku:

$$\frac{\partial p}{\partial x} + \rho \frac{\lambda}{2D} \frac{1}{S^2} V^2 + \frac{1}{S} \frac{\partial \left( \frac{p}{ZRT} V \right)}{\partial t} = 0$$

$$\frac{1}{c^2} \frac{\partial p}{\partial t} + \frac{1}{S} \frac{\partial \left( \frac{p}{ZRT} V \right)}{\partial t} = 0$$

Izraz

$$\rho \frac{\lambda}{2D} \cdot \frac{1}{S^2} = r \quad (\text{Ns}^2 \text{ m}^{-9})$$

sadržan u drugom članu prve jednačine sistema jednačina (6) predstavlja specifičan gasodinamički otpor. Na njegovu veličinu direktno utiče prečnik gasovoda, koeficijent otpora trenja i gustina gasa.

Gasodinamički otpor magistralnog gasovoda predstavlja proizvod specifičnog gasodinamičkog otpora i dužine gasovoda, odnosno sa porastom dužine gasovoda i njegova vrednost raste:

$$R = r \cdot L \quad (\text{Ns}^2 \text{ m}^{-8})$$

Izvršena je diskretizacija parcijalnih diferencijalnih jednačina uz korišćenje postupka sa četiri tačke i težinskog koeficijenta. Napravljen je algoritam i program za njihovo rešavanje iterativnim postupkom po kome je vršena digitalna simulacija prelaznih procesa.

Istraživanje uticaja gasodinamičkog otpora u magistralnom gasovodu na prelazne gasodinamičke procese vršeno je digitalnom simulacijom na računaru HONEYWELL 66 u Računskom centru Rudarskog instituta.

Rezultati ispitivanja prelaznih gasodinamičkih procesa, koji nastaju pri uspostavljanju protoka i prelaznih gasodinamičkih procesa koji nastaju kao odziv na odskočne promene protoka gasa kod potrošača na kraju magistralnog gasovoda, date su na slikama 2, 3, 4 i 5.

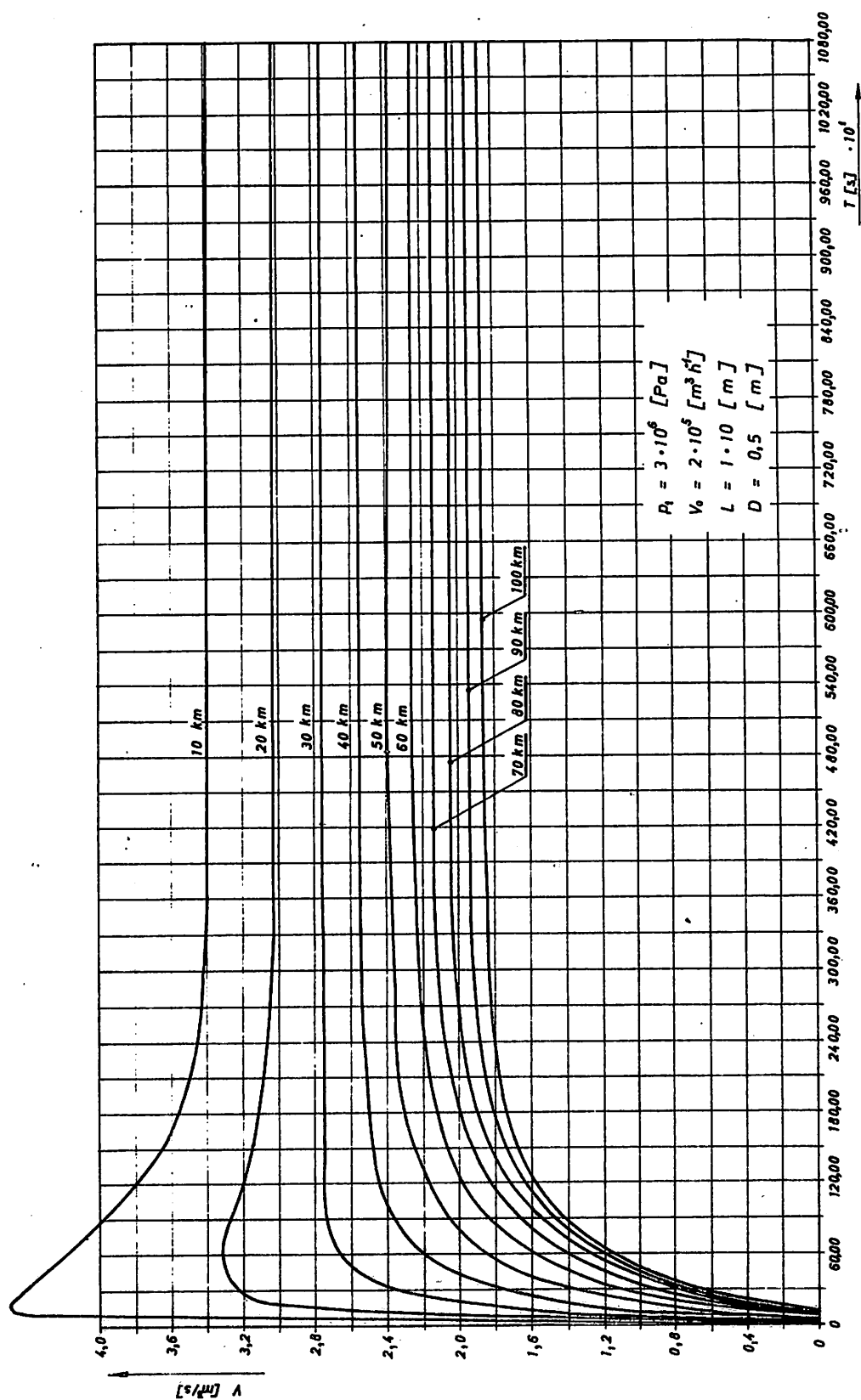
#### Osnovni podaci o magistralnom gasovodu

$$\begin{aligned} I \quad p_1 &= 20 \cdot 10^5 \text{ Pa} \\ V_0 &= 1 \cdot 10^5 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \\ \lambda &= 0,01 \\ D &= 0,5 \text{ m} \\ T &= 283 \text{ K} \end{aligned}$$

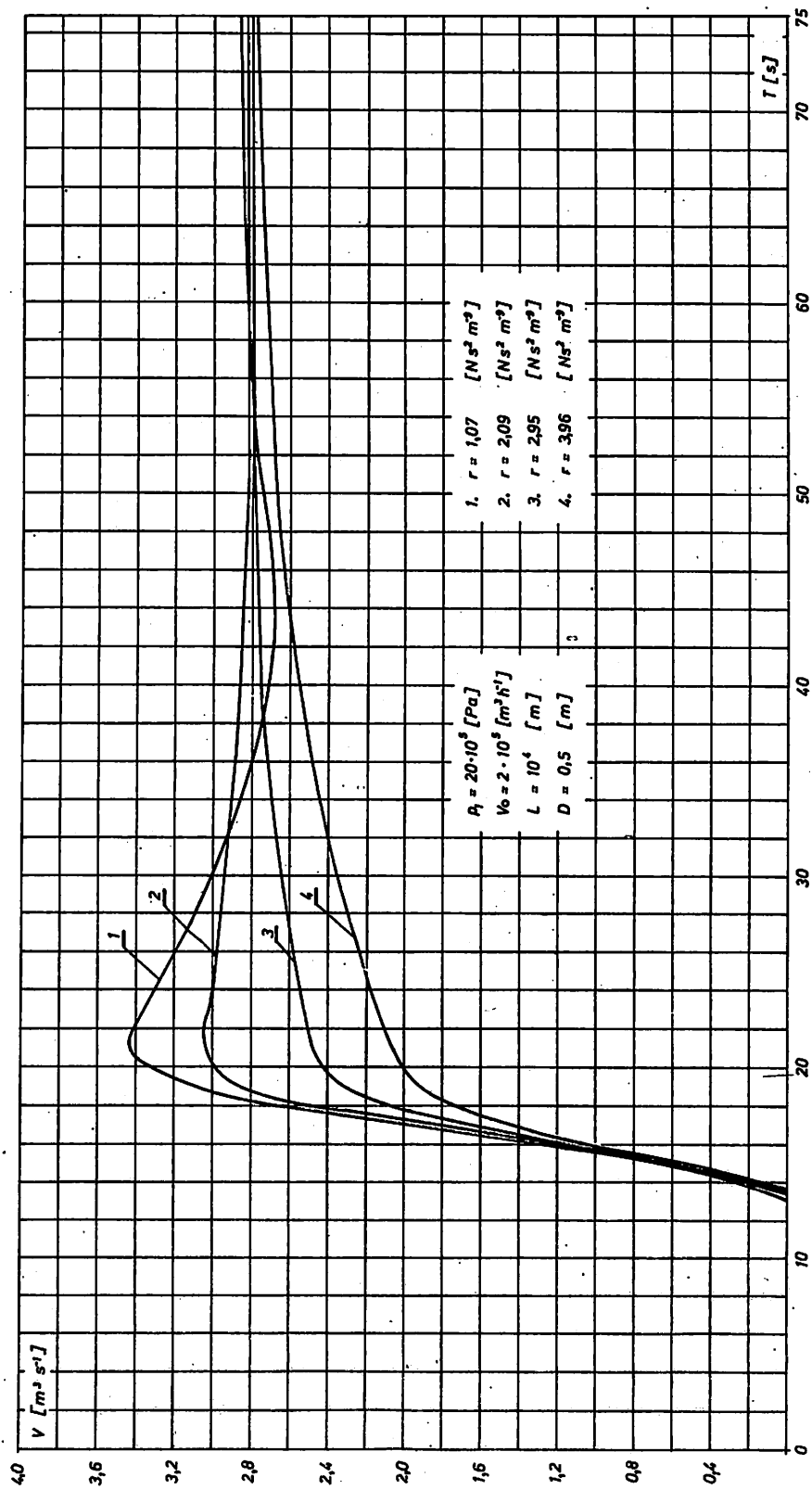
$$\begin{aligned} 1. \quad L_1 &= 0,5 \cdot 10^5 \text{ m} & R_1 &= 5480 (\text{Ns}^2 \text{ m}^{-8}) \\ 2. \quad L_2 &= 1 \cdot 10^5 \text{ m} & R_2 &= 10960 (\text{Ns}^2 \text{ m}^{-8}) \\ 3. \quad L_3 &= 1,5 \cdot 10^5 \text{ m} & R_3 &= 16440 (\text{Ns}^2 \text{ m}^{-8}) \end{aligned}$$

$$(6) \quad \begin{aligned} II \quad p_1 &= 30 \cdot 10^5 \text{ Pa} \\ V_0 &= 2 \cdot 10^5 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \\ L &= 1 \cdot 10^5 \text{ m} \\ D &= 0,5 \text{ m} \end{aligned}$$

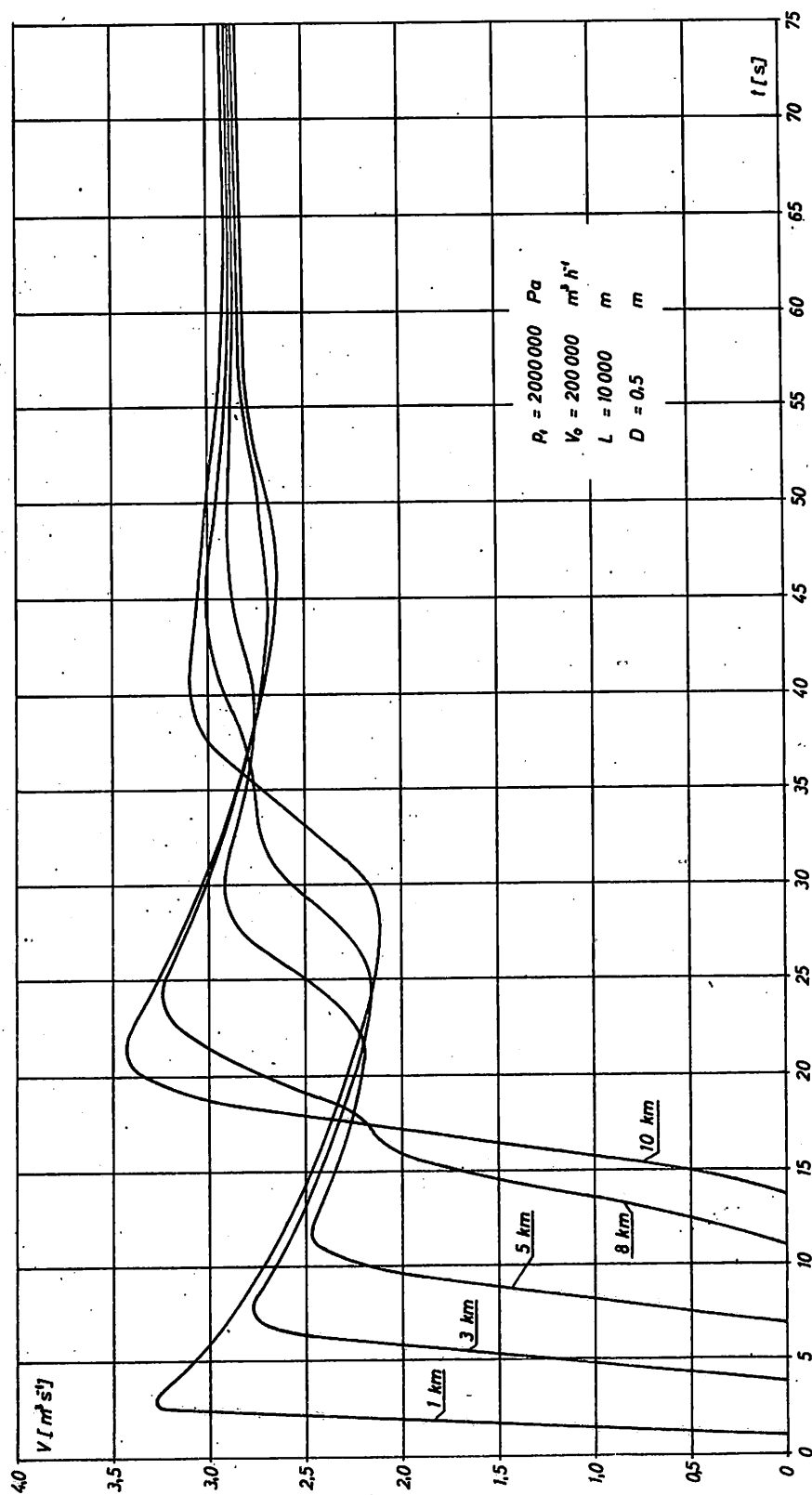
$$\begin{aligned} III \quad p_1 &= 20 \cdot 10^6 \text{ Pa} & 1. \quad r &= 1,07 (\text{Ns}^2 \text{ m}^{-9}) \\ V_0 &= 2 \cdot 10^5 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} & 2. \quad r &= 2,09 (\text{Ns}^2 \text{ m}^{-9}) \\ L &= 10^4 \text{ m} & 3. \quad r &= 2,95 (\text{Ns}^2 \text{ m}^{-9}) \\ D &= 0,5 \text{ m} & 4. \quad r &= 3,96 (\text{Ns}^2 \text{ m}^{-9}) \end{aligned}$$



Sl. 3 — Promena protoka po presecima duž gasovoda



Sl. 4 — Prelazni proces u magistralnom gasovodu u zavisnosti od promjene specifičnog otpora



Sl. 5 — Kašnjenje po presacima duž gasovoda

Karakteristike gasa koji se transportuje magistralnim gasovodom:

*Sastav gasa*

|                               |            |
|-------------------------------|------------|
| CO                            | 17,4% Vol. |
| CO <sub>2</sub>               | 0,2% Vol.  |
| CH <sub>4</sub>               | 16,5% Vol. |
| C <sub>n</sub> H <sub>m</sub> | 0,3% Vol.  |
| H <sub>2</sub>                | 62,5% Vol. |
| O <sub>2</sub>                | 0,1% Vol.  |
| N <sub>2</sub>                | 3,0% Vol.  |

Ostale karakteristike

|                              |                                           |
|------------------------------|-------------------------------------------|
| Donja toplotna moć           | $H_d = 15070 \text{ kJm}^{-3}$            |
| Gustina                      | $\rho_o = 0,4221 \text{ kgm}^{-3}$        |
| Gasna konstanta              | $R = 837 \text{ Jkg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ |
| Kritična temperatura         | $T_{kr} = 81,84 \text{ K}$                |
| Kritičan pritisak            | $p_{kr} = 23,20 \text{ bar}$              |
| Koeficijent kompresibilnosti | $z \approx 1$                             |

Analiza rezultata i zaključci

Vreme trajanja prelaznih procesa pri uspostavljanju protoka povećava se sa porastom gasodinamičkog otpora (slike 2, 3, 4 i 5).

Kašnjenje po presecima duž gasovoda je približno srazmerno brzini prostiranja zvuka kroz gasovod i razdaljini od mesta poremećaja (slika 3 i 5).

Sa porastom gasodinamičkog otpora u magistralnom gasovodu prelazni procesi prestaju da budu oscilatorni i postaju aperiodični (slike 3, 4 i 5). Mesto prestanka oscilatornog i nastanka aperiodičnog elementa ne može se utvrditi u opštem slučaju, jer otpor zavisi od svih parametara gasovoda, a ovi su od slučaja do slučaja promenljivi.

U zavisnosti od gasodinamičkog otpora prelazni gasodinamički procesi po karakteru mogu da budu od tipično oscilatornih (za male) do čisto aperiodičnih (za velike). S obzirom na velike dužine magistralnih gasovoda, koji su predmet istraživanja datih u ovom radu, tj. s obzirom na velike gasodinamičke otpore, gasodinamički procesi u njima mogu se smatrati čisto aperiodičnim ili aperiodičnim sa preskokom. Preskok se javlja samo kod nestacionarnih procesa u blizini mesta poremećaja. Proces u presecima koji su udaljeni od mesta poremećaja su čisto aperiodični. Zaključak važi za sve nestacionarne procese u svim presecima duž gasovoda.

SUMMARY

Investigations Into the Effects of Gasdynamic Resistance on Transient Processes in a Main Gasline by Use of the Digital Simulation Method

Presented are the results of investigations into the effects of gasdynamic resistance on transient processes in a main gasline. The method of digital simulation was used.

The results indicated that the transient gasdynamic processes may range in character from typically oscillating ones for low and purely aperiodic for high gasdynamic resistances.

ZUSAMMENFASSUNG

Untersuchung vom Einfluss des gasdynamischen Widerstandes auf die Übergangsverfahren in der magistralen Gasleitung mit der Methode der digitalen Simulation

Es sind die Ergebnisse der Untersuchungen vom Einfluss des gasdynamischen Widerstandes auf die Übergangsverfahren in der magistralen Gasleitung vorgestellt. Es ist der digitale Simulationsverfahren genützt.

Die Versuchsergebnisse haben gezeigt dass die Übergangsverfahren der gasdynamischer Prozesse nach dem Charakter können typische Schwingungsprozesse für kleine, bis zur unregelmässige Verfahren für grosse gasdynamische Widerstände vorstellen.

## РЕЗЮМЕ

### Исследование влияния газодинамического сопротивления на променуточные процессы в магистральных газопроводах методом цифрового моделирования

Сделан обзор результатов исследований влияния газодинамического сопротивления в променуточном процессе в магистральном трубопроводе. При этом использован метод цифрового моделирования.

Результаты исследований показали что променуточные газодинамические процессы, по характере, могут быть от типично колебательных для малых газодинамических сопротивлений, до апериодических для великих газодинамических сопротивлений.

## Literatura

1. Aleksandrov A. V., Jakovlev E. I., 1974: Projektovanie i eksploatacija sistema dal'nego transporta gaza, „Nedra“, Moskva.
2. Aleksandrov A. V., 1970: Voprosy teorii i praktiki projektirovanija i eksploatacii sistema dal'nego transporta gaza, XI Gazovij kongres, VNIIE Gazprom.
3. Aleksandrov A. V., Bajsanov D. B., 1970: Primenenie EVM dlja rasčeta i upravlenija v sistemah dal'nego transporta gaza, „Nedra“, Moskva.
4. Bajsanov D. B., 1964: Avtomatičeskoe upravlenie magistral'nym gazoprovodami, „Nedra“, Leningrad.
5. Batey E. H., I. dr., 1961: Dinamic approach to gaspipeline analysis, Oil and Gas, № 1.
6. Bobrovskij E. A., Ščerbakov S. G., Jakovlev I. A., 1976: Truboprovodnyj transport gaza, „Nauka“, Moskva.
7. Čarni I. A., 1961: Osnovy gazovoj dinamiki, Gastohtizdat.
8. Čarni I. A., 1951: Neustanovivšesja dvizenie real'noj židkosti v trubah, Gosudarstvennoe izdatel'stvo tehniko—teoretičeskoj literaturi, Moskva, Leningrad.
9. Galiulin Z. T., 1967: O nekotoryh neustanovivšihja dvizenijah gaza v magistral'nyh truboprovodah, Transport prirodnogo gaza, „Nedra“, Moskva.
10. Praselj E., 1977: Implantation et extension d'un resau de gazoducs simulation et optimisation, Revue de l'institut Francais du petrol, Paris.
11. Reid R. J., Lally J. O., 1973: Exploitation automatique optimale des resaux de transport de gaz, 12<sup>e</sup> Congres mondial du gaz, Nice.
12. Vuletić N. V., 1985: Uticaj nestacionarnih procesa u magistralnom gasovodu na proizvodnju gasa iz uglja, disertacija, Beograd.
13. Židkova M. A., 1973: Truboprovodnyj transport gaza, „Naukova dumka“, Kiev.

Autori: dr inž. Vojislav Vuletić, Zavod za termotehniku, Rudarski institut, Beograd i prof. dr. inž. Dragomir Kocić, Rudarsko—geološki fakultet, Beograd

Recenzent: prof. dr. inž. Đ. Kačkin, Rudarsko—geološki fakultet, Beograd

Članak primljen 16.2.1988, prihvaćen 21.3.1988.

## TEHNIČKO REŠENJE GREJANJA POGONSKE ZGRADE RUDNIKA OLOVA I CINKA ZAPLANINA, KOPAONIK

(sa 1 slikom i 1 prilogom)

Dipl.inž. Duško Krasin

### Uvod

Danas, kada su sve zemlje sveta već osetile posledice energetske krize, koje ih svakog dana pogađaju u sve većoj meri, malo ko je ostao u dilemi. Shvaćeno je da rezerve prirodnih izvora energije ne mogu garantovati zadovoljenje povećanih potreba čovečanstva, pa ni u vrlo bliskoj budućnosti. Na osnovu toga dolazi se do zaključka, da je neophodno nalaženje novih mogućnosti dobijanja energije i štednja postojeće energije.

Prvo ostaje naući — da pronađe nove načine dobijanja energije, a drugo leži na svim nama — na štednji postojeće energije. Jedan od najvažnijih činilaca su tehnička sredstva (građevinska i mašinska) i uslovi eksploatacije.

U građevinska sredstva se ubrajaju bolji uslovi građenja, odgovarajući oblik zgrade, pravilna orijentacija i pojačana toplotna otpornost.

U mašinska sredstva se ubrajaju odgovarajuća postrojenja i uređaji za grejanje, iskorišćenje povratne toplote, kao i automatsko regulisanje i upravljanje.

Eksploatacija obuhvata neprekidnu pogonsku kontrolu i racionalni program eksploatacije.

Rešenjem grejanja pogonske zgrade u Zaplanini korišćena su sva tehnička sredstva za štednju energije, počev od građevinske konstrukcije i pojačane toplotne otpornosti do odgovarajućih uređaja za grejanje.

### Tehnički opis

Glavni projekat centralnog grejanja urađen je na osnovu potrebnih količina toplote za grejanje prostorija i pripremu tople vode. Pogonska zgrada je napravljena od sendviča šuplje opeke, tervola i pune opeke, podovi su od sloja keramičkih pločica, betona i tervola, a tavanica od betona i teko ploča, tako da svi elementi objekta zadovoljavaju propise JUS-a UJ5.600.

Grejanje pogonske zgrade je pumpno—toplo—vodno—radijatorsko. Temperatura vode je 90°/70°C, a ona se dobija iz kotlarnice koja se nalazi u sastavu same zgrade.

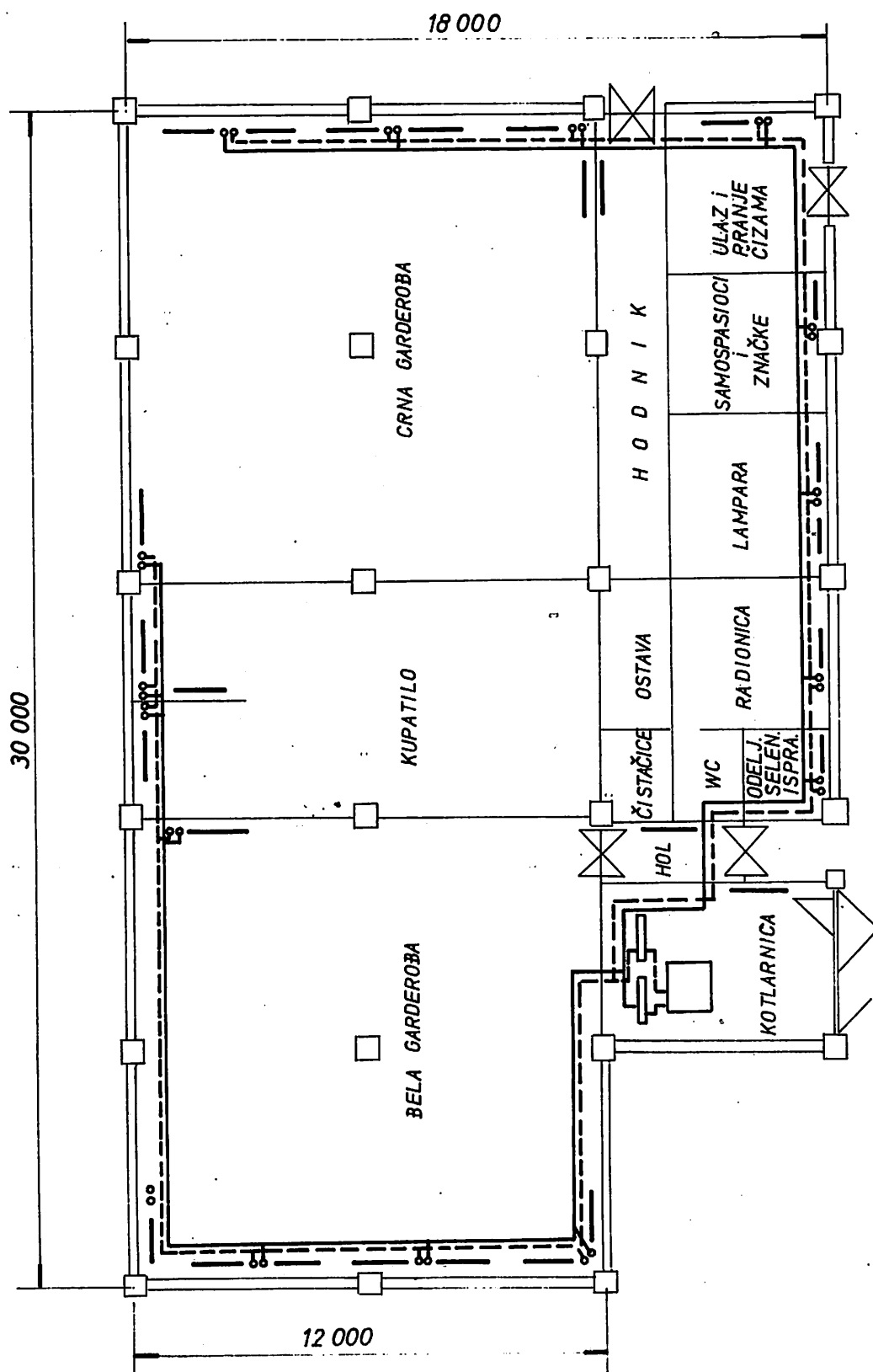
Grejna tela su liveni člankasti radijatori tipa 2—600/160 i 2—800/160 — „Termik“ — Fabrika kotlova i radijatora, Zrenjanin.

Horizontalna cevna mreža za radijatorsko grejanje postavljena je na zidovima i podeljena na dve grane, što je uslovljeno rasporedom prostorija.

Spoljna projektna temperatura prema lokaciji objekta i klima karti je —24°C za treću klimatsku zonu. Unutrašnje temperature su izabrane prema nameni prostorija.

Koeficijenti prolaza toplote su proračunati prema vrstama građevinskih elemenata, a za stolariju usvojeni prema propisima.

Objekat se nalazi u vetrovitom predelu i ima otvoren položaj.



Sl. 1 - Osnova objekta sa rasporedom grejnih tela i cevne mreže



## PRILOG 1

## PRORAČUN KOEFICIJENATA PROLAZA TOPLOTE „k”

naziv: spoljni zid

sprat: prizemlje

objekat: pogonska zgrada - zaplanina

klimatska zona: III

NAJVEĆI DOZVOLJENI KOEFICIJENAT PROLAZA TOPLOTE PREMA JUS-u U.JS.600(Sl.ist.SFRJbr.3/80

$$k = \boxed{0.6} \left[ \frac{W}{m^2 K} \right]$$

| RED. BR.                                                                                   | VRSTA MATERIJALA     | debljina „d” (m) | koeficijent toplotne provodnosti N $W/m^2 K$ | toplo. otpor $m^2(R) k$<br>$\frac{W}{m^2 K}$ |   |   |   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|---|---|---|
| 1                                                                                          | FASADNA ŠUPLJA OPEKA | 0.120            | 0.520                                        | 0.2                                          | 3 | 0 | 7 |
| 2                                                                                          | TERVOL               | 0.050            | 0.041                                        | 1.2                                          | 1 | 9 | 5 |
| 3                                                                                          | PUNA OPEKA           | 0.120            | 0.640                                        | 0.1                                          | 8 | 7 | 5 |
| 4                                                                                          | KREČNI MALTER        | 0.015            | 0.810                                        | 0.0                                          | 1 | 8 | 5 |
| 5                                                                                          |                      |                  |                                              |                                              |   |   |   |
| 6                                                                                          |                      |                  |                                              |                                              |   |   |   |
| 7                                                                                          |                      |                  |                                              |                                              |   |   |   |
| 8                                                                                          |                      |                  |                                              |                                              |   |   |   |
| Toplotni otpor građevinske konstrukcije $R \left[ \frac{m^2 K}{W} \right]$                 |                      |                  |                                              | 1.6                                          | 5 | 6 | 2 |
| Unutrašnji otpor prelaza toplote $R_i = \frac{1}{\alpha_i} \left[ \frac{m^2 K}{W} \right]$ |                      |                  |                                              | 0.1                                          | 2 | 5 | 0 |
| Spoljašnji otpor prelaza toplote $R_e = \frac{1}{\alpha_e} \left[ \frac{m^2 K}{W} \right]$ |                      |                  |                                              | 0.0                                          | 4 | 3 | 0 |
| UKUPNI OTPOR PROLAZA TOPLOTE $R_k = R + R_i + R_e \left[ \frac{m^2 K}{W} \right]$          |                      |                  |                                              | 1.8                                          | 2 | 4 | 2 |
| IZRAČUNAT $k = \frac{1}{R_k} \left[ \frac{W}{m^2 K} \right]$                               |                      |                  |                                              | 0.5                                          | 4 | 8 |   |
| USVOJEN $k \left[ \frac{W}{m^2 K} \right]$                                                 |                      |                  |                                              | 0.6                                          |   |   |   |

Instalacija grejanja radi 15 sati dnevno.

Ukupna potrebna količina toplote za grejanje cele zgrade iznosi  $Q = 95000 W$ .

U zavisnosti od namene prostorija i usvojenih unutrašnjih temperatura toplota se tako i raspoređuje.

## **Zaključak**

Kao primer ilustracije uštede energije u ovom projektu prikazan je spoljašnji zid pogonske zgrade – Zaplanina (Prilog 1).

Prema JUS-u U.J5.600 najveći dozvoljeni koeficijent prolaza toplote „K” za treću klimatsku zonu iznosi 0,83. Radi uštede energije poboljšan je

materijal spoljašnjih zidova, tako da se tim poboljšanjem kvaliteta materijala, dobio koeficijent prolaza toplote za ~ 34% povoljniji od dozvoljenog.

S obzirom da su u toku gradnje moguća poboljšanja i ostalih elemenata konstrukcije, to će u početku biti nešto veća investiciona ulaganja, ali će zato u toku eksploatacije doći do uštede energije za grejanje objekta.

## **SUMMARY**

### **Technical Solution of Heating Mine Zaplanina – Kopaonik Drive Facility**

The paper presents the facility DRIVE PLANT of Mine Zaplanina designed to fully meet JUS regulations, while selection of the building materials and standard elements for the heating plant and preparation of hot water affords maximum utilization of the energy.

## **ZUSAMMENFASSUNG**

### **Technische Lösung der Beheizung vom Werksgebäude des Bergwerkes Zaplanina – Kopaonik**

Im Absatz ist das Objekt des Werksgebäudes vom Bergwerk Zaplanina dargestellt, welches so projektiert ist dass es im ganzen die Vorschriften von JUS, und gleichzeitig auch mit der Auswahl vom Material für die Objekte und die Standardisation der Elementen für die Heizanlage und für die Vorbereitung des warmes Wassers rationelle genützt wird die Energie.

## **РЕЗЮМЕ**

Техническое решение обогрева производственного здания рудника Заплатина — Копанник

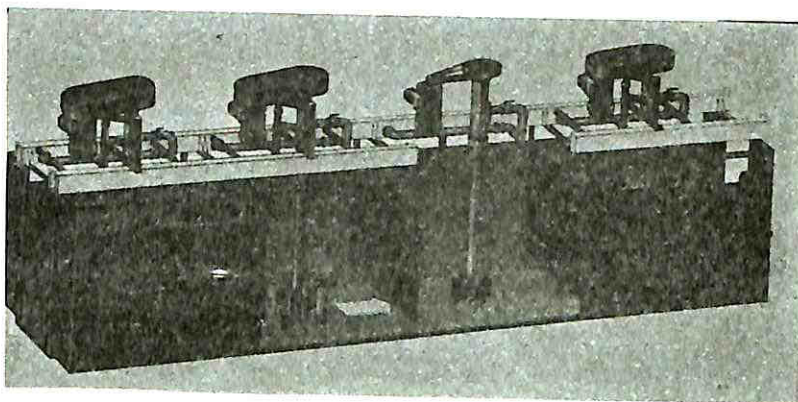
В докладе сделан обзор сооружения „ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ЗДАНИЕ” рудника Заплатина, который проектирован так что полностью удовлетворяет правилам JUS-a, а одновременно выбором материала для строения сооружения и стандартных элементов для оборудования и приготовления тепловой воды — рационально используется энергия.

## Nova oprema i nova tehnička dostignuća

### Nova flotaciona mašina za selektivni rad

Licencni sporazum između Minpro A/S, Trondheim i KHD Humboldt Wedag AG, Keln omogućuje da

njena (TSK sistema) novom konstrukcijom u kojoj su svi delovi u dodiru sa sredinom izrađeni od PVDF koji je bezbedan od agresivnih hemikalija i toplote. TSK sistem radi na sledeći način: plovak sa ugrađenim stalnim



KHD prodaje flotaciju Aker, koja je razvijena u Norveškoj, za izuzetno selektivan rad u preradi rude. Tvrdi se da je specijalna konstrukcija agitatora njena glavna karakteristika. Glavni sastavni delovi, kao što su agitator i stator, izrađeni su od plastike i tvrdi se da su čvrsti i veoma otporni na habanje. Još jedna prednost flotacione mašine Aker je navodno veoma niska potrošnja energije sa optimalnim kvalitetnim rezultatima. Trenutno se flotaciona mašina Aker može dobiti u dimenzijama koje se kreću od laboratorijskog modela do onih sa kapacitetima čelija od 40 m<sup>3</sup>.

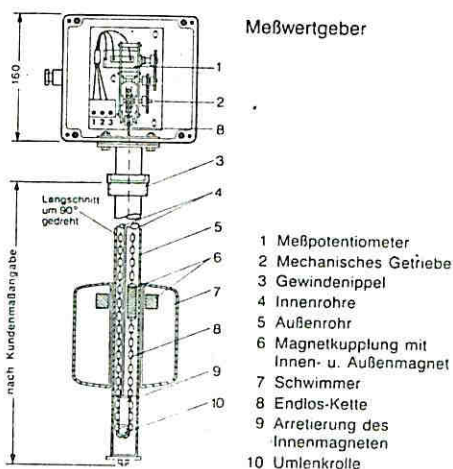
Glückauf — mining reporter 86

### Pokazivač nivoa TSK

Jola Schaltgeräte K. Mattil i Co. su proširili svoj asortiman kontinualnih električnih pokazivača nivoa pu-

magnetom se kreće gore—dole u cevčici koja predstavlja sastavni deo mernog transduktora koji reaguje na nivo fluida. Veća od dve vodeće cevčice u potapajućoj cevi sadrži drugi magnet, ugrađen u lanac koji se stalno okreće, tako da prati plovni magnet, a time i nivo fluida. Ovim se pokreće i lanac koji deluje na merni potencijometar preko reduktora u veznom kućištu transduktora. Promena otpora na potencijometru se prati pomoću pretvarača, čime se proizvodi električna struja koju ocenjuje pokazivač. U slučajevima gde granični kontakti aktiviraju kola pored mernog pokazivanja, ovo se postiže korišćenjem prekidačkog koraka ili izborom pokaznog instrumenta sa ugrađenim graničnim kontaktima.

Glückauf — mining reporter 88



### Nova generacija konusnih drobilica

Nove konusne drobilice Calibrator H KHD Humboldt Wedag AG su drobilice sa velikim kapacitetom za usitnjavanje srednje tvrdih ili veoma tvrdih materijala kao što su stene, ruda, šljaka, vatrootalni materijali i abrazivne sirovine. Calibrator H je opremljen hidrauličkim centralnim podešavanjem otvora za drobljenje i hidropneumatskom zaštitom od preopterećenja i može se nabaviti u više dimenzija. Širina zazora se može podešavati pod opterećenjem ili tokom mirovanja iz centralne komandne hale pritiskom na taster. Širina zazora, habanje drobećih tela, položaj konusa, potrošnja energije i pritisak drobljenja se mogu utvrditi pomoću priključaka i prenositi u centralnu halu. Nedrobljivi delovi ne mogu da zaguše drobilicu. Ako uđu u drobilicu, konus se pomera nadole putem hidropneumatske zaštite od preopterećenja i vraća se automatski u svoj polazni položaj kada je strano telo prošlo.

Glückauf — mining reporter 89



Čehovoj, A. V.: Proračunska ocena gubitaka informacije u automatskom sistemu upravljanja rudarskom proizvodnjom (Čislennaja ocenka poter' informacii v ASU gornogo proizvodstva)  
„IVUZ Gorn. ž.“ (1987)8, str. 108–113, 2 il., 2 tabl., (rus.)

Czabanka, J.: Korišćenje imitacionog modeliranja pri upravljanju rudnikom kamenog uglja (Wykorzystanie modelu symulacyjnego w zaradzaniu kopalnia węgla kamiennego)  
„Zesz. nauk. PSI. Organ.“, (1986)17, str. 57–66, 1 tabl., 7 bibl.pod. (polj.)

Čebyševa, L. V.: Operativno planiranje dobijanja i prerade vanbilansnih višekomponentnih ruda (Operativnoe planirovanie dobyči i pererabotki zabalansovyh mnogokomponentnyh rud)  
„Razrab. i vnedrenie nov. tehnol. osvoenija resursov tverd. polezn. iskopaemyh otkryt. sposobom“, M., 1986, str. 40–46, 1 il., 1 tabl., 4 bibl.pod. (rus.)

Szylski, A. B.: Preimущества strateškog planiranja rada rudarskih preduzeća (Advantages of strategic mine planning)  
„Mining Sci. and Technol“, 5(1987)3, str. 309–317, 5 il., 2 tabl., 11 bibl.pod. (engl.)

Petik, V. V. i Bondarenko, Ju. P.: Perspektive otkopavanja bogatih ruda gvožđa i načini za povećanje efektivnosti proizvodnje  
„Gornyj ž.“, (1987)8, str. 10–11, (rus.)

Nilsson, D. S.: Produktivnost rada u podzemnim rudarskim radovima (Underground mining productivity – some facts and problems)  
„Mining Mag.“, 156 (1987)6, str. 539, 541, 543, 545, 547, 7 il., 3 tabl. (engl.)

Beridze, N. A. i Geliev, Ž. K.: Analiza uticaja ekonomskih faktora na nivo rentabilnosti proizvodnje na površinskim kopovima uglja (Analiz vlijanja ekonomičeskikh faktorov na uroven' rentabel'nosti proizvodstva na ugol'nyh razrezah)  
„Razrab. i vnedrenie nov. tehnol. osvoenija resursov tverd. polezn. iskopaemyh otkryt. sposobom“, M., 1986, str. 40–49 (rus.)

Karenov, R. S.: Efektivnost investicionih ulaganja u razvoj industrije uglja (Efektivnost' kapitalovloženij v razvitie ugol'noj promyšlennosti)  
„Šaht. str.–vo“, (1987)8, str. 2–8, (rus.)

Agafanov, A. F., Sadohin, A. N. i dr.: Intenzifikacija rada – osnova za brzu izradu jamskih prostorija (Intensifikacija truda – osnova skorostnogo provedenija gornyh vyrabotok)  
„Šaht. str.“, (1987)8, str. 25 (rus.)

Jankov, H. R., Panajotov, Art. i dr.: Nova tehnologija presecanja vodonosnih peskova pri izradi vertikalnih okana (Nova tehnologija za preminavane na plavašci pjas ci pri prokarvane na vertikalni šahti)  
„Minno delo“, 42 (1987)6, str. 10–12, str. 35, 36, 1 il., (bug.)

Rybačuk, V. A. i Efimenko, A. V.: Praksa primene progresivnih tehnologija pri izradi rudarskih investicionih prostorija (Opyt primenenija progressivnyh tehnologij pri provedenii gornokapital'nyh vyrabotok)  
„Gorn. ž.“, (1987)8, str. 23–26, 1 tabl. (rus.)

Parfenov, A. P., Borejko, V. M. i dr.: Novi tamponažni rastvor za hidroizolaciju podzemnih građevina (Novyj tamponažnyj rastvor dlia gidroizoljacii podzemnyh sooruzenij)  
„Šaht. str.–vo“, (1987)8, str. 18–19, (rus.)

Metode i sredstva za rešavanje zadataka rudarske geomehanike (Metody i sredstva rešenija zadač gornoj geomehaniki)  
M., „Nedra“, 1987, 248 str. (knjiga na rus.)

Ippolito, N. D.: Hidrogeološko deformaciono polje pri podzemnom otkopavanju ležišta (Gidrogeodeformacionoe pole pri podzemnoj razrabotke mestoroždenij)  
„Gornyj ž.“, (1987)10, str. 65–70 (rus.)

Smirnova, T. N., Budilin, Ju. M. i dr.: Primena instrumentalnih metoda pri proučavanju pomeranja stena i zasipnih masiva (Primenenie instrumental'nyh metodov pri izučenii sdviženija gornyh porod i zakladočnyh massivov)  
„Cv. metallurgija“, (1987)8, str. 5–7 (rus.)

Baktiev, B. D.: Oblici pojave jamskog pritiska na Tekelijskom ležištu (Formy pojavlenija gornogo davlenija na Tekelijskom mestoroždenii)  
„Fiz. i meh. razrušenija gorn. porod“, Frunze, 1987, str. 124–130, 3 il., 2 tabl. (rus.)

Kožogulov, K. Č.: Eksperimentalna ispitivanja mehaničkih osobina i naponskog stanja stenskog masiva na strmim ležištima Srednje Azije (Eksperimental'nye issledovanija mehaničeskikh svojstv i napražennogo sostojanija porodnogo massiva na krutopadajuščih mestoroždenijah Srednej Azii)  
Fiz. i meh. razrušenija gorn. porod, Frunze, 1987, str. 7–12, 2 tabl., 6 bibl.pod. (rus.)

Crawford, A. M. i Groskopf, G.: Uslovi koji određuju sigurnost primene hermetizacije stena cementiranjem u cilju sprečavanja mogućnosti filtracije kroz pukotine (Groutability ratio for filter blocking of joints in rock)  
„Rock Mech. Prod. and Prot. Proc. 25th Symp. Rock. Mech., Evanston, Ill., June 25–27, 1984“, New York, N.Y., 1984, str. 899–906, 2 il., 11 bibl.pod. (engl.)

Bažant, Z.: Matematičko modeliranje procesa progresivnog formiranja pukotina i razaranja stena (Mathematical modeling of progressive cracking and fracture of rock)

„Rock Mech. Prod. and Prot. Proc. 25th Symp. Rock Mech., Evanston, June 25-27.1984“, New York, 1984, str. 29-37, (engl.)

Maleki, H., Hustrulid, W. i Johnson, D.: Merenje jamskog pritiska u zoni obrušavanja (Pressure measurements in the gob)

„Rock Mech. Prod. and Prot. Proc. 25th Symp. Rock Mech., Evanston, June 25-27.1984“, New York, 1984, str. 533-545, 9 il., 5 bibl.pod. (engl.)

Gale, W. J. i Blackwood, R. L.: Raspodela napona i razaranja stena oko jamskih prostorija u rudnicima uglja (Stress distributions and rock failure around coal mine roadways)

„Int. J. Rock Mech. and Mining Sci. and Geomech. Abst.“, 24 (1987)3, str. 165-173, 17 il., 1 tabl., 16 bibl.pod. (engl.)

Broome, M. T. i Sandy, M. P.: Ispitivanja u oblasti mehanike stena na rudniku Mufulira u Zambiji (Rock mechanics investigations of Mufulira mine, Zambia)

„Afr. Mining Conf., Harare, 31 Avg.-2 Sept., 1987“, London, 1987, str. 17-30, 19 il., 4 tabl., 5 bibl.pod. (engl.)

Zil'berman, A. I., Karaganov, E. M. i Ulanova, N. P.: Određivanje brzine kontrolisanog spuštanja krovina pri otkopavanju rude mehanizovanim kompleksom 20KP-70 (Opređenje skorosti opuskanja krovli pri vyemke rudy mehanizirovannym kompleksom 20KP-70)

„IVUZ Gornyj ž.“, (1987)8, str. 17-19, (rus.)

Novikov, V. Ja., Nugaev, V. K. i dr.: Izrada veštačke krovine dodavanjem glinovitog rastvora u otkopani prostor čela radišišta

„Soverš. sredstv. i tehnol. razrab. ugol. plastov Karagand. bassejna“, Karaganda, 1987, str. 6-14, (rus.)

Mal'shakova, N. I. i Lavrik, V. D.: Primena zaslupa od stena kod otkopavanja rude Džekazganskog ležišta (Primenenie porodnoj zakladki pri otrabotke rud Džekazganskogo mestoroždenija)

„Cv. metallurgija“, (1987)9, str. 1-3, 2 il., (rus.)

Ajtmanov, I. T. i Tažibaev, K. T.: Pojava zaostalih napona u deformaciji stena pri njihovom opterećenju (Projavlenie ostatočnyh napraženij v deformaciji gornyh porod pri ih nagraženij)

„Fiz. i meh. razrušenija gorn. porod“, Frunze, 1987, str. 134-164, 27 il., 1 tabl., 18 bibl.pod. (rus.)

Rozycki, A. i Zakowski, B.: Vlaženje ugljenog masiva kao jedno od sredstava aktivne zaštite od gorskih udara u pripremnim jamskim prostorijama (Nawadnianie calizny węgłowej jako jedna z metod aktywnej profilaktyki przecietapaniowej w wyrobiskach chodowych)

„Wiad. gorn.“, 38 (1987)1, str. 7-9, 6 il., 2 bibl.pod. (polj.)

Zajcev, O. N. i Makarov, A. B.: Stabilnost međukomornih stubova u oslabljenim zonama Džekazganskog ležišta (Ustojčivost' meždukamernyh celikov na oslablennyh učastkah Džekazganskogo mestoroždenija)

„Gornyj ž.“, (1987) 8, str. 57-60, 3 il., 3 tabl., 6 bibl.pod. (rus.)

Taštanaliev, K. V. i Ajtmanova, I. T.: Prima-na metode graničnih elemenata za proračun opterećenja na međukomorno stubove (Primenenie metoda graničnyh elementov k rasčetu nagruzok na meždukamernye celiki)

„Fiz. i meh. razrušenija gorn. porod“, Frunze, 1987, str. 3-7, 1 il., 1 tabl., 6 bibl.pod. (rus.)

Fenn, O.: Korišćenje vodene struje pri rezanju tvrdih stana (The use of water jets to assist free-rolling cutters in the excavation of hard rock)

„J.S.Afr. Mining and Met.“, 87 (1987)5, str. 137-147, 11 il., 2 tabl., 21 bibl.pod. (engl.)

Demoulin, J.: Automatizacija oprema koja se koristi pri izradi podzemnih prostorija postupkom bušenja i miniranja (Automatisation des engins utilises pour les creusements de galeries par la methode conventionnelle)

„Ind. miner. Mines et carriers. Techn“, 69 (1987)5, str. 146-150, 7 il., 9 tabl., (franc.)

Miniranje: oblast primene i postupci miniranja (Spreng-techni: Anwendungsgebiete und Verfahren)

Deut. Verlag Grundstoffindustrie, Leipzig, 1987, 544 str., 343 il., 100 tabl. (knjiga na nem.)

Baranov, E. G., Gopan'uk, D. G. i dr.: O necelesobnosti primene gramonita 30/170 pri miniranju stena na površinskim kopovima (O necelesobraznosti primeneni-ja gramoniza 30/170 pri vzryvanij skal'nyh porod na kar'erah)

„Gornyj ž.“, (1987)9, str. 46-47, 1 il., 4 bibl.pod. (rus.)

Magkeev, Z. M.: Metoda određivanja optimalne veličine usporenja između minskih punjenja (Metod opredeleni-ja optimalnoj veličiny zamedlenija mežd. zarjadami VV)

Sev.-Oset. un-t, Sev.-Kavk. gorno-metallurg. in-t, Ordžonikidze, 1987 (Rukopis deponovan u CNII cvetmet ekonom. i inform.), 08.07.87., Nr. 1611-cm87, (rus.)

Schulz, D. L.: Optička metoda određivanja brzine detonacije izduženih minskih punjenja (Fiber optic probe to measure downhole detonation velocities of explosive columns)

„Int. Circ. Bur. Mines US Dep. Inter.“, (1987) 9135, str. 103-105, 2 il., (engl.)

Umnov, A. E.: Miniranje i njegov uticaj na formiranje udarnih vazдушnih talasa (Vzryvnye raboty i ih vlijanie na formirovanie udarnyh vozdušnyh voln)

„Gornyj ž.“, (1987)9, str. 47-48, (rus.)

Butkin, V. D., Kuznecov, N. N. i dr.: Pravci intenzifikacije rudarskih radova na površinskim kopovima KATEK-a korišćenjem energije eksplozije (Napravljenija intenzifikacij gornyh rabot na razrezah KATEKa s ispol'-zovaniem energii vzryva)

„Otkryt. razrab. ugol'n. mestorožd.“, Kemerovo, 1987, str. 5-10 (rus.)

Tarasova, T. M.: Usavršavanje planiranja i organizacije rada na rudarskim pripremnim radovima u jamama Kuzbasa (Soveršenstvovanie planirovanija i organizacij truda na gornopodgotovit'nyh rabotah šaht Kuzbasa)

„Vossozdanie očistn. fronta na šahtah“, Kemerovo, 1987, str. 22-25 (rus.)

Bogomolov, I. D.: Izrada uskopa u strmim slojevima bušenjem bušotina velikog prečnika (Provedenie vosstajushchih vyrabotok v krutych plastah burenijem skvažin bol'sogo diametra) „Ugol' Ukrainy“, (1987)8, str. 14–16, 2 il., 2 bibl.pod. (rus.)

Wyllie, R. J. M.: Mehanizacija izrade jamske prostorije na boksitnom rudniku u NR Mađarskoj (Mechanized roadheading in Hungarian bauxite) „Eng. and Mining J.“, 188 (1987)2, str. 48–50, (engl.)

Kajrovič, E. N., Trofimov, V. P. i dr.: Praksa podržavanja i podgrađivanja jamskih prostorija na dubokim horizontima jama Karagandinskog basena (Opyt podderžanija i krepjenja gornyh vyrabotok na glubokih gorizontah na šahtah Karagandinskogo bassejna) „Probl. razrab. mošč. i nakl. plastov uglja podzemn. sposobom. Tez. dokl. Territ. nauč.-tehn. konf., Karaganda“, Karaganda, 1987, str. 28 (rus.)

Meľnikov, O. I.: Izbor i proračun okvirne podgrade pripremnihs jamskih prostorija rudnika uglja (Vybór i rasčet ramnoj krepí podgotovitel'nyhs vyrabotok ugol'nyhs šaht) „Šahtn. str.-vo“, (1987)9, str. 13–16, 2 il., 2 bibl.pod. (rus.)

Gordienko, R. F. i Panžinskij, B. P.: Racionalni parametri podgrađivanja ponovo korišćenih otkopnih prostorija (Racional'nye parametry krepjenja povtorno ispol'zuemyhs vyemočnyhs vyrabotok) „Vossozdanie očistn. fronta na šahtah“, Kemerovo, 1987, str. 106–111 (rus.)

Bragin, E. P., Padjukosa, L. N. i dr.: Uticaj oblika radilišta na njegovu stabilnost (Vlijanie formy očistnogo zaboja na ego ustojčivost') „Probl. razrab. mošč. i nakl. plastov uglja podzemn. sposobom. Tez. dokl. Territ. nauč.-tehn. konf., Karaganda, 29–30 okt. 1987“, Karaganda, 1987, str. 75 (rus.)

Walker, J. H.: Savremeni aspekti razvoja otkopavanja širokim čelima (Longwall mining – an international experience) „Mining Eng.“, (Gr. Brit.), 146 (1987)309, str. 712–713, 714, 5 il., (engl.)

Bejsembaev, K. M., Šmanov, M. N. i Coj L. A.: Usavršavanje tehnologije i sredstava podgrađivanja pri selektivnom otkopavanju slojeva uglja (Soveršenstvovanie tehnologii i sredstv krepjenja pri selektivnoj vyemke ugol'nyhs plastov) „Probl. razrab. mošč. i nakl. plastov uglja podzemn. sposobom. Tez. dokl. Territ. nauč.-tehn. konf., Karaganda, 29–30 okt. 1987“, Karaganda, 1987, str. 45 (rus.)

Kvon, S. S.: Izbor racionalne tehnologije otkopavanja blago nagnutih i kosih slojeva Kuzbasa (Vybór racional'noj tehnologii razrabotki pologih i naklonnyhs plastov Kuzbasa) „Vossozdanie očist. fronta na šahtah“, Kemerovo, 1987, str. 86–90 (rus.)

Valniček, J.: Otkopavanje kamenog uglja na velikim dubinama u Ostravsko-Karvinskom basenu (Razrabotka kamennogo-uglja na bol'sih glubinah v Ostravsko-Karvinskome bassejne)

„Ugol““, (1987)9, str. 54–55 (rus.)

Čirva, A. I. i Serošan, V. S.: Izbor racionalne šeme razmeštanja pripremnihs prostorija pri ponovnom otkopavanju močnih ležišta (Vybór racional'noj shemy raspoloženijsa podgotovitel'nyhs vyrabotok pri povtornoj razrabotke moščnyhs zaležej) „Razrabotka rudn. mestorožd.“, Kiev, (1987)44, str. 32–35, (rus.)

Sterzel, J., Havelka, J. i Chrast, M.: Korišćenje računске tehnike za razradu tehnoloških procesa za podzemno otkopavanje u rudarskom preduzeću Dolni Rožinka (Využití vypočetní techniky pro zpracování razrabotky moščných zaležej) „Rudy“, 35 (1987)7, str. 203–204, 1 il. (češ.)

Mašlej, S., Stelol, V. i Durman, O.: Ispitivanje tehnologije otkopavanja ležišta magnezita (Vyskum tehnologije dobyvanja slovenskyhs magnezitovyhs ložisk) „Rudy“, 35 (1987)8, str. 218–221, 4 il. (slovač.)

Djusembaev, K. A., Iščuk, V. P.: Mehanizacija montaže mehanizovanihs podgrada (Mehanizacija montaže mehanizirovannyhs krepjej) „Probl. razrab. mošč. i nakl. plastov uglja podzemn. sposobom. Tez. dokl. Territ. nauč.-tehn. konf., Karaganda, 29–30 okt. 1987“, Karaganda, 1987, str. 96 (rus.)

Samohodna mehanizovana podgrada za otkopavanje stubova (Mobiler Schildausbau für die Pfeilergewinnung) „Glückauf“, 123 (1987)15, str. 913, 1 il. (nem.)

Bragin, E. P.: Proračuni stabilnosti konture radilišta sa mehanizovanim podgradom (Rasčety ustojčivosti kontura očistnogo zaboja s mehanizirovannoj krep'ju) „Soveršen. sredstv i tehnol. razrab. ugol. plastov Karagan. bassejna“, Karaganda, 1987, str. 34–42, 3 il., 1 tabl., 3 bibl.pod. (rus.)

O pripremanju monografije o površinskom otkopavanju ležišta u Francuskoj (Enquete statistique) „Ind. minér. Mines et carrieres. Techn.“, (1986)10, str. 6–7, 1 tabl., (franc.)

Suprun, V. I., Šapiro, A. Š. i dr.: Usavršavanje kompleksa opreme za otkopavanje stena otkrivke (Soveršenstvovanie kompleksov oborudovanija dija otrabotki vskrynyhs porod) „Razrab. i vnedrenie nov. tehnol. osvoenija resursov tvard. šplezn. iskopajemyhs otkryt. sposobom“, M., 1986, str. 123–130, 7 il., 1 bibl.pod. (rus.)

Dobijanje mrkog uglja na površinskom kopu Hambach (Le point sur Hambach, une exploitation qui durera plus d'un demi-siècle) „Ind. minér. Mines et carrieres“, (1987)69, juin, str. 345–346, 6 il., (franc.)

Chauvet, C.: Dobijanje fluorita na površinskom kopu Escaro (Le carrière de fluorine d'Escaro de la société Denain-Anzin Mineraux) „Ind. minér. Mines et carrieres. Techn.“, (1986)10, str. 187–192, 8 il. (franc.)

Ahmedžanov, T. K. i Žanbatyrov, A. A.: Proračun tehnoloških parametara sistema površinskog

- otkopavanja pri otkopavanju ležišta opasnih na požar (Rasčet tehnoloških parametara sistem otkrytoj razrabotki pri eksploataciji požaropasnyh mestoroždenij)  
„Razrab. i primenenie sistem avtomatizir. proektir. i ASU gorn. pr—va. Tez. dokl. Vses. nauč.—tehn. sovešč. 24–27 sept. 1987. Č.2“, Alma—Ata, 1987, str. 60–61, (rus.)
- Gavazov, S.I., Jordanov, N. i Milarov, R.: Izbor opreme za ciklično—kontinualnu tehnologiju na površinskom kopu Asarel (Podhodjašči tehnički sredstva za organizirane na ciklično—potočni strukturi na kompleksna mehanizacija za rudnik „Asarel“)  
„Bjul. NTI. Niproruda“, (1987)1, str. 39–44, 1 il., 1 tabl. 2 bibl.pod. (bugar.)
- Pčelkin, G.D., Moldabaev, S.K. i Studinskiy, N.M.: Optimizacija parametara kombinovanog sistema otkopavanja stena različite čvrstoće (Optimizacija parametara kombinovanoj sistemy razrabotki razno—pročnyh porod)  
„Rzrab. i primenenie sistem avtomatiz. proektir. i ASU gorn. pr—va. Tez. dokl. Vses. nauč.—tehn. sovešč. 24–27 sept. 1987. Č.2“, Alma—Ata, 1987, str. 23 (rus.)
- Prosandeev, N.I.: O raspodeli stena u unutrašnjim odlagalištima pri otkopavanju ležišta strmog pada (O razmeščeni porod vo vnutrennyh otvalah pri razrabotke krutopadajuščih zaležej)  
„Otkryt. razrab. ugol. mestorožd“, Kemerovo, 1987, str. 87–93, 1 il., 1 tabl., 2 bibl.pod. (rus.)
- Devnikamov, V.N.: Visina spoljnih odlagališta kod korišćenja draglajna na velikim površinskim kopovima uglja (Vysota vnešnyh otvalov pri ispol'zovanii draglajnov na moščnyh ugol'nyh szrezah)  
„Razrab. i vnedrenie nov. tehnol. osvoenija resursov tverd. polezn. iskopaemyh otkryt. sposobom“, M., 1986, str. 95–100, 3 il., 2 bibl.pod. (rus.)
- Karaulov, G.A. i Čerčinceva, T.S.: Zakonomernosti razvoja deformacija površina kosina etaža površinskog otkopa „Južnij“ (Zakonomernosti razvitija deformacij poverhnosti otkosov ustupov kar'era „Južnij“)  
„Otkryt. razrab. ugol. mestorožd“, Kemerovo, 1987, str. 55–56, 1 il. (rus.)
- Kavalov, Ž.: Mogućnosti sprečavanja i zaustavljanja procesa klizanja (V zmožnosti za predotvratjavane i spirane na svlačišćni procesi)  
„Bjul. NTI. Niproruda“, (1987)1, str. 77–80, 3 bibl.pod. (bug.)
- Moisenko, V.G. i Goc, M.A.: Zahtavi sličnosti pri modeliranju podvodnog otkopavanja tla (Trebovanija podobija pri modelirovanii podvodnoj razrabotki gruntov)  
„Gorn. stroit. dor. i meliorac. mašiny“, (1987)40, str. 105–112, 2 il., 2 bibl.pod. (rus.)
- Briterev, V.A.: Otkopno—transportne mašine kontinualnog dejstva na površinskom otkopavanju (Vyemočno—transportirujuščie mašiny nepreryvnogo dejstvija na otkrytyh gornyh rabotah)  
„Razrab. i vnedrenie nov. tehnol. osvoenija resursov tverd. polezn. iskopaemyh otkryt. sposobom“, M., 1986, str. 140–146, 1 il., 1 tabl. (rus.)
- Gurs, P., Bousange, M. i Valois, M.: Primena nove rudarske opreme na površinskim kopovima Francuske (Nouveautes techniques dans les materiels et equipments pour mines 'a ciel ouvert en France)  
„Ind. miner. Mines et carrieres. Techn.“, (1987), str. 168–172, 17 il., (franc.)
- Delaunay, H.: Analiza iskorišćenja rudarsko—transportne opreme na površinskim kopovima Francuske (Chargement des materiaux)  
„Ind. miner. Mines et carrieres. Techn.“, 1986, Nr. 10, str. 93–94, 4 tabl., (franc.)
- Ružanović, S., Milčić, D. i Jovanović, S.: Uticaj klimatskih uslova na rad opreme na površinskim kopovima (Contribution to better use of mining equipment)  
„Copper“, 19 (1986)42, str. 9–12, 3 il., 3 tabl., 2 bibl.pod. (engl.)
- Muhamedov, M.H.: Izbor otkopno—transportne opreme za otkopavanje visokih etaža (Vybore vyemočno—pogruzočnogo oborudovanija dlja otrabotki vysokih ustupov)  
„Razrab. i vnedrenie nov. tehnol. osvoenija resursov tverd. polezn. iskopaemyh otkryt. sposobom“, M., 1986, str. 147–155, 4 il., 1 tabl., 2 bibl.pod. (rus.)
- Rusihin, V.I. i Popondopulo, K.V.: Uticaj kvalifikacije bagerista na iskorišćenje rada bagera (Vlijanie kvalifikacii mašinista na effektivnost' ispol'zovanija ekskavatora)  
„Razrab. i vnedrenie nov. tehnol. osvoenija resursov tverd. polezn. iskopaemyh otkryt. sposobom“, M., 1986, str. 155–161, 1 il., 1 tabl., 2 bibl.pod. (rus.)
- Novi utovarači na točkovima serije Vanguard firme Komatsu (Komatsu's new push into the wheel loader market)  
„Austral Mining“, 79(1987)6, str. 64, 1 il., (engl.)
- Produžanje veka rada ripera korišćenjem radnih organa sa dva zuba (Povyšenie dolgovečnosti ryhlitelej putem ispol'zovanija dveuzubyh rabočih organov)  
„Gorn. stroit. dor. i melior. mašiny“, (1987)40, str. 42–46, 1 il., 6 bibl.pod. (rus.)
- Milojčić, G.: Model proračuna tokova stenske mase na površinskim kopovima Rajnskog basena (Ein Model für die rechnergestützte Lenkung von Materialströmen in Tagebauen des rheinischen Braunkohlerevieres)  
„Braunkohle“, 39(1987)5, str. 115–119, 2 il., 7 bibl.pod. (nem.)
- Džarikaganov, U.A.: Imitaciono—mrežni modeli razvoja transportne mreže u automatskom sistemu upravljanja rudarske proizvodnje  
„Razrab. i primenenie sistem avtomatiz. proektir. i ASU gorn. pr—va. Tez. dokl. Vses. nauč.—tehn. sovešč. 24–27 sept. 1987. Č.2“, Alma—Ata, 1987, str. 88–90 (rus.)
- Mart'jaňov, V.L. i Orlov, V.G.: Pravci intenzifikacije rada željezničkog transporta na površinskim kopovima (Napravlenie intensifikacii železnodorožnogo transporta na kar'erah)  
„Otkryt. razrab. ugol. mestorožd“, Kemerovo, 1987, str. 71–77, 3 tabl. (rus.)

Astaf'ev, Ju P., Maksimov, A. V. i Švac, F. A.: Razrada automatizovanog sistema formiranja transportnih tokova na površinskim kopovima velikog kapaciteta (Razrabotka avtomatizirovannoj sistemy formirovaniya avtotransportnyh potokov v kar'erah bol'shoj proizvoditel'nosti)

Razrab. i primenenie sistem avtomatiz. proekti. i ASU gorn. pr-va. Tez. dokl. Vses. nauch.-teh. konf., Alma-Ata, 1987, str. 81–83, (rus.)

Oreškin, A. N., Orjanskij, P. G. i Orjanskij, S. P.: Usavršavanje rada podzemnog transporta u jami „Majskaja“ (Soveršenstvovanie raboty podzemnogo transporta na šahte „Majskaja“)

„Ugol' Ukrainy“, (1987)9, str. 20–22 (rus.)

Šek, V. M. i Belopuskin, V. I.: Avtomatizovano upravljanie transportnim sistemom podzemnog rudnika (Avtomatizirovannoe upravlenie transportnoj sistemoj podzemnogo rudnika)

„Razrab. i primenenie sistem avtomatiz. proektir. i ASU gorn. pr-va. Tez. dokl. Vses. nauch.-teh. sbvešč. 24–27 sent. 1987. Č.2“, Alma-Ata, 1987, str. 94–95, (rus.)

Palant, T. L.: Rezerve tehničkog progressa u podzemnom transportu (Rezervy tehničeskogo progressa na podzemnom transporte)

„Ugol' Ukrainy“, (1987)9, str. 18–20 (rus.)

Cusitar, W. S. i Letts, D.: Kontinualni utovar i konvejnerna tehnologija kod otkopavanja ležišta mineralnih sirovina (Continuous loading and conveying technology in mining)

„CIM Bull.“, 80(1987)901, str. 39–43, 4 il. (engl.)

Šemjakina, V. A., Sin, M. P. i Slepov, G. N.: Analiza stanja podzemnog transporta u jamama Karagandinskog basena (Analiz sostojanija podzemnogo transporta šaht Karagandinskogo bassejna)

„Soveršen. sredstv. i tehnol. razrab. ugol. plastov Karagand. bassejna“, Karaganda, 1987, str. 79–86 (rus.)

Leichnitz, K.: Međunarodni simpozijum o kontroli čistoće vazduha na radnim mestima (Internationales Symposium zum Thema Luftüberwachung am Arbeitsplatz)

„Drägerheft“, (1987)337, str. 11–12, 2 il., (nem.)

Hanko, J.: Moderni pribori i sistemi kontrole rudničke ventilacije (Up-to date instruments and systems for the monitoring of mine ventilation)

„Publ. Hung. Cent. Inst. Develop. Mining“, 1985–1986, Nr. 28–29, 3 il., 3 tabl. 28 bibl.pod. (engl.)

Teternikov, A. V., Gering, P. F.: Analiza aerodinamičkih poremećaja u ventilacionoj mreži na osnovu snimanja depresije (Analiza aerodinamičeskikh vozmuščenij v ventilacionnoj seti na osnovu depressivnyh šemok)

„Soveršen. sredstv. i tehnol. razrab. ugol. plastov Karagan. bassejna“, Karaganda, 1987, str. 112–118, (rus.)

Timuhin, S. A.: Gubici pritiska u glavnim ventilacionim uređajima (Poteri davljenja na glavnih ventilatornyh ustanovkah)

„IVUZ Gornyj ž.“, (1987)10, str. 115–117, 2 bibl.pod. (rus.)

Nova oprema za meranje protoka vazduha i pritiska (New kit for velocity and pressure measurements)

„Mining J.“, 309(1987)7927, str. 66–67 (engl.)

Nevozinskij, A. K.: O mogućnosti primene mikro-računara za uproščavanje ventilacionih mreža (O vozmožnosti primenenija mikro-EVM dlja uproščeniija ventilacionnyj setej)

„Probl. razrab. mošč. i naklon. plastov uglja podzemn. sposobom. Tez. dokl. Territ. nauch.-teh. konf. Karaganda, 29–30 okt. 1987“, Karaganda, 1987, str. 82–83 (rus.)

Robinson, R. i Harrison, T.: Ocena recirkulacije vazduha u jami Wearmouth (Controlled Re-Circulation of Air at Wearmouth Colliery)

„Mining Eng.“, 146 (1987)308, str. 661–671, 7 il., 3 tabl., 2 bibl.pod. (engl.)

Voltr, S.: Usavršavanje provetravanja i kondicioniranja vazduha u rudnicima preduzeća Dolni Rožinka koncerna „Rudnici urana“ (Vyvoj vetrani i klimatizace v dolech k.p. UD Dolni Rožinka)

„Rudy“, 35 (1987)7, str. 191–194, 2 il., (češ.)

Castillo, D. D.: Ispitivanje recirkulacije vazduha pri hlađenju atmosfere dubokih jama (An examination of the aircycle for cooling deep mines)

„S. Afr. Mech. Eng.“, 37 (1987)6, str. 252–259, 8 il., 2 tabl. (engl.)

Struminski, A.: Borba sa podzemnim požarima u jamama (Zwalczanie pożarów podziemnych w kopalniach)

Wrocław, e.a.: Ossolineum, 1987, 367 str., il., (polj.)

Gutter, A. A. i Ovošenko, A. V.: Praksa gašenja podzemnih požara penom (Opyt pennogo sposoba s endogennymi požarami)

„Vossozdanie očist. fronta na šahtah“, Kemerovo, 1987, str. 61–65, 1 il., (rus.)

Kovač, F.: Uticaj geoloških i rudarsko-tehničkih faktora na mogućnost samozapaljivanja ugljenih slojeva (Vlijanje geoloških i gornotehničkih faktora na mogućnost samovozgoranija ugol'nyh plastov)

„Ugol'“, (1987)9, str. 30–32, 6 il., (rus.)

Strižiboroda, S. K., Paškovskij, P. S. i

Anosov, O. S.: Sprečavanje endogenih požara u jamama sa strmim slojevima (Predupreždenie endogennyh požarov v šahtah s krutymi plastami)

„Ugol'“, Ukrainy“, (1987)9, str. 32–33, 2 bibl.pod. (rus.)

Csaba, H.: Stanje i pravci razvoja radova u oblasti meranja zaprašenosti vazduha u Orosanskim rudnicima uglja (orig. na mađ.)

„Banyasz. es.kohasz. lapok. Banyasz.“, 120 (1987)6, str. 399–403, 6 il., 25 bibl.pod. (mađ.)

McClelland, J. J., i dr.: Ubrizgavanje vode kao sredstvo u borbi protiv prašine u rudnicima uglja: Ispitivanje tri slučaja (Water infusion for coal mine dust control: three case studies)

„Rept. Invest. Bur. Mines. US Dep. INter.“, (1987)9096, str. 1–17, 8 il., 4 tabl., 10 bibl.pod. (engl.)



Šaripov, N. H. i dr.: Dobijanje i korišćenje metana iz ležišta uglja (Dobyča i ispol'zovanie metana ugo'nyh mestoroždnij)

„Probl. razrab. mošč. i. nakl. plastov uglja podzem. sposobom. Tez. dokl. Territ. nauč.—tehn. konf. Karaganda, 29–30 okt. 1987“, Karaganda, 1987, str. 63–64 (rus.).

Tehnologija pripremanja jamskih polja (Tehnologija podgotovki šahtnyh polej)

Sb. nauč. tr. Mock. gorn. in-t, M., 1987, 138 str., (rus.)

Erme kov, M. A.: Metoda utvrđivanja prognoze metanonosnosti slojeva uglja i njena realizacija na elektronskom računaru (Metod utočnenija prognoza metanonosnosti ugo'nyh plastov i ego realizacija na EVM)

„Probl. razrab. mošč. i. nakl. plastov uglja podzem. sposobom. Tez. dokl. Territ. nauč.—tehn. konf., Karaganda, 29–30 okt. 1987“, Karaganda, 1987, str. 9–10 (rus.)

Levčenko, E. M.: Měrenje brzine protoka smeše metan–vazduh u degazacionim cevovodima (Izmerenie skrości metanovozdušnogo potoka v degazacionnyh truboprovodah)

„Aktual. vopr. aerol. ugoi. šaht“, M., 1987, str. 23–27, 4 il., (rus.)

Nefedov, P. P. i Usenbekov, M. S.: Kompleksni postupak degazacije moćnih slojeva uglja (Kompleksnyj sposob degazacii moćnyh ugo'nyh plastov)

„Probl. razrab. mošč. i. nakl. plastov uglja podzem. sposobom. Tez. dokl. Territ. nauč.—tehn. konf., Karaganda, 29–30 okt. 1987“, Karaganda, 1987, str. 20 (rus.)

Marx, K. – W.: Ergonomija podzemnih utovarno–transportnih mašina (Ergonomie automobiler Fahrzeuge für den Bergbau unter Tage)

„Glückauf“, 123 (1987)15, str. 935–942, 5 il., 21 bibl.pod. (nem.)

Dizel motori u podzemnim rudnicima (Diesels in underground mines)

Proc. Bur. Mines Technol. Transfer Semin. Louisville, Ky, Apr. 21, 1987, and Denver, Co. Apr. 23, 1987.

„Inf. Circ. Bur. Mines. US Dep. Inter“, (1987)9141, str. 1–165 (engl.)

Hajek, L.: Rudarska spasilačka služba u Ostravsko–Karvinskom ugljenom basenu (Das Grubenrettungswesen im Steinkohlenrevier Ostrava–Karvina, ČSSR)

„Drägerheft“, (1987)337, str. 42–44, 2 il., (nem.)

Kyriazi, N.: Razrada aparata za disanje malih dimenzija za rudarske spasioce i šlem–maska (Development of a low–profile rescue breathing apparatus and a mine rescue team helmet)

„Inf. Circ. Bur. Mines US Dep. Inter“, (1987)9134, str. 47–50, 6 il. (engl.)

Kovac, J. G.: Druga generacija izolacionih samospasilača (Second–generation self–contained self–rescue)

„Inf. Circ. Bur. Mines US Dep. Inter“, (1987)9134, str. 39–46, 3 tabl. (engl.)

Hopunov, E. A.: Ispitivanje mehanizma selektivnog razaranja ruda (Issledovanie mehanizma selektivnogo razrušenija rud)

„Intensif. tehnol. processov rudopodgotov.“, L., 1987, str. 116–135, 6 il., 3 tabl., 4 bibl.pod. (rus.)

Budkeeva, V. V. i Gibner E. A.: Modeliranje procesa meljivosti i obrazovanja mulja na ugljevima Karagandinskog basena (Modelirovanie processa izmel'čae mosti i šlamooobrazovanija na ugljah Karagandinskogo bassejna)

„Prob. razrab. mošč. i. nakl. plastov uglja podz. sposobom. Tez. dokl. Territ. nauč.—tehn. konf., Karaganda, 29–30 okt. 1987“, Karaganda, 1987, str. 36–37, (rus.)

Ryskin, M. L.: O smanjenju energetskih troškova u operacijama srednjeg i finog drobljenja (O sniženii energetičeskih zatrat'v operacijah srednego i melkogo droblenija)

„Cv. met.“, (1987)9, str. 83–85, 2 il. (rus.)

Čehoslovačke drobilice za primarno i sekundarno mletenje (Czech primary, secondary crushers)

„Mining Mag.“, 157 (1987)1, str. 78, 1 il. (engl.)

Hristov, V.: Preimućstva i nedostaci velikih mlinova sa centralnim pražnjenjem (Za ili protivgolemite mel'nici s cetralno raztorvane)

„Sb. nauč. tr. obogat. Niproruda“, 25 (1987)30, str. 102–123, 26 il., 2 tabl., 9 bibl.pod. (bugar.)

Koka, V. R., Hofman, R. i Trass, O.: Protok suvog materijala u mlinovima sa kuglama (Flow of Dry Particulates in the Szego Mill)

„Powder Technol.“ 51 (1987)2, str. 189–200, 16 il., 28 bibl.pod. (engl.)

Cammack, P.: Larcodemes – novi separator sa teškom sredinom za sirovi ugalj krupnoće 0,5–100 mm (Der Larcodems – ein neuer Schwertübescheider für Rohkohle der Körnung 100 bis 0,5 mm)

„Aufbereitungs–Technik“ 28 (1987)8, str. 427–434 (nem.)

Abramov, A. A. i Ajrapetov, R. V.: Stanje površine cink sulfida u oksidacionim uslovima, (Sostojanje poverhnosti sul'fida cin ka v oksiditel'nyh uslovijah)

„Kompleks. pererab. i. obogašč. raineral. syr'ja“, M., 1986, str. 39–48 (rus.)

Fuerstenau, D. W. i dr.: Fizičke i hemijske karakteristike uglja i njihova uloga u obogaćivanju uglja (The physical and chemical properties of coal and their role in coal beneficiation)

„Int. Conf. Coal Sci. Sydney, 28–31 okt. 1985. Proc.“, Sydney, 1985, str. 517–520, 14 il., 1 tabl. (engl.)

Trajačev, I. V. i Stojanov, P.: Savremena tendencije u tehnologiji i konstruktivnim rešenjima mehanizama za doziranje reagenata (S'vremenni tendencii v tehnologično–konstruktivnite rešenija na izp linitelnite mehanizmi za dozirane na reagenti)

„Sb. nauč. tr. obogat. Niproruda“, 25 (1987)30, str. 241–250, 10 il., 3 bibl.pod. (bugar.)

Fedjaev, F. F. i dr.: Karakteristike flotacije pirita iz boksita u jako alkalnim sredinama (Osobennosti flotacii pirita iz boksitov v vysokoščeločnyh sredah)

IVUZ Cv. metallurgija“, (1987)4, str. 4–9, 10 bibl.pod. (rus.)



## **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 FAVOURABLE 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**

TEHNIČKI REDAKTOR: MIRA MARKOVIĆ – NASLOVNA STRANA: A. KATUNARIĆ – SLIKA  
NA NASLOVNOJ STRANI: FLOTACIJA (SNIMLJENO U RUDARSKOM INSTITUTU, BEOG-  
RAD) – FOTO: S. RISTIĆ

