

**3** BROJ  
**67** GOD

# **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 (ZEMUN), BATAJNIČKI PUT 2  
EDITOR: INSTITUTE OF MINES, BATAJNIČKI PUT 2, BEOGRAD (ZEMUN) YUGOSLAVIE  
ŠTAMPA: »SAVREMENA ADMINISTRACIJA« — GRAFIČKI POGON »BRANKO ĐONOVIĆ«,  
GUNDULIČEV VENAC 25, BEOGRAD



**3** BROJ  
**67** GOD

# **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

**GLAVNI UREDNIK**

**GLUŠČEVIĆ prof. ing. BRANKO, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd**

**ČLANOVI REDAKCIONOG ODBORA**

**AHCAN dr ing. RUDOLF, Rudarski institut, Beograd**

**ANTIC dipl. ing. MILAN, Mašinski fakultet, Beograd**

**BLAŽEK dipl. ing. ALEKSANDAR, v. savetnik, Beograd**

**BULJAN prof. ing. VLADIMIR, Rudarski institut, Beograd**

**ČOLIC dipl. ing. DRAGOMIR, Industrijsko-energetski kombinat, Kostolac**

**DRAŠKIĆ dr ing. DRAGISA, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd**

**DULAR dipl. ing. SLAVKO, Udruženje jugoslovenskih železara, Beograd**

**IVANOVIĆ dipl. ekon. KOSTA, Odbor za koordinaciju olova i cinka, Beograd**

**KUN dipl. ing. JANOŠ, Rudarski institut, Beograd**

**LESIC prof. dr ing. ĐURA, Rudarski institut, Beograd**

**MAKAR dipl. ing. MILIVOJ, Rudarski basen »Kolubara«, Vreoci**

**MALIC, prof. dr ing. DRAGOMIR, Tehnološki fakultet, Beograd**

**MARKOVIĆ dr ing. STEVAN, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd**

**MARUNIĆ dipl. ing. ĐURA, Rudarski institut, Beograd**

**MILUTINOVIĆ prof. VELIMIR, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd**

**MITROVIĆ dipl. ing. DRAGOLJUB, Rudarski institut, Beograd**

**MITROVIĆ dipl. ing. MIRA, Rudarski institut, Beograd**

**NOVAKOVIĆ dipl. ing. LJUBOMIR, Rudarski institut, Beograd**

**OBRADOVIĆ dipl. ing. PETAR, Rudarski institut, Beograd**

**PERISIĆ dr ing. MIRKO, direktor Rudarskog instituta, Beograd**

**PETROVIĆ dipl. geol. VERA, Rudarski institut, Beograd**

**SIMONOVIĆ dipl. ing. MOMČILO, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd**

**SPASOJEVIĆ dipl. ing. BORISLAV, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd**

**STOJANOVIĆ prof. ing. DRAGUTIN, Mašinski fakultet, Beograd**

**TOMASIĆ dr ing. STJEPAN, Rudarski institut, Beograd**

**VELIČKOVIĆ prof. dr ing. DUŠAN, Mašinski fakultet, Beograd**

**VESOVIĆ dipl. ing. MILAN, Mašinski fakultet, Beograd**

## SADRŽAJ

## INDEX

### *Eksploatacija mineralnih sirovina*

#### **PROF. DR ING. RUDOLF AHČAN**

- Način određivanja osnovnih parametara za novu otkopnu metodu sa obrušavanjem uglja na osnovu iskustava dobivenih kod uvođenja Velenjske otkopne metode — — — — —* 5
- The Way of Determining the Basic Parameters for the New Mining Method with Coal Caving on the Base of Experience Gained by the Velenje Mining Method Introduction — — — — —* 14

#### **DIPL. ING. DRAGOLJUB MITROVIĆ**

- Kako proračunati odvođenje atmosferskih voda sa površinskih otkopa — —* 15
- How is the Atmospheric Water Drainage from Open Pits to be Calculated* 27

#### **DIPL. ING. DIMITRIJE DIMOVIĆ**

- Eksploatacija rude metala u Bugarskoj — — — — —* 29
- Metallic Ores Exploitation in Bulgaria — — — — —* 32

### *Priprema mineralnih sirovina*

#### **DR ING. DUSAN SALATIĆ**

- Primena elektroforetskog zetametra u pripremi mineralnih sirovina — —* 33
- Application of the Electrophoretic Zetameter at the Ore Dressing — — —* 45

#### **DIPL. ING. MIRA MITROVIĆ**

- Ispitivanje mogućnosti briketiranja koncentrata hromita iz rudnika »Raduša«* 47
- Possibility of Chromite Ore Concentrate Briquetting taken from »Raduša« Mine Macedonia — — — — —* 66

### *Ekonomika*

#### **DR ING. DEJAN MILOVANOVIĆ**

- Supstitucija kao metod racionalnog iskorišćavanja mineralnih sirovina* 67
- Substitution as a Method of Rational Utilization of Mineral Raw Materials* 74

INDEX

*Iz istorije rudarstva*

**DR VASILIJE SIMIĆ**

*Strani stručnjaci u rudarstvu Srbije (III deo) — — — — — 77*

*Kongresi i stručna putovanja*

**DIPL. ING. JANOŠ KUN**

*Peti međunarodni rudarski kongres Moskva 1967. — — — — — 89*

*Prikazi iz literature — — — — — 90*

## Način određivanja osnovnih parametara za novu otkopnu metodu sa obrušavanjem uglja na osnovu iskustava dobivenih kod uvođenja Velenjske otkopne metode

(sa 7 slika)

Prof. dr ing. Rudolf Ahčan

### Uvod

Rezultati sagledavanja o dosadašnjem stanju eksploatacije debelih slojeva uglja i lignita u SFRJ ukazuju na potrebu iznalaženja novih otkopnih metoda, kojima će se omogućiti povećanje proizvodnje u otkopu kod povećanja produktivnosti i sniženja proizvodnih troškova. Na osnovu iskustava stečenih kod dosadašnjeg rada sa Velenjskom otkopnom metodom, kao i ostalih otkopnih metoda, mogu se doneti zaključci, koji mogu poslužiti kao putokaz kod određivanja pravca daljeg razvoja otkopavanja debelih slojeva kod nas, kao i kod određivanja pojedinih parametara nove otkopne metode.

Za što pravilnije određivanje pojedinih parametara nove otkopne metode, kao i za utvrđivanje osnovnih uslova, koje postavljaju debeli slojevi lignita na mogućnost uvođenja nove otkopne metode, potrebno je izvršiti opsežna ispitivanja i istraživanja pojedinih faktora radne sredine.

Međutim, za donošenje odluke o vrednostima pojedinih parametara, na kojima se zasnivaju nove otkopne metode, svakako je neobično važna pravilna primena rezultata iskustava, stečenih petnaestogodišnjom primenom Velenjske otkopne metode. Za to vreme utvrđen je dijapazon pojedinih parametara sadašnje otkopne metode u uslovima eksploatacije sloja lignita velike moćnosti.

Na osnovu rezultata navedenih ispitivanja, kao i dosadašnjih iskustava, mogu se odrediti uslovi radne sredine i doneti zaključci o uslovima, koje mora ispuniti nova otkopna metoda.

Na taj način će problem projektovanja nove otkopne metode za otkopavanje sloja lignita velike moćnosti biti sagledan sa svih potrebnih aspekata, a dobiveni zaključci će bazirati na potrebnim iskustvima, kao i rezultatima naučnog istraživanja radne sredine u području eksploatacije nekog rudnika.

### Obrazloženje rezultata istraživanja optimalnih vrednosti osnovnih parametara Velenjske otkopne metode za vreme uvođenja i normalne eksploatacije

Ispitivanja pri praktičnom uvođenju Velenjske širokočelne otkopne metode u probna otkopna polja, kao i za vreme eksploatacije, dala su rezultate pomoću kojih se mogu, na osnovu analize i kritičke ocene, odrediti optimalne vrednosti pojedinih parametara Velenjske otkopne metode.

Najvažniji parametri Velenjske otkopne metode su:

- otkopna visina
- dužina čela

- moguća otvorenost krovine
- otkopni gubici
- brzina dnevnog napredovanja.

Ostali parametri otkopne metode nisu od bitne važnosti za određivanje osnova nove otkopne metode, pošto su rezultati već navedenih, ili se iz istih izvode (na primer: potrebna dužina pripremnih radova, intenzitet održavanja, kapacitet otkopa i otkopnog polja i ostali). Rezultati, analize i sagledavanja su sledeća:

#### Otkopna visina

Eksperimenti u cilju određivanja optimalne otkopne visine vršili su se u toku čitavog vremena ispitivanja. U tom periodu su izvršena ispitivanja otkopavanjem kod otkopne visine u dijazonu od

$$h = 4,0 - 20,0 \text{ m}$$

Izvršeni opiti su pokazali, da je otkopavanje Velenjskom otkopnom metodom u datim montan-geološkim uslovima kod primene otkopne visine

$$h > 12,0 \text{ m}$$

nesigurno, pošto je kod otkopavanja iznad te visine potrebna kontrola stropa otežana. Dolazi, naime, povremeno do prevremenih i iznenadnih prurušavanja višeležećih naslaga uglja i povlatnih naslaga. Otkopavanje u takvim visinama postaje zbog toga nesigurno. Zbog te činjenice odustalo se je od daljih opita sa tom otkopnom visinom. Izvršeni opiti sa otkopnom visinom većom od 12 m su, međutim, pokazali, da se brzina dnevnog napredovanja znatno smanjuje (kod opita je postignuta brzina manja od 0,6 m/dan), tako da otkop dolazi u zone sa znatnim otkopnim pritiskom, što još više otežava rad. Dalje su opiti pokazali da je otkopavanje kod otkopne visine

$$h = 10 - 12,0 \text{ m}$$

isto tako vezano sa većim poteškoćama. Bušenje i miniranje u nepodgrađenom stropnom delu traži, zbog kontrole stropa, znatno duži vremenski interval bušenja i iznosi prosečno  $T = 42 \text{ min/minu}$  (sav rad na ot-

kopu mora da stoji za vreme bušenja). Radnici, koji rade na operaciji miniranja odnosno bušenja, se zadržavaju duži vremenski period u nepodgrađenom području. Dalje, i u ovoj zoni dolazi do iznenadnih odronjavanja komada uglja odnosno čak prevremenog zarušavanja stropa natkopnog dela otkopa. Dnevna brzina napredovanja otkopa, kod te otkopne visine, je iznosila do 0,8 m/dan, što je bilo nedovoljno. Pritisci na potkopnom delu čela bili su znatni, što se je manifestovalo naročito na stepenu raspućivosti krovinske ploče u stropu potkopnog dela.

Opiti otkopavanja kod otkopne visine 8 do 10 m dali su zadovoljavajuće rezultate. Vreme operacije bušenja odnosno miniranja sa potrebnim dodatnim operacijama (kontrola stropa) kod te otkopne visine iznosilo je prosečno  $T' = 25 \text{ min/minu}$ , što isto tako traži duže zadržavanje radnika u nepodgrađenom prostoru. Brzina dnevnog napredovanja nije prelazila  $n = 1,0 \text{ m/dan}$ . Manifestacije otkopnog pritiska u području otkopavanja su bile znatne. Osnovni problem su predstavljali otkopni gubici, koji su kod te otkopne visine i kod otkopavanja I etaže iznosili prosečno 30%. Zbog tih činjenica otkopavanje kod otkopne visine

$$h = 8 - 10 \text{ m}$$

dolazi samo u izuzetnim slučajevima u obzir (otkopavanje novih etaža).

Otkopavanje kod otkopnih visina manjih od 4,5 m je pokazalo, da te otkopne visine, zbog prevelikih otkopnih gubitaka isto tako za otkopavanje ne dolaze u obzir (otkopni gubici su visoki i iznose cca 30%), kako je to detaljno obrazloženo u analizi otkopnih gubitaka (slika 5).

Na osnovu opisanih ispitivanja se zaključilo, da se optimalna otkopna visina kreće u dijazonu

$$h = 6,0 - 8,0 \text{ m.}$$

Vreme bušenja odnosno miniranja kod visine 8 m (3—4 miniranja u zavisnosti od čvrstoće uglja) iznosilo je  $T'' = 19 \text{ min/minu}$ , a kod otkopne visine 5—5,5 m (2 miniranja) vreme potrebno za izradu čitave operacije miniranja iznosilo je prosečno 15 min/minu. Kod bušenja u strop iz nivoa potkopa, to jest kod 1. miniranja, čitavo vreme za izradu 1 minske rupe iznosi prosečno 10 min.



Na osnovu detaljnih osmatranja za vreme opita, kao i 14 godišnje praktične primene, može se zaključiti da se rad na otkopu, kod otkopne visine 7—8 m, odvija u veoma povoljnim otkopnim uslovima. Zbog toga se je ova otkopna visina usvojila u sadašnjoj fazi razvoja eksploatacije kao normalna kod otkopavanja sloja lignita Velenjskom otkopnom metodom.

Ukoliko rezimiramo rezultate ispitivanja, s ciljem određivanja optimalne otkopne visine, možemo zaključiti da je otkopna visina od odlučujuće važnosti i za:

- utvrđivanje visine otkopnih gubitaka
- određivanje dužine otkopa
- određivanje brzine dnevnog napretka.

Uticao otkopne visine na potrošnju raspoloživog vremena je veoma važan faktor za određivanje moguće dužine čela. Rezultati ispitivanja uticaja otkopne visine na potrošnju raspoloživog radnog vremena prikazani su u dijagramu na sl. 1.

#### Istovremeno otvorena površina u natkopnom delu čela

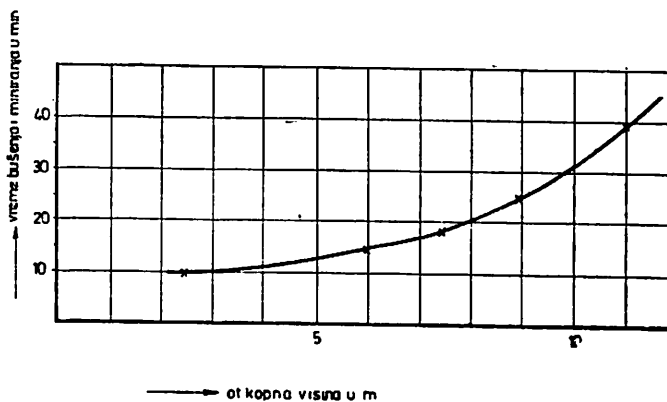
Pod pojmom istovremeno otvorene i nepodgrađene površine u natkopnom delu čela razumemo površinu stropa tj. krovne ploče lignita moćnosti 4,8—5,8 m, koja se otkopava prema sistemu obrušavanja uglja iz stropa. Ugalj se u tom slučaju dobiva miniranjem, dok se taj deo otkopa ne podgrađuje.

Istovremeno, maksimalna moguća otvorena površina u nepodgrađenom delu natkopnog dela čela je jedan od glavnih pokazatelja moguće koncentracije proizvodnje otkopa. Otvorenost krovine zavisi, uglavnom, od:

- fizičko-mehaničkih osobina uglja i povoljnih naslaga,
- primenjenog tehnološkog procesa,
- vremena trajanja otvorenosti,
- načina zarušavanja neposredne i visoke krovine kao i
- ostalih faktora.

Sl. 1 — Dijagram potrebnog vremena za izvršenje operacije bušenja i miniranja.

Fig. 1 — Diagram showing the time needed for boring and blasting operations.



Pomoću dijagrama na sl. 1 može se odrediti potrebno vreme za izvršenje operacije bušenja i miniranja i za ostale otkopne visine. Dalje, dijagram pokazuje da otkopne visine iznad visine  $h = 10$  m u znatnoj mери smanjuju raspoloživo radno vreme, pošto potrebno radno vreme za izvršenje te operacije suviše raste povećanjem otkopne visine. Optimalna ekonomska granica primene Velenjske otkopne metode u sadašnjoj fazi razvoja je, s obzirom na sigurnosne faktore kod otkopne visine:

$$h_{opt} = 7,0—8,0 \text{ m}$$

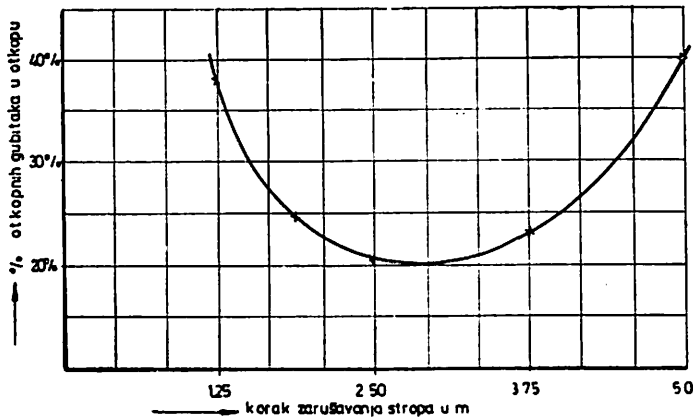
Navedeni faktori imaju u različitim odnosima uticaj na držanje otvorene tj. nepodgrađene krovine. Zbog tih činjenica je određivanje moguće otvorenosti natkopnog dela čela veoma složen problem i isti se ne može odrediti drukčije nego praktičnim eksperimentima u probnom otkopnom polju.

U cilju razjašnjenja tog osnovnog problema izveden je kod uvođenja Velenjske otkopne metode niz opita, da bi se utvrdile granične vrednosti moguće otvorenosti. Pošto je u datom slučaju sigurnost u natkopnom delu čela zaposlenih radnika predstav-

ljala osnovni zahtev, trebalo je rešavanju tog problema pristupiti sa svom oprežnošću.

Prvo je trebalo odrediti korak t.j. širinu napredovanja otkopa u kojem se vrši jedno napredovanje čela. Drugi parametar bila je dužina otvorene površine natkopa, a treći je bilo određivanje vremena trajanja otvorenosti.

sačinjava strop, odnosno stari rad, iz gornjeg dela natkopa u otkop i prekrije ugallj, koji se dobija miniranjem. Jalovina, naime, dolazi kroz bunkerisani ugallj zbog veće zapreminske težine brže i ugallj tako ostaje neizvađen. Povećanjem otvorene širine natkopnog dela t.j. koraka, otkopni gubici se povećavaju sa manjim trendom i



Sl. 2 — Dijagram određivanja koraka zarušavanja stropa kod otkopne visine 7,5 m u zavisnosti od visine otkopnih gubitaka.

Fig. 2 — Determination of the rate in caving in the roof at an excavation height of 7,5 m depending on excavation losses amount.

Za razjašnjenje ovih pokazatelja bio je izvršen niz opita, koji su pokazali, da za normalno napredovanje čela najbolje odgovara korak

$$n = 2,5—3,0 \text{ m}$$

Do tog rezultata došlo se je na osnovu dugogodišnjih opažanja, kod kojih su se vršile probe u rasponu od

$$n = 1,25—5,0 \text{ m}$$

Ispitivanja su pokazala, da smanjenjem koraka otvaranja stropa na 1,25 m, kod određene otkopne visine ( $h = 7,5 \text{ m}$ ), otkopni gubici u supstanci, koja se nalazi samo u natkopnom delu otkopa, veoma brzo rastu. Nešto blažim trendom rastu otkopni gubici, ukoliko se korak poveća na 3,75 odnosno 5,0 m. Rezultati tih ispitivanja su dati u dijagramu na sl. 2.

Dijagram na sl. 2 pokazuje, na osnovu rezultata opita, da je optimalni korak, u kojem se zarušava neposredna krovina  $n = 2,5—3,0 \text{ m}$ . Ukoliko se taj korak smanji na  $n = 1,25 \text{ m}$ , otkopni gubici se povećavaju za dvostruku vrednost, što je posledica prethodnog ulaženja jalovine koja

kod širine 5,0 m dostižu vrednost cca 40% ukupne količine uglja, koja se nalazi u natkopnom delu. Drugi problem je predstavlja određivanje maksimalno moguće dužine nepodgrađene otvorene površine natkopa.

Dugogodišnjim ispitivanjima utvrdila se je ta dužina. Počelo se sa otvaranjem minimalne dužine t.j. 4,0 m. Povećanjem dnevne brzine napredovanja otkopa, na otkopu se je stvarala sve bolja stabilnost krovne ugljene ploče i dužina istovremeno otvorene površine mogla se je povećavati. Tome je doprinelo iskustvo sa starom stubnom otkopnom metodom, gde se je otkopavalo u širinu 8 m i dubinu 4 m kod otvorene površine natkopa  $P = 32 \text{ m}^2$ . Veliki uticaj kod tog određivanja je imalo i mesto opita. U području bliže podini su uslovi eksploatacije mnogo teži (manja čvrstoća uglja, a u stropu se nalazi više puta zarušena krovina i sl.). Zbog toga dajemo srednje vrednosti. Probe za određivanje moguće istovremeno otvorene dužine su se vršile kod koraka 2,5—2,8 m od:

$$l = 40—50 \text{ m}$$

Rezultati ispitivanja prikazani su u dijagramu na sl. 3, iz kojeg se vidi, da mogućnost

istovremeno otvorene površine ( $P = 1 n$ ) zavisi u znatnoj meri od brzine dnevnog napredovanja. Kod brzine dnevnog napredovanja, koja se u Velenju normalno postiže ( $n = 1,35$  m/dan), istovremeno otvorena površina sada iznosi

$$P = 1 n = 15 \text{ m} \times 2,7 = 40,0 \text{ m}^2$$

Kod nje, kao i kod većih brzina napredovanja otkopa postizala se znatno veća moguća otvorenost otkopa, koja je iznosila do  $P' = 50 \times 2,7 = 135 \text{ m}^2$ ; kod nje se tehnološki proces odvijao potpuno normalno. Za planirani ciklus rada kod brzine 1,35 m/dan moguća dužina otvorene površine je određena na osnovu izvršenih opita na

$$l = 30 \text{ m}$$

kako je to prikazano u dijagramu na sl. 3.

$$l = 2 \times 15 = 30 \text{ m}$$

Vreme otvorenosti natkopnog dela otkopa iznosilo je kod malih površina i male brzine dnevnog napredovanja otkopa samo do nekoliko sati. Kod dužine 15 m otvorene površine natkopnog dela čela i brzine dnevnog napredovanja otkopa od cca  $n = 1,00$  m/dan vreme otvorenosti iznosi normalno oko

$$T = 12 \text{ časova}$$

ali se može i produžiti do cca 50% tog vremena, što zavisi od stanja krovne ploče. Povećanjem dužine otvorene površine, kod potrebne brzine dnevnog napredovanja otkopa od cca 1,35 m/dan, povećava se vreme otvorenosti i dostiže do 24 časa. Potrebno je napomenuti, da se kod većih dužina otvorene površine natkopnog dela vreme otvorenosti skraćuje, pošto se otkopavanje vrši intenzivnije i brže otvaraju veće površine otkopa. Vreme otvorenosti natkopnog dela otkopa je veoma važno, pošto često dolazi do ranijeg zarušavanja krovine u otkopani deo natkopnog dela čela. Zbog te činjenice je potrebno nastojati, da vreme otvorenosti otkopa bude što kraće. Iz tog razloga je, za postizanje što veće sigurnosti rada u natkopnom delu otkopa, potrebno da se što više forsira brzina dnevnog napredovanja otkopa.

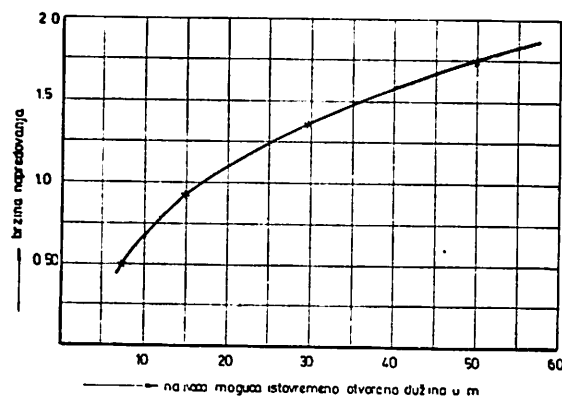
Ova izlaganja pokazuju, da je istovremeno moguća otvorena površina natkopnog dela otkopa — jedan od najvažnijih faktora, kojim se određuje optimalna dužina čela.

#### Dužina čela

Ekperimenti u cilju određivanja optimalne dužine čela kod Velenjske otkopne metode vršeni su u toku čitavog vremena opita sa dužinom čela u dijapazonu

$$L = 12 - 120 \text{ m}$$

Izvršeni opiti su pokazali, da dužina čela zavisi prvo od primenjenog transportnog sredstva u otkopu, a drugo od primenjene otkopne visine. Od prvog faktora zavisi kapa-



Sl. 3 — Dijagram određivanja najveće moguće otvorene dužine čela u zavisnosti od brzine dnevnog napredovanja.

Fig. 3 — Determination of the greatest possible open length of face relating to the rate of daily advance.

citet otkopa odnosno brzine evakuacije pripremljenog uglja, a od drugog faktora količina raspoloživog uglja.

Treći činilac, koji je od bitne važnosti za određivanje optimalne dužine čela, je pokazatelj maksimalne moguće otvorenosti krovine. Navedeni parametri određeni su opitima, kako je to prikazano ranije. Optimalna otkopna visina određena je kao  $h_0 = 7,0 - 8,0$  m, a velenjskim rudarsko-geološkim uslovima odgovarajuća otvorenost nepodgrađenog dela natkopa kod planiranog napretka  $n = 1,35$  m/dan iznosi

$$P = 2,70 \times 30 = 80 \text{ m}^2$$

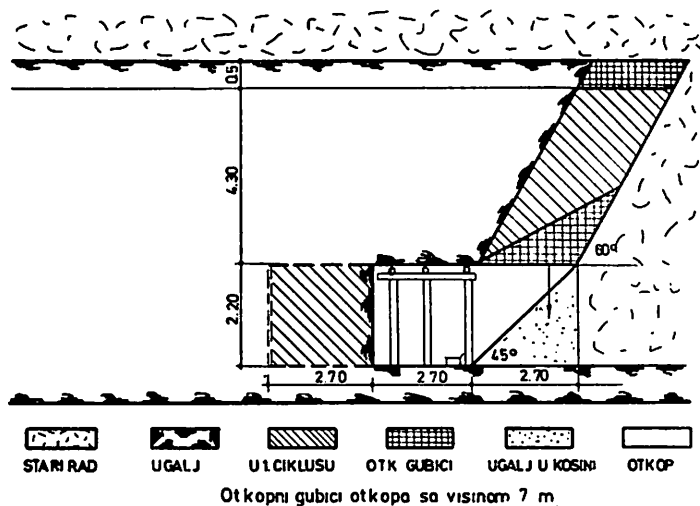
Ovim faktorima se određuje i dužina čela. Opitima je utvrđeno, da kod konstantne ot-

kopne visine ( $h = 7,5$  m) maksimalna moguća otvorenost odlučujući utiče na određivanje optimalne dužine čela.

Optimalno je bilo utvrđeno, da je optimalna dužina čela jednaka, zbog primenjenog ciklusa, dvostrukoj dužini najveće moguće dužine otvorene površine matkopnog dela čela, kod određene brzine dnevnog napredovanja otkopa ( $n = 1,35$  m/dan), što zasaada najbolje odgovara postavljenoj organizaciji rada na otkopu u određenom ciklusu rada. Veliku važnost kod određivanja optimalne dužine čela ima i primenjena meha-

Iz sl. 4 vidi se da su uzroci nastupanja otkopnih gubitaka dvostruki. Prvi nastupaju kod dobivanja uglja iz stropa.

Posle premeštanja grabuljara u novopripremljeni potkop i vađenja čelične podgrade iz napuštenog potkopa, uglj iz stropa se delimično sam zarušava u prazni stari potkop. Zbog toga se i stvara kosina. Drugi deo otkopnih gubitaka nastupa u momentu, kada se prolomi ili minira zadnja ploča uglja pod stropom, koja odvaja stari rad od otkopa. Ona se obično zaruši sama po sebi, a u me-



Sl. 4 — Otkopni gubici kod otkopa sa visinom 7,5 m

Fig. 4 — Excavation losses at the face with a height of 7,5 m.

nizacija (za 60 m čela potreban je na otkopu dvolančani grabuljar sa kapacitetom  $Q = 200$  t/h).

Ovim vrednostima pojedinih faktora utvrđeno je, da optimalna dužina čela iznosi  $L_0 = 60$  m.

#### Otkopni gubici

Otkopni gubici su kod Velenjske otkopne metode jedan od najvažnijih parametara, naročito ukoliko se eksploatacija sloja vrši samo u jednoj etaži. Pošto otkopni gubici bitno utiču na postignuti kapacitet otkopnog fronta, potrebno je izvršiti analizu određene visine otkopnih gubitaka. Uzroke nastupanja otkopnih gubitaka objašnjava sl. 4. Za osnovu obrazloženja uzroka postanka otkopnih gubitaka, uzeta je najmanja moćnost sloja, koja još dolazi u obzir kod otkopavanja ovom otkopnom metodom.

đuvremenu odvaja minirani uglj od starog rada odnosno od već zarušene krovine iz prethodnog ciklusa.

U nekim slučajevima može se, posle zarušavanja stropa u niže ležećoj etaži tj. kod ponovnog dolaska otkopa ispod već otkopnog dela sloja, utovariti izvesna količina uglja, koja se nalazi u kosini u prethodno zarušavanom delu stropa na više ležećoj etaži. Ovo svakako smanjuje visinu otkopnih gubitaka prikazanih u ovoj analizi (sl. 4). Zbog toga se svi podaci odnose samo na 1 etažu. Za lakšu ocenu navode se rezultati dugogodišnjih opažanja otkopnih gubitaka u zavisnosti od otkopne visine kod Velenjske otkopne metode na rudniku Velenje (širina polja u jednom ciklusu iznosi 2,7 m kod otkopavanja sloja u jednoj etaži). Rezultati su sledeći:

Otkopna visina	Otkopni gubici prosečno
h = 10 m	0 = 30%
h = 10—9 m	0 = 25—20%
h = 9—8 m	0 = 20—15%
h = 8—7 m	0 = 15%
h = 7—6 m	0 = 15—20%
h = 6—5 m	0 = 20—25%
h = 4 m	0 = 30%

Pomoću ovih podataka izrađen je dijagram na sl. 5 za utvrđivanje otkopnih gubitaka.

### Uticao brzine napredovanja

Povećanje brzine napredovanja otkopa ne utiče samo na povećanje produktivnosti, zbog povećanja koncentracije proizvodnje s obzirom na 1 m dužine otkopa, već i zbog povoljnih posledica na stvaranje odgovarajuće radne sredine.

Ispitivanja su pokazala, da ukoliko je dnevna brzina napredovanja manja od 0,8 m/dan, uslovi rada na otkopu postaju veoma teški i otkop može ostati prohodan (Kostolac) samo uz povećan intenzitet podgrađivanja i znatniji gubitak radnog vremena. Povećanjem brzine napredovanja otkopa iznad 1,0 m/dan uslovi rada na otkopu se popravljaju, a kod brzine 1 ciklusa dnevno tj.  $n = 1,35$  m/dan postaju srazmerno pogodni.

Potrebno je reći, da se uslovi sa povećavanjem dubine eksploatacije kao i zbog visine prethodno otkopanog dela sloja pogoršavaju. Zbog toga smo hteli, da za vreme eksploatacije Velenjskom otkopnom metodom postignemo što veći napredak otkopnog fronta.

Na osnovu podataka dobivenih kod snimanja operacije podgrađivanja otkopa (u m/l tonu proizvodnje sa otkopa), utvrđena je zavisnost od brzine dnevnog napredovanja (m/dan).

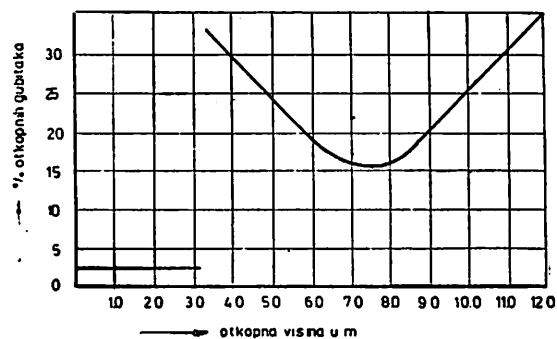
Na osnovu tih približnih vrednosti sastavljen je dijagram zavisnosti potrebnog vremena podgrađivanja otkopa od brzine dnevnog napredovanja otkopa dat na sl. 6.

Na osnovu dijagrama na sl. 6 koji služi samo u orijentacione svrhe i za ocenu uslova eksploatacije, koji zavise, kako je već rečeno, i od mnogih drugih uslova (uticaj primenjenih fizičkih i mehaničkih osobina

uglja i pratećih stena, dubine u kojoj se vrši otkopavanje i položaja otkopa — u blizini podine ili blizini krovine), može se sagledati uticaj brzine napredovanja na stanje podgrade u otkopu. Svakako, ovo stanje zavisi isto tako i od već pomenutih faktora radne sredine.

### Potrebna količina pripremnih radova

Potrebna količina pripremnih radova (m<sup>3</sup>/1000 t) varira kod pojedinih otkopa u velikim granicama, jer zavisi od niza okolnosti (dužine otkopa, otkopne visine, potrebe na etaži, potrebe za sporednim saobra-



Sl. 5 — Dijagram otkopnih gubitaka kod širokočelnog otkopavanja.

Fig. 5 — Diagram of longwall face excavation losses.

čajnicama i sl.). Kod izračunavanja potrebne dužine pripremnih radova utvrđeno je, da potrebna dužina pripremnih radova za odabrane otkope iznosi:

$$K_p = 2,72 - 5,75 \text{ m}/1000 \text{ t}$$

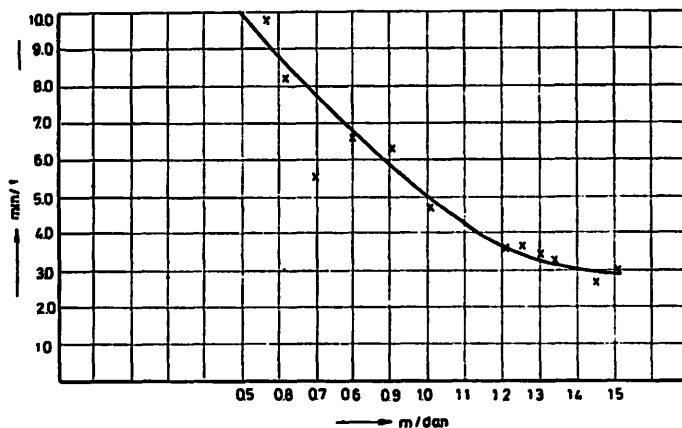
što zavisi naročito od dužine čela, koja se u pojedinim uslovima znatno menja u zavisnosti od uslova eksploatacije.

Tokom rada sa Velenjskom otkopnom metodom stalno su praćeni svi potrebni parametri, kojima se određuju potrebne pripreme. Naročito se vodilo računa o visini otkopnih gubitaka, kod određene otkopne visine, i širini čela u odnosu na potrebnu pripremu. Tako je dužina potrebne pripreme prikazana u dijagramu na sl. 7, u kojem krive pokazuju potrebnu pripremu (m/1000 t) u zavisnosti od otkopne visine i otkopnih gubitaka.

Pomoću dijagrama sl. 7 može se približno odrediti odgovarajuća dužina potrebnih pripremnih radova za svaku otkopnu visinu i to kod otkopavanja jedne ili više etaža.

#### Zaključci koji se mogu izvesti iz rezultata dosadašnje primene Velenjske otkopne metode

Prethodnom analizom određivanja osnovnih parametara Velenjske otkopne metode, u toku njenog razvoja, detaljno je prikazano sadašnje stanje eksploatacije. Rezultati,



Sl. 6 — Dijagram određivanja zavisnosti potrebnog vremena za podgrađivanje otkopa od brzine dnevnog napredovanja otkopa.

Fig. 6 — Determination of the time needed for installing the supports versus the rate of daily advance.

koji se mogu kritičkom ocenom pojedinih osnovnih parametara izvući iz prethodne analize, daju mnogo podataka, koji su za projektovanje nove otkopne metode veoma važni. Time se dobijaju određene smernice, potrebne pri projektovanju nove otkopne metode. Najvažniji zaključci iz dosadašnjeg rada na uvođenju nove otkopne metode su:

- rad na uvođenju nove otkopne metode u veoma teškim uslovima podzemne eksploatacije moćnog sloja lignita je veoma dugotrajan i težak posao;
- do rezultata ispitivanja dolazi se veoma teško i uz veliki utrošak vremena; kod Velenjske otkopne metode rezultati su dobijeni posle 8 godina rada;
- optimalne vrednosti pojedinih parametara Velenjske otkopne metode određuju se postepeno; za utvrđivanje potrebno je izvesno vreme;

— uloga uticajnih faktora radne sredine (dubine zaleganja, moćnosti sloja u otkopavanju, fizičkih i mehaničkih osobina sloja i krovine) u razvoju Velenjske otkopne metode je veoma važna.

Za pravilniju upotrebu parametara Velenjske otkopne metode, utvrđenih za vreme uvođenja i eksploatacije moćnog sloja, potrebno je izvršiti prethodno detaljnu analizu i kritičku ocenu onih parametara, koji su od posebne važnosti za projektovanje nove otkopne metode, koja bazira na principu vertikalne koncentracije. Zbog toga treba utvrditi sledeće parametre:

#### Otkopna visina

Eksperimentima je utvrđeno da optimalna otkopna visina kod Velenjske otkopne metode iznosi

$$h_{opt} = 7 - 8 \text{ m}$$

Veća otkopna visina od navedene je zbog tehnološkog procesa dobijanja uglja (više-kратно miniranje natkopnog dela i ulaženje u nepodgrađeni prostor) ocenjena kao manje ekonomična, jer zahteva, prema dijagramu, znatno veći utrošak radnog vremena. Povećana otkopna visina i kod 20 m, kod samog procesa zarušavanja, nije predstavljala poteškoće. Zbog toga određivanje parametara otkopne visine, s obzirom na proces zarušavanja kod nove otkopne metode sa drugim tehnološkim procesom, može se povećati iznad sadašnje visine i kretati se u dijapazonu

$$h_m = 10 - 15 \text{ m}$$

Pri tome treba napomenuti, da kod povećane otkopne visine treba računati sa povećanjem otkopnih gubitaka i eventualnim usporavanjem napredovanja otkopa, ukoliko se ne usvoji novi princip dobijanja uglja iz natkopnog dela otkopa.

#### Korak napredovanja otkopa

Pod korakom napredovanja otkopa podrazumevamo širinu prostora natkopnog dela otkopa, koji se u jednom ciklusu zarušava.

#### Vreme otvorenosti natkopnog dela čela

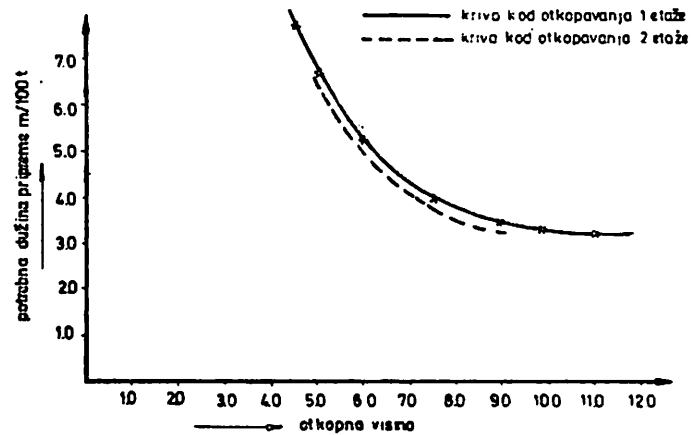
Iskustvo otkopavanja Velenjskom otkopnom metodom je pokazalo, da u normalnim uslovima eksploatacije natkopni deo ostaje nezarušen prosečno do

$$T = 12 \text{ časova}$$

Prema tome, potrebno je novi tehnološki proces projektovati tako, da se ugalj iz natkopnog dela čela evakuise u tom ili kraćem vremenskom intervalu.

Sl. 7 - Dijagram potrebne dužine pripreme u zavisnosti od otkopne visine i toj visini odgovarajućih otkopnih gubitaka.

Fig. 7 - The length of needed development workings versus the height of face and corresponding excavation losses.



Eksperimentima je bilo utvrđeno, da optimum kod otkopne visine 7—8 m iznosi:

$$u = 2,5—3,0 \text{ m}$$

Kod tog koraka postižu se najmanji otkopni gubici i proces zarušavanja se odvija kod normalnih montan-geoloških uslova ravnomerno.

#### Moguća dužina otvorenog prostora natkopnog dela otkopa

Optimalna dužina otkopa je utvrđena eksperimentima, a zavisi, pored ostalog, i od fizičko-mehaničkih osobina uglja i krovine, od brzine dnevnog napredovanja čela i kapaciteta transportera koji služi za evakuaciju uglja iz natkopnog dela.

Eksperimentima je utvrđeno da optimalna dužina otvorene površine otkopa (kod koraka 2,5—3,0 m) iznosi

$$l = 2 \times 15 = 30 \text{ m}$$

što znači, da se istovremeno otvara do 2 odseka natkopnog dela čela sa dužinom 15 m.

#### Dužina čela

Optimalna dužina čela kod Velenjske otkopne metode pri otkopnoj visini 7—8 m i koraku 2,7 m utvrđena eksperimentima iznosi:

$$D_{opt} = 60 \text{ m}$$

što odgovara otvaranju natkopnog kao i potkopnog dela u 4 sekcije. Ova dužina je u skladu sa ranije određenim parametrima i zbog toga je za otkopnu metodu, koja bazira na principu vertikalne koncentracije, svakako od velikog značaja.

#### Otkopni gubici

Kod sadašnjeg stanja Velenjske otkopne metode utvrđeni otkopni gubici su funkcija otkopne visine, koraka napredovanja otkopa i ostalih manje važnih faktora (kapacitet transportera, fizičko-mehaničke osobine krovine i sl.), kako je to prikazano na sl. 4.

Kod izbora novog tehnološkog procesa, koji bazira na principu vertikalne koncentracije, mogu se otkopni gubici, pomoću dijagrama na sl. 5, približno oceniti.

#### Dnevno napredovanje otkopa

Iskustvo otkopavanja Velenjskom otkopnom metodom pokazuje, da je za normalno odvijanje tehnološkog procesa potrebna brzina dnevnog napredovanja minimalno

$$n = 1,25 \text{ m/dan,}$$

ukoliko želimo da, kod otkopne metode sa vertikalnom koncentracijom, postignemo normalno napredovanje bez većih poteškoća.

#### Zaključak

Na osnovu iskustva eksploatacije Velenjskom otkopnom metodom, kod otkopavanja sloja lignita vanredne moćnosti, mogu se utvrditi kao osnovni parametri otkopne metode, koja bazira na principu vertikalne koncentracije, sledeće vrednosti:

- povoljna otkopna visina  $h_m = 10 - 15 \text{ m}$
- dužina otkopa  $L = 60 \text{ m}$

- širina koraka u natkopnom delu otkopa  $k = 2,5 - 3,0 \text{ m}$
- najveća dužina istovremeno otvorene površine natkopnog dela otkopa  $l = 2 \times 15 = 30 \text{ m}$
- vreme otvorenosti nepodgrađenog natkopnog dela otkopa  $T = 12 \text{ časova}$
- dnevno napredovanje čela, minimalno  $n_{min} = 1,25 \text{ m/dan}$
- visina otkopnih gubitaka se ocenjuje prema otkopnoj visini.

Ove vrednosti pojedinih iznetih parametara mogu poslužiti kao osnova za novi tehnološki proces otkopavanja slojeva lignita veće moćnosti u radnoj sredini koja odgovara montan-geološkim uslovima velenjskog ležišta.

Primena navedenih vrednosti pojedinih parametara, koji su utvrđeni dugogodišnjim iskustvom u eksploataciji velenjskog ležišta, daje kod nove otkopne metode veliku uštedu vremena.

#### SUMMARY

#### The Way of Determining the Basic Parameters for the New Mining Method with Coal Caving on the Base of Experience Gained by the Velenje — Mining Method Introduction

Dr R. Ahčan, min. eng.\*)

In that article the author presents the results received by the comprehensive investigation and research of particular factors concerning the working conditions respectively the parameters in the Velenje Mine, in order to determine prerequisite conditions for introducing new mining methods in thick seam excavation of lignite in underground exploitation.

\*) Dr ing. Rudolf Ahčan, profesor Fakulteta za naravoslovje in tehnologijo, Ljubljana.



# Kako proračunati odvođenje atmosferskih voda sa površinskih otkopa

(sa 9 slika)

Dipl. ing. Dragoljub Mitrović

## Uvod

Nagli razvitak velikih površinskih otkopa uglja u našoj zemlji i sve veći njihov značaj za proizvodnju električne energije, nametnuo je potrebu za sistematskim proučavanjem svih tehničkih problema, koji prate masovnu proizvodnju uglja. Jedan od njih je površinsko odvodnjavanje, kome se na našim otkopima nije uvek poklanjala odgovarajuća pažnja. Različiti su uzroci ovakvog stanja, ali je to u prvom redu posledica nepostojanja jedne opšte prihvaćene metodologije proračuna količina vode, koje treba odvesti sa jednog površinskog otkopa. U ovom članku pokušaćemo da sistematizujemo poznate principe hidrologije, inostranu i domaću praksu na odvodnjavanju površinskih voda, koje u obliku kiša padnu na branjeno područje površinskog otkopa. U toj sistematizaciji rukovodićemo se sopstvenim kriterijumima i sopstvenim iskustvima, koji su stečeni u praksi i radovima studijsko-projektantskog karaktera u Rudarskom institutu — Beograd.

## Osnovi za proračunavanje odvodnjavanja

Osnovna ideja koju treba prihvatiti, kada se govori o odvodnjavanju površinskih otkopa, je da vodu sa površinskog otkopa kanalima treba odvesti a ne odvoditi,

Zbog ovoga, za proračun merodavnih količina površinskih voda od značaja su najveće padavine u jedinici vremena — intenzitet kiše, a takođe i vreme trajanja tih padavina.

Pluviografska osmatranja pokazala su da intenzitet kiše opada sa vremenom njenog trajanja i da se kiše većeg intenziteta pojavljuju u ređim vremenskim intervalima. Grafički prikaz odnosa intenziteta kiše i vremena njenog trajanja prikazan je, na primer, za područje Beograda na slici 1, a broječni podaci dati su u tablici 1.

Za proračun količina vode značajna je i učestalost pojavljivanja kiše određenog intenziteta. Kiše, čiji je intenzitet veliki, ređe su od kiša, koje češće padaju. Zavisnost učestalosti od intenziteta, za isto posmatrano područje, dato je na slici 2.

Pri proračunu pumpnih postrojenja za odvodnjavanje vode, koja ne može gravitacijom da oteče izvan branjenog područja, potrebno je poznavati i količinu padavina u nekom vremenskom intervalu. Kiše koje dugo traju, daju uvek veće količine vodenog taloga, iako im je intenzitet manji od kiša koje traju kratko vreme. Vremenska zavisnost količine padavina od vremena, za kišu, koja se javi jedanput u sto godina u Beogradu, prikazana je na slici 3.

Pomenuta tri dijagrama potpuno su dovoljna za određivanje svih podataka potreb-

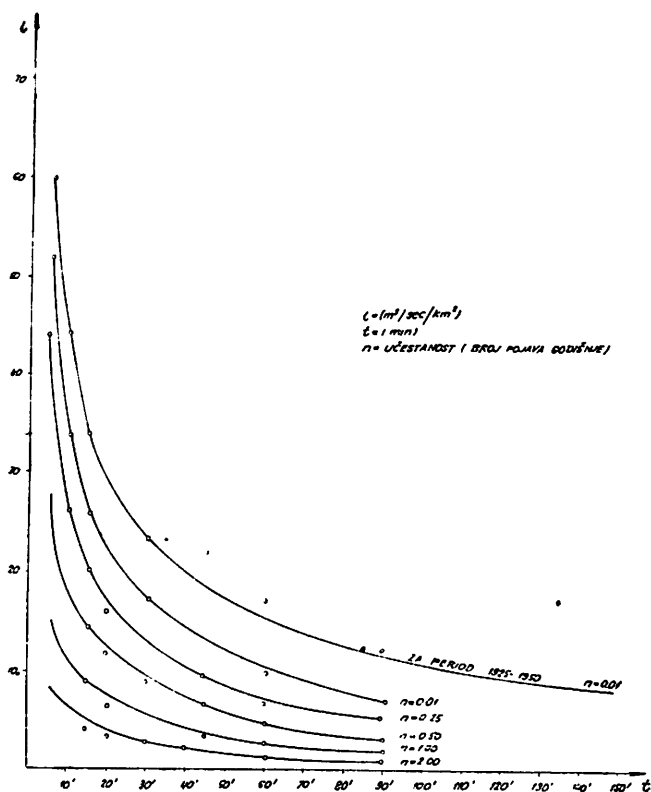
nih za izračunavanje elemenata odvođenja površinskih voda sa jednog površinskog otkopa.

Za tehničko rešenje odvodnjavanja jedini podatak, koji se mora, unapred odrediti, je učestalost padavina. Kiše, koje se često pojavljuju, na primer dva ili četiri puta godišnje, imaju manji intenzitet od kiša, koje se pojavljuju jedanput u 10 ili 100 godina (učestalost 0,1 i 0,01, prikazana na sl. 1). Postavlja se pitanje koju kišu, odnosno koji intenzitet usvojiti za računanje parametara odvodnjavanja jednog površinskog otkopa?

Za pravilnu ocenu učestalosti padavina, na osnovu kojih treba računati elemente od-

vodnjavanja, potrebno je poći od vremena trajanja pojedinih kanala, tj. od vremena, u kome kanal treba da prihvati najveću računsku vodu. Etažni kanali, koji traju srazmerno malo, računaju se na osnovu kiše, koja se pojavi jedanput svake godine do jedanput u pet godina. Izbor učestalosti treba izvršiti uzimajući u obzir stvarno vreme trajanja etaža odnosno pojedinih kanala na etažama.

Obodni kanali, koji štite čitav površinski otkop ili pojedina spoljna odlagališta, računaju se prema značaju površinskog otkopa za nacionalnu ekonomiku. Ovakvi objekti su uvek od prvorazrednog značaja, te valja usvojiti padavine, koje se veoma ret-



Sl. 1 — Nizovi kiša određene učestalosti.

Fig. 1 — Rain series of determined frequency.

Tablica 1

Intenzitet $\text{m}^3/\text{sek}/\text{km}^2$	V r e m e																
	5'	6'	7'	8'	9'	10'	11'	12'	13'	14'	15'	20'	30'	45'	50'	60'	150'
za $n = 0,01$	60	56	52	48	46	44	41	39	37	36	34	27	23	22	17	12	8
za $n = 0,1$	52	48	45	42	38	34	33	32	30	28	26	22	18		10		4
za $n = 1,0$	14		13		12	11		10				9	7	6	4	3	2

ko pojavljuju. To treba da budu kiše, koje se jave jedanput u 100 godina, čime se postiže visoka sigurnost proizvodnje na površinskom otkopu.

U hidrotehničkoj praksi, obično se u račun uvode ulaganja za hidrotehničke objekte s jedne strane, i štete koje mogu da nastanu zbog katastrofalnih padavina s druge strane, pa se na osnovu toga traži optimalna učestalost padavina. Za velike površinske otkope to nije neophodno, s obzirom da samo jedan bager danas košta i do 20,000.000 ND, ne računajući opremu i druga ulaganja vezana za njega kao osnovnu proizvodnu jedinicu. Ukupna sredstva za izgradnju odgovarajućeg dela obodnih kanala ne prelaze jedan dvadeseti deo vrednosti opreme, što je dovoljan podatak da ukaže na potrebu usvajanja velikih koeficijenata sigurnosti kod rešavanja površinskog odvodnjavanja.

### Proračunavanje kanala za odvodnjavanje

Prethodna razmatranja poslužila su da se utvrde količine padavina na branjeno područje. Međutim, za proračun kanala važno je znati količinu vode, koja treba da otiče tim kanalima. Te količine zavise od više faktora. One u prvom redu zavise od konfiguracije terena (tlo ravno ili nagnuto), zatim od vodopropusnosti i zasićenosti tla vodom. Količine vode, koje otiču kanalima, zavise i od toga da li je tlo obrađeno ili ne, obraslo ili je golo itd. Od velikog uticaja je i veličina slivnih površina. Ako je slivna površina mala, veći deo kiše će dospeti u odvodni kanal, na primer u jesen i proleće kada je tlo natopljeno, nego u sušnim periodima.

Radi velike raznolikosti pomenutih uticaja, nije moguće tačno odrediti deo padavina koji otiče u vodotok, već se on približno računa uzimajući pri tome u obzir sve okolnosti koje mogu biti od uticaja. Za takva računanja postoji više usvojenih metoda, među kojima je najčešće primenjena ona, kod koje se količina vode, koja otiče sa jednog sliva, izračunava po obrascu:

$$Q = i \alpha F \quad (1)$$

gde su:

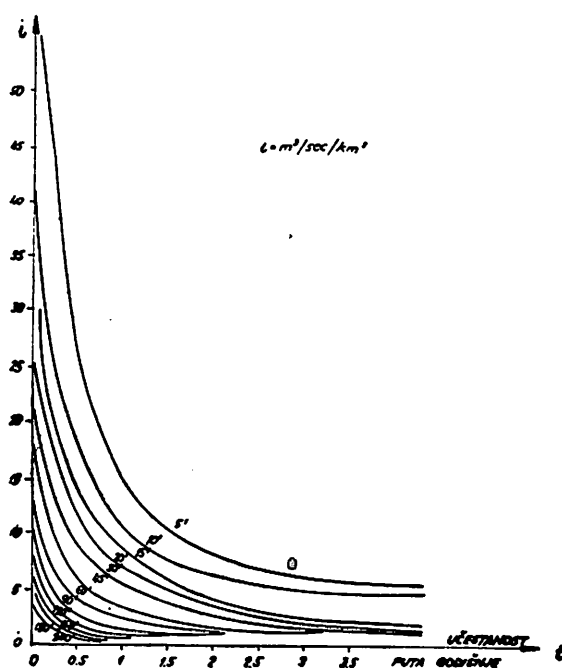
Q — protok vode na posmatranom profilu, m<sup>3</sup>/sek

i — intenzitet kiše u m<sup>3</sup>/sek/km<sup>2</sup>\*)

$\alpha$  — koeficijent oticanja

F — površina sliva uzvodno od posmatranog profila u km<sup>2</sup>.

Najvažniji element je svakako intenzitet kiše, koji zavisi od trajanja i verovatnoće njene pojave. Poznato je da se maksimalni protok od kiše ( $Q_{max} = i \alpha F$ ) može javiti pod uslovom da je trajanje kiše ( $t_k$ ) intenziteta  $i = \text{const.}$  veće ili jednako vremenu koncentracije ( $t_o$ ). (Vreme koncentracije je vreme koje je potrebno da kišna kapljica sa najuzvodnije tačke sliva dospe do posma-



Sl. 2 — Intenzitet i učestalost godišnjeg javljanja kiša.  
Fig 2 — Intensity and frequency of yearly notated rains.

tranog profila.) Kraće trajanje kiše istog intenziteta ne može da izazove  $Q_{max}$  zato što u momentu prestanka više ne učestvuje cela površina sliva u obrazovanju oticaja. Drugim rečima, dok kapljice koje su pale na kraju kiše na najuzvodnijem delu sliva stignu do izlaznog profila, dotle su kapljice bliže izlaznom profilu (koje su takođe pale na kraju kiše) već prošle kroz izlazni profil, tako, da sa površine bliske izlaznom profilu

\*) Intenzitet kiše obično je u dokumentaciji hidrometeoroloških službi dat u l/sek/ha. U tehnici površinskih otkopa, s obzirom na ustaljenu terminologiju i prihvaćene jedinice, ovaj podatak treba izraziti u m<sup>3</sup>/sek/km<sup>2</sup>.

više nema oticaja. U specijalnim uslovima moguće je da i kiša kraćeg trajanja ( $t_k < t_0$ ), ali zato znatno većeg intenziteta, prouzrokuje protok  $Q > Q_{max}$ , bez obzira na to što ukupna slivna površina nije uzela učešća u stvaranju oticaja (povećani intenzitet nadoknađuje taj manjak). U nemačkoj praksi objekti odvodnjavanja se dimenzionišu prema padavinama čiji je intenzitet veći od

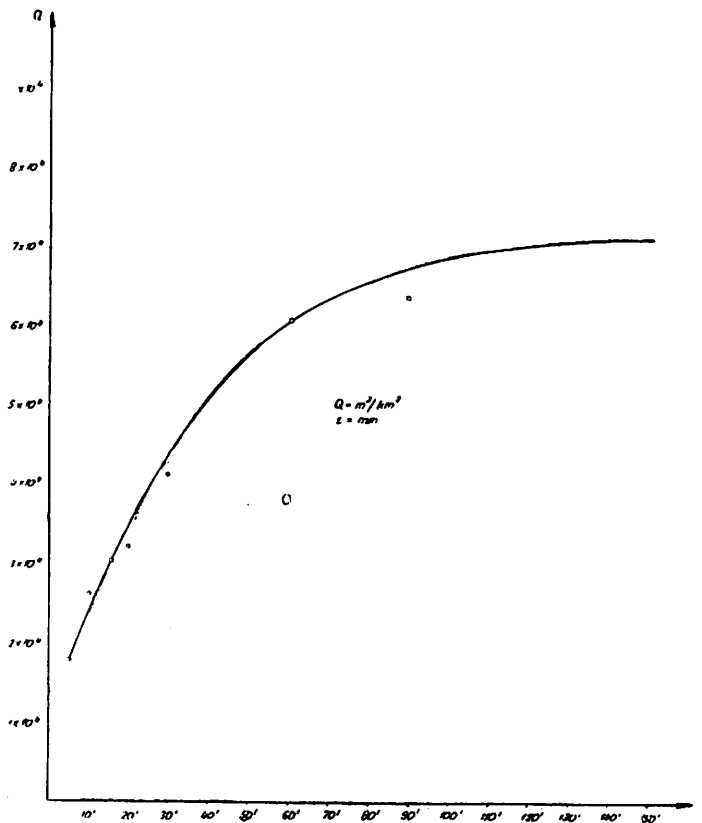
$$h = \sqrt{5t - (t/24)^2} \text{ mm/sek, m}^3/\text{sek/km}^2 \quad (2)$$

Za prilike na jednom našem površinskom otkopu\*) izrađena je slika 4, iz koje se vi-

i kada je koeficijent oticanja znatno manji nego u većem delu godine.

Kod usvajanja brojčanih veličina pojedinih elemenata, polazi se od toga da kanale treba proračunati za najveći intenzitet, uzimajući u obzir vreme koncentracije. Najveća koncentracija vode nastaje ako se usvoji intenzitet kiše čije je trajanje ravno vremenu za koje kapljica vode dospe do posmatranog profila. Prema ovome, intenzitet će biti različit za pojedine slivove i za svaki od njih treba ga posebno računati.

Maksimalna koncentracija vode nastaje za posmatrani proticajni profil kanala, ako



Sl. 3 — Ukupna količina padavina u zavisnosti od trajanja kiše (područje Beograda  $n=0,1$ ).

Fig. 3 — Total rainfall quantity in dependence on rainfall duration (the Beograd district  $n=0,1$ ).

di, da kiše, koje traju manje od 16 minuta, ne treba uzeti u obzir za dimenzionisanje kanala na etažama. To je sasvim opravdano, ako se ima u vidu da se kiše, koje traju manje od 16 minuta, javljaju izolovano leti, kada su odvodni kanali prazni

\*) Polje D — Rudarski basen Kolubara.

se za proračun usvoji kiša najvećeg intenziteta za vreme trajanja:

$$t = \frac{1}{v} \text{ (min)} \quad (3)$$

gde je:

- 1 — dužina vodenog toka od vododelnice do posmatranog profila, m
- v — prosečna brzina slivanja vode, m/min

Kod izračunavanja vremena koncentracije brzina slivanja u m/sek dobija se iz tablice 2.

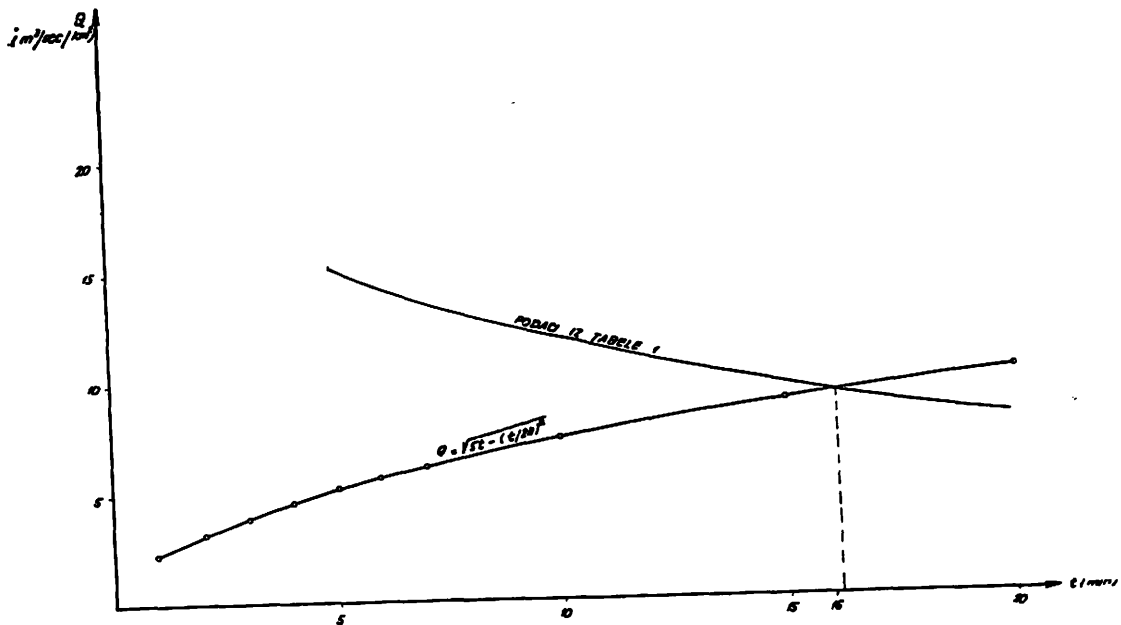
Koeficijenti oticanja  $a$  u zavisnosti od nagiba i vrste zemljišta, uneti su u tablicu 3 i odnose se na tlo koje okružuje otvoreni površinski otkop.

je oticaj u  $m^3/sek$  ravan proticaju vode u profilu koji se nalazi u posmatranoj tački.

Kod analize prethodne metodologije može se zapaziti da u obračun ne ulazi faktor koji zavisi od isparavanja. Uopšte uzev, isparavanje koje se dešava za vreme kratkotrajnih pljuskova malo je i može se zanemariti.

#### Proračunavanje pumpi za odvodnjavanje i sabirnika vode

Skoro u većini slučajeva, voda koja pada ne na površinski otkop, ne može se odvesti



Sl. 4 — Najmanje vreme za određivanje računskih padavina.

Fig. 4 — The shortest time for calculative rainfall determination.

Ako se uzmu u obzir posebni uslovi na površinskim otkopima lignita, onda koeficijent oticanja ima vrednosti navedene u tablici 4.

Prema formuli (1) izračunava se, na osnovu iznetih podataka, oticaj vode kao posledica najvećeg intenziteta kiše za usvojenu učestalost. Pošto je oticaj sa posmatranog područja fiksiran za određenu tačku jednog kanala, jer je uzeta u obzir dužina slivnog područja i vreme koncentracije, to

gravitacijom. To po pravilu nije moguće sa dela otkopa, koji se nalazi ispod kote useka otvaranja. Takva voda mora da se pumpa jednom ili više pumpi, što u prvom redu zavisi od količine padavina. Za razliku od računanja oticaja obodnim kanalima, količine vode, koje se moraju pumpati, mogu da se računaju na više načina. Metod koji će se koristiti za utvrđivanje količina vode za pumpanje, zavisi uglavnom od rasporeda etaža, pada i moćnosti sloja, tehnologije dobijanja i sl.

Tablica 2

Vrsta	U n a g i b u						
	0-4%	4-8%	8-12%	12-15%	15-20%	20-25%	25-30%
Šuma	0,30	0,60	0,90	1,05	1,20	1,35	1,50
Pašnjak	0,45	0,90	1,20	1,35	1,50	1,65	1,80
Oranica	0,60	1,20	1,30	1,50	1,60	1,80	1,95
Kaldrma	1,50	3,60	4,65	5,40	—	—	—
Jaruge	0,30	0,90	1,50	2,40	—	—	—

Tablica 3

Za zemljište	U n a g i b u			
	1-5%	5-10%	10-30%	30-40%
Pod šumom	0,2	0,2	0,2	0,8
Pašnjaci	0,3	0,35	0,4	0,6
Oranice	0,5	0,6	0,7	1,0

Tablica 4

Vrsta tla	U n a g i b u		
	2-5%	5-10%	10%
Pesak i šljunak	0,1	0,15	0,2
Peskovita glina i glina	0,3-0,5	0,35-0,55	0,35-0,6
Ugalj	0,2-0,4	0,25-0,45	0,25-0,45
Odlagališta	0,1-0,3	0,15-0,35	0,2-0,35

Tablica 5

Trajanje jake kiše	Količina padavina ( $Q_s$ ) u $m^3/km^2$ za različite učestalosti				
	10 god. (n=0,1)	2 god. (n=0,5)	1 god. (n=1)	6 mes. (n=2)	3 mes. (n=4)
30'	38.000	16.000	10.000	5.000	2.200
1 h	48.000	16.000	10.000	5.000	3.000**)
4 h	70.000	10.000	—	—	—
24 h*)	100.000	—	—	—	—

\*) Računato sa najvećim izmerenim dnevnim padavinama od 104 mm, što odgovara količini od 104.000  $m^3/km^2$ .

\*\*\*) Ocenjeno iz dijagrama.

U najvećem broju slučajeva, postoji mogućnost da se na najnižoj tački otkopa, tj. na podini uglja, akumulira jedna određena količina vode koja ne ugrožava tehnološki proces ili stabilnost etaža i unutrašnjih odlagališta\*).

Na pogodnom mestu izrađuje se vodosabirnik sa pumpnom stanicom, koja može biti stabilna ili pokretna. Instalirane pumpe pumpaju vodu ne samo za vreme dok padavine traju, već i po njihovom prestanku. Na ovaj način postiže se da se malim instaliranim kapacitetima pumpi mogu ispumpati srazmerno velike količine vode.

Određivanje kapaciteta pumpi zavisi od najvećih količina vode i veličine akumulacije, koja se može napuniti vodom bez negativnih posledica po otkop.

Merodavne padavine, na osnovu kojih treba dimenzionisati pumpe, izračunavaju se na taj način što se iz dijagrama 1 i 2 utvrde padavine za različite učestalosti i različita vremena trajanja kiše. Za rudarski basen Kolubaru količine padavina u  $m^3/km^2$  prikazane su u tablici 5.

Na osnovu podataka tablice 5 i dijagrama na sl. 1 i 2, izrađen je dijagram na sl. 5 na kome je utvrđen, za kiše sa  $n=0,1$ , približan trend porasta padavina kao funkcija *i i t*.

Za dimenzionisanje pumpi nije potrebno uzimati u račun kiše koje se javle jedanput u 100 godina. To bi bila prevelika sigurnost s obzirom da se front otkopavanja uglja kreće i da je prostor, koji se bez velikih šteta može potopiti, obično veliki. Kako otvoreni prostor, koji nastaje otkopavanjem uglja, ne menja svoju lokaciju tako često kao etaže na otkrivci, to bi kiše koje se sigurno javljaju jedanput godišnje dale pre više malu sigurnost. Zbog iznetog, za dimenzionisanje pumpnih postrojenja treba uzeti u račun padavine, koje se javle jedanput u 10 godina.

\*) Takav prostor nazivaće se u daljem izlaganju akumulacija.

Za rudarski basen Kolubaru (za kiše, koje padnu jedanput u 10 godina i za slivno područje veličine 0,18 km<sup>2</sup>) izračunate su padavine, koje se sliju u otvoreni prostor površinskog otkopa, kod koeficijenta  $\alpha=0,8$ .

Te količine u zavisnosti od trajanja kiše, što znači i od intenziteta padavina, izračunate su na osnovu dijagrama na sl. 5 i date u tablici 6.

Na osnovu podataka iz tablice 6 treba doneti odluku o vremenu akumuliranja vode i kapacitetu pumpnog postrojenja. Vreme, za koje se može potopiti najniži horizont kopa, određuje se tako, da voda ostane uvek ispod određene kote. Na taj način utvrđuje se zapremina područja, koje se može potopiti bez negativnih posledica.

Na osnovu podataka iz tablice 6, usvojene zapremine akumulacije, utvrđuje se grafička zavisnost svih pomenutih veličina. Za posmatrani otkop rudarskog basena Kolubara ( $F=0,18$  km<sup>2</sup>,  $\alpha=0,8$  i  $n=0,1$ ) nacrtni su i dijagrami 6 i 7, jedan u koordinatnom sistemu sa linearnom, a drugi u sistemu sa logaritamskom apscisom. U oba dijagrama ucrtani su različiti kapaciteti vodosabirnika od 6, 8 i 10 hiljada kubnih metara ( $Q_3$ ). U apscisama tačaka, u kojima se seku krive  $Q_3$  i  $Q_2$  nalazi se vreme koje određuje kapacitet pumpnog postrojenja. U jednom slučaju vodosabirnik će se napuniti za 36 minuta, u drugom za 90, a kod zapremine od 10.000 m<sup>3</sup> za 3 h 30'. Sve padavine, koje traju manje od pomenutog vremena mogu se akumulirati, jer je njihova ukupna količina manja od kapaciteta područja, koje se može potopiti. Tek kiša, čije je trajanje veće, donosi vodu, koja se mora pumpati, pošto je za to vreme vodosabirnik već napunjen.

Dosadašnja razmatranja imala su za cilj da odrede tehničke parametre, koji će služiti za dimenzionisanje kapaciteta pumpnog postrojenja. Sam kapacitet određuje uslov da pumpe otpočinju rad u trenutku kada kiša počinje da pada, tako da na kraju kiše

Tablica 6

Trajanje padavina	Količina vode koja se slije u otkop (m <sup>3</sup> )
5'	2.300
10'	3.200
15'	3.900
20'	4.300
30'	5.500
1 h	6.900
8 h	11.500
15 h	13.000
24 h	14.400

vodosabirnik bude pun. Količina vode koju pumpe ispumpaju iznosi:

$$Q_1 = q t_1 \quad (4)$$

gde je:

$q$  — kapacitet pumpi u m<sup>3</sup>/h

$t_1$  — vreme pumpanja u h

Ukupne količine padavina, koje se sliju u prostor predviđen da se bez opasnosti može potopiti (akumulacija), iznose:

$$Q_2 = i \alpha t_2 F \quad (5)$$

gde je:

$i$  — intenzitet kiše u m<sup>3</sup>/sek/km<sup>2</sup>

$\alpha$  — koeficijent oticanja

$t_2$  — trajanje padavina u sek

$F$  — površine slivnog područja u km<sup>2</sup>

$Q_2$  se nalazi na dijagramu 6 i 7 izračunato po formuli 5, te ga nije potrebno ponovo računati.

Odnos između  $Q_1$  i  $Q_2$  treba da je takav da u akumulaciji ne bude ni u jednom trenutku više vode od njegovog kapaciteta  $Q_3$ :

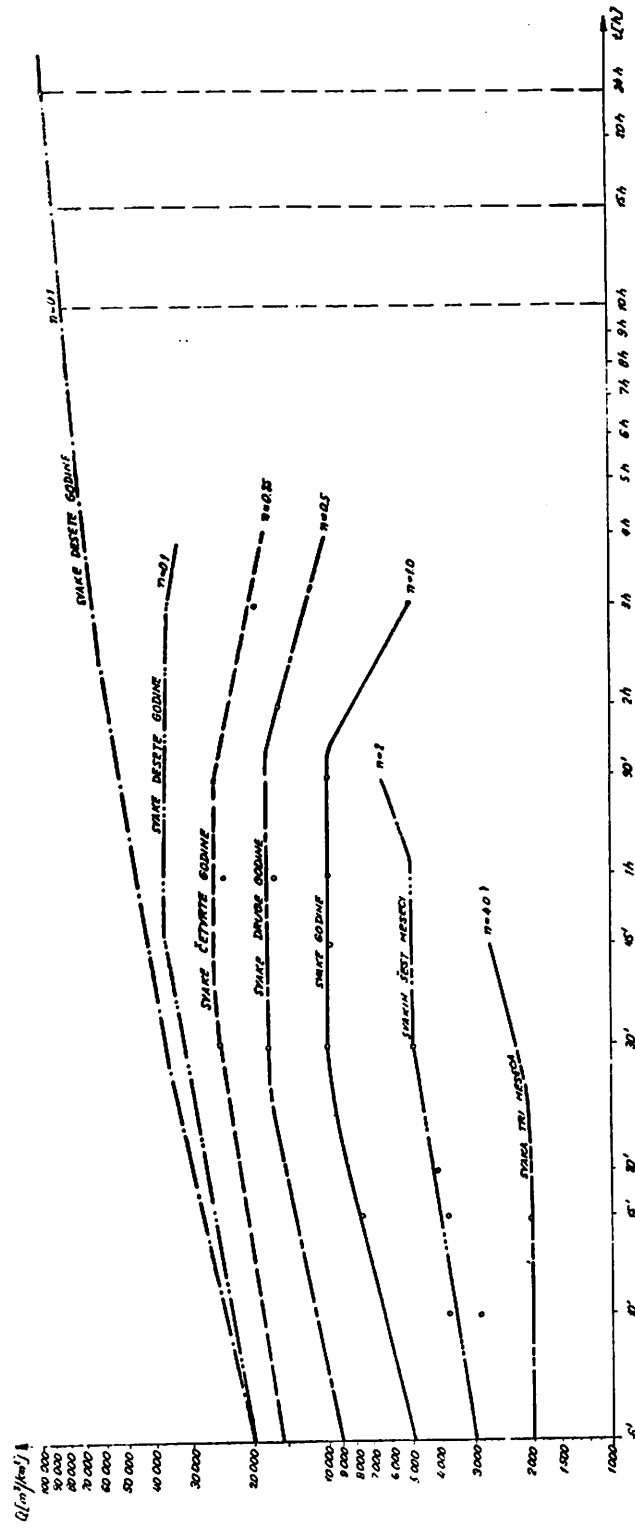
$$Q_3 \geq Q_2 - Q_1 \quad (6)$$

$$Q_3 \geq Q_2 - q t_1$$

$$q \geq \frac{Q_2 - Q_3}{t_1}$$

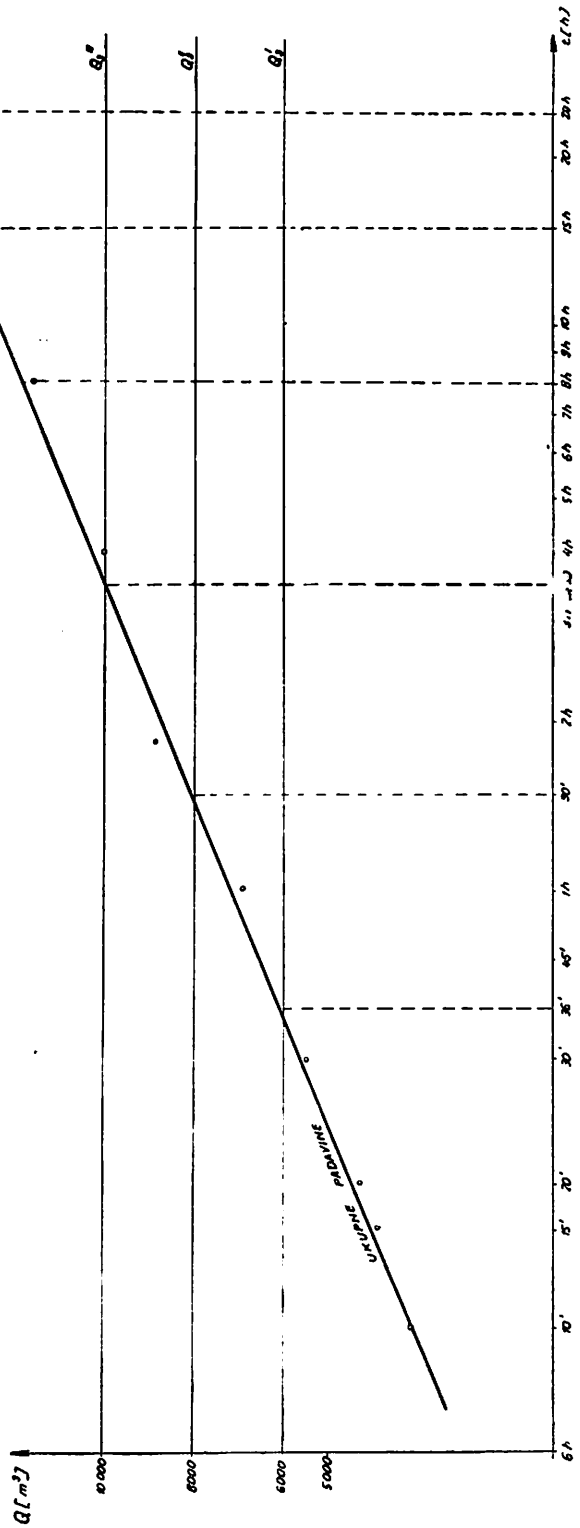
Pošto je  $t_1 = t_2 = t$

$$q = \frac{Q_2 - Q_3}{t} \quad (7)$$



Sl. 5 — Ukupne količine padavina u zavisnosti od vremena trajanja odnosno intenziteta kiše za polje »D« — Rudarski basen Kolubara.  
 Fig. 5 — Total rainfall quantity in dependence on rainfall duration, respectively on rain intensity at the mining field »D« in Mining Basin Kolubara.





Sl. 6 — Ukupne padavine u zavisnosti od trajanja odnosno intenziteta kiše koja se pojavi jedanput u 10 godina za polje »D« — Rudarski basen Kolubara (F = 0,18 km² i  $\alpha = 0,8$ ). Apscisa u logaritamskoj podjeli.

Fig. 6 — Total rainfall quantity in dependence on rainfall duration, respectively on rain intensity which appears one time in ten years on the field »D« in Mining Basin Kolubara (F = 0.18 sq. km and  $\alpha = 0.8$ ). The abscissa is put in logarithmic division.

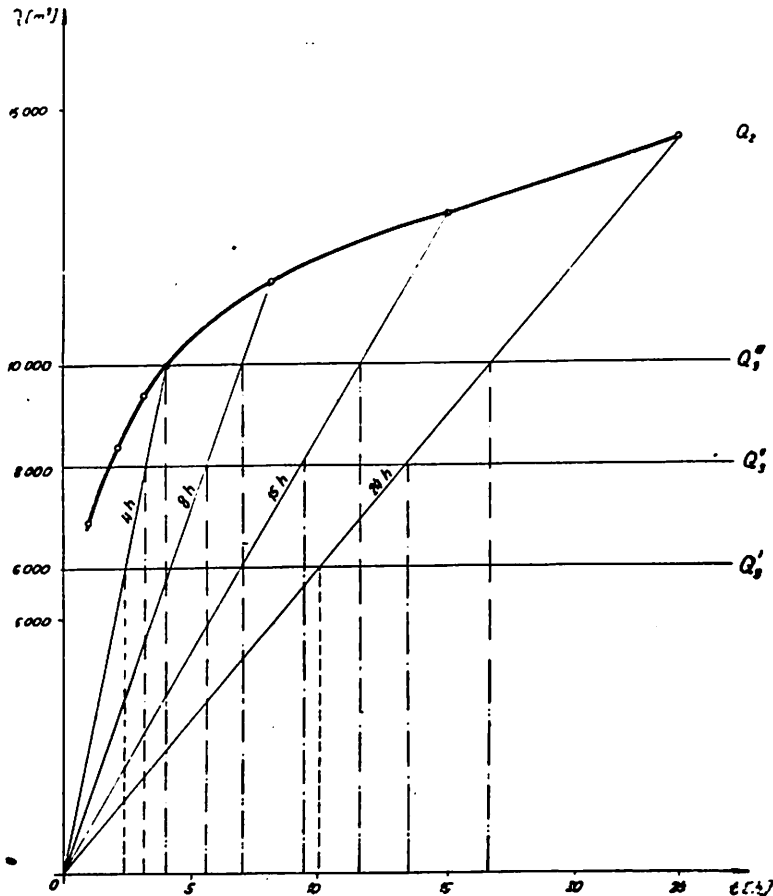
Da bi se u akumulaciji nakupile dovoljne količine vode neophodne za rad pumpi, uvodi se u jednačinu o vreme  $t_0$ . Smanjenje vremena  $t$  je potrebno i radi vremena koje protekne od trenutka kada kiša počne da pada pa do puštanja pumpi u rad. Imenitelj jednačine 7 ima prema tome vrednost  $t - t_0$ .

Već je ranije utvrđeno da se vode od kiša koje traju manje od 16 minuta ne uzi-

Sa ovako utvrđenim korekcijama, jednačina 7 dobija konačan oblik:

$$q = \frac{Q_2 - \frac{Q_2}{4t} - Q_3}{t - t_0}$$

$$q = \frac{Q_2 \left(1 - \frac{1}{4t}\right) - Q_3}{t - t_0} \quad (8)$$



Sl. 7 — Ukupne padavine u zavisnosti od trajanja odnosno intenziteta kiše koja se pojavljuje jedanput u 10 godina za polje »D« — Rudarski basen Kolubara ( $F = 0,18$  km,  $\alpha = 0,8$ ). Apscisa linearno podeljena.

Fig. 7 — Total rainfall quantity in dependence on rainfall duration, respectively on rain intensity which appears one time in ten years on the field »D« in Mining Basin Kolubara ( $F = 0.18$  sq. km. and  $\alpha = 0.8$ ). The abscissa is put in linear division.

maju u račun pri računu odvodnjavanja. Te vode upije tlo ili se ispare. Zbog toga se  $Q_2$  umanjuje za vrednost

$$\frac{Q_2}{4t}$$

Pri ovom se računa da period za koji se vode ne uzimaju u obzir, iznosi 15 minuta (1/4 časa).

Vrednost za  $t_0$  treba odrediti u zavisnosti od odnosa veličina slivnog područja i prostora, koji se može napuniti vodom. Što je veća akumulacija a manje slivno područje, to  $t_0$  treba da bude veće i obratno. Pri ovom ne treba zanemariti i organizacione okolnosti vezane za način napuštanja

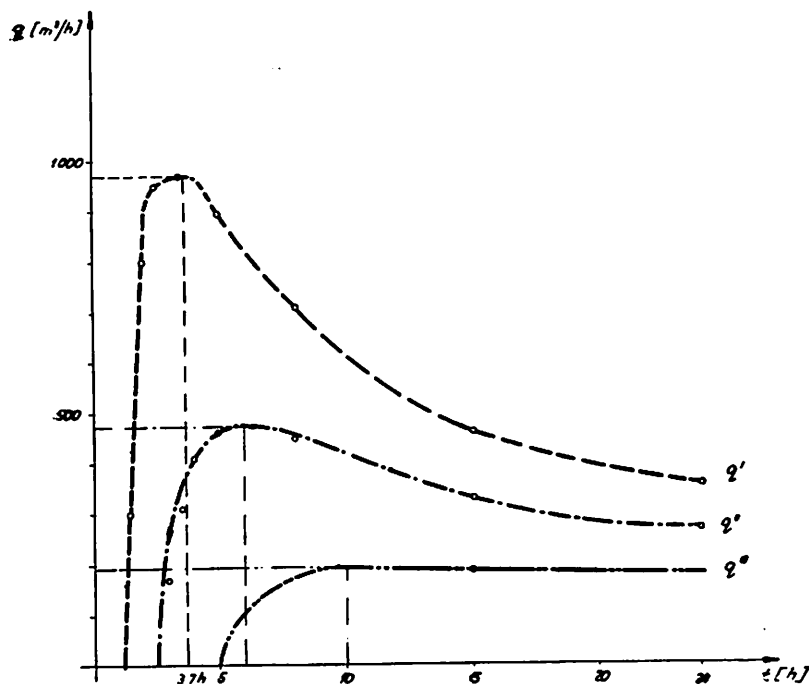
motora i sl. U svakom slučaju to vreme treba da se kreće u intervalu od 30—45 minuta\*).

Kriva  $q$  izražena jednačinom 8 funkcije od  $i$  i od  $t$  ( $Q_s = \text{const.}$ ), pri čemu treba imati u vidu da je  $i$  funkcija od  $t$ . Gra-

\*) Kiša koja traje manje od 15' ne uzima se u obzir, jer sva voda ispari ili je tlo upije.

fička zavisnost  $q$  i  $t$  prikazana je na dijagramu 8 za sva tri vodosabirnika. Grafik funkcije  $q$  ucrtan je na osnovu elemenata iz tablica 7, 8 i 9.

Maksimumi funkcije  $q$  određuju kapacitet pumpnog postrojenja. Te vrednosti prikazane su u tablici 10.



Sl. 8 — Zavisnost kapaciteta pumpnog postrojenja od veličine prostora koji se može napuniti vodom (akumulacije).

Fig. 8 — Dependence of pump station capacity on the size of volume intended for water accumulation.

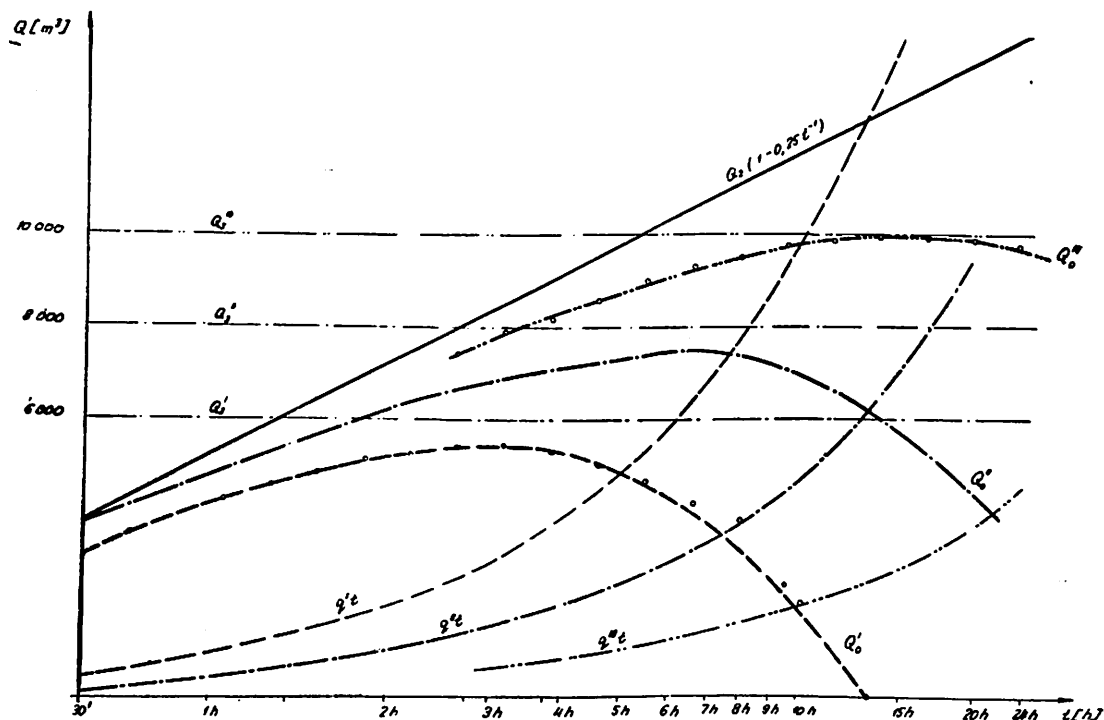
Akumulacija  $Q_s = 6000$

Tablica 7

	1 h	1,5 h	2 h	2,5 h	3 h	3,5 h	4 h	5 h	8 h	15 h	24 h
$Q_2$	6.900	7.600	8.200	8.800	9.200	9.600	10.000	10.500	11.600	13.000	14.400
$1-0,25 t^{-1}$	0,75	0,83	0,88	0,9	0,92	0,93	0,94	0,95	0,97	0,98	0,99
$Q_2(1-0,25 t^{-1})$	5.200	6.300	7.200	7.900	8.400	8.900	9.400	10.000	11.300	12.700	14.300
$Q_s$	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000
$Q_2(1-0,25 t^{-1})-Q_s$	—	300	1.200	1.900	2.400	2.900	3.400	4.000	5.300	6.700	8.300
$t$	—	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5	8	15	24
$t_0$	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
$t-t_0$	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,5	7,5	14,5	23,5
$q$	—	300	800	950	960	970	970	890	710	460	350

Podaci iz tablice 10 ukazuju od kakvog je značaja veličina prostora površinskog kopa koji se može potopiti bez opasnosti za tehnološki proces. Pogodnim izborom tog prostora određuje se instalisani kapacitet pumpnog postrojenja.

Utvrđeni kapacitet pumpi po formuli 8, odnosno iz dijagrama 8, ucrtan je u dijagram 9 kao funkcija od  $t$  (kriva  $qt$ ), čime se kontroliše tačnost računa. Grafičkim oduzimanjem  $qt$  od  $Q_2 (1 - 0,25 t^{-1})$  dobijaju se krive  $Q_0$ , koje označavaju količinu vode



Sl. 9 — Količine vode u akumulaciji ( $Q_0$ ) u zavisnosti od vremena pumpanja.

Fig 9 — Quantity of accumulated water ( $Q_0$ ) versus pumping time.

Akumulacija  $Q_3 = 8.000 \text{ m}^3$

Tablica 8

	1 h	1,5 h	2 h	2,5 h	3 h	3,5 h	4 h	5 h	8 h	15 h	24 h
$Q_2$	6.900	7.600	8.200	8.800	9.200	9.600	10.000	10.500	11.600	13.000	14.400
$1 - 0,25 t^{-1}$	0,75	0,83	0,88	0,9	0,92	0,93	0,94	0,95	0,97	0,98	0,99
$Q_2(1 - 0,25 t^{-1})$	5.200	6.300	7.200	7.900	8.400	8.900	9.400	10.000	11.300	12.700	14.300
$Q_3$	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
$Q_2(1 - 0,25 t^{-1}) - Q_3$	—	—	—	—	400	900	1.400	2.000	3.300	4.700	6.300
$t$	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5	8	15	24
$t_0$	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
$t - t_0$	0,4	0,9	1,4	1,9	2,4	2,9	3,4	4,4	7,4	14,4	23,4
$q$	—	—	—	—	170	310	410	460	450	330	270

	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	10 h	15 h	18 h	24 h
$Q_2$	8.200	9.200	10.000	10.500	10.900	11.300	11.600	12.100	13.000	13.400	14.400
$1-0,25 \text{ t}^{-1}$	0,88	0,92	0,94	0,95	0,96	0,965	0,97	0,975	0,98	0,985	0,99
$Q_2(1-0,25 \text{ t}^{-1})$	7.200	8.400	9.400	10.000	10.500	10.900	11.300	11.800	12.700	13.200	14.300
$Q_3$	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000
$Q_2(1-0,25 \text{ t}^{-1})-Q_3$	—	—	—	—	500	900	1.300	1.800	2.700	3.200	4.300
$t$	—	—	—	—	6	7	8	10	15	18	24
$t_0$	—	—	—	—	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
$t-t_0$	—	—	—	—	5,3	6,3	7,3	9,3	14,3	17,3	23,7
$q$	—	—	—	—	95	143	178	195	189	185	185

u vodosabirniku u funkciji vremena. Ako kriva  $Q_0$  ne seče pravu  $Q_2 (1-0,25 \text{ t}^{-1})$  pumpa je dobro izabrana, jer je

$$Q_3 > Q_2 (1 - 0,25 \text{ t}^{-1})$$

Apscisa tačke, u kojoj je kriva  $Q_0$  tangenta krive  $Q_3$ , je upravo vreme koje određuje padavine za proračun kapaciteta pumpnog postrojenja.

Tablica 10

$Q_3$	$q$
6.000 $\text{m}^3$	970 $\text{m}^3/\text{h}$ zaokruženo 1000 $\text{m}^3/\text{h}$
8.000 $\text{m}^3$	470 $\text{m}^3/\text{h}$ „ 500 $\text{m}^3/\text{h}$
10.000 $\text{m}^3$	190 $\text{m}^3/\text{h}$ „ 200 $\text{m}^3/\text{h}$

## SUMMARY

## How is the Atmospheric Water Drainage from Open Pits to be Calculated

D. Mitrović, min. eng.\*)

The quantity of water which has to be drained from open pits depends upon the rainfall intensity. The time determining the extreme intensity is different in the individual regions and depends upon the climatic circumstances. The rain which lasted less than 15 minutes may not serve the dimension determination of drainage channels and of pump plants.

The frequency of rain which can be used in dewatering parameter calculations depends upon the significance of removal of earth face and upon the sort of drainage object. The edge channels are calculated on the rain base which can fall one time in hundred years, the bench channels on the base of rain having the frequency 1 or 0,2, where as the pump stations have to be calculated according to the rainfall which occurs one time in ten years.

\*) Dipl. ing. Dragoljub Mitrović, viši stručni saradnik Zavoda za eksploataciju mineralnih sirovina u Rudarskom institutu, Beograd.

The pump station capacity depends upon the total rain quantity and upon the area which can be overflowed but without a damage in earth removal. The larger area is the condition for smaller pumps and the inverse significance is valid too. In the article there is shown the system of such a calculation together with the necessary diagrams and tables.

#### Literatura

- Božinović, M., 1964: Zaštita površinskog kopa »Belačevac« — Kosovski rudnici lignita, od atmosfere vode (stručni rad u Institutu za vodoprivredu »Jaroslav Černi«).
- Kujundžić B., 1965: Građevinski priručnik. — Tehnička knjiga.
- Mitrović D., 1966: Odbrana površinskog otkopa polja »D« — Rudarski basen Kolubara, od površinskih voda (stručni rad u Rudarskom institutu — Beograd).
- Milosavljević K., 1952: Intenzitet pljuskova u Beogradu, Vrnjačkoj Banji i Priplepu. — SAN knjiga CXCIV, Beograd.
- Weigelt H., Pommerenke, I., 1966: Bemessung der Oberflächenentwässerung und des erforderlichen Stauraums bei Starkregen und damit zusammenhängende Fragen der Regenfestmachung in Braunkohlentagebauen. — Bergbautechnik 19, str. 488—593.



## Eksploatacija rude metala u Bugarskoj

Dipl. ing. Dimitrije Dimović

Pre drugog svetskog rata u Bugarskoj praktično nije ni postojala rudarska industrija. Nekoliko privatnih preduzeća sa stranim kapitalom proizvodilo je rudu gvožđa i obojenih metala, pirit i rude koje sadrže zlato.

Danas, u Bugarskoj, samo za 17 dana proizvodnja rude iznosi toliko, koliko je iznosila u celoj 1939. godini. Neposredno posle 1947. godine, sprovedena su obimna geološka istraživanja, prvo na područjima gde su već postojali rudarski radovi, a kasnije i u ostalim područjima koja su bogata rudom. Pronađena ležišta omogućila su proširenje postojećih rudarskih preduzeća kao i izgradnju novih.

Investicije za razvoj rudarske industrije porasle su za crnu metalurgiju od 1952. do 1963. godine od 3,1 na 296 miliona leva, a za obojenu metalurgiju od 52,2 na 422 miliona leva.

Udeo crne metalurgije u produkciji celokupne industrije porastao je u ovom periodu od 0,3—4,5%, a industrija obojenih metala od 5—9,9%. Na taj način u 1963. godini udeo crne i obojene metalurgije u celokupnoj industrijskoj proizvodnji u Bugarskoj iznosio je 14,4%.

U periodu 1948—1959. godine eksploatacija rude metala dostigla je proizvodnju od 3,5 miliona tona. Podaci o porastu produkcije u Bugarskoj u industriji rudarstva dati su u tablici 1.

U periodu 1959—1964. godine eksploatacija rude obojenih metala dostigla je proizvodnju od 7,25 miliona tona, a rude gvožđa od 718 hiljada tona. Broj fabrika za preradu ruda je iznosio 25.

Od 1964. godine obogaćivanje ruda obojenih metala u potpunosti se vrši u samoj Bugarskoj. Gvozdena ruda proizvodi se jam-

Tablica 1

Godina	Proizvodnja u 000 tona				
	gvožđe	mangan	bakar	olovo i cink	pirit
1939.	20	2	4	24	0,1
1948.	19	2	47	162	40
1949.	33	9	55	220	84
1950.	49	8	83	285	96
1951.	78	11	132	460	133
1952.	103	12	147	723	153
1953.	115	27	256	1047	177
1955.	113	63	348	1447	120
1957.	271	81	562	1953	109
1959.	360	30	918	2782	35
1960.	415	30	1126	3059	50
1962.	550	30	1740	4227	50
1963.	655	30	2100	4178	50
1964.	718	30	3030	4224	50
1965.	2120	30	4920	4260	50

skom eksploatacijom u rudniku »Martino-vo« i »Perčinki«, koji se nalaze u blizini jugoslovensko-bugarske granice. Godišnja proizvodnja rudnika »Martino« iznosi 300.000 t, a rudnika »Perčinki« 100.000 t. Perspektivni plan predviđa da do 1970. godine proizvodnja ova dva rudnika iznosi 600.000 t godišnje.

Sadržaj metala u rudi je oko 32% Fe i zbog toga se ruda prerađuje u mokroj magnetnoj separaciji. Dobiveni koncentrat sa 72,3% Fe transportuje se kamionima a zatim železnicom do metalurškog kombinata Kremikovci.

U 1965. godini počeo je sa proizvodnjom rude gvožđa površinski kop »Kremikovci« (kraj Sofije) u sklopu metalurškog kombinata. Rezerve polimetalične rude u ovom ležištu iznose oko 264 miliona tona. U 1967. godini kombinat treba da radi punim kapacitetom. Projektovana godišnja proizvodnja kombinata u gvozdenoj rudi iznosi 5 miliona tona. U 1965. godini kombinat je proizveo 1,5 miliona tona rude.

Rude bakra dobijaju se iz 7 rudnika podzemnom eksploatacijom i jednim površinskim kopom »Medet« kraj Panađurišta. Rezerve bakarnog ležišta u ovom rudniku iznose oko 200 miliona tona siromašne rude sa srednjim sadržajem bakra 0,4%. U 1964. godini prerađeno je u flotacijama 4 miliona t rude. Prema projektovanom kontinuitetu u narednom periodu, proizvodnja će se udvostručiti.

Pretežni deo bugarskih ruda olova i cinka, oko 75% nalazi se u rodopskom bazenu, dok se ostatak eksploatiše u rejonu Vraca, Janbol i Čustendil.

Proizvodnja rude olova i cinka iznosila je u 1948. godini 162.000 t, a već u 1958. godini 2,200.000 t, da bi u 1962. godini porasla na 4,213.000 t. U ovom periodu izgrađen je veći broj flotacija kao i dve nove metalurške topionice, prva u Krđaliju a druga u Plovdivu.

Sadržaj metala u postojećim rezervama u toku perioda povećane proizvodnje uglavnom je bez veće varijacije. Međutim, u periodu 1959—1962. god. otkopavala se je bogatija ruda, tako da je srednji sadržaj metala u otkopanoj rudi bio veći od srednjeg sadržaja u rezervama.

Odnos sadržaja metala u rezervama i proizvedenoj olovo-cinkovnoj rudi dat je u tablici 2.

Tablica 2

Godina	Sadržaj u %			
	u rezervama		u proizvedenoj rudi	
	olovo	cink	olovo	cink
1959.	2,80	2,04	4,00	3,16
1960.	2,72	1,99	3,14	2,52
1961.	2,65	1,96	3,27	2,70
1962.	2,56	1,89	3,05	2,34
1963.	2,52	1,85	2,97	2,32

Povećanjem proizvodnje rude procenat metala je naglo opao, jer su u proizvodnju uključene i siromašne rude. U tablici 3 dat je pregled srednjeg sadržaja metala u proizvedenoj rudi za period 1950—1962. godine.

Tablica 3

Metal	1950.	1955.	1960.	1965.
	%	%	%	%
Olovo	7,96	3,57	3,14	2,34
Cink	6,00	2,85	2,52	1,87
Bakar	2,56	1,43	0,97	0,58

U 1964. godini proizvodnja crnih metala, uključujući i sirovo gvožđe, iznosila je 449.000 t, odnosno za 50% više od proizvodnje u 1963. godini. Proizvodnja obojenih metala u 1964. godini iznosila je: olovo 87.000 t (za 6,9% više nego 1963. godine), cinka 59.000 t (za 6% više nego u 1963. godini) i bakra 21.000 t (za 6,6% više nego u 1963. godini).



Puštanjem u pogon novog odeljenja za obradu cinka u kombinatu kraj Plovdiva proizvodnja u 1965. godini je iznosila: 91.500 t olova i 62.000 t cinka. Proizvodnja bakra u ovoj godini iznosila je 24.000 t.

Uz preradu rude obojenih metala dobijaju se i sledeći metali: zlato, srebro, radijum, bizmut, selen i telur.

U narednom periodu predviđa se dobijanje talijuma, antimona, germanijuma, indijuma, kobalta, platine, molibdena i renijuma.

Perspektivni plan razvoja proizvodnje rude i metala do 1970. godine prikazan je u tab. 4.

**Tablica 4**

Godina	Proizvodnja 000 t			
	gvozdена ruda	sirovo gvožđe	čelik	liveno gvožđe
1967.	4.100	1.175	1.350	880
1968.	5.130	1.216	1.770	1.300
1969.	5.680	1.600	2.050	1.500
1970.	6.080	1.690	2.340	1.910

**Plan proizvodnje obojenih metala**

**Tablica 5**

Godina	Proizvodnja u 000 t		
	olovo	čink	bakar
1965.	91,5	62,0	24,0
1970.	116,7	64,7	49,8

Okolo 70% rude obojenih metala dobija se podzemnom eksploatacijom. U zavisnosti od uslova koji prevladavaju u pojedinim rudnicima najviše se primenjuju sledeće metode otkopavanja: metoda sa magaziniranjem, metoda sa zapunjavanjem i metoda otkopavanja u slojevima. Na površinskim kopovima dobija se 12% od ukupne proizvodnje rude.

U tablici 6 dat je procentualni odnos primenjenih metoda pri eksploataciji ležišta po godinama.

**Tablica 6**

Način eksploatacije	Eksploatacija u %		
	1962.	1963.	1964.
Metoda sa magaziniranjem	28,0	30,9	28,2
Metoda sa zapunjavanjem	28,2	26,1	22,0
Metoda otkopavanja u slojevima	22,2	20,7	21,3
Površinsko otkopavanje	10,8	10,8	11,4
Ostale metode	12,8	11,5	17,1

Procentualno učešće pojedinih otkopnih metoda koje su u primeni u Bugarskoj kod podzemne eksploatacije metalnih ležišta, prikazano je u tablici 7.

**Tablica 7**

Otkopna metoda	L e ž i š t a		
	olovo i čink %	bakar %	gvožđe %
Komorno stubna	15,0	—	—
Sa podetažnim dobijanjem	2,2	19,9	20,4
Sa magaziniranjem	36,5	8,9	55,4
Sa zapunjavanjem	15,2	54,2	24,2
Sa obrušavanjem u slojev.	19,4	8,2	—
Sa podetažnim obrušavanjem i sa veštačkim krovom	11,9	8,8	—

Eksploatacija ruda obojenih metala vrši se u 78 rudnika jamskom eksploatacijom sa sledećom godišnjom proizvodnjom: 22 rudnika proizvode do 30.000 t, 14 do 50.000 t, 19 do 100.000 t, 16 do 200.000 t, i 7 preko 200.000 t. Da bi se omogućilo uvođenje savremene mehanizacije, lakše rukovođenje i povećanje proizvodnje poslednjih godina formiraju se rudarski bazeni koji sjedinjuju 10—40 rudnika.

Tako su formirani rudarski bazeni za proizvodnju olova i cinka u Rodopskom i Madanskom rejonu koji su najveći proizvođači olova i cinka u Bugarskoj.

## SUMMARY

### Metallic Ores Exploitation in Bulgaria

D. Dimović, min. eng.\*)

Immediately after the 1947. the large amounts has been invested in extension of existing mines and in development of new pits in Bulgaria.

During the period from 1948. to 1959. the metallic ore production was raised to 3.5 million tons. In the subsequent period the exploitation of base metal ores get abreast with 7.25 million tons and at ferrous metal ores with 718,000 tons. In the 1965. the lead production amounted to 91,500 tons, the zinc production to 62,000 tons, and copper to 24,000 tons.

A per cent relation is given in the tables in article concerning the mining methods used in metallic deposit exploitation.

#### Literatura

Janakiev, G., 1966: Metalliferous Mining in Bulgaria. — Mining Magazine, april.

Janakiev, G., Danev V., 1963: Lead and Zinc Mining in Bulgaria. — Mine Quarry Engineering, novembar.



---

\*) Dipl. ing. Dimitrije Dimović, viši stručni saradnik Zavoda za eksploataciju mineralnih sirovina u Rudarskom institutu, Beograd.

## Primena elektroforetskog zetametra u pripremi mineralnih sirovina

(sa 11 slika)

Dr ing. Dušan Salatić

### Uvod

Na granici mineralna površina — rastvor može istovremeno da se odvija nekoliko procesa: fizička adsorpcija, jonska adsorpcija, jonska izmena i hemosorpcija. Svi ti procesi u znatnoj meri zavise od naelektrisanja mineralnih površina. Iako je do danas dosta proučavano ponašanje mineralnih površina u flotacijskoj pulpi, u zavisnosti od naelektrisanja, daleko je od toga da se može jasno reći šta se sve zbiva na mineralnoj površini u višekomponentnom rastvoru kao što je tečna faza flotacijskih pulpi.

Da bi se donekle rasvetlila teorija flotiranja sve se više izučava flotabilnost pojedinih minerala u zavisnosti od veličine i znaka elektrokinetičkog potencijala njihovih površina.

Merenje elektrokinetičkog potencijala na mineralnim površinama može se izvoditi na principu potencijala proticanja, elektroosmoze, elektroforeze i potencijala migracije (sedimentacije). Najveći broj merenja elektrokinetičkog potencijala izveden je na principu potencijala proticanja. Merenje elektroforeze može se obavljati makroskopskom i mikroskopskom metodom. Mikroskopska metoda do nedavno nije našla širu primenu zbog istovremenog delovanja elektroosmoze u kapilarnoj cevi. Međutim, poslednjih godina pojavio se novi instrument za mikroskopsko merenje elektroforetske pokretljivi-

vosti — zetametar kod koga su eliminisani raniji nedostaci. Zetametar je plod dugogodišnjeg rada njegovog konstruktora na proučavanju elektrokinetičkog potencijala koloida u vodi posredstvom elektroforetske pokretljivosti koloida i višegodišnjeg rada na samoj izradi konstrukcije (Riddick, T. M., 1961). Jednostavnost rada, velika tačnost i reproduktivnost rezultata na zetametri omogućuju da se uradi veliki broj eksperimenata za kratko vreme i brzo dobiju brojni rezultati.

U ovom članku ukratko su prikazane teorijske osnove elektrokinetičkog potencijala, princip merenja elektroforeze, delovi i princip rada zetametra, tehnika rada na istom i na kraju, dati su neki od rezultata praktičnih merenja postignutih u našem radu.

### Teorijske osnove elektrokinetičkog potencijala

Pojave koje se dešavaju na granici mineralna površina-tečnost imaju veliki uticaj na flotabilnost minerala, jer one određuju sastav i osobine površine zrna (Ejgels, M. A., 1964).

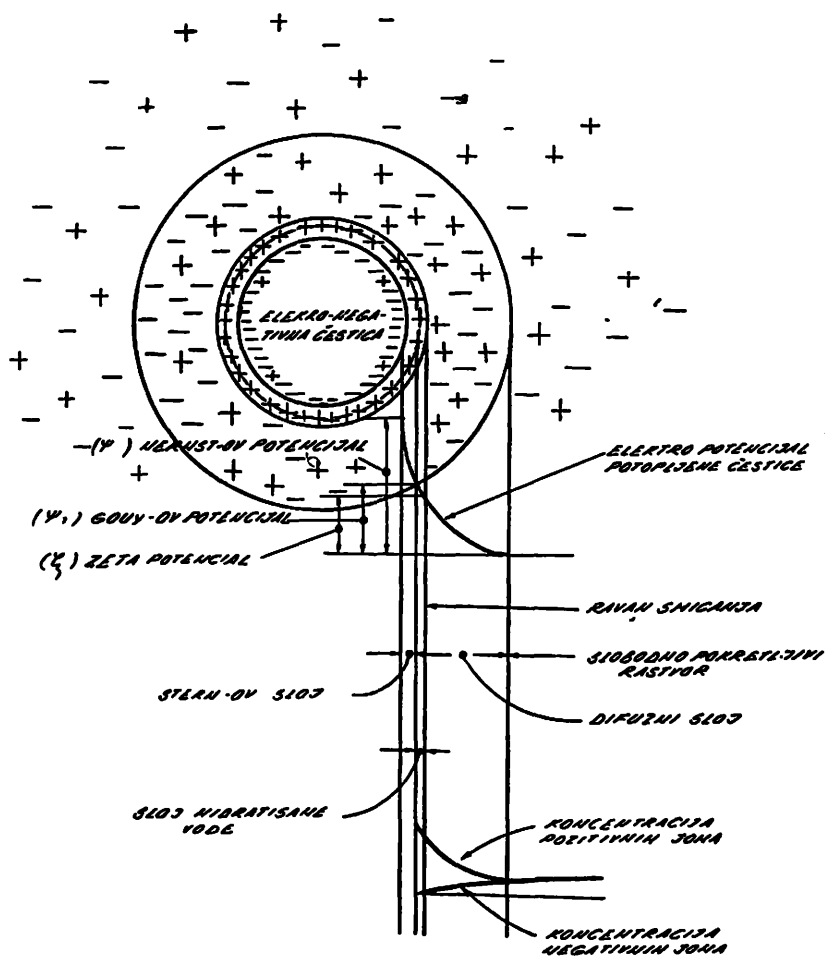
Svako čvrsto telo potopljeno u tečnost otpušta, u manjoj ili većoj meri, jone iz kristalne rešetke u rastvor. Brzina rastvaranja zavisi u prvom redu od brzine procesa

rastvaranja čiste površine i u drugom od brzine odvođenja rastvorene materije u rastvor. To otpuštanje jona iz kristalne rešetke ograničeno je na površinu minerala time što pri prelasku jedne vrste jona u rastvor, suprotno naelektrisani joni koncentrišu se na površini mineralnog zrna i tako sprečavaju dalje prelaženje jona iz rešetke u rastvor.

Koncentracijom na površini minerala jedne vrste naelektrisanja ista postaje nae-

vlačnošću dok toplotno i Brawnovo kretanje deluje suprotno ovoj sili i teži ka normalnoj raspodeli jona u rastvoru.

U odsustvu toplotnog kretanja formira se veoma kompaktni dvojni sloj od suprotno naelektrisanih jona (sl. 1). Ako su dovoljno velike elektrostatičke sile privlačenja ili ako se toplotno kretanje umanjuje dejstvom Van der Waalsovih sila tada toplotno kretanje, koje teži ravnomernoj raspo-



Sl. 1 — Prikaz zeta potencijala

Fig. 1 — Concept of zeta potential

lektrisan i privlači suprotno naelektrisane jone, koji mogu poticati ili iz samog minerala ili iz tečnosti (Riddick, T. M., 1958).

Suprotno naelektrisani joni usmereni su ka mineralnom zrnju elektrokinetičkom pri-

deli jona u rastvoru, nije u stanju da poremeti novoobrazovani kompaktni deo dvojnog sloja suprotno naelektrisanih jona, već on kao takav ostaje na površini zrna, a naziva se Sternov sloj.

Ako je prisutno i toplotno kretanje, ono će sprečiti stvaranje jednog ovako kompaktnog sloja suprotno naelektrisanih jona, tako da će sada ovi joni samo težiti da se koncentrišu u blizini površine zrna. Ta koncentracija opada sa udaljenjem od površine zrna, pa zato i potencijal brzo opada naročito u neposrednoj blizini zrna, a naziva se difuzni deo dvojnog sloja ili Gouyov sloj.

Difuzni deo dvojnog sloja nema jasno definisanu krajnju tačku, ali postepeno postaje zanemarljiv. Krajnja tačka se obično uzima na razdaljini na kojoj potencijal opada za nekoliko delova svoje vrednosti, obično sa  $1/e$  na  $0,37/e$ .

Kompaktni, Sternov, sloj nalazi se u dinamičkoj ravnoteži sa difuznim, Gouyovim, slojem, koji je takođe formiran od suprotno naelektrisanih jona. Zato se može smatrati da oba skupa obrazuju spoljni deo dvojnog sloja. S druge strane, joni u Sternovom sloju privlačeni su naelektrisanju površini zrna istim intenzitetom kao i neke adsorbivane čestice što su prionule uz adsorbent. U tom svetlu Sternov sloj je integralni deo naelektrisane površine ili zrna.

Daljim proučavanjem dvojnog sloja utvrđeno je (M y s e l s, K. J., 1964) da se ravan na kojoj se meri elektrokinetički potencijal ne poklapa sa ravni koja deli Sternov od Gouyovog sloja. Tako je ustanovljeno postojanje tri sloja u dvojnog sloju, čiji je potencijal od posebnog interesovanja za proučavanje. Na samoj površini zrna meri se ukupni potencijal dvojnog sloja, potencijal  $\Psi$ . Na ravni koja razdvaja Sternov (kompaktni) od Gouyovog (difuzni) sloja nalazi se potencijal  $\Psi_1$ , koji označava potencijal Gouyovog sloja. Potencijal na »ravni smicanja« koja odvaja hidratnu vodu od normalne vode naziva se elektrokinetički ili zeta potencijal. Odavde proizlazi da zeta potencijal ne obuhvata Sternov sloj, već samo deo Gouyovog sloja koji nije unutar solventnog sloja (M y s e l s, K. J. 1964).

Za merenje potencijala na hidrodinamičkoj ravni smicanja postoji više eksperimentalnih metoda. Ove metode eksperimentalnog merenja zasnivaju se na električnim i mehaničkim pojavama povezanim sa relativnim kretanjem tečnosti i zrna. Zbog toga

je ovom potencijalu i dat naziv elektrokinetički.

Elektrokinetičke pojave zasnivaju se na činjenici da je veći deo difuznog dela dvojnog sloja u slobodnom rastvoru i da može da se kreće duž površine, premda je vezan za naelektrisanu površinu elektrostatičkim silama koje sprečavaju njegovo odlaženje u slobodno pokretljivi rastvor. Ovo kretanje duž površine zrna može izazvati ili elektrostatičke sile, koje utiču na naelektrisanje, ili mehaničke sile, koje utiču na tečnost i površinu zrna. Otuda postoje četiri principa elektrokinetičkih pojava: potencijal proticanja, elektroosmoza, elektroforeza i potencijal migracije (sedimentacije), a svi zavise od relativnog kretanja površine zrna i difuznog dela dvojnog sloja. Međutim, ovde je obično vezan samo onaj deo dvojnog sloja koji je unutar tečnosti tako da može proticati suprotno kretanju površine zrna.

#### Princip merenja elektroforeze

Kao što smo već rekli merenje elektrokinetičkog ili zeta potencijala može se vršiti posredstvom merenja potencijala proticanja, elektroosmoze, elektroforeze ili potencijala migracije. U praksi je najviše korišćen metod merenja potencijala proticanja (F u e r s t e n a u, D. W., 1957, M a r k o v i ć, S., 1959, M o d i, H. J. 1960, O' C o n o r, D. J., 1957). Znatno manje je korišćena metoda merenja elektroforeze. G a u d i n kaže da kod primene elektroforetske metode postoje mnoge poteškoće, kao što je endo-osmotско kretanje tečnosti usled čega je teško pratiti kretanje zrna na određenom nivou i konstantnoj udaljenosti od zida cevi. Sem toga, zrna zbog svog taloženja brzo izlaze iz mernog nivoa.

Da bismo objasnili princip merenja elektroforeze detaljnije ćemo se zadržati na opisu iste.

Ako se napuni cev »U« oblika nerastvoranim materijalom kao što je fino usitnjeni kalcit, a potom ispuni tečnošću i pusti da kroz nju protiče električna struja preko elektroda, koje se nalaze na svakom kraku cevi, doći će do podizanja nivoa tečnosti u jednom kraku i opadanja u drugom. Promena polariteta izazvaće promenu pravca podizanja i opadanja tečnosti. Visina do koje

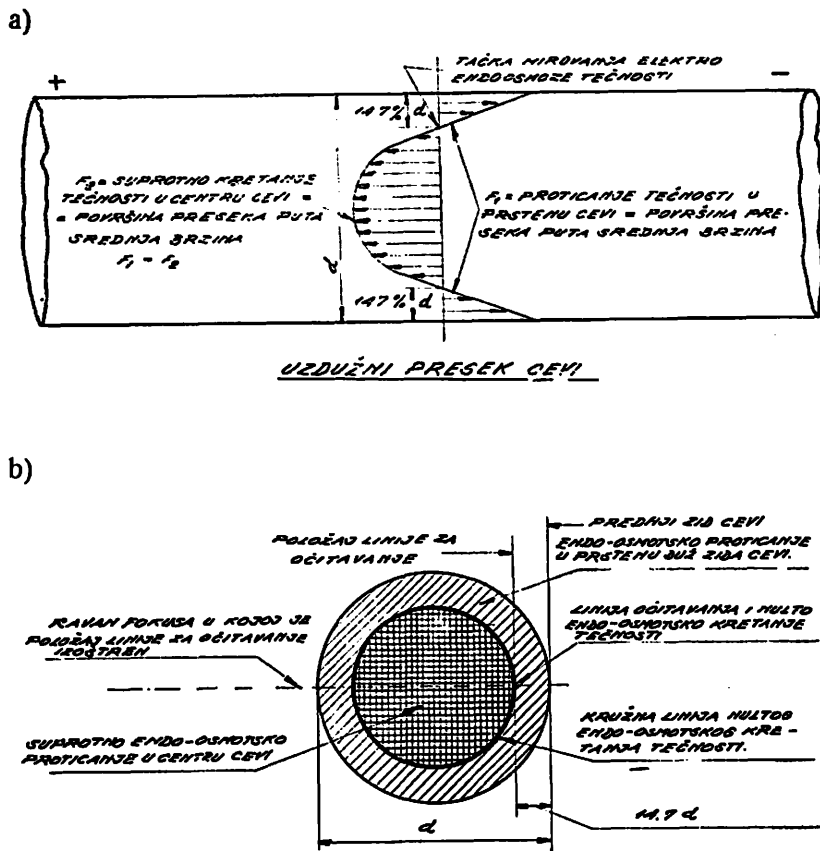
se tečnost penje u zavisnosti je od zeta potencijala kalcita u odnosu na tečnost. U svim elektroforetskim ćelijama zidovi ćelije sastoje se od sličnih »određenih« čvrstih materija i kada se zatvori strujno kolo tečnost mora da se kreće u odnosu na ove zidove.

Ovo kretanje duž zidova je u jednom pravcu, a pošto je cev zatvorena to mora da postoji i ista količina kretanja suprotnog pravca u centru ćelije. Ovaj odnos kretanja predstavljen je na sl. 2.

Uzimajući za elektroforetsku ćeliju cev kružnog preseka, kružna linija nultog kretanja tečnosti nalazi se udaljena od zida za 14,7% veličine prečnika cevi. Ovo je određeno ujednačavanjem  $F_1 - F_2$  (sl. 2) i naknadnim integraljenjem jednačine.

Poznate su dve osnovne metode merenja elektroforetske pokretljivosti i to makroskopska i mikroskopska.

Makroskopska metoda ima više postupaka. Najširu primenu ima postupak sa po-



Sl. 2 — Elektroosmotско kretanje tečnosti u cevi  
Fig. 2 — Electroosmotic flow of liquid in a tube

Maksimalna brzina kretanja u jednom pravcu uz sami zid ćelije, zatim dalje opada sa udaljavanjem od zida i postaje jednaka nuli na određenom udaljenju od zida, potom menja smer kretanja i postepeno raste dostižući drugu maksimalnu brzinu u centru ćelije. Kriva koja ograničava ovu promenu kretanja, teorijski i praktično, je parabola.

kretnom granicom. U ovom slučaju posmatra se pomeranje granice između tečnosti sa koloidima i iste tečnosti bez koloida, kada se iste nađu u električnom polju. Postoji više aparatura za merenje elektroforetske pokretljivosti postupkom pomeranja granice. Najpoznatije su aparature Burtona i Čajkovskog (Grigorov, O. H., 1964).

Glavni deo aparature je cev »U« oblika raznih modifikacija u čijim se kracima nalaze zamočene elektrode. Na dnu cevi nalazi se koloidni rastvor, a na njega se odozgo naslanja tečnost bez koloida u oba kraka. Kada se elektrode povežu u električno kolo dolazi do pomeranja granice između koloidnog rastvora i tečnosti i to je mera elektroforetske pokretljivosti koloidnih zrna u tečnosti.

Mikroskopska metoda merenja elektroforetske pokretljivosti osetljivija je od makroskopske, a ima i niz drugih prednosti. Omogućuje neposredno određivanje veličine i oblika zrna, ukoliko je to potrebno. Merenja su moguća kako u rastvorima malih tako i velikih koncentracija. Tokom merenja značajnije se ne menjaju svojstva disperzne sredine. Pojedinačna merenja zahtevaju kraće vreme.

Međutim, i ovaj metod ima dosta nedostataka. Jedan od njih je i taj što se na elektroforetsku brzinu kretanja zrna može nadovezati brzina elektroosmotskog proticanja tečnosti, koja dostiže znatne veličine usled malog preseka kapilara mikroćelije. U prisustvu elektroosmoze posmatrana elektroforetska brzina kretanja zrna u električnom polju menja se sa dubinom ćelije, tako da se ona komponuje iz stvarne elektroforetske brzine zrna i elektroosmotske brzine tečnosti.

Ukoliko je elektroforetska ćelija hermetički zatvorena, dolazi do elektroosmotskog kretanja tečnosti duž zida u jednom pravcu, a u centru cevi u drugom pravcu. Na taj način, zavisno od znaka naelektrisanja zrna, njegova stvarna elektroforetska brzina kretanja biće veća ili manja od izmerene u zavisnosti na kom se delu elektroforetske ćelije prati kretanje zrna.

Pogodne uslove za eliminisanje elektroosmotske brzine tečnosti dao je S m o l u c h o w s k i, koji je uveo jednačinu po kojoj se može izračunati stvarna brzina elektroforeze, ako je svaka veličina brzine izmerena na dve različite dubine u elektroforetskoj ćeliji.

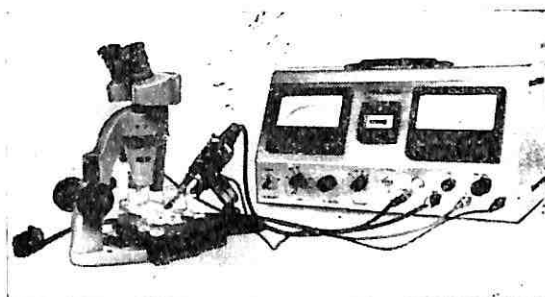
### Zetametar

Aparatura za merenje elektroforetske pokretljivosti koloida mikroskopskom metodom — zetametar ne poseduje nabrojene

nedostatke. Pre svega, on je konstruisan tako da se uz pomoć mikroskopa veoma jednostavno može odrediti nulta tačka elektroosmotskog kretanja tečnosti u elektroforetskoj ćeliji. Ista se nalazi na udaljenosti od zida za 14,7% prečnika cevi elektroforetske ćelije u vertikalnoj ravni i za 50% prečnika u horizontalnoj ravni. Na pravougaonu preseku te dve ravni prati se kretanje zrna tako da se odmah tačno meri stvarna elektroforetska brzina zrna u ćeliji (sl. 2).

Fotografija kompletne aparature — zetametra sa stereoskopskim mikroskopom i pomoćnim uređajima — prikazana je na sl. 3. Kao što se vidi na sl. 3 zetametar sačinjavaju:

- uređaj za kontinualno snabdevanje jednosmernom strujom promenljivog napona (od 0 do 300 V) sa reverzibilnim prekidačem za menjanje polariteta i preciznim vatmetrom i mikroampermetrom. Ova jedinica ima i izvod promenljivog napona za osvetljavanje u mikroskopu;



Sl. 3 — Zetametar

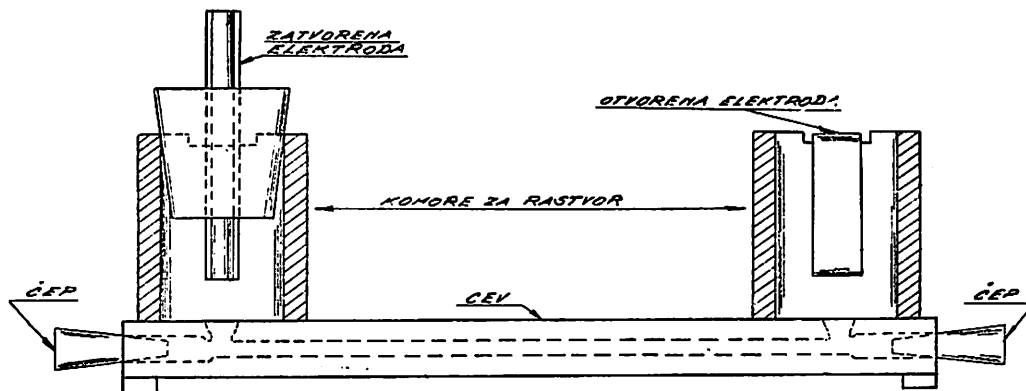
Fig. 3 — Zetameter

- električni časovnik za merenje sekundi i njihovih desetinki;
- providna plastična elektroforetska ćelija prečnika cevi 3 mm u čijim su komorama smeštene platinske elektrode;
- držač ćelije, koji apsorbuje toplotu odbijanja snopa svetlosti;
- specijalni iluminator za snabdevanje snopom intenzivno plave svetlosti za osvetljavanje koloida;
- stereoskopski mikroskop za posmatranje kretanja zrna u ćeliji.

Aparatura se napaja naizmeničnom strujom napona 110 V i omogućuje promenu napona na elektrodama u elektroforetskoj ćeliji od 0 do 300 V.

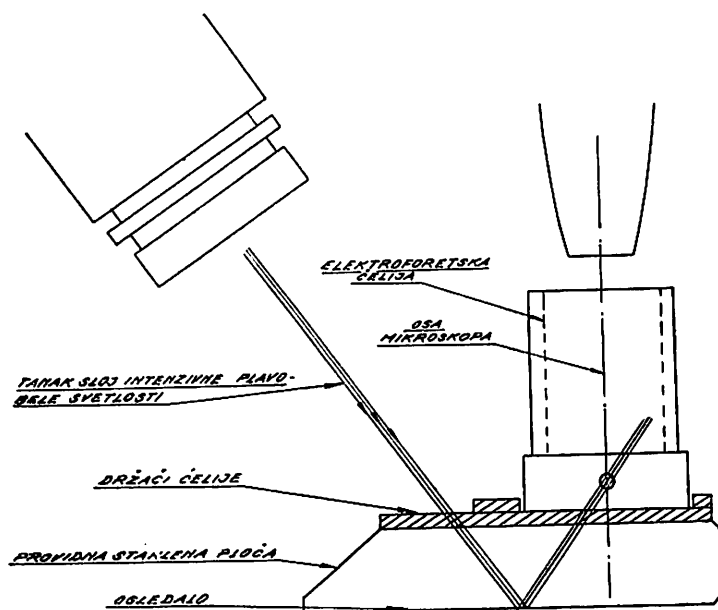
#### Tehnika rada na zetametri

Zetametar se uključuje, preko transformatora 220/110 V, u naponsku mrežu 220 V



Sl. 4 — Elektroforetska ćelija sa platinskim elektrodama

Fig. 4 — Electrophoretic cell with platinum electrodes



Sl. 5 — Optimalno osvetljavanje koloida

Fig. 5 — Optimum illumination of colloids

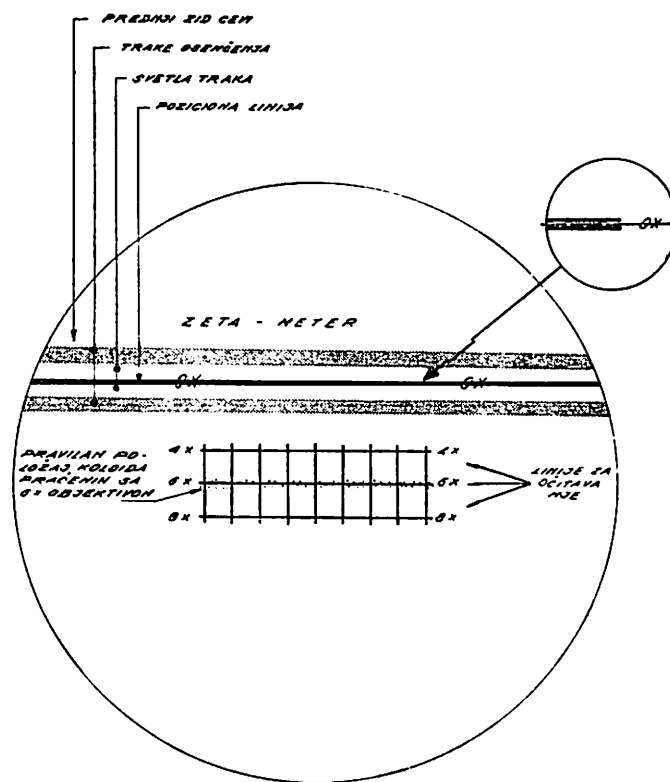
Pored merenja elektroforetske pokretljivosti zrna koloidne veličine na istoj je moguće veoma brzo merenje specifične provodljivosti rastvora.

na 30 minuta pre početka prvog merenja. U međuvremenu elektroforetska ćelija (sl. 4) opere se u mlakom rastvoru nekog blagog deterđenta i potom dobro ispere u vodo-



vodnoj i destilovanoj vodi. Isprana ćelija napuni se rastvorom u kome su prisutna mineralna zrna koloidne veličine i jedan krak zatvori platinskom elektrodom. Treba obratiti posebnu pažnju da se stavljanjem elektrode ne zarobi neki vazdušni mehurić, koji negativno utiče na tačnost merenja. Napunjena ćelija stavlja se pod objektiv mikroskopa na postolje sa ogledalom i pove-

i prati kretanje zrna duž jednog. podeoka uz istovremeno uključivanje časovnika. Za jedno merenje potrebno je na istom naponu struje pojedinačno pratiti 5 do 10 zrna po jedan podeok, potom, preko prekidača, promeniti polaritet struje i pratiti kretanje drugih 5 do 10 zrna u suprotnom pravcu. Ukupno zabeleženo vreme podeli se sa brojem podeoka koje su prešla zrna (10 do 20)



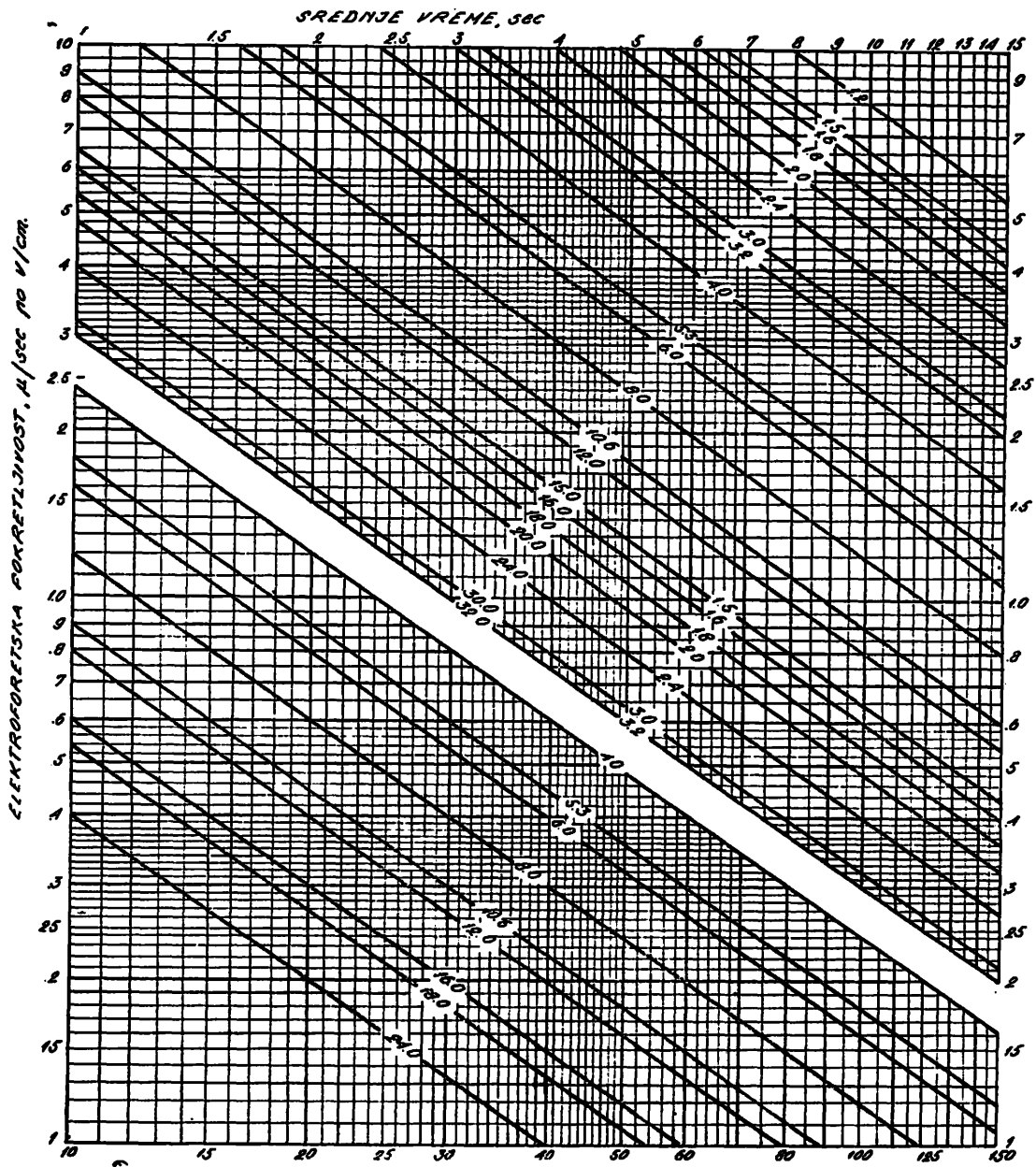
Sl. 6 — Izgled pozicione linije  
Fig. 6 — Appearance of positioning line

zuje sa zetametrom pomoću kablova sa krokodil-štikaljkama. Elektroforetska ćelija osvetljava se željenim intenzitetom svetlosti i iluminator postavlja tako da snop svetlosti prolazi kroz centar ćelije (sl. 5). Mikroskop se izoštrava tako da se na elektroforetskoj ćeliji ukažu dve tamne linije na veoma malom međusobnom rastojanju među koje se postavlja poziciona linija OX—OX (sl. 6). Uključuje se strujno kolo željenog napona (20, 25, 30, 40, 50, 67, 100, 133, 200 ili 300 V)

i tako dobije srednje vreme potrebno da na datom naponu struje zrno pređe rastojanje od jednog podeoka.

Uvek je poželjno da se uradi isto merenje bar na još jednom naponu i tako preko poređenja reproduktivnosti rezultata omogućiti kontrola rada.

Odmah po završenom merenju potrebno je izmeriti temperaturu rastvora, a još je bolje ako se za vreme samog merenja termometar nalazi zamočen u otvoreni krak elektroforetske ćelije.



Sl. 7 — Dijagram elektroforetske pokretljivosti  
 Fig. 7 — Diagram of electrophoretic mobility

Izbor grafikona — Brojevi kosih linija predstavljaju proizvod napona i uvećanja podeljen sa 100.

NAPON →		20	25	30	40	50	67	100	133	200	300
Obj. ↓	cela skala-M										
4 ×	240	—	—	1.2	1.6	2	—	4	5.3	8	12
6 ×	160	1.2	1.5	1.8	2.4	3	4	6	8	12	18
8 ×	120	1.6	2	2.4	3.2	4	5.3	8	10.6	16	24

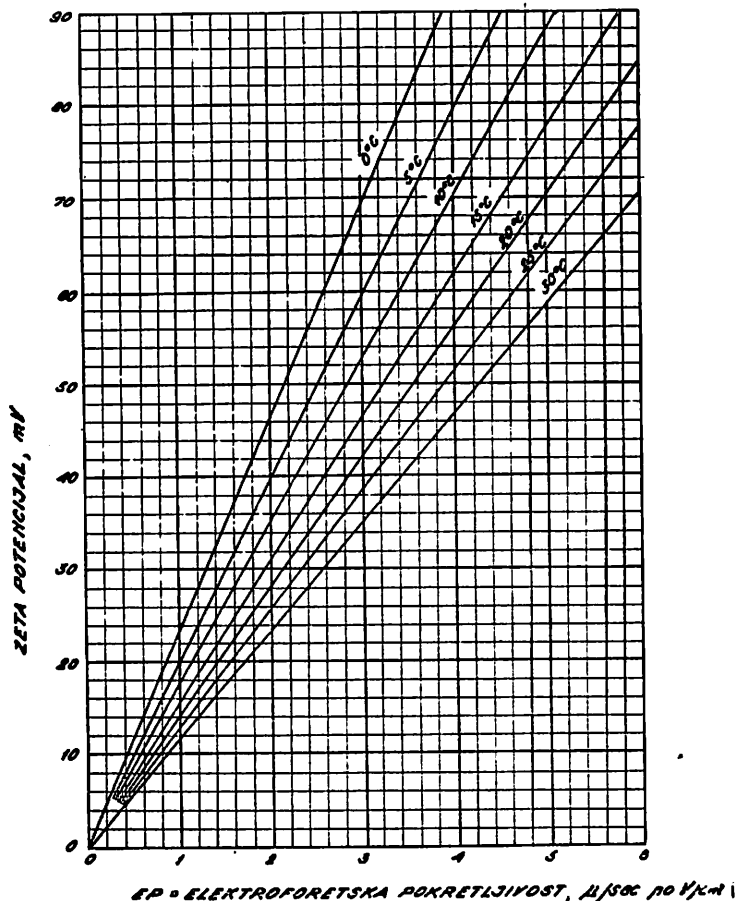
Takođe je potrebno izmeriti vrednost pH rastvora po završenom merenju. Kod minerala koji znatnije utiču na promenu pH rastvora određivanje pH vrednosti potrebno je vršiti pre i posle merenja brzine kretanja zrna.

Kada se ovakvim merenjima utvrdi srednje vreme potrebno da mineralno zrno pređe rastojanje između dva podeoka onda se

mu (sl. 8), u zavisnosti od elektroforetske pokretljivosti i temperature rastvora, odredimo vrednost elektrokinetičkog potencijala, izraženog u mV.

Da bismo očiglednije objasnili upotrebu dijagrama (sl. 7 i 8) navodimo konkretan primer.

Neka je strujno kolo zetametra uključeno na napon od 133 V i neka je dobiveno



Sl. 8 — Dijagram zeta potencijala

Fig. 8 — Diagram of zeta potential

na dijagramu (sl. 7), u zavisnosti od primenjenog napona struje i uvećanja na mikroskopu, nalazi vrednost elektroforetske pokretljivosti, koja se izražava u mikron/sec po V/cm.

Dobivena vrednost elektroforetske pokretljivosti zrna omogućuje nam da na dijagra-

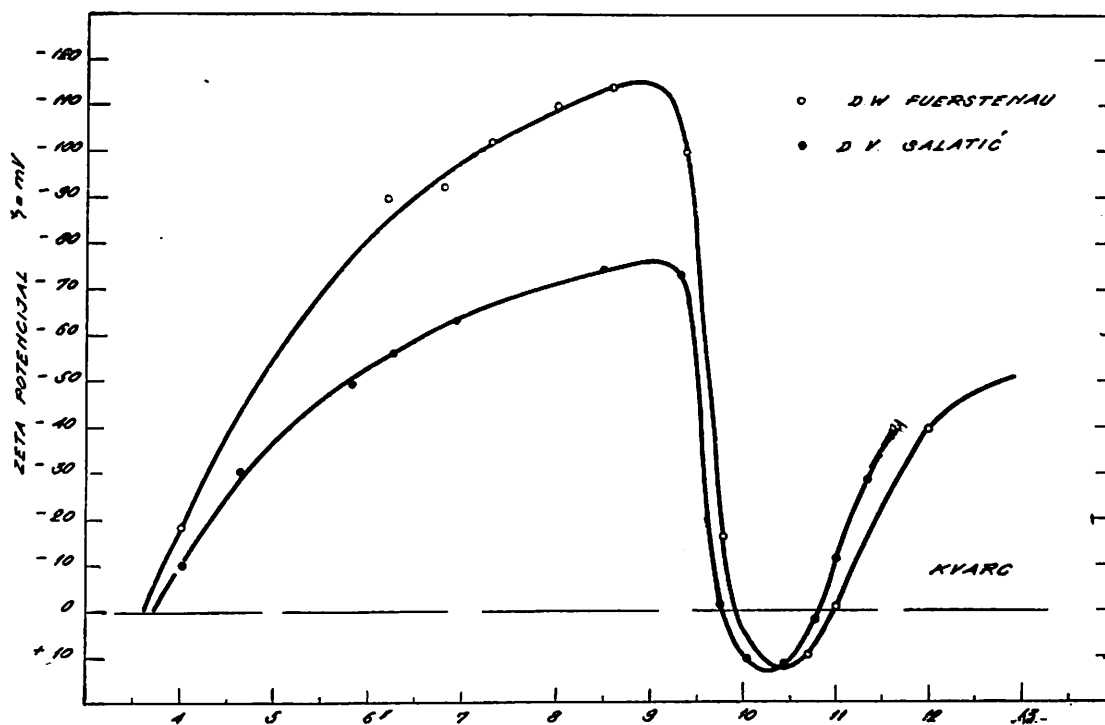
srednje vreme 6,6 sec pri uvećanju mikroskopa od 6 X i temperaturi rastvora od 20°C.

Iz tablice u dijagramu za elektroforetsku pokretljivost (sl. 7) nalazimo da naponu od 133 V i uvećanju 6 X odgovara kosa linija obeležena brojem 8. Na apscisi nalazimo srednje vreme 6,6 sec i spuštamo vertikalnu

do preseka sa kosom linijom 8. Iz tačke preseka povlačimo horizontalu do ordinate i sa strane očitavamo da ovom vremenu odgovara elektroforetska pokretljivost od 1,8 mikrona/sec po V/cm.

U dijagramu za određivanje elektrokinetičkog potencijala (sl. 8) nalazimo na apsci-

Iz tablice u dijagramu za elektroforetsku pokretljivost (sl. 7) nalazimo da za napon od 300 V i uvećanje od 6 X odgovara kosa linija broj 18. Na apscisi nalazimo srednje vreme oko 3 sec i spuštamo vertikalnu do preseka sa kosom linijom 18 i iz ove tačke povlačimo horizontalu do ordinate gde oči-



Sl. 9 — Zeta potencijal kvarca

Fig. 9 — Zeta potential of quartz

si elektroforetsku pokretljivost od 1,8. Odavde povlačimo vertikalnu na gore do preseka sa kosom linijom temperature 20° C. Iz ove tačke preseka povlačimo horizontalu do ordinate na kojoj očitavamo vrednost elektrokinetičkog potencijala od 25,5 mV.

Neka su sada zadržani svi uslovi iz prethodnog merenja, a promenjen samo napon struje od 133 na 300 V.

Srednje vreme kretanja zrna u elektroforetskoj ćeliji, pri naponu od 300 V i zadržanim uslovima prethodnog merenja, treba da bude oko 3 sec.

tavamo, kao i ranije, elektroforetsku pokretljivost zrna od oko 1,8 mikrona/sec po V/cm.

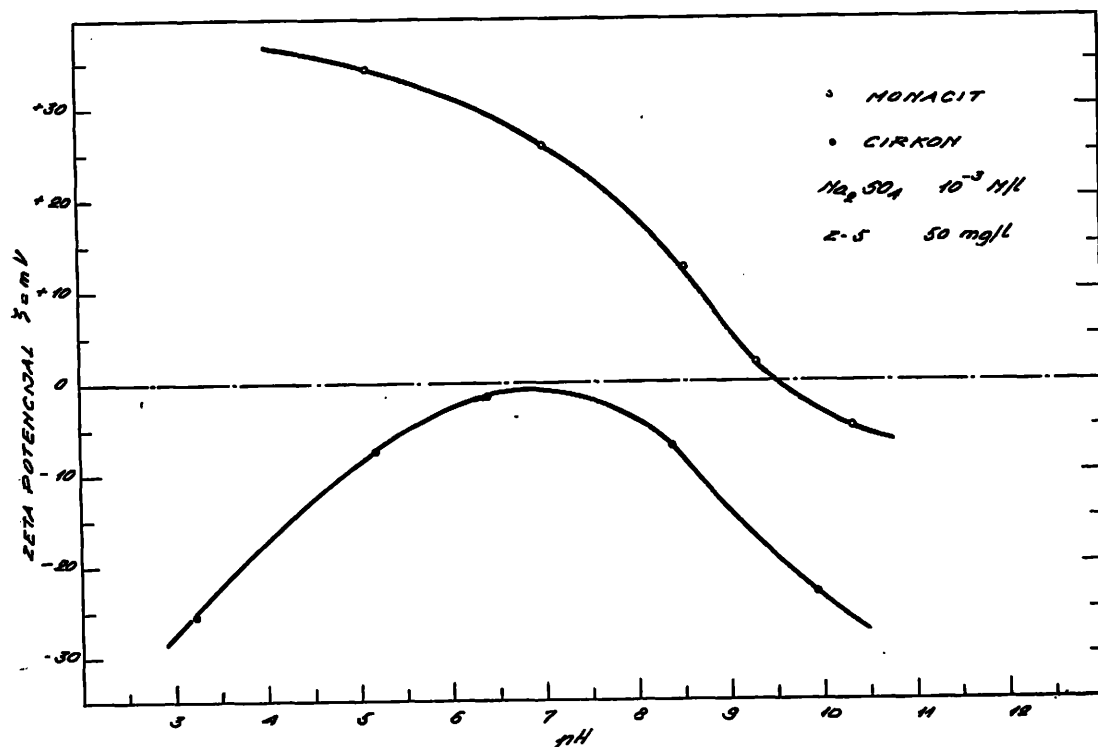
Naravno da će i elektrokinetički potencijal biti oko 25,5 mV, pošto je temperatura rastvora i dalje 20° C.

#### Ekperimentalni rad

Prikazani elektroforetski zetametar našao je veliku primenu u rešavanju problema flokulacije i sedimentacije u mnogim granama industrije. Međutim, on se takođe može koristiti i u proučavanju flotabilnosti minera-

la u zavisnosti od elektrokinetičkog potencijala njihovih površina. Moguće je zrna čistih minerala svesti na koloidnu krupnoću i pomoću ovog zetametra odrediti naelektrisanja na njihovim površinama merenjem elektroforetske pokretljivosti zrna. Rezultati merenja elektrokinetičkog potencijala na zrnima koloidne veličine minerala odnose

Mi smo u svrhu provere tačnosti rezultata merenja elektrokinetičkog potencijala na principu merenja elektroforetske pokretljivosti izmerili elektrokinetički potencijal minerala kvarca, koji smo prethodno usitnili na koloidnu veličinu zrna. Mineral kvarc za ova ispitivanja pripremili smo na isti način kao i mineral cirkon (Salatić D.,



Sl. 10 — Zeta potencijal cirkona i monacita

Fig. 10 — Zeta potential of zircon and monazite

se i na zrna istih minerala krupnoće pogodno za flotacijske opite, pošto veličina zrna ne figurira u jednačini za određivanje elektrokinetičkog potencijala, a koju daju Helmholtz — Smoluchowski.

Kruyt navodi nekoliko slučajeva gde su bila vršena poređivanja elektrokinetičkog potencijala izračunatog preko potencijala proticanja i elektrokinetičkog potencijala izračunatog preko elektroforeze. Dokazano je da se dobivene vrednosti ne razlikuju.

1965). Dobivene rezultate poredili smo sa vrednostima elektrokinetičkog potencijala na površinama kvarca veće krupnoće, koje je dobio D. W. Fuerstenau merenjem elektrokinetičkog potencijala preko potencijala proticanja.

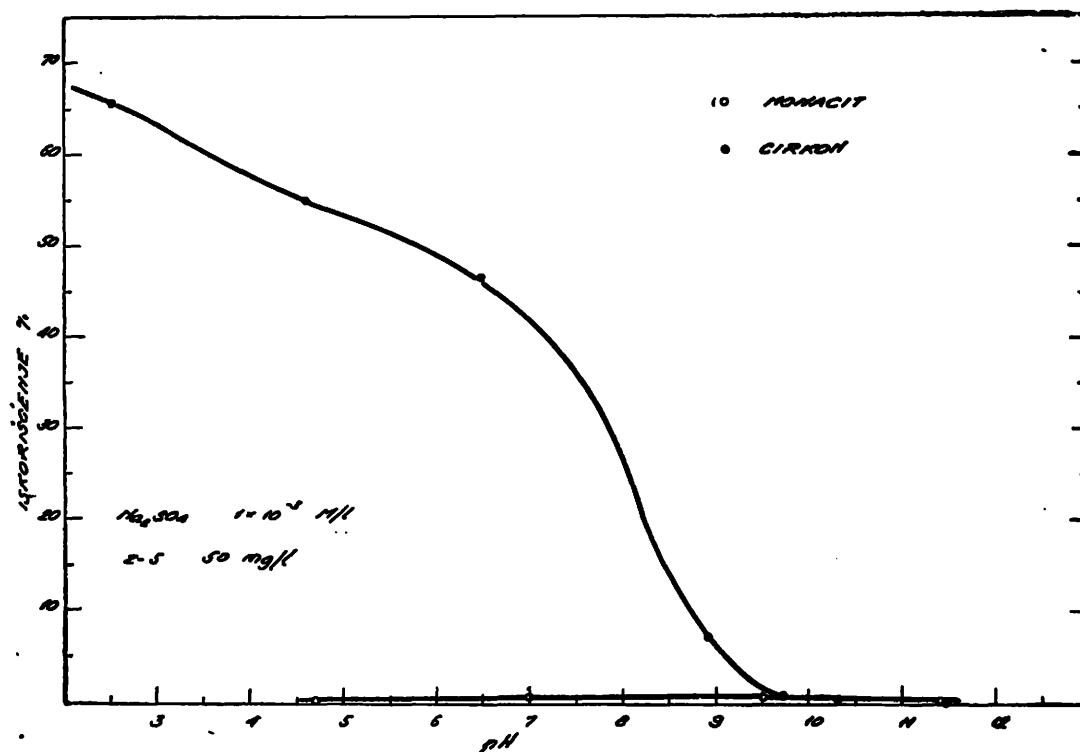
Merili smo elektrokinetički ili zeta potencijal čistog minerala kvarca koloidne veličine zrna u rastvoru dodecylaminacetata, koncentracije  $4 \times 10^{-5}$  Mol/l u rastvoru čija se pH vrednost menjala od 4,0 do 11,3.

Kriva promena zeta potencijala data je na sl. 9 na kojoj je, poređenja radi, data i kriva promena zeta potencijala kvarca merenog na principu potencijala proticanja u rastvoru dodecilamonijumacetata, takođe koncentracije  $4 \times 10^{-5}$  Mol/l, koju je dobio D. W. Fuerstenu.

Razlike u vrednostima elektrokinetičkog potencijala minerala kvarca dolaze zbog toga što smo mi merenja izvodili u rastvoru dodecilaminacetata, a Fuerstenu u rastvoru dodecilamonijumacetata, kao i zbog

na približno istim vrednostima pH rastvora. Maksimalne vrednosti pozitivnog zeta potencijala su jednake (+ 13 mV). Maksimalne vrednosti negativnog zeta potencijala nalaze se u oba slučaja na istoj vrednosti pH rastvora (9,2), premda se brojčane vrednosti razlikuju (−115 mV i −76 mV).

Dalje smo, u cilju iznalaženja uslova za selektivno flotiranje minerala cirkona i monacita, pomoću elektroforetskog zetametra merili naelektrisanja površina ovih minerala, koje smo prethodno specijalnim postup-



Sl. 11 — Iskorišćenje cirkona i monacita

Fig. 11 — Recovery of zircon and monazite

samog minerala kvarca, odnosno njegove geneze.

Međutim, kao što se vidi na sl. 9 oblici krivih promena elektrokinetičkog potencijala kvarca, u zavisnosti od koncentracije jona H<sup>+</sup> i OH<sup>-</sup>, su veoma slični. Izoelektrične tačke nultog zeta potencijala nalaze se

kom (Salatić, D., 1965) pripremili za ova merenja. Merenja smo izvodili u rastvorima raznih modifikatora sa i bez prisustva nekih anjonski i katjonski aktivnih kolektora.

Pored ostalog merenja su obuhvatila i određivanje elektrokinetičkog potencijala na površinama cirkona i monacita u rastvo-

ru natrijumsulfata ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ), koncentracije  $1 \times 10^{-3}$  Mol/l uz prisustvo kalijumsec-amilksantata ( $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{OCS}_2\text{K}$ ), koncentracije 50 mg/l, u zavisnosti od pH vrednosti rastvora.

Rezultati merenja prikazani su dijagramom na sl. 10. Dijagram pokazuje da su naelektrisanja površina cirkona i monacita različita ne samo po brojčanim vrednostima elektrokinetičkog potencijala već i po vrsti naelektrisanja u većem rasponu pH skale merenja. Dok monacit pretežno ima pozitivan elektrokinetički potencijal, dotle su površine minerala cirkona, u celom rasponu pH skale merenja, negativno naelektrisane.

To naelektrisanje se povećava idući ka ekstremnim vrednostima pH rastvora.

Razlika u vrsti i intenzitetu naelektrisanja ova dva minerala u rastvoru natrijumsulfata uz prisustvo kalijumsec-amilksantata, ukazala nam je na mogućnost selektivnog flotiranja cirkona i monacita.

Ispitivanja flotabilnosti cirkona i monacita u Hallimond cevi, pod ovim uslovima u istom rasponu pH skale rastvora, dala su nam rezultate koje smo prikazali dijagramom na sl. 11.

Na kraju smatramo da elektroforetski zetametar treba da nađe znatno širu primenu u naučno-istraživačkim radovima na izučavanju flotabilnosti pojedinih minerala.

## SUMMARY

### Application of the Electrophoretic Zetameter at the Ore Dressing

Dr D. Salatić, min. eng.\*)

In this paper author gives first a brief theoretical background of the electrokinetic potential, and then describes the principles of measurement of the electrophoretic mobility with an especial emphasis on the microscopic method of the measurement of electrophoresis. At some length the apparatus for microscopic measurement of the electrophoretic mobility is described. The zetameter, which is presented on a photography and several zetameter's parts are also described. The technique of work with the zetameter is given in detail. At the end of this paper the author brings out some results of his experimental work, which show that the mentioned zetameter can be, beside of its application in the problems of floculations and sedimentations, very succesfully used in the resolution of problems related to flotation of minerals.

## Literatura

- Ejgeles, M. A., 1964: Osnovy flotacii nesul'fidnyh mineralov, Moskva.
- Ferstenau, D. W., 1957: Correlation of Contact Angles, Adsorption Density, Zeta Potential and Flotation Rate. — Trans. AIME, Vol. 208, str. 1365.
- Gaudin, A. M., 1957: Flotation, Mc Graw—Hill.
- Grigorov, O. H., 1964: Rukovodstvo k praktičeskim rabotam po koloidnoj himii, Moskva — Lenjingrad.
- Kruyt, H. R., 1952: Colloid Science I, Elsevier Pub. Co.
- Marković, S., 1959: Studija flotacionih osobina granata i distena, doktorska disertacija, Beograd.

\*) Dr ing. Dušan Salatić, asistent na Rudarsko-geološkom fakultetu, Beograd

- Modi, H. J., Fuerstenau, D. W., 1960: Flotation of Corundum on Electrochemical Interpretation. — AIME, Trans. Vol. 217, str. 381.
- Mysels, K. J., 1964: Introduction to Colloid Chemistry, New York.
- O' CONOR, D. J., 1957: Electrokinetic Properties and Surface Reactions of Scheelite. — Second inter. Congress of Surface Activity, str. 319, London.
- Riddick, T. M., 1958: Zeta Potential: New Tool for Water Treatment. — Chem. Engng, juni 26.
- Riddick, T. M., 1961: The Zeta Potential and the Zeta-Meter, Zeta-Meter Inc., New York.
- Salatić, D., 1965: Iznalaženje uslova selektivnog flotiranja monacita i cirkona u funkciji promena njihovih površina, doktorska disertacija, Beograd.





# Ispitivanje mogućnosti briketiranja koncentrata hromita iz rudnika Raduša

(sa 10 slika)

Dipl. ing. Mira Mitrović

## Uvod

Na rudnicima i industriji hroma, antimona i arsena »Raduša« vrši se koncentracija rude hromita. Finalni proizvodi klase +2 mm se odvođe na dalju metaluršku preradu i za ove postoji trajan plasman na tržištu.

Međutim, korišćenje sitnih klasa — 2+0 mm, koje se koncentrišu na klatnim stolovima i čija će godišnja proizvodnja iznositi 40.000 t, nije rešeno. Zbog toga je zaključeno da se na ovom proizvodu ispita mogućnost dobijanja briketa čiji prečnik (⊙) iznosi oko 40 mm. Takvi briketi mogu da zamene krupnu rudu i da zadovolje zahteve metalurgije.

Za izradu silikohroma koristi se u procesu ruda krupnoće — 70+40 mm, a mogao bi da se primeni i briket čiji prečnik (⊙) iznosi oko 40 mm. U proizvodnji ferohrom karbida upotrebljava se krupna ruda, klase — 200+10 mm. U ovu svrhu mogao bi da se upotrebi i briket hromita navedenih dimenzija. Prema tome, postoji mogućnost i za primenu sitnozrnih koncentrata ukoliko bi se iz istog prethodno proizveli briketi odgovarajućih osobina.

U toku svestranih ispitivanja problema okrupnjavanja sitnozrnih koncentrata hromita u Rudarskom institutu — Beograd došlo se do pozitivnih rezultata primenom raz-

nih vezivnih sredstava u procesu briketiranja.

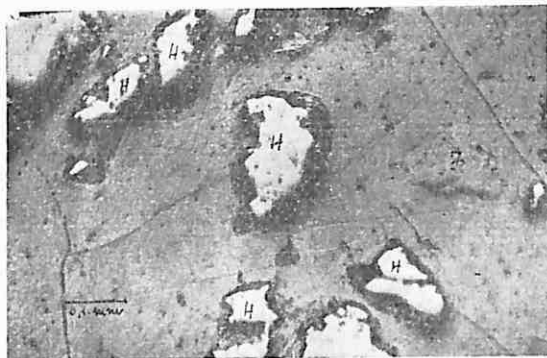
Radovi na ovim ispitivanjima su, prema postavljenom zadatku, obuhvatili:

- utvrđivanje kvaliteta i osobina hromita;
- utvrđivanje kvaliteta i osobina vezivnih sredstava;
- briketiranje hromita bez veziva;
- briketiranje hromita sa vezivnim sredstvima;
- ispitivanje kvaliteta i osobina dobijenih briketa;
- izbor i opis tehnološkog procesa briketiranja.

Briketi hromita prema zahtevu tržišta odnosno prema postavljenom zadatku treba da imaju sledeće hemijske i fizičke osobine:

- a. — sadržaj  $Cr_2O_3$  treba da iznosi u briketu minimum 48 %;
- sadržaj CaO i MgO ne sme se povećati u odnosu na sadašnji sadržaj ovog elementa u rudi i koncentratu;
- sadržaj Cr i Fe ne sme se menjati u odnosu na sadašnje učešće u rudi i koncentratu;
- sadržaj  $SiO_2$  može se malo povećati u odnosu na sadašnji sadržaj ovoga elementa u rudi i koncentratu;

- sadržaj P i S ne sme se povećavati u odnosu na sadašnji sadržaj ovih elemenata u rudi i koncentratu;
  - sadržaj štetnih materija ne sme se povećavati (na primer: alkalijski, slobodnog hlora i arsena).
- b. Čvrstina briketa — otpornost na pritisak treba da iznosi kao kod metalurškog koksa ili komadaste rude ( $120 \text{ kg/cm}^2$ ).



Sl. 1 — Jedra zrna hromita (H) i jalovine (J)  
Pov. 60 x, N II.

Fig. 1 — Hard particles of Chromite (H) and Tailings (J)  
Magn. x 60, N II.



Sl. 2 — Izlomljeno zrno hromita (H)  
Pov. 60 x, N II.

Fig. 2 — Broken Chromite particle (H)  
Magn. x 60, N II.

- c. Količina podzrna u proizvedenim briketima treba da se kreće u okviru svetskih standarda za ovakvu vrstu sirovina.
- d. Briket treba da je postojan prema atmosferilijama i da se promene karakteristika briketa pod uticajem atmosferilija kreću u okviru granica predviđenih u svetskim standardima.

- e. Briket treba da bude postojan na vatri i da se posle 2 časa žarenja na temperaturi od  $1000^{\circ}\text{C}$  ne raspada i da ne stvara mnogo proizvoda habanja (prašine).
- f. Briket treba da ima dovoljan porozitet kako bi redukcionim gasovima mogli delovati i u centru briketa.

### Uzorci za ispitivanje

Iz rudnika »Raduša« primljen je na ispitivanje reprezentativni srednji uzorak koncentrata hromita krupnoće  $-2+0 \text{ mm}$ .

Za ispitivanje su bile potrebne i druge sirovine (vezivna sredstva) i ista su dobijena od odgovarajućih proizvođača.

### Osobine koncentrata hromita

#### Mineraloški sastav

U koncentratu hromita su utvrđeni sledeći minerali: hromit, spinel, hematit, limonit, serpentini i kalcit.

Hromit se pojavljuje u zrnima raspona veličine od  $0,020-0,520 \text{ mm}$ , a najčešće se sreću zrna krupnoće  $0,240-0,280 \text{ mm}$ . Zrna su delom jedra, nepravilnog oblika sa dosta oštrim ivicama (sl. 1), a ima ih i izlomljenih sa mnoštvom pukotina koje ispunjavaju drugi minerali (sl. 2).

Veći deo — oko 90% — hromita se nalazi u obliku slobodnih zrna, a sa jalovinom se javlja u obliku inkluzija (sl. 3).

Minerali nosioci gvožđa predstavljeni su hematitom i limonitom. Oba minerala javljaju se, uglavnom, u slobodnim zrnima (sl. 4), a ređe sa mineralima jalovine.

Spinel se, kao što se na slici 4 vidi, javlja pretežno u obliku slobodnih, relativno krupnih zrna. Veličina zrna se kreće oko  $0,300 \text{ mm}$ .

Pretežni deo jalovine sačinjava serpentin, koji ili uklapa hromit, kao što prikazuje slika 3 ili se javlja u obliku slobodnih zrna čija je veličina oko  $0,350 \text{ mm}$  (sl. 5).

#### Fizičke i hemijske osobine

Fizičke i hemijske osobine su sledeće:

- sadržaj vlage 8,5%
- granulometrijski sastav je dat u sledećem tabličnom prikazu:

Veličina zrna mm	Udeo %	Σ udeo %	Srednji prečnik zrna (d') mm
— 2 +0,75	1,10	1,10	$1,375 \times 1,10 = 1.512$
— 0,75+0,60	0,52	1,62	$0,675 \times 0,52 = 351$
— 0,60+0,25	14,04	15,66	$0,425 \times 14,04 = 5.967$
— 0,25+0,20	7,04	22,70	$0,225 \times 7,04 = 1.584$
— 0,20+0,10	37,34	60,04	$0,150 \times 37,34 = 5.601$
— 0,10+0,075	12,64	72,68	$0,875 \times 12,64 = 1.106$
— 0,075	27,32	100,00	$0,037 \times 27,32 = 1.010$
	100,00		17.131

- specifična težina 4,53 g/cm<sup>3</sup>
- usipna težina 2,28 g/m<sup>3</sup>
- srednji prečnik zrna (d') 0,17 mm
- specifična spoljna površina 320 cm<sup>2</sup>/g

Ovaj parametar je izračunat po formuli W. A. n- s e l m-a

$$O = \frac{36,8 \cdot 10}{d' \cdot n \cdot s} \text{ cm}^2/\text{g},$$

gde je:

O = specifična površina;

d' = srednji prečnik zrna po E. Puffe-u;

n = tangens nagibnog ugla prave po E. Puffe-u; koeficijent za ravnomernost = 1,5;

s = specifična težina

— Hemijski sastav:

	%		%
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	47,04	CaO	0,57
SiO <sub>2</sub>	6,68	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,10
FeO	15,45	MnO	0,10
MgO	17,18	NiO	—

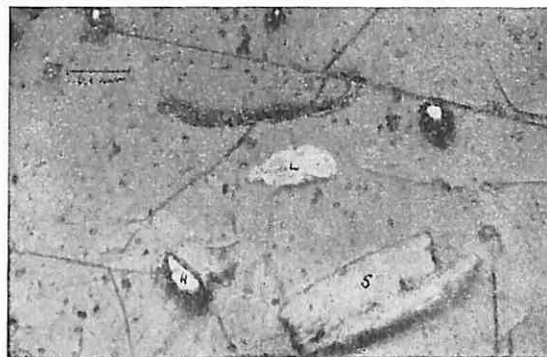
Gubitak žarenjem 2,70%

Koncentrat hromita iz rudnika »Raduša« koji je predmet ovih ispitivanja, ima:

- ukupnu vlagu 8,5%
- mineraloški sastav u kome su zastupljeni hromit, spinel, hematit, limonit, serpentin i kalcit;



Sl. 3 — Inkluzije hromita (H) u serpentinu (Sp)  
Fig. 3 — Inclusions of Chromite (H) in Serpentine (Sp)



Sl. 4 — Slobodno zrno limonita (L) i spinela (S)  
Pov. 60 x, N II.  
Fig. 4 — Liberated particle of Limonite (L) and Spinel (S)  
Magn. x 60, N II.



Sl. 5 — Slobodna zrna serpentina (Sp) i hromita (H)  
Pov. 60 x, N II.  
Fig. 5 — Liberated particles of Serpentine (Sp) and Chromite (H)  
Magn. x 60, N II.

- zrna koja su delom jedra, nepravilnog oblika i sa dosta oštrim ivicama;
- granulometrijski sastav povoljan za izradu briketa (učestće klase — 2,0+0,25 mm iznosi u koncentratu 15,66%; klasa — 0,25+0,075 mm je zastupljena sa najvećim udelom 57,02%; najsitnija zrna — 0,075+0,0 mm učestvuju u sastavu sa 27,32%);
- srednji prečnik zrna ( $\phi$ ) 0,17 mm;
- specifičnu spoljnu površinu od 320 cm<sup>2</sup>/g;
- specifičnu težinu od 4,53 g/cm<sup>3</sup>;
- usipnu težinu od 2,28 g/cm<sup>3</sup>;
- prema hemijskom sastavu: 47,04% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 15,45% FeO; 17,18% MgO; 11,10% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 6,68% SiO<sub>2</sub>; 0,57% CaO i 0,10% MnO.

#### Osobine vezivnih sredstava

Kod dobijanja briketa iz koncentrata hromita upotrebljavana su sledeća vezivna sredstva:

- sulfitna lužina, proizvod fabrike celuloze, Banja Luka, od bukovog drveta;
- smola katrana kamenog uglja, proizvod koksare »Boris Kidrič«, Lukavac;
- vodeno staklo.

U daljem tekstu dati su podaci o sulfitnoj lužini i smoli katrana kamenog uglja.

Sulfitna lužina, proizvod fabrike celuloze, Banja Luka (drvo : bukva)

#### Kvalitet:

	%		%
Sadržaj vode	45,29	Vrednost pH	1,2
Sadržaj čvrstih materija	54,71	Sumpor ukupan	3,09
Tigl koks	18,15	Sumpor vezani	0,74
Gustina (° Be)	30	Sumpor sagorljivi	2,35

#### Viskozitet po Engleru:

t =	(mlaz se prekida)
20°	
30°	6,8 <sup>0</sup>
40°	4,9 <sup>0</sup>
50°	3,4 <sup>0</sup>
60°	2,4 <sup>0</sup>
70°	1,9 <sup>0</sup>
80°	1,6 <sup>0</sup>

Smola katrana kamenog uglja, proizvod koksare »Boris Kidrič«, Lukavac

#### Kvalitet:

Tačka omekšavanja po Krämer —	
— Sarnow-u	t = 72°
Rastegljivost (duktilitet) na 62°	+100 cm
Rastvorljivost smole:	
Rastvorljivo u CS <sub>2</sub>	91%
Sadržaj vlage	$\phi$
Pepeo (na 105°)	0,17%
Isparljive materije (na 105°)	59,5%

#### Kalorična moć (na 105°C):

Gornja kalorična vrednost	8950 Kcal/kg
Donja kalorična vrednost	8680 Kcal/kg
Sadržaj ugljenika (105°)	91,8 %
Sadržaj vodonika (105°)	4,9 %
Sadržaj sagorljivog sumpora (105°)	0,67%
Sadržaj azota i kiseonika (105°)	2,2 %
Meljivost smole (Nedermann — Broche)*	
nezdrobljeno (+ 0,5 mm)	79%
izdrobljeno (— 0,5 mm)	21%

Vodeno staklo (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>), domaće proizvodnje

— sušenjem na temperaturi 105° C gubi 42,3% od težine.

#### Briketiranje koncentrata hromita

##### Opšti deo

Hromit. — Opiti su vršeni na uzorku koncentrata hromita kakav je dostavljen iz rudnika »Raduša«.

Sredstva za vezivanje. — Kao vezivna sredstva za ova ispitivanja su služili sledeći proizvodi:

— sulfitna lužina, proizvod fabrike celuloze i viskoze, Banja Luka, iz bukovog celuloznog drveta;

\*) Meljivost smole je ispitana po standardnoj metodi datoj u DIN 23081 od 1941. god. — Verlag »Glückauf«, Zapadna Nemačka.

- smola katrana kamenog uglja, proizvod koksare »Boris Kidrič«, Lukavac;
- vodeno staklo.

Sva navedena vezivna sredstva, izuzev smole, dodavana su koncentratu hromita kod opita briketiranja u tečnom stanju u težinskom učešću od 3 do 12%. Smola katrana kamenog uglja je za ovu svrhu usitnjavana do gornje granične krupnoće (ggk) od oko 1 mm i 0,25 mm i dodavana je koncentratu hromita u količini od 5—7%.

Masa (koncentrat hromita i smola), pripremljena za briketiranje, je dobro izmešana i zagrevana na temperaturi od 100°C pre izlaganja procesu presovanja. Kod opita sa sulfitnom lužinom masa je zagrevana na temperaturi od oko 60°C. Briketirana je hladna masa kod opita sa vodenim staklom.

**Kalupi.** — Za briketiranje (presovanje) su upotrebljeni metalni kalupi oblika kocke čija jedna stranica iznosi 40 mm. Kalupi su, prema potrebi, zagrevani i tada je u tople kalupe usipana masa za presovanje.

**Veličina briketa.** — Dobijeni briketi imaju oblik kocke čija stranica iznosi 40 mm, a težina oko 186 g.

**Presavanje.** — Presovanje je vršeno pomoću uređaja za ispitivanje materijala na pritisak »Baustoffprüfmaschine« BPPs 100. Pomoću ovog uređaja mogu se postići veliki pritisci presovanja. U predmetnim ispitivanjima radni pritisci su se kretali od 200—2000 kg/cm<sup>2</sup>.

**Hlađenje i očvršćavanje briketa.** — Svi briketi, izuzev onih koji su proizvedeni pomoću smole, bili su posle izrade izlagani procesu sušenja na običnoj temperaturi 24 h, a prema potrebi i nekoliko dana. Briketi dobijeni pomoću sulfitne lužine su očvršćavali u vremenu od 15' do 30' na temperaturi od 20° do 350° u struji toplog vazduha, da bi posle takvog tretmana postali postojani prema vodi. Procesu očvršćavanja podvrgavani su i briketi, dobijeni pomoću vodenog stakla, sušenjem na temperaturi od 20°—150°—200°C u struji toplog vazduha.

**Određivanje osobina briketa.** Kod briketa su ispitivane sledeće karakteristike:

- sadržaj vlage (određen prema JUS-u);

- postojanost prema vodi; ova osobina je određivana na taj način što su briketi izmereni i potpuno potapani u vodu. Prirast težine briketa, usled upijanja vode, određen je merenjem posle 24 h stajanja u vodi i izražen je u procentima od težine briketa pre potapanja u vodu;

- otpornost na pritisak (određena je na uređaju za ispitivanje materijala na pritisak »Baustoffprüfmaschine« BPPs 100);

- otpornost na pritisak posle 24 h stajanja briketa u vodi (određena na gore navedenom uređaju);

- otpornost na habanje (JUS B.H8 336; VII — 1965);

- elektroprovodljivost (određena u aparatu »Ramdohr« KL 199 za određivanje elektroprovodljivosti koksne prašine);

- postojanost na vatru posle žarenja 2 h na temperaturi od 1000°C (određena u peći za žarenje tipa »Lindberg«);

- otpornost briketa na pritisak posle 2 h žarenja na temperaturi od 1000°C (određena na već gore citiranom uređaju).

Navedene karakteristike briketa ispitivane su 24 h posle stajanja na sobnoj temperaturi ukoliko briket nije bio izlagan daljem procesu očvršćavanja.

Date su slike uspehlih briketa pre i posle 2 h žarenja na 1000°C kao i posle 24 h, stajanja u vodi.

**Briketiranje koncentrata hromita bez upotrebe vezivnih sredstava**

#### *Način rada*

Postupak briketiranja bez upotrebe veziva je razvijen u industriji i naročito je našao primenu na mlađim mrkim ugljevima. Ovaj postupak bez korišćenja vezivnih sredstava je u proizvodnji znatno jeftiniji od briketiranja sa upotrebom veziva. Međutim, što se tiče investicionih ulaganja, briketiranje bez veziva zahteva takođe velike finansijske izdatke.

Za izradu kvalitetnih briketa bez dodavanja vezivnih sredstava neophodno je potrebno obratiti pažnju na sledeće osobine sirovine, koja se tretira:

- granulometrijski sastav
- krupnoću zrna
- oblik zrna
- čvrstoću
- hemijski sastav
- strukturu
- sadržaj vlage.

Pored toga u procesu briketiranja treba voditi računa i o:

- temperaturi zagrevanja mase koja se izlaže presovanju;
- radnom pritisku odnosno veličini pritiska presovanja.

Naša laboratorijska ispitivanja su tretirala uzajamnu zavisnost između citiranih parametara i mehaničkih osobina dobijenih briketa, odnosno otpornosti na pritisak proizvedenih briketa.

Koncentrat hromita čije su osobine već opisane i na kome su ova ispitivanja izvedena, podvrgnut je u toku opita sušenju i usitnjavanju (tablica 1) i kod opita je uvek

**Tablica 1**  
Granulometrijski sastav koncentrata hromita usitnjenog do ggk 0,25 mm

Veličina zrna, mm	Udeo %	Σ udeo %
— 0,25 + 0,20	8,14	8,14
— 0,20 + 0,10	37,86	46,00
— 0,10 + 0,075	26,68	72,68
— 0,075	27,32	100,00
— 0,25 + 0,0	100,00	

menjan samo jedan parametar. Manji srednji uzorci tako pripremljenog koncentrata, težine od oko 186 g su briketirani u prethodno dovoljno zagrejanom metalnom kalupu. Radni uslovi su se odvijali shodno datom programu (tablica 2) i za celo vreme eksperimentisanja su bili približno ujednačeni. Osobine proizvedenih briketa su ispitivane nakon stajanja briketa u vremenu od 24 časa.

**Tablica 2**

Šematski prikaz metoda i postupnosti ispitivanja optimalnih uslova briketiranja bez veziva koncentrata hromita iz rudnika Raduša

Krupnoća koncentrata mm	Sadržaj vlage u koncentratu %	Temperatura zagrevanja t°	Pritisak presov. kg/cm <sup>2</sup>
— 2 + 0	8,5	100	1000
— 2 + 0	8,5	120	1000
— 2 + 0	0,25	100	1000
— 2 + 0	8,5	100	1500
— 2 + 0	8,5	120	1500
— 2 + 0	0,25	100	1500
— 2 + 0	8,5	100	2000
— 2 + 0	8,5	120	2000
— 2 + 0	0,25	100	2000
— 0,25 + 0	8,5	120	1000
— 0,25 + 0	8,5	120	1500
— 0,25 + 0	8,5	120	2000
— 0,25 + 0	0,25	100	2000

### Rezultati ispitivanja

U daljem tekstu u tablici 3 i 4 izloženi su rezultati izvedenih opita.

Izvedeni opiti i postignuti rezultati pokazuju da se iz ispitivanog koncentrata hromita ne može dobiti kvalitetan briket bez upotrebe vezivnih sredstava.

Briket bez veziva (iako dobijen iz hromita usitnjenog do ggk 0,25 mm i pod visokim pritiskom presovanja 2000 kg/cm<sup>2</sup>) ima slabe mehaničke osobine. Krt je, a pri dodiru sa vodom se vrlo brzo raspada. Otpornost na pritisak ovakvog briketa iznosi 20 kg/cm<sup>2</sup> (vidi opit br. 13, tablica 4).

Briketiranje koncentrata hromita sa vezivnim sredstvima

Postupak briketiranja mineralnih sirovina pomoću vezivnih sredstava se već duže vremena primenjuje, a uveden je u industriju za proizvodnju briketa iz sitnih vrsta visokokaloričnih goriva (antracita i drugih kamenih ugljeva), polukoksa, koksne prašine, koncentrata ruda gvožđa itd.

Ovaj proces se naročito razvio u industriji uglja u eri kada je u energetici bila

velika potražnja za komadnim kaloričnim gorivom. Pored toga postupak je primenjen:

- u proizvodnji koksa kao koks briket;
- u metalurgiji za dobijanje komadne rude gvožđa odnosno briketa iz rovne rude, koncentrata rude i raznih drugih sitnozrnih nusprodukata nosilaca gvožđa kao i koksne prašine;
- u proizvodnji specijalnih pločica iz nemetalčnih sirovina;
- u proizvodnji bezdimnog goriva odnosno bezdimnih briketa čije sagorevanje u velikim gradovima ne zagađuje vazduh kao što je slučaj kod sagorevanja drugih goriva.

Kao vezivo u procesu se koriste različita sredstva, zavisno od sirovine koja se briketira, i to:

- smola katrana kamenog uglja
- ter
- bitumen
- sulfitna lužina
- melasa
- skrob
- vodeno staklo
- krečno mleko
- bentonitne gline
- cement i dr. (vidi sl. 9 i 10).

Obično se kod izrade briketa sa vezivom upotrebljavaju niži pritisci presovanja nego što je to slučaj u proizvodnji briketa bez veziva, te su prema ovim uslovima podešeni i sami uređaji za presovanje.

Proizvodni troškovi kod ovoga postupka su usled upotrebe vezivnih sredstava visoki.

Za dobijanje kvalitetnih briketa iz neke sirovine pomoću vezivnih sredstava treba obratiti pažnju na sledeće:

- granulometrijski sastav
- krupnoću i oblik zrna
- specifičnu površinu zrna
- sadržaj vlage
- adekvatan izbor vezivnog sredstva
- količinu i krupnoću vezivnog sredstva
- radni pritisak presovanja
- temperaturu zagrevanja mase koja se izlaže presovanju
- temperaturu očvršćavanja proizvedenog briketa itd.

Tablica 3

Uslovi rada i rezultati opita briketiranja koncentrata hromita Raduša, krupnoće  $-2+0$  mm bez vezivnih sredstava

Opit broj	Sadržaj vlage u koncentratu, %	Temperatura zagrevanja °C	Pritisak presovanja kg/cm <sup>2</sup>	Otpornost briketa na pritisak kg/cm <sup>2</sup> posle 24 h
1	8,5	100	1000	oko 5
2	8,5	120	1000	oko 5
3	8,5	100	1500	oko 7
4	8,5	120	1500	oko 7
5	8,5	100	2000	oko 7
6	8,5	120	2000	oko 7
7	0,25	100	1000	oko 5—6
8	0,25	100	1500	oko 7
9	0,25	100	2000	oko 7

Napomena: Svi briketi (iz 9 opita) potopljeni u vodu se nakon 10' stajanja raspadaju.

Tablica 4

Uslovi rada i opita briketiranja koncentrata hromita Raduša, krupnoće  $-0,25+0$  mm bez vezivnih sredstava (koncentrat usitnjen do ggk 0,25 mm)

Opit br.	Sadržaj vlage u koncentratu, %	Temperatura zagrevanja °C	Pritisak presovanja kg/cm <sup>2</sup>	Otpornost briketa na pritisak kg/cm <sup>2</sup> posle 24 h
10	8,5	120	1000	oko 5
11	8,5	120	1500	oko 5
12	8,5	120	2000	oko 10
13	0,25	100	2000	oko 20

Napomena: I briketi iz gornja 4 opita se raspadaju posle 10' stajanja u vodi.

Fizičke osobine briketa, izrađenog po ovom postupku, zavise od granulometrijskog sastava i krupnoće mineralne sirovine, od količine i vrste veziva i od radnog pritiska presovanja.

## Briketiranje sa sulfitnom lužinom

### Način rada

Masa sačinjena od tačno izmerenih količina koncentrata hromita i veziva sulfitne lužine je dobro izmešana i zagrevana na temperaturi od oko 60°C. Posle toga je usuta u metalne kalupe, takođe zagrevane na 60°C, čije su dimenzije već ranije opisane. Koncentrat hromita je za ove opite podvrgnut procesu sušenja do oko 0,25% vlage. Sulfitna lužina je dodavana u količini od 3 do 9%. Pritisak presovanja je iznosio od 200 do 600 kg/cm<sup>2</sup>. Za vreme opita je uvek menjan samo jedan parametar i radni uslovi su bili približno ujednačeni za sve opite. Dobijeni briketi su usled nepostojanosti prema vodi — atmosferilijama bili izlagani procesu sušenja u struji toplog vazduha na različitim temperaturama (od 20° do 320°C) u vremenu od 15' do 120'. Kvalitet dobijenih briketa je praćen samo određivanjem čvrstine briketa na pritisak. Ukoliko je ovaj parametar pokazivao zadovoljavajuće rezultate, određivane su i ispitivane i druge osobine briketa.

Uslovi rada i rezultati izvršenih opita briketiranja su sređeni i izloženi u vidu tablica.

Izvedeno je oko 40 opita briketiranja. Prikazani su rezultati 27 odabranih opita. Kod opita je naročitu poteškoću stvaralo iznalaženje adekvatne temperature i vremena sušenja proizvedenih briketa.

### Rezultati ispitivanja

U tablicama 5, 5a, i 5b daju se uslovi rada i rezultati 27 opita briketiranja.

Iz tablica 5, 5a i 5b, gde su prikazani uslovi pod kojima su izvedeni laboratorijski opiti briketiranja koncentrata hromita sa sulfitnom lužinom kao i dobijeni rezultati, vidi se da se pomoću ovoga vezivnog sredstva mogu dobiti briketi čije osobine ispunjavaju uslove koji su postavljeni u zadatku ove studije.

Rezultati izvršenih opita pokazuju kako sledi:

— da je za dobijanje kvalitetnog briketa potrebno koncentrat hromita sušiti do sadržaja vlage od oko 0,25%; ukoliko se briketira hromit sa većim sadržajem vlage, dobija se briket čije mehaničke oso-

bine ne zadovoljavaju (opit br. 22 i br. 23). Ovakve brikete treba pažljivo odvoditi iz presa i izlagati duže vremena procesu sušenja — očvršćavanja. Kod opita br. 22 proces sušenja je trajao 15' i izveden je na temperaturi od 150°. Otpornost na pritisak, na opisani način proizvedenog briketa, iznosi svega 35 kg/cm<sup>2</sup>. Međutim, ukoliko se ovakav briket izloži sušenju na istoj temperaturi (150°C) samo još 15' (vidi opit br. 23) briket dobija veću otpornost na pritisak (312 kg/cm<sup>2</sup>). No, i pored toga što je ovakav briket čvrst i ima dobre fizičke osobine još uvek ne poseduje osobine koje sprečavaju njegovo raspadanje u vodi. U svakom slučaju koncentrat hromita mora biti dobro osušen, da se ne bi briketi, dobijeni pomoću sulfitne lužine, koja sadrži oko 45% vode, odmah po izlasku iz prese raspadali. Naročito treba voditi računa da sulfitna lužina nema veći sadržaj vode (preko 45%), jer u takvom slučaju briketi ne bi pre sušenja sačuvali oblik koji su dobili u uređajima za presovanje;

- da je za kvalitet hromita (krupnoća, granulometrijski sastav, specifična površina i dr.), koji je predmet ovih ispitivanja, za vezivanje dovoljno 7% sulfitne lužine čiji su osobine već izložene;
- da je za dobijanje kvalitetnog briketa potrebno primeniti radni pritisak presovanja od 30 do 400 kg/cm<sup>2</sup> zavisno od toga kakva se čvrstoća briketa posle 2 h žarenja na temperaturi od 1000° C želi postići;
- da briketi koji su sušeni i očvršćavani na temperaturi ispod 320° C, iako imaju vrlo dobru čvrstoću — otpornost na pritisak do oko 390 kg/cm<sup>2</sup> (opit 13), ipak nisu otporni prema uticaju atmosferilija; popljeni u vodu ovakvi briketi se odmah raspadaju. Međutim, ukoliko se briketi suše i očvršćavaju na temperaturi od 320° C u struji toplog vazduha u trajanju do oko 30' postaju otporni prema vodi, te se i posle 24 h stajanja (potpuno popljeni) u vodi ne raspadaju, zadrže oblik, upijaju do oko 5,2% vode i posle toga imaju otpornost na pritisak oko 190 kg/cm<sup>2</sup> — vidi opit 5 (komadni metalurški koks ima oko 120 kg/cm<sup>2</sup> otpornost na pritisak);



Tablica 5

Uskovi rada i rezultati opta briketiranja koncentrata hromita klase —2 + 0 mm sa sulfitnom lužinom

Opit br.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Vezivo: sulfitna lužina (učesće %)	9	8	7	7	7	7	7	7	7
Vlaga u koncentratu za briketiranje %	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Radni pritisak kg/cm <sup>2</sup>	600	600	500	400	400	400	300	200	200
Vlaga u briketu % (odmah posle dobijanja)	3,2	2,8	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Sušenje briketa:	nije sušen nije sušen								
Vreme (minuta ')	—	—	24 h	30'	30'	30'	30'	30'	30'
Temperatura t°	—	—	20°	220°	320°	275°	320°	320°	350°
Vlaga u briketu posle sušenja %	—	—	—	—	0,32	—	0,32	—	—
Otpornost briketa na pritisak kg/cm <sup>2</sup>	odmah se raspada	odmah se raspada	100	350	350	237	280	244	238
Otpornost briketa na habanje %	—	—	—	—	1,4	—	1,5	1,51	1,50
Elektroprovodljivost	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Briket posle h stajanja u vodi	—	—	odmah se raspada	odmah se raspada	dobro se drži	posle 1 h se raspada	dobro se drži	dobro se drži	dobro se drži
Osobine briketa posle 24 h stajanja u vodi									
Upijena voda %	—	—	—	—	5,2	—	5,5	8,0	7,7
Otpornost na pritisak kg/cm <sup>2</sup>	—	—	—	—	190	—	100	63	67
Postojanost na vatri	—	—	—	—	dobra	—	dobra	dobra	dobra
(žarenje 2 h na 1000°C)									
Gubitak žarenjem %	—	—	—	—	7,7	—	7,6	7,6	7,7
Otpornost na pritisak kg/cm <sup>2</sup>	—	—	—	—	75	—	66	37	37

Napomena: Masa za presovanje je zagrevana na temperaturi od oko 60°C  
 Elektroprovodljivost: briketi daju vrlo veliki otpor (ohm mm<sup>2</sup>/m)

Uslovi rada i rezultati opta briketiranja koncentrata hromita, klasa -2+0 mm sa sulfitnom lužinom

Tablica 5a

Opit br.	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Vezivo: sulfitna lužina (učešće %)	6	5	5	5	5	5	5	5	4	4
Vlaga u koncentratu za briketiranje %	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	5,2	0,25
Radni pritisak kg/cm <sup>2</sup>	400	400	400	400	400	400	400	300	500	400
Vlaga u briketu % (odmah posle dobijanja)	2,2	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	6,8	1,5
Sušenje briketa:									odmah se raspada	
Vreme (minuta')	30'	15'	30'	60'	120'	15'	30'	15'	—	15'
Temperatura t°	320°	120°	120°	120°	120°	150°	320°	150°	—	120°
Otpornost briketa na pritisak kg/cm <sup>2</sup>	250	114	312	312—393	334	306	230	275—347	—	203—210
Otpornost briketa na habanje %	—	—	—	—	—	2,0	—	—	—	—
Elektroprovodljivost	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Briket posle h stajanja u vodi	posle 24 h odmah se raspadu	posle 24 h odmah se raspadu	posle 24 h odmah se raspadu	posle 24 h odmah se raspadu	posle 24 h odmah se raspadu	posle 24 h odmah se raspadu	posle 24 h odmah se raspadu	posle 24 h odmah se raspadu	posle 24 h odmah se raspadu	odmah se raspadu
Osobine briketa posle 24 h stajanja u vodi	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Upijena voda %	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Otpornost na pritisak kg/cm <sup>2</sup>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Postojanost na vatri	dobra	—	—	—	—	—	—	—	—	—
(žarenje 2 h na 1000°C)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Gubitak žarenjem %	6,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Otpornost na pritisak kg/cm <sup>2</sup>	75	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Napomena: Masa za presovanje je zagrevana na temperaturi od oko 60°C  
 Elektroprovodljivost: briketi daju (pokazuju) vrlo veliku vrednost — otpor (ohm mm<sup>2</sup>/m)

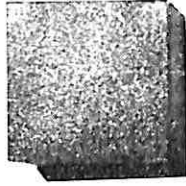
Tablica 5b

Uslovi rada i rezultati opita briketiranja koncentrata hromita, klasa — 2 + 0 mm sa sulfitnom lužinom

Opit br.	20	21	22	23	24	25	26	27
Veživo: sulfitna lužina (učesće %)	4	4	4	4	4	4	3	3
Vlaga u koncentratu za briketiranje %	0,25	0,25	3,2	3,2	0,25	0,25	0,25	0,25
Radni pritisak kg/cm <sup>2</sup>	400	400	400	400	400	300	500	400
Vlaga u briketu % (odmah posle dobijanja)	1,5	1,5	4,9	4,9	1,5	1,5	1,6	1,6
Sušenje briketa								
Vreme (minuta ')	30'	15'	15'	30'	30'	15'	15'	15'
Temperatura t°	120°	150°	150°	150°	320°	150°	150°	150°
Otpornost briketa na pritisak kg/cm <sup>2</sup>	267—287	265—300	35	312	216	200	210	200
Otpornost briketa na habanje %	—	—	—	—	—	3,5	—	—
Elektroprovodljivost	—	—	—	—	—	—	—	—
Briket posle h stajanja u vodi	odmah se raspada	odmah se raspada	odmah se raspada	odmah se raspada	dobro se drži	odmah se raspada	odmah se raspada	odmah se raspada
Osobine briketa posle 24 h stajanja u vodi	—	—	—	—	—	—	—	—
Upijena voda %	—	—	—	—	7,5	—	—	—
Otpornost na pritisak kg/cm <sup>2</sup>	—	—	—	—	90	—	—	—
Postojanost na vatri	—	—	—	—	dobra	dobra	—	—
(žarenje 2 h na 1000°C)	—	—	—	—	—	—	—	—
Gubitak žarenjem %	—	—	—	—	4,8	4,9	—	—
Otpornost na pritisak kg/cm <sup>2</sup>	—	—	—	—	56	53	—	—

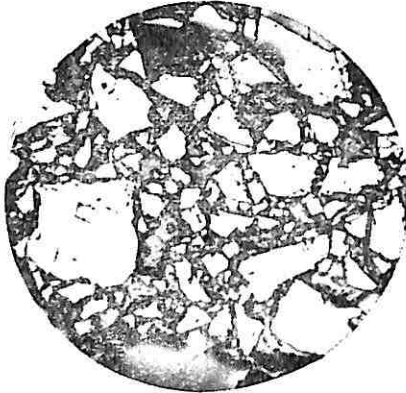
Napomena: Masa za presovanje je zagrevana na temperaturi od oko 60° C

Elektroprovodljivost: briketi daju (pokazuju) vrlo veliku vrednost — otpor (ohm mm<sup>2</sup>/m)



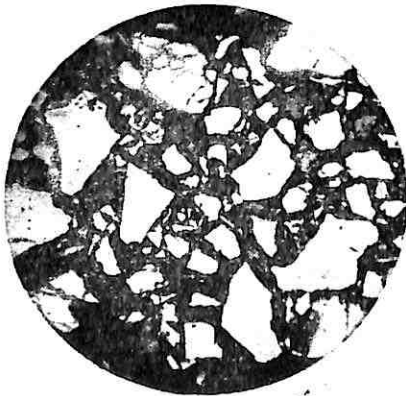
Sl. 6 — Briket posle dobijanja  
(opit br. 5)

Fig. 6 — Briquette after obtaining  
(Test No 5)



Sl. 6 a — Raspored agregata u briketu  
(bez analizatora, povećanje 45 x)  
Opit br. 5 — briket posle dobijanja.  
Povoljan raspored agregata i povoljna količina veziva.  
Debljina veziva ne prelazi 0,02 mm.

Fig. 6 a — Grain distribution in briquette  
(without analyst device, magn. x 45)  
Test No 5 — briquette after obtaining  
Satisfactory grain distribution and satisfactory quantity  
of bonding agents. Layer of bonding agent up to 0,02 mm.

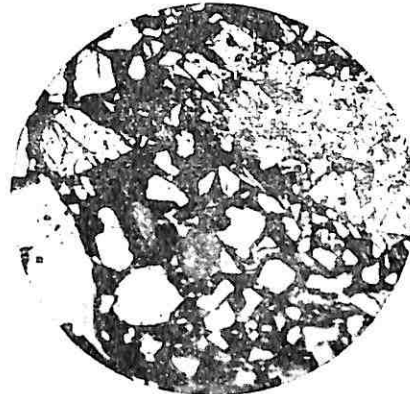


Sl. 6 c — Povoljan raspored agregata u briketu  
(bez analizatora, povećanje 45 x)  
Opit br. 5 — briket posle dobijanja.

Fig. 6 c — Favourable grain distribution in briquette  
(without analyst device, magn. x 45)  
Test No 5 — briquette after obtaining

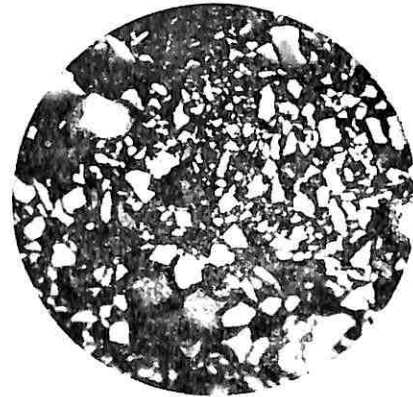
— da su briketi dobijeni sa sulfidnom lužinom postojani na vatri; da posle dva sata žarenja na temperaturi od 1000° C gube oko 8% od težine i da posle žarenja imaju otpornost na pritisak oko 75 kg/cm<sup>2</sup> (vidi opit 5);

— da ovakvi briketi kod propuštanja struje pokazuju vrlo veliku vrednost za otpor izražen u ohm mm<sup>2</sup>/m;



Sl. 6 b — Kataklizirano krupno zrno hromita, prsline ispunjene vezivnom masom  
(bez analizatora, povećanje 45 x)  
Opit br. 5 — briket posle dobijanja.  
Delimično ili potpuno ispunjavanje otvorenih pukotina. Meduprostori agregatnih zrna ispunjeni su u potpunosti vezivom. Moglo bi se koristiti nešto manje veziva.  
Raspored agregata nepovoljan

Fig. 6 b — Cataclastic coarse chromite grain; microfracture with bonding agents  
(without analyst device, magn. x 45)  
Test No 5 — briquette after obtaining



Sl. 6 d — Neravnomeran raspored agregata u briketu. Grupisanje sitnih zrna i grudvasta nagomilavanja najsitnijih frakcija (Potrebno je intenzivno mešanje mase za briketiranje)  
(bez analizatora, povećanje 45 x)  
Opit br. 5 — briket posle dobijanja.

Fig. 6 d — Unequal grain distribution in briquette. Forming of fine size grains in balls of the finest size grains (intense mass mixing for briquetting is needed)  
(without analyst device, magn. x 45)  
Test No 5 — briquette after obtaining

- da se upotrebom sulfidne lužine kao vezivnog sredstva povećava sadržaj sagorljivog sumpora u briketu hromita za 0,16%;
- da se za proizvodnju kvalitetnog briketa (kakav je uslovljen u zadatku ovih ispitivanja) pomoću sulfidne lužine moraju primeniti uslovi, dati kod opita br. 5 i br. 7, a shodno šemi tehnološkog procesa briketiranja na sl. 9 tj.

sadržaj vlage u hromitu 0,25%  
 učešće sulfidne lužine 7%  
 masa za presovanje se zagreva na 60° C  
 pritisak presovanja 400—300 kg/cm<sup>2</sup>  
 očvršćavanje briketa 30' na 320° C

- da kvalitetni briketi, proizvedeni pomoću sulfidne lužine, imaju sledeće osobine:

sadržaj vlage 0,32%  
 otpornost na pritisak 280—350 kg/cm<sup>2</sup>  
 procenat habanja 1,5—1,4%  
 veliki otpor za elektroprovodljivost (ohm mm<sup>2</sup>/m).

Dobro se drže posle 24 h stajanja u vodi; (upijaju oko 5,5% vode i imaju posle toga otpornost na pritisak od 100—190 kg/cm<sup>2</sup>)

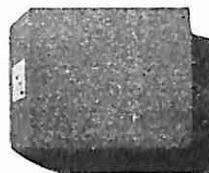
postojani su na vatri (gube žarenjem od težine oko 7,7% i imaju posle žarenja otpornost na pritisak 66—75 kg/cm<sup>2</sup>)  
 hemijski sastav: približno jednak hemijskom sastavu koncentrata hromita (vidi slike br. 6, 7, 8, 6a, 6b, 6c, 6d).

## Briketiranje sa vodenim staklom

### Način rada

Izmerena količina koncentrata i veziva — vodenog stakla je intenzivno mešana (na hladno) na običnoj sobnoj temperaturi i usipana u metalne kalupe, takođe hladne. Za opite je upotrebljavan koncentrat hromita, osušen do sadržaja vlage od oko 0,25%. Vodeno staklo je dodavano u količini od 8—12%, tako da je shodno količini veziva i sadržaj vlage u masi za briketiranje iznosio od 5,09% do 8,24%. Ukoliko se koncentratu dodaje veća količina vodenog stakla masa za briketiranje poprima oblik tečne kaše tako da briketi po izlasku iz uređaja za presovanje ne mogu da održe oblik nego se, pre nego dospiju na sušenje i očvršća-

vanje raspadaju. Pritisak presovanja mase za briketiranje se kretao od 200—400 kg/cm<sup>2</sup>. Kod izvođenja opita menjan je uvek samo jedan parametar i radni uslovi su bili prilično ujednačeni. Proizvedeni briketi su usled slabe čvrstoće i nepostojanosti prema at-



Sl. 7 — Briket posle 24 h stajanja u vodi (opit br. 5)

Fig. 7 — Briquette after 24 hours of wetting (Test No 5)



Sl. 8 — Briket posle 2 h žarenja na 1000° C (opit br. 5)

Fig. 8 — Briquette after two hours of ignition, at temperature 1000° C (Test No 5)

mosferilijama izlagani procesu sušenja i očvršćavanja u struji toplog vazduha na različitim temperaturama (150°—320°) u vremenu od 30' do 60'. Kvalitet dobijenih briketa je praćen samo određivanjem otpornosti briketa na pritisak. Ukoliko je ovaj parametar zadovoljavao ispitivana su i druga svojstva briketa. Uslovi rada i dobijeni rezultati izvedenih opita briketiranja pomoću vodenog stakla su sređeni u vidu tablice. Izvršeno je više opita. Prikazani su rezultati 11 opita.

### Rezultati ispitivanja

U tablici 6 u daljem tekstu dati su uslovi rada i rezultati 11 opita briketiranja.

Rezultati opita briketiranja hromita pomoću veziva, vodenog stakla, kao i uslovi pod kojima su ovi opiti izvedeni ukazuju na mogućnost proizvodnje briketa i sa ovim vezivnim sredstvom.

**Tablica 6**  
**Uslovi rada i rezultati opita briketiranja koncentrata hromita, klase — 2+0 mm sa vodenim stakdom (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>)**

Opit br.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Vezivo: vodeno staklo (učešće %)	12	10	10	9	9	8	8	8	8	8	8
Vlaga u masi za briketiranje %	8,24	7,06	7,06	6,14	6,14	5,09	5,09	5,09	5,09	5,09	5,09
Radni pritisak kg/cm <sup>2</sup>	400	400	300	300	200	400	400	400	30	300	200
Vlaga u briketu % (odmah posle dobijanja)	8,24	7,06	7,06	6,14	6,14	5,09	5,09	5,09	5,09	5,09	5,09
Sušenje briketa: Vreme (minuta ')	30'	30'	60'	30'	30'	30'	60'	60'	60'	30'	60'
Temperatura t°	150°	150°	200°	150°	150°	150°	150°	200°	200°	320°	200°
Vlaga u briketu posle sušenja %	—	—	0,28	—	—	—	—	—	—	0,20	—
Otpornost briketa na pritisak kg/cm <sup>2</sup>	400	190—216	256	89	87	100	144	207	181	142	175
Otpornost briketa na habanje %	—	—	1,3	—	—	—	—	0,9	1,3	1,4	2,5
Elektroprovodljivost	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Briket posle h stajanja u vodi	ne ras- pada se	ne ras- pada se	ne ras- pada se	ne ras- pada se	ne ras- pada se	ne ras- pada se	ne ras- pada se	ne ras- pada se	ne ras- pada se	ne ras- pada se	ne ras- pada se
Briket posle 24 h stajanja u vodi	ne ras- pada se	ne ras- pada se	ne ras- pada se	ne ras- pada se	ne ras- pada se	ne ras- pada se	ne ras- pada se	ne ras- pada se	ne ras- pada se	ne ras- pada se	ne ras- pada se
Upijena voda %	—	—	8,0	12,5	12,0	—	—	6,5	7,12	8,5	7,9
Otpornost na pritisak kg/cm <sup>2</sup>	190	—	119	6,6	6,7	—	—	76	56	87	44
Postojanost na vatri (žarenje 2 h na 1000°C)	—	—	dobro se drži	—	—	—	—	dobro se drži	dobro se drži	dobro se drži	dobro se drži
Gubitak žarenjem %	—	—	2,2	—	—	—	—	2,0	2,0	2,4	2,0
Otpornost na pritisak kg/cm <sup>2</sup>	—	—	100	—	—	—	—	119	118	94	100

**Napomena:** Po izlasku iz prese briketi moraju pažljivo da se odvođe, jer se vrlo lako raspadaju pre izlažanja procesu očvršćavanja. Briketiranje je vršeno na hladnoj masi.

Iz postignutih rezultata se vidi:

- da je za proizvodnju briketa iz koncentrata hromita, koji je predmet ove studije, neophodno važno sušiti koncentrat do oko 0,20% vlage prije izlaganja procesu briketiranja. Ovo je naročito važno, jer, ukoliko briketi sadrže nešto više vlage po izlasku iz prese, postoji opasnost da nastane veća količina proizvoda habanja;
- da je upotrebljena količina vodenog stakla (8%) minimalno potrebna i da će uticati na sadržaj alkalija u hromitu;
- da je za dobijanje briketa (traženih fizičkih osobina) iz koncentrata hromita pomoću vodenog stakla potrebno usvojiti sledeće uslove izrade:  
sadržaj vlage u koncentratu: 0,28%  
količina vodenog stakla: 8%  
pritisak presovanja: 200—300 kg/cm<sup>2</sup>  
masa za presovanje mora biti hladna  
očvršćavanje — sušenje briketa treba vršiti na temperaturi od 200° do 320° a u vremenu od 60' do 30'.  
Tehnološki proces briketiranja bi se odvijao kao na šemi na sl. 9, samo što bi se briketiranje vršilo na hladno;
- da kvalitetni briketi, dobijeni pomoću vodenog stakla, imaju sledeće karakteristike:  
sadržaj vlage (posle sušenja): 0,20% do 0,28%  
otpornost na pritisak (posle sušenja): 142—175 kg/cm<sup>2</sup>  
procenat habanja: 1,4—2,5%  
hemijski sastav briketa: povećava se sadržaj Si (silicijuma) i Na (natrijuma) dobro se drže posle 24 h stajanja u vodi (upijaju 7,9—8,5% vode i imaju posle toga otpornost na pritisak od 44—87 kg/cm<sup>2</sup>)  
postojani su na vatri;  
(gube žarenjem 2 h na 1000° C od težine 2,0—2,4% i imaju posle žarenja otpornost na pritisak 94—100 kg/cm<sup>2</sup>; vidi opit br. 3, br. 10 i br. 11, tablica 6).

**Briketiranje sa smolom  
katrana kamenog uglja**

*Način rada*

Kod ovih ispitivanja je određena količina koncentrata hromita i smole katrana

kamenog uglja dobro mešana i zagrevana na 100° C. Smola je prethodno usitnjavana (kako je to već ranije rečeno) do gornje granične krupnoće od oko 1 mm. Koncentrat hromita je, pre mešanja i zagrevanja sa smolom, sušen do sadržaja vlage od oko 0,25%. Briketiranje je vršeno sa toplom masom i u toplim metalnim kalupima. Smola je dodavana u količini od 5—7%. Opiti su izvođeni sa pritiskom presovanja od 200 do 600 kg/cm<sup>2</sup>. Za vreme opita uslovi rada su bili, uglavnom, jednaki i uvek je menjan samo jedan od najvažnijih parametara. Briketi su posle izrade bili sušeni na sobnoj temperaturi. Na dobijenim briketima je prvo određivana otpornost na pritisak. Posle toga su ispitivane i druge osobine ali samo kod briketa koji su imali dobru otpornost na pritisak. Izvršeno je više opita. Za deset odabranih opita su sređeni podaci o uslovima rada i postignutim rezultatima. Podaci su prikazani u vidu tablice.

*Rezultati ispitivanja*

U tablici 7 i u daljem tekstu izloženi su uslovi rada i rezultati opita briketiranja.

Vezivno sredstvo smola katrana kamenog uglja omogućuje takođe, kao i druga već upotrebljena sredstva, dobijanje briketa iz koncentrata hromita.

Dobijeni rezultati pokazuju:

- da je koncentrat hromita potrebno pre briketiranja dobro osušiti;
- da su briketi dobijeni pomoću ovog veziva vrlo otporni prema atmosferilijama, ali da posle 2 h žarenja na 1000° C nemaju takvu čvrstoću (otpornost na pritisak) kakvu imaju briketi dobijeni pomoću sulfitne lužine i vodenog stakla;
- da za izradu briketa (traženih osobina) pomoću smole katrana kamenog uglja treba primeniti sledeće uslove, shodno šemi tehnološkog procesa datoj na sl. 10;  
sadržaj vlage u koncentratu: 0,25%  
količina smole katrana kamenog uglja: 7%  
pritisak presovanja: 500 kg/cm<sup>2</sup>  
masa za presovanje mora biti dobro izmešana i zagrejana na oko 100° C  
smola mora biti usitnjena do ggk 1 mm
- da kvalitetni briketi, dobijeni pomoću ovoga veziva, imaju sledeća svojstva:  
sadržaj vlage: 0,20%

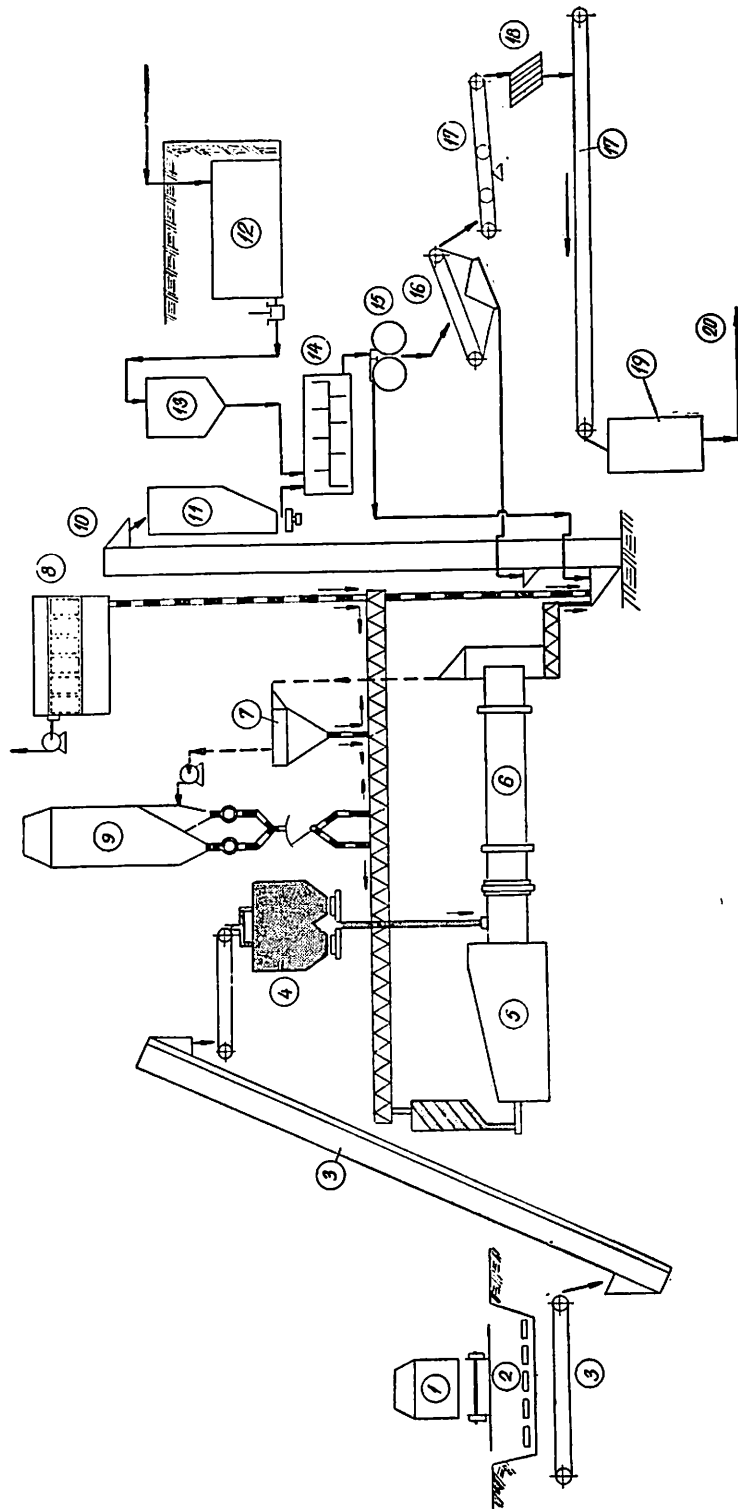
Tablica 7

Uslovi rada i rezultati opita briketiranja koncentrata hromita, klasa —2+0 mm sa smolom katrana kamenog uglja

Opit br.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Vezivo: smola (učešće %)	5	5	6	7	7	7	7	7	7	7
Vlaga u masi za briketiranje %	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	3,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Radni pritisak tkg/cm <sup>2</sup>	500	600	500	600	500	500	400	300	200	500
Vlaga u briketu %	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	3,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Otpornost brik. na pritisak kg/cm <sup>2</sup>	194	225	213	275	272	175	225	220	200	265
Otpornost brik. na habanje %	—	—	—	—	—	—	—	2,6	2,8	1,6
Elektroprovodljivost	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Briket posle 24 h stajanja u vodi	ne ras-pada se	ne ras-pada se	ne ras-pada se	ne ras-pada se	ne ras-pada se	ne ras-pada se	ne ras-pada se	ne ras-pada se	ne ras-pada se	ne ras-pada se
Osobine briketa posle 24 h stajanja u vodi	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Upijena voda %	—	—	—	—	—	—	—	0,97	0,97	1,2
Otpornost na pritisak kg/cm <sup>2</sup>	—	—	—	—	—	—	—	180	150	190
Postojanost na vatri (žarenje 2 h na 1000°C)	—	—	—	—	drži se	—	—	drži se	drži se	drži se
Gubitak žarenjem %	—	—	—	—	—	—	—	9,0	9,0	8,7
Otpornost na pritisak tkg/cm <sup>2</sup>	—	—	—	—	22	—	—	6,0	3	29

Napomena: Masa pripremljena za presovanje je zagrevana na temperaturi od 100°C

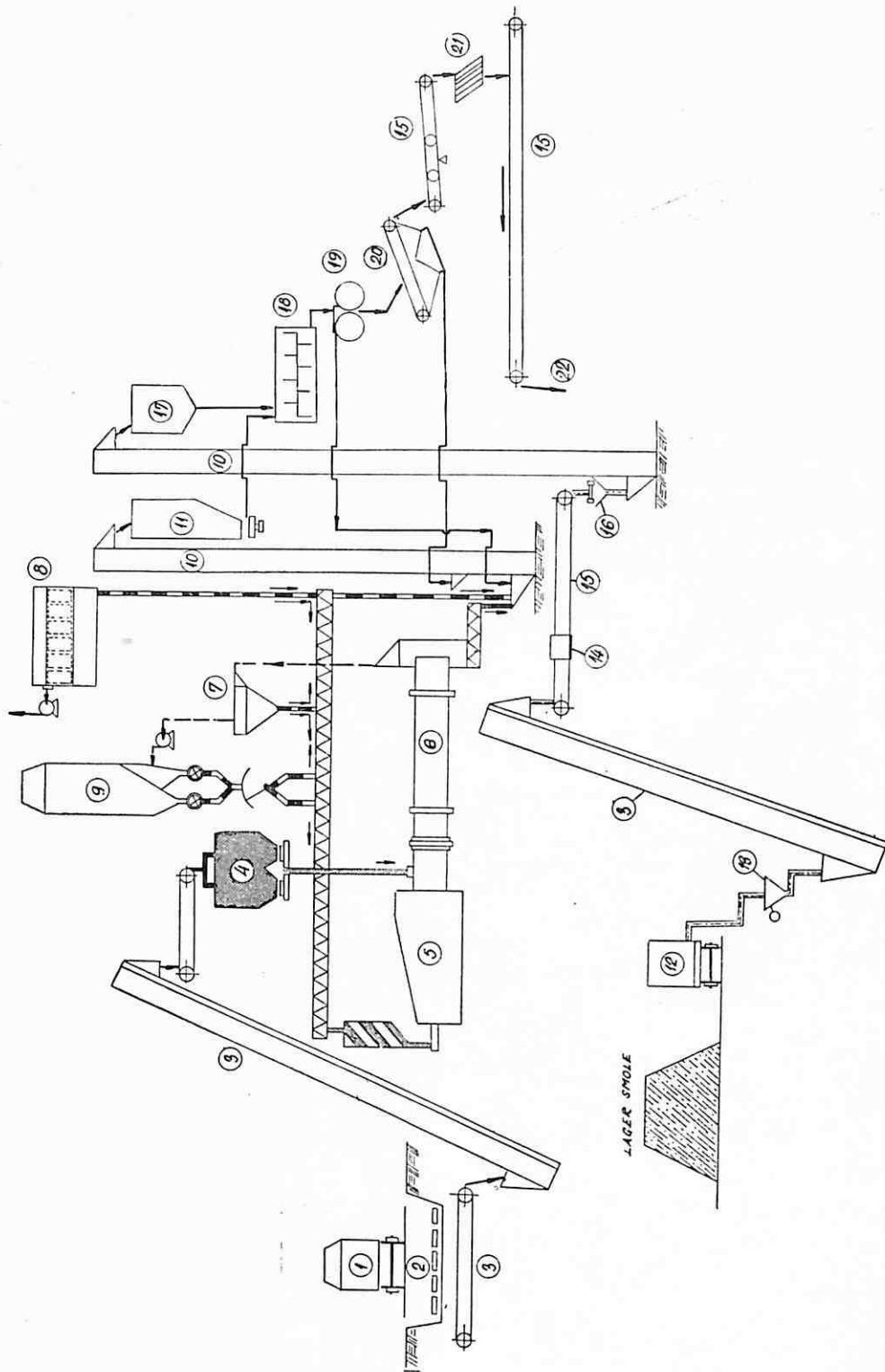




Sl. 9 — Šema tehnološkog procesa briketiranja koncentrata hromita pomoću sulfite lužine.

Legenda: 1 — vagoneti sa koncentratom; 2 — bunker za uređajem za doziranje; 3 — transportne trake; 4 — prihvatni bunker za koncentrat; 5 — ložište sušare; 6 — sušara; 7 — uređaj za otprašivanje; 8 — filter za otprašivanje; 9 — elektrofilter za otprašivanje; 10 — elevator; 11 — prihvatni bunker; 12 — rezervoar za lužinu; 13 — prihvatni rezervoar za lužinu; 14 — mešalica — gnjetalica; 15 — prese za briketiranje; 16 — žičani transporter; 17 — gumena transportna traka; 18 — rešetka; 19 — očvršćavajuje briketa; 20 — na ulovar.

Fig. 9 — Flowsheet of chromite concentrate briquetting using sulphite liquor.



Sl. 10 — Sema tehnološkog procesa briketiranja koncentrata hromita pomoću smole katrana kamenog uglja.

Legenda: 1 — vagoneti sa koncentratom; 2 — bunker za koncentrat sa uređajem za doziranje; 3 — transportne trake; 4 — prihvatni bunker za koncentrat; 5 — ložište sušare; 6 — sušara; 7 — uređaj za otprašivanje; 8 — filter za otprašivanje; 9 — elektrofiter za otprašivanje; 10 — elevator; 11 — prihvatni bunker; 12 — vagoneti sa smolom; 13 — željezna drobilica; 14 — vaga; 15 — gumena transportna traka; 16 — drobilica Kolerang; 17 — prihvatni rezervoar za smolu; 18 — mešalica — gnjetalica; 19 — prese za briketiranje; 20 — žičani transporter; 21 — rešetka; 22 — na utovar.

Fig. 10 — Flowsheet of chromite concentrate briquetting using coal-tar pitch

otpornost na pritisak: 265—272 kg/cm<sup>2</sup>  
procenat habanja: 1,6%

dobro se drže posle 24 h stajanja u vodi (upijaju 1,2% vode i imaju posle toga otpornost na pritisak 190 kg/cm<sup>2</sup>)

hemijski sastav: približno jednak hemijskom sastavu koncentrata hromita

ne raspadaju se na vatri, ali nisu posle žarenja mnogo čvrsti (gube žarenjem 2 h na 1000°C od težine 8,7% i imaju posle žarenja otpornost na pritisak 22—29 kg/cm<sup>2</sup>; vidi opit br. 5 i br. 10, tablica 7).

### Zaključak

Ispitana je u laboratorijskom obimu mogućnost dobijanja briketa iz sitnozrnog koncentrata hromita iz rudnika Raduša. Opiti briketiranja su vršeni bez veziva i pomoću vezivnih sredstava. Kod opita briketiranja bez primene veziva su dobijeni negativni rezultati. Kao vezivo upotrebljena je sulfitna lužina, vodeno staklo i smola katrana kame-nog uglja. Sva tri vezivna sredstva su u procesu briketiranja dala pozitivne rezultate. Međutim, upotreba sulfitne lužine je najpo-voljnija i daje najkvalitetnije brikete što pokazuju i poređenja prikazana na tablici 8 i tablici 9.

Briketi dobijeni pomoću sulfitne lužine i vodenog stakla su vrlo čvrsti posle žarenja na 1000°C, dok to nije slučaj sa briketima proizvedenim pomoću smole. Briketi dobijeni pomoću smole su vrlo otporni prema vodi i imaju, što se ovog parametra tiče, najbolje osobine. Međutim, briketi izrađeni pomoću sulfitne lužine imaju osobine koje

ispunjavaju zahteve kako u pogledu žarenja na 1000°C i otpornosti prema atmosferili-jama tako i u pogledu hemijskog sastava.

Iz već izloženih podataka se vidi da je najpovoljniji proces briketiranja za koncentrat hromita iz rudnika Raduša proces po-moću veziva sulfitna lužina.

Ovaj postupak (vidi sl. 9) se sastoji iz sledećih faza:

- transport koncentrata hromita
- sušenje koncentrata hromita
- usisavanje prašine i para nastalih u procesu sušenja i briketiranja hromita
- doziranje koncentrata hromita i zagre-jane sulfitne lužine (60°C)
- mešanje koncentrata i sulfitne lužine na temperaturi od 60°C
- presovanje mase na 60°C u brikete
- transport briketa
- očvršćavanje briketa sušenjem na tempe-raturi od 320°C u vremenu od oko 30'
- transport i utovar gotovih briketa.

Uslovi briketiranja Tablica 8

Vezivo	Sulfitna lužina	Vodeno staklo	Smola katrana kam. uglja
Količina veziva %	7	8	7
Radni pritisak kg/cm <sup>2</sup>	300—400	200—300	500—300
Sušenje koncentrata hromita	da	da	da
Zagrevanje mase za briketiranje	da	ne	da
Očvršćavanje briketa	da	da	ne

Osobine briketa

Tablica 9

Vezivo	Sulfitna lužina	Vodeno staklo	Smola katrana kam. uglja	
Vlaga %	0,32	0,20—0,28	0,20	0,20
Otpornost na pritisak kg/cm <sup>2</sup>	280—350	142—175	265—272	220
Procenat habanja %	1,5—1,4	1,4—1,5	1,6	2,6
Posle 24 h stajanja u vodi:				
upijena voda %	5,5	7,9—8,5	1,2	0,97
otpornost na pritisak kg/cm <sup>2</sup>	100—190	44—87	190	180
Posle 2 h žarenja na 1000°C				
gubitak žarenjem %	7,7	2,0—2,4	8,7	9,0
otpornost na pritisak kg/cm <sup>2</sup>	66—75	94—100	22—29	6—9
Hemijski sastav	neznatno se menja	menja se	neznatno se menja	

Radi poređenja na sl. 10 nalazi se i šema tehnološkog procesa briketiranja koncentrata hromita pomoću smole katrana kamenog uglja.

Za donošenje definitivne odluke o primeni briketa hromita kao i konačnom izboru veziva potrebno je izvršiti poluindustrijske

opite briketiranja i napraviti veću količinu (od po 20 t) briketa pomoću sulfitne lužine (i eventualno smole) i iste podvrgnuti daljoj metalurškoj preradi. Tek nakon ovih opita može se sagledati primena koncentrata hromita kao i izraditi ekonomika korišćenja ovoga proizvoda kroz proces briketiranja.

#### SUMMARY

### Possibility of Chromite Ore Concentrate Briquetting taken from »Raduša« Mine, Macedonia

M. Mitrović, tehn. eng.\*)

Laboratory investigations, concerning briquetting of chromite small size concentrates have been carried out on the representative sample of the chromite ore concentrate (containing chromite, spinel, hematite, limonite, calcite and serpentine —  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  47,0%) — 2+0 mm in size, from »Raduša« mine, Macedonia. Size composition, physical and chemical characteristics of the product are presented in the paper. Briquetting has been worked out both without bonding agents and applying them, such as: sulphite leach liquor, coal-tar pitch and sodium silicate. Laboratory tests without bonding agents yielded negative results (see table № 3 and 4). On the other side, applying the above mentioned bonding agents in briquetting process satisfactory results have been reached. The most suitable agent is sulphite leach liquor provides briquettes of good quality strength of briquettes: 280—350 kg/cm<sup>2</sup>; strength of briquettes after 24 hours of wetting: 100—190 kg/cm<sup>2</sup>; strength of briquettes after two hours of calcination at temperature of 1000° C: 66—75 kg/cm<sup>2</sup>; chemical composition approx. equal to the chemical composition of concentrate. The results of the tests using bonding agents are given in tables 5,5a, 5b, 6, 7 and drawings 6, 6a, 6b, 6c, 6d, 7, 8. Flowcharts of briquetting, applying sulphite leach liquor and coal-tar pitch, are presented as well in this paper.

#### Literatura

- Burstlein, E., 1963: Preparation du poussier de coke pour l'agglomération des minerais de fer. — Rev. ing. miner., 45, 11, str. 919—927, Paris.
- Decker, H., Wawroschek, S., Wolf, F., 1959: Die Briquetting. Klöckner Humboldt, Deutz AG, Köln.
- Mitchell, R.J., 1965: What's ahead for Iron Ore Briquetting? — Metal Mining and Process., No. 2.
- Novak, J., 1964: Briketace železných rud. — Rudy, No. 12.
- Petersen, W., Mingenbach, H., 1963: Briquettingversuche mit feinkörnigen Eisenerzkonzentraten. — Z. Erzbergb. Metallhüttenw. 16.
- Ravič, B. M., Semenov, L. V., 1962: Novoe svjazujuščee dlja polučeniya tehnologičeskikh briketov. — Obogašćenje i briketirovanje uglja, Naučno-tehn. sbornik 10—11.
- Rubinovič, R., 1964: Postupak dobijanja briketa iz stena, ruda i minerala koji su u obliku praha. — Bjul. naučno-tehn. inform. VIZMS-a, No. 3.
- Ravič, B. M., Jarho, A. N., 1964: Gorjačee briketirovanie rud. — Stal', No. 2.
- Schedel, A., 1960: A frissitorcek brikettezese. — Kohaszati Lapok, 93.
- Schedel, A., 1963: Az ercelökészítés új útjai. — Magyar tud. akad. Műsz. tud. oszt. közl., 32.
- Stülpnagel, K., Struve, G., 1959: Ueber Abbindevorgänge beim Härten von Erz-Kalk-Koks Mischbriketts unter verschiedenartigen Bedingungen. — Neue Hütte No. 6.
- Thibaut, C. G., 1965: Tehnika briketiranja ruda. — Actual. industr. Nord., No. 57.
- Vignerot, P., 1961: Preparation du poussier de coke pour l'agglomération des minerais de fer. — IRSID, No. 45.
- Ušakov, K. I., 1963: Briketirovanie okislenykh nikelvyh rud. — Cvetnye metally, No. 10.
- Metallgesellschaft Aktiengesellschaft — Procédé pour l'agglomération de combustibles et de minerais en grains fins et pour le durcissement consécutif des agglomérés en atmosphère oxydante.

\*) Dipl. ing. Mira Mitrović, viši stručni saradnik Zavoda za PMS Rudarskog instituta, Beograd.

## Supstitucija kao metod racionalnog iskorišćavanja mineralnih sirovina

Dr ing. Dejan Milovanović

### Uvod

Neprekidno rastuće potrebe za skoro svim mineralnim sirovinama, njihova neobnovljivost i iscrpljivost, a samim tim i apsolutna i relativna ograničenost ležišta, postavili su pred svetsku mineralnu ekonomiju ozbiljan zadatak racionalnog iskorišćavanja mineralnog bogatstva. U okviru mnogobrojnih i raznovrsnih metoda koje treba da delimično ili nekad i potpuno reše ovaj problem, supstitucija mineralnih sirovina ima specifičan položaj i značaj.

Supstitucija mineralnih sirovina predstavlja u određenim uslovima (ne uvek) indirektan ili direktan metod racionalnog tretiranja iscrpljivih prirodnih bogatstava mineralnog karaktera. Usmerena je na zamenjivanje jednih mineralnih sirovina ili drugim mineralnim sirovinama, ili, pak, materijalima (proizvodima) organskog ili neorganskog porekla.

Regionalno posmatrano, supstitucija može proizaći iz više razloga:

— usled deficitarnosti određene mineralne sirovine u svetskim ili lokalnim okvirima;

— kao nužna posledica ekonomsko-tržišnih uslova (skuplja sirovina se zamenjuje jeftinijom);

— kao posledica tehničkog napretka (novi materijali imaju svojstva koja u konkretnom slučaju bolje odgovaraju);

— kao rezultat nepovoljnih uslova snabdevanja ili potpune nemogućnosti dobavljanja potrebnih mineralnih sirovina (rat, embargo); i

— usled normalnih neprekidnih izmena kod individualnog izbora dekorativnih stenskih građevinskih materijala u raznim vremenskim razdobljima (ukus projektanta, zahtevi investitora sa estetske strane itd.).

Sa aspekta racionalnog iskorišćavanja mineralnih sirovina, supstitucija usmerena na zamenjivanje ređih, deficitarnih mineralnih bogatstava onim koja su rasprostranjena u zemljinoj kori, odnosno češće grade značajne geološko-ekonomske koncentracije (ležišta), ima prvorazredan značaj. Ostali vidovi supstitucije isto tako mogu da idu u prilog tzv. konzervaciji u širem smislu, naročito ona koja nastaje kao posledica tehničkog napretka.

U savremenim uslovima, supstitucija se, međutim, najčešće pojavljuje kada potrošač ne želi (ili nije u stanju) da plaća relativno visoke cene proizvođačima nekih mineralnih sirovina, koje, pak, ovi iz mnogih razloga ne mogu da redukuju, zbog čega potrošači počinju da forsiraju naučno-istraživački rad na pronalaženju adekvatnih ali i jeftinijih materijala. Usled toga, primarna sirovina često dobije sekundarni značaj ako se istraživački naponi okončaju pozitivno i dovedu do pronalaska novog materijala ko-

ji se može uspešno koristiti u novim područjima primene.

Normalno je da nema prave supstitucije ako nova sirovina samo delimično i nepotpuno zamenjuje staru u neposrednoj potrošnji.

**Tablica 1**  
**Prosečna cena bakra i aluminijuma u biranim godinama\*)**  
u centama/libru

Godina	B a k a r		Aluminijum (ingoti)
	domaće rafinerije (SAD)	strane rafinerije	
1900.	16,19	n. p.	32,72
1910.	12,738	n. p.	22,25
1920.	17,456	n. p.	32,72
1930.	12,982	n. p.	23,787
1940.	11,296	10,770	18,691
1947.	20,958	21,624	15,000
1950.	21,235	21,549	17,713
1960.	32,053	29,894	26,000
1963.	30,600	28,413	22,623
1964.	31,960	30,985	23,741
1965.	35,017	35,604	24,507
1966.	36,170	49,512	24,500
1967. (januar)	37,872	49,839	24,738

n.p. = nema podataka

\*) podaci: Eng. and Min. Journal

### Oblici supstitucije mineralnih sirovina

Na osnovu vrste materijala koji se upotrebljava kao supstitut u određenim uslovima, u odnosu na mineralne sirovine, postoje sledeći osnovni oblici supstitucije:

- zamena mineralnih sirovina mineralnim sirovinama;
- zamena mineralnih sirovina nemineralnim sirovinama; i
- »obrnuta« supstitucija.

Svaki od ovih oblika uključuje nekoliko posebnih varijanti, u zavisnosti od toga o kakvoj se mineralnoj sirovini radi (metali, nemetali, uglj, nafta, prirodni gas), ili kakvog je porekla supstitut (organskog, neorganskog, prirodnog, veštačkog itd.).

### Zamena mineralnih sirovina mineralnim sirovinama

Osnovna karakteristika ove supstitucije je da su i materijal koji se zamenjuje i onaj koji služi za zamenu mineralnog porekla, ali da supstitut predstavlja produkt maksimalno primarne prerade, pri čemu nije bilo hemijskih sinteza i sličnih procesa koji od više različitih mineralnih sirovina mogu da dovedu do stvaranja sintetičkih produkata (plastične mase itd.). Ovakva supstitucija ima sledeće varijante:

**Z a m e n a m e t a l a m e t a l o m.** — Dosadašnja praksa je pokazala da do supstitucije metala metalom najčešće dolazi ili usled deficitarnosti u pogledu određenog metala (zemlja raspolaze ograničenim rezervama, ratno stanje, prekidi ekonomskih veza itd.), ili zbog nepovoljnih tržišnih cena.

Klasičan primer je zamenjivanje bakra aluminijumom zbog relativno visoke cene bakra, ali isto tako i zbog ograničenosti rezervi bakra. U tablici 1 prikazano je kretanje cena aluminijuma i bakra u odabranim godinama, iz koje se može zaključiti da je sve do 1947. godine aluminijum bio skuplji od bakra, ali da je otada obrnut slučaj. Osim toga, poslednjih godina (1963—1966. god.) aluminijum je u proseku jeftiniji za 25—30%.

Svakako da je ovakav odnos cena ova dva metala jedan od osnovnih razloga što aluminijum sve više potiskuje bakar, naročito u kablovskoj industriji\*), ali isto tako i u nekim drugim oblicima primene. Pored toga, fluktuacije cena bakra na svetskom tržištu su mnogo veće nego aluminijuma, kod koga relativna stabilnost cena ima stimulatívno dejstvo na potrošača.

Zamena bakra aluminijumom u nizu proizvoda ima prvorazredan značaj sa aspekta racionalnog iskorišćavanja mineralnih sirovina. Prema podacima US Geological Survey, svetske rezerve boksita iznose 5,8 milijardi tona, koje pri nivou godišnje proizvodnje od 50 miliona tona (nivo koji će za

\*) Iako elektroprovodljivost aluminijuma iznosi oko 0,6 elektroprovodljivosti bakra, aluminijum se sve više upotrebljava u raznim granama elektroprivrede. Jedan od razloga je i to da pri preseku provodnika, koji imaju istu elektroprovodljivost, težina aluminijumovih provodnika je dvaput manja od bakrovih. Na sve veću primenu aluminijuma ukazuje i ovaj primer. Samo 1963. godine američka firma Virginia Electric and Power Co. naručila je 11.000 t aluminijumskih električnih kablova za 350 milja dugačku liniju, napona 500.000 volti, koja treba da poveže severnu i centralnu Virdžiniju.

par godina biti ostvaren u svetu), obezbeđuju proizvodnju za oko 120 godina. Osim toga, potencijalne rezerve siromašnih boksita se cene u svetu na oko 8,7 milijardi tona, što sa prethodnim rezervama ukupno iznosi 14,5 milijardi tona. Ova cifra ne obuhvata ogromne količine aluminijuma koje se nalaze u glinama i nizu drugih stena i minerala.

Rezerve bakra u danas poznatim ležištima i potencijalnim područjima mogu se oceniti na oko 270 miliona tona metala u rudi, što obezbeđuje svetsku proizvodnju (ako se uzme u obzir i perspektivna stopa porasta), za oko 50 godina.

Ova upoređenja nesumnjivo pokazuju da treba forsirati aluminijum gde god je to moguće u praktičnoj primeni, jer su rezerve boksita i drugih aluminijumovih sirovina daleko veće nego bakra. Ovakva tendencija postoji u svetskoj privredi, i ako još uvek nije izražena dovoljno u svim zemljama, što na indirektna način dokumentuju i podaci o proizvodnji aluminijuma u svetu koja je poslednjih godina premašila proizvodnju bakra.

Neki drugi primeri supstitucije metala metalom u većini slučajeva nisu posledica postavljene dugoročne politike racionalnog iskorišćavanja mineralnih sirovina, već su najčešće rezultat specifičnih političkih i drugih uslova. Tako je bakar u SAD za vreme II svetskog rata zamenjivan čak i srebrom, kako bi se sačuvao za stratejske potrebe. U istoj zemlji, u isto vreme, usled nedostatka hroma, volframa i mangana, forsirani su molibdenski čelici (i uopšte manji broj vrsta čelika), jer je molibden\*) znatno rasprostranjeniji na teritoriji američkog kontinenta nego navedeni legirajući metali. U SAD je za vreme II svetskog rata započela i redukcija upotrebe kalaja (zamenjivan aluminijumom i drugim materijalima), koja se nastavila i do danas, naročito u industriji limenki i kod lemova\*\*).

Poslednjih godina je razvitak nauke i tehnike uticao i na razvijanje proizvodnje

\*) Molibdenski i molibdensko-silikonski čelici su zamenjivali i vanadijumske čelike u toku II svetskog rata.

\*\*\*) U SAD je 1941. godine za izradu folija i cevi upotrebljeno oko 9.000 tona kalaja, a poslednjih godina potrošnja u ove svrhe svedena je na oko 1.000 tona godišnje, pri čemu je osnovni supstitut za kalaj postao aluminijum, ali isto tako i plastične mase. Ova supstitucija ide nesumnjivo u prilog racionalnog iskorišćavanja mineralnih bogatstava, jer su rezerve kalaja u svetu dosta ograničene (oko 7.000.000 tona metala).

i sve veću primenu titana\*) i cirkonijuma\*\*) — dva metala koji su relativno znatno rasprostranjeni u prirodi, a koji će prema dosadašnjim iskustvima uspešno moći da zamenjuju niz metala, naročito onih čija je proizvodnja u savremenim uslovima koncentrisana na samo neka područja, u svetu. Njima se, između ostalih metala, pridružuje i hafnijum, ali njegova relativno visoka cena i ograničenost pojavljivanja, utiču na njegovu primenu.

Zamena energetske mineralne sirovine. — Nasuprot velike potrošnje uglja svih vrsta u prošlom i u početku ovog veka, poslednjih nekoliko decenija, ili preciznije počevši od dvadesetih godina našeg stoleća pa do danas, oseća se opadanje značaja uglja u mnogim industrijskim zemljama (izuzetak su zemlje istočne Evrope i Kina\*\*\*). Ovo opadanje je pre svega posledica otkrivanja novih rezervi nafte i zemnog gasa, a sem toga i posledica velikog napretka ostvarenog u tehnologiji korišćenja svih energetskih sirovina\*\*\*\*). Zato se može sasvim opravdano govoriti o energetske supstituciji, odnosno zamenjivanju uglja naftom i prirodnim gasom\*\*\*\*\*). Za razliku od supstitucije metala, ova ima dve specifične karakteristike:

— znatno je pogodila proizvodnju zamenjene sirovine i dovela do njene stagnacije pa čak u nekim zemljama i do opadanja, uz sve negativne socijalne i druge probleme koje nose ovakve promene; i

— kako znatno ređe zastupljene mineralne sirovine u zemljinoj kori (nafta, prirod-

\*) Titanijum i njegove legure sve uspešnije zamenjuju nerđajuće čelike, kao i legure, kao što su mesing i monel. Postoje i perspektive da titanijum, istina manjim delom, zameni građevinski čelik, aluminijum i neke druge metale. Problemi čisto tehnološkog karaktera, koji uslovljavaju i relativno visoke cene titana, još uvek otežavaju njegovu veću proizvodnju. Sa aspekta opšte racionalne politike tretiranja mineralnih sirovina, treba imati u vidu da je titan od skora počeo da se proizvodi i da njegove velike rezerve u svetu jedva da su dotaknute.

\*\*\*) Cirkonijum će nesumnjivo, između ostalog, potisnuti tantal iz zubarske i hirurške opreme, jer je jeftiniji, a u nizu primena ima i bolje karakteristike od tantala. Takođe se u literaturi navode podaci da Au-Zr legure uspešno mogu da zamene Pt-Ir legure. Kako se i cirkonijum od skora upotrebljava, njegove rezerve su, kako u pravim ležištima, tako i u stenskim masama velike.

\*\*\*\*) U odnosu na »špic« ostvaren u proizvodnji pre 45 godina, 1963. godine proizvodnja antracita u SAD je bila 84% manja.

\*\*\*\*\*) U SAD su 1899. godine termoelektrane trošile 7,05 funti za dobijanje 1 kWh električne energije, a 1958. godine 7 puta manje — 0,93 funte. Danas je utrošak još manji.

\*\*\*\*\*) Najnoviji podaci (januar 1967.) govore da firma SASOL u J. Africi uveliko radi na razradi tehnologije industrijskog dobijanja nafte i njenih derivata iz uglja. Postignuti su veoma zadovoljavajući rezultati, tako da postaje aktuelno pitanje supstitucije nafte iz njenih ležišta naftom proizvedenom iz uglja.

ni gas itd.) zamenjuju daleko zastupljeniju (ugalj), supstitucija nema osnovnu teorijsku odliku racionalnosti (u odnosu na iscrpljivost i neobnovljivost ležišta), ali sa ekonomskog aspekta ima potpuno opravdanje.

Međutim, kad se tretiraju pitanja supstitucije energetskih mineralnih sirovina mora se u ceo problem uključiti i hidroenergija. Ona je u strukturi svetske energetike 1900. godine činila 1,7%, da bi u 1965. godini poraslo njeno učešće na 5%. U vezi sa mogućnošću praktično neprekidnog obnavljanja vodenih tokova, hidroenergija predstavlja supstitut za energetske mineralne sirovine, koji se u nizu zemalja sveta, naročito onih u razvoju, još uvek dosta ograničeno koristi. Uzrok ove ograničenosti su, pre svega, velike investicije koje zahteva izgradnja hidroenergetskih objekata. Isto tako, u jednom broju zemalja postoji još uvek dilema kojoj vrsti goriva (odnosno energetskih izvora) treba dati primat u strukturi proizvodnje i potrošnje. Tako, u stvari, hidroenergija predstavlja u zemljama u razvoju ali i u nekim drugim zemljama, velikim delom zamrznuti supstitut, odnosno potencijalnu mogućnost širokih razmera.

Zamena metalnih mineralnih sirovina nemetalnim. — Karakterističan primer ovakve supstitucije je upotreba barita umesto olova u industriji boja. Osim toga, jedna američka kompanija je proizvela nedavno specijalan materijal na bazi grafita i tetrafluoretilena (odnos 85% : 15%), čiji su toplotna provodljivost i koeficijent širenja skoro identični istim karakteristikama nerđajućih čelika. Očekuje se šira primena ovog proizvoda u bliskoj budućnosti.

U oba navedena slučaja ne postoje velike razlike u rasprostranjenosti u zemljinj kori ležišta koja nose i sirovinu koja se zamenjuje i onu koja služi za tu zamenu. Kod zamene nerđajućih čelika materijalom od grafita i fluorita je ovo naročito istaknuto. Zbog toga, u tretiranim primerima suštinski nema supstitucije koja je usmerena na racionalno iskorišćavanje mineralnih sirovina. O takvoj supstituciji bi moglo da se govori u slučaju kada bi se mesto grafita mogao upotrebiti ugalj.

Međutim, zamenjivanje metalnih cevi, različitog prečnika i za različitu upotrebu, proizvodima od istopljenih stena (naročito bazalta), ima izraziti karakter racionalne sup-

stitucije u odnosu na iscrpljivost i neobnovljivost ležišta. Petrugija — metalurgija stena — dobija sve veći značaj i sa praktičnog i sa teorijskog aspekta, jer su stenske mase praktično neiscrpljive. Kada se one upotrebljavaju kao supstituti metalnih sirovina (ali isto tako i nekih nemetalnih), potrošnja metala se normalno orijentiše, pre svega, na takva područja primene gde za njih ne postoji zamena ili bi ona bila neadekvatna u tehnološkom i u ekonomskom pogledu. Velika razlika u cenama proizvoda od metala i onih od topljenih stena takođe daje veliki primat stenama.

Zamena nemetala nemetali- ma ili drugim mineralnim sirovinama. — Ovakav vid supstitucije daje veoma povoljne rezultate. Tako su se u proizvodnji talknih sirovina odigrale znatne promene, jer se koriste u istim područjima primene umesto masivnog talka (njegova ležišta su relativno retka), talkno-magnezitske stene (znatno rasprostranjenije), koje ne moraju da se obrađuju već direktno idu u potrošnju. Zatim, dolomit je jedan od najvažnijih supstituta magnezita, jer se koristi pečen ili sirov, pomešan sa sintermagnezitom, a može i sam da zameni magnezit u martenovskim pećima\*). Veliki, katkad džinovski masivi dolomita koji su rasprostranjeni u nizu država i područja, zahtevaju još dublje i kompleksnije istraživanje i pronalaženje novih mogućnosti supstitucije magnezita dolomitom, jer je, između ostalog, magnezit manje rasprostranjen od dolomita.

U novije vreme sve se više koristi pirofilit kao supstitut za talk, jer su cene približno iste, a prvi nemetal u nekim područjima i bolje zamenjuje drugi. Isti slučaj je i sa volastonitom koji delimično zamenjuje feldspate u keramičkoj industriji, a u nekim oblastima primene i gline.

Pirit, kao mineral koji se češće koncentriše u ležištima od samorodnog sumpora, pokazao se kao adekvatni supstitut, koji je u nizu zemalja postao polazni materijal za proizvodnju sumpora. Mogućnost da se pirit dobija kao nusproizvod pri eksploataciji i pripremi polimetalnih ležišta olova, cinka, bakra itd., imala je veliki uticaj na ovak-

\*) Treba ipak imati u vidu da su vezujuća svojstva kaustičnog dolomita slabija nego kaustičnog magnezita, a to utiče na povećanje utroška kod praktične primene magnezitskog cementa izrađenog na bazi dolomita u poređenju sa cementom dobijenim na osnovu magnezita kao osnovne polazne sirovine.



vu supstituciju. U novije vreme, međutim, prirodni gas sve više potiskuje pirit i samodorni sumpor, jer predstavlja sirovinu iz koje se na relativno jednostavan i ekonomičan način može, pored ostalih proizvoda, dobijati i sumpor. Tako je Francuska, koja je 1964. godine davala 12,5% svetske proizvodnje sumpora, 88% (oko 1,500,000 tona) proizvela na bazi prirodnog gasa\*), Ovo je uticalo da se uvoz i domaća proizvodnja piritu u Francuskoj smanje: uvoz je smanjen od 211.000 tona piritu u 1962. godini na 175.000 tona u 1964. godini.

U oblasti primene mineralnih sirovina u građevinarstvu postoji čitav niz primera gde jedni nemetali uspešno (i sa aspekta racionalnog tretiranja a i sa aspekta ekonomičnosti) zamenjuju druge nemetale. C. W. Meril navodi kako su se u SAD u razdoblju od 1916—1962. godine odigrale značajne promene u odnosu primene običnog građevinskog gipsa i prefabrikovanog građevinskog gipsa. Odnos prvog prema drugom izmenjen je od 14:1 u 1916. godini na 0,3:1 u 1962. godini.

U SSSR-u su karakteristični slučajevi zamene cementa u izradi različitih vrsta betona drugim sirovinama. Tako se za izradu sitnozrnastih betona upotrebljava pesak dobijen drobljenjem metamorfisanih ugljunosnih stena (»gorelye porody«), koje su, u stvari, prirodna smesa (prirodni cement) ugljevitih i slabo ugljevitih argilita, alevrolita i peščara. Ovaj materijal pruža mogućnosti njegove perspektivne upotrebe i u drugim vrstama betona.

Nemetalične mineralne sirovine, zbog mnogobrojnosti svojih vidova pojavljivanja i velike kvantitativne zastupljenosti u prirodi, kao i zbog sličnih fizičkih i drugih osobina, predstavljaju najrasprostranjenije supstitute u sferi mineralnih sirovina, ali se ove njihove osobine malo koriste. Naravno, široko područje supstitucije kod stenskih materijala.

#### Zamena mineralnih sirovina nemineralnim

Zamena mineralnih sirovina hemijskim proizvodima. — Klasičan primer ovakve supstitucije je zamena olova plastičnim masama u kablovskoj in-

\*) Najveća količina sumpora se dobija iz ležišta Ljak Profond (JZ Francuska), gde prirodni gas ima ovaj sastav: H<sub>2</sub>S—15,2%; CO—9,6%; metan i etan 72,5% i ostalo su teški ugljovodonici. Izvor sumpora, dobijenog iz ovog ležišta, iznosio je 1964. godine 967.000 tona.

dustriji, zatim u proizvodnji cevi, rezervoara za kiseline i u nekim drugim oblicima potrošnje. Veoma povoljne fizičko-tehničke osobine ovih masa, a zatim naročito povoljni ekonomski uslovi (relativno niske cene koje su kod većine plastičnih masa u stalnom padu), uticali su da je redukcija primene olova u kablovskoj industriji više nego izrazita (oko 50% potrošnje olova za kablove u svetu reducirano je upotrebom plastičnih masa). U SAD je 1948. god. trošeno 172.000 tona olova za pokrivanje kablova, a 1963. godine svega 58.000 tona, što je uticalo da je učešće kablovske industrije u ukupnoj potrošnji olova u zemlji opalo od 15% na svega 5%.

Plastične mase sve uspešnije zamenjuju i cink u nekim poljima primene\*), a takođe i bakar\*\*). Poznati su i slučajevi zamenjivanja čelika, aluminijuma i nemetaličnih mineralnih sirovina i proizvoda.\*\*\*)

Međutim, treba imati u vidu da jedan deo plastičnih masa predstavlja proizvod hemijsko-tehnološkog tretiranja uglja, soli i krečnjaka, odnosno opet mineralnih sirovina. Kako su navedene mineralne sirovine zastupljene u ogromnim koncentracijama u zemljinoj kori, racionalno tretiranje mineralnih bogatstava nije nimalo ugroženo već praktično još više istaknuto. Proizvodi mineralnih sirovina (soli kadmijuma, olova, kalaja, barijuma itd.), koje se upotrebljavaju kao stabilizatori u nekim plastičnim masama (naročito u polivinilima) obuhvataju neznatne količine, tako da ni oni ne utiču na opšti problem racionalnosti pri supstituciji.

Olovo je takođe dobilo adekvatnu zame- nu i u primeni organskih insekticida, ume- sto olovnog arsenata, čija je potrošnja u SAD 1943. godine iznosila 77.000 tona, a u 1963. godini svega 10.000 tona.

Uvođenje u široku industrijsku potroš- nju sintetički dobijenog natrijum i amoni- jum nitrata (osnovna polazna sirovina je vazduh), omogućilo je bolje zadovoljenje in- tezivno rastućih potreba, uz istovremeno

\*) U materijalu »Ekonomski položaj proizvođača olova i cinka u SFRJ«, Koordinacioni odbor preradaivača olova i cinka u SFRJ, Beograd, 1964, navode se podaci da je gigantska firma američke hemijske industrije »Dupont« za 12 godina utrošila 48 miliona dolara na dva svoja proizvo- da. To su »Derlin« i »Dydril«, konkurenti cinku na polju odlika pod pritiskom u litografiji i kod fotograurava.

\*\*\*) Proizvod »Delrip« zamenjuje mesing u SAD.

\*\*\*\*) Po sovjetskim podacima, proizvodnja plastičnih masa u svetu je 2 puta veća od proizvodnje obojenih me- tala. Samo proizvodnja polietilena (plastična masa sa ve- likom primenom u kablovskoj industriji a služi i kao sup- stitut staklu) iznosila je 1963. godine 1,5 miliona tona, ili 2000 puta je bila veća nego 1943. godine.

smanjivanje zavisnosti od prirodnih uslova, koji u pogledu prirodnih nitrata nisu povoljni, jer su njihova ležišta u svetu retka.

Sa gledišta opštih tržišnih kretanja, evidentno je da proizvodnja veštačkih azotnih jedinjenja nije uticala na opadanje proizvodnje prirodnih nitrata, ali je posebno pitanje kako bi se ta proizvodnja kretala da u potrošnju nije uveden sintetički proizvod.

Proizvodnja sintetičkih minerala zabeležila je u posleratnom periodu niz uspeha. Ona je prvenstveno usmerena na reduciranje zavisnosti domaćih industrija od uvoza mineralnih sirovina čija su ležišta usko koncentrisana samo na određena područja na zemlji. Kvalitet sintetičkih minerala je nekad i bolji u odnosu na prirodne tvorevine. U SAD se, pored niza minerala, veštački proizvode kvarcni kristali, rubini, safiri, dijamanti, grafit kao i izvesni strategijski asortimani kijanita, liskuna i steatita.

Troškovi proizvodnje, odnosno cena na tržištu sintetičkih minerala, još uvek ne omogućuje njihovu masovniju primenu, ali se sa optimizmom pretpostavlja da će u bliskoj budućnosti doći do izmena u tehnološkim postrojenjima i postupcima, što će dovesti i do snižavanja troškova proizvodnje. Ovo je takođe jedno veoma perspektivno područje supstitucije mineralnih sirovina.

Zamena mineralnih sirovina drvetom. — U knjizi »The Coming Age of Wood«, izdatoj 1949. godine u Njujorku, D. Glesinger je izneo interesantno shvatanje da se »materijalno spasenje sveta« nalazi u pravilnoj politici tretiranja šuma, jer se drvo može upotrebiti skoro u svaku svrhu u koju se sada metali i druge mineralne sirovine upotrebljavaju. Iako ovo shvatanje izgleda zastarelo, čudno i nerealno, moguće je da će šume, kao obnovljiva prirodna bogatstva igrati i veću ulogu na polju delimične supstitucije nekih mineralnih sirovina. Osobina proizvoda od drveta da nisu otporni na uticaj atmosferilija može se kompenzirati lakoćom njihovog obnavljanja, a isto tako i raznim mogućnostima premazivanja drvenih površina otpornim materijalima.

#### **Obrnuta supstitucija**

Svi prethodni slučajevi, oblici i varijante zamene, mogu se smatrati normalnim, jer

obuhvataju zamenu mineralnih sirovina drugim materijalima, bilo da su supstituti tačke mineralne sirovine (samo drugog sastava) ili neki proizvodi hemijske industrije, a u specijalnim prilikama i drvo. Kod obrnute supstitucije, međutim, nemineralni proizvodi se zamenjuju mineralnim, pa u ekstremnim slučajevima dolazi i do neracionalnog korišćenja (rasipanja) mineralnih sirovina. To je naročito izraženo u ovim područjima potrošnje gde je mogla sasvim adekvatno da posluži i nemineralna sirovina.

#### **Neki opšti problemi supstitucije mineralnih sirovina u SFRJ**

Zamena jednih mineralnih sirovina drugim mineralnim sirovinama ili različitim materijalima, nije se još afirmisala kao precizna i određena politika čuvanja i racionalnog iskorišćavanja mineralnog bogatstva u našoj zemlji. Izuzev široke primene plastičnih masa umesto olova i drugih metala, i delimične preorijentacije u topioničarskim postrojenjima sa koksa na polukoks dobijen od lignita, supstitucija mineralnih sirovina jedva praktično i da postoji, a ima mnogih primera kako se čak postupa i suprotno od njenih principa.

Iako u SFRJ postoje ogromne rezerve boksita koje omogućuju proizvodnju i od 200.000 tona metala godišnje za duži vremenski period, a aluminijum se uveliko u svetu upotrebljava kao supstitut za čelik, bakar, olovo i cink, domaća proizvodnja dugi niz godina životari na nivou od oko tridesetak hiljada tona godišnje, tako da se i pored izvesnog uvoza metala, doskora moglo skoro govoriti o zameni aluminijuma bakrom, a ne obrnuto kao što je svuda u svetu. Tek prošle godine, nedostatak bakarnih kablova i pored povećane proizvodnje bakra (u 1966. godini proizvodnja bakra iznosila je 62.000 tona, dok je prethodne godine bila na nivou 56.000 tona) nadoknađen je aluminijumskim provodnicima, ali naglašena relacija između obima proizvodnje jednog i drugog metala još uvek je ostala.

Takođe je posebno pitanje i mogućnost zamene uvoznog volframa domaćim molibdenom u specijalnim vrstama čelika, zašta su se izvesni jugoslovenski stručnjaci zalagali još pre petnaestak godina. Postojanje ležišta kao što je Mačkatica kao i nove varijante o otvaranju ovog rudnika, bez obzi-

ra na nepovoljan minimalni sadržaj molibdena, pružaju mogućnosti za ovakvu supstituciju.

Pored već navedenih slučajeva gde postoje u zemlji potencijali za supstituciju izvesnih mineralnih sirovina drugim, ne treba zanemariti ni široke mogućnosti koje pružaju nemetali, a isto tako i proizvodnja sintetičkih minerala. Isto tako ogromna sirovinska baza niskokvalitetnih ugljeva i značajne rezerve soli omogućavaju da se proizvodnja pojedinih vrsta plastičnih masa još više poveća, kako bi se kroz široke asortimane, zamenjivao sve više jedan deo nemetalnih mineralnih sirovina, naročito onih koje se troše na izradu raznih građevinskih materijala.

Kako Jugoslavija raspolaže znatnim fondom raznovrsnih šuma, svakako nije na odmet razmotriti i one ideje koje se odnose na supstituciju mineralnih sirovina drvom, iako ovo zamenjivanje uglavnom može da ima samo uske i ograničene efekte.

Da bi se supstitucija mineralnih sirovina vršila u zemlji sa više sistematičnosti, naučnog istraživanja i na organizovan način, potrebno je da se na ovim problemima više angažuju postojeće privredne organizacije i udruženja, a takođe da se aktivira i naučno-istraživački rad u ovoj oblasti, kako bi se iznalaženjem novih materijala smanjio pritisak na domaću mineralnu sirovinsku bazu. Šira afirmacija racionalnog iskorišćavanja mineralnih sirovina zahteva i reviziju niza tehnoloških procesa, naročito u hemijskoj industriji, gde postoje široke mogućnosti za zamenjivanje kritičnih mineralnih sirovina manje kritičnim (u proizvodnji boja, lakova, raznih ulja, litofona itd.).

## Zaključak

Polazeći od činjenice da su mineralna bogatstva iscrpljiva i neregenerativnog karaktera, kao i od opštih tehničko-ekonomskih uslova, supstituciju mineralnih sirovina je moguće tretirati kroz dva osnovna oblika:

— Supstitucija koja obuhvata zamenjivanje redih mineralnih sirovina znatno rasprostranjenijim mineralnim sirovinama ili određenim produktima čija polazna sirovina obrazuje veće koncentracije u zemljinoj kori od one koju supstituiše. Na taj način se vrši zamena onih mineralnih bogatstava

čije su rezerve male, a ležišta uglavnom neravnomerno raspoređena u geografskom smislu reči. Ovakva supstitucija predstavlja značajan metod racionalnog iskorišćavanja, jer se pored ekonomskih efekata postiže prvenstveno smanjenje pritiska potrošnje na mineralne sirovine.

— Drugi oblik obuhvata zamenu mineralnih sirovina sa težnjom da se postignu što povoljniji ekonomski efekti, pri čemu je racionalnost iskorišćavanja sekundarnog značaja, kada se radi o iscrpljivosti i neobnovljivosti mineralnih bogatstava. Ukoliko se postižu povoljni rezultati na ovaj način, oni su obično samo uzgredni. U naročito nepovoljnim slučajevima dolazi i do »obrnute« supstitucije.

Iako je prvi od navedenih oblika supstitucije značajan kao metod racionalnog iskorišćavanja neobnovljivog mineralnog bogatstva, njemu se još uvek u većini zemalja nije pristupilo planski i dugoročno, preko razrade i primene u praksi jedne kompletne politike adekvatnog zamenjivanja mineralnih sirovina i njihovih proizvoda materijalima mineralnog ili drugog porekla. Izuzetak čine jedino visokorazvijene zemlje (SAD, SSSR itd.), gde se supstituciji poklanja relevantno velika pažnja. Tako se ona u SSSR-u smatra, između ostalog, i jednom od osnovnih metoda u racionalnoj potrošnji obojenih metala.

Ali i u visokorazvijenim zemljama supstitucija je prvenstveno usmerena na strateški značajne sirovine, čija su ležišta nepoznata ili ograničena na teritoriji eventualno ugrožene zemlje. Pravu retkost predstavljaju zakoni koji u zapadnim zemljama imaju karakter administrativnog regulisanja supstitucije (npr. državni zakon 87—643 donet 1962. god. u SAD zabranjuje upotrebu kalaja u bakarnom novcu), tako da je ona u tim zemljama prepuštena privatnoj inicijativi i stihijnosti tržišta. Nekad i veoma povoljni rezultati postignuti na polju supstitucije redih mineralnih sirovina onima koje su zastupljenije u zemljinoj kori, nisu ništa drugo nego put da se ostvare što veći profiti.

Pogrešno je stanovište da treba tražiti supstitute koji su univerzalni u svim područjima primene zamenjene mineralne sirovine. Supstitucija ne može biti sveobuhvatna, već je vezana za određene sfere potrošnje. Sa aspekta vremenskog faktora isto tako je važna činjenica da je sama supstitu-

cija nekad vremenski znatno ograničena, jer postoji mogućnost (što se često i dešava u praksi) da se posle kratkog vremena nađe nov, adekvatniji supstitut koji potiskuje prethodni.

U SFRJ se takođe oseća nedostatak planskog vođenja politike supstitucije, iako za to postoje nesumnjivo povoljni društveno-ekonomski i prirodni preduslovi. U nekim slučajevima se supstituciji pristupilo relativno neorganizovano i bez dugoročnih pretpostavki baziranih na kompleksnim analizama. Takva je situacija sa problemom zamenjivanja uglja naftom i njenim produktima. U planski vođenoj privredi kao što je jugoslovenska ne smeju se odluke o supstituciji donositi ad hoc, jer to, pored ekonomskih šteta, može potencirati i niz političko-socijalnih problema. Takođe treba imati u vidu i to, da u načelu treba izbegavati »obrnutu«

supstituciju, iako ona može da dovede do postizanja povoljnih rezultata. Takvi rezultati su najčešće kratkoročnog karaktera a narušavanje principa racionalnog iskorišćavanja mineralnog bogatstva obično se manifestuje u dugom vremenskom periodu. Isto tako, ne mogu biti adekvatni supstituti koji se uvoze, iako u zemlji postoje supstituisane mineralne sirovine u značajnom obimu.

Od praktičnih oblasti razvoja supstitucije u SFRJ, najveći značaj imaju: šire zamenjivanje bakra aluminijumom (ali pod uslovom da se poveća proizvodnja aluminijuma), olova i cinka plastičnim masama, a u domenu nemetaličnih mineralnih sirovina postoje ogromne rezerve mogućnosti zamenje (apliti, pegmatiti, volastonit, pirofilit, bazalti i drugi građ. materijali, dolomiti, duniti, beli boksiti itd.).

#### SUMMARY

##### **Substitution as a Method of Rational Utilization of Mineral Raw Materials**

Dr D. Milovanović, geol. eng.\*)

Raw material substitution presents in determined conditions an indirect or direct rational utilization method of that exhaustive natural wealth which has a mineral character. It is directed to the exchange one kind of raw material for an other one, or for the material of organic or anorganic background. In regional observation each substitution emerges from the following reasons:

- in consequence of deficiency of a certain mineral in the worldwide or local opportunities;
- owing to the pressing consequence of economic conditions on the market;
- on account of technical progress (when the new materials have better characteristics corresponding to the concrete case);
- as a result of unfavourable supplying conditions, or in the case of complete impossibility to supply the necessary raw materials (a war, an embargo, etc.);
- because of normal and continuous change in individual selection of decorative minerals for constructive materials during various periods of time (the projector's taste, investor's demands for sake of aesthetic, etc.).

When taken for a starting point a matter of fact that mineral ores are exhaustive and unregenerative just as when the general technical and economic conditions are taken into consideration then the substitution of mineral raw materials can be manifested in two basic forms:

\*) Dr ing. Dejan Milovanović, asistent Rudarsko-geološkog fakulteta, Beograd.

1. The substitution of minerals with other minerals or with various products, all in the basic purpose that the scarcer minerals are to be substituted (the minerals having poorer reserves and which ore deposits are uneven and (or ultimate uneven spread in the earth's crust) with those which are richer spread, or with other products which original raw material forms larger concentrations in the parts of lithosphere accessible to the people. Such a substitution presents remarkable rational utilization of mineral wealth. By this means a fundamental reduction in demand for those materials, besides of positive economic effects, is achieved. In the complex of general conservation policy in mineral wealth, taken in larger sense, the substitution of that type is capturing an emphasized position.
2. The second form includes the substitution of minerals in order to achieve the most favourable effects in the first line. In such case, when the exhaustion and unregeneration of mineral wealth is a matter of importance, then the utilization rationality has a secondary role. Even in the case that some favourable effects in view of such rationality are achieved, they are usually of incidental and occasional issue.

In spite of the fact that the first form of substitution is a very important rational utilization method of unregenerative mineral wealth, though most of countries did not yet come up to the planning for long terms by means of working out and by application in the practical work the complete policy of adequate substituting the raw minerals. An exception are only the large countries (as USA and USSR), where a relative large attention is paid to the substitution. In such a way the application of that method is considered in the USSR, among other things, as one of basic reserves in the metallurgy of non-ferrous metals. In the USA the basic goal of substitution is however only an attainment of as great as possible profits.

On the base of material sort used as a substitute there are in the article selected three principal type of substitution:

1. The interchange of raw minerals with other ones (it comprises the following variants: the interchange of metal with metal; the mutual interchange of various energetic raw materials; the exchange of metal minerals with nonmetal ones; the exchange of nonmetals with nonmetals or with other raw materials).
2. The exchange of mineral raw materials with nonmineral ones (it comprises these variants: the exchange of mineral raw materials with chemical ones and the exchange of minerals with the wood).
3. The reversed substitution.

The author criticizes the standpoint that it is necessary to look for the substitutes which would be universal at all districts where the substitution of mineral raw materials is used. He emphasized the substitution may not be all-inclusive but bound only to the definite spheres of consumption. In view of time factor it is very important the fact substitution is sometimes limited in time because there is a possibility of finding new and more adequate substitute which is normally pressing out the precedent.

A part of article is dedicated to the problem of substitution in Yugoslavia. Particularly that is in connection with large substitution of copper with aluminium, lead and zinc with plastic masses, and in the realm of nonmetals where the possibilities are very large.

## Literatura

- Keenleyside, L. R., 1950: Critical Mineral Chortages. — Proc. of the UN Scient. Conf. on the Conserv. and Utilisation of Resources, Vol. I, str. 38—46, New-York.
- Merill, W. C., 1964: Mineral Obsolescence and Substitution. — Min. Eng., Vol. 16, No. 9, New-York.
- Milovanović, D., 1965: Problemi konzervacije mineralnih sirovina u savremenim uslovima. — Rudarsko-geološki fakultet, doktorska disertacija, Beograd.
- Milutinović, V., 1961: Ekonomska ocena rudnika i ležišta obojenih metala. — Zovod za geol. i geof. istr., posebno izd. knj. 10, Beograd.
- Pervušin, A. S., 1963: Osnovnye rezervy razvitiya cvetnoj metallurgii. — Metallurgizdat, Moskva.
- Ridge, D. J., 1959: Conservation and Stabilization. — Econ. of the Min. Ind., str. 563—606, The Am. Int. of. Min., Metall. and Petrol Eng., New-York.
- Sergeev, A. A., 1964: Racional'noe ispol'zovanie rudnyh mestoroždenij. — Metallurgija, Moskva.
- Coal — Potential Unlimited. — African News Digest, Vol. 8, No. 1, 1967.
- Engineering and Mining Journal, Vol. 168. No. 2, 1967.
- Ekonomski položaj proizvođača olova i cinka u SFRJ. — Koordinacioni odbor preradivača olova i cinka u SFRJ, Beograd, 1964.
- Minerals yearbook 1964: Metals and Minerals, Vol. I, Washington, 1965.



## Strani stručnjaci u rudarstvu Srbije

(III DEO)

(sa 9 slika)

Dr Vasilije Simić

### Česi u našem rudarstvu

Stručni ljudi češkog, nama bratskog naroda, imali su vidnog udela u našem rudarstvu, kako brojem tako i kvalitetom. Od 15 rudara Čeha, za koje se do sada zna, samo su dvojici-trojici, opravdano ili ne, pripisivane neke ljudske ili rudarske slabosti — prema lepom polu i alkoholu. Inače su se, svi do jednoga, isticali plodonosnim radom. Čeha rudara bilo je verovatno i više od 15, ali je samo ovome broju sigurno utvrđeno poreklo. Ima nekoliko rudara sa nemačkim imenima, no nije isključeno da je među njima i neki Čeh. Češki rudari počeli su dolaziti u Srbiju dosta rano. *Karl Hejrovski*, po čijem je predlogu otvoren prvi rudnik u Srbiji (Majdanpek), bio je kod nas 1847. godine. Nekoliko rudara Čeha bilo je zaposleno u Majdanpeku od 1850—1857. Čeh je 1862. godine otvarao prve olovne rudnike u Podrinju. Sedamdesetih godina prošloga veka Česi su bili naročito aktivni u rudarstvu Srbije. Jedan od njih izgrađivao je podrinjske rudnike i na planinu Jagodnju doveo je nekoliko rudarskih porodica iz Češke. Česi su otvarali pored rudnika i ugljenokope u severnoj i istočnoj Srbiji. Lista poznatih Čeha rudara izgleda ovako:

1. *Karl Hejrovski*, bio u Srbiji 1847. g. kao ekspert.

2. *Emanuel Šefel*, došao u Srbiju 1850. i tu ostao verovatno do kraja života, do penzije pouzdano.

3. *Jozef Šefel*, službovao u Srbiji 1854. do 1857, 1862—1864.

4. *Jozef Červenka*, u Srbiji od 1851. do 1854. god.

5. *Karl Frndak*, u Srbiji od 1852—1854.

6. *Svetozar Mašin* (1851—1886). Rođen je u Srbiji.

7. *Franja Šistek*, u Srbiji od 1883—1907, kad je umro.

8. *Josip Jekl*, u Srbiji pre 1885. i ostao do kraja života.

9. *Karlo Čeh*, u Srbiji od 1892. do kraja života.

10. *Jaroslav Kučera*, u Srbiji od 1894. do 1909.

11. *Vladislav Matejka*, u Srbiji od 1911, do smrti.

12. *Feodor Hozak*, u Srbiji pre 1913. Umro za vreme prvog svetskog rata.

13. *Karel Hinek*, u Srbiji pre 1914. godine. Izgubio mu se trag.

14. *Karel Šu*, u Srbiji 1913/14.

15. *Luj Petrak*, u Srbiji pre 1915. izgubio mu se trag.

Kad je reč o Česima i našem rudarstvu treba pomenuti još dvojicu Čeha, naših prvih idustrijalaca, mlinare Ignjata Bajlonija i Franju Všetečku. Oni su za potrebe svojih preduzeća otvorili ugljenokope, Bajloni u Kamencu, južno od Požarevca 1870. godine za svoj mlin u Malom Crniću. Všetečka je otvorio ugljenokop u Kostolcu 1871. godine za svoj mlin u Beogradu. Kako se ugljenokop nalazio na Dunavu, počeo je odmah proizvoditi ugalj i za trgovinu.

O rudarima Česima pisao sam delimično i ranije. Putovanje Karla Hejrovskog po Srbiji i njegovu ulogu u otvaranju prvih rudnika kod nas prikazao sam u knjizi »Iz skorašnje prošlosti rudarstva u Srbiji«, Beograd 1960. O delatnosti Čeha u Majdanpeku

bilo je reči u ovom istom članku (prvi deo). Posebno je prikazana uloga Svetozara Mašina u našem rudarstvu («Rud. glasnik», br. 3/66). Ostalo je još da se osvrnemo na delatnost ostalih Čeha u rudarstvu Srbije.

### Franja Šistek (1854—1907)

Najčuveniji je među rudarima, koji su nam kao takvi došli iz Češke. U Srbiji je proveo četvrt veka i za to vreme, kao što čitamo na bronzanoj medalji, izdatoj povodom njegove smrti, istražio je i otvorio rudnike odnosno terene: Kostolac, Sv. Ana (Glogovica), Sv. Ignjat (D. Bela Reka), Sv. Đorđe (Borski rudnik). To su sve Vajfertovi rudnici odnosno povlastice. Šistek je celo vreme bio u službi Vajfertovoj; sa Borskim rudnikom prešao je u francusku službu.



Sl. 1 — Franja Šistek

Franja Šistek rodio se u Plzenu 1854. godine. Ne znamo iz kakve je porodice ni gde se školovao. U verodostojnim spisima nigde ga ne nazivaju rudarskim inženjerom, pa to svakako nije ni bio. Verovatno je svršio neku srednju rudarsku školu u Češkoj. U Srbiju je došao osamdesetih godina prošloga veka (po P. Ilić u 1882. god.). No najvero-

vatnije da je došao 1883, pošto se u ugljenokopu Kostolac, prvom mestu njegovog službovanja, redovna proizvodnja uglja vodi od 1884. god. Pera Ilić u Šistekovom nekrologu piše, da je on ugljenokop Kostolac »otvorio, rastvorio i pripremio za eksploataciju« što, međutim, nije sasvim tačno. Kostolački ugljenokop otvoren je čitavu deceniju pre Šistekovog dolaska u Srbiju, ali mu je on zaista dao pravo obličje, tako da je Lozanić 1886. godine mogao s pravom reći da je Kostolac »jedini potpuno uređen ugljeni rudnik naš«. Čim je došao na ugljenokop Šistek je preduzeo bušenje ugljene povlate, da bi utvrdio položaj ugljenog sloja. Pre toga se ništa nije znalo o njegovom prostiranju. Zatim je 1890. godine probušio celu ugljonosnu svitu, utvrdivši tek tada pravu vrednost kostolačkog ugljenog basena.

Iako je ugljenokop imao ograničenu proizvodnju, jer se uglj vadio samo koliko se moglo prodati, Šistek ga je uredio tako, da je na njemu 1891. godine proizvedeno preko 18.000 tona uglja sa 44 radnika, nadzornikom i računovodom. U izveštaju načelnika rudarskog odeljenja za ovu godinu čitamo o Kostolcu: »Na ovom rudniku postoji jedna najmodernija radnička kolonija od podignutih građevina od tvrdog materijala sa zgradama za upravu i njen personal i jedna škola za radničku decu«. Posetioci Kostolca iz ovoga doba govore sa pohvalama o ugljenokopu: podgrada mu je uzorna, radnici dobro plaćeni (tesači su zarađivali 4—8 din. dnevno a nadničari 2—3 din.). Ugljenokop je donosio godišnje čistog prihoda 30.000 dinara. Za vreme Šistekovog upravljanja Kostolac je jednom reči, bio uzoran ugljenokop.

Iz Kostolca Šistek je po potrebi istraživao i druge Vajfertove terene, o čemu na žalost imamo vrlo malo podataka. Zna se toliko da je počeo radove u Ruplju, pa ih docnije predao svome zemljaku Karlu Čehu. Šistek je napustio Kostolac krajem devedesetih godina prošloga veka, kad je Vajfert počeo življe istraživati istočnu Srbiju. Smeštio se je u selu Glogovici i poveo istražne radove na zlatonosnim kvarcnim žicama po ograncima Deli Jovana, tamo gde je Hofman još 1888. god. zapazio stare radove na zlatu. Iz Glogovice Šistek vrši istražne radove na Vajfertovim terenima po celoj istočnoj Srbiji, uglavnom po uputstvima Feliksa Hofmana. Šistek je otvorio i pripre-



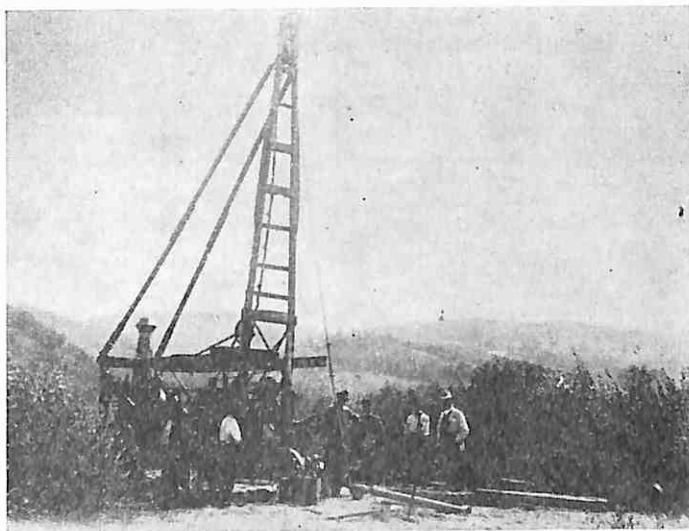
mio za eksploataciju zlatonosne kvarcne žice iznad Rusmana i u Ginduši i otpočeo njihovo otkopavanje, pošto je prethodno izgradio fabriku — amalgamaciju zlatonosnih ruda na Rusmanu i rudničku koloniju. Ovaj se rudnik zvao sv. Ana i bio je opet jedan od najuređenijih u Srbiji. Takav rudnik su posetili 1900. godine ondašnji kraljevi Srbije, Milan i Aleksandar Obrenović. Da bi rudnik zlata snabdeo jevtinim gorivom Šistek je u susednom selu Sikolu otvorio ugljenokop.

Glogovički rudnik Šistek je vodio nekoliko godina, istražujući uzgred i susedne terene. On rukovodi istražnim radovima u Boru, gde je otvorio veliko rudište bakra na čuki Dulkanovoj. Pod njegovim rukovodstvom buši se aluvijalna ravan Donje Bele Reke i nalaze povoljne količine zlata. Vajfert je ovde 1905. godine izvadio povlasticu za dobijanje zlata iz nanosa, nazvavši je sv. Ignjat. Zatim je prodao strancima 1906. godine.

1907. god. i Večernjim Novostima (1907. br. 123 od 5. maja) .U istom listu štampan je i izveštaj o Šistekovoj sahrani. Napisao ga je gimnazista Ivan Veljković, kasnije poznati rudarski inženjer, a sada penzioner u Beogradu.

#### Josip Jekl

Iako je više od četvrt veka rudario po Srbiji, o njegovom službovanju zna se veoma malo. Ponajpre stoga, što je radio bilo za svoj račun ili za privatnike, vlasnike raznovrsnih rudarskih prava. Osim toga, Jekl kao rudarski stručnjak nije imao sreće, da otkrije ma kakvo značajnije mineralno ležište ili otvori neki značajniji rudnik. O Jeklu se čak ne zna ni pouzdano, koje je narodnosti, a još manje o mestu i godini rođenja, školovanju i ostalom. Kći Feliksa Hofmana Irena pisala mi je, da je Jekl bio Čeh. Ona ga je dobro poznavala. Misli da se školovao



Sl. 2 — Bušalica aluviona u Neresnici 1903. godine

Smrt je ovog izvanredno zaslužnog trudenika našega rudarstva sustigla na radnom mestu, na otkopima borskog rudišta. Umro je od srčane kapi 4. maja 1907. godine. Savremenik P. Ilić je povodom toga zabeležio, da je Franja Šistek otvorio Borski rudnik, »razvio ga, uredio i doveo do jeka eksploatacije i tu kraj njega legao, da poslednji san počiva«. Nekrolog Franji Šisteku objavljen je u Rudarskom glasniku za

u Pšibramu. To isto smatra i ing. I. Veljković.

Sa imenom Josipa Jekla susrećemo se prvi put 1885. godine, kada je sa Gešom Crnogorčevićem dobio povlasticu za otkopavanje uglja u selu Klenovniku, između Kostolca i Požarevca. U to vreme boravio je u Požarevcu. Jekl je bio vlasnik Klenovnika do 1891. godine. U našoj rudarskoj literaturi Jeklovo ime pominje se po drugi put

1886. g., kada je dobio povlasticu za otkopavanje uglja u petrovačkom basenu (tzv. Jeklov rudnik kod Petrovca na Mlavi). Ovaj ugljenokop ostao je u njegovom vlasništvu bar 20 godina (1906. je još u njegovim rukama), ali za celo to vreme nije proizveo ni 1000 tona uglja. Prema tome, rad na ovome ugljenokopu nije mu mogao biti jedino zanimanje. Kad je uzeo povlasticu u petrovačkom basenu opet je živeo u Požarevcu.

Početak našeg veka Jekl je u istočnoj Srbiji; 1903. god. živi u Salašu, između Negotina i Zaječara, a 1905. god. čitamo u Rudarskom glasniku (str. 64) vesti: »Istražni radovi za račun engleskog sindikata u krajinskom okrugu nalaze se već od dužeg vremena pod upravom i rukovanjem našeg starog rudarskog inženjera, g. Jekla. Na ovim radovima koji se kreću na zlatnim rudištima, postigao je g. Jekl već tako lepe rezultate, da sindikat namerava tražiti povlasticu za eksploataciju otvorenih i ispitanih rudišta«. Ova vest će se svakako odnositi na zlatonosne kvarcne žice u samome selu Salašu, kao i na bušenje aluvijalne ravni srednjeg i donjeg toka Timoka, od Salaša nizvodno, koja je baš u to vreme ispitivana na zlato. Ovde je engleski sindikat imao dva isključiva prava, jedno kod Salaša a drugo kod Slatine. Jedno vreme, no ne zna se kada, Jekl je radio kod ispiraćkog sindikata u Neresnici, gde je i stanovao.

Inženjera Jekla dobro je zapamtio I. Veljković, kada je 1903. godine kao gimnazista boravio u Salašu. On ga se seća kao visokog, suvonjavog, malo pogrbljenog starca, koji se pri hodu poštapa. Nosio je dugu belu bradu i imao tada oko 70 godina. U Salašu je imao lepu i veliku kuću. U 1906. godini Jekl živi u Petrovcu na Mlavi. Poslednji put susrećemo se sa Jeklovim imenom 1908. godine, kada je dobio pravo istraživanja u opštinama ćirikovačkoj i bradaračkoj. Umro je verovatno posle 1910. godine; njegova smrt nije registrovana u Rudarskom glasniku, čija je poslednja sveska izašla 1910. god.

### **Karlo Čeh (1867—1957)**

Došao je u Srbiju po pozivu Franje Šisteke 1. aprila 1892. godine, sa lepom, mladom ženom, kojom se tek bio venčao. Putovanje iz Čečke u Srbiju bilo je svadbeno. Dvadesetpetogodišnji rudar stupio je na

srpsko tle sa nadama, kakve može imati samo mlad čovek rudarskog poziva. A kad je umro, kao devedesetogodišnjak, posle 65 godina života i rada po rudnicima Srbije, u njegovom malom, poabanom novčaniku nađena je novčanica od 20 dinara. Poslednjih godina života, star, uzet, zimogrožljiv, priželjkivao je zimi toplu sobu. Svojevremeno, dok je bio u snazi, pronalazio je ugljene slojeve i u njima otvarao ugljenokope. Tri ugljenokopa otvorio je u Srbiji marljivi i sposobni rudar Karlo Čeh. Sudbina obično nije mazila rudare. U većini slučajeva bila im je maćeha. Pa i pored toga, Karlo Čeh je, u uslovima rudarskog života i rada, doživeo duboku starost, najdublju među srpskim rudarima.

Rodio se 27. januara 1867. godine u Telnici (Moravska), u rudarskoj porodici. Otac mu je bio upravnik rudnika u Briksu, severnoj Češkoj. Školovao se, koliko se moglo saznati u Pšibramu. Svakako je po završetku školovanja radio po češkim rudnicima, jer čim je stupio u Vajfertovu službu, postao je upravnik istražnih radova na Crvenom Bregu, dva sata od sela Ruplja, u sreću vlasotinačkom. U Vajfertovoj službi ostao je nepunih 40 godina, uvek kao rukovodilac, bilo istražnih radova, rudnika ili ugljenokopa. Samo u Podvisu proveo je kao direktor ugljenokopa 23 godine.

Po dolasku u Srbiju Čeh je odmah otputovao u selo Ruplje, gde je Đorđe Vajfert već nekoliko godina istraživao rudište olovno-cinkovih ruda, bogatih srebrom. Čehovim dolaskom radovi se proširuju i vode življe. Novi rukovodilac izgrađuje odmah rudarsku koloniju kraj samog rudnika, na crvenbreškim livadama. Prva plata mu je 200 dinara mesečno.

Prvih godina rada rezultati istražnih radova bili su povoljni pa je 1894. godine izvađena povlastica veličine 80 rudnih polja na ime Đorđa Vajferta i Alekse Novakovića. Rudnik je nazvan *Đurina Sreća*. Sreće međutim nije bilo, jer su žice olovne rude isklinjavale prema dubini. Do 1898. godine Vajfert je u ovo preduzeće uložio 350.000 dinara. Iste godine rezerve istražene rude iznosile su svega 10.800 tona. Rudište je bilo otvoreno sa 4 horizonta. Vajfert je izgubio novac na rudištu Crvenoga Brega, dok je Karlo Čeh obogatio porodicu sa šestoro dece, rođene u selu Ruplju ili u rudarskoj koloniji, kraj rudnika, pod Crvenim Bregom.

Obična rudarska priča. Kao uspomenu na svoj boravak u ovom kraju, vredna češka porodica ostavila je veliki četinarski sad iznad rudnika. Smrče i jele posadio je Čehov tast, Johan Kučera, šumar u penziji, koji je tamo živio kao penzioner iz Češke. Jedina četinarska šuma u ovome kraju nazvana je od meštana »Gospodinova šuma«.

Čeh je iz Ruplja odlazio povremeno i na druge Vajfertove radove ili rudnike, dok 1905. godine nije najzad napustio Crveni Breg i obustavio radove. Nastanio se u Knjaževcu, odakle je, po Vajfertovim potrebama, prospektovao ili istraživao u okolini zlatonosne rasipe, ugljene i rudne pojave. Povremeno je odlazio i u Kostolac; jedno vreme proveo je na radu u rudniku sv. Ana (Glogovica).



*Op. r. Lux*

Dok je bio sa sedištem u Knjaževcu otkrio je ugljene pojave nedaleko od ugljenokopa Dobra Sreća na kojima je docnije, posle Prvog svetskog rata, otvorio ugljenokop Blagovesti. Uoči rata istražio je ugljonošne polje, a delom i pripremio za rad. Eksploatacija je počela tek posle rata, u doba najveće konjunktore za ugalj. Pronalaženje, istraživanje i otvaranje ugljenokopa Blagovesti je od početka do kraja delo Karla Čeha. U ovo vreme njegova mesečna plata iznosila je već 600 dinara.

Glavno Čehovo delo je ugljenokop Podvis, nedaleko od Knjaževca. Krajem 1908. godine povlasticu u kojoj se nalazio Podvis

kupio je Đorđe Vajfert od generala Đoke Đorđevića i odmah tamo poslao Čeha. Iako je povlastica bila dobijena pre 20 godina, na njoj je vrlo malo rađeno. Postojao je samo jedan potkop i jedna mala zgradica ispred njega.

Pri organizovanju ugljenokopa u Podvisu došla je do punog izražaja Čehova stručna sprema i organizatorska sposobnost. On sistematski priprema ugljena polja za otkopavanje, nova istražuje i istovremeno podiže razne manipulacione građevine, radničke stanove itd. Uoči Prvog svetskog rata ugljenokop je bio spreman za proizvodnju. Čekalo se samo da se završi železnička pruga. U međuvremenu izbio je rat. Pruga je dovršena i počeo se otkopavati ugalj. Ujesen 1915. došlo je do sloma Srbije. Ugljenokop



Sl. 4 — Rudnik Crveni Breg krajem prošlog veka

je okupiran od bugarske vojske. No pre dolaska neprijatelja Čeh je potopio jamu. Kako Bugari nisu mnogo marili za rad u ugljenokopu, ostavili su ga neaktivnog godinu dana. Samo su postavili stražu oko njega. Posle toga ugljenokop su uzeli u svoje ruke Nemci. Za kratko vreme ispumpali su vodu i počeli otkopavanje uglja sa svojim inženjerima, dok su Čeha sa porodicom konfinirali. Kako je od 1914. godine bio srpski državljanin nisu ga dirali do pred kraj rata, kada su ga poslali u Borski rudnik. Ugljenokop Podvis je do kraja rata upropašćen i opljačkan.

Po oslobođenju Srbije Čeh ubrzo obnavlja ugljenokop, tako da već 1920. godine po-

činje proizvodnju, čija vrednost u 1921. godini prelazi milion i po dinara. U ovo vreme bila je izvanredna konjunktura za uglj. Proizvodnja pod Čehovim rukovodstvom neprestano je rasla, dok 1931. godine nije dostigla 44.000 t uglja. Ove godine je Čeh napustio rad u Podvisu, posle 23 godine provedene u njemu. Izašao je i iz Vajfertove službe, jer je ovaj prodao Podvis. I tako, posle skoro 40 godina rada, Karlo Čeh je u 64. godini ostao bez posla. Prilikom napuštanja službe dobio je uverenje, potpisano Vajfertovom rukom iz kojega se vidi kada je i gde bio u njegovoj službi. Najinteresantniji deo ovog dokumenta glasi: *»Za ovo vreme gosp. Čeh je odlično poslužio mojim interesima kako svojim stručnim znanjem, tako i predanošću u radu«*. Vajfertova tvrdnja je nesumnjivo tačna, kao što je i to tačno, da je Karlo Čeh, posle skoro 40 godina službe kod Vajferta, dočeka starost bez penzije (dobio ju je tek neku godinu pred smrt). On mora da traži posao pod stare dane najpre u Novom Sadu, pokušavajući da osnuje neko preduzeće za nabavku rudarske opreme. Ali ni tu nije bilo uspeha. Onda je sa 72 godine života ponovo otišao u jamu, ovoga puta u selo Stamnica, blizu Petrovca na Mlavi, gde je počeo otvarati ugljenokop za lekara Jevremovića. To je bilo 1939. godine. A 1943. g. u istom ugljenokopu izgubio je radnu sposobnost usled uzetosti. No snažan organizam ovog neumornog rudarskog trudenika prkosio je smrti sve do 18. marta 1957. godine.

Savremenici se sećaju Karla Čeha kao veoma sposobnog i radnog čoveka. Iako uvek na rukovodećem položaju, jamu je svakodnevno posećivao i u njoj ostajao po nekoliko časova. Priča se da mu je Podvis bio uređen kao »apoteka«. Za celo vreme rada na njegovim radilištima nikada nije dolazilo do rudarske nesreće, iako je radio na kameonom uglju mnogo godina. Čak je jednovremeno rukovodio Podvisom i Blagovestima.

Karlo Čeh nije pisao o rudarstvu ali je bio sjajan praktičar. Ono malo izveštaja, što je sačuvano u porodičnoj arhivi odaje čoveka neobično urednog i veštaka u svome poslu. Darovit praktičar u rudarskom radu pokazao se nepraktičan u ličnom životu. Ali ugljenokopi Podvis, Blagovesti i Stamnica, koje je sam otvorio, kao i dugogodišnji rad

na Crvenom Bregu ostaće svedoci brižljivog rudarskog rada Karla Čeha u rudarstvu Srbije.

#### Jaroslav Kučera

Na ovo ime pala je senka zaborava još dok je bio živ. A to je nepravdo, jer sećanje na Jaroslava Kučeru treba sačuvati u rudarstva Srbije, kome je posvetio 15 godina marljivoga rada. Kako je celo vreme bavljeno u Srbiji služio kod Vajferta, o njegovoj delatnosti zna se vrlo malo, jer je Vajfertova arhiva propala za vreme prošlog rata.

Kučera se rodio u Češkoj oko 1871. godine. Školovao se u Pragu i još negde. Ne zna se da li je bio rudar ili geodeta. U našoj rudarskoj literaturi pomenut je kao merač i upravnik rudnika. U Srbiju je došao za Karlom Čehom, svojim šurakom 1893. ili 1894. godine. Ne zna se gde je radio u prvo vreme. Kad se Vajfert počeo življe interesovati rudarstvom u severoistočnoj Srbiji, Kučera je bio rukovodilac svih radova. Kad su počeli istražni radovi u Glogovici, Kučera je prešao tamo i ostao nekoliko godina. Rudnik zlata u Glogovici bio je središte odakle su istraživani Vajfertovi tereni po istočnoj Srbiji. Svima radovima je rukovodio Franja Šistek. Kučera mu je bio potčinjen.

Iz Glogovice, kao što je poznato, rukovođeno je istražnim radovima na Borskom rudištu. Kučera je neposredno vodio radove u okolini sela Bora. On je poterao i čuveni potkop pod čuku Dulkanovu, kojim je otkriveno borsko rudište. Prema tome Kučera je neposredni učesnik u otkrivanju borskog rudišta i otvaranju rudnika.

Posle pronalaska borskog rudišta kratko vreme radio je u Boru, a zatim se vratio u Glogovicu. Šistek mu je ustupio upravničko mesto a sam je uzeo borsko rudište u svoje ruke. Nije poznato koliko je vremena Kučera proveo u Glogovici. Zatim je prešao u Bor. Dve godine posle Šistekove smrti otpušten je iz službe. Vratio je se u Češku sa porodicom i nastavio da radi po češkim rudnicima. Umro je u bedi 1938. godine.

#### Rudolf Vladislav Matejka (1884—1952)

Uman i izvanredno obrazovan čovek i inženjer, ali tih, ozbiljan i nenametljiv, nije lako prolazio kroz vučje doba u kome je ži-

veo i radio. Njegov predan i koristan rad u rudarstvu nije javno ničim obeležen, čak ni nekrologom posle smrti. I po tome se uvrstio među naše najbolje rudarske trudbenike.

Matejka je jedan od naših najobrazovanijih inženjera i ne samo stručno. Poznao je strane jezike kao nijedan od naših rudara. Pored našeg i češkog jezika, koji mu je bio maternji, znao je nemački, francuski, italijanski pa čak i latinski. Bio je uvek među odličnima, u školi i kasnije u životu kao stručnjak. Ali bio je više profesor nego rudar, više laboratorijski i kabinetski radnik nego pogonski inženjer. Bio je oličenje studioznog radnika i bela vrana među rudarima savremenicima. U struci se naročito isticao poznavanjem rudarskih mašina.

Rođen je 11. marta 1884. godine u Velikoj Mezirici (Moravska) u učiteljskoj porodici Gimnaziju je učio u Brnu, a završio u Rihnovu 1903. godine. Voleo je medicinu ali je otišao na rudarstvo, da bi roditelje što pre oslobodio materijalnih obaveza. No i pored toga što mu rudarstvo nije bilo priraslo za srce, završio ga je na rudarskoj akademiji u Leobenu 24. jula 1907. godine sa odličnim uspehom. Za vreme studija, kako je sam pričao, najradije je izučavao matematiku, fiziku i hemiju, što je kasnije izvanredno primenjivao u praksi. Učio je veoma lako, tako da je posle završenih studija potpuno vladao latinskim, nemačkim i francuskim jezikom.

U praksu je otišao kao volonter na neki ugljenokop u Češkoj, gde je ostao kratko vreme, a zatim je 1908. godine došao u Trbovlje. Tamo se zadržao do 1910. godine. U Srbiju je prešao 1911. g. Ne poznavajući naše prilike, zaposlio se privatno, najpre kod nekog rudarskog nadripreduzimača Petrovića, u petrovačkom ugljenom basenu. Kako je sa prvim zaposlenjem bio naseo, promenio je poslodavca pa je jedno vreme radio kao inženjer u Klenovniku, a zatim na istočnim padinama Kopaonika. Najzad je 1912. godine došao u senjski ugljenokop i dobio mesto nadzornog inženjera u Ravnoj Reci. Tamo se i oženio Srpkinjom, i time potpuno vezao za ovo tle i njegovo rudarstvo. Iako je imao odgovorno mesto u senjskom ugljenokopu, on se još 1914. godine vodi kao privremeni rudarski inženjer. Uoči Prvog svetskog rata u senjskom ugljenokopu vladale su veoma teške prilike. Politikan-

stvo je dominiralo celim radom. Upravnik je bio Pera Ilić, koji se lako sukobljavao sa ljudima. Tome nije mogao izbeći ni uvek povučeni Matejka. Savremenici se sa neprijatnošću sećaju ovog perioda rada u senjskom ugljenokopu.

Matejka je ostao u Ravnoj Reci do povlačenja srpske vojske ujesen 1915. godine a zatim je, u najkritičnijim danima bio poslat na Kosovo, da u selu Sibovcu otvori ugljenokop, čijim je ugljem trebalo snabdevati železnicu. Tu je, posle pada Aleksinca u neprijateljske ruke, bila još jedina mo-



*Ing Rudolf Matejka*

gućnost da se železnice u još nepokorenim delu zemlje snabdevaju ugljem. Matejka je dobio za rad izgledne ratne zarobljenike, čiji su nadzornici bili naši rudari, vojni obveznici. Proizvodnja uglja bila je skopčana sa ogromnim teškoćama, a transport sa još većim. Nabujala Sitnica odnela je most pa su zarobljenici morali, u hladno jesenje doba, prenositi ugalj preko reke na ledima. Matejka je ostao u Sibovcu sve do dolaska austrijskih trupa. Povukao se sa poslednjim boračkim odredima srpske vojske put Albanije. Za vreme izbeglištva živi u Grčkoj i

Francuskoj i posvećuje se izučavanju jezika, ovoga puta talijanskog i engleskog.

Posle oslobođenja vraća se opet na svoj stari rudnik, u Ravnu Reku, gde ostaje do 1921. godine. Zatim napušta zemlju i odlazi na kop soli u Marmaroškoj Solotvini (Prikipatska Rusija); polovinom 1922. god. ponovo je u Srbiji i dobija mesto direktora senjskog ugljenokopa. Ovde je ostao do 1924. godine a zatim se za uvek povlači sa rudarskih preduzeća, radeći po direkcijama, najpre u Sarajevu, zatim Beogradu, opet Sarajevu itd. Rudarsku karijeru završio je kao vanredni profesor rudarskog fakulteta u Beogradu 3. oktobra 1952. godine, kada je iznenada preminuo. Na fakultetu je predavao rudarsko mašinstvo.



Sl. 6 — Inženjeri senjskog ugljenokopa.  
S leva na desno sede: Hristifor Majić i Ferdo Su. Stoje: Milan Vulović, Vladislav Matejka i Karel Su

Doprinos srpskom a posle i jugoslovenskom rudarstvu Vladislava Matejke je »u termičkim elektranama, izvoznim strojevima, žičarama i ostalim transportnim uređajima«. On je radio proračune i saradivao na izgradnji elektrana u Zenici i Velenju, na žičarama Ugljevika, Kaknja Ljubije, na elektrifikaciji izvoznog stroja u Zenici (okno Varvara), na izvoznim strojevima Aleksinca (okno 4). Tušnja kod Tuzle, Zagorja, Hrastnika, Kaknja itd.

#### **Nekoliko rudara Čeha u senjskom ugljenokopu**

Uoči Prvog svetskog rata i nešto ranije na senjskom ugljenokopu bilo je zaposleno

nekoliko inženjera Čeha. Pored Vladislava Matejke, tamo su radili Karel Hinek, Luj Petrak, Feodor Hozak i Karel Šu. O njihovom radu ne zna se skoro ništa. Jubilarna knjiga »100 godina senjskog rudnika« ne govori ništa o ljudima, koji su svojim tehničnim znanjem i zalaganjem pripomogli razvoju ugljenokopa.

#### **Karel Hinek**

Proveo je na senjskom ugljenokopu od 1906—1908. godine kao privremeni inženjer II klase. To je sve što se o njemu moglo saznati.

#### **Luj Petrak**

Bio je 1912. godine podinženjer I klase u senjskom ugljenokopu, odnosno Ravnoj Reci. Savremenici ga se sećaju po nekoj skandaloznoj aferi.

#### **Feodor Hozak**

Ne zna se tačno od kada je počeo služiti u senjskom ugljenokopu. U 1913. godini bio je pogonski inženjer u Velikoj i Maloj Ravnoj Reci. Na istom poslu zatekao ga je i Prvi svetski rat. Kako nije imao srpsko državljanstvo plašio se da ga Austrijanci ne zarobe i ne streljaju kao vojnog begunca. Prilikom povlačenja srpske vojske kroz Albaniju 1915. godine Hozaka su videli »u vrlo bednom stanju — gladnog, u ritama, vašljivog«. Da lakše pređe Albaniju bio se priključio nekom češkom zarobljeničkom odredu i uz put propao.

#### **Karel Šu**

Bio je oko godinu dana (1913—14) rudarski inženjer u senjskom ugljenokopu. Savremenici ga se sećaju kao dobrog čoveka i veoma solidnog stručnjaka. Verovatno se uoči Prvog svetskog rata vratio u Češku.

#### **Ostali stranci rudari sa različitih rudnika**

Najzad da pomenemo i strance rudare po različitim rudnicima Srbije, državnim i privatnim. Ponešto je ostalo zabeleženo samo o petorici: Ernestu Pertišu, Hajnrihu Relingu, Adolfu Rosbergu, Oto Piču i Leo Kurcu.

### Ernest Pertiš

Iz jubilarne knjige o stogodišnjici rudarske akademije u Frajbergu saznajemo, da se Ernest Pertiš iz Haynichena upisao na rudarsku akademiju u Frajbergu 1851. god., a da je 1866. služio negde u Srbiji, verovatno kod Francuza u Majdanpeku.

### Hajnrh Reling

Došao je u Srbiju 1890. god. kao mlad inženjer i odmah je postavljen za merača u rudarskom odeljenju. No ubrzo je prešao u senjski ugljenokop, koji se u to vreme otvarao i pripremao za eksploataciju. U 1891. godini Reling je kontraktualni inženjer V klase i vrši dužnost upravnika ugljenokopa. Sledeće godine preveden je u treću



Sl. 7 — Hajnrh Reling

klasu što je siguran znak da je bio od koristi preduzeću. Ne zna se kada je napustio Srbiju. Njegov izveštaj o radu senjskog ugljenokopa za 1891. godinu štampan je u Godišnjaku rudarskog odeljenja za 1892. godinu.

Reling je rodom iz Frajberga. Tamo je završio akademiju 1889. godine. Izgleda da mu je senjski ugljenokop bio prvo mesto službovanja.

### Adolf Rosberg

U našem rudarstvu Adolf Rosberg susreće se polovinom juna 1890. godine, kada je rešenjem ministra narodne privrede određen »da vrši ispitivanje ugljenog sloja u Aliksaru, blizu Brze Palanke, u okrugu krajinskom, a u celji da se ovaj ugljeni rudnik pripremi za eksploataciju budućem srpskom parobrodskom društvu«. Na istom ugljenokopu ostao je i 1891. godine. Kad su početkom 1892. god. napušteni radovi, Rosberg je poslat u podrinjske rudnike. Tamo je imao zvanje kontraktualnog pomoćnika I klase a u isto vreme vršio je dužnosti upravnika. Dok je radio u Aliksaru Rosberg se vodio kao mašinsko-rudarski inženjer I klase u rudarskom odeljenju.

Kao rudarski stručnjak nije uživao bogzna kakav ugled. Prebacuje mu se da je podrinjskim rudnicima rukovodio gore od Srba upravnika, a u Aliksaru su mu radovi bili skupi i necelishodni.

### Oto Pič

Služio je nekoliko godina u Srbiji kao rudarski inženjer. Najviše je proveo u podrinjskim rudnicima, gde je služio u dva maha, 1907—8. i 1912—14, kada su ovi bili u privatnim rukama. Jedno vreme bio je i direktor rudnika. U 1912. godini nalazimo ga u državnoj službi kao privremeni inženjer u senjskom ugljenokopu. O našim rudištima objavio je dva saopštenja:

1 Über die serbischen Antimonerzlagerstätten und das Kupfererzvorkommen am Lipnik. Zeitschrift für prakt. Geologie 1918.

2. Über die serbische Blei-und Antimonlagerstätten. U istom časopisu kao i gornji članak.

### Leo Kurc

Oko 4 godine, a možda i više, Leo Kurc je služio u senjskom ugljenokopu kao privremeni rudarski inženjer II klase (od 1906. do 1908), a zatim kao inženjer I klase (1909). Savremenici ga se sećaju samo po imenu.

### Viljem Tovote

Samo se toliko zna da je 1903. godine službovao u senjskom ugljenokopu kao rudarski inženjer.

Među strancima rudarima koji su služili u Srbiji nalazio se i Ignjat Senica Se-

nicki. On je 1875. god. kao inženjer u ministarstvu građevina podneo narodnoj skupštini pismeni predlog »o boljem uređenju naših rudnika za veći prihod«. Skupština, međutim, nije htela da ga sasluša. Samo se toliko saznaje iz stenografskih beležaka narodne skupštine. Ime Senickoga nije poznato u našem rudarstvu, sem ako nije negde privatno služio, što lako može biti.

### Rudarski eksperti

Za vek i četvrt rada na obnavljanju i izgradnji rudarstva Srbiju su posećivali mnogi inostrani stručnjaci, eksperti po opštim ili pojedinim problemima rudarstva. Bilo ih



Sl. 8 — Bernard Kota

je iz raznih država i raznih narodnosti: Saksonaca, Čeha, Prusa, Nemaca uopšte, Francuza, Engleza, Belgijanaca. Dolazili su po pozivu srpske vlade, odnosno ministarstava i ustanova, nadležnih za rudarstvo. Eksperti su dolazili i po pozivu vlasnika privatnih rudarskih prava. Neki od ovih visokih stručnjaka imali su odlučan uticaj na rudarstvo zemlje, naročito dva prva eksperta, baron Herder i Karl Hejrovski.

Bila bi duga lista (da je potpuna) stranaca rudara i geologa, koji su kao eksperti dolazili u Srbiju. Pored već poznatih imena

(Herdera, Hejrovskoga, A. Brajthaupta i nekog nepoznatog pruskog stručnjaka za so) o kojima je bilo reči (Simić V. 1960), ovde će se govoriti o Belgijancu Gerneaert-u, Saksoncu Bernardu Koti, Englezu Bjuiku, Rafaelu Hofmanu, A. Erenbergu, A. Getingu, Evgenu Sulcu, Oskaru Bilharcu.

### Gerneaert

Tako se zvao, po podacima državnog Arhiva NRS u Beogradu vrhovni rudarski stručnjak belgijske vlade. On je po pozivu naše vlade došao u Majdanpek 1857. godine sa još jednim činovnikom iz Belgije, pregledao ga i dao svoje mišljenje, koje nam je još sada ostalo nepoznato.

### Karl Bernard fon Kota (1808—1879)

Čuveni profesor geologije na rudarskoj akademiji u Frajbergu i međunarodna veličina u geologiji i nauci o rudnim ležištima svoga vremena, posetio je 1863. godine rudišta severoistočne Srbije: Kučajnu i Majdanpek. Time je završio ispitivanja banatskih rudišta, koja su se prema jugu nastavljala u Srbiju. U pratnji Otokara Hofmana, rudara svetske slave, Kota je 24. avgusta 1863. godine prešao iz Nove Moldave u Golubac. Od 25—28. ispitivao je Kučajnu i Melnicu. Zatim je otputovao u Majdanpek, gde je samo prenoćio, pa se preko Kučeva vratio u Novu Moldavu 1. septembra 1863. god. Rezultate svojih promatranja objavio je u dva rada, od kojih je prvi štampan kao posebna knjiga o rudištima u Banatu i severoistočnoj Srbiji. Čim se ovo delo pojavilo o njemu je referisao veoma opširno i stručno Manojlo Marić u »Vili« St. Novakovića za 1865. godinu. Marić je Kotin đak. Koliko znam ovo je prvi referat neke rudarske knjige u našoj literaturi.

Kotine beleške o Kučajni i Majdanpeku su utoliko značajne, što je time ponovo skrenuta pažnja svetskoj javnosti na rudišta u Srbiji, osobito na Majdanpek, gde je država pretrpela potpun neuspeh u izgradnji rudnika.

B. Kota je završio rudarsku akademiju u Frajbergu, a posle toga studirao je u Hajdelbergu. Dugo godina predavao je geologiju i nauku o rudnim ležištima u Frajbergu, gde je i umro 14. sept. 1879. god.



### Englez Bjuik

Pošto je, uglavnom, bila izvršena izgradnja podrinjskih rudnika, ministar finansija pozvao je 1874. godine rudarskog inženjera Bjuika, jednog »od prvih auktoriteta po struci olovnih rudnika u Engleskoj« da pregleda rudnike, prališta i topionicu i da svoje mišljenje ne samo o dosadašnjem stanju, već i o budućnosti rudišta.

Od Bjuikovog izveštaja o podrinjskim rudnicima sačuvana su samo dva pasusa, štampana uz izveštaj načelnika rudarskog odeljenja za 1874. godinu. Engleski stručnjak odao je puno priznanje rudarima namim za izgradnju olovnog rudnika i topionice. Za olovna rudišta kako na Jagodnji tako i u Zavlaci smatrao je, da će i u budućnosti zadovoljavati. Bjuikova predviđanja nisu se ispunila. U podrinjskim rudištima nisu otkrivena značajnija rudišta olovnih ruda, iako se posle toga radilo čitavih četvrt veka.

### Albert Geting

U geološkoj bibliografiji Jugoslavije ovo ime zaduženo je sa šest publikacija. Nisam siguran da li je sve napisalo isto lice, s obzirom na to što je Albert Geting studirao rudarske nauke u Klaustalu još 1871. godine.

Geting se kod nas pojavio prvi put 1887. ili 1888. godine kao ekspert za ugljenokop na Vrškoj Čuki, o kome je 1888. godine napisao članak. Blagodareći njemu saznali smo o stanju ugljenokopa pred eksploataciju.

Na prekretnici vekova Geting je upravnik istražnih radova na Kopaoniku za račun privatnog društva. Pored istraživanja nekih rudnih pojava bavio se i jarandolskim ugljem. U isto vreme ispitivao je i pojave azbesta kod Pustenika u Kačaničkoj klisuri. Da li je isto lice dvadesetih godina našega veka ispitivalo rudište bakra kod Savodena u Sloveniji i pojavu živinih ruda kod Tršča u Hrvatskoj, nisam siguran.

Geting je o našim ležištima mineralnih sirovina objavio:

1 Steinkohlenbergbau an der Hohen Čuka bei Zaječar in Serbien. Oesterr. Zeitschrift für Berg und Hüttenwesen 1888.

2 Über verschiedene Asbestvorkommen (Pustenich bei Ŭsküb). Ne zna se tačno gde je izašao.

3 Über ein altes Bergwerk-Emporium in Serbien. Berg-und Hüttenmänn. Zeitung 1901, br. 18, str. 213.

### Rafael Hofman (1829—1899)

Još jedan član porodice Hofman iz Banata zadužio je svojim radom rudarstvo u Srbiji. To je rudarski inženjer Rafael Hofman iz Ruskberga u Banatu. Nešto malo je stariji od svoga rođaka Feliksa. Na rudarsku akademiju u Frajbergu upisao se 1848. godine. U 1866. godini bio je sopstvenik rudnika u Turcu kod Nadjbanje. Umro



Sl. 9 — Rafael Hofman

je 4. oktobra 1899. god. u Beču kao »kralj. ugarski rudarski savetnik i direktor rudnika«.

O radu Rafaela Hofmana na našem rudarstvu znamo samo iz njegovih publikacija. Svakako da mu je obim delatnosti bio mnogo širi, jer nije mogao pisati o svemu šta je gde radio. U Srbiji je bio, kao što se iz radova vidi, osamdesetih i devedesetih godina prošloga veka. Živinom rudniku na Avali posvetio je dva rada. U jednom je prikazao samo rudište a u drugom je, zajedno sa bečkim arheologom Sombatijem opisao ostatke materijalne kulture, nađene u starijim radovima živinog rudišta na Šupljoj Steni, utvrdivši da su oni iz preistorijskog perioda.

Devedesetih godina prošloga veka Hofman je posetio rudarski kraj oko Novog Brda i Janjeva i o tome ostavio veoma kori-

snu studiju, sve do nedavno korišćenu kao jedinu literaturu o novobrdskom rudištu; rad je, uglavnom, posvećen novobrdskoj tvrđavi. Na kraju pominjemo da je Hofman 1891. godine ispitao arsensko-antimonsko rudište Alšar u Makedoniji. Primerke ruda sa rudišta doneo je u Beograd i poklonio rudarskom muzeju. Izgleda da je, dolazeći u Srbiju, sarađivao sa našim rudarima, verovatno posredstvom svoga rođaka Feliksa Hofmana.

#### A. Ehrenberg

Došao je sa svojim ocem, baronom iz Kelna, 1886. godine, da pregleda rudišta na Rudničkoj planini. Rezultate svojih promatranja autor je objavio u članku:

Das Erzvorkommen von Rudnik in Serbien. Zeitschrift für Berg-Hütten-und Salinenwesen. Berlin 1888. str. 281.

#### Eugen Šulc

Pozvalo ga je ministarstvo narodne privrede 1896. godine da pregleda senjski ugljenokop i da svoje mišljenje o njemu. Ugljenokop je od početka radio nerentabilno, jer je ugalj bio sitan. Osim toga učinak je bio slab. Šulcov izveštaj štampalo je ministarstvo narodne privrede kao brošuru na srpskom jeziku (O senjskom rudniku. Izveštaj, podnet ministru narodne privrede u »Srpskim novinama« 1896. br. 105 od 16 maja).

#### Oskar Bilharc (1863—1917)

Došao je u Srbiju 1898. godine po pozivu ministarstva nar. privrede i pregledao sve naše rudnike i ugljenokope. Njegov ekspozitivan štampan je u opširnom izvodu sa komentarima rudarskog odeljenja, koji nisu povoljni za Bilharca (Rudarska ekspertiza o Srbiji 1898. god. Rudarski glasnik 1905. str. 328). K nama je došao iz Frajberga kao viši rudarski savetnik.

Pre toga Bilharc je kao »glavni rudarski savetnik saksonske vlade i generalni direktor rudarstva u Frajbergu« izradio zajedno sa H. Fišerom 1890. godine plan eksploatacije rudnika žive na Avali. U to vreme rudnikom je upravljao Maks Debric »bivši krajevsko-rudarski inženjer vlade saksonske«. On je 1890. godine premeravao rudnik i radio planove.

#### W. baron fon Firks

Kada je francusko društvo »Société Française Minière et Métallurgique en Serbie« dobilo povlašćene terene u zapadnoj Srbiji, poslalo je tamo svoga stručnjaka, višeg rudarskog inženjera barona od Firksa, da prouči rudne pojave i preporuči istražne radove. Firks je ispitivao po antimonskim terenima Podrinja, u obimu povlastica rudnika Zajače (1890. i 1900). U isto vreme on je i ekspert društva »Société anonyme«, vlasnika bakarnih rudišta u Rebelju i Visu.



## Kongresi i stručna putovanja

### *Peti međunarodni rudarski kongres, Moskva, 1967.*

Od 10. do 15. jula 1967. godine u Moskvi održan je V međunarodni rudarski kongres sa temom »Tehnički progres u rudarstvu«.

Ovi međunarodni rudarski kongresi održavaju se svake druge godine i tretiraju važna pitanja iz celokupne tehnike rudarenja.

I međunarodni rudarski kongres održan je 1958. godine u Varšavi i na njemu su tretirani uređaji jamskih postrojenja i površinskih otkopa. Na istom je učestvovalo 700 rudarskih stručnjaka iz 15 zemalja.

II međunarodni rudarski kongres održan je u Pragu 1961. godine po tematici rentabilnosti rudarskih preduzeća. Na ovom kongresu učestvovali su veliki broj delegata iz 17 zemalja.

III međunarodni rudarski kongres održan je u Salzburgu 1963. godine a tretirao je problematiku sigurnosti u rudarstvu, sprovođenje radova na velikim dubinama, kao i u potopljenim delovima i zonama jamskih požara. Na istom kongresu učestvovalo je 900 predstavnika iz 22 zemlje.

IV međunarodni kongres održan je 1965. godine u Londonu i na njemu je učestvovalo 1500 delegata iz 42 zemlje. Tema ovog rudarskog kongresa bila je »Moderan rudnik«, a tretirana su pitanja iz oblasti savremenih otkopnih metoda, projektovanja rudnika, organizacije rudarskih pogona i ekonomike čvrstih goriva.

Na V međunarodnom rudarskom kongresu učestvovali su do sada najveći broj delegata — 1877 iz 45 zemalja.

Na kongresu su održana ukupno 54 predavanja-referata po sledećoj tematici:

- planiranje, organizacija i ekonomija u rudarstvu (7 referata)
- tehnički progres na površinskim otkopima (8 referata)
- otkopavanje u velikim dubinama (6 referata)
- usavršavanje otkopnih metoda u jamskoj eksploataciji (7 referata)
- progres u mehanizaciji i automatizaciji jamskih pogona (6 referata)
- novi tipovi podgrade (4 referata)
- smernice za rekonstrukciju jamskih pogona i koncentraciju otkopa (7 referata)
- neka pitanja za bolje korišćenje rezervi korisnih mineralnih sirovina (5 referata)
- razvoj rudarskih mašina (4 referata).

Svečano otvaranje i zatvaranje kongresa bilo je u kongresnoj palati u Kremlju, dok su se predavanja i diskusije održavale na Univerzitetu »Lomonosov«.

Svi referati i diskusije bili su na jednom od zvaničnih jezika i prevedeni su simultano. Delegati su mogli rad kongresa pratiti preko specijalnih tranzistora na ruskom, engleskom, francuskom ili nemačkom.

Naša zemlja bila je predstavljena referatom »Razvoj jamskih otkopnih metoda u rudnicima uglja i metala«, koji su održali dr ing. Rudi Ahčan i dipl. ing. Radosav Veselinić, predstavnici Rudarskog instituta iz Beograda.

Za vreme V međunarodnog rudarskog kongresa održana je u Moskvi i međunarodna izložba rudarskih mašina »Intergormaš 67« na kojoj su prikazane najnovije mašine i uređaji za rudarstvo. Posebnu pažnju posetilaca izazvale su kombinovane mašine za izradu jamskih prostorija, uređaji za dubljenje okana, kao i automatizovani kompleksi za široka čela. Na izložbi bilo je izloženo i dosta aparata za spasavanje, kao i tehnička literatura.

Posle završetka rada kongresa učesnici su mogli učestvovati i u jednoj od stručnih ekskurzija u Doneck, Lugansk, Tulu, Minsk ili Krivi Rog.

Većina učesnika iz Jugoslavije je u Krivom Rogu posetila velike površinske otkope mangrove rude u Nikopolju, zatim površinski otkop i magnetnu separaciju JUGOK u Krivom Rogu, kao i jamu gvozdene rude Gigant-Glubokuju u Krivom Rogu.

Na Bogdanovskom površinskom otkopu u Nikopolju učesnici ekskurzije su videli rad velikih bagera tipa EŠ-15/90 i EŠ-25/100 pri tehnologiji direktnog prebacivanja jalovine, dok su tu istu tehnologiju u Ševčenkovskom površinskom otkopu videli pomoću kontinuelne mehanizacije odnosno glodarima tipa ERG-1600, transportnim mostom i odlagačima tipa OŠ-4500/90.

Na površinskom otkopu JUGOK u Krivom rogu učesnicima ekskurzije prikazano je između ostalog i bušenje mlazom plamena, bušenje rotacionim dletima, borba protiv silikozne prašine i rad bagerima kašikarima tipa EKG-8.

U jami Gigant-Glubokaja u Krivom Rogu prikazana je nova otkopna metoda za eksploataciju gvozdene rude i izvozni skip sa posudom od 50 tona nosivosti sa izvoznom mašinom tipa Kepe, koja ima kapacitet od 7 miliona tona rude godišnje.

Dipl. ing. J. K u n

## Prikazi iz literature

C. L. Round: **Automatizovano široko čelo u ugljenom sloju moćnosti 75 cm** (Automated Longwall in 30-in Coal). — Coal Age, 1967/5, str. 82 do 87, 4 slike

U Engleskoj su već duže vremena u ispitivanju automatizovana široka čela sa daljinskim upravljanjem. Ovakva čela znatno povećavaju učinak, a smanjuju troškove. Međutim, čelo, koje opisuje autor, radi u sloju koji je tanji od 75 cm i gde se svaka mehanizacija suočava sa teškim problemima. Tako ovo čelo ima opitni karakter sa tendencijom proširivanja kompleksne mehanizacije i potpune automatizacije na tanke slojeve. Sloj ima u krovini peščar, koji čini vrlo dobar strop, ali mu je podina jako meka, a njena moćnost iznosi oko 25 cm. Ranije su je morali otkopavati zajedno sa slojem, a sada nastoje da ona ostane.

Opremu čela čine standardni oklopni grabuljar od 7 inča, koji je opremljen bočnim kanatama i ima hidraulični pogon, utovaračica Staffa i Dowty-jeva samohodna podgrada. Svim ovim uređajima se komanduje s jednog mesta — komandnog pulta. Jedini proces koji nije automatizovan, mada je ipak mehanizovan, je proširenje oba hodnika u stropu i zaleganje ovako dobijene gomile stenske mase.

Pri ispitivanju ovih uređaja bilo je potrebno zameniti neke od njih savršenijim i podesnijim za date uslove. Tako je npr. zamenjena zasekačica novom, tipa AB 10/12.

Naročita pažnja je posvećena pripremi ljudi za rad s ovom mehanizacijom. Obuka se delila u tri grupe:

- činovnici (nadzornik smene, nadzornik sigurnosti, palilac mina),
- tehnički personal,
- radnici.

Nakon, uvođenja ovog čela, prva iskustva su odmah pokazala dva osnovna pravila: što je tanji sloj, to je teži rad ljudi u njemu i veća je opravdanost uvođenja mehanizacije i automatizacije, i drugo, što je tanji sloj, mora biti bolja oprema, da se što više smanje intervencije ljudi.

U početku su učinci bili niski, ali je posle 3 meseca čelo davalo sedmičnu proizvodnju između 2000 do 3000 t uz učinak oko 12 t/nadnici. Kako se učinak povećavao, tako su opadali troškovi i to od 5,72 na 1,15 dolara po toni.

A. K.

J. Nobes: **Razvoj prevoza ljudi** (Manriding Developments). — The Mining Engineer, vol. 126, br. 79 (1966) 4, str. 454—467, 5 sl.

Autor prikazuje načine na koje se pokušao rešiti problem prevoza ljudi u jamama pokrajine East Lancashire. Prikazana su tri različita pravca razvoja u ovim rudnicima i to: skijaška žičara, jamska žičara i jednošinski sistem.

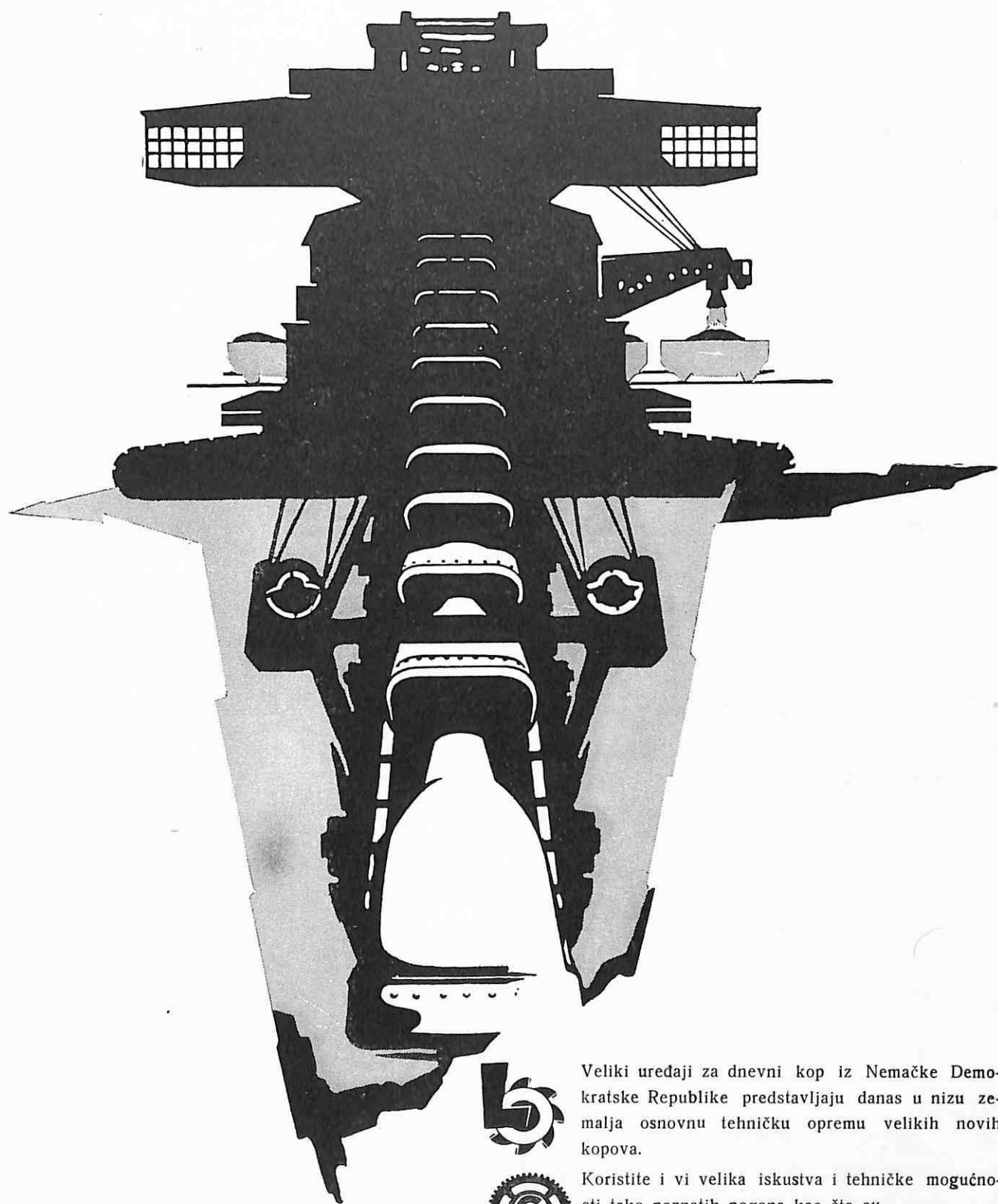
Skijaška žičara ima sledeće karakteristike: upotrebljiva samo za transport ljudi, smeštena je na uskopu dugom 400 m i sa usponom oko 26°, dužina pogonske stanice — 23 m, uže — 2,15 m iznad tla, brzina kretanja 4,25 km/h i sa razmakom postolja za ljude 10 m. Ova žičara je uštedela 25 min u smeni i sačuvala radnu sposobnost ljudi. Skijaška žičara je u celini zadovoljila potrebe, sve dok to polje nije bilo otkopano.

Jamskim žičarama su se u East Lancashire-u prevozili ljudi samo od 1962. godine i to u 39 pravaca. Jačina pogonskih stanica se kretala između 45 i 90 KS. One su služile i za transport materijala. Obično je žičara imala 2 brzine (najviša oko 6,5 km/h), 2 kočnice i signale na 115 m duž pruge. Upotrebljavana su standardna kolica.

Ukoliko se na trasi nalazi mnogo prepreka (okuke, padovi i usponi) onda je najpovoljniji jednošinski sistem. Jedan od ovih sistema imao je šinu okačenu na lučnu podgradu sigurnosnim zakačaljicama na visini 2,75 m. Naročito mnogo detalja navodi autor u pogledu načina vođenja utvrđivanja užeta. Pošto se ovde prevozio i materijal, to su kolica izrađena tako da mogu ići po šinama na tlu ili okačena na jednošinski sistem. Kolica se vuku beskonačnim užetom. Na jednom sedištu za ljude smesti se 5 radnika. Potrebna visina hodnika iznosi 2,10 m. Potrebno je da se stanica gde se ljudi penju nalazi na ravnom. Ušteda vremena ovim sistemom je iznosila 20 min u smeni.

U rudnicima East Lancashire-a na putu se prosečno troši 73 min u svakoj smeni. Ovo nekorisno vreme treba smanjiti, a zajedno s tim trošenje snage radnika na putu. Svaka minuta na jamskoj kopačici-utovaračici znači 2 t uglja.

A. K.



Veliki uređaji za dnevni kop iz Nemačke Demokratske Republike predstavljaju danas u nizu zemalja osnovnu tehničku opremu velikih novih kopova.



Koristite i vi velika iskustva i tehničke mogućnosti tako poznatih pogona kao što su



**VEB** Schwermaschinenbau Lauchhammerwerk

**VEB** Schwermaschinenbau Georgij Dimitroff Magdeburg

**VEB** Förderanlagenbau Köthen

**Deutscher Innen- und Aussenhandel**



**MASCHINEN-EXPORT**

108 Berlin, Mohrenstrasse 61

Nemačka Demokratska Republika

**ZASTUPNIK ZA SFRJ  
OMNICOMMERCE  
BEOGRAD, LOLE RIBARA 22/1**

## SIGURNOST I POUZDANOST

nepromenjivi uslovi rada u rovovima.

Ventilatori glavnog provetranja tipovi BOK I BOKD odlikuju se:

- visokim koeficijentom korisnog učinka
- većim dijapazonom regulacije proizvodnje i vazdušnog pritiska
- jednostavnom montažom
- pouzdanosti u radu

Ventilatori lokalnog provetranja tipa SVM i »Prohodka«

- jednostavne i čvrste konstrukcije
- primena specijalnih legura i vatrootalnih obloga osiguravaju sigurnost od eksplozija
- mogu se postavljati u okomitom i kosom položaju
- jednostavni za transport i montažu prema uslovima rova.

Osobito u rovovima i rudnicima opasnom po gasu i prašini, gde nije moguća primena električnih ventilatora, nezamenjivi su pneumatski ventilatori tipa BMP-4, snabdeveni regulatorom proizvodnje.

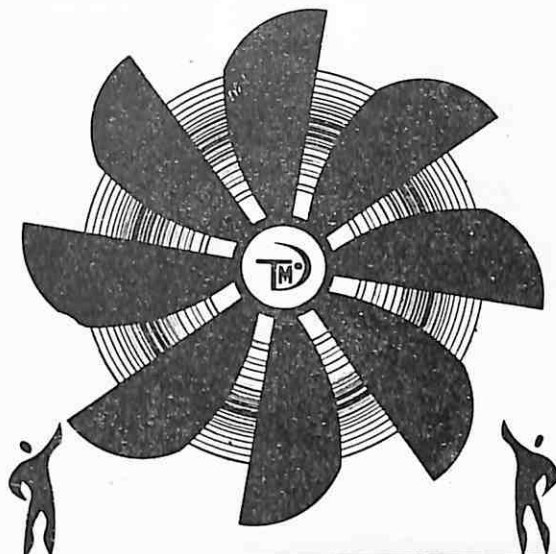
Uvereni smo, da će naši ventilatori u potpunosti zadovoljiti Vaše zahteve.

### Sve informacije daje

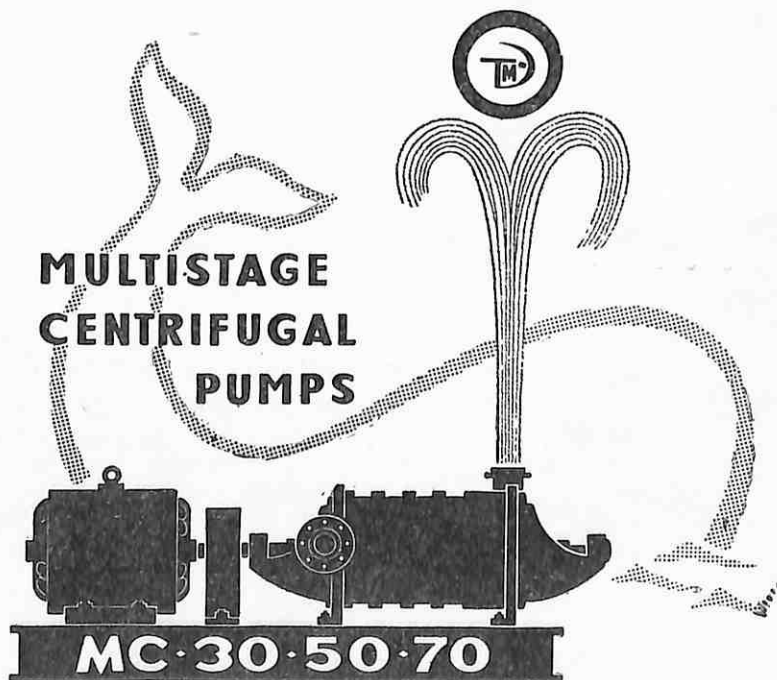
Zastupnik za SFRJ:

**KONTINENTAL • BEOGRAD • Terazije 27/VI**

Predstavništva: Zagreb • Ljubljana • Sarajevo



**TECHMASHEXPORT**  
SSSR MOSKVA



**MULTISTAGE  
CENTRIFUGAL  
PUMPS**

**MC-30-50-70**

### SEKCIONE PUMPE TIPa »MS«

NAMENJENE ISISAVANJU VODE  
u ugljenokopima, rudnicima i drugim granama industrije.

Visoki koeficijent korisnog učinka

Pouzdanost u radu

Mali rashodi u eksploataciji

Korisne odlike prema drugim sličnim pumpama.

Dijapazon proizvodnosti 22—400 m<sup>3</sup>/čas.

Pritisak 30—1230 m vode.

Detaljne informacije možete dobiti od

Zastupnika za SFRJ:

**KONTINENTAL • Beograd • Terazije 27/VI**

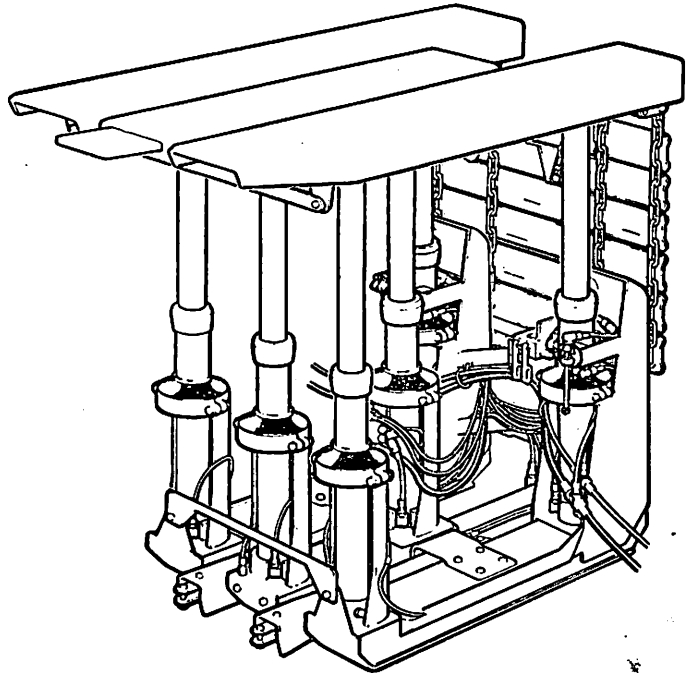
Predstavništva: Zagreb • Ljubljana • Sarajevo

**TECHMASHEXPORT**

# RUDARSKA OPREMA DOWTI ODGOVARA SVIM SLOJNIM USLOVIMA

## PODGRADNI BLOKovi ZA MOĆNE SLOJEVE

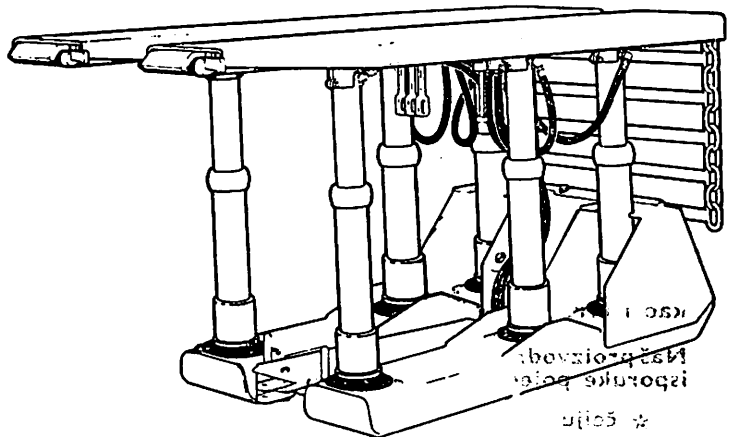
Ovo je dograda koja automatski napreduje, koja je podešena za slojeve od 213,36 cm do 365,76 cm i koja pruža stabilnost i rano podgrađivanje unapred. Stabilnost i samodejno upravljanje za nagibe bez dodatnih veza. Široko pokrivanje stropa — samo 3,81 cm između slemenjača i 12,7 cm između susednih blokova podgrade. Dvostupačni okvir čini vodicu za spoljni blok kako bi se osiguralo držanje podgrade u liniji. Minimalna otvorenost stropa pri napredovanju podgrade — 60,96 cm je ujedno maksimalna u bilo koje vreme upotrebe. Spoljna jednica je stabilna sve do 304,8 cm visine i do 21° nagiba. Za moćnije slojeve i strmije nagibe je na raspolaganju dodatni pribor protiv prevrtanja.



## PODGRADNI BLOKovi ZA SREDNJE MOĆNE SLOJEVE

Upotrebljava se za eksploatacione visine koje se kreću od 106,68 cm do 198,12 cm. Stupci su udubljeni u grede kako bi se postiglo što veće moguće kretanje. Čvrste slemenjače odupiru se prodiranju u tlo i povećavaju stabilnost. Nezávisno ili prosto upravljanje stupcima sa opružnim vraćanjem do neutralnog položaja. Dvostrano dejstvujući povratni okvir centralizuje podgradni blok i dozvoljava čišćenje prijavštine između podinskih greda. Prethodno opterećeni okviri zbog sigurnog naknadnog upravljanja stupaca. Konstrukcija zadnje strane koja spaja podinske grede štiti takođe od ispiranja otpadaka. Prema izboru moguć podupirač za neposredno podgrađivanje stropa unapred. Krute ili člankasto spojene grede.

Takođe se mogu dobiti BLOKovi ZA PODGRAĐIVANJE TANKIH SLOJEVA sa visinom koja se kreće od 68,58 cm do 137,16 cm i koji su podesni za strme slojeve. Imaju dugačak korak, lak pristup do mašinskih delova, maksimalno hidrauličko pomeranje i provetravanje.

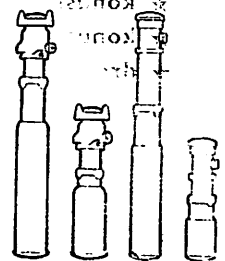


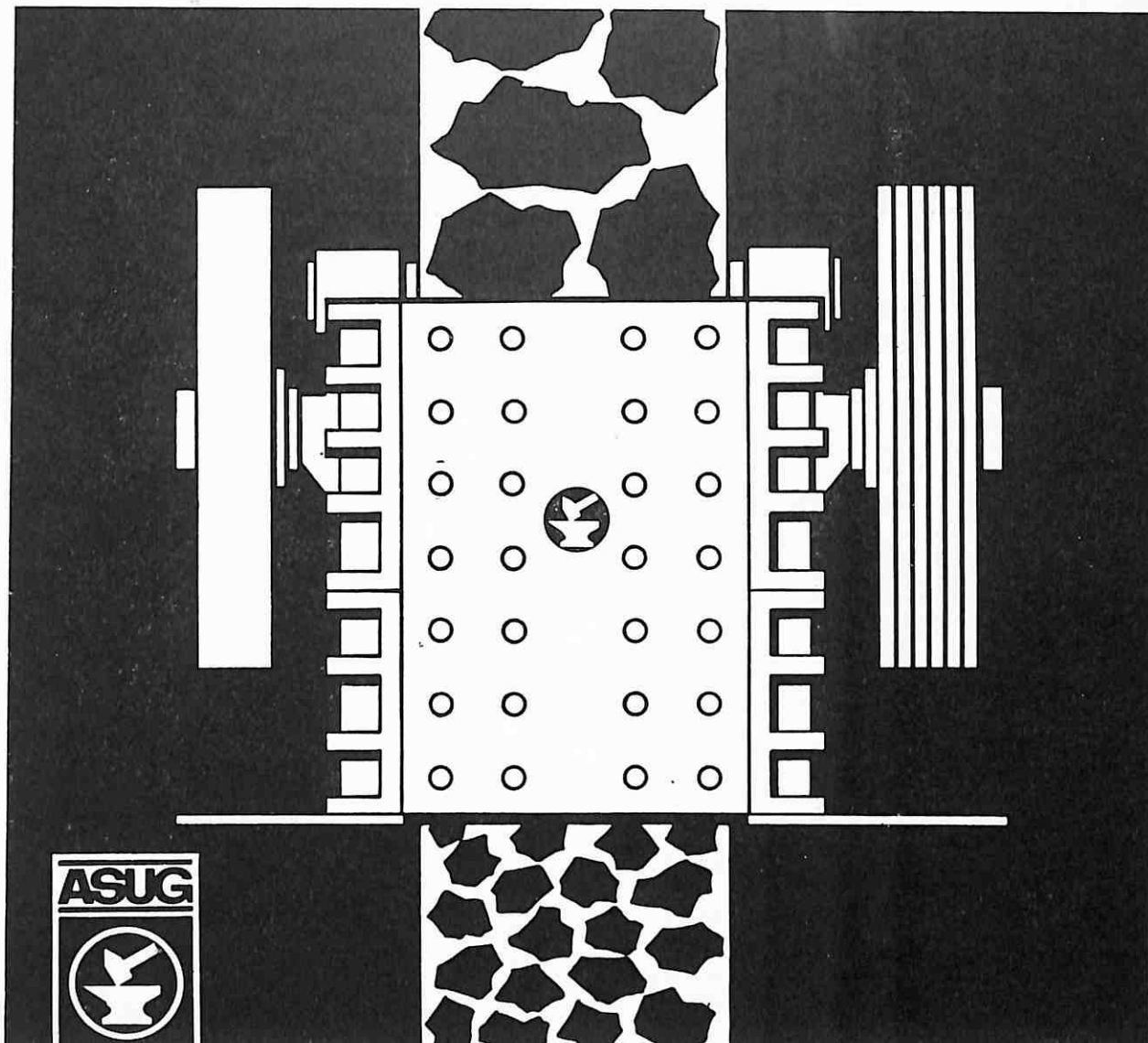
## HIDRAULIČKI STUPCI

Niz čvrsto izrađenih stupaca koji imaju dugi vek trajanja, niske troškove održavanja te lako i bezbedno izvlačenje.

»DUKE« 20 ili 25 t — najčvršći, najefikasniji i najtraženiji stupac na svetu. Osam osnovnih dimenzija sa izmenljivim produženjem pri stropu za slojeve od 60,96 cm do 215,9 cm.

»DUCHESS« 20 t — niski troškovi — za slojeve od 60,96 cm do 304,8 cm.





Mi konstruišemo, projektujemo i isporučujemo kompletna, pokretna i stacionarna, postrojenja za drobljenje i klasiranje ruda kao i tvrdih i mekih stena.

Naš proizvodni program obuhvata u pogledu isporuke pojedinačnih mašina:

- ★ željusne drobilice
- ★ njihajuće drobilice
- ★ konusne drobilice za srednje drobljenje
- ★ konusne drobilice za fino drobljenje
- ★ drobilice čekićare i mlinove
- ★ dvovaljkaste drobilice i mlinove za srednje tvrde materijale i rude

- ★ selektivne drobilice
- ★ mlinove sa udarnim klinovima
- ★ bubnjaste drobilice sa sitom
- ★ opremu za laboratorije
- ★ uređaje za dodavanje

Opširan informacioni materijal ćemo vam rado dostaviti pod oznakom A 68/67

**VEB SCHWERMASCHINENBAU ERNST THÄLMANN,**  
3011 MAGDEBURG—BUCKAU  
Njemačka Demokratska Republika

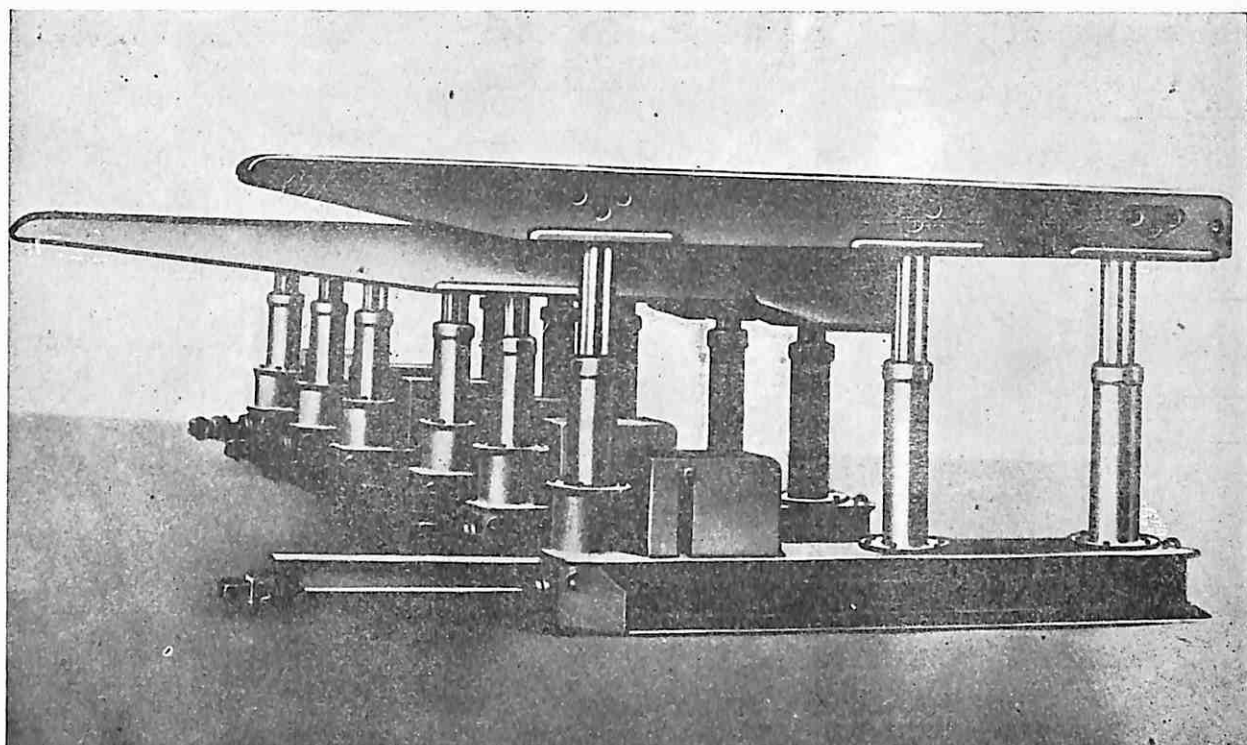
ZASTUPNIK ZA SFRJ:  
**OMNIKOMERC**  
BEOGRAD  
LOLE RIBARA 22



**DRVEST EXPORT**

Deutscher Innen- und Aussenhandel  
108 Berlin, Taubenstrasse 7/9  
Telegrami: DIAINVESTA  
Telex: 011 2695 diaie dd  
Njemačka Demokratska Republika





- kod horizontalnih slojeva
  - kod slojeva nagnutih do  $10^{\circ}$
- za podgrađivanje stropa na ugljenim čelima

## MEHANIZOVANA HIDRAULIČNA PODGRADA tip OSM-1

*Maksimalna visina potpornja . . . 1320, 1455, 1600, 1800 mm*

*Minimalna visina potpornja . . . 950, 1085, 1230, 1430 mm*

**Opaska:** Posebno prikladno za sistem potpunog otkopavanja sa obrušavanjem.

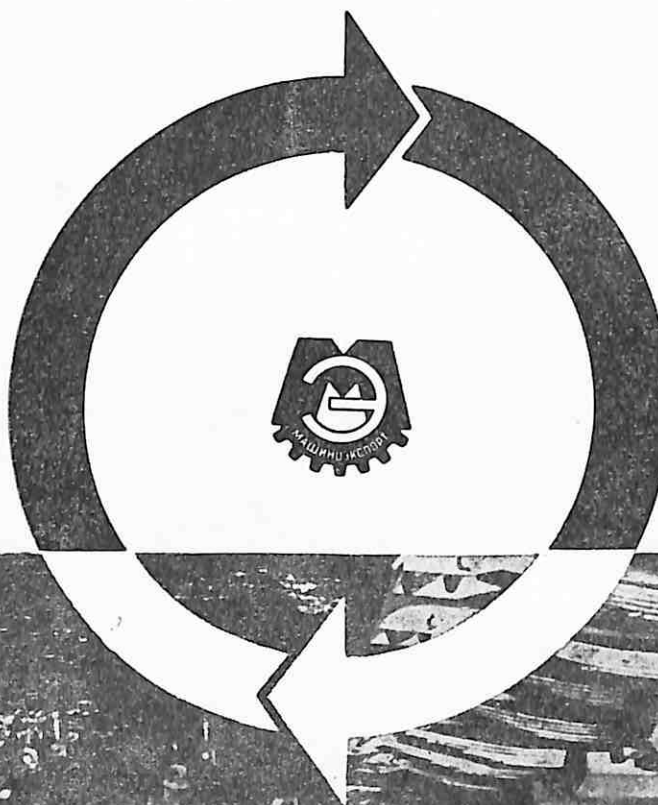
Detaljne tehničke obavijesti daje isključivi izvoznik:



### CENTROZAP

Vanjskotrgovinsko poduzeće  
KATOWICE, Ligonja 7, Poljska  
P. O. B: 825  
Telefoni: 513401 do 09  
Telex: 31-416  
Telegrami: CENTROZAP Katowice

# KM-87



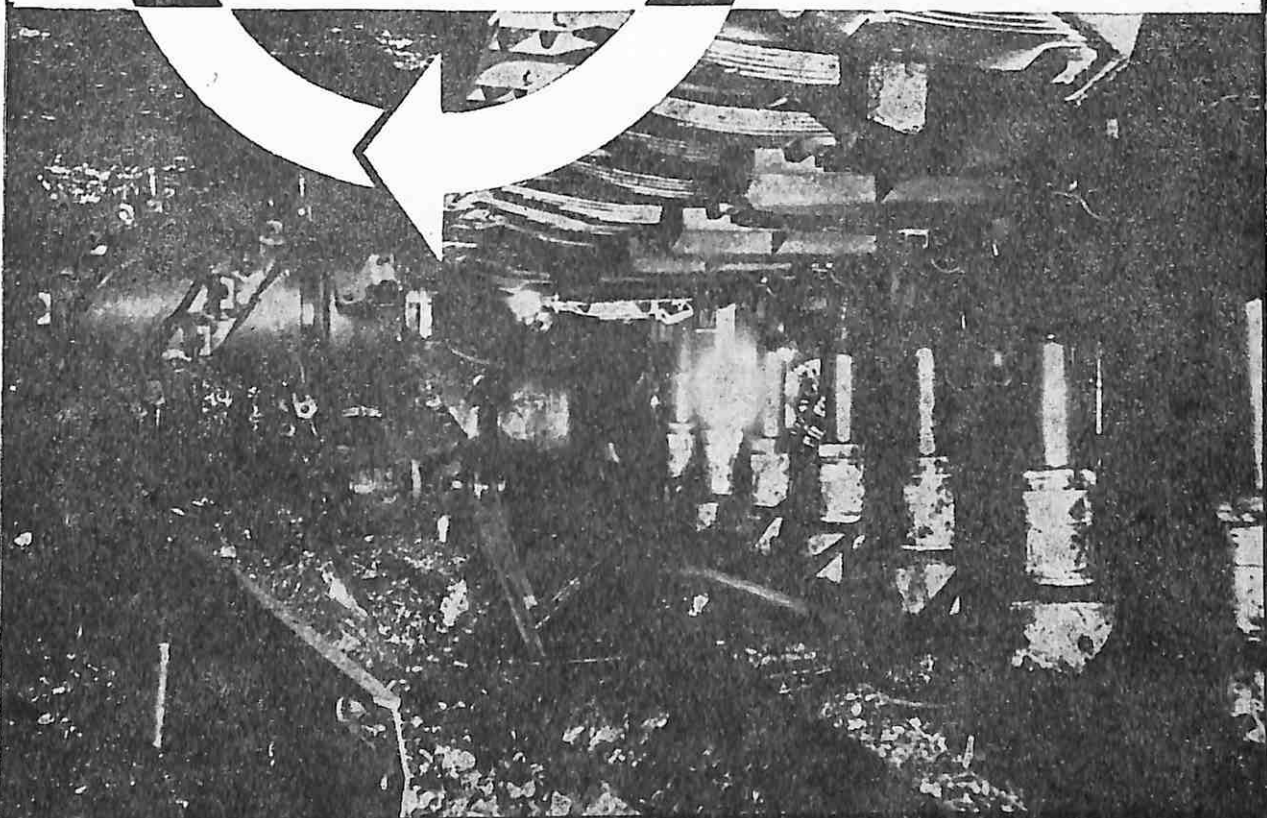
## KOMPLEKS KM-87D ZA ISKOP UGLJENA

Za potpunu mehanizaciju iskopa i transporta ugljena, za podupiranje svodova i njegovo upravljanje u blago nagnutim slojevima debljine 0,95—1,9 metara, V/O «MASINO-EKSPORT» nudi kompletnu opremu KM-87D.

Kompleks KM-87D sastoji se od: uskozahvatnog kombajna za ugljen, specijalnog skreperskog konvejera i hidrauličkih potpornja.

Primjena kompleksa KM-87D osigurava porast proizvodnje i produktivnosti za dva puta, te daje znatan ekonomski efekat.

Detaljne tehničke karakteriste možete dobiti od:



# MACHINOEXPORT

M O S K V A V-330  
Mosfiljmovskaja 35  
Teleks: 170

TEHNIČKI REDAKTOR I KOREKTOR: M. MARKOVIĆ I M. PETROVIĆ — NASLOVNA  
STRANA: A. KATUNARIĆ — SLIKA NA NASLOVNOJ STRANI: FLOTACIJA (SNIMLJENO  
U RUDARSKOM INSTITUTU BEOGRAD) — FOTO: S. RISTIĆ

