



**3**<sup>BROJ</sup>  
**65**<sup>GOD</sup>

# **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  
BERGBAUZEITSCHRIFT

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”,  
GUNDULIĆEV VENAC 25, BEOGRAD



**3 BROJ  
65 GOD**

# **RUDARSKI GLASNIK**

BULLETIN OF MINES  
BULLETIN DES MINES  
Г О Р Н Ы Й Ж У Р Н А Л  
BERGBAUZEITSCHRIFT

**GLAVNI UREDNIK**

Dipl. ing. MOCO SUMBULOVIC, sekretar Saveta industrije i rudnika nemetalica Savezne privredne komore, Beograd.

**ČLANOVI REDAKCIONOG ODBORA:**

Dipl. ing. ALEKSANDAR BLAŽEK, viši savetnik, Beograd.

Dipl. ing. MIODRAG ČEPERKOVIĆ, generalni direktor preduzeća „Rudnici i željezare Smederevo”, Beograd.

Dipl. ing. SLAVKO DULAR, savetnik u Udruženju jugoslovenskih železara, Beograd.

Dipl. ing. KIRILO ĐORĐEVIĆ, direktor Projektantskog zavoda „Projmetal”, Beograd.

Dipl. ing. BLAGOJE FILIPOVSKI, načelnik Odeljenja za rudarstvo Sekretarijata za industriju SR Makedonije, Skopje.

Dipl. ing. BRANKO GLUŠČEVIĆ, redovni profesor Rudarsko-geološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu.

Dipl. hem. NIĆIFOR JOVANOVIĆ, naučni saradnik, upravnik Biroa za analitičku hemiju u Rudarskom institutu, Beograd.

Dipl. ing. VJEKOSLAV KOVAČEVIĆ, savetnik, poslovno udruženje „Rudarstvo”, Sarajevo.

Dr ing. ĐURA LEŠIĆ, redovni profesor Rudarsko-geološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu.

Dr ing. DRAGOMIR MALIĆ, redovni profesor Tehnološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu.

Dipl. ing. IVO MARINÖVIĆ, savetnik u Sekretarijatu za industriju IV SR Hrvatske, Zagreb.

Dipl. ing. JOVAN MIHAJLOVIĆ, viši stručni saradnik, upravnik Zavoda za projektovanje i konstruisanje u Rudarskom institutu, Beograd.

Dipl. ing. RISTO MISITA, viši savetnik Jugoslovenskog zavoda za standardizaciju, Beograd.

Dipl. ing. LJUBOMIR NOVAKOVIĆ, viši stručni saradnik, upravnik Zavoda za termotehniku u Rudarskom institutu, Beograd.

Dipl. ing. TVRTKO ODIĆ, sekretar Saveta za metalurgiju i nemetale Privredne komore SR Srbije, Beograd.

Dr. ing. MIRKO PERIŠIĆ, direktor Rudarskog instituta, Beograd.

Dipl. ing. BOŽIDAR POPOVIĆ, naučni savetnik, Beograd.

Dr ing. KAREL SLOKAN, redovni profesor Fakulteta za rudarstvo, metalurgiju in hemijsko tehnologiju, Ljubljana.

Dipl. ing. BORISLAV SPASOJEVIĆ, predsednik Saveta za energetiku Privredne komore SR Srbije, Beograd.

**S A D R Ž A J****INDEX**

<b>PROF. DR ING. ĐURA LEŠIĆ</b>	
<i>Teoretski i tovarni materijalni bilans u procesima pripreme mineralnih sirovina</i>	5
<i>Theoretical and Weighing Determined Balance Sheet for Mineral Dressing Processes</i>	14
<b>DR ING. STEVAN MARKOVIĆ — DIPLO. ING. MIOMIR ČEH</b>	
<i>Primena flotacione koncentracije za rude barita</i>	15
<i>Application of Flotation Concentration on Baryte Ores</i>	20
<b>PROF. DR ING. LUDVIK HAJOVSKÝ (ČSSR)</b>	
<i>Rezni organi mašina za dobivanje uglja</i>	21
<i>Cutting Machine Organs for Coal Winning</i>	30
<b>PROF. DR ING. SLOBODAN JANKOVIC</b>	
<i>Oovo-cinkova ležišta Jugoslavije</i>	31
<i>Blei-Zink Erzlagerstätten in Jugoslawien</i>	60
<b>DR ING. MILETA SIMIĆ</b>	
<i>Kaolinitска глина из Борског рудника</i>	63
<i>Kaolinite Clay from Bor Mine</i>	67
<b>PROF. ING. DRAGUTIN DAMJANOVIĆ</b>	
<i>Masivne konstrukcije u rударству. III. Temelji</i>	69
<i>Constructions massives dans l'exploitation des mines. III. Fondations</i>	78
<b>Iz prakse</b>	
<b>DIPLO. ING. LJUBISAV PETROVIĆ</b>	
<i>O izboru materijala za ultrazvučne generatore pri obradi pulpe u procesu flotacije</i>	79
<i>A Short Revue about All Most Important Materials Used for the Production of Ultrasonic Generator</i>	84

*Iz istorije rudarstva*

**DR VASILIJE SIMIĆ**

*Saksonski rudari i rudarska akademija u Frajbergu u rudarstvu Srbije.*

*Povodom dvestagodišnjice rudarske akademije u Frajbergu — — 25*

*Kongresi i stručna putovanja*

**DIPL. ING. DRAGOLJUB MITROVIĆ**

*IV međunarodni kongres rudara, London, 1965. god. — — — — — 95*

*Prikazi iz literature — — — — — — — — — — — 96*

*Iz domaćih i stranih časopisa — — — — — — — — — — — 98*

# Teoretski i tovarni materijalni bilans u procesima pripreme mineralnih sirovina

(sa 1 slikom)

Prof. dr ing. Đura Lešić

## Uvod

Rezultate rada ili performance nekog pogona za pripremu mineralnih sirovina ili rezultate rada samo neke mašine, koja vrši odvajanje korisnih od nekorisnih minerala i korisnih između sebe, iskazujemo, kao što je poznato, pomoću materijalnog bilansa po osnovnoj jednačini:

$$U = K_1 + K_2 + \dots + K_n + J$$

gde je:  $U$  — tonaža ulazne rude ili mineralne sirovine uopšte, određenog kvaliteta;

$K_1, K_2, K_n$  — tonaža raznih vrsta odvojenih koncentrata, određenog kvaliteta;

$J$  — tonaža jalovine takođe određenog kvaliteta.

Za slučaj uglja, takav bilans izražavamo:

$$RU = ČU_1 + ČU_2 + M + J$$

gde je:  $RU$  — tonaža rovnog uglja određenog granulometrijskog sastava i kvaliteta u pogledu sadržaja pepele;

$ČU$  — tonaža odvojenog čistog uglja određene granulacije i određenog kvaliteta;

$M$  — tonaža međuproizvoda određene granulacije i određenog kvaliteta;

$J$  — tonaža jalovine određenog kvaliteta za određene granulacije.

U industrijskoj praksi potrebno je, dakle, za utvrđivanje materijalnog bilansa izvršiti

merenje tonaža i određivanja kvaliteta svih proizvoda, pa ipak obično se izostavlja merenje tonaže jalovine, za koju se određuje samo kvalitet, a tonaža izračunava iz razlike ulaza i tržišnih proizvoda ili poluproizvoda ( $K$  ili  $ČU + M$ ).

Materijalni bilans u pogonu određuje se za smenu, dnevno, desetodnevno, mesečno i godišnje. Pri dnevnom određivanju materijalnog bilansa ne dobijaju se u većini slučajeva stvarne vrednosti tonaža koncentrata za taj dan, zbog zaostataka materijala u zgušnjivačima i bunkerima i stalnog pridolaska novog materijala.

Tek na kraju meseca ili pravilnije na kraju godine dolazi do izjednačavanja i tonaže i kvaliteta gotovih proizvoda u materijalnom bilansu, ukoliko se izvrši zastoj u radu pogona i tek tada izvrše sva potrebna merenja i obračuni. Ovako utvrđene bilanse nazivamo *tovarnim bilansima*.

Poznato je da se za dnevnu kontrolu materijalnog bilansa koristi teoretski *materijalni bilans* koji se izračunava iz analitičkih podataka određenih na uzetim smenskim ili dnevnim srednjim uzorcima ulazne sirovine i dobijenih proizvoda odvajanja, koristeći obrazac *Gaudina*, koji glasi:

$$T\%_k = \frac{(u - j)}{(k - j)} \cdot 100$$

gde je:  $T\%_k$  — procentualna težina koncentrata;

$u, k, j$  — procentualni sadržaji korisne komponente u ulazu, koncentratu i jalovini.

Kako se u savremenim pogonima tonaže uvezne rude mere konstantno automatskim registrujućim vagama, a ne i koncentrati, lako je računskim putem dobiti na osnovu datog obrasca smenske i dnevne tonaže koncentrata i jalovine, a takođe i iskorišćenje ili raspodelu korisnih elemenata ili minerala u proizvodima koncentracije. Za raspodelu ili iskorišćenja koristimo obrazac:

$$I\% = \frac{k(u-j) \cdot 100}{u(k-j)} \quad \text{ili}$$

$$I\% = \frac{T_k \cdot k}{u}$$

Činjenica je, da se na kraju meseca tovarni materijalni bilans i teoretski materijalni bilansi (dobijeni na osnovu analitičkih podataka utvrđenih na mesečnom reprezentativnom uzorku sastavljenom iz smenskih protora uzetih uzoraka ili na osnovu proračuna iz smenskih analiza za dotični mesec) u većini slučajeva ne slažu. Uvek postoje odstupanja i to vrlo značajna. Ta odstupanja trebalo bi da se javljaju u vidu plusa ili minusa u tonaži ili u kvalitetu. Činjenica je, međutim, da su minusi u tonaži koncentrata predominantni.

Postavlja se pitanje zašto takva nelogična pojava.

U našem daljem izlaganju želimo upravo ući u dublja razmatranja ove pojave sa težnjom da predložimo razne mogućnosti kako bi se ovakve pojave neslaganja ova dva bilansa svela u okvire realnih zakonitosti tj. na odstupanja u plusu i minusu sa prihvatljivim vrednostima.

Razmotrimo prvo sve moguće uzroke koji dovode do neslaganja, u dozvoljenim granicama, između tovarnog i teoretski utvrđenog materijalnog bilansa.

#### **Teoretski materijalni bilans**

Teoretski materijalni bilans izračunava se uzimajući u obzir sledeće pretpostavke:

- da su srednji reprezentativni uzorci ulaza i proizvoda (U, K, J ili RU, ČU, M i J) koncentracije uzeti pravilno i da je greška u uzimanju i spremanju uzoraka za analizu zanemarljiva;

- da su sadržaji vlage i pojedinih elemenata potrebnih za utvrđivanje kvaliteta ulaza i proizvoda koncentracije analitički utvrđeni u granicama dozvoljene analitičke gre-

ške u odnosu na primenjene analitičke metode;

- da je merenje tonaže ulaza i koncentrata industrijskim vagama izvršeno u granicama garantovanih preciznosti tih mernih instrumenata;

- da su tare kamiona ili željezničkih vagona konstantne i utvrđene u granicama dozvoljenih odstupanja;

- da u procesima tehnološke prerade ne ma gubitaka materijala ili da su ti gubici ustaljeni i isti u toku procesa prerade mineralnih sirovina, i da se vrši apsolutno sigurno prikupljanje materijala u pojedinim fazama procesa gde može doći do prelivanja, rasturanja i sl.;

- da su u toku transporta materijala gubici minimalni i u dozvoljenim i prihvatljivim granicama, a njihove veličine poznate.

#### **Tovarni merenjem utvrđeni materijalni bilans**

Pri upoređivanju tovarnog i teoretskog materijalnog bilansa prerade neke mineralne sirovine obično se vrši direktno upoređenje i donosi zaključak o slaganju ili neslaganju bez da se uzimaju u obzir greške kojima su podložni, i to neminovno, takvi bilansi, drugim rečima uzima se apsolutno upoređenje cifarskih vrednosti. Kako takva upoređenja, kao što smo ranije naglasili, pokazuju skoro stalno negativne vrednosti za teoretski bilans u odnosu na tovarni, to se i donose u proizvodnji zaključci, da je pogon za pripremu mineralnih sirovina radio neuspešno, da je postignuto znatno niže iskorišćenje korisnih komponenata sadržanih u mineralnoj sirovini nego što je trebalo ili što se je moglo poštici, da pogon za pripremu mineralnih sirovina svesno ili nesvesno degradira učinke rudara, koji su sa mnogo truda oteli zemljinoj utrobi mineralnu supstancu, i tako smanjuje finansijski efekat preduzeća. Ovakvi zaključci su proizvoljni.

Međutim, ne treba zaboraviti da se i tovarni bilans utvrđuje uz niz pretpostavki, koje su analogne onima pri utvrđivanju teoretskog materijalnog bilansa.

U prodaji polufinalnih ili finalnih proizvoda dobijenih prvom preradom ili pripremom mineralnih sirovina postoje realniji pokazatelji. Prodaja proizvoda vodi računa o mogućim greškama u pogledu kvaliteta i za to vrši međusobnu izmenu kvaliteta proizvoda koji utvrđuju kupac i prodavac.

Ukoliko se kvaliteti slažu u dozvoljenim, pismenim ugovorom utvrđenim granicama, vrši se obračun na bazi srednje vrednosti kvaliteta utvrđenog od strane oba partnera; u protivnom, obračun kvaliteta proizvoda se vrši na bazi rezultata arbitražne ili sudske analize.

Analogno postupku pri prodaji, potrebno je a priori i u pojedinim pogonima unapred utvrditi neki određeni kriterijum dozvoljenog odstupanja pri poređenju tovarnog i teoretskog bilansa i po tom kriterijumu doneti zaključak da li je pogon radio uspešno ili neuspešno.

Taj kriterijum uspeha ili neuspeha rada pogona mora bazirati na prihvatljivim dozvoljenim greškama o kojima se mora neminovno voditi računa pri realnoj oceni industrijskog rada u pogonima za pripremu mineralnih sirovina.

#### Pregled mogućih grešaka u kontroli rada pogona

Razmotrićemo domen grešaka koje se mogu pojaviti pri obračunu teoretskog materijalnog bilansa.

Podimo redom od faktora (ranije naznacenih) koji mogu biti uzrok neslaganju dva bilansa.

#### Faktor „uzimanja i pripremanja“ uzorka

Moguća greška pri uzimanju reprezentativnog uzorka ulaza, koncentrata i jalovine zavisi u prvom redu od načina i količine uzetog uzorka u zavisnosti od sastava krupnoće, od učestalosti uzimanja pojedinih zahvata i konačno od načina pripremanja uzetog uzorka za hemijsku analizu u cilju određivanja kvaliteta. Postupci i pravila za ovu vrlo važnu operaciju u utvrđivanju bilansa prerade su dobro poznati. Međutim, bitno je da se vodi stroga kontrola o postupku i da se na osnovu zakona verovatnoće, koji važi za pravilno uzimanje uzorka, postavi i moguća dozvoljena greška koja je neminovna i koja se nalazi u dijapazonu od  $\pm 0,01$  do  $\pm 0,1$  ili više.

Da bi se utvrdila greška u uzimanju srednjeg reprezentativnog uzorka potrebno je izvršiti nekoliko upoređenja, pri čemu treba uzeti uzorak u većim količinama i u standar-dizovanim količinama automatskim uzimacem uzorka i primenom ručnog metoda. Tako na primer, utvrđeno je u nekim slučaje-

vima da granulometrijski sastav uzorka, uzetog automatskim uzimacem uzorka, veoma osetno odstupa od granulometrijskog sastava uzorka, uzetog u većim masama istog materijala, u toku istih vremenskih razmaka. Postaje razumljivo, da će u takvim slučajevima doći i do odstupanja u kvalitetima sirovine pojedinih uzorka, kada se postavlja pitanje da li primenjen automatski uzimac uzorka odgovara dotičnoj sirovini. Ovo je naročito važno za slučaj uzimanja ulaznog suvog uzorka raspona krupnoće — 20 (10, 8, 6) + 0 mm. Isto pravilo provere preciznosti uzimaca uzorka važi i za sirovine u vidu pulpe (preliv klasifikatora u sistemu mlin — klasifikator i flotacioni koncentrati i jalovine). U automatskim uzimacima uzorka koncentrata, često je količina mineralizovane pene u odnosu na ideo pulpe nesrazmerno visoka, tako da nož uzimaca uzorka koji preseca mlaz pulpe dovodi do toga, da jedan deo mineralizovane pene ne uđe u procep cevi koja predstavlja nož uzimaca, a često se događa da mineralizovana pena delimično ulazi u sud za uzorkovanje i bez presecanja pulpe nožem uzimaca. Samo posmatrajući više puta mesečno funkcionisanje nekog automatskog uzimaca uzorka i upoređenjem rezultata hemijske analize uzorka zahvaćenog automatskim uzimacem za vreme opažanja, sa rezultatima hemijske analize uzorka koji smo za to vreme uzimali nekom drugom metodom, zapazićemo ili ne niz mogućih nedostataka ili neke stvarne nedostatke tog za materijalni bilans tako važnog uređaja, koje treba otkloniti.

Pripremanje uzorka za hemijsku analizu kvaliteta ulaza i proizvoda koncentracije može takođe biti podložno greškama. Ove greške u pripremanju uzorka očituju se tada, kada se celina uzorka skraćuje odmah umešto tek posle dopunskog usitnjavanja (slučaj uzimanja uzorka sirovine pre ulaza u proces mlevenja) aplicirajući u pogledu minimalne potrebne težine formulu Richardsa:

$$Q_{\min} = k \cdot d^2_{\max}$$

pri pravilno uzetom koeficijentu  $k$ . Poznato je, da se vrednost tog koeficijenta kreće u granicama od 0,25 do 20 za uzimanje uzorka u ležištu, a da za izdrobljenu i dobro izmešanu rudu  $k = 0,25$  do 5,0 tj. za rudu ggk 10 mm minimalna količina uzorka kreće se u granicama između 25 i 60 kg. Često se u skraćivanju osnovnog uzorka uzima najniža vrednost za  $k$  da bi se smanjio rad oko dro-

bljenja velikog uzorka, a to bitno utiče pri određivanju kvaliteta materijala hemijskom analizom.

Uzimanju uzorka koncentrata za prodaju treba obratiti naročitu pažnju. Najpovoljnije je uzimanje uzorka pre otpreme (da bi se izbegla segregacija u koncentratu) po celoj dubini tovara a po poznatoj ustaljenoj metodi.

Iz ovog se lako može zaključiti da faktor uzimanja i spremanja uzorka za određivanje kvaliteta uzorkovanog materijala sadrži neku grešku  $G_1$  koja je sama skup grešaka u procesu.

#### Faktor „određivanja sadržaja korisne komponente“

Greška u analitičkom određivanju korisne komponente  $G_2$  u nekom uzorku je individualna i analitička. Analitička greška zavisi od elementa koji se određuje, njegovog sadržaja u uzorku i od metode (analitičke) kojom se taj elemenat određuje.

Uzane pri prodaji koncentrata mineralnih sirovina u pogledu kvaliteta vode dovoljno računa o nepreciznosti uzimanja i određivanja hemijsko-analitičkog sadržaja korisne komponente sadržane u prodajnoj sirovini. Tako, na primer, pri ugovoru o prodaji koncentrata olova dozvoljena granica odstupanja u sadržaju olova je  $0,50\%$  Pb za neku određenu analitičku metodu. Za koncentrat cinka dozvoljeno odstupanje takođe je  $0,50\%$  Zn, za koncentrat bakra  $0,20\%$  Cu itd. Za odstupanja u plemenitim metalima, sadržanim u koncentratima, uzima se  $20 \text{ g/t}$  za srebro i  $0,10 \text{ g/t}$  za zlato.

Neophodno je analize uzorka vršiti na dve zasebne odvage, a rezultate dostavljati poručiocu analize sa oba rezultata i izračunatom srednjom vrednošću. Ovako prikazani rezultati imaju tu prednost da rukovodioca pogona stalno podsećaju na činjenicu da je njegova izrada bilansa proizvodnje podložna između ostalog i analitičkoj greški.

Da bismo realnije mogli sagledati kriterijum koji treba uzeti u poređenju tovarnog i teoretskog materijalnog bilansa demonstriraćemo na sledećem primeru uticaj faktora određivanja sadržaja korisne komponente hemijskim putem u proizvodima pripreme neke bakarne rude pri mesečnoj preradi od 100.000 tona.

Pokazatelje težinskog iskorišćenja, kvaliteta i iskorišćenja korisne komponente prikazaćemo u teoretskom bilansu uzimajući u

obzir da analitička greška u određivanju sadržaja bakra iznosi za elektroličku metodu određivanja bakra sledeće vrednosti:

$$\begin{aligned} \text{za ulaznu sirovinu} & . \quad \text{Cu} = \pm 0,03\% \\ \text{za koncentrat} & . \quad \text{Cu} = \pm 0,20\% \\ \text{za jalovinu} & . \quad \text{Cu} = \pm 0,03\% \end{aligned}$$

čiji pokazatelji su prikazani na tab. 1.

**Tablica 1**  
**Srednji analitički bilans (srednje vrednosti dvostrukе analize uzorka)**

	Mesečna tonaža t (suvo)	Težina %	Cu %	Iskorišće- nje Cu %
Ulazna ruda	100.000	100,000	1,20	—
Koncentrat	4.280	4,280	25,80	92,02
Jalovina	95.720	95,720	0,10	—

**Srednji analitički sadržaj za maksimalno iskorišćenje (više vrednosti za ulaz i manje za koncentrat i jalovinu)**

	Mesečna tonaža t (suvo)	Težina %	Cu %	Iskorišće- nje Cu %
Ulazna ruda	100.000	100,000	1,23	—
Koncentrat	4.544	4,544	25,60	94,57
Jalovina	95.456	95,456	0,07	—

**Srednji analitički sadržaj za minimalno iskorišćenje (niže vrednosti za ulaz i više vrednosti za koncentrat i jalovinu)**

	Mesečna tonaža t (suvo)	Težina %	Cu %	Iskorišće- nje Cu %
Ulazna ruda	100.000	100,000	1,17	—
Koncentrat	4.020	4,020	26,00	89,31
Jalovina	95.980	95,980	0,13	—

Iz ova tri primera teoretskog bilansa u zavisnosti „plus“ i „minus“ odstupanja u analitičkom određivanju sadržaja bakra vidi- mo da odstupanja u težinskim iskorišćenjima i u iskorišćenjima metala u odnosu na sadržaj bakra u ulaznoj rudi za mesečnu preradu od 100.000 tona rude iznose:

- težinsko iskorišćenje koncentrata . . .  $\pm 264 \text{ t/mesec}$
- iskorišćenje metala iz rude . . .  $\pm 2,63\%/\text{mesec}$

Uzimajući u pomoć statistički račun možemo predvideti da će se greške u „plusu“ i u „minusu“ na kraju godine tj. za oko  $3 \times 900$  analiza izravnati i da ćemo posle tog perioda dobiti izvesnu srednju vrednost kvaliteta proizvoda, pod pretpostavkom da je individualna greška analitičara konstantna.

Pri izmeni analitičkih rezultata u prodaji koncentrata dolazi u obzir samo analitička greška određivanja korisne komponente za koncentrat, dok ulaz i jalovina ne igraju u prodaji nikakvu ulogu. Međutim, ti proizvodi su važni za određivanje ukupnog tzv. obračunskog tovarnog bilansa materijala i za poređenje sa teoretskim bilansom prerade rуд u pogonu.

#### Faktor „merni instrumenti”

Merne instrumente potrebno je u određenim unapred predviđenim vremenskim razmacima baždariti, a i pri baždarenim mernim instrumentima treba imati na umu, da je preciznost tih instrumenata uvek sa nekom određenom vrednošću „plus” ili „minus”. Ako prilikom kontrolnog baždarenja upisujemo u kontrolnu knjigu razlike pre i posle takvog baždarenja možemo unazad izračunati za period vremena između dva baždarenja kolika je greška i koju korekturu bi trebalo uneti u tonazi izmerene sirovine. Nazovimo taj faktor  $G_3$ .

Ovakav način rada je neophodan radi opravdanja korigovanja bilansa prerade rude u datom pogonu.

#### Faktor „tare vagona”

Praksa je pokazala, da se tare kamiona i željezničkih vagona menjaju i tako utiču na tovarni bilans. Iz toga sledi, da u određenim vremenskim razmacima treba kontrolisati tare, unositi eventualne ispravke u specijalnu knjigu kontrole i voditi računa pri obračunu tovarnog bilansa o tim odstupanjima. Nazovimo taj faktor greške  $G_4$ .

#### Faktor „rastur u pogonu”

U savremenim postrojenjima za pripremu mineralnih sirovina postoji niz tačaka na kojima dolazi do neminovnih gubitaka mineralnih sirovina. Po našem mišljenju upravo ti gubici su pretežno opravdani razlog u neslaganju tovarnog i teoretskog bilansa.

Razmotrimo tačke gubitaka rastura supstance u industrijskom pogonu.

Gubici prilikom prenosa pulpe iz jedne mašine u drugu. — Ti gubici nastaju usled prelivanja pene koncentrata zbog nedovoljnog usisnog dejstva pulpe ili zbog neadaptiranosti same pumpe za rad sa pulmom koja sadrži visok udeo pene.

Dalje, poznato je da prilikom zaustavljanja pumpe radi remonta uvek dolazi do neminovnog izlivanja pulpe na patos. Radi odr-

žavanja čistoće pogona takvi prelivи se odvode pomoću spirne vode u sabirnik rastura sirovine. Takva pulpa iz rastura se skuplja u rezervoarima za dekantaciju i povremeno vraća, a katkad i ne, u proces ponovne prerade.

Potrebno je pristupiti detaljnom razmatranju mogućnosti sprečavanja takvog vida rastura, sa naročitom poentom na usavršavanja mašina i uređaja koje stvaraju takav vid rastura, koji je uvek podložan većim ili manjim gubicima mineralne supstance.

Gubici u prelivnim vodama zgušnjivača koncentrata i u filtratima dobijenim u procesu filtracije. — Ovi gubici uvek postoje, jer su prelivne vode zgušnjivača zadovoljavajuće, ako sadrže do  $5 \text{ g/m}^3$  čvrste supstance. U većini slučajeva taj sadržaj je  $n$  puta veći.

U našem ranije iznetom primeru za teoretskih 4.280 t mesečnog koncentrata, koji ulazi u zgušnjivač u odnosu  $\text{C} : \text{T} = 1 : 5$ , dozvoljeni gubici bili bi  $107 \text{ kg}$  koncentrata mesečno, što predstavlja gubitak u iskorišćenju korisne komponente od  $0,23\%$ . Činjenica je, da ti i takvi gubici znatno prelaze date vrednosti.

Kontrola sadržaja korisne komponente ili koncentrata u otpadnim vodama treba da je stalna i kvantitativna i da se unosi u kontrolnu knjigu, jer će samo takav rad dati podstrek da se proces usavrši i da se neminovni gubici mineralne supstance dovedu do dozvoljenog minimuma. To isto važi i za filtrate iz procesa filtracije koncentrata. Gubici koncentrata u filtratima, iako se oni odvode u bazen za dekantaciju, predstavljaju često najveći izvor gubitaka korisne supstance. Svođenje tih i takvih gubitaka na realnu meru moguće je samo i jedino uz stalnu kontrolu prelivnih voda u pogledu količine i kvaliteta čvrste supstance koja se nepovratno gubi. Povremeno mesečno uzimanje uzorka od  $1 \text{ m}^3$  otpadne vode, sedimentacija čvrste materije pomoću pogodnih elektrolita, izdvajanje, sušenje, merenje težine i hemijska analiza te čvrste materije, vršena u toku 1 ili 3 smene — sve to može da da realan uvid u gubitke.

Ne treba zaboraviti i na gubitke nastale usled eventualne rastvorljivosti u vodi pojedinih korisnih komponenata (sulfati bakra, cijanidi cinka i sl.). Neminovalni mineralni gubici koncentrata u otpadnim vodama prera-

čunati na ulaznu rudu daće, za primer od 107 kg/mesec, iznose od 2,5 tona rude mesečno. U stvarnosti ti gubici su obično znatno veći. Zbir ovih faktora grešaka nazivamo  $G_5$ .

#### Faktor „gubici koncentrata u transportu”

Retka su preduzeća koja sistematski utvrđuju gubitke supstance u toku transporta. Neki kupci uzimaju za obračun tonaže utvrđene na željezničkoj vagi kod isporučioca, drugi pri predaji kupcu. Neminovno je, da pri transportu koncentrata od proizvođača do kupca nastaju gubici. Te gubitke treba pri svakoj isporuci evidentirati u knjizi isporuke i nastojati na stalnom smanjenju gubitaka. U velikim zemljama (SSSR i SAD) transport koncentrata vrši se otvorenim željezničkim vagonima u koje se stavljuju zatvoreni sudovi (containers) jedan ili više, tako da ne može doći do gubitaka supstance usled nedovoljne hermetičnosti prevoznih sredstava (kamiona ili vagona) ili usled pretovara, kiše i vetra.

Investicije uložene u sudove (containers) biće vrlo brzo amortizovane usled smanjenih gubitaka koncentrata, a to će i pokriti transportne troškove praznih sudova.

Nazovimo taj faktor greške  $G_6$ .

Na osnovu navedenih izlaganja vidimo da u naš teoretski materijalni bilans prerade rude ulazi ceo niz mogućih grešaka i to:

$$\Sigma G = G_1 + G_2 + G_3 + G_4 + G_5 + G_6$$

gdje su greške  $G_1$  do  $G_4$  moguće u granicama „±”, dok su greške  $G_5$  i  $G_6$  neminovne, ali se one mogu svesti na minimum.

U daljem izlaganju prikazaćemo moguće veličine grešaka za već ranije uzet slučaj prerade rude bakra u iznosu od 100.000 t/mesec, kako sledi:

$G_1$  (greške uzorkovanja) i  $G_2$  (greške hemijskih analiza). — Neka su analitičke greške uzete zajednički za oba faktora: za ulaz i jalovinu svega ± 0,03% Cu, za koncentrat ± 0,20% Cu.

Za slučaj da je izmerena tonaža ulazne rude apsolutno tačna, odstupanja će se odraziti na tonažu i kvalitet koncentrata, a time i na iskorišćenje metala kako sledi:

- na tonažu koncentrata sa . . . . . ± 264 t/mesec
- na kvalitet koncentrata sa . . . . . ± 0,20% Cu
- na iskorišćenje . . . . . ± 2,63% Cu

— ili preračunato na tonažu rude . . . . . ± 6.168,2 t/mesec

$G_3$  (greška mernih instrumenata). — Uzimajući moguću grešku u mernim instrumentima, kod vagona, svega ± 0,5%, za razmatrani slučaj prerade rude odstupanja u određivanju tonaže će iznositi:

- za tonažu ulazne rude ± 500 t/mesec
- za tonažu koncentrata ± 21 t/mesec

$G_4$  (greška u tari vagona). — Uzimajući moguću grešku svega ± 0,10, odstupanja će iznositi:

- za tonažu ulazne rude ± 100 t/mesec
- za tonažu koncentrata ± 4,1 t/mesec

$G_5$  (rastur materijala u pogonu). — Uzimajući u obzir samo rastur prikazan u neminovnim gubicima supstance u otpadnim vodama sa 5 g/m<sup>3</sup> čvrstog imaćemo:

- rastur preračunat na ulaznu rudu . . . . . 2,5 t/mesec
- ili
- rastur na koncentratu . . . . . 0,107 t/mesec

$G_6$  (gubici koncentrata pri transportu). — I ovaj rastur treba uzeti u račun kao neminovan. Neka je on svega 20 kg po jednom željezničkom vagonu nosivosti 20 tona, to će za dati slučaj biti:

- rastur na koncentratu . . . . . 4,28 t/mesec
- ili

— preračunato na ulaznu rudu 100 t/mesec odakle je:

$$(G_1 + G_2) + G_3 + G_4 = 264 + 21 + 50$$

$$(G_1 + G_2) + G_3 + G_4 = \pm 355 \text{ t/mesec}$$

koncentrata

ili

— preračunato na rudu = ± 6.168,2 t/mesec za  $G_1 + G_2$ .

ili za  $G_1$  do  $G_4$  preračunato na rudu = ± 3,353 t/mesec

i dalje:  $G_5 + G_6 = 2,5 + 100 G_5 + G_6 = = 102,5 \text{ t/mesec rude}$

ili izraženo: na koncentrat = 4,387 t/mesec.

**Upoređivanje teoretskog i tovarnog bilansa prerade rude**

Neka je za neki mesec teoretski bilans prerade rude bio kako je dato na tab. 2 (utvrđen na mesečnim uzorcima U, K, J, sa stavljenim iz-dnevnih uzoraka kontrole procesa flotacije).

Neka su pri prodaji koncentrata utvrđeni sledeći podaci:

- tonaža koncentrata (suvo) 4,160 t/mesec
- kvalitet koncentrata (suvo) 26,00% Cu

Materijalno knjigovodstvo treba da izvrši obračun prerađe rude u toku tog meseca, tj. da dobije korigovani bilans od pogona.

Da bi se izradio korigovani materijalni bilans prerađe rude za 1 mesec na bazi prodatog koncentrata, moraju se izvršiti korekture tonaze ulazne sirovine i jalovine, zadržati ili korigovati iskorišćenje izračunato u teoretskom bilansu i izvršiti korekture sadržaja metala u ulaznoj sirovini i u jalovini u granicama dozvoljenih odstupanja pri analitičkom određivanju datog elementa.

Postavlja se pitanje na osnovu kojih podataka se može i sme izvršiti pomenuta korektura?

Iz ranije iznetih podataka proizilazi da u prvi red ulaze greške  $G_5$  i  $G_6$ . To su realni gubici supstance. Ti gubici iznose, kako smo ranije pokazali, 4,387 t koncentrata, što poveća za sobom gubitke od 102,5 t rude u toku jednog meseca.

Ne treba zaboraviti da takvi gubici mogu biti i znatno veći. Kao što smo ranije nagnuli neophodno je za svaki mesec i praktičnim proveravanjem utvrditi veličinu tih gubitaka. Kako je pri prodaji koncentrata utvrđen manjak u odnosu na teoretski bilans od 120 t/mesec, ukoliko bismo tim gubicima opteretili mesečnu tonazu ulazne rude, dobili bismo da je umesto 100.000 t rude prerađeno svega 97.196 t ili 2.803 t manje nego što je utvrđeno automatskom registrujućom vagom. Greška vase bi iznosila  $\pm 2,80\%$ , što je neprihvatljivo za postojeću preciznost vase, ako se vrši redovna kontrola baždarenja vase.

Uzimajući u obzir realnu grešku vase od  $\pm 0,5$  i pretpostavljajući da je greška mereњa bila, shodno podacima iz kontrolne knjige, u stalnom plusu, tada je za 100.000 t rude vase izmerila 500 t više nego što je stvarno dovezeno rude. Korigovana tonaza prerađene rude bi iznosila  $100.000 - 500 = 99.500$  t/mesec.

Sabirajući, dakle, greške  $G_6 + G_5 + G_3$  dobijemo da je prerađeno manje rude:  $100 + 2,5 + 500 = 602,5$  t/mesec. Preostaje pronaći opravdanje za fiktivni gubitak rude koji iznosi:  $2.803,8 - 602,5 = 2.201,3$  t/mesec.

Nemoguće je da fiktivni gubitak rude, posred već uzetih gubitaka na bazi podataka iz

kontrolne knjige, iznosi stvarno 2.201,3 t/mesec.

Da bismo korigovali bilans i isti uskladili na bazi prodatog koncentrata treba pribeti korišćenju moguće analitičke greške  $G_1$  i  $G_2$  za U i J. Analitičku grešku određivanja Cu % u koncentratu ne možemo ovde uzeti u obzir, jer su tonaza i kvalitet koncentrata polazna tačka. Da bismo mogli izvršiti korekturu potreban je još jedan fiksni član jednačine. Uzmimo u prvoj aproksimaciji da je taj fiksni član iskorišćenje dobijeno u teoretskom bilansu, koje je iznosilo 92,02% Cu. Primenujući taj kriterij dobijemo računskim putem sledeće podatke:

- a. tonaza koncentrata bakra 4.160 t/mesec
- b. kvalitet koncentrata 26,00% Cu
- c. pri iskorišćenju bakra od 92,02% sadržaj metala u koncentratu iznosiće 1.081,6 t
- d. na bazi podataka c. za ulaznu sirovinu se izračunava sadržaj metala u visini od 1.175,4 t
- e. tonaza ulazne sirovine u manjku od 602,5 t u odnosu na automatskom vagom registrovanu tonazu (greška  $G_3 + G_5 + G_6$ ) iznosi 99.397 t

f. na osnovu podatka pod tač. d i e izračunava se tonaza i sadržaj metala u jalovini i to:

tonaza jalovine . . .	95.237,5 t/mesec
sadržaj metala u % . .	0,0986% Cu
sadržaj metala u t	93,8 t/mesec

Na osnovu ovih podataka možemo izračunati korigovani materijalni bilans koji je dat u tab. 3.

U drugoj aproksimaciji primenimo kriterijum korekcije bilansa zamjenjujući vrednost fiksnog člana jednačine i stavimo za iskorišćenje bakra umesto 92,02% iskorišćenje za 1% niže tj. 91,02%.

U tom slučaju korigovani materijalni bilans će dati podatke prikazane u tab. 4.

Pošto smo utvrdili metod korigovanja bilansa prerađe rude u dve varijante, postavljaju se pitanje koja varijanta je realnija. Odgovor bi bio, da je varijanta sa većom analitičkom korekturom u ulaznoj sirovini realnija, jer je apsolutnu analitičku tačnost teško utvrditi sa svega dva analitička opita. Dalje, važno je naglasiti da nikakvu analitičku korekturu za koncentrat ne smemo unositi, iako je i prihvaćeni sadržaj Cu pri prodaji kon-

centrata samo jedna granična vrednost a ne i apsolutna.

U našim pogonima proveravamo odnosno upoređujemo i godišnji teoretski materijalni bilans sa tovarnim bilansom. Da bismo na bazi poređenja oba bilansa mogli oceniti uspeh ili neuspeh rada pogona za koncentraciju rude, potrebno je dati tablični prikaz 12 mesečnih razlika u prodajnoj tonaži koncentrata i elemente korigovanog materijalnog bilansa prerade rude i tablični prikaz kontrolisanih faktora grešaka (iz knjige kontrole za  $G_1$  do  $G_6$ ). Ne treba zaboraviti da u početku i na kraju godine treba da su mašine i bunkeri prazni (ili bar mašine, jer se tonaža rude u bunkerima može i zapreminski odrediti). Oblik krive dobijen grafičkim prikazom najbolje će pokazati rad pogona, kao što se to vidi na sl. 1.

### Završna razmatranja

Tovarni materijalni bilans u prvoj preradi mineralnih sirovina uporedjen sa teorijskim materijalnim bilansom uvek pokazuje manja ili veća odstupanja ne samo u tonaži dobijenog koncentrata i prerade rude nego i u kvalitetu proizvoda prikazanom pomoću hemijskog sastava korisnih ili nekorisnih komponenata.

Poređenjem tovarnog i teorijski dobijenog bilansa prerade rude za neki određeni manji ili veći vremenski period dobija se uvid u uspešno ili neuspešno odvijanje planiranog tehnološkog procesa pripreme dolične mineralne sirovine i uvid u nastale gubitke supstance u toku industrijskog procesa.

U samom tehnološkom procesu obično se zaboravlja planiranje neminovnih gubitaka usled neminovnog rastura materijala. Iako se rastureni materijal može i mora prikupljati i podvrgnuti ponovnom tretiraju, ipak se neki put rastureni materijal bacu u jalovinu, iz prostog razloga što takav materijal u izvesnim slučajevima ometa normalan rad, naročito u pogonima u kojima se sirovina koncentriše metodom selektivnog flotiranja korisnih minerala. Obično se tonaža takvog rastura ne evidentira i ne odbija od registrirane tonaže u odnosu na mogući višak koncentrata, koji se je preradom tog rastura mogao postići.

Materijali koji se prelivaju iz raznih mašina, naročito pri iznenadnom zastoju pogona usled nestanka struje ili pri remontu pumpi, u toku rada pogona skupljaju se u sabirnike, vraćaju u zgušnjivače ili odvode u bazene za dekontaciju. U otpadnim vodama posle dekontacije uvek ima korisnog materijala. Iako bi otpadne vode smeće da sadrže

Tablica 2

	Mesečna tonaža t (suvo)	Težina %	Cu %	Iskorišćenje Cu %
Ulagana ruda	100.000	100,000	1,20 ± 0,03	—
Koncentrat	4.280	4,280	25,80 ± 0,20	92,02
Jalovina	95.720	95,720	0,10 ± 0,03	—

Tablica 3

	Mesečna tonaža t (suvo)	Tonaža metala Cu, t	Težina %	Cu %	Iskorišćenje Cu %	Korekcija u tonama	Korekcija u analizi Cu
Ulagana ruda	99.397,5	1.175,4	100,000	1,183	—	—602,5	—0,0170
Koncentrat	4.160	1.081,6	4,187	26,00	92,02	—	—
Jalovina	95.237,5	93,8	95,813	0,0986	—	—482,5	—0,0014

Tablica 4

	Mesečna tonaža t (suvo)	Tonaža metala Cu, t	Tonaža %	Cu %	Iskorišćenje Cu %	Korekcija tonaže + ili —	Korekcija analize Cu + ili —
Ulagana ruda	99.397,5	1.188,3	100,000	1,196	—	—602,5	—0,004
Koncentrat	4.160	1.081,6	4,187	26,00	91,02	—	—
Jalovina	95.237,5	106,7	95,813	0,112	—	—482,5	+0,012

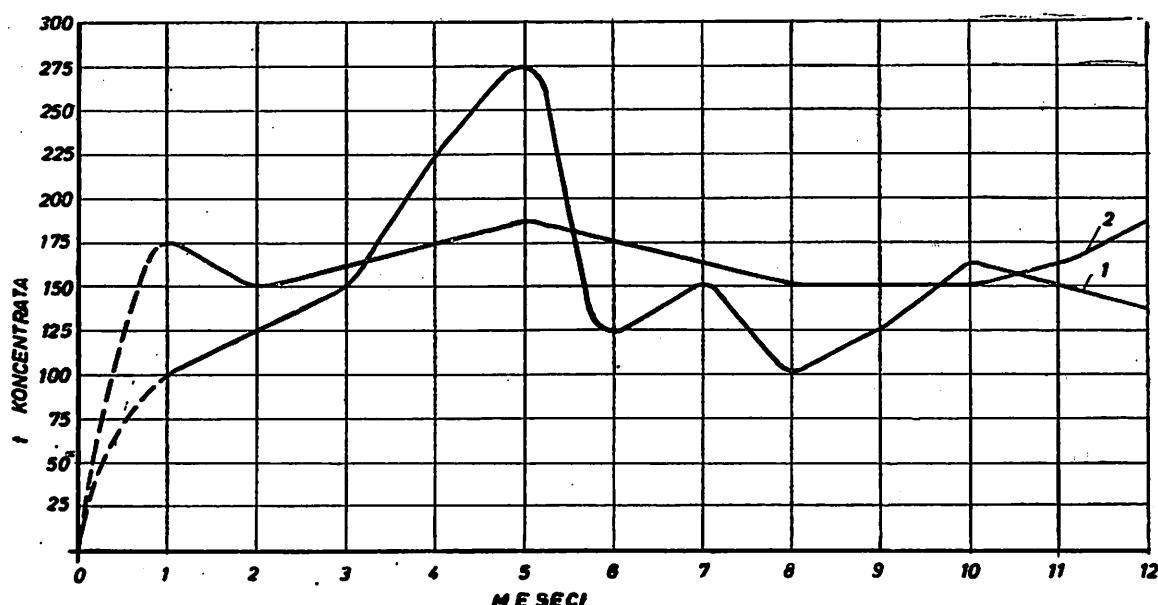
svega  $5 \text{ g/m}^3$  čvrste supstance, taj sadržaj je u većini slučajeva znatno veći. Obično se svi ovakvi gubici korisne supstance ne registruju, niti se vodi računa o njima pri izradi teoretskog bilansa prerade neke mineralne sirovine u pogonu. Red veličine ovih i ovakvih gubitaka predstavlja godišnje nekoliko stotina tona u većim pogonima.

Uzimajući u obzir ove gubitke pri izradi teorijskog bilansa eliminisće se prvi raskorak u poređenju sa tovarnim bilansom tj. sa tonažom prodatog koncentrata.

Greške pri izradi bilansa u našim izlaganjima nazvali smo  $G_5$ . Sledeća greška je  $G_6$ , koja je rezultat neminovnih gubitaka prilikom transporta koncentrata običnim kamionima ili željezničkim vagonima na kraća ili

ške pri uzimanju i spremanju uzorka, analitičke greške, greške mernih instrumenata i greške usled odstupanja u tari transportnih uređaja. Među tim greškama analitička greška najviše utiče na utvrđivanje i teoretskog i tovarnog bilansa.

Naglašeno je, da je neophodno potrebno voditi računa o uzrocima mogućih i utvrđenih grešaka pri radu koje imaju izričitu reperkusiju na ispravnost izrade ove vrste bilansa prerade. Smatramo da je u pogonima potrebno zadužiti jedno lice, koje će voditi brigu o tim greškama i iste evidentirati, a knjigu sa srednjim podacima predavati rukovodiocu pogona pre izrade teorijskog bilansa prerade.



Sl. 1 — Kretanje mesečne tonaže prodajnog koncentrata i tonaže po teoretskom bilansu.  
1 — koncentrat po teoretskom bilansu; 2 — prodajni koncentrat.

Fig. 1 — Monthly variations of the tonnage of commercial concentrates compared with the tonnage of the same concentrate obtained in the theoretical balance sheet.  
1 — tonnage of concentrate determined and the theoretical balance sheet; 2 — tonnage of commercial concentrate, determined by selling.

duža rastojanja, katkad i morskim putevima. Pri transportu su katkad potrebni pretovar ili lagerovanja na otvorenim prostorima u morskim lukama. Pri takvim manipulacijama neminovni su gubici supstance i njih treba uzeti u obzir pri izradi tzv. tovarnog bilansa materijala u odnosu na prerađenu rudu.

Konačno, izrada teoretskog bilansa podložna je nizu drugih klasičnih grešaka, koje smo označili sa  $G_1$  do  $G_4$  kao što su moguće gre-

Radi smanjenja neminovnih gubitaka pri transportu, smatramo između ostalog za potrebno da naglasimo da se prouči korišćenje sudova za transport koncentrata (containers), jer je to u razvijenim zemljama davno uvedena praksa. Kontrola otpadnih voda mora da se uvede u red normalnih kontrolnih procesa.

U našim izlaganjima dali smo i primer izrade korigovanog materijalnog bilansa prera-

de neke mineralne sirovine i naglasili potrebu ustanovljavanja kriterijuma za način korigovanja bilansa. Za svaku korekturu potrebno je priložiti i način izvođenja korekture i podatke iz knjige evidencije kontrole pogona na tačkama mogućih grešaka.

Cilj ovog članka je da se naglasi potreba, da se u našim pogonima zavede novo radno mesto sa zadatkom da se ne samo sistematski evidentiraju greške  $G_1$  do  $G_6$ , koje su uzrok razlike između teoretskog i tovarnog materijalnog bilansa, već prvenstveno da se razlike u tim bilansima svedu na minimum i da se sistematski otklanaju uzroci takvih grešaka. Ako se nastale razlike samo evidentiraju, bez preduzimanja mera da se greške smanje, to je isto što i hladna konstatacija da postoji neki defekt koji i pored poznavanja defekta ne želimo da otklonimo, svesni da su mesečni ili godišnji gufici katkada reda veličine nekoliko desetina miliona dinara, a ponекад mogu da iznose i više stotina miliona dinara godišnje. To se može najbolje videti iz datog primera, ako su realni gubici samo 50% od utvrđenih, pa će u slučaju ponavljanja istih 12 puta u toku godine finansijski gubici za dati primer pogona iznositi oko 90,000.000 dinara godišnje. Samo sa jednim delom tog iznosa mogu se pokriti potrebe rekonstrukcije, a da ne govorimo o plaćanju lica, koje će voditi isključivu kontrolu rada u datom smislu.

Otklanjanje gubitaka supstance u pogonu na koje ukazuje svakog meseca korigovani bilans prerađe rude treba programski postaviti, izvršiti dalekosežnu kontrolu postojećeg stanja i izvršiti sve moguće za otklanjanje istih. Industrijska preduzeća mogu sve probleme rešavati u saradnji sa Rudarskim institutom. Zaista nije dovoljno da se neki institut angažuje samo za usavršavanje tehničkog procesa, koji poboljšava rentabilitet poslovanja preduzeća uvođenjem savremenijih uslova, a zadržava stare gubitke onog vida o kojem smo ovde pisali, već treba u prvom redu srediti stanje u postojećem pogonu, pa tek tada prići nekoj rekonstrukciji i usavršavanju procesa.

Nadamo se, da će naša izlaganja dati podstrek stručnjacima iz oblasti pripreme mineralnih sirovina da ponovo pristupe razmatranju uzroka u razlikama između teoretskog i tovarnog bilansa i da na bazi podataka, koji će proizći iz stalne i evidentirane kontrole svih tačaka mogućih grešaka u toku većeg broja meseci, pristupe razradi realnog kriterijuma korekture teoretskog bilansa na bazi težine i kvaliteta prodajnih koncentrata.

*Izrazi priznanja.* — Na kraju želim da zahvalim saradnicima Zavoda za PMS Rudarskog instituta, Beograd, dipl. inženjerima M. Grboviću, M. Jošiću, D. Popoviću i Lj. Koštiću na raznim sugestijama i podacima iz njihove dugogodišnje industrijske prakse u vezi tretirane problematike.

#### SUMMARY

#### Theoretical and Weighing Determined Balance Sheet for Mineral Dressing Processes

Prof. Dr Eng. Đ. Lešić\*)

The author points out the differences between the theoretical and definite balance sheet, established monthly and yearly after the selling of concentrated mineral products, produced in a mill. The differences are generally in minus. He establishes six different errors causing such differences i. e. sampling error, analytical error, those due to weighing devices working with error  $\pm 0,5\%$  or more, errors caused by changement of transporting devices tare (weight of empty wagons) then losses generally comming from the different machines which spill ores or pulp, accumulated in the decantation reservoir and the overflowing water carrying 5 g/m<sup>3</sup> of solid material and finally, the losses during the long distance transportation of concentrate in railway cars and not using containers.

From a mill treating 100.000 tons of copper ores per month the author demonstrates, as an example, the possible losses in concentrate, the difference between theoretical and definite balance sheet and gives a criterion for establishing a definite corrected balance sheet for the mill. Besides this, he advises how to bring the losses to a minimum i. e. by constant improvement of all points which cause possible losses and errors, having serious repercussion on the establishment of real material balance sheet.

\*) Dr ing. Đura Lešić, prof. Rudarsko-geološkog fakulteta, Beograd.

# Primena flotacione koncentracije za rude barita

Dr. ing. Stevan Marković — dipl. ing. Miomir Čeh

## Uvod

Osnovni vid koncentracije barita predstavlja gravitaciona koncentracija, jer je visoka specifična težina ovog minerala dovoljna da ga diferencira i obezbedi njegovo odvajanje od drugih minerala u rudi.

Sistematska ispitivanja, vršena na velikom broju jugoslovenskih ruda barita u Rudarskom institutu, Beograd, pokazala su, međutim, da se pri gravitacionoj koncentraciji barita u većini slučajeva dobija međuproizvod, kako tretiranjem sitnih klasa, tako isto i tretiranjem krupnih klasa, koji se sastoji od barita tako sraslih sa mineralima jalovine, da ni dopunsko usitnjavanje ne obezbeđuje zadovoljavajući stepen otvaranja. Oslobođanje barita iz ovih međuproizvoda postiže se samo finim mlevenjem i to obično do finoće od oko 90% i više proseva kroz sito otvora 74 mikrona. Pri takom usitnjavanju otpada mogućnost gravitacione koncentracije koja, kao što je poznato, u slučaju barita pa i većine drugih sirovina, nije efikasna za klase krupnoće ispod 100 odnosno 75 mikrona.

Prilikom pripreme rude barita za gravitaciono odvajanje tj. prilikom drobljenja stvara se izvestan procenat sitnih klasa, koje ne mogu da se podvrgnu koncentraciji.

Iz toga se jasno uočava potreba uvođenja tehničkog procesa, koji bi bio pogodan za koncentraciju sitnih klasa barita kao dopuna gravitacionoj koncentraciji, kojim bi se obezbedilo veće iskorишćenje barita iz rude. Jedini proces koji za sitne klase ove sirovine može uspešno da se primeni je flotaciona kon-

centracija, te ćemo u ovom članku pokušati da sumiramo dosadašnja iskustva na tom polju, kako u inostranstvu tako i kod nas, ističući naročito radove Rudarskog instituta.

Treba podvući i činjenicu, da izvestan broj naših ležišta ili delovi nekih ležišta barita imaju takvu strukturu, da u celini zahtevaju visok stepen usitnjavanja da bi se dobilo zadovoljavajuće otvaranje, te su takve sirovine i u celini prirodno predodređene da se tretiraju postupkom flotiranja. On se, takođe, nameće kao perspektivan proces koncentracije i za više ležišta, koja bi mogli ovde nazvati kompleksnim sirovinama za dobijanje barita. To su, pre svega, olovno-cinkove rude sa baritom kao pratećim mineralom, zatim baritno-sideritne rude (Vareš—Topusko) kao i neke partie baritnih ležišta sa sulfidima. Iz ovakvih ležišta barit se može dobiti kao nusproizvod, naročito iz olovno-cinkovih ruda, koje se već prerađuju postupkom flotacije radi dobijanja koncentrata olova i cinka. Iza ciklusa odvajanja koncentrata cinka može se vrlo lako uvesti još jedan ciklus flotiranja radi odvajanja barita. Baritno-sideritne rude predstavljaju nešto teži problem, ali su do sada postignuti dobri uspesi selektivnim flotiranjem ova dva minerala.

Kada je reč o sagledavanju procesa flotacione koncentracije za rude barita, treba istaći još jednu prednost ovog procesa. Poznato je da se gravitacionim postupcima dobijaju koncentrati sa 95—97% BaSO<sub>4</sub>, što nije dovoljno da zadovolji izvesne zahteve nekih industrija, koje zahtevaju za određene svrhe i kvalitet od preko 98% BaSO<sub>4</sub>. Ova-

ko visok kvalitet može se dobiti samo postupkom flotiranja uz primenu višestrukog prečišćavanja.

### Nepoželjni sastojci u rudama barita

Ako ostavimo po strani olovno-cinkove rude i baritno-sideritne rude, možemo da uzmemo u obzir sledeće minerale koje u procesu flotiranja treba odvojiti od barita:

- **kvarc:** prisutan u gotovo svim rudama barita kao osnovna nečistoća;
- **kalcit, dolomit:** prisutni u nekim rudama, obično u veoma malim količinama izuzev u rudi sa oboda ležišta;
- **oksidi gvožđa:** prate mnoge rude barita te u nekim slučajevima predstavljaju čak i najzastupljeniju nečistoću;
- **alumosilikati:** obično zastupljeni u manjoj meri.

Od ostalih štetnih primesa mogu se javiti još liskuni, magnezijum karbonat, fluorit, hlorit, sericit, oksidi mangana i stroncianit.

Prema tome, u osnovi, flotiranje će se sručiti sa sledećim nečistoćama: kvarc, silikati, karbonati kalcijuma i magnezijuma i oksidi gvožđa.

### Uslovi flotiranja barita

Problem flotiranja barita bio je do danas relativno obilno tretiran u svetu.

Proces flotiranja barita, koji je u najširoj primeni i koji su najviše razrađivali razni istraživači, sastoji se u upotrebi oleinske kiseline kao kolektora i natrijum silikata za deprimiranje kvarca, oksida gvožđa, kalcita i fluorita. Flotiranje se vrši pri pH vrednosti od oko 9,5.

Napomenućemo da su dobri rezultati postignuti primenom limunske kiseline za deprimiranje minerala jalovine pri flotiranju barita oleinskom kiselinom. Limunska kiselina vezuje katjone iz rastvora u kompleksne citrate i tako onemogućuje aktiviranje nepoželjnih minerala.

U drugim ispitivanjima proučavan je ugao dodira na baritu u zavisnosti od pH sredine i koncentracije kolektora (natrijum oleata). Utvrđeno je, da se najveća vrednost ugla dobija na pH vrednosti 10 ( $95^\circ$ ) i da je po-

lje flotiranja barita ovim kolektorom od pH vrednosti 5 do 12. Visoke koncentracije kolektora u pulpi su, međutim, nepoželjne i koncentracija od preko 80 kg/t predstavlja već ograničenje u flotiranju, dok koncentracije od preko 120 kg/t potpuno onemogućuju flotiranje. U prisustvu katjonski aktivnog kolektora kao što je, na primer, dodecilamonijski hlorid, barit se flotira viškom kolektora. Međutim, sa ovim istim kolektorom dobija se istovremeno i odlična flotacija kalcita. Studije dejstva raznih kolektora na baritu su pokazale, da on ima jako izraženu tendenciju da apsorbuje grupe sa ugljovodoničnim lancem bilo da su iste katjonske ili anjonske. Kao kolektor za barit može se primeniti čitav niz organskih jedinjenja, kao što su karboksilne kiseline i njihove soli i alkili sumporne kiseline i njihove soli. Ispitivanjem je utvrđeno, da soli gvožđa i aluminijuma negativno utiču na flotabilnost barita, ako se nalaze u rastvoru.

Razni autori predložili su nekoliko načina flotiranja različitih ruda. Za rude barita sa oksidima gvožđa Gaudin preporučuje primenu oleinske kiseline i oko 1 kg/t natrijum metasilikata za deprimiranje gvožđa i flotiranje pri pH vrednosti od 11. Interesantno je, da drugi autori (Hogg) preporučuju da se prečišćavanje ovako dobijenog koncentrata barita vrši u kiseloj sredini. Prelazom u kiselu sredinu obrće se redosled flotiranja, te se u peni izdvajaju oksidi gvožđa i glina. U pogledu selektivne flotacije barita od fluorita preporučuje se upotreba tanina i fero soli uz oleinsku kiselinu kao kolektor (O'Meara).

Interesantno je, da većina katjonsko aktivnih kolektora nije u stanju da obezbedi flotiranje barita, ali u prisustvu natrijum sulfata kao aktivatora (naročito pri koncentracijama većim od 100 kg/t  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) mnogi katjonski aktivni kolektori obezbeđuju hidrofobizaciju njegove površine.

Odvajanje barita od kalcita predstavlja izvestan problem koji se, uglavnom, rešava kondicioniranjem sa solima metala ili taninskim kiselinom, dok se pri prečišćavanju koncentrata barita "daje kalijum bihromat (Tagegart).

Norman i Lindsey su razradili i laboratorijski postupak flotiranja silikatne jalovine radi dobijanja čistog barita u ostatku. Ovo se uspešno postiže kolektorima DP 243 i DP 60 u kiseloj sredini regulisanoj somom kiselinom.

Mitrofanov preporučuje za kolektiranje barita sva jedinjenja ugljovodonika, koja sadrže sulfatnu grupu sposobnu da sa barijumom obrazuje teško rastvorljiva jedinjenja.

Kao što se vidi iz kratkog prikaza dosadašnjih ispitivanja, na polju flotacije barita proučeni su mnogi aspekti odvajanja ovog minerala od prateće jalovine, koji obuhvataju gotovo sve slučajevne na koje se nailazi i kod jugoslovenskih sirovina. Barit je nesumljivo daleko flotabilniji (po sposobnosti reagovanja sa kolektorima) od ostalih pratećih minerala, ako izuzmemosulfide, tako da njegovo odvajanje ne bi trebalo da predstavlja neku izuzetnu teškoću. Problemi se jedino javljaju u slučaju prisustva većih količina karbonata, fluorita ili siderita, ali ni oni, kao što se vidi, nisu nepremostivi.

### Rezultati flotiranja nekih jugoslovenskih barita

U ovom delu izložićemo rezultate koncentracije putem flotiranja na nekim rudama kao i na izvesnim međuproizvodima gravitacione koncentracije.

#### Bobija — rude sa oboda ležišta

Ruda sa oboda ležišta Bobije je siromašna i odvajanje barita iz iste postupcima gravitacione koncentracije nije dalo zadovoljavajuće rezultate, pa je na ovoj sirovini primjenjen direktni postupak flotacije.

Hemijski sastav ove sirovine bio je:

BaSO <sub>4</sub>	48,10%
SiO <sub>2</sub>	35,70%
R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> —Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,80%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,50%

Prisutne su bile i izvesne manje količine alkalije.

Kod ove rude problem koncentracije se sastojao u finom otvaranju i odvajanju barita od kvarca, oksida gvožđa i glinovitih primesa. Ispitivanja su pokazala da rudu treba mleti do finoće od preko 90% proseva kroz sito otvora 74 mikrona i da treba primeniti sledeće uslove flotiranja:

odnos Č : T = 1 : 3

Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> . . . . . 1,5 kg/t

Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> . . . . . 1 kg/t

pH vrednost pulpe . 9,5

kolektor:

oleinska kiselina . 700 g/t

emigol . . . . . 75 g/t

penušač:

borovo ulje . . . . . 30 g/t

vreme flotiranja . . . . . 10'

prečišćavanje u tra-

janju od . . . . . 4'

Ovim postupkom se, sa ulazom od oko 48% BaSO<sub>4</sub>, postiže koncentrat sa 94% BaSO<sub>4</sub> uz iskorišćenje od 70% ne računajući gubitke u međuproizvodu, koje bi u kružnom toku u industrijskom postrojenju obezbedilo povećanje iskorišćenja za oko 7% bez uticaja na kvalitet. Treba istaći, da se gravitacionim postupkom koncentracije može iz iste rude postići kvalitet od 90% BaSO<sub>4</sub> uz iskorišćenje od oko 65% iz čega se može zaključiti nesumljiva prednost postupka flotiranja za ovaku vrstu sirovine.

#### Kreševo

Gravitaciona koncentracija barita iz kompozita raznih nalazišta iz šire lokacije Kreševo, koji sadrži cca 85% BaSO<sub>4</sub>, pokazuje da se pri usitnjavanju do oko 10 mm može težinski dobiti 62% koncentrata sa preko 95% BaSO<sub>4</sub>. Pri takvoj koncentraciji dobija se težinski oko 26% međuproizvoda i mulja sa oko 60% BaSO<sub>4</sub>, kao i 13% težinskog udelela jalovine sa ispod 30% BaSO<sub>4</sub>. Dopunskim usitnjavanjem međuproizvoda i naknadnim tretiranjem na klatnim stolovima ne može se postići zadovoljavajući kvalitet ni iskorišćenje, jer ovaj međuproizvod zahteva fino usitnjavanje da bi se postigao potreban stepen otvaranja. Međutim, posle ovako finog usitnjavanja sirovina uopšte nije pogodna za gravitacionu koncentraciju. Da bi se ipak povećalo ukupno iskorišćenje, pribegli smo flotacionoj koncentraciji kompozita međuproizvoda mulja. Studija oslobođanja je pokazala da ovaj kompozit treba mleti do finoće od oko 98% proseva kroz sito otvora 0,074 mm. S obzirom da su glavne nečistoće bile kvarc

i oksidi gvožđa, proučavali smo njihovo deprimiranje i utvrdili sledeći najpogodniji režim flotiranja:

regulator sredine:

$\text{Na}_2\text{CO}_3$  2,5 kg/t

modifikator:

$\text{Na}_2\text{SiO}_3$  1 kg/t

pH sredine 10,2

Grubo flotiranje se vrši u trajanju od 30' sa 0,5 kg/t oleinske kiseline. Grubi koncentrat se jednom prečišćava u trajanju od 10'.

Ovaj postupak obezbeđuje bilans odvajanja prikazan na tablici 1.

Tablica 1

	T %	$\text{BaSO}_4$ %	Raspodela $\text{BaSO}_4$ %
Ulaz	100	61,5	100,0
Koncentrat	42,5	95,5	62,0
Međuproizvod	17,5	80,2	22,1
Jalovina	40,0	17,9	15,9

Ako se uzme u obzir i kružni tok međuproizvoda, koji je normalan u industrijskom pogonu, tada se može očekivati iskorišćenje od najmanje 73% uz već naznačeni kvalitet koncentrata.

Flotacija se u ovom slučaju pokazala kao vrlo korisna dopuna gravitacionoj koncentraciji, jer se naknadnim mlevenjem i flotiranjem među-proizvoda i mulja povećava težinsko iskorišćenje sa 62% na 73% pri čemu se i ukupno iskorišćenje barita povećava sa 70% na 85%. Treba istaći i činjenicu, da je postupak flotiranja koji je razrađen za ovu sirovину jednostavan i jeftin, te se, prema tome, može primeniti i u industrijskim uslovima rada. Sušenjem flotacionog koncentrata na oko 400°C uništila bi se i hidrofobna skrama na zrnima barita, te bi se isti mogao upotrebiti kod isplake za dubinsko bušenje. Ukoliko bi se dobijeni koncentrat prečišćavao dva ili tri puta, mogao bi se dobiti i proizvod sa preko 98%  $\text{BaSO}_4$ , koji bi zadovoljavao zahteve koji se odnose i na neke specijalne primene barita u industriji.

#### Ruda barita iz Vareša

Na površinskim kopovima Brezik i Smreka javlja se barit u vidu ploča i tanjih žica

u sideritnoj masi. Sadržaj barita u ispitivanom uzorku iznosio je oko 70%. Glavne nečistoće su bile siderit, kvarc, hlorit, karbonati kalcijuma i magnezijuma sa izvesnim količinama pirita. Opiti gravitacione koncentracije, i pored toga što barit nije fino srašao sa jalovinom, nisu bili pogodni za ovu sirovinu zbog prisustva sulfida i drugih teških minerala. Zbog toga je trebalo tražiti drugi, pogodniji proces koncentracije. Između ostalog, proučavana je i flotaciona koncentracija kao metod odvajanja barita iz ove sirovine, te je posle laboratorijskog ispitivanja utvrđen kao najpogodniji režim flotiranja:

— mlevenje sirovine do finoće od 97% proseva kroz sito otvora 74 mikrona;

— flotiranje sulfida pod sledećim uslovima:

— pH sredine 6,8 koji se dobija kondicioniranjem sa oko 0,5 kg/t sumporne kiseline;

— sulfidi se flotiraju u trajanju od 10' sa 200 g/t kalijumetil ksantata i 40 g/t borovog ulja.

Posle odvajanja sulfida sirovina se kondicionira sa 4,5 kg/t natrijum karbonata radi podizanja vrednosti pH pulpe na 8,6 posle čega se flotira barit sa 400 g/t oleinske kiseline u vremenu od 10 minuta.

Ovakav postupak daje bilans odvajanja, prikazan na tablici 2.

Tablica 2

Proizvodi	T %	$\text{BaSO}_4$ %	Raspodela $\text{BaSO}_4$ u %
Ulaz	100,0	66,80	100,00
Koncentrat sulfida	20,8	5,46	1,69
Koncentrat barita	64,3	95,12	91,55
Jalovina	14,9	30,29	6,76

Kao što se vidi iz datog bilansa, postignuti rezultati su izvanredni, kako u pogledu kvaliteta tako i iskorišćenja barita i ukazuju na vanredno povoljne mogućnosti dobijanja barita iz vareške rude.

#### Sulfidna ruda iz Bobije

Kao i u nekim drugim ležištima (Zletovo) barit se u jednom delu ležišta Bobije javlja sa sulfidima olova, bakra, cinka i gvožđa. Sadržaj  $\text{BaSO}_4$  u ovoj rudi iznosi oko 34%,

dok se u istoj nalazi 0,81% Pb, 0,32% Cu, 6,12% Zn i oko 33% pirita. Od minerala jajovine u rudi se nalazi oko 6% alumosilikata, manje količine kvarca i oksida gvožđa. Vrednost ove rude čine prvenstveno obojeni metali, dok barit predstavlja nusproizvod, koji, međutim, ne treba zanemariti. Njegova je vrednost utoliko veća, što se ovakve rude već eksploatišu, usitnjavaju i koncentrišu zbog obojenih metala. Dobijanje barita iz njih sastojalo se samo u jednom dopunskom stupnju koncentracije.

Proučavanjem otvaranja ove sirovine, naročito u odnosu na sulfidne minerale, došli smo do zaključka da ovu sirovinu treba usitniti do finoće od oko 90% prosevā kroz sito otvora 74 mikrona. Posle flotiranja grubih koncentrata olova i bakra, cinka i pirita pod uobičajenim uslovima za sulfidne minerale pristupilo se je odvajajanju barita od jajovine. Regulisanje pH vrednosti na 10,0 izvršeno je uz pomoć vodenog stakla (1 kg/t) i barit je flotiran oleinskom kiselinom (0,3 kg/t). Iskorišćenje sulfida u prvoj fazi odvajanja iznosilo je između 93 i 98% za razne minerale, dok je flotiranjem i prečišćavanjem barita postignut kvalitet od 93% BaSO<sub>4</sub> sa iskorišćenjem od 60%, računajući 30% gubitka barita u grubim koncentratima sulfidnih minerala. Ovakvi rezultati ukazuju da se iz ruda olova i cinka može uspešno koristiti i barit, ako isti prati ove rude i da njegovo dobijanje ne predstavlja niti tehnički problem, niti je ova dopunska operacija dobijanja barita izuzetno skupa.

#### Topusko

Pojedini delovi ovog ležišta barita kao što su, na primer, lokalnosti Kijačka Kosa — Klokočev Jarak su relativno siromašni (sadrže oko 65% BaSO<sub>4</sub>) i nisu pogodni za eksploataciju pošto rudnik ne poseduje pogon za separaciju. Barit je u ovoj rudi vrlo fino pronastao limonitom i getitom kojih zajedno sa sideritom ima oko 20%. Takođe je prisutna i veća količina glinovitih materijala (oko 10%) uz manje udela karbonata Ca i Mg kao i slobodnog kvarca. S obzirom na prisustvo minerala gvožđa, gravitaciona koncentracija ove rude nije mogla da pruži kvalitete koncentrata barita iznad 90% BaSO<sub>4</sub>, te je tokom studije odlučeno da se pređe na postupak izdvajanja barita primenom flota-

cione metode koncentracije. Zbog visokog sadržaja gvožđa, prisustva siderita i drugih karbonata, režim flotiranja je morao biti nešto izmenjen u odnosu na režime primenjene na drugim rudama barita. Ovo se naročito odnosi na prečišćavanje.

Najpovoljniji uslovi fotiranja su sledeći.

Sirovina se melje do finoće od oko 92% prosevā kroz sito otvora 74 mikrona.

Posle kondicioniranja sa 1,5 kg/t Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, 0,5 kg/t Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> i 0,3 kg/t natrijumheksametafosfata (kalgona) vrši se flotiranje grubog koncentrata barita pri pH vrednosti od 9,2. Posle flotiranja u trajanju od 20' sa 1 kg/t oleinske kiseline, grubi koncentrat se kondicionira sa 2,75 kg/t sumporne kiseline i pri pH vrednosti 4,9—5,0 vrši prečišćavanje, flotiranjem minerala gvožđa iz grubog koncentrata barita sa 0,2 kg/t oleinske kiseline. Ovakvim postupkom dobija se bilans koncentracije, dat na tablici 3.

Tablica 3

Proizvodi	T %	BaSO <sub>4</sub> %	Raspodela BaSO <sub>4</sub> u %
Ulaz	100,00	62,8	100,00
Koncentrat	39,21	97,05	60,68
Međuproizvod	24,77	60,29	23,79
Jajovina	36,02	27,16	15,53

Prikazani rezultati pokazuju nesumljiv uspeh flotacije naročito u pogledu kvaliteta dobijenog koncentrata. U industrijskom postupku se svakako može očekivati i iskorišćenje BaSO<sub>4</sub> od preko 70%, ako se uzme u obzir kružno kretanje međuproizvoda.

Iz datog primera se jasno vide velike mogućnosti flotacione koncentracije za tretiranje kompleksnih siromašnih ruda barita, koje se inače ne mogu prerađivati klasičnim postupkom gravitacione koncentracije.

#### Zaključak

U članku smo nastojali da ukažemo na to, da se u odnosu na jugoslovenske rude barita ne sme zanemarivati mogućnost primene flotacijske koncentracije barita, bilo kao osnovnog procesa koncentracije, bilo kao dopunskog procesa uz već klasičnu gravitacionu koncentraciju. Ovo utoliko pre, što barit kao mineral ima veoma izražena flotaciona svoj-

stva u odnosu na druge prateće minerale. Iznoseći neke rezultate velikog broja lабораторијских испитивања одабрали smo primere osnovnih tipova ruda barita i izložili najpo- godniji način flotiranja. Ovaj pregled pokazuje, da za sada ne postoji ni jedan tip ležišta koji nije pogodan za flotacionu koncen- traciju, dok, sa druge strane, flotaciona kon- centracija uspešno rešava i one slučajeve, u kojima se gravitacija nije mogla uzeti u obzir.

Želimo da istaknemo da bi flotacionu kon- centraciju barita trebalo primeniti kod:

— olovno-cinkovih ruda koje prati barit, gde bi se odvajanje ovog minerala nadove- zalo na odvajanje sulfida olova i cinka;

— baritno-sideritnih ruda sa sulfidima iz kojih bi se pored barita dobijao i koncentrat gvožđa;

— baritno-sideritnih ruda sa fluoritom;

— prerade međuproizvoda i jalovine gra- vitacione koncentracije kao i mulja koji na- staje pri usitnjavanju.

#### SUMMARY

#### Application of Flotation Concentration on Baryte Ores

Dr Eng. S. Marković — M. Čeh, Min. Eng<sup>\*)</sup>

Dressing investigations on several baryte ores from numerous deposits showed that although in most cases gravity concentration could be successfully applied, some deposits were not amenable to gravity separation and required a different treatment. In such cases flotation concentration provided a solution to dressing problems. Several types of ores were singled out requiring different flotation regimes. Lead-zinc and sulphide ores bearing baryte must be subjected to flotation concentration, the baryte flotation following the sulphide flotation. Other types of baryte ores such as those where baryte occurs side by side with iron oxides or siderite are also easily concen- trated by flotation. The rough baryte concentrate requires cleaning in acid circuit in this case. Low grade baryte ores associated with quartz and silicates, where baryte is very finely intergrown with gangue minerals, can also be treated by flotation and excellent results are obtained. Many baryte ores concentrated by gravity yield middlings, requiring very fine grinding for subsequent liberation of locked baryte particles, have also to be subjected to flotation if a high recovery is to be attained.

For all cases of ores reagent combinations are given, indicating the best conditions as to fineness of grinding, flotation time and reagent consumption, as well as the results which can be obtained regarding the grade of concentrates and the recovery of baryte.

#### Literatura

- Gaudin, A. M., 1957: Flotation. — Mc Graw Hill Book Company, New York
- Sutherland, K. L., Wark, I. W., 1955: Principles of Flotation, Melbourne.
- Jeremić, M., 1958: Baritska ležišta Jugoslavije i mogućnost njihovog razvoja. — „Tehni- ka“ br. 3, Beograd.
- Taggart, A. F. Arbiter, N., 1944: AIMME, tech. publications, No. 1685.
- Mitrofanov, S. I., 1958: Selektivnaja flota- cija. — Metalurgizdat, Moskva.
- Izveštaji o iznalaženju adekvatnih procesa prve prerade naših ruda barita za 1962, 1963. i 1964. — Rudarski institut, Beograd.

<sup>\*)</sup> Dr. ing. Stevan Marković, docent Rudarsko-geološkog fakulteta, Beograd.  
Dipl. ing. Miomir Čeh, saradnik Zavoda za priprem mineralnih sirovina u Rudarskom institutu, Beograd.

## Rezni organi mašina za dobivanje uglja

(sa 16 slike)

Prof. dr ing. Ludvik Hajovsky (ČSSR)

U procesu eksploatacije rezni organi rade u ugljenim slojevima pod raznim uslovima, određenim kako fizičko-mehaničkim karakteristikama celine ugljenog sloja, tako i karakteristikama konstrukcije reznih organa. Otpor protiv rezanja smanjuje se sa brojem i pravcem pukotina, a zavisi i od jamskog pritiska. Pri rezanju odvajaju se delovi uglja iz sloja, čija veličina zavisi od dubine i širine reza. Po Rittingeru potrebna energija za usitnjavanje je сразмерна sa povećanjem površine komada.

S obzirom na to, ne može se izvršiti klasifikacija ugljenih slojeva prema njihovoj čvrstoći na osnovu klasične metode ili statičkim odnosno dinamičkim usitnjavanjem. Čvrstoća ugljene celine je samo pokazatelj za upoređivanje mehaničkih karakteristika i ne daje pravilnu osnovu za određivanje i primenu reznih organa, naročito plugova, skrepera, lančanih kombajna i drugih. Zato je potrebno da za osnov uzmemos takvu klasifikaciju ugljenih slojeva, koja omogućuje pravilno određivanje njihove sposobnosti na rezanje.

Pri utvrđivanju sila, koje dejstvuju na rezne organe, ranije se polazilo od čvrstoće na pritisak. Pretpostavlja se još da je otpor protiv rezanja toliko puta veći, koliko puta je ugalj čvršći. Danas ta teza više nije aktuelna, ali čvrstoća uglja ipak ima svoje značenje kao uporedni pokazatelj. Čvrstoća uglja na pritisak je različita i zavisi od struk-

ture ugljenog sloja, kao i od pravca dejstva sile rezanja u odnosu na slojevitost. Ispitanjima je ustanovljeno, da je čvrstoća po prečno na slojevitost veća nego po pravcu slojevitosti. Ipak je u nekim slučajevima čvrstoća po pravcu slojevitosti veća nego po prečno na pravac, što zavisi od veze između slojeva.

Na mehaničke karakteristike utiče, takođe, i vлага, te osušeni uzorci imaju drukčija mehanička svojstva, što je naročito izraženo kod mrkih ugljeva. Kameni ugljevi imaju veću stabilnost u pogledu mehaničkih svojstava.

Pri utvrđivanju čvrstoće uglja različitim metodama pojavljuju se zнатне razlike, što se objašnjava različitim petrografskim sastavom i različitom gustoćom pukotina raznih orientacija.

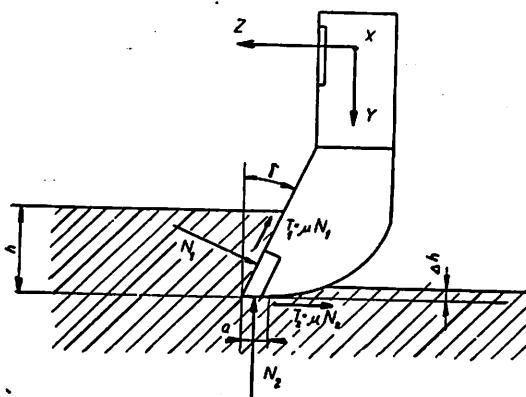
Po čvrstoći na pritisak ugljeve delimo na:

čvrstoća na pritisak, kp/cm <sup>2</sup>	
vrlo čvrste	350 — 400
čvrste	250 — 350
srednje čvrste	100 — 250
meke	50 — 100

Ugljeni sloj je često protkan proslojcima i tvrdim ulošcima, čiji je otpor mnogo veći od otpora uglja. U zavisnosti od vrste, veličine i oblika jalovih uložaka stvaraju se dosta velike smetnje pri mašinskom dobijanju. Jalovi ulošci se ne mogu uočiti, već utvrditi iz

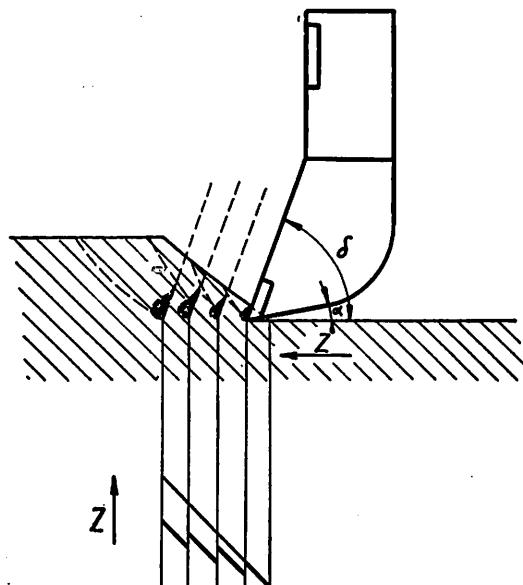
pepela uglja. Oni povećavaju otpor na rezanje i potrošnju električne energije, a nekad znatno istupe rezne elemente. Kako je opterećenje reznih elemenata neravnomerno, stvaraju se znatna dinamička opterećenja, koja neposredno smanjuju vek reznih organa, a nekad i delova mašina.

Na čvrstoču uglja utiče niz pokazatelja, koji se ovde neće objašnjavati kao ni elastičnost, tvrdoča i dr. Problem je veoma složen i zato treba pristupiti izradi takve klasifikacije, koja ugalj deli po sposobnosti dobijanja odnosno bolje rečeno po sposobnosti rezanja.



Sl. 1 — Sile koje dejstvuju na nož.

Fig. 1 — The force acting at the cutter.



Sl. 2 — Rušenje uglja nožem.

Fig. 2 — Bringing down coal by the cutter.

Pored toga, neophodno je da se razjasne međusobni odnosi između pojedinih čvrstoča, koji nam pokazuju gde je celina uglja najslabija. Odnosi pojedinih čvrstoča kamenog uglja su:

$$\sigma_n : \sigma_s : \sigma_t = 1 : (0,25 - 0,5) : (0,02 - 0,15)$$

$\sigma_p$  = čvrstoča na pritisak

$\sigma_s$  = čvrstoča na smicanje

$\sigma_t$  = čvrstoča na istezanje

Rezni organi mašina za dobijanje moraju biti takvi da koriste pri rezanju manju čvrstoču uglja, što se može postići pravilnim rasporedom i oblikom reznih organa. Isto tako treba iskoristiti dinamično dejstvo na celinu ugljenog sloja, što je od naročitog efekta kod krtih ugljeva. Mala čvrstoča istezanja povlači za sobom i malu čvrstoču na savijanje.

Mogućnost dobijanja uglja se nekad utvrđuje ocenom, koja zavisi od subjektivne procene.

Ugljevi se dalje dele na one, koji se teško, srednje i lako dobijaju.

Problem rezanja razmatralo je više autora, koji su sposobnost rezanja ispitivali u laboratorijama i pogonima radi određivanja sila, koje deluju na nož. Katedra za rudarske mašine na Rudarskoj visokoj školi u Osnavi bavi se ispitivanjem sposobnosti rezanja koristeći najnovija sovjetska saznanja.

Čvrstoča ugljene celine i ostali mehanički pokazatelji su samo uporedni faktori mehaničkih svojstava i ne daju pravu osnovu za proračun reznih organa mašina za dobijanje.

Rastavljanjem sila koje dejstvuju na nož (sl. 1) utvrđuje se komponenta rezanja iz jednačine

$$Z = N_1 \cdot \cos \gamma + \mu \cdot N_1 \cdot \sin \gamma + \mu \cdot N_2 \quad (1)$$

gde je:

$\gamma$  — ugao čela

$N_1$  — vertikalna komponenta na čelo noža

$N_2$  — vertikalna komponenta na otupljenu površinu noža

$\mu$  — koeficijent trenja između uglja i čelika, obično  $\mu = 0,4$ .

Pri kretanju noža izdrobljeni ugalj se sabija na čelo noža i stvara jezgro, koje svojim pritiskom dejstvuje na sve strane. Pri-

tisak se kretanjem noža stalno povećava, po dužne deformacije se pojačavaju i na kraju se ruši veza materijala. Ugalj je opterećen na smicanje i ruši se prema odgovarajućim ravnima smicanja i to delimično ili potpuno (sl. 2).

Nakon odvajanja komada uglja otpor nagnuto pada na nulu.

Ugalj je heterogena masa pa je promena pritiska na nož uslovljena njegovim fizičko-mehaničkim karakteristikama, dubinom rezaka, petrografskim osobinama, mikropukotinama, cepljivošću i pravcem.

Silu  $N_1$  možemo izraziti sa

$$N_1 = k\delta_s \cdot \sigma_p \cdot F_1 = k\delta_s \cdot \sigma_p \cdot b \cdot h \quad (2)$$

$k\delta_s$  — koeficijent uticaja reznog ugla na smicanje

$\sigma_p$  — čvrstoća na pritisak u kp/cm<sup>2</sup>

$F_1 = b \cdot h$  — projekcija čelne površine na pravac rezanja u cm<sup>2</sup>

b — širina noža u cm

h — dubina reza u cm.

Silu  $N_2$  možemo izraziti jednačinom

$$N_2 = k \cdot k_0 \cdot \sigma_p \cdot F_2 = k \cdot k_0 \cdot \sigma_p \cdot a \cdot b \quad (3)$$

gde je:

k — koeficijent koji izražava odnos čvrstoće;  
kod sile koja deluje u pravcu slojevitosti —  $k \approx 0,6$   
kod sile koja deluje poprečno na slojevitost —  $k \approx 1$

$k_0$  — koeficijent koji izražava odnos čvrstoće pri napetosti u više pravaca, koja se pojavljuje pri rezanju uglja, kao i čvrstoće na pritisak pri jednosmernom opterećenju. Normalno se usvaja  $k_0 = 0,8 — 1,5$ , a kod velikih komada  $k_0 = 1,5 — 2,5$  i više.

$F_2$  — a.b = površina istošene oštice u cm<sup>2</sup>, koja kod mašina zasekačica i kombajna iznosi  $F_{2max} = 0,5$  cm<sup>2</sup>, a kod plugova i skrepera  $F_{2max} = 2$  cm<sup>2</sup>

a — širina površine istošene (otupljene) oštice u cm.

Zamenom vrednosti  $N_1$  i  $N_2$  u jednačini (1) dobijamo:

$$Z = k\delta_s \cdot \sigma_p \cdot b \cdot h \cdot (\cos \gamma + \sin \gamma) + k \cdot k_0 \cdot \mu \cdot \sigma_p \cdot a \cdot b \quad (4)$$

Za određeni nož i ugalj jednačina dobija pojednostavljen oblik

$$Z = A \cdot h + B$$

$$\text{pri čemu je konstanta } A = k\delta_s \cdot \sigma_p \cdot b \cdot (\cos \gamma + \sin \gamma).$$

Kod oštrog noža je a = 0 i B = 0, a

$$Z_0 = A \cdot h$$

$$A = \frac{Z_0}{h} \text{ kp/cm}$$

gde je:

$Z_0$  — projekcija sile koje deluju na oštar nož u pravcu rezanja

A — koeficijent odnosa, koji izražava izmereni otpor u kp/cm pri rezanju kod dubine zaseka 1 cm.

Kod teoretskog rešavanja nisu uzete u obzir bočne sile na nož, koje prouzrokuju trenje i tako povećavaju silu rezanja.

Pošto smo laboratorijskim i pogonskim merenjima odredili koeficijent A, možemo pomoću njega ustanoviti i sile koje dejstvuju u pravcu rezanja. Na Visokoj rudarskoj školi u Ostravi isti se određuje na horizontalnoj blanjalicici i tensometrijskim merenjima (sl. 3).

Rezultati merenja pri rezanju beleže se fotografiskim putem i na osnovu njih se određuju veličine.



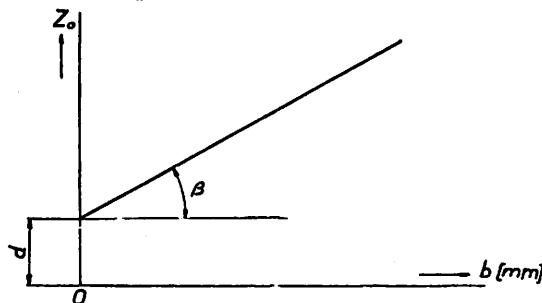
Sl. 3 — Horizontalna blanjalica sa mernim uređajima.

Fig. 3 — Horizontal planer with measuring device.

U SSSR-u su na uređaju DKS-2 sa širinom noža 2 cm,  $\delta = 50^\circ$ ,  $a = 10^\circ$  utvrđeni koeficijenti A i prema njima data sledeća klasifikacija uglja:

- |                     |                    |
|---------------------|--------------------|
| A = do 150 kp/cm    | lako se režu       |
| A = 150 — 300 kp/cm | osrednje se režu   |
| A = 300 — 450 kp/cm | teško se režu      |
| A = iznad 450 kp/cm | vrlo teško se režu |

Pri rezanju uglja sa ravne površine dobijemo, s obzirom na širinu noža, linearnu zavisnost (sl. 4), koja je našim opitima, takođe, potvrđena.



Sl. 4 — Zavisnost sile rezanja od širine noža.

Fig. 4 — Dependence of cutting force upon the cutter width.

Linearnu zavisnost za oštar nož možemo izraziti jednačinom

$$Z_0 = \operatorname{tg} \beta \cdot b + d$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{A \cdot h \cdot (1 - K)}{b_0}$$

gde je:

K — koeficijent koji daje redukciju A.h za  $b = 0$

$b_0$  — širina noža za koji je utvrđeno  $Z_0 = A.h$

d — otpor protiv rezanja kod  $b = 0$ ,  $Z_0 = K.A.h$

Nakon zamene i sređivanja dobija se:

$$Z_0 = A \cdot h \cdot \left( (1 - K) \frac{b}{b_0} + K \right) \quad (5)$$

Ako je  $K = 0,3$  i  $b_0 = 2$  cm, biće

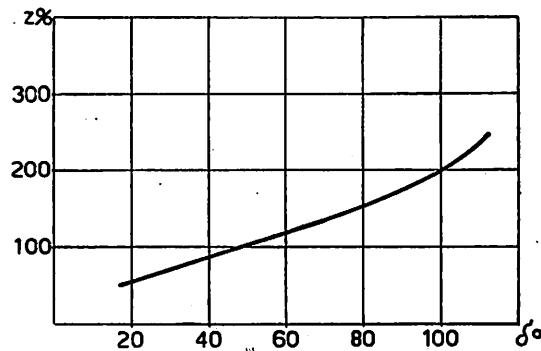
$$Z_0 = A \cdot h \cdot (0,35 \cdot b + 0,3) \quad (6)$$

To je jednačina koju daje sovjetska literatura za mrke ugljeve. U stvari,  $\operatorname{tg} \beta$  odnosno koeficijent K, kao i d nisu konstantne veličine, te se za razne ugljeve dobijaju i različite jednačine. Pri radu sa otupljenim nožem je

$$Z = Z_0 + T = Z_0 + k \cdot k_{t/h} \cdot \mu \cdot \sigma_p \cdot F_2 \quad (7)$$

Pri rezanju sa površine određena rezna sila zavisi od ugla rezanja  $\delta$  susednog reza i prisika nasлага iznad reza.

Ukupna sila rezanja u pravcu rezanja je data sledećim odnosom



Sl. 5 — Zavisnost ugla rezanja od reznog otpora kod kačnog uglja.

Fig. 5 — Dependence of cutting angle upon the cutting resistance in case of hard coal.

$$Z_0 = Z_0 \cdot k \delta \cdot k_{t/h} \cdot k_{ot} + k \cdot k_0 \cdot \mu \cdot \sigma_p \cdot F_2 \quad (8)$$

gde je:

$k \delta$  — uticaj reznog ugla.

U dijagramu (sl. 5) date su srednje vrednosti otpora  $Z_0$  u zavisnosti od reznog ugla  $\delta$ . Iz toga je

$$k \delta = \frac{Z_0 \%}{100}$$

gde je:

$k_{t/h}$  — uticaj susednih rezova prema odnosu t/h

za  $t/h = 1$ ,  $k_{t/h} = 0,5 — 0,7$

za  $t/h = 3$ ,  $k_{t/h} = 0,6 — 0,8$

za  $t/h = 6$ ,  $k_{t/h} = 1$

t — razmak između rezova u cm

Kod rezanja sa ravne površine  $k_{t/h} = 1$

Kod rezanja sa slobodne površine  $k_{t/h} = 0,35$

Kod rezanja u blokovima  $k_{t/h} = 1,5$

$k_{ot}$  — izražava uticaj stenskog pritiska

$k_{ot}=0,25$  — 1 Na stubovima 0,25, a u dubini reza od 0,6 m,  $k_{ot}=1$

$m$  = moćnost sloja u m

$k_{ot} = 0,6$  — 1 iznosi pri istoj dubini kod delimično rasterećenog sloja.

Ukupno dejstvo na nož je:

$$W_c = \frac{v_r}{102} (Z_0 \cdot k\delta \cdot k_{t/h} \cdot k_{ot} + k \cdot k_o \cdot \mu \cdot \sigma_p \cdot F_2)$$

posle zamene vrednosti  $Z_0$

$$W_c = \frac{v_r}{102} \left\{ \left[ A \cdot h (1 - K) \frac{b}{b_0} + K \right] \cdot k\delta \cdot k_{t/h} \cdot k_{ot} + k \cdot k_o \cdot \mu \cdot \sigma_p \cdot F_2 \right\}$$

gde je:

$v_r$  — brzina rezanja u m/sek.

Neki autori izvode jednačinu sa količinom dobivenog uglja, pri čemu se u izrazima za silu i učinak pojavljuje kvadratna zavisnost. Sve te jednačine daju neodgovarajuće sile i učinke kod malih dubina reza. Linearne zavisnosti daju realnije vrednosti.

Radi ilustracije data je slika 6, koja prikazuje učinak noža širine  $b = 0$  i 0,8 cm,  $A = 100$  kp/cm i  $\sigma_p = 200$  i  $400$  kp/cm<sup>2</sup>, pri brzini rezanja  $v_r = 3$  m/sek.

U navedenom obrascu vidi se znatan uticaj istrošenosti na potrošnju energije po nožu pri rezanju ravne površine, kao i smanjena potreba energije kod oštrog noža ( $b = 0$ ).

Kao zaključak teoretskog dela možemo izvesti sledeće smernice za konstrukciju reznih organa:

— Izbor površine rezanja t/h treba da je takav, da potrošnja energije i granulacija budu najpovoljniji s obzirom na vrstu reznih organa. Obično se bira  $t/h = 1,5$  do  $3$  pa i više prema nožu i dubini zaseka. Potrebno je odabrati rezanje sa slobodnom površinom, to jest iskoristiti rezanje među susednim rezovima, jer se time znatno poboljšava granulacija i potrošnja energije.

— Najveća dubina rezanja treba da odgovara snazi motora i čvrstoći noža. Naročito treba uzeti u obzir silu koja deluje na nož.

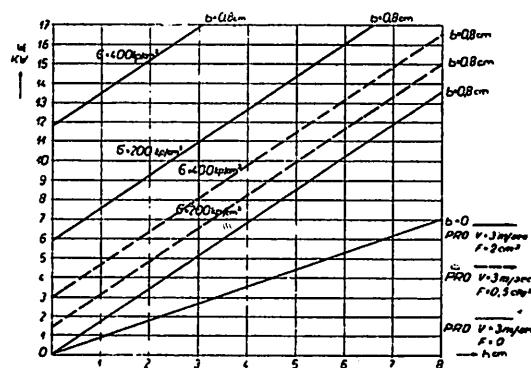
— Treba nastojati da se oštrica noža najmanje tupi, kako se ne bi nepotrebno pove-

ćala potrošnja energije i pogoršala granulacija. Naročito je to važno kod noža na skreperima i plugovima.

— U principu potrebno je preći na cilindrične zube, koji se pri okretanju sami oštire u krtom uglju. Takve noževe treba po mogućnosti upotrebljavati i kod plugova i skrepera, jer daju bolju granulaciju i manju potrošnju energije.

— Dubinu zaseka treba izabrati prema mogućnosti rezanja uglja, kao i moguću slobodnu površinu s obzirom na podgrađivanje.

— Rezni organi moraju omogućiti rezanje celine ugljenog sloja bez jačih dinamičkih potresa i na način da u zaseku ne bude manje od 3—4 noža, jer su u protivnom prenosni



Sl. 6 — Ukupni učinak jednog noža u kW.

Fig. 6 — Total output of a cutter in kW.

delovi znatno opterećeni. Ako ugaj ima tvrdih proslojaka, dolazi do opterećenja odozgo, što treba imati u vidu. Uspešne su konstrukcije reznih organa kod kojih se sile i momenti izjednačuju.

— Povoljni oblik noža i njihov razmestaj u reznim ravnima treba da odgovara svojim izborom najmanjem otporu stene protiv rezanja. Specifična potrošnja energije mora biti što manja. Rezni organi sa lancem nisu pogodni, jer im je skupni učinak mali. Uticaj jamskog pritiska, naročito kod pluga i skrepera, pomaže rezanje i smanjuje specifičnu potrošnju energije. Što je zasek manji, to je veći uticaj na rezanje. Postavljanje sečiva kod pluga i skrepera ( $15$ — $20^\circ$ ) olakšava rezanje u jednom pravcu. Rezni organi ne smeju se zaglavljivati sitnim ugljem i spuštanjem ugljenog sloja, kao što se dešava, na primer, kod reznih organa sa lancem.

— U cilju automatizacije potrebno je izabrat takve rezne organe i njihovu kombinaciju, koji omogućuju rezanje po celoj moćnosti sloja.

— Rezni organi moraju omogućiti kod dugih čela rezanje u oba pravca, a eventualno i poprečno, radi izrade komora.

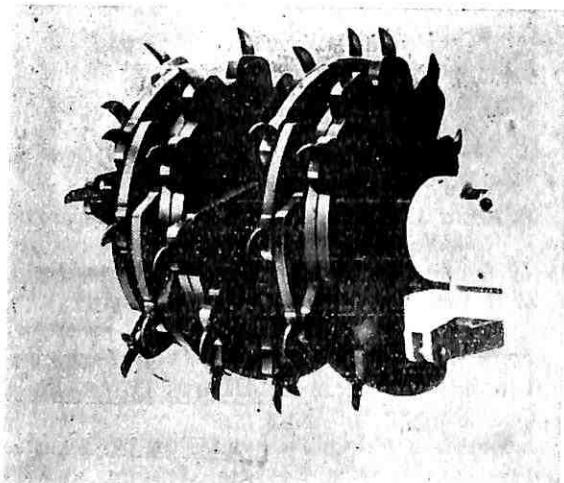
— Rezni organi moraju imati kontinuiranu regulaciju rezanja, što je važno s obzirom na automatsku regulaciju napredovanja kombajna.

— Rezni organi imaju uticaj na stvaranje prašine. S te strane su povoljne konstrukcije sa malom brzinom rezanja i odgovarajućim utovarnim uredajem, kao što je to, na primer, kod pluga. Rezni organi koji jako sitne ugalj i stvaraju prašinu nisu pogodni.

— Rezni organi moraju omogućiti rušenje i tvrdih proslojaka i uložaka u uglju, a vek trajanja istih mora biti što veći. Učvršćivanje noža mora biti takvo, da ne dode do suvišnih zastoja.

— Rezni organi moraju delimično ili potpuno vršiti i utovar, kao što je to kod pluga, skrepera i pužastih reznih organa.

— Rezni organi koji su spojeni sa kombajnom moraju dobro nalegati na podinu. Konstrukcija mora biti stabilna, a nepovoljne su mašine koje se kreću po podini, čije osobine i valovitost znatno utiču na hod rezognog organa. Kod takvih mašina potrebni su stabilizatori.



Sl. 7 — Segmentni rezni organ SV-2.

Fig. 7 — Segmental cutting organ SV-2.

### Razvoj reznih organa kod kombajna sa valjkom

Valjkasti rezni organ bio je poznat pre nekoliko desetina godina, ali do realizacije savršenijeg oblika tih reznih organa došlo je u Engleskoj 1953. godine kod kombajna tipa „Anderton“. Ovi rezni organi izvršili su potpun preokret u konstrukciji mašina za dobivanje, kao i u celom procesu dobivanja. Ovaj sistem zamenio je manje odgovarajuće konstrukcije lančanih kombajna, koji su imali široku primenu, ali su u pogonu i energetski bili nepodesni.

Kombajn sa valjkom (valjkasta zasekačica) omogućuje rad na otkopnom frontu bez stupaca, a samim tim i bolju organizaciju rada. On dobro savladaje manje tektonske poremećaje, jer je na transporteru i konfiguracija podine ne utiče na njegov rad. Radi kontinualno i postiže znatan učinak, omogućuje brzi napredak otkopnog fronta i bolje uslove za savladavanje pritiska povlate. Omogućuje dobivanje uglja u oba pravca, a konstrukcija kombajna sa valjcima podesna je i za izradu zaseka pri stropu. Ima sve uslove za primenu u kombinaciji sa samohodnom podgradom ili u agregatima sa daljinskim upravljanjem i omogućuje regulaciju gornjeg rezognog organa u zavisnosti od moćnosti sloja.

Kombajni sa valjkom se primenjuju i u uglju koji se teško reže, a njihov raspon je velik, tako da omogućuje upotrebu u slojevima od 0,6 do 3 m.

Glavni nedostatak valjkastih reznih organa je slabija granulacija. Komadi nisu ravnomerni, putanja je cikloidna. Znatniju zapršenost treba sprečavati pomoću vlaženja sloja ili obaranjem prašine mlazom vode. Danas se kopači snabdevaju respiratorima, koji su vrlo efikasni.

Nastojanje da se dobije bolji sortiman uglja pri upotrebi kombajna sa valjcima ne postoji samo u ČSSR, već i u drugim zemljama. Nepovoljna granulacija prouzrokuje potrešće u pralištima uglja i povećava proizvodne troškove.

Valjkasti rezni organi se neprestano usavršavaju. Prvo su imali oblik valjka, na čijem omotaču su bili usadeni ili privareni držaci noževa. Izrada istih je jednostavna, ali je rad sa njima nepodesan. Između plašta valjka i radnog čela javlja se znatno sekundarno drobljenje zaglavljenog uglja. Sa rez-

nim organom zajedno pomic se i raonik sa kosom plocom, koji zgrce ugalj i utovaruje ga na transporter.

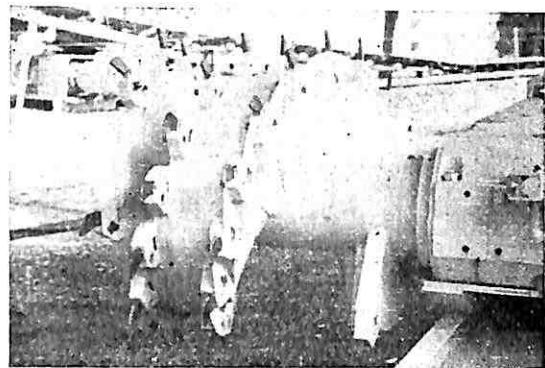
Zaostali ugalj sa podine raonik utovaruje pri povratku kombajna. Rezni organ imao je slab utovarni ucinak, a raonik iza kombajna povecavao je duzinu masine i otezavao manipulaciju sa masinom. U CSSR-u se posvecuje naročita pažnja reznim organima s obzirom na ucinak utovara reznih organa i granulaciju, to jest da se stvori veći slobodni prostor kod reznih organa zbog prolaza većih komada uglja. U prvim konstrukcijama rezni organi su bili iz segmenata i radeni u više varijanata. Osnovni segmentni organ se sastojao od segmenata sa uglom izmedu stranica od  $120^\circ$  (sl. 7). Segmenti su pričvršćeni na osovinu i rotiraju zajedno tako da njihova spoljna strana stvara desnu odnosno levu navojnu ravan. Ugao navojne ravni može se menjati međusobnim položajem segmenata. Širina zaseka menja se sa brojem segmenata. Prema stubu rezni organ se završava kružnom plocom sa zavarenim držaćima noža. Na svakom segmentu nalaze se dva noža.

Segmenti su privareni za osovinu i korak navojne ravni, kao i širina zahvata se ne može menjati. Na ovaj način konstrukcija je bila pojednostavljena.

Segmentni rezni organi su se dosta raširili, jer su imali svoj učinak na utovaru i prostor za prolaz uglja je bio povećan. Nedostatak im je u tome, što stepenaste radijalne površine drobe ugalj. To se popravilo na taj način, što su se stepenaste površine izravnale privarivanjem lima (sl. 8) — tip SV-3. Tako se rezni organ približio obliku pužastog reznog organa.

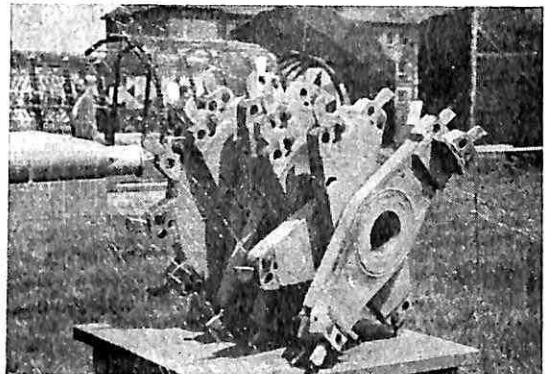
Konstrukcija ČSA (rudnik čehoslovačke armije) se sastoji od dvokrakih ili trokrakih (sl. 9) sekcija. Sekcije su na osovinu postavljene tako, da su od kružne ploče za rezanje sve neparne sekcije čvrsto spojene sa osovinom, a parne sekcije postavljene tako da se mogu zaokrenuti do  $60^\circ$ .

U zavisnosti od otpora, sekcije sa noževima se obrću tako da stvaraju levu ili desnu navojnicu. Trokrake sekcije su opremljene noževima, od kojih je jedan ravan, a ostali su nagnuti za  $8^\circ$  uлево и удесно. Kružna ploča ima devet noževa. Ovaj rezni organ ima taj nedostatak, što je konstrukcija komplikovanija i dolazi do sekundarnog sitnjenja uglja na rubovima krakova. Ovaj rezni organ se u



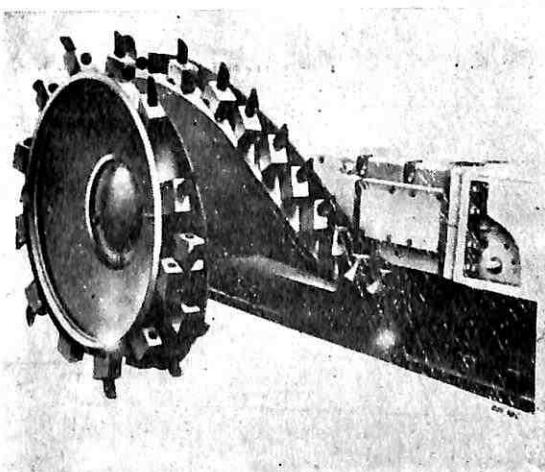
Sl. 8 — Segmentni rezni organ sa navojnom površinom tipa SV-3.

Fig. 8 — Segmental cutting organ with screw area.  
Type SV-3.



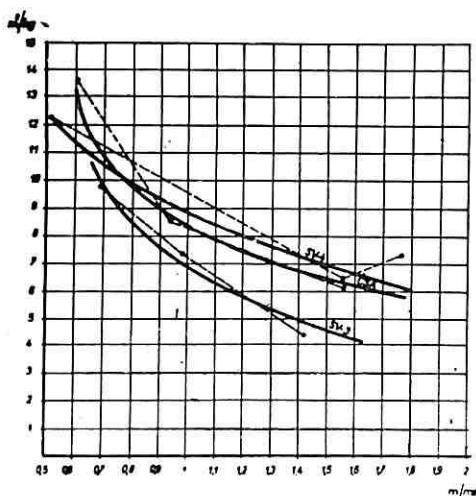
Sl. 9 — Konstrukcija reznog organa tipa ČSA.

Fig. 9 — Construction of cutting organ. Type CSA.



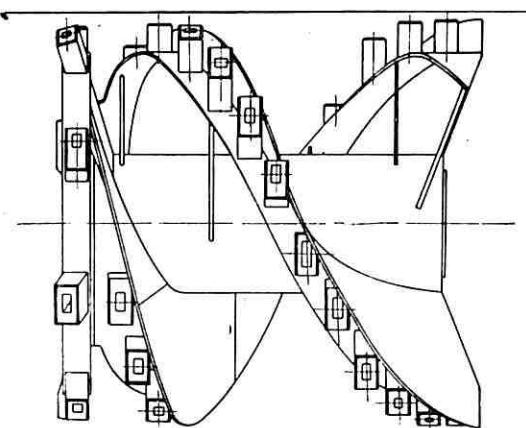
Sl. 10 — Rezni organ sa promenljivom visinom navojne površine SV-4.

Fig. 10 — Cutting organ with variable height of screw area  
SV-4.



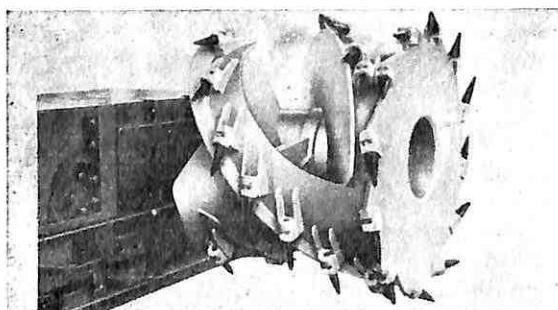
Sl. 11 — Zavisnost specifične površine od brzine kretanja kod SV-3, CSA i SV-4.

Fig. 11 — Dependence of specific area to the motion speed in case of SV-3, CSA and SV-4.



Sl. 12 — Pužasti rezni organ.

Fig. 12 — Snail shaped cutting organ.



Sl. 13 — Lopatasti rezni organ SV-5 sa zašiljenim noževima.

Fig. 13 — Bucket shaped cutting organ SV-5 with pointed cutters.

praksi nije mnogo primenjivao. Rezni organ tipa SV-4 sa promenljivom visinom navojnice ima dve spoljne ploče za iznošenje (sl. 10) Od čela reznog organa tj. od kružne rezne ploče je visina navojne ravni mala i u pravcu mašine se povećava. Tako se postiže bolji utovarni učinak i mogućnost da se ugalj odgovarajućom silom potiskuje prema transporteru. Prostor za iznošenje uglja je velik i ne postoji mogućnost zaglavljivanja reznog organa. Kružna rezna ploča ima 5 noževa koji su nagnuti za  $16^\circ$  kao i dva ravna noža.

Institut za rudarske mašine u Opavi vršio je ispitivanja svih pomenutih reznih organa tj. tip SV-3, CSA i SV-4 na čelu br. 3443 sloja 34 rudnika „1. maj“. Čvrstoća uglja kretala se između 150—170 kp/cm<sup>2</sup>. Najmanja potrošnja električne energije postignuta je kod reznih organa SV-3 i CSA. Daleko je veća potrošnja kod SV-4 i to kao posledica neravnomernog zaseka reznog organa, koji je nastao zbog velikih stepenica navojne ravni za iznošenje uglja u pravcu transportera. Merenjima je ustanovljeno da je iznošenje uglja ispod valjka u pogledu potrošnje energije povoljnije. Ušteda energije iznosi 5—15%.

Granulacija uglja bila je utvrđena iz uzorka, koji su bili uzeti neposredno iza reznih organa. Rezultati analiza prikazani su u grafikonu na sl. 11, kao zavisnost specifične površine dobivenog uglja od brzine kretanja mašine. Iz prikazanih dijagrama vidi se, da je rezni organ SV-3 najprikladniji, jer daje najpovoljniju granulaciju.

Pužasti organ prema sl. 12. odlikuje se glatkom navojnom površinom. Konstruisan je na osnovu iskustva sa organom SV-3. Glatka površina onemogućuje sekundarno drobljenje uglja do minimuma. Nedostatak pužastog organa je teža izrada.

Poslednji razvojni tip je lopatasti rezni organ SV-5 (sl. 13), koji je karakterističan po tome, što je navojna površina zamjenjena zašiljenim ravnim lopatama u obliku elipsi, koje sa osovinom reznog organa stvaraju stalni ugao.

Rezni organ ima ukupno tri lopate, koje su kod kombajna zaokrenute za  $90^\circ$  radijalno prema osovini organa. Lopate na taj način stvaraju prostor u obliku džepova, koji omogućuje bolje iznošenje uglja iz zaseka. Konstantnim nagibom lopate menja se ugao iz-

među radijalnog prema osovini organa i pravougaone projekcije na lopatu i to iz pozitivne vrednosti na negativnu. To prouzrokuje stvaranje centrifugalne sile, koja omogućuje iznošenje uglja. Lopate su zavarene za osovinu i na zadnjoj strani spojene valjkastim plastirom, na koji su privareni držači noževa. Na strani okrenutoj prema stubu stubu uglja je disk za rezanje sa koso postavljenim držaćima.

Prvi prototip bio je opremljen sa 45 radijalnih noževa, a drugi prototip je opremljen zašiljenim noževima. Pri tehničkim mernjima u pogonu se pokazalo da je ovaj rezni organ povoljniji s obzirom na specifičnu potrošnju energije (sl. 14). Isto tako i vučna sila bila je nešto niža u zavisnosti od brzine kretanja. Izgled zašiljenog noža je prikazan na sl. 15.

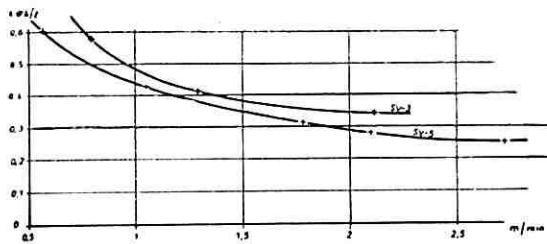
Rezni organ SV-5 ima bolju utovarnu sposobnost i to naročito kod veće brzine kretanja. Rezni organ SV-5 sa radijalnim noževima pokazao je manju sposobnost utovara nego sa zašiljenim noževima, jer su oni tako postavljeni da imaju dobru moć zgrtanja.

U povratnom hodu utovaruje se preostali ugalj, a ugalj koji još zaostaje utovaruje se ručnim putem i iznosi 3—5% od ukupno dobivenog uglja.

Ispitivan je i štit za zgrtanje. Bez štita za zgrtanje preostalo je kod organa SV-3 oko 10%, a kod SV-5 oko 5% od količine dobivenog uglja. Prema tome je jasno, da kod organa SV-5 nema praktične potrebe za primenu štita za zgrtanje.

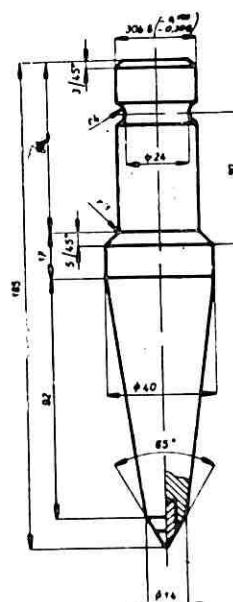
Pri laboratorijskim ispitivanjima na katedri za rudarske mašine pri Visokoj rudarskoj školi u Ostravi na modelima razmere 1 : 5 utvrđeno je, da je najbolji utovarni učinak imala navojna površina sa nagibom  $35^\circ$  prema osovini. Kod lopatastih organa ustavljen je kao najpovoljniji ugao između lopate i osovine ugao od  $45^\circ$ . Broj lopata ima uticaj na dubinu zaseka kod određene brzine kretanja i zavisi od veličine slobodnog prostora među lopatama.

U ostravsko-karvinskom reviru najrašireniji rezni organi su segmentni, pužasti, a u zadnje vreme se uvode u pogonima i lopatasti rezni organi. U razvoju reznih organa na kombajnima sa valjcima u ČSSR-u su prevazišli svetski nivo razvoja. U Engleskoj i Nemačkoj se uvode pužasti rezni organi, kao



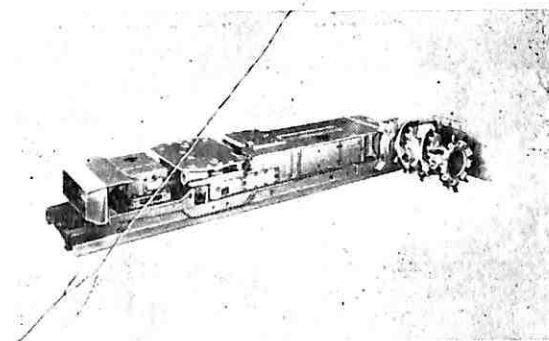
Sl. 14 — Specifična potrošnja energije kod SV-3 i SV-5.

Fig. 14 — Specific consumption of energy in case of SV-3 and SV-5.



Sl. 15 — Zašiljeni nož.

Fig. 15 — Pointed cutter.



Sl. 16 — Rezni organ firme Eickhoff kod kombajna EW 60-G.

Fig. 16 — Cutting organ of the Eickhoff manufacture in combine EW 60-G.

na primer tip EW 60-G firme Eickhoff sa pužastim reznim organom (sl. 16) ili tip EDW 200 sa dvovaljkastim pužastim reznim organom.

### Zaključak

U ČSSR-u se obraća naročita pažnja razvoju reznih organa domaće konstrukcije sa primenom na razne vrste kombajna i upo-

rednim ispitivanjima. Teži se za tim, da se uvede savremena mehanizacija za dobivanje na otkopima, a da se postojeći kombajni, plugovi i skreperi stalno usavršavaju na osnovu ispitivanja naših naučnih radnika, zavoda za ispitivanja i u pogonima. Pored toga, mora se u assortimanu uglja i kvalitetu istog postići najbolji rezultat. Ovim zahtevima treba podvrgnuti izbor reznih organa, širinu zaseka, kao i brzinu rezanja i kretanja mašine.

### SUMMARY

#### Cutting Machine Organs for Coal Winning

Prof. Dr Eng. L. Hajovsky\*)

In ČSSR special attention is paid to the development of various organs of Chek construction, with the application to various kinds of combines in comparative tests.

The aim is, to introduce up to date mechanization for coal winning at the face, to successively improve existing combines, ploughs and scrapers through the tests made by scientific workers, research institutes and at the plants. Beside that, the best results must be achieved in the classification and quality of coal.

For these demands selection should be applied to various organs, cutting width, as well as to the cutting speed and motion of the machine.

### Literatura

Beron A. J., 1962: Rezanie uglja. — Gosudarstvennoe naučno-tehničeskoe izdatelstvo literatury po gornomu delu, Moskva.

Hajovsky-Kankovsky, 1962: Dulni stroje dobyvaci a nakladaci. — SNTL, Praha.

\*) Dr ing. Ludvik Hajovsky, profesor Visoke rudarske škole u Ostravi, ČSSR.

# Oovo-cinkova ležišta Jugoslavije

(sa 12 slika)

Prof. dr ing. Slobodan Janković

Na terenima Jugoslavije nalaze se brojna ležišta, koja se odlikuju raznovrsnim mineralnim asocijacijama i odražavaju različite uslove stvaranja, a formirana su u više metalogenetskih epoha.

Ekonomski značaj jugoslovenskih ležišta je nesumnjivo velik. S obzirom na veoma povoljne geološke prilike, može se očekivati i bitno proširenje sirovinske baze olova i cinka u našoj zemlji, tim pre što su mnogi rudenosni rejoni nedovoljno istraženi (vlasinsko-skošogovski, Karavanke, severna Crna Gora, Kopaonik i dr.).

U ovom pregledu oovo-cinkovih ležišta Jugoslavije date su samo osnovne karakteristike tipova, metalogenetskih epoha i rudenosnih područja. I pored višegodišnjih izučavanja naših oovo-cinkovih ležišta i njihove metalogenije, ipak postoji još uvek niz otvorenih problema, vezanih sa zakonomernošću stvaranja i prostornog razmeštaja ležišta tih metala. S obzirom da je ovo prvo sintetizovano prikazivanje jugoslovenskih oovo-cinkovih rudišta i rudenosnih oblasti, može se očekivati da će sa daljim izučavanjem i prikupljanjem materijala doći i do izvesnih izmena u pojedinim stavovima iznetim u ovome radu.

## Tipovi ležišta

Jugoslovenska oovo-cinkova ležišta stvarana su u veoma raznovrsnim fizičko-hemijskim odnosno geochemijskim i geološkim uslovima. Otuda u oovo-cinkovim ležištima po-

stoji i velika raznovrsnost mineralnih parageneza, kao i karakteristične asocijacije elemenata.

Među ekonomski značajnim ležištima oovo-cinka mogu se izdvojiti nekoliko ležišta.

## Pneumatolitska ležišta

Stvaranje oovo-cinkovih ležišta u pneumatolitskom području je retko na terenima Jugoslavije. I ukoliko dođe do obrazovanja značajnijih koncentracija metala u pneumatolitskim uslovima, radi se, uglavnom, o mineralima cinka (uglavnom sfalerit), dok se galenit stvara kasnije, u okviru hidrotermalnog područja.

Pneumatolitskim ležištima pripadaju pojedine turmalinsko-kvarcne žice u kojima se mestimično zapaža sfalerit, kao i arsenopirit, pirit. Ležišta ovog tipa mogu se pribrojati pojedine pojave na Goliji.

## Skarnovska ležišta

Skarnovska ležišta su znatno češća od pneumatolitskih, ali su i u njima koncentracije oovo-cinkovih minerala uglavnom malih razmara.

U mnogim jugoslovenskim oovo-cinkovim ležištima, naročito metasomatskog tipa, postoje pojave skarnovskih minerala, ali je stvaranje Pb-Zn minerala nastalo kasnije, u hidroermalnoj fazi. Tipičnim skarnovskim ležištima smatramo ovde ona, koja su pre-

težno obrazovana na visokim temperaturama, uz obilje skarnovskih minerala. U tim ležištima i galeniti su stvarani na nešto višim temperaturama nego što su galeniti mezotermalnog područja; sfalerit u tim ležištima pretežno pripada prelaznim pneumatolitsko-hipotermalnim produktima.

Mineralni sastav je obično ujednačen. Pored sfalerita i galenita, koji je obično jako srebrnosan, javljaju se i magnetit, halkopirit, arsenopirit, pirotin, manje pirit, a mestimično i šelit, zlato, bizmut, sulfosoli; naročito široko rasprostranje pokazuje katkad pirotin. Od nerudnih minerala, pored kvarca, javljaju se skarnovski minerali (granati, epidot, vezuvijan, volastonit, katkad i aksinit). Skarnovski minerali su stvarani, uglavnom, pre rudnih minerala.

U ležišta toga tipa ubrajaju se Šatorica, Rudnik, Karavansalija i dr.

#### Hidrotermalna ležišta

Najvažnija jugoslovenska ležišta olovocinka obrazovana su u hidrotermalnom području. Stvaranje većine ležišta počinje u pneumatolitskom području, i nastavlja pri nižim, hidrotermalnim temperaturama, kada dolazi do obaranja osnovne mase olovocinkovih minerala iz rudonosnih rastvora. Otuda mnoga od naših ležišta pripadaju grupi prelaznih pneumatolitsko-hidrotermalnih ležišta. Sem njih, postoje i ležišta obrazovana na nižim temperaturama — mezotermalna i epitermalna ležišta.

Većina jugoslovenskih ležišta nastala je u manjim dubinama, koje odgovaraju dubokom subvulkanu odnosno visokom plutonu, a genetski vezana sa srednjokiselim magmatiskim stenama.

Među hidrotermalnim ležištima, prema načinu orudnjavanja, mogu se izdvojiti:

Žična ležišta su česta u terenima Jugoslavije. Nastala su putem zapunjavanja pukotina, pri čemu je deponovanje rudnih minerala iz rudonosnih rastvora bilo delom praćeno i potiskivanjem okolnih stena. Koncentracije olova i cinka su manje-više ravnomerno raspodeljene po žici; rudni stubovi se često odlikuju velikim razmerama.

Žična ležišta pokazuju često prelaze u sočivasta rudna tela. Mestimično su praćena i impregnacionim zonama; naročito visoke koncentracije rudnih minerala zapažaju se u

impregnacijama koje su stvorene među orudnjenim pukotinama.

U pojedinim ležištima su karakteristične i slojne žice, koje obično prelaze u jako izdužena sočiva.

Metasomatska ležišta su ekonomski najznačajnija jugoslovenska ležišta olovo-cinka, jer se u njima nalazi skoro najveći deo rudnih rezervi.

Prema sredini u kojoj su stvorena mogu se izdvojiti ležišta u:

— krečnjacima: rudna tela su pretežno nepravilnog oblika, izgrađena od kompaktne rude (samo se mestimično uz kompaktna rudna tela zapažaju i impregnacije). Razmere rudnih tela su izvanredno promenljive: od nekoliko hiljada tona do više stotina hiljada ili nekoliko miliona tona.

Tome tipu ležišta pripadaju Trepča, Novo Brdo, Belo Brdo, Mežica, Veliki Majdan, Kučajna i dr.;

— silikatnim stenama: rudna tela su nastala potiskivanjem silikatnih stena, pri čemu rudni minerali najčešće zamenjuju cement (ali i petrogene minerale). Ta ležišta su najčešće impregnacionog karaktera sa relativno niskim sadržajem olova i cinka u rudi.

Ležišta u zonama razlamanja čine obično prelaz između žičnih i impregnacionih-metasomatskih tvorevina u silikatnim stenama. Stvarana su često duž kontakta dveju litološki različitih sredina. U tako poremećenim delovima terena obrazuju se katkad kompaktna rudna tela — pretežno sočivastog oblika — praćena impregnacionim zonama, sa niskim sadržajem olova i cinka.

Tome tipu ležišta pripadaju Kižnica, Žuta Prlina na Kopaoniku i dr.

Mineralni sastav hidrotermalnih rudišta je raznovrstan, ali i ujednačen. Istina, postoje izrazita rudišta olova (Mežice) i skoro monometalna ležišta cinka sa neznatnim primsama olova (Brskovo), ali je većina naših rudišta izgrađena od olovocinkovih minerala; u pojedinim preovlađuje olovo (Zletovo), u drugim ležištima cink (Šuplja Stijena). Pored sfalerita i galenita kao osnovnih nosilaca cinka i olova, javlja se i niz drugih minerala: halkopirit, pirit, sulfosoli, ređe arsenopirit, pirotin, retko bizmutin i dr.; udeo srebra je veoma promenljiv, najčešće 50—100 g Ag/t, a zlata obično ispod 2 g/t (izuzetno u Lecu i nekoliko g/t). Većina sfalerita pokazuje povišeni sadržaj kadmijuma — 0,3—0,5%, katkad i do 1,5% Cd, tako da su sfaleritski kon-

centrati osnovni izvori dobijanja toga metala kod nas (grinokit se samostalno samo izuzetno javlja). Sadržaji In i Ga su promenljivi i, u okviru jednog te istog ležišta, pretežno niski: obično 20—50 ppm In i do 20 ppm Ga.

#### Vulkanogeno-sedimentna ležišta

Vulkanogeno-sedimentna ležišta su retka u Jugoslaviji. Odlikuju se pretežno slojevitim oblikom, sa izrazitom stratigrafsko-litološkom kontrolom lokalizacije. Ležišta su obično malih razmera; nastala su u redukcionim uslovima.

Mineralni sastav tih ležišta je veoma raznovrstan. Među rudnim mineralima široko rasprostranjenje ima pirit, koji se pretežno javlja u vidu gela, zatim sfalerit, ređe galenit; u pojedinim ležištima javlja se i halkopirit, arsenopirit i sulfosoli.

Tim ležištima pripadaju pojave u Borovici i piritski sklad u vareškom Fe-ležištu.

#### Ležišta raspadanja

Ležišta raspadanja se ređe javljaju u našim terenima. Nastala su intenzivnim preobražavanjem primarnog mineralnog sastava u uslovima oksidacione zone, tako da se primarni minerali zapažaju samo u vidu relikata ili su potpuno pretvoreni u sekundarne tvorevine. Naročito duboka preinačavanja doživljavaju ležišta koja se nalaze u krečnjacima.

U mineralnom sastavu preovlađuju karbonati olova i cinka — ceruzit i smititonit; u pojedinim ležištima široko rasprostranjenje ima limonit, nastao raspadanjem pirita.

Tome tipu ležišta pripadaju Tisovik, Olovovo, Zavlaka, kao i ležište Kozica kod Pljevalja.

#### Metalogenetske epohе

Jugoslovenska ležišta olova i cinka stvarana su u više mahova, u raznim metalogenetskim epohama; najvažnije koncentracije ovih metala obrazovane su u okviru alpske metalogenetske epohе. Olovo-cinkova ležišta nastala u pojedinim epohama pokazuju izvesne specifičnosti mineralnih asocijacija i genetsku povezanost sa određenim magmatiskim kompleksima.

#### Kaledonska epoha

Prema današnjem stepenu poznавања naših metalogenetskih provincija i područja ne može se ništa pouzdano reći o obrazovanju olovo-cinkovih ležišta u okviru predevonske, kaledonske epohе.

#### Hercinska epoha

Hercinska epoha je dala niz manjih ležišta olovo-cinka. Genetski, ona su vezana sa:

— granitima istočne Srbije: u domenu neresničkog masiva stvorene su manje koncentracije olovo-cinka (gallenit, sfalerit, sulfosoli) zajedno sa šelitom; ekonomski značaj tih pojava u pogledu olovo-cinka krajnje je mali;

— kvarcporfirima centralne Bosne: u bosanskim škriljastim planinama postoje raznovrsne mineralne asocijacije olovo-cinkovih i pratećih minerala: sfalerit, gallenit, volframit, pirotin, pirit, antimonit i dr. Genetski su ova ležišta povezana sa još neotkrivenim plutonom čiji je ekvivalent kvarcporfir.

#### Staroalpska epoha

U staroalpskoj metalogenetskoj epohi došlo je do stvaranja raznovrsnih mineralnih ležišta, genetski vezanih, uglavnom, sa trijaskim magmatizmom. U vreme staroalpske epohе, u domenu dinarske geosinklinale došlo je do veoma složenih magmato-tektonskih događaja, koji su u genetskoj vezi sa obrazovanjem ležišta olova i cinka. U okviru geosinklinale, pored epirogenetskih, zapažaju se i orogeni pokreti i dolazi do regionalnih razlamanja. Magmatizam je zastupljen porfiritima, kvarcporfiritima, keratofirima, kao i intruzivnim stenama (granodioriti) i piroklastitima.

Problem matičnih magmatskih kompleksa nije u svima metalogenetskim područjima potpuno rešen. U pojedinim delovima je nesumnjivo utvrđeno da su ležišta nastala u vezi s porfiritima, a u drugim sa granodioritima odnosno intruzivima, dok kod pojedinih ležišta ti se odnosi više naslućuju nego što se mogu pouzdano dokazati.

Prema uslovima stvaranja, mogu se izdvojiti hidrotermalna ležišta sa retkim mestimčnim pojavama skarnovskih minerala, zatim tipična mezothermalna sa prelazima u

epitermalna, i epitermalna ležišta. U većini hidrotermalnih ležišta se jasno ističu produkti hidroermalne alteracije okolnih stena (sericitisanje i silifikovanje, manje kaolinisanje). Pored ovih ležišta postoje i ležišta koja pokazuju odlike vulkanogeno-sedimentnih.

Mineralne parageneze u ležištima staroalpske epohe mogu se grupisati u:

- sfaleritsko-galenitsko-piritske,
- galenitske, praćene veoma niskim koncentracijama drugih rudnih minerala (uglavnom sfalerit),
- piritska ležišta u kojima se javljaju manje koncentracije sfalerita i neznatne primese galenita i halkopirita,
- pirotinska ležišta sa niskim koncentracijama sfalerita, halkopirita i nešto galenita,
- halkopiritska ležišta sa primesama sfalerita; ideo galenita je neznatan,
- karbonatna ležišta (ceruzit i dr.).

Prostorno, ležišta staroalpske epohe smeštena su u Sloveniji, severnoj Crnoj Gori, delom i u centralnoj Bosni i zapadnoj Srbiji.

#### Alpska epoha

Olovo-cinkova ležišta zauzimaju vodeće mesto u metalogeniji alpske epohe. U tom periodu obrazovana su najvažnija jugoslovenska ležišta ovih metala.

Ležišta se nalaze u genetskoj vezi sa srednjokiselom magmom, pri čemu su rudonosni rastvori pretežno vezani sa subsekventnim magmatizmom. Većina ležišta je nastala iz postandezitskih odnosno dacitskih izliva, a stvorena su u uslovima srednjih dubina. Padaju pretežno skarnovskim i hidroermalnim tipovima.

Galenit i sfalerit su osnovni rudni minerali. Od drugih treba pomenuti pirotin, pirit, sulfosoli, zatim karbonate mangana (katkad mešane i sa Fe-karbonatima), arsenopirit i dr.; u ležištima obrazovanim na povišenim temperaturama galeniti pokazuju visok sadržaj srebra; u pojedinim ležištima se zapaža i veoma visok sadržaj srebra na račun Ag-minerala. Sfaleriti se obično odlikuju visokim udelom kadmijuma. Mineralne parageneze pojedinih ležišta nastalih u alpskoj metalogenetskoj epohi prikazaćemo detaljnije kod svakog ležišta.

Za ležišta alpske epohe je od posebnog značaja strukturalna regionalna kontrola razmeštaja rudonosnih oblasti i rejona. Većina

ležišta vezana je sa oblastima u kojima se ističu razlamanja SSZ-JJI, a prostorno su smeštena u srpsko-makedonskoj provinciji. U pojedinim metalogenetskim oblastima veći značaj imaju i strukture opšteg pravca pružanja istok-zapad.

#### Metalogenetska područja

Olovo-cinkova ležišta su razmeštena skoro po celoj Jugoslaviji, u svih metalogenetskim provincijama (sl. 1). Razmotrićemo opšte odlike pojedinih ležišta i rudonosnih oblasti olovo-cinka u okviru pojedinih provincija.

##### A. Dinarska provincija

U okviru Dinarske provincije postoji više metalogenetskih područja koja se odlikuju određenim mineralnim asocijacijama i uslovima postanka. Među značajnijim područjima mogu se izdvojiti: alpska, bosanska i severne Crne Gore.

**Alpska oblast.** — U Alpima, kao i u terenima koji su neposredno do njih, nalazi se više olovo-cinkovih rudišta i pojava. Među njima su posebno značajni Mežica, a zatim Topla i Litija u savskim borama. Zajedničko im je da su nastala u staroalpskoj epohi, genetski vezana sa srednjokiselim magmatizmom.

Ležišta u alpskoj oblasti detaljnije su izučavali B. Berce, S. Grafenauer, J. Du h o v n i k , A. Zorc, N. Torkvist i dr.

**Mežica.** — Mežičko rudište olova sa nešto cinka je jedno od najvećih jugoslovenskih ležišta tih metala (uglavnom olova). Od 1665. godine do 1964. godine iz rudišta je izvađeno oko 9 miliona tona rude.

Mežičko ležište se nalazi u terenima Karavanki i pokazuje sličnosti sa ostalim ležištima u Alpima (Blajberg i Rebelj).

Rudonosna zona u području Mežica razvijena je na dužini preko 20 km, široka 3 do 6 km i sastoji se od trijaskih tvorevin (krečnaci i dolomiti sa prosojocima škriljaca). Mestimično je u tome području razvijen i ljas. Podlogu tim sedimentima čine paleozojski argilošti u kojima se mestimično javljaju dijabazi i tufovi.

U okolini Mežice od ostalih magmatskih stena veće razviće imaju trijaski porfiriti i porfiri; u nešto široj okolini rudišta nalaze se laramijski tonaliti i tercijarni (oligocensko-miocenski) daciti.

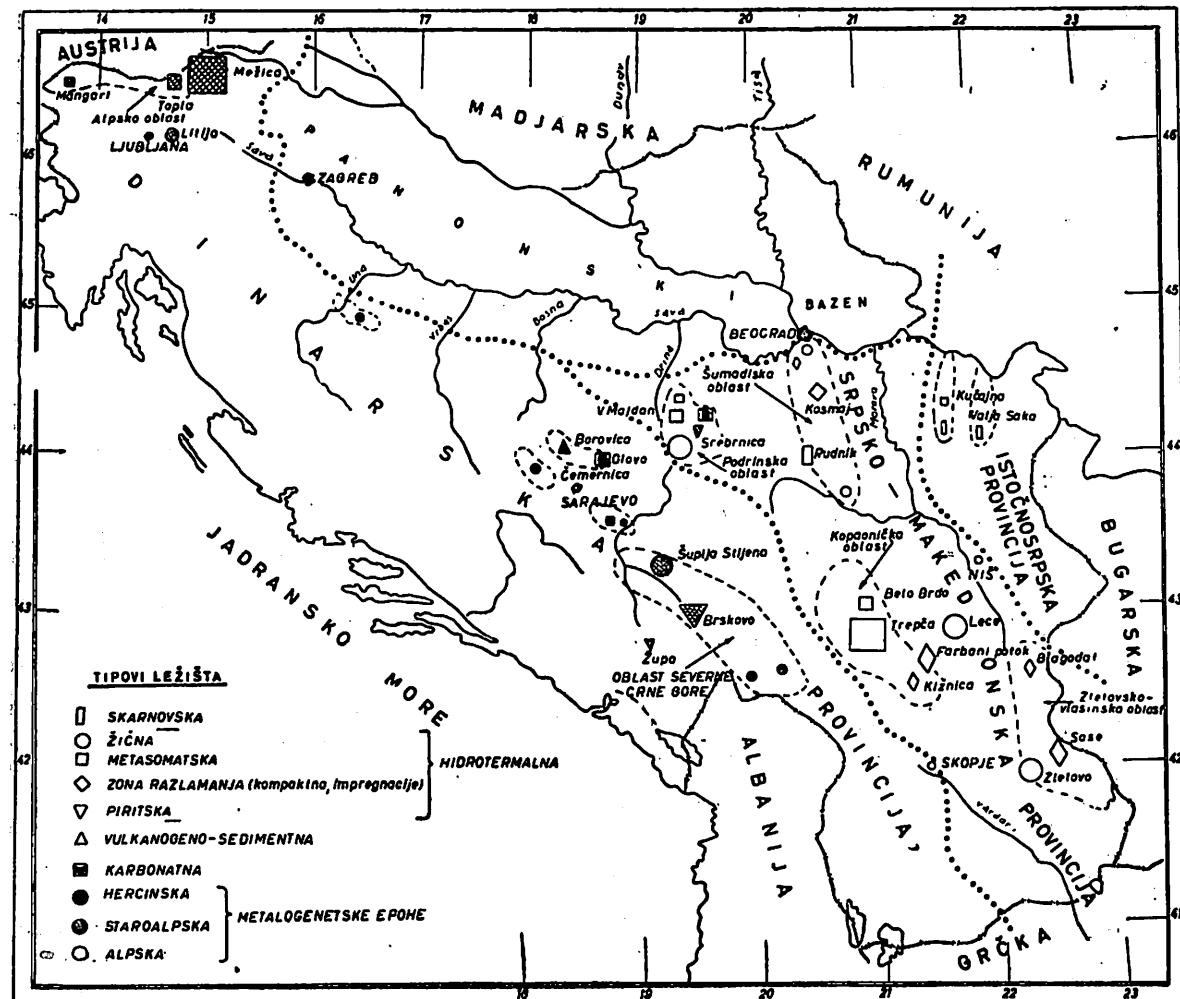
Rudna ležišta su prostorno vezana sa trijaskim stenama, pri čemu se promenljive koncentracije olova i cinka nalaze u skoro svim katovima i nivoima trijasa. Najveće koncentracije metala su u veterštajnskim krečnjacima.

U tektonskoj strukturi ističu se elementi pretežno starije alpske i mlađe dinarske tektonike, što se na terenu manifestuje brojnijim razlamanjima i rasednim zonama.

Rudna tela u mežičkom rudištu lokalizovana su pretežno u veterštajnskim krečnjacima ispod karditskih škriljaca, i prema današnjem stepenu istraženosti, razmeštena na površini od oko 12 km<sup>2</sup>. U mežičkom rudištu postoji nekoliko revira u kojima su grupisana rudna tela. Među njima

do desetak metara. Kod stvaranja rudnih tela procesi metasomatoze imali su vidnog udela. Sadržaj metala u tim rudnim telima je obično visok: 6—30% Pb i 4—20% Zn;

— rudna tela lokalizovana su u tektonskim pukotinama alpskog tipa, pretežno sa pružanjem sever-jug. Mada su po obliku slična prethodnim, ova se ležišta od njih razlikuju prema načinu stvaranja. Postala su, uglavnom, ispunjavanjem pukotina, dok su pojave metasomatoze veoma



Sl. 1 — Olovo-cinkova ležišta, metalogenetske oblasti i provincije u Jugoslaviji.

Abb. 1 — Blei-Zink-Erzlagerstätten, metallogenetische Gebiete und Provinzen in Jugoslawien.

se posebno ističu reviri Naversnik, Srednja zona, Moreing, Igerčeve, Unionska prelomnica, Fridrih.

Premda načinu obrazovanja i obliku rudnih tela u mežičkom rudištu se mogu izdvojiti nekoliko tipova (A. Zorc):

— rudno telo je obrazovano konkordantno sa slojevitom krečnjakom i ima oblik ploče ili pljosnate cevi. Moćnost takvih rudnih tela je veoma promenljiva, od nekoliko santimetara

ograničenih razmera. Oblik tih rudnih tela je relativno postojan; razmere takvih rudnih tela su promenljive: moćnost od nekoliko santimetara, a po padu do nekoliko desetina metara. Sadržaj olova i cinka se menja u širokim granicama, jer se, sem kompaktnih rudnih tela, u okviru tih mineralizovanih pukotina javljaju, i siromašne impregnacione zone. Kao pratilac galenita u tim pukotinama mestimično se nalazi i vulfenit, naročito u višim nivoima;

— rudna tela imaju oblik ispunjenih cevi veoma nepravilnog oblika i neravnomerno su razmeštena u rudištu. Ova rudna tela su nastala pretežno zapunjavanjem slobodnih prostora, bez šire pojave metasomatoze. Moćnost takvih cevastih rudnih tela kreće se između nekoliko santimetara i nekoliko metara, najviše 10 m;

— rudna tela nepravilnog oblika, u vidu čoka i sočiva, kod kojih je središnji deo izgrađen pretežno od galenita, dok prema obodu raste sadržaj cinka. Prelaz u okolne stene je postepen i manifestuje se siromašnim impregnacijama sfalerita sa nešto galenita. Kod stvaranja takvih rudnih tela osnovni značaj imali su procesi potiskivanja;

— rudna tela su nastala zapunjavanjem vertikalnih ili vrlo strmih pukotina (dinarskih elemenata pada) od kojih se obično odvajaju skladne rudne žice odnosno rudna tela. Visina tih rudnih žica je do 30 m, moćnost i do 5 m, a po pružanju 200—300 m.

Mineralni sastav mežičke rude je relativno jednostavan. Od minerala olova javljaju se galenit, kao primarni, a zatim ceruzit, anglezit; neznatne koncentracije obrazuje i vulfenit. Udeo sulfidnog olova u rudi dostiže 76%, dok karbonati i sulfati grade oko 23%. Među cinkovim mineralima sfalerit sačinjava oko 55% rudne supstance; smitsonit gradi oko 45% cinkove rude. Od ostalih minerala javljaju se arsenopirit, markasit, melnikovit, pirit, molibdenit, dekluazit, fluorit, barit, dolomit, kalcit.

Srednji sadržaj korisnih komponenti u rudi iznosi približno 3,5% Pb i oko 2% Zn.

Galenit i sfalerit mežičkog rudišta sadrže veoma malo primesa drugih komponenti. Spektrografska ispitivanja mežičkog sfalerita, koja je izvršio E. Šrol (E. Schroll), pokazala su da nema razlika između pojedinih sfalerita u zapadnoalpskim olovo-cinkovim ležištima; analiza sfaleritskog koncentrata pokazala je: 50% Zn, 5% Pb, 0,29% Cd, Mo u tragovima, 0,20% Fe, 0,075% Cu, 0,004% As, 0,039% Sb i 0,008% Ge (po A. Zorcu).

Za mežičko rudište je posebno interesantna pojava vulfenita; sadržaj molibdена u vulfenitovoј rudi je najčešće oko 0,15%; srednji sadržaj molibdена u rudi je oko 0,015%. Najveće koncentracije nalaze se u višim nivoima rudišta. U pogledu porekla molibdenovih minerala u rudištu, mišljenja su podeljena. Najverovatnije je da je molibden došao sa hidrotermalnim rastvorima u jednoj od kasnijih (?) faza obrazovanja rudišta. Pod uticajem vodoznih voda na galenit i molibdenit došlo je do oksidacije i obrazovanja vulfenita (S. G r a f e n a u e r). Vanadijum je došao vadoznim vodama i njegova jedinjenja lokalizovana su u oksidacionoj zoni (pojedini vulfeniti sadrže i do 0,8% vanadijuma).

Geneza mežičkog rudišta je veoma složena i ne može se smatrati potpuno rešenom. Po našem shvataju, stvaranje ležišta izvršeno je u srednjem trijasu, u vezi sa porfiritskim magmatizmom; nije isključeno da su rudonosni rastvori genetski vezani i sa nekim intruzivnim ekvivalentom porfiritskih stena. Kasnije u vremenu alpskog orogena u tercijaru moglo je doći

do izvesnih preobražavanja primarnog mineralnog sastava i položaja rudnih tela, u smislu regeneracije ležišta; ukoliko je čak i dolazilo do mobilizacije rudne supstance i njenog posttektonskog odlaganja dužina tako transportovane rudne supstance nije, najverovatnije, prelazila rastojanja od 100—200 m. Otuda postoji jedan jasno izraženi položaj orudnjenja u stratigrafском profilu mežičkog rudonosnog područja.

B o s a n s k a o b l a s t . — U centralnoj Bosni postoji više pojava olovo-cinkove mineralizacije, koje se delom nastavljaju iz područja severne Crne Gore.

Prema mineralnim asocijacijama i uslovima postanka, možemo izdvojiti ležišta koja su nastala u vezi sa paleozojskim, hercinskim kiselim magmatizmom i ležišta staroalpske epohe.

Olovo-cinkova ležišta genetski vezana sa hercinskim kiselim magmatizmom. — U terenu koji se pruža od Prače i Foče preko Jahorine i srednjobosanskih škriljastih planina do rejona Ljubije i Petrove Gore u Hrvatskoj, nalaze se brojne pojave olovo-cinkove mineralizacije, genetski vezane sa mladopaleozojskim magmatizmom.

U svima, danas poznatim i istraženim ležištima ove metalogenetske oblasti, olovo i cink ne obrazuju ekonomski značajnije koncentracije, već se pretežno javljaju kao pratioci drugih metala.

U okviru ove metalogenetske oblasti može se, uglavnom, izdvojiti nekoliko rejona, među kojima su posebno interesantni:

a) U severozapadnoj Bosni, u terenima Ljubije i sanskog paleozojika, postoji više pojava olovo-cinkove mineralizacije, zastupljene pretežno galenitom, Pb-Sb sulfosolima i sfaleritom. Okolne stene su, uglavnom, paleozojski škriljci i peščari, ređe krečnjaci.

Među ležištima u ovome rejonu mogu se izdvojiti sideritska i baritska ležišta sa promenljivim koncentracijama olovo-cinkovih minerala.

Metalogenija ovoga rejona je dosad bila malo proučavana, a postojeće olovo-cinkove rudne pojave nedovoljno istražene. Pojedine pojave olovo-cinkove mineralizacije u terenima severozapadne Bosne prikazao je M. R a m o v ić.

Olovo-cinkovi minerali imaju nešto šire rasprostranjenje jedino u sideritima ljubljanskog rudišta. Koncentracije tih minerala u sideritu ovoga rudišta su veoma niske (deseti delovi procenta). Galenit često pokazuje-

relativno visok sadržaj srebra (i do 200—300 g/t). Olovo-cinkovi minerali koji prate siderit u ovom rejonu su obično nastali u jednoj mlađoj fazi.

Baritske žice u škriljcima kod Blagaja (Stražbenica i druge) sadrže samo mestimično galenit i burnonit, a retko pirit, sfalerit i tetraedrit.

Ekonomski značaj ovih pojava je mali.

b) Srednjobosanske škriljaste planine čine područje u kome se nalaze mnoge pojave olovo-cinkovih minerala, koje, međutim, nemaju nigde neki veći ekonomski značaj. Sistemačka ispitivanja ovog metaiogenetskog područja koja je izvršio I. Jurković omogućuju da se stvori jedna dovoljno jasna slika o raspodeljenosti olovo-cinkovih minerala i njihovim paragenetskim odnosima sa mineralima drugih metala.

Minerali olova (gallenit i sulfosoli) i cinka (uglavnom sfalerit) nalaze se prvenstveno u kvarcnim, sideritskim i baritskim telima (žice, ređe metasomsatska ležišta), lokalizovani u škriljcima, kvarcporfirima i karbonatnim stenama.

Prema paragenezama u kojima se javljuju minerali olova i cinka, u Srednjobosanskim škriljastim planinama mogu se izdvojiti:

— pneumatolitsko-hidrotermalne pirotiniske kvarcne žice, koje, prema I. Jurkoviću, sadrže pored sfalerita i srebrnosnog galenita, kasiterit, molibdenit, arsenopirit, lelingit, tetraedrit, Bi-sulfosoli; olovo-cinkovi minerali pripadaju hidroermalnom području;

— zlatonosne kvarcne žice, u kojima je pirit vodeći metalični mineral, sadrže katkad i minerale cinka i olova (sfalerit i galenit). Pojave olovo-cinkovih minerala u tim žicama su isključivo mineraloškog značaja;

— tetraedritske žice sadrže mestimično i minerale olova, ređe cinka, pri čemu veće rasprostranjenje imaju sulfosoli;

— sfaleritsko-antimonitske parageneze nemaju široko rasprostranjenje, ali se karakterišu veomu složenim mineralnim sastavom. Pored sfalerita i antimonita, javljaju se Pb-Sb sulfosoli, galenit, volframit, pirit, arsenopirit, realgar; osnovni nerudni mineral je kvarc. Ovome tipu pripada ležište Čemernica;

— realgarsko-auripigmentske parageneze sadrže katkad i značajnije koncentracije sfalerita (ležišta u Hrmzi), zatim pirita i markasita, ređe antimonita, tetraedrita, halkopirita, enargita i drugih (I. Jurković).

c) U rejonu jugoistočne Bosne (Prača-Čajniče-Foča) postoji više desetina pojava olovo-cinkovih minerala. Iako je ovo područje u srednjem veku bilo značajan rudarski centar, novija istraživanja tih pojava bila su veoma skromnih razmara. Pregled rudnih pojava u ovim terenima dao je nedavno M. Ramović.

Olovo-cinkove parageneze u jugoistočnoj Bosni su slične sa napred prikazanim. Među njima se mogu izdvojiti:

— baritska metasomsatska tela i baritno-kvarcne žice u okolini Prače sadrže promenljive, ekonomski veoma malo značajne koncentracije olovo-cinkovih minerala (sfalerit, galenit, sulfosoli), koje obično prate pirit, tetraedrit, halkopirit (Šarulje, Glavica i druge pojave);

— sideritske i sideritsko-kvarcne žice imaju kompleksan mineralni sastav (sfalerit, galenit, tetraedrit, halkopirit i dr.). Ove pojave su ekonomski neinteresantne;

— metasomsatska olovo-cinkova orudnjenja u krečnjacima sadrže relativno najveće koncentracije olova i cinka u rejonu Prača-Foča (Marevo, Ranoprage, Jabuka). To su mala rudna tela lokalizovana u paleozojskim krečnjacima, izgrađena od sfalerita, galenita, retko arsenopirita, halkopirita; u većini ležišta sfalerit preovlađuje nad galenitom (sadržaj cinka od 5—17%, olova 2—5%). Nerudni minerali su karbonati, retko barit. U nekim od ležišta ovoga tipa javljaju se i minerali karakteristični za visoke temperature stvaranja (katatermalno područje);

— kvarcne galenitsko-sfaleritske slojne žice sa halkopiritem u škriljcima imaju veoma ograničeno rasprostranjenje i razmere (moćnost žice obično ne prelazi 20—30 cm).

Olovo-cinkova ležišta staroalpske epohe. — Trijaskim ležištima pripadaju olovo-cinkove parageneze lokalizovane, uglavnom, u rejonu Vareša i neznačnim delom u istočnoj Bosni.

*Rejon Vareša.* — U rejonu Vareša postoji nekoliko pojava olovo-cinkove mineralizacije, čija se geneza još uvek ne može smatrati potpuno rešenom. Prema A. Cisarcu i M. Ramoviću, ta ležišta pripadaju sedimentnim i vulkanogeno-sedimentnim tipovima.

Prema mineralnim paragenezama i načinu pojavljivanja, među ležištima vareškog rejona se mogu izdvojiti:

a) Melnikovitsko-piritska ležišta (tip Rupice kod Borovice). — Najzastupljenije minerale predstavljaju pirit, melnikovit-pirit, markasit, koji istovremeno pokazuju strukture, karaktere-

ristične za ležišta sumpornog ciklusa (tip Megen u Nemačkoj). To su, pre svega, ljuškaste strukture, sa koncentričnim smanjivanjem markasita i melnikovit-pirita, zatim „orudnjene bakterije“. Minerali koji se javljaju rasejano u pirotskoj osnovi rudnog ležišta su sfalerit, galenit, tetraedrit, halkopirit, a nerudni — kvarc, barit. Udeo olova i cinka je veoma mali; samo mestimično sadržaj ovih metala dostiže nekoliko procenata. Od nerudnih minerala kvarc ima veoma široko rasprostranjeње. Ležište u obliku sloja nalazi se između trijaskih dolomita i serije izgrađene od rožnaca, škriljaca i melafirske tufove. Moćnost rudnog tela dostiže katkad i nekoliko metara.

Tome tipu ležišta pripadao bi i pirotski sloj koji neposredno prati sideritsko-hematisku rudnu telu u Varešu (Droškova).

b) Baritska olovo-cinkova ležišta. — U istim geološkim uslovima kao i prethodna, nalaze se i baritska ležišta sa promenljivim koncentracijama olovo-cinkovih minerala. Konkordantno, između trijaskih dolomita i serije rožnaca i tufova leže baritska tela (tamni, sedimentni barit) u kojima se javljaju galenit, burnonit, sfalerit, halkopirit, tetraedrit, pirit, markasit (M. Ra m o v i Ć). Usled epimetamorfoze došlo je do brisanja primarnih struktura (ritmička izdvajanja, gelske strukture).

Sedimentno poreklo može se pripisati i olovo-cinkovim mineralima koji se javljaju u sideritskim ležištima (Smreka, Brezak, Veovača i druga ležišta u okolini Vareša). U sideritima se nalaze rasejano galenit, redje sfalerit, halkopirit, pirit, markasit, tetraedrit. Sadržaj olova u sideritima je najčešće 0,01 i 0,3%; samo mestimično sadržaj olova može da prede i 1%. Nešto povećane koncentracije sulfida zapažaju se obično u tesnoj vezi sa glinovitim partijama u kojima je zastupljenija organska supstanca.

Olovo-cinkovi minerali javljaju se ne samo u sideritima u rejonu Vareša, već i u sideritičnim krečnjacima, kao i u drugim karbonatnim stenama različitog sastava (krečnjaci, dolomični krečnjaci, peskoviti krečnjaci i dr.).

Posebno interesantu pojavu u pogledu postanka predstavlja ležište olova Maine kod Čevljjanovića, koje je nedavno opisao M. Ramović.

Pojave galenita i ceruzita nalaze se u zoni srednjotrijaskih zdrobljenih, brečastih krečnjaka kod kojih se kao vezivo javlja glinovita materija. U zoni tih krečnjaka koncentracije galenita i ceruzita javljaju se u vidu malih sočiva. Sadržaj olova u tim rudnim telima kreće se obično između 5 i 8%. Sadržaj srebra je veoma nizak — nekoliko grama po toni.

U ležištu se, sem galenita, javljaju još pirit, markasit, retko sfalerit.

Ležište Maine nije genetski još dovoljno pročeno, ali se može reći da je, najverovatnije, nastalo razaranjem nekog sedimentnog olovo-cinkovog rudišta (možda i sulfidnog ciklusa, s obzirom na retke tragove „orudnjениh bakterija“) i premeštanjem rudnog materijala u zonu brečastih krečnjaka. Intenzivni postrudni poremećaji izazvali su uklanjanje mnogih primarnih struktura, što u izvesnoj meri otežava razjašnjavanje uslova postanka.

Nizak stepen geološko-rudarske istraženosti olovo-cinkovih pojava u širem predelu Vareša ne dozvoljava da se o njihovoj genezi danas govoriti sa mnogo pouzdanosti. Tek posle kompleksnih izučavanja ovoga područja dobiće se najznačajniji elementi za stvaranje mnogo pouzdanijih zaključaka o uslovima i zakonomernosti razmeštaja koncentracija olova i cinka.

Oblast severne Crne Gore. — U terenima severne Crne Gore, kao i u neposrednim susednim rejonima, postoje mnoga ležišta olovo-cinka. Grupisana su u nekoliko rejona — od jugoslovensko-albanske granice u rejonu Andrijevice, preko Bjelasice i Maturga do Ljubišnje i dalje do Sutjeske; sa prekidima se ova metalogenetska oblast nastavlja u rejon Vareša u Bosni (sl. 1).

Olovo-cinkova ležišta u tome području odlikuju se relativno jednostavnim i postojanim mineralnim sastavom i raznovrsnim strukturama. U mnogim ležištima zapažaju se intenzivna naknadna preobražavanja primarnog mineralnog sastava i sklopa rude (Šuplja Stijena, Brskovo — S. J a n k o v i Ć). Za većinu ležišta je karakteristično široko rasprostranjeњe pirita, koji katkad gradi i sopstvena ležišta sa neznatnim udelom sfalerita ili bez drugih rudnih minerala.

Većina rudišta olova i cinka iz ovog metalogenetskog područja zahvaćena je intenzivnim postrudnim poremećajima, koji su često dovodili do razlamanja rudnih tela, njihovog uškriljavanja. To je naročito istaknuto kod rudnih tela u škriljcima ili na kontaktu stena različitih mehaničkih osobina. Ove složene strukture rudišta u velikoj meri otežavaju istraživanje (pojedina ležišta u rejonu Brskova).

Prema poreklu, olovo-cinkova ležišta se mogu podeliti u dve osnovne grupe: magmatogena (hidrotermalna) i egzogena.

Prema mineralnim paragenezama, načinu pojavljujući i drugim za proces stvaranja rudnih ležišta bitnim karakteristikama, olovo-cinkova ležišta i pojave u području severne Crne Gore i susednih oblasti koje sa njom čine jedinstvenu metalogenetsku oblast mogu se izdvojiti:

— pirotinske žice predstavljaju pretežno tvorevine visokih temperatura u hidrotermalnom području. Pirotin, vodeći metalični mineral, delom je prešao u pirit, sa mestimično zaostalim strukturama. Nekadašnja pirotinska izdvajanja u sfaleritu danas se sastoje od pirita (pirotski orijentisani nizovi u sfaleritu). Udeo sfalerita u ovim paragenezama

je promenljiv, katkad i ekonomski interesantan, dok se galenit javlja ređe. Od drugih minerala mestimično se nalazi *arsenopirit*, *halkopirit*. Od nerudnih minerala, *kvarc* je najrasprostranjeniji.

Okolne stene su porfiriti (tip Konjuha) ili slojne žice i sočiva u paleozojskim škriljcima (tip Šestarevac).

Prema sadašnjem stepenu istraženosti, ležišta ovoga tipa nisu ekonomski značajna (nizak sadržaj korisnih komponenti, u prvom redu cinka i bakra);

— pirlska ležišta sa promenljivim udeлом olovo-cinkovih minerala imaju široko rasprostranjenje:

Piritsko-sfaleritska ležišta (tip Žuta Prla kod Mojkovca) izgrađena su uglavnom od *pirita* (oko 50% rudne mase) i *sfalerita* (10—12% rudne mase). Udeo ostalih minerala je sasvim mali: *gallenita* (oko 1%), *halkopirita* (ispod 1%), zatim *pirotina*, *Sb-tetraedrit*, *Pb-Sb sulfosoli*, *arsenopirita*, *markasita*, *kovelina*. Sfalerit često sadrži halkopiritska izdvajanja, dok su izdvajanja sfalerita u halkopiritu ređa. Kvarc je najrasprostranjenija nerudna komponenta.

Piritsko-sfaleritska ležišta nalaze se u porfiritima, na njihovom kontaktu sa krečnjacima i škriljcima ili u paleozojskim škriljcima. Razmere ležišta ovoga tipa mogu biti i veoma značajne i ekonomski interesantne.

Piritskom tipu ležišta pripada ležište Žuta Prla odnosno Brskovo kod Mojkovca, kao i druge manje pojave u rejonu planine Bjelasice.

**B r s k o v o .** — Brskovsko područje izgrađeno je pretežno od paleozojskih tvorevina (škriljci, peščari, delom konglomerati) i trijaskih sedimenata (poglavito karbonatne, krečnjačke stene, delom laporovite stene sa rožnacima), dok jurški sedimenti nisu sigurnije utvrđeni.

U neposrednoj okolini Brskova nalaze se proizvodi paleozojskog i trijaskog magmatizma. Paleozojskom magmatizmu pripadaju porfiriti i njihovi tufovi koji se naizmenično preslojavaju sa peščarsko-škriljastim stenama. Trijaski magmatizam predstavljen je u osnovi kvarckeratofirima i njihovim piroklascitima; starost tih stena određena je kao srednjotrijaska. Ima izvesnih indicija da u rejonu Brskova postoje i odgovarajući dubinski ekvivalenti trijaskih porfirtskih stena sa kojima se u genetskoj vezi nalazi i stvaranje rudišta. I paleozojski i trijaski eruptivi su veoma duboko preinačeni, načinjani hidrotermalnim uticajima. Petrohemiskim ispitivanjem utvrđeno je da ne postoje razlike u karakteru paleozojskog i trijaskog magmatizma.

U brskovskom rudnom polju postoji nekoliko ležišta, obrazovanih pod sličnim uslovima. Način značajne koncentracije metala nalaze se u Žutim Prlama i Brskovu, ležištu koje je intenzivnije eksploatisano u srednjem veku.

Prema obliku, rudna tela pripadaju skladovima, slojnim žicama ili pokazuju nepravilne oblike, koji su katkad i posledica intenzivnih postrudnih uticaja. Okolne stene su najčešće eruptivi (porfiriti, ređe i keratofiri odnosno kvarckeratofiri) i njihovi piroklasciti, zatim krečnjaci i dolomitični krečnjaci, ređe i škriljci. Za brskovski rudni rejon je posebno karakteristična hidrotermalna alteracija okolnih stena: sericitisanje, silifikovanje, dolomitisanje, u manjoj meri kaolinisanje; sericitisanje obično pretodi stvaranju ležišta, dok je kaolinisanje, uglavnom, simultano sa deponovanjem rudnih minerala. Tvorevine alkalne metasomatoze su često veoma razvijene, tako da mogu da predstavljaju značajan prospeksijski kriterijum.

Mineralni sastav rudnih tela je relativno prost. Među rudnim mineralima preovlađuje *pirit*, a prate ga promenljive koncentracije *sfalerita* (do oko 12% mineralizovane mase), neznatne koncentracije *gallenita* (obično 1—2%), *halkopirita*, *tetraedrita*, *markasita*, *arsenopirita*, *bornita*; posebno je interesantna pojava *cinarbita*. Među nerudnim mineralima daleko preovlađuje *kvarc*, dok su *kalцитi* i *sericit* manje zastupljeni, a *barit* sasvim podređeno.

Među strukturama posebno se ističu gelske, kasnije skoro potpuno iskristalisane. U rudnim telima u tufovima prorastanja među rudnim mineralima su izvanredno fina, tako da se u procesu pripreme teže mogu postići potpunija otvaranja i iskorišćenja.

Piritske ležišta Brskova pripadaju u osnovi hidrotermalnim, genetski vezana sa trijaskim magmatizmom. Prema načinu obrazovanja, ta ležišta bi se mogla uvrstiti u grupu konvergentnih ležišta. Na osnovu sadržaja  $\text{FeS}$  u sfaleritu, kao i na osnovu struktura prorastanja sfalerit-halkopirit i sfalerit — pirotin, proizilazi da je brskovsko rudište stvarano u jednom relativno širokom temperaturnom intervalu, koji leži između  $300^{\circ}$  i oko  $150^{\circ}\text{C}$ ; donja granica temperature pri kojoj su deponovani rudni minerali ulazi u epitermalno područje u kome je obrazovan i *cinarbit*.

Prema uslovima stvaranja, brskovska ležišta su veoma slična piritskim ležištima Urala (Bljava i druga) i Kavkaza.

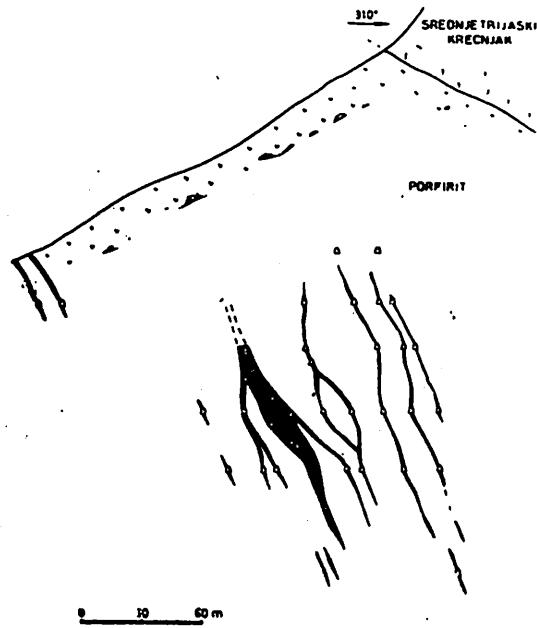
Piritske žice imaju veoma jednostavan mineralni sastav i sadrže mestimično i pojave olovo-cinkovih minerala (uglavnom sfalerit, galenit je veoma redak), zatim arsenopirit; nerudni minerali su predstavljeni uglavnom kvarcom. Okolne stene su obično paleozojski škriljci.

Pojave ovoga tipa su bez nekog ekonomskog značaja.

Piritske impregnacije u porfiritima imaju često široko rasprostranjenje i u njima se

javljaju pojave galenita i sfalerita (Uništa kod Šćepan Polja).

Galenitsko-sfaleritsko-piritske rudne žice u porfiritima (tip Šuplje Stijene) su ekonomski veoma značajne. Odlikuju se visokim sadržajem metala, pri čemu cink preovlađuje nad olovom (2:1). Sem osnovnih mineralnih komponenti — *pirita* (oko 30% rudne mase), *sfalerita* (15—20% rudne mase) i *gallenita* (5—7% rudne mase) u ovim paragenezama učeštavaju i *halkopirit*, retko *arsenopirit*, *tetraedrit*, *magnetit*, *hematit*, *pirotin*, *markasit*, *stanit*, *kubanit*. Izdvajanja halkopirita u sfaleritu se često javljaju; pojave sfaleritskih zvezdica u halkopiritu su ređe. Najveći deo minerala ove parageneze stvoren je u mezotermalnom domenu, dok počeci stvaranja ležišta padaju čak i u prelazna pneumatolitsko-hidrotermalna područja.



Sl. 2 — Profil kroz šupljostijensko rudište.  
Abb. 2 — Profil durch die Erzlagerstätte von Šuplje Stijena (Montenegro).

Orudnjene razlomne zone praćene su katkad i impregnacionim rudnim telima izgrađenim od istih minerala koji se javljaju u žicama (Šuplje Stijena). To je naročito slučaj kada se javi više međusobno paralelnih rudnih žica. Tako orudnjene zone imaju katkad veoma značajne bilansne rudne rezerve.

Slične parageneze postoje i u krečnjacima, samo se u njima povećava udeo galenita ili su u pitanju skarnovska ležišta (tip Sredenik).

*Šuplja Stijena.* — Ležište Šuplje Stijene nalazi se u blizini tromeđe Crne Gore, Bosne i Hercegovine, na planini Ljubišnji.

Rudnosni teren izgrađen je, uglavnom, od tvorevina paleozoika, trijasa, delom jure; tercijar ima veoma ograničeno rasprostranjenje.

Paleozoik je predstavljen kvarcnim peščarima i konglomeratom. Najveći deo terena sastoji se od trijasa koji je u području Šuplje Stijene razvijen u faciji laporaca, peščara, rožnaca, i u faciji krečnjaka. Među magmatskim stenama izdvajaju se porfiriti i kvarecporfiriti; zapadno od Šuplje Stijene (oko 7 km) ispod Čelebića otkriven je i dubinski ekvivalent tih stena, praćen čestim aplitskim žicama, sa pojavnama skarnova u kontaktnoj zoni. U rejonu Šćepan Polja porfiriti imaju nešto bazičniji karakter (dijabaz porfiriti). Tufovi imaju veoma malo rasprostranjenje (uglavnom u nešto široj okolini Šuplje Stijene).

Rudna tela se nalaze u porfiritima, delom u porfirima, u jednoj zoni koja ima opšti pravac pružanja severoistok-jugozapad, približno upravno na dinarski pravac pružanja. Moćnost zone u samoj Šupljoj Stijeni, koja je danas otkrivena rudarskim radovima, iznosi 100—200 m i u njoj je razvijeno nekoliko međusobno približno paralelnih rudnih žica. Glavna rudnosna zona duga je više stotina metara, a moćnost pojedinih rudnih žica od 0,1 m do 10 m, katkad i više. Po pružanju i padu rudne žice pokazuju račvanja (sl. 2). Postrudni pokreti su doveli do mestimičnog razlamanja rudnih žica, ali ta kretanja nisu bila značajnijih razmera.

Sem rudnih žica koje su danas u eksploataciji, u rejonu Šuplje Stijene postoji više rudnih pojava, koje se odlikuju posebnim mineralnim paragenezama i načinom postanka. Pored sfaleritsko-galenitsko-piritskih asocijacija lokalizovanih u žicama, postoje i skarnovske mineralne parageneze, razvijene pretežno u mermerisanim krečnjacima; skarnovski minerali nisu šire rasprostranjeni. U pojedinim delovima rudnosnog rejona postoje i piritske žice u kojima se samo mestimično zapažaju minerali olova i cinka. Na sl. 3 prikazana je karta rudnih ležišta i pojava u rejonu Šuplje Stijene.

Sem rudnih žica, u rejonu Šuplje Stijene postoji i štokverkno-impregnacioni tip orudnjenja, koji sadrži relativno visok procent olova i cinka. Rudna tela ovoga tipa su obično razvijena u međuprostoru rudnih žica.

Pojave orudnjenja u krečnjaku su, prema današnjem stepenu istraženosti, bez nekog posebnog značaja, mada nije isključeno da u dubljim delovima, bliže kontaktu sa granodioritskim intruzijama, dođe i u krečnjacima do obrazovanja većih rudnih tela.

Okolne stene su znatnim delom jasno hidrotermalno promenjene. Sericitisanje je najrasprostranjeniji preobražaj porfirita; silifikovanje je nešto manje zastupljeno, dok su kalcitisanje kao i glinske alteracije nešto manje razvijene.

Mineralni sastav rude je relativno jednosten: pirit, sfalerit, galenit, halkopirit, valerit, stanit, markasit, tetraedrit, siderit, Bi-mineral (bliže neodređen), veoma retko arsenopirit, pirotin, magnetit, hematit. Najveće rasprostra-

njenje imaju pirit, sfalerit i galenit; ostali imaju ekstenzitet ispod 2%, a intenzitet ispod 1%. Ruda obično sadrži oko 8% Zn, 4% Pb i 30% pirita. Zlato se retko javlja, i obično njegov sadržaj ne prelazi 1 g/t. Nerudni minerali su kvarc, kalcit, barit (retko); u blizini rudišta poznate su i pojave skarnovskih minerala (granat i dr.).

U tablici 1 prikazan je sadržaj mikroelemenata u sfaleritima Šuplje Stijene; podatak za gvožđe je samo orientacioni.

Sl. 3 — Rudna ležišta u rudnom polju Šuplje Stijene.  
 1 — Paleozojski škriljci i peščari; 2 — Srednjotrijasti krečnjak; 3 — Mermersani srednjotrijasti krečnjak; 4 — Skarne; 5 — Kvarcporfiriti; 6 — Porfiri; 7 — Grandioriti, kvarcdioriti; stene od (5) do (7) predaju staroalpskom, srednjotrijastom magmatizmu; a) Skarne sa sfaleritom i piritom, retke pojave galenita, b) Pritski skladovi i žice, c) Olovo-cinkova mineralna parageneza, tip Šuplja Stijena, d) Impregnacije pirita, sa nešto sfalerita, galenit redak, tip Ribnik, e) Isto što i (c) samo više pirotina, tip Đurđeve vode, f) Isto što i (c) samo više kalcita, g) Pojave mineralizacije u krečnjacima.

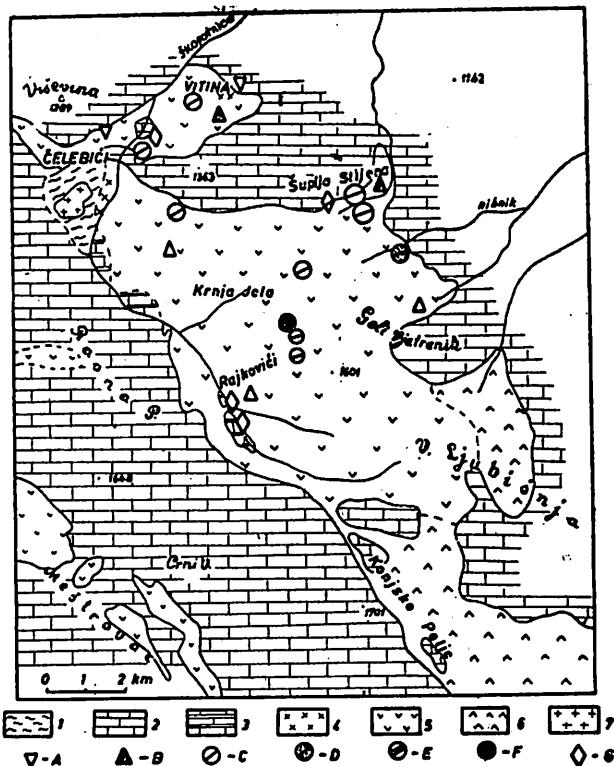
Abb. 3 — Erzlagerstätten im Vererzungsbiet von Šuplje Stijene.  
 1 — Paläozoische Schiefer und Sandsteine; 2 — mitteltriassische Kalke; 3 — marmorisierte mitteltriassische Kalk; 4 — Skarne; 5 — Quarzporphyrite; 6 — Porphyrite; 7 — Grandiorite, Quarzdiorite. (Die Gesteine von 5—7 gehören dem altalpinischen mitteltriassischen Magmatismus an.) a) Skarne mit Sphalerit und Pyrit, selten Galenit-Vorkommen, b) Pyritstöcke und -Gänge, c) Blei-Zink-Mineralparageneze, Typus Šuplja Stijena, d) Pyrit-Imprägnationen mit etwas Sphalerit, selten Galenit, Typus Ribnik, e) wie c), nur mit mehr Pyrrhotin, Typus Đurđeve vode, f) wie c), nur mit mehr Kalzit, g) Auftreten von Mineralisierungen in Kalken.

Pojave preinacavanja primarnog mineralnog sastava i struktura su karakteristične za rudište; pojave epitamofizma u velikoj meri brišu primarne strukture i međusobne odnose primarnih minerala.

Tablica 1  
Sadržaj mikroelemenata u sfaleritima Šuplje Stijene

Elementi	Granice sadržaja
Fe, %	0,15 — 10,0
Mn, %	0,1 — 1,0
Ag, ppm	30 — 300
Sb, ppm	do 100 izuzetno i do 500
Bi, ppm	30 — 300, izuzetno više
As, %	do 0,1
Cd, %	0,65 — 1,5
Sn, ppm	do 300, retko do 1.000
Ge, ppm	do 30
Ga, ppm	30 — 100
In, ppm	30 — 300
Mo, ppm (približno)	do 50

Na osnovu termometrijskih ispitivanja sistema ZnS-FeS, a koristeći Kulerudove dijagrame, utvrđeno je da je sfalerit Šuplje Stijene stvaran u intervalu 200—300°C, a sfalerit iz Đurđevih voda, nekoliko stotina metara od šupljostijenskih rudnih tela, na temperaturama od 300 do 450°C. Pojave temperaturne zonalnosti u domenu šupljostijenskog rudnog polja (kao i skarnovske parageneze stvorene bliže granodioritskim intruzijama Rijeke) ukazuju na jedan dublji nivo stvaranja ležišta.



Starost šupljostijenskog rudišta određena je kao srednjotrijaska (najviši horizonti); rudište je genetski vezano sa intruzivnim facijama.

Galenitsko-kalcitske žice izgrađene su od veoma malog broja minerala. Sem galenita u njima se samo mestimično zapaža i po koji kristal svetlog sfalerita (tip Goričke Strane kod Šuplje Stijene). Lokalizovane su pretežno u krečnjacima duž sitnih prslina. Predaju tipičnim epitermalnim produktima.

Halkopiritske žice sadrže podređeno galenit i sfalerit (tip: Boan kod Šavnika). Ove parageneze koje su donekle slične sa šupljostijenskim veoma su malo detaljnije proučavane.

Baritsko olovo-cinkove parageneze (mezo- i epitermalne) sadrže pored barita kao os-

novnog minerala u ležištu i pojave olovo-cinkovih minerala (tip Potkovač). U baritskom telu sreću se, istina krajnje retko, galenit, sfalerit, Pb-Sb sulfosoli, pirit sa gelskim strukturama, antimonit, cinabarit. Ležište se nalazi u trijaskim krečnjacima.

Baritsko olovo-cinkovim paragenezama, u kojima minerali olova i cinka (galenit, sfalerit) imaju znatno više učešća, a stvarani su na nešto višim temperaturama nego napred pomenuti tip ležišta (u sfaleritu se često zapažaju halkopiritska izdvajanja), pripadale bi verovatno, i pojave u Bokovačkim Mlinima kod Borovice (M. Ramović). Rudni minerali zajedno sa baritom javljaju se kao cement jedne brečaste zone u verfenskim peščarima.

#### B. Srpsko-makedonska provincija

Osnovne rezerve olovo-cinkovih ruda nalaze se u ležištima koja su lokalizovana u domenu Srpsko-makedonske provincije.

Prema vremenu stvaranja, možemo izdvojiti ležišta koja su nastala u staroalpskoj epohi i ležišta alpske metalogenetske epohе. Ekonomski su značajna, uglavnom, samo ova poslednja.

Staroalpska epoha. — Olovo-cinkova ležišta nastala u staroalpskoj epohi poznata su, uglavnom, u rejonu zapadne Srbije. To su piritska ležišta u kojima se javljaju značajnije koncentracije sfalerita sa nešto galenita i halkopirita; među neruđnim mineralima je čest barit (tip Bobija). Pojedina ležišta staroalpske epohе, genetski vezana sa porfiritima, pretrpela su kasnije intenzivna preobražavanja u oksidacionoj zoni, tako da se primarni minerali zapažaju samo kao relikti. Tom tipu ležišta pripadaju ceruzitska ležišta Tisovika, Jagodnje, i smitsionitska ležišta Zavlake. Među ovim ležištima je nešto značajnije ležište Tisovika.

Tisovik. — Ceruzitsko ležište Tisovik se nalazi u jednoj rudnosnoj zoni dugo preko 30 km u kojoj je poznato više rudnih ležišta.

Rudnosni tereni, neposredno kraj rudišta, izgrađeni su od trijaskih tvorevina: verfenskih krečnjaka, srednjotrijaskih krečnjaka i porfirita. U srednjotrijaskim krečnjacima postoji zona breča, pravca ISI-ZJZ, u kojoj se nalaze izolovana gnezda, ređe žice cerusita. Ruda se sastoji od belog, crnog i crvenog cerusita. Glavni deo rudne mase izgrađen je od belih cerusita koji oblažu crne ili su ih potpuno zamenili. Crni cerusiti vezani su, uglavnom, za dublje delove ležišta. U obe vrste nalaze se ostaci galenita, naročito u crnom cerusitu. Crveni cerusiti

su bogati limonitom, getitom i piritom; katkad se u njima nalaze fragmenti krečnjaka i imaju brečast izgled. U crvenom cerusitu nije zapažen galenit.

Cerusit je postao oksidacijom galenita pod dejstvom vodoznih voda koje su cirkulisale kroz brečaste zone i uopšte kroz celu masu krečnjaka. Zbog polomljenoosti i skaršenosti krečnjaka, površinske vode prodirale su duboko, do porfirtske podloge, pri čemu se je izvršila potpuna oksidacija primarnih galenitskih ruda. Ove procese olakšali su, jednim delom, i postrudni tektonski pokreti, pri čemu je, izgleda, došlo i do reaktiviranja starih raseda.

#### Alpska metalogenetska epoha.

— U okviru Srpsko-makedonske provincije dolazi u alpskoj epohi do obrazovanja najznačajnijih jugoslovenskih ležišta olovo-cinka.

Za stvaranje ležišta i njihovu lokalizaciju u terenu su od posebnog značaja, pored strukturnih kriterijuma, magmatski produkti jedne srednjokisele, granodioritske magme. U okviru alpskog magmatizma mogu se izdvojiti, uglavnom, tri glavne faze, koje se međusobno razlikuju po vremenu, delom po petrološkom karakteru i uslovima stvaranja: plutonska faza, zatim intruzivno-izlivna, pretežno subvulkanska, i na kraju ponovne intruzije, sa kojima je pretežno i vezano stvaranje rudišta; pojedini autori kao poslednju fazu magmatske aktivnosti smatraju bazičnije predstavnike, pretežno izlivnog karaktera koji bi trebalo da, shodno Štileovoj magnato-tektonskoj šemi, odgovaraju finalnom magmatizmu.

Počeci alpskog magmatizma u Srpsko-makedonskoj metalogenetskoj provinciji nalaze se u paleogenu; magmatska aktivnost traje skoro kroz ceo tercijar i završava se u pliocenu, pri čemu do paroksizma dolazi u miocenu.

U petrografskom sastavu plutoni pokazuju izvesnu postojanost — od granita (Lojane), monconitskih granita (Kosmaj, Golija), do granodiorita, pri čemu postoje i postupni prelazi. Najveće rasprostranjenje imaju granodioritske stene; predstavnici krajnje kiselih diferencijata izostaju. Žična svita ovih plutona, očvrslih u relativno maloj dubini (visoki plutoni), je relativno veoma rasprostranjena (aplići, granodiorit-porfiri, granodiorit-porfiriti, minete, mikrokvarcioriti i dr.)

Eruptivne stene predstavljene su raznim tipovima dacito-andezitskih stena, pri čemu mnogo šire rasprostranjenje imaju dacitske stene. Stvarane su u više faza. Javlju se često u vidu veoma prostranih masiva, ali i u

vidu veoma tankih žica (moćnih katkad i svega 1 — 2 m). Dacitske žice se naročito često javljaju u blizini plutona, probijajući ga mestimično — Golija, Surdulica.

Dacitsko-andezitske stene nastale u post-plutonskom vulkanizmu, pretežno su očvrščavale u dubljim nivoima, najčešće nedaleko od plutona, u neposrednoj blizini njegove žične svite (oblast Golije, Rudnika u Šumadiji, Boranje u zapadnoj Srbiji). U pojedinim masivima, kao što to je S. Karađamata navodi za područje Boranje, Kopaonika i Andrijevice, pri određenim uslovima (brzina hlađenja, veličina mase i dr.), postoje prelazi između zrnastih i efuzivnih stena. Pri tome su obodni delovi masiva, koji su dosad tretirani kao vulkaniti, izgrađeni od porfirskih predstavnika, a središnji — od zrnastih stena. Sa druge strane, često su na kontaktu ili u blizini kontakta dacitsko-andezitskih stena i krečnjaka stvarane i znatnije mase skarnova (granatski, piroksenski, epidotski i dr.). Sve to ukazuje na jedan dublji nivo intruidiranja pojedinih dacitsko-andezitskih masa, na prelaz ka visokoplutonskim predstavnicima.

Finalni vulkanizam zastupljen je bazičnjim andezitskim stenama (uglavnom andezit-bazaltima po M. Iliću). Te stene često probijaju starije dacitsko-andezitske stene. U pogledu orudnjenja stene finalnog vulkanizma smatraju se sterilnim.

U okviru Srpsko-makedonske provincije postoji više rudnosnih oblasti od kojih ćemo izneti najznačajnije.

**S umadijska oblast**. — U terenu od Beograda preko planine Rudnik do Kraljeva i Zapadne Morave postoji veći broj pojавa i orudnjenja olova i cinka (sl. 4). U okviru šumadijske metalogenetske oblasti izdvaja se nekoliko rudnosnih rejona: avalsko-kosmajski, rudnički, bučuljski i kotlenički; u pogledu olovo-cinkovih ležišta su najvažnija prva dva rejona.

Rudna ležišta su poglavito visokoplutonska, genetski vezana sa alpskim granodioritskim magmatizmom. Strukturna kontrola lokalizacije rudnih ležišta i rudnih polja je izrazita, naročito u domenu Avale. Za razmeštaj rudnih ležišta su posebno značajne poprečne dislokacije (pretežno istok-zapad), nastale u najmladim fazama strukturnog uobičavanja šumadijske metalogenetske oblasti.

Među ekonomski značajnijim ležištima ove oblasti javljaju se:

**C r v e n i B r e g** na Avali je žično ležište, lokalizovano u pukotinama u donjokrednim peščarima i krečnjacima, a genetski vezano sa avalskim granodioritskim plutonom. Ležište je stvaramo, u pneumatolitskom i hidrotermalnom području. Mineralna parageneza: granat, turmalin, aksinit, flogopit, kasiterit, šelit, pirotin, halkopirotin, halkopirit sa izdvajanjima sfalerita i sfalerit sa izdvajanjima halkopirita (pneumatolitsko-katatermalna faza); zatim kvarc, pirotin, halkopirit, sfalerit, stanic, galenit, arsenopirit, tetraedrit i falkmanit (kata- i mezo-faza) i na kraju lelingit, sfalerit, galenit, bulanžerit (A. Cisarc).

Dosada poznata rudna tela su uglavnom iscrpljena.

**K o s m a j B a b e**. — U selu Babama, na Kosmaju, nalazi se poznato ležište iz koga je dosada, uglavnom u srednjem veku, otkopano oko milion tona rude.

Orudnjenje se nalazi u laporcima i krečnjačkim laporcima gornjokrednog fliša. Koncentracije rudnih minerala vezane su sa pršlinama i pukotinama, nastalim pretežno duž ravni slojevitosti; rudne žice najčešće obrazuju spletovce. Moćnost rudnih žica je obično 0,1 do 1,0 m, samo izuzetno i do nekoliko metara.

Primarni mineralni sastav: galenit je osnovni rudni mineral, a prate ga promenljive, ali uglavnom manje koncentracije sfalerita, zatim pirotin, arsenopirit, pirit, halkopirit, tetraedrit, valerit, burnonit, mărkasit, bornit, halkozin; od nerudnih minerala su poznati siderit, kalcit, kaledon.

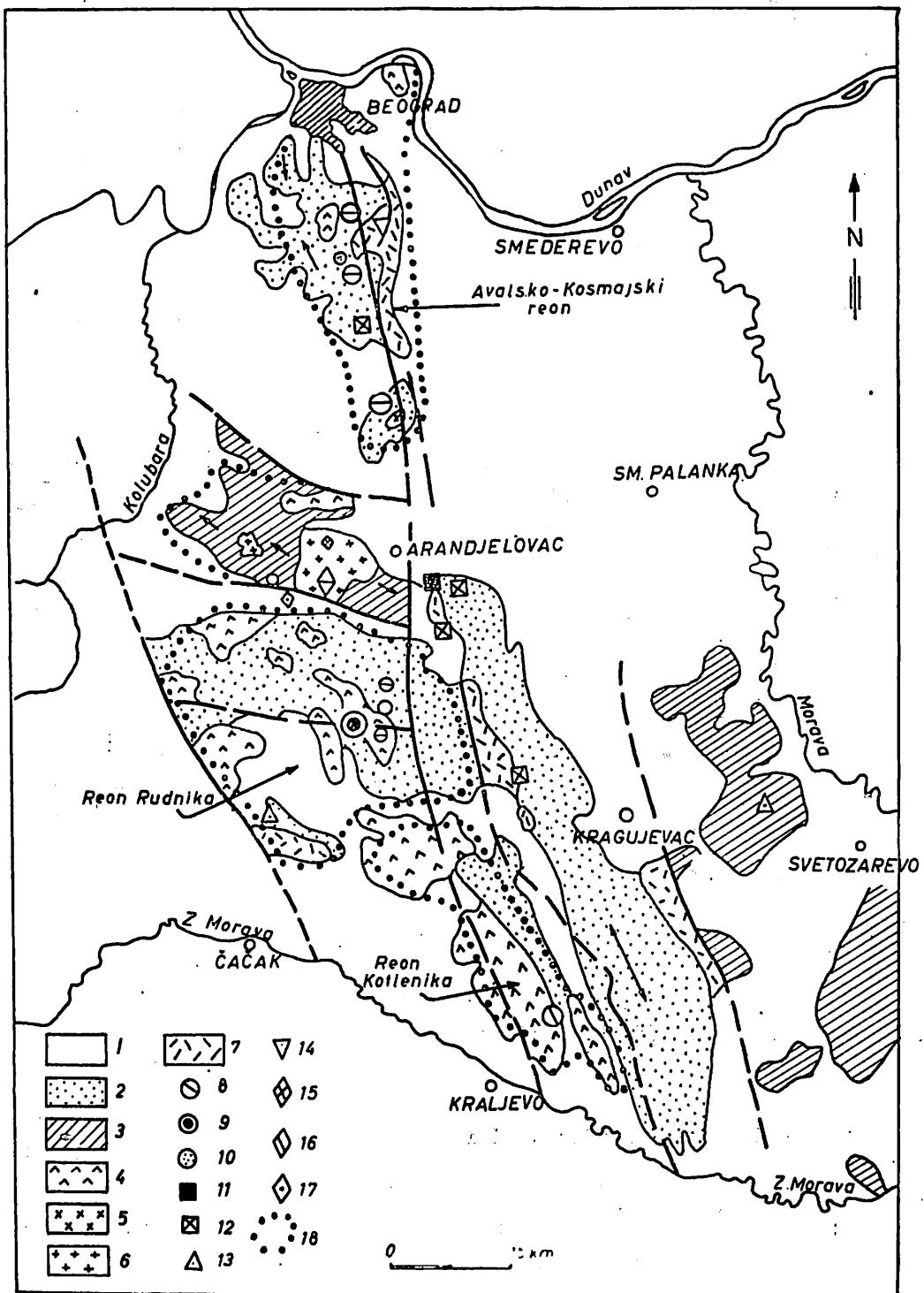
Rudište je veoma intenzivno oksidisano, čak i do dubina ispod 250 m od današnje površine terena. Otuda su primarni minerali retko očuvani, već se rudna tela sastoje u osnovi od limonita, ceruzita, uz neznatno učešće smitsonita, anglezita, piromorfta, mimetezita (S. Rakić).

Sadržaj olova je obično 0,3 do 10%, cinka do oko 0,3%.

Prema mineralnom sastavu i pojedinim strukturama prorastanja rudnih minerala (sfaleritske „zvezdice” u halkopiritu) moglo bi se zaključiti da je ležište stvarano u širokom temperaturnom intervalu, koji počinje u najvišim nivoima hidrotermalnog područja. Genetski, ležište je vezano sa kosmajskim granodioritima.

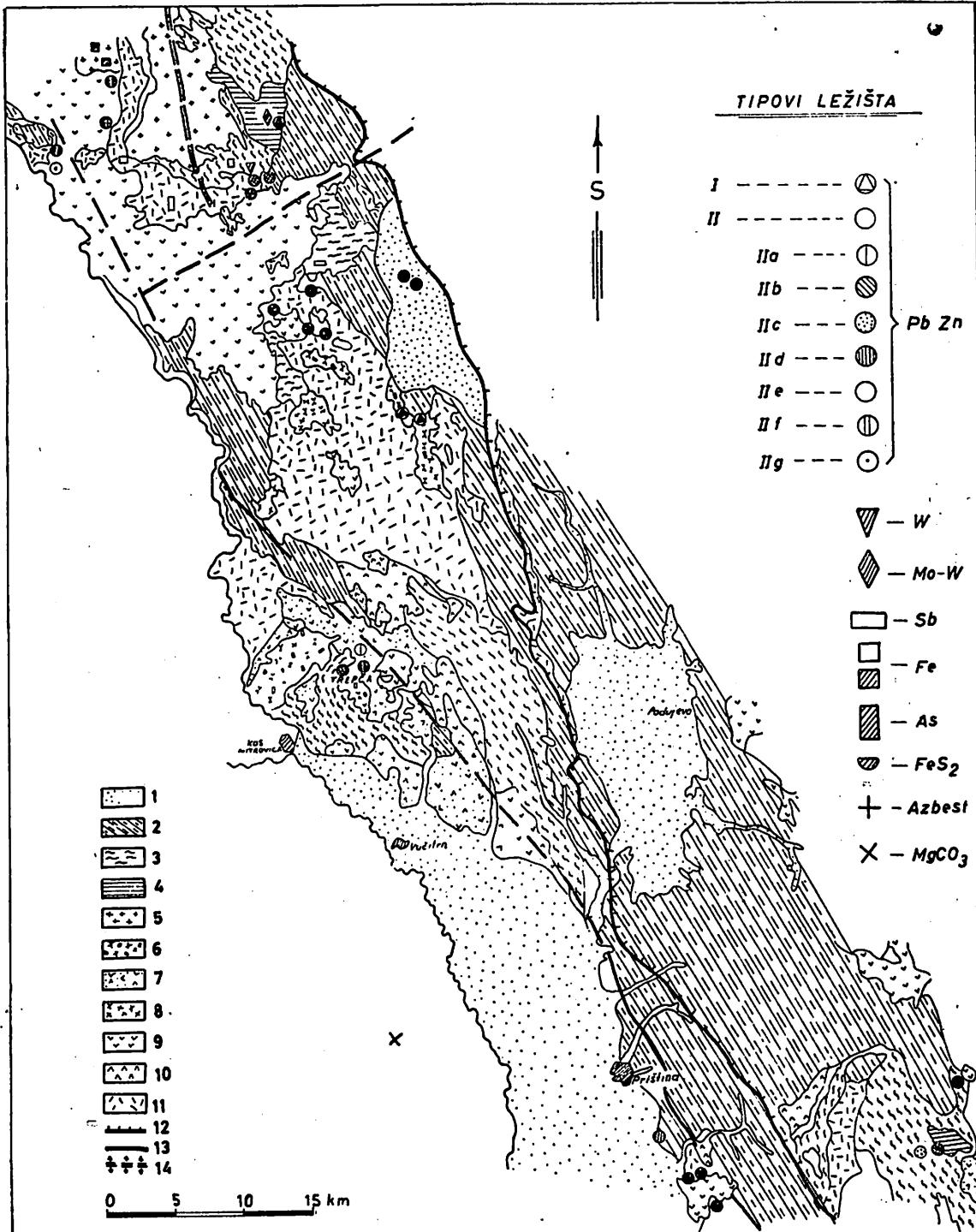
**R u d n i k**. — Severno od Gornjeg Milanovca je ležište Rudnik, iz koga je dosada otkopano preko milion tona rude. Pored olova i cinka, rudničko ležište sadrži i povisene koncentracije bizmuta i srebra (gallenitski koncentrati sadrže obično 0,25 — 0,33% Ag i 0,6 — 0,7% Bi).

Neposredna okolina rudničkog ležišta izgrađena je, uglavnom, od donjokrednih peščara u kojima se javljaju i laporovite partie, zatim mestimično i tanje interkalacije krečnjaka i konglomerata. U ovu seriju utisnule su se u tercijaru dacitsko-andezitske mase, kao i apofize granodiorita (u samom rudištu je otkrivena žica granodiorit-porfirita). Pri utiskivanju granodioritske magme došlo je u području rudišta do stvaranja veoma prostranih masa skarnova (piroksenski, piroksensko-granatski i granatski skarnovi, manje epidotski skarnovi). U takvoj



Sl. 4 — Rudna ležišta i rudnošni rejoni šumadijske metalogenetske oblasti.  
 1 — Tertijski sedimenti; 2 — mezozojski, pretežno kredni sedimenti; 3 — paleozojski sedimenti; 4 — dacito-andeziti; 5 — granodioriti; stene (4) i (5) pripadaju alpskom magmatizmu; 6 — hercinski graniti; 7 — ultrabasicne i bazične stene; 8 — žična, hidrotermalna Pb-Zn ležišta; 9 — prelazna olovo-cinkova pneumatolitsko-hidrotermalna ležišta (obilne učešće skarnova), tip Rudnik; 10 — impregnaciona Pb-Zn ležišta; 11 — magnatska ležišta magnetita preraćena neznatnim primesama sulfida Ni i Cu, tip Lipovac; 12 — ležišta raspadanja gvožđa, goltske rude; 13 — antimonitska ležišta; 14 — cinabaritska ležišta; 15 — uranska mineralizacija u pegmatitu; 16 — žična hidrotermalna ležišta urana; 17 — infiltracione ležišta urana.

Abb. 4 — Erzlagerstätten und erzführende Gebietsteile des metallogenetischen Gebietes von Šumadija.  
 1 — Tertiäre Sedimente; 2 — mesozoische, vorwiegend kretazische Sedimente; 3 — paläozoische Sedimente; 4 — Dacit-Andesite; 5 — Granodiorite. (Die Gesteine von 4–5 gehören dem alpinen Magmatismus an.) 6 — herzynische Granite; 7 — ultrabasische und basische Gesteine; 8 — hydrothermale Pb-Zn-Ganglagerstätten; 9 — pneumatolytische-hydrothermale Pb-Zn-Übergangslagerstätten (größere Anteilnahme seitens von Skarnen), Typus Rudnik; 10 — Pb-Zr-Imprägnationslagerstätten; 11 — magmatische Magnetit-Lagerstätten, von unbedeutenden Beimengungen an Ni- und Cu-Sulfiden begleitet, Typus Lipovac; 12 — Eisenerz-Verwitterungslagerstätten, Gault-Erze; 13 — Antimonierzlagerstätten; 14 — Cinabaryt-Lagerstätten; 15 — Uranmineralisierung im Pegmatit; 16 — hydrothermale gangförmige Uran-Lagerstätten; 17 — infiltrationäre Uran-Lagerstätten.



Sl. 5 — Ležišta i rudne pojave u kopaoničkoj metalogenetičkoj oblasti.

I — Skarnovska ležišta; II — Hidrotermalna ležišta; IIa — Žična, pukotinska ležišta; IIb — Metasomatska ležišta, pretežno u krečnjacima; IIc — Impregnaciona ležišta; IID — Slojne žice (obično u škriljcima, nastale potiskivanjem karbonatnih interkalacija); IIe — Orudnjenje razložljene i zdrobljene zone (metasomatska tela pravčena često impregnacijama); IIIf — Ispunjene pukotine u piroklastičnom materijalu ili dacito-andezitima; IIg — Gvozdani šesiri. 1 — Kvartar i neogeni laporci i gline; 2 — Flis krede i gornje jure; 3 — Paleozojski kristalasti škriljci (veleška serija); 4 — Mermeri veleške serije; 5 — Granodioriti; 6 — Sanidinski daciti; 7 — Tufovi; 8 — Daciti; 9 — Andeziti, stene od (5) do (9) pripadaju alpskom magmatskom ciklusu; 10 — Dijabazi; 11 — Serpentinisani peridotiti; 12 — Linije navlačenja (alpske tektonike); 13 — Razlomne linije, alpske premiocenske; 14 — Osa kopaoničnog antiklinorijuma (geologija: po B. Ciriću, 1964).

Abb. 5 — Lagerstätten und Erzvorkommen in dem metallogenetischen Gebiet des Kopaonik-Gebirges.

I — Skarnlagerstätten; II — hydrothermale Lagerstätten; IIa — Gangförmige Spaltenlagerstätten; IIb — metasomatische Lagerstätten, vorwiegend in Kalken; IIc — Imprägnationslagerstätten; IID — Schichtgänge (in der Regel in Schiefern, durch Verdrängung karbonatischer Interkalationen entstanden); IIIf — ausgefüllte Spalten in pyroklastischem Material oder Dazit-Andesit; IIg — Eiserner Hut. 1 — Quartär und neogene Mergel und Tone; 2 — Flysch (Kreide und Oberjura); 3 — paläozoische kristalline Schiefer (Veles-Serie); 4 — Marmore der Veles-Serie; 5 — Granodiorite; 6 — Sanidindazit; 7 — Tuffe; 8 — Dazite; 9 — Andesite. Die Gesteine von 5—9 gehören dem alpinen magmatischen Zyklus an. 10 — Diabase; 11 — serpentinierte Peridotite; 12 — Überschiebungslinie (alpine Tektonik); 13 — Bruchlinien, alpin, vormiozän; 14 — Achse des Antiklinoriums des Kopaonik (Geologie: nach B. Cirić, 1964).

jednoj sredini došlo je do obrazovanja pojedinih rudnih tela. Metasomatski tip, nastao potiskivanjem krečnjačkih interkalacija rudonosnim rastvorima, ima ograničeno rasprostranjenje.

Rudna tela su nepravilnog oblika, u vidu štokova. Pojedina rudna tela u jami Jezero imaju i površine od oko 4.000 m<sup>2</sup>, ali sa dubinom pokažu nagla isklinjavanja.

Mineralni sastav rudišta: rudničko ležište stvarano je u jednom širokom temperaturnom intervalu, čiji najviši nivoi pripadaju pneumatoitskom području (kontaktni minerali) a najniži epitermalnom, pri čemu između njih postoje postepeni prelazi.

Kontaktno-pneumatoitska parageneza: andradit, hedenbergit, diopsid, skapolit, epidot, aktinolit, zatim aksinit, kasiterit, šelit, magnetit, hematit, arsenopirit, elementarno zlato, pirotin, kvarc.

Hidrotermalna parageneza: pirotin, halkopirotin, kubanit, valerit, sfalerit, pirit, halkopirotin, brajthauptit, mauherit, lineit, milerit, bravoit, krenerit, kalaverit, pecit, elementarni bizmut, telurobizmutit, tetradimit, bizmutinit, kozalit, kobelit, tetraedrit, burnonit, galenit, markasit, meljnikovit; od nerudnih barit, kvarc, kalcit (S. Rakić).

Među ovim mineralima šire rasprostranjenje imaju jedino pirotin, sfalerit, galenit, pirit. Srednji sadržaj metala u rudi iznosi 3% Pb i 2,5% Zn.

Sem već prikazanog tipa orudnjenja, u okolini Rudnika odnosno Jame Jezero postoje i žična olovo-cinkova ležišta, koja su stvarana, uglavnom, u hidrotermalnom području (ležišta u Bezdanu). Ove rudne žice, moćne do 1 m, najvećim delom su otkopane.

Rudničko ležište pripada grupi izrazito prelaznih ležišta nastalih u domenu visokih plutona sa pneumatoitsko-hidrotermalnim paragenezama.

**Kopaonička rudna oblast.** — To je najznačajnija naša rudna oblast u pogledu olova i cinka. Pored aktivnih rudnika, u ovoj oblasti postoje i brojne pojave u kojima su već utvrđene značajne rezerve rude. Prikazaćemo samo najvažnija ležišta i pojave (sl. 5).

**Trepča.** — U blizini Kosovske Mitrovice nalazi se najveće jugoslovensko olovo-cinkovo ležište, jedno među većim u svetu. U periodu 1929—1964. godine iz trepčanskog rudišta dobiteno je preko 17,5 miliona tona rude sa 8% olova, 5,3% cinka, 100 g/t srebra i 110 g/t bizmuta, kao i preko 1,1 miliona tona pirita (sa 48,5% sumpora).

Teren u kome se nalazi trepčansko ležište, kao i njegova okolina, pripada kopaoničkom delu vardarske zone. Složeni stratigrafski i tektonski odnosi ovoga rejona ne mogu se još uvek smatrati dovoljno razjašnjениm. Osnovni deo terena sastoji se od paleozojskih škriljaca i krečnjaka. Na osnovu dosada nađenih fosila, koji se inače veoma retko javljaju, izvesno je da bar jedan deo ove serije pripada siluru. Postoji

verovatnoća da ovaj veliki kompleks delom jako metamorfisanih sedimenata predstavlja stratigrafski ekvivalent Kosmatove veleške serije, upravo jednu njenu posebnu faciju.

U seriji škriljaca javljaju se mestimično metamorfisane zelene stene, čiji su bojeni sastojevi, uglavnom, pretvoreni u hlorit. Primarni, ove stene pripadale su, najverovatnije, dijabazno-gabro stenama. U blizini ležišta javljaju se i serpentiniti.

U tercijaru je došlo u ovim terenima do utiskivanja magmatskih stena, sa kojima je genetski vezan postanak rudišta; u pogledu karaktera tih stena ne postoji jedinstveno mišljenje geologa koji su ih izučavali. S obzirom na mineralne parageneze koje su uočene u rudištu, kao i na karakter mineralnih asocijacija u drugim alpskim ležištima, genetski vezanim sa tercijarnim granodioritskim magmatizmom (rejon Kopaonika, zatim šumadijska metalogenetska oblast), nesumnjivo je da je orudnjenje nastalo u jednoj postdacsitskoj magmatskoj fazi (u mnogim rejonima rudna tela leže u dacito-andezitima). Po našem mišljenju u pitanju su visoko-plutonske intruzije granodioritske magme, koja se po hemijskom sastavu ne mora bitno da razlikuje od dacito-andezita.

Magmatske stene rejona Trepče pretrpele su i intenzivne promene, koje se, uglavnom, mogu podeliti u proizvode autometamorfoze i hidrotermalnih uticaja. U prve se ubraja propilitisanje, koje je naročito ispoljeno u sanidinskom dacitu i samom rudnom polju, a u druge sličištanje, sericitisanje, kaolinisanje, i ređe, alunitisanje.

U neposrednoj okolini rudišta, koja se u osnovi sastoji od ubranih škriljaca i rudonosnih delom mermersanih krečnjaka, posebno je interesantna pojava jednog konusa sanidinskog dacita oko koga su breče. Šira osnova toga konusa nalazi se na površini terena (kod Majdana), a prema dubini se sužava i iščezava. Breča u kojoj leži ovaj konus (klin) sanidinskog dacita sastoji se od fragmenata škriljaca, krečnjaka, jako izmenjenog sanidinskog dacita, zatim kvarcita, kvarcnog peščara; mestimično su u breći nađeni i blokovi skarnova. Cement je predstavljen sitnozrnim sericitskim agregatom i karbonatom. Posmatrana kao celina, breča je cevastog oblika, nagnuta ka severozapadu (pad 40°) i nepravilnog ovalnog oblika (duža osa 150—175 m, a kraća 100—120 m). Duž istočne, jugoistočne i južne, a delom i sa zapadne strane, ona se graniči sa krečnjacima, a to je istovremeno i njena podina. Sa zapadne i severozapadne povlatne strane, breča se graniči sa škriljcima i peščarima. Poreklo ove breče nije najjasnije. Prema onome što je do danas poznato, najverovatnije je, da je to vulkanska breča, nastala duž puta kojim su prodirali vulkanski gasovi i pare.

Olovo-cinkova rudna tela lokalizovana su duž kontakta krečnjaka i škriljaca, zatim krečnjaka i breča, kao i u samim krečnjacima. U višim nivoima rudišta, rudna tela se nalaze pretežno oko eruptivne breče, obrazujući u krečnjacima zaista ogromna metasomatska tela. Sa dubinom, to centralno rudno telo se sve više udaljuje od breča, prelazeći u manja, razbijena

rudna tela. Na nižim nivoima sve veći značaj imaju rudna tela na severnom i južnom kontaktu (kontaktu škriljaca i krečnjaka). Prema obliku, rudna tela su stubasta nepravilna tela koja padaju pod različitim uglovima: u centralnom delu rudišta opšti pad je do  $40-45^\circ$ , na južnom kontaktu  $60-70^\circ$ , a na severnom oko  $30-35^\circ$ .

Površine rudnih tela na pojedinim horizontima su promenljive — na višim nivoima rudna tela su imala površine i od nekoliko hiljada kvad. m. (centralno rudno telo). Kod većih rudnih tela te površine se kreću od 500 do preko 7.000 m<sup>2</sup>, a kod manjih 50 do 500 m<sup>2</sup>. Ukupne površine rudnih tela na jednom danas otvorenom horizontu u Trepči imaju 4—11.000 m<sup>2</sup>.

Mineralni sastav: u trepčanskom ležištu stvoreni je veliki broj minerala. Prema uslovima postanka, u trepčanskom rudištu se mogu izdvojiti, uglavnom, dve osnovne parageneze: skarnovska i hidrotermalna.

— Skarnovske parageneze stvorene su u prvoj fazi obrazovanja rudišta i sastoje se od: lievrita (ilvaita), hedenbergita, granata, aktinolita, salita, epidota; od rudnih minerala u ovoj paragenezi, koja za sad još uvek nije dovoljno proučena, javlja se magnetit, pirit, pirotin. S. Smejkal navodi da se u komadima skarnova iz breče nalaze, pored pomenutih rudnih minerala, i halkopirit, enargit i arsenopirit, što ukazuje da je u prvoj fazi stvaranja ležišta nesumnjivo došlo i do obrazovanja i sulfida, a ne samo oksida i skarnovskih minerala, kao što se to dosad mislilo (F. Sumaher).

Skarnovske parageneze lokalizovane su u celom danas otvorenom rudištu, katkad neposredno kraj mlađih olovo-cinkovih parageneza odnosno u samim rudnim telima koja se danas otkopavaju. Naročito široko rasprostranjenje ima lievrit.

— Hidroermalna sulfidna parageneza obuhvata niz minerala koji danas obrazuju glavninu trepčanskog rudišta: pirit, pirotin, sfalerit, galenit, ređe markasit, arsenopirit, halkopirit, antimonit, burnonit, bulanžerit, plomožit, siderit, a od pratećih: kvarc, kalcit, dolomit, ankerit, rodohrodit, aragonit, barit. Postanak vivijanita, koji se inače veoma retko javlja, nije potpuno jasan.

Najveće rasprostranjenje imaju pirit i pirotin. Viši nivoi rudišta izgrađeni su pretežno od pirita, dok sa dubinom udeo pirotina raste, tako da najdublji delovi rudišta koji su danas istraženi predstavljaju, u stvari, pirotinska rudna tela sa promenljivim učešćem minerala cinka i olova. Galenit, koji je ekonomski najznačajnija komponenta rudišta, najveće koncentracije obrazuje, uglavnom, u višim nivoima rudišta, dok sa dubinom njegov sadržaj opada; galenit je praktično jedini nosilac srebra i bizmuta u rudištu. Sfalerit pripada marmatitima (sadržaj gvožđa 11%) i koncentrisan je pretežno u nešto dubljim nivoima rudišta; sadržaj srebra u sfaleritu je vrlo nizak (u cinkovom koncentratu 11 g/t srebra).

Spektrografska ispitivanja sfalerita pokazala su da oni sadrže (približno srednje vrednosti, po M. Petkoviću):

galijum	7 ppm
indijum	65 ppm
talijum	10 ppm
molibden	oko 1 ppm

Trepčanski sfaleriti se odlikuju i povišenim sadržajem kadmijuma. Pojedine probe sfalerita pokazuju i do 1% Cd, izuzetno i do 2%. Sadržaj mangana u sfaleritu je promenljiv — obično u granicama 0,2 — 1,0%, srednje oko 0,6%; udeo mangana u sfaleritima je proporcionalan temperaturi stvaranja (Zn, Mn) S.

Od pratećih minerala posebno je interesantan rodohroxit, kod koga je deo Mn zamenjen Fe i Ca te je došlo do obrazovanja gvožđem bogatih oligonita (udeo Mg je veoma nizak). Sadržaj mangana i gvožđa u toj karbonatnoj masi kreće se obično između 20 i 40%. Oligonitska rudna tela sadrže i promenljive koncentracije sulfida, tako da se katkad takva rudna tela otkopavaju i radi olova i cinka (udeo olova i cinka je obično ispod 3%). S obzirom na relativno značajne rezerve oligonitskih masa i relativno visok sadržaj mangana i gvožđa, mogu ova tela imati i značaj kao feromanganske rude srednjeg kvaliteta.

Problemima geneze bavilo se je više geologa (A. Bramail, C. Forgan, V. Nikitin, J. Duhovnik, F. Sumaher, S. Smejkal), koji su, nesumnjivo, učinili da se upoznaju osnovne odlike rudnog stvaranja.

U procesu obrazovanja rudišta mogu se izdvojiti najmanje dve glavne faze. U prvoj fazi došlo je na kontaktu krečnjaka i sanidinskih dacita do obrazovanja kontaktnih silikata, magnetita, halkopirita, pirotina i pirita (pneumatolitska faza); nije isključeno da je tom prilikom u nešto nižem temperaturnom području došlo i do obrazovanja neznačajnih koncentracija sfalerita i galenita.

Druga faza, uglavnom hidroermalna, nastala je posle snažnih intermineralizacionih tektonskih pokreta, genetski vezana, najverovatnije, sa jednom posebnom magmatskom intruzijom. U ovoj fazi došlo je do stvaranja glavnih trepčanskih rudnih tela duž breča (koje su delom predstavljale i ekranizirajuću sredinu za rudonosne rastvore), škriljaca i krečnjaka, zahvatajući i rudna tela i mineralizovane zone obrazovane u prethodnoj, skarnovskoj fazi. U drugoj fazi nastali su minerali od najviših nivoa hidroermalnih nivoa (katatermalnih) do epitermalnih (antimonit i dr.).

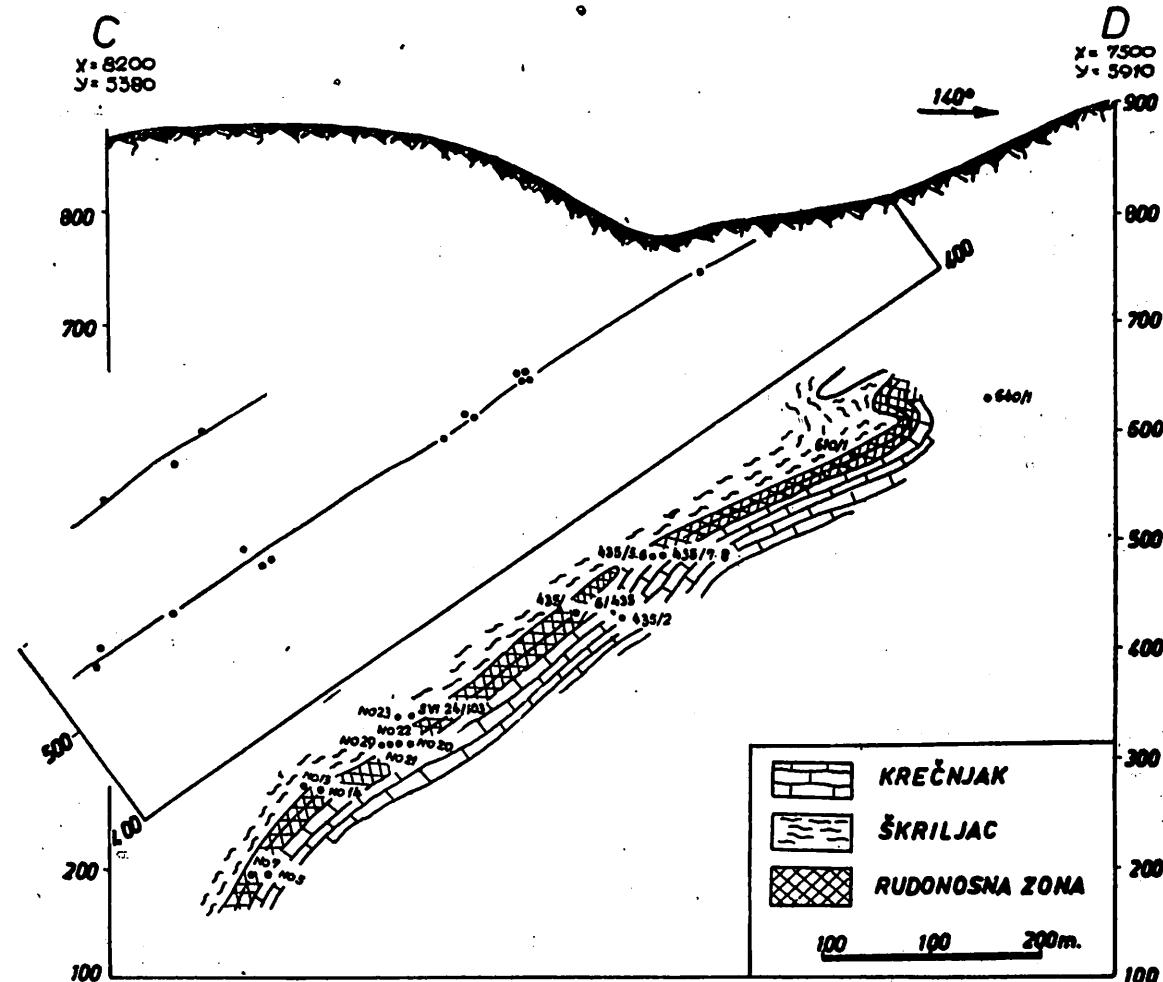
Kao što se može videti iz izloženih mineralnih parageneza i faza stvaranje, obrazovanje trepčanskog rudišta izvršeno je u uslovima širokih temperaturnih kolebanja, ali pretežno u hidroermalnim uslovima. Termometrijska ispitivanja sfalerita odnosno sistema ZnS-FeS i pirotina odnosno sistema Fe-S (asocijacija FeS-FeS<sub>2</sub>) omogućila su dobijanje i kvantitativnih podataka o temperaturnim uslovima stvaranja ležišta, a naročito temperaturnih gradijenata, koji mogu posebno biti značajni pokazatelji uslova izdvajanja minerala iz rudonosnih rastvora. Prema sadržaju FeS u (Zn, Fe)S a koristeći poznate dijagrame G. Kulerud-a, proizlazi da je najveći deo sfalerita trepčanskog rudišta stvaran u domenu 520 do 550°C, a jedna

generacija (najverovatnije genetski vezana sa skarnovima) na temperaturama od 620—650°C. Ispitivanja veličine i promenljivosti d(102) heksagonalnog pirotina i njegovog odnosa prema sumporu u FeS, a koristeći se dijagramom R. Arnold-a (1958), utvrđeno je da su pirotini, koji su kod svog deponovanja bili u ravnoteži sa FeS<sub>2</sub> i kod kojih u procesu kasnijeg hlađenja nije menjan prvobitni odnos Fe:S, formirani na temperaturi od oko 550°C.

Iako su ove apsolutne vrednosti u pogledu temperature nesumnjivo više od stvarnih tempe-

može se zaključiti da u rudištu nema izrazito uočljivih promena temperature, bar ne u delu koji je danas otvoren rudarskim radovima (sl. 6).

Na osnovu temperaturnog gradijenta možemo zaključiti da je trepčansko rudište stvarano u dubljim nivoima. Izvršena ispitivanja, zajedno sa sastavom mineralnih parageneza, dokazuju da trepčansko rudište ne može nikako biti uvršćeno u grupu subvulkanskih ležišta, u smislu ranije klasifikacije H. Šnajderhen-a već da rudište pokazuje mnoge crte plutonskih ležišta (visoko plutonski tip).



Sl. 6 — Temperaturni gradijent kroz trepčansko rudište.

Abb. 6 — Temperatur-Gradient durch die Erzlagerstätte Trepča.

ratura pri kojima su se obrazovali već pomenuti minerali i mineralne asocijacije u trepčanskom rudištu, termometrijska ispitivanja su pružila posebno korisne podatke u pogledu temperaturnog gradijenta u rudištu. Uporedivanjem temperatura stvaranja sfalerita i pirotina na pojedinim horizontima (na osnovu 70 proba uvezetih na dužini od oko 800 m po padu rudišta)

Upoređujući podatke termometrijskih ispitivanja i sadržaj mikro-elemenata zapaža se da ne postoji temperaturna kontrola njihove distribucije u rudištu.

*Belo Brdo.* — Na Kopaoniku, u blizini Leška, nalazi se u krečnjacima, delom u skarnovima, manje ležište metasomatskog tipa. Rudna tela obrazovana su na kontaktu krečnjaka i

sanidinskih dacita, delom u samim krečnjacima ili na kontaktu krečnjaka i serpentina. Rudna tela imaju obično nepravilne oblike, sa pojavnama granjanja i apofiza. Otuda i oruđenje površine na pojedinim horizontima pokazuje velika kolenjanja — od 200 do preko 3000 m<sup>2</sup>.

Mineralni sastav je relativno jednostavan. Pored sfalerita i galenita, šire rasprostranjenje imaju pirotin, koji često pokazuje prelaze u pirit i markasit, zatim halkopirit, valerit, halkopirotin, arsenopirit, magnetit; S. Smejkal poznaje još i bizmut, bizmutinit, galenobizmutit, telurobizmutit, zlato, kubanit, kalaverit, hematit, tetraedrit, džemsonit, plomozit, bulanžerit. Od skarnovskih minerala šire rasprostranjenje ima granat, zatim ilvait, manje epidot, salit, aktinolit, volastonit, hedenbergit, kao i kvarc, kalcit.

Sadržaj pojedinih pratećih elemenata u sfaleritima Belog Brda kreće se u sledećim granicama:

In	do 600 ppm, pretežno 200—300 ppm
Ga	do 40 ppm
Ag	10—50 ppm
Sn	10—20 ppm
Cd	0,4—0,6%
Co	do 150 ppm
Mn	0,3—0,9%

Udeo FeS u sfaleritu je prilično visok: sfaleriti sadrže pretežno 12—14% Fe, što ukazuje na relativno visoku temperaturu stvaranja.

Belobrdsko rudište obrazovano je u više faza. Počeci stvaranja se nalaze u skarnovskoj fazi, dok je najveći deo rudnih minerala stvoren u hidrotermalnom području, uglavnom u mezo-termalnoj fazi; stvaranje ležišta završeno je u uslovima relativno niske temperature kada je izlučen i antimonit. Sa dubinom ležište prelazi postepeno u skarne sa veoma niskim udelenjem sfalerita.

*Janjevski rejon.* — Jugoistočno od Pristinе nalazi se janjevski rudonosni rejon sa nekoliko vrlo značajnih olovo-cinkovih ležišta. Janjevski rudonosni rejon obuhvata površinu od oko 40 km<sup>2</sup> i sastoji se od nekoliko revira: Ajvalija, Kižnica, Prilina, Janjevo-Gradina i Gvozdenjak. Rudna ležišta koja se nalaze u pojedinim revirima genetski pripadaju istom metalogenetskom ciklusu, mada u načinu pojavljivanja rudnih tela postoje razlike s obzirom na različite sredine u kojima je vršeno deponovanje minerala iz rudonosnih rastvora.

Rudonosni rejon izgrađen je, uglavnom, od škriljaca, serpentinita, amfibolita, dijabaza i laporaca, peščara i krečnjaka gornje krede (fliš). Duž zapadnog oboda, jedan deo tih stena je zapavljen pliocenskim sedimentima. Sve starije formacije pružaju se u pravcu SSZ—JJI i nagnuće su ka I i SI. Litološki i tektonski, cela ova oblast pripada vardijskoj zoni. Posmatran kao celina, teren se odlikuje složenim tektonskim odnosima među kojima dominira kraljuštasta struktura, sa pojavnama razlomljenih zona, znatnih razmera. U tercijaru je, duž zona razlamanja, došlo do utiskivanja dacitsko-andezitskih

stena (pretežno sanidinskih dacita). Rudna ležišta u janjevskom rejonu genetski su vezana sa tim magmatskim događajima.

Mineralni sastav: u ležištima janjevskog rejona nalazi se veći broj minerala, nastalih u širokom temperaturnom intervalu — od kata- do epitermalnih, vezanih sa više vremenski odvojenih faza jednog rudonosnog ciklusa. Interminalizaciona kretanja su postojala, ali bez nekih izrazitijih manifestacija.

Među dosad zapazene mnerale ubrajaju se: magnetit, pirotin, halkopirotin, kubanit, valerit, sfalerit, stanic, halkopirit, arsenopirit, galenit, tetraedrit, kalaverit, krenerit, primarno zlato, burnonit, lelingit, antimonit, falkmanit, pirargirit, bulanžerit, bornit, kovelin, markasit, melnikovit (S. Smejkal, S. Rakić). Nerudni minerali su siderit, kvarc, Mn-siderit, rodohrozit, Mn-kalcit, barit i kalcedon.

Udeo pojedinih pratećih elemenata u sfaleritima janjevskog rejona je prilično ravnomernan:

Fe	8—12%
Cd	0,1—0,3%
In	20—40 ppm
Sn	20—50 ppm
Mn	0,2—0,5%, delom i 1%
Ag	10—20 ppm
Ga	do 3 ppm

Rudna ležišta u pojedinim revirima janjevskog metalogenetskog rejona nisu obrazovana pod istim uslovima (okolne stene, strukture ležišta i rudnih tela, stepen koncentracije metala), mada prikazuju veoma sličan mineralni sastav. Među značajnijim ležištima treba pomenuti ležišta kao:

*Ajvalija.* — Rudna teža se nalaze u seriji škriljaca, pri čemu su ekonomski naročito značajna ona koja su nastala potiskivanjem interkalacija karbonatnih stena u škriljcima. Oblik tih metasomatskih rudnih tela, koja leže konkordantno u seriji škriljaca, u velikoj meri je uslovljen položajem i razmerama tih karbonatnih, uglavnom, krečnjačkih interkalacija. Otuda rudna tela imaju promenljive oblike, najčešće su u vidu izduženih sočiva. Kod krečnjačkih interkalacija malih razmera, proces metasomatoze je katkad toliko napredova da se ostaci karbonatnih stena teško uočavaju i neposredne okolne stene rudnog tela predstavljaju škriljci.

Sem rudnih tela sa kompaktnom rudom, u ajvalijskom rudištu postoje i impregnacione zone, vezane sa sistemom sitnih prsline, koje su razvijene duž pojedinih tektonski poremećenih zona u škriljcima. Sadržaj olova u rudi je niži od sadržaja cinka: 6—7% Zn i 4—5% Pb. Sadržaj srebra je 70—100 g/t.

*Kižnica.* — Kižničko rudište obrazovano je duž razlomljenih (SSZ—JJI) i hidrotermalno promenjenih zona u serpentinitu, zatim duž kontakta serpentina i škriljaca i serpentina i dacita (sl. 7). Prema obliku, to su izdužena sočiva promenljivih razmera — od nekoliko stotina do preko 2.000 m<sup>2</sup>. Sadržaj olova i cinka nije isti u svim rudnim telima — kao srednje može se uzeti 5,0% Pb i 1,2% Zn.

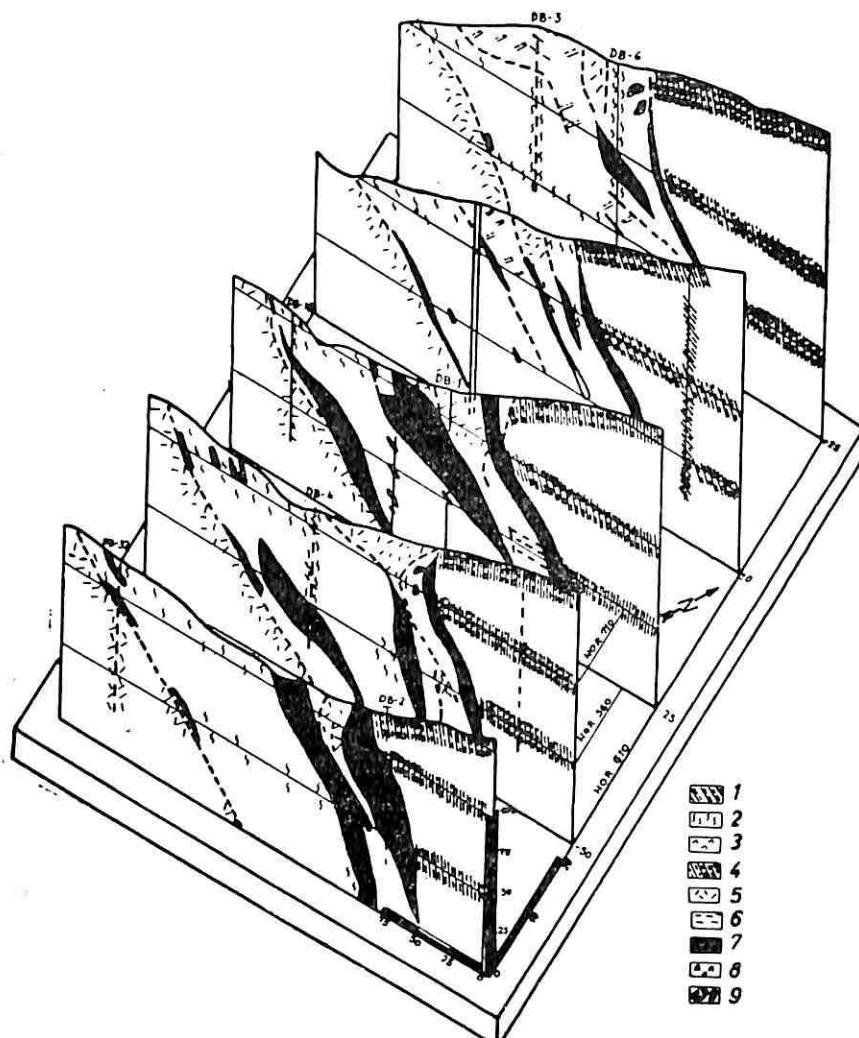
Posebno značajne rudne pojave predstavljaju siromašne impregnacione zone koje se javljaju u povlatnom delu serpentina, na kontaktu serpentin-kredni fliš. Moćnost te brečaste zone iznosi preko 20 m; na površini više od 5.000 m<sup>2</sup> utvrđeno je prisustvo olovo-cinkovih minerala sa oko 2,4% Pb, i 1,2% Zn.

*Novo Brdo* je jedno od najznačajnijih naših srednjovekovnih rudarskih centara.

Rudonosni teren izgrađen je od paleozojskih škriljaca i krečnjaka u koje su se u tercijaru

neznatnim sadržajem olova i cinka. Dubina oksidacione zone u novobrdskom ležištu prelazi 300 m.

Primarni mineralni sastav je sličan kao i u drugim ležištima ovoga područja: galenit, sfalerit, halkopirit, tetraedrit, pirit, pirotin; pojave kontaktnih silikata (granat i drugi) su jako malih razmara. Posebnu karakteristiku rudišta daju rasprostranjene mase Mn—Fe karbonata i proizvodi njihove kasnije alteracije.



Sl. 7 — Blok-dijagram križničkog rudišta (prema podacima rudničke geološke službe).

1 — Kvarc-biotitski škriljac; 2 — Serpentinit; 3 — Dijabaz; 4 — Flišni sedimenti; 5 — Andezit; 6 — Hidrotermalno promjenjene stene; 7 — Rudna tela; 8 — Sulfidna mineralizacija; 9 — Breča.

Abb. 7 — Blockdiagramm der Erzlagerstätte Kižnica (nach Angaben der Geologischen Dienststelle am Bergwerk).

1 — Quarz-Biotitschiefer; 2 — Serpentinit; 3 — Diabas; 4 — Flyschsedimente; 5 — Andesit; 6 — hydrothermal umgewandelte Gesteine; 7 — Erzkörper; 8 — sulfidische Mineralisierung; 9 — Breccie.

utisle dacitsko-andezitske mase. Rudna tela obrazovana su na kontaktu andezita, krečnjaka i škriljaca, delom u samom andezitu. Prema obliku, to su izdužena sočiva koja relativno strmo padaju. Njihove razmere na pojedinim horizontima su jako promenljive — od stotinak do preko 3.000 m<sup>2</sup>. Rudište je zahvaćeno intenzivnim procesima oksidacije, tako da su pojedina rudna tela pretvorena pretežno u limonitnu masu sa

Sadržaj metala u rudi je veoma promenljiv — u jako oksidisanoj rudi sadržaj olova je 1—5% a cinka 1—8%. Sadržaj srebra u rudi je obično oko 100 g/t a zlata 3—4 g/t.

Nedavno je u rejonu Novog Brda otkriveno i jedno novo ležište koje je ekonomski veoma značajno — Farban i Potok (D. Simić).

Rudonosno područje Farbanog Potoka izgrađeno je u osnovi od filita i filitomikašista u ko-

jima se javljaju interkalacije mermara. Rudna tela leže u folijaciji škriljaca, vezana sa mermarama, dok im podinu čine kvarc-liskunski škriljci. Prema obliku, to su izdužena sočiva sa mestimičnim zadebljanjima koja dostižu i 40 m; po pružanju rudna tela su praćena katkad i preko 350 m.

U mineralnoj paragenezi ležišta mogu se izdvojiti jedna skarnovska i jedna hidrotermalna faza; ekonomski značajne koncentracije rudnih minerala stvorene su u hidrotermalnoj fazi.

Među hidroermalnim mineralima javljaju se, pored sfalerita i galenita, još i tetraedrit, arsenopirit, plomozit, halkopirit, kao i pirotin, pirit i markasit. Među skarnovskim mineralima, obrazovanim pretežno na kontaktu andezita, krečnjaka i škriljaca, preovladjuje granat. Prostorna raspodeljenost produkata skarnovske i hidroermalne faze ukazuje, mada još uvek nedovoljno jasno, na određenu zonalnost — bliže andezitima preovlađuju skarnovi sa pirotinom, dok se na nešto većem rastojanju od andezita javljaju osnovne mase olovo-cinkovih hidroermalnih minerala.

Sadržaj olova i cinka u rudi je oko 9% (D. Simić).

**Žuta Prlina** na Kopaoniku. — Teren se u osnovi sastoji od serpentinita kroz koji su se utisli dacito-andeziti i žične stene (mikrokvarc-dioriti). Duž zona razlamanja u serpentinitu ili na njegovom kontaktu sa dacitsko-andezitskim stenama, delom i u samim dacito-andezitim, došlo je do stvaranja rudnih tela. Rudna tela se sastoje od spletova manjih žica i sočiva, obrazovanih na mestima proširenijih pukotina, delom i metasomatskim potiskivanjem, i impregnacionih zona koje su obrazovane u zoni razlamanja i koje prate rudne žice i sočiva. Ukupne mineralizovane površine na otvorenim horizontima dostižu i 5.000 m<sup>2</sup>.

Mineralni sastav ležišta: sfalerit, galenit, halkopirit, pirotin, pirit, arsenopirit, tetraedrit, siderit, argentit, bulanžerit; po S. M e j k a l u, ležište sadrži još i zlato, rikardit, falkmanit, prustit. Nerudni minerali su kvarc, kalcit. Među sekundarnim mineralima posebno je značajan limonit koji na terenu gradi velike površine.

Sadržaj olova i cinka je jako promenljiv; srednje vrednosti su 2% Pb i 5% Zn.

Sem Žutih Prline, na tome delu Kopaonika postoji još nekoliko pojava olovo-cinkovih minerala i ležišta, obrazovanih pod sličnim geološkim prilikama kao i Žute Prline (Prisoje, Borovnjak i dr.).

**Rejon Rogozna - Golija.** — Kopaoničkoj oblasti pripadaju i brojne pojave olovo-cinkove mineralizacije na levoj obali Ibra u rejonu Golija-Rogozno. I pored brojnih pojava, dosadašnji obim istražnih radova je nedovoljan da bi se dobila potpunija slika o uslovima stvaranja i zakonomernosti razmeštaja pojedinih mineralnih ležišta u tome rejonu.

Danas poznata rudna tela lokalizovana su u dacitsko-andezitskim stenama (rudne žice Lipovice, Plakaonice, Bala i dr.) ili su obrazovana u gornjokrednom flišu, najčešće u vidu tankih žičica i impregnacija (Kaludra-Kula) ili paleo-

zojske filite sa brojnim dacitskim probojima, pri čemu je do orudnjenja došlo u kontaktnim zonama (prelazna ležišta tipa Radulovac).

**Oblast lecanskog magmatskog kompleksa.** — U domenu lecanskog dacitsko-andezitskog kompleksa nalazi se više pojava i ležišta olova i cinka, među kojima se ističe lecansko rudište.

**Lecce.** — Zapadno od Leskovca, u blizini Lebana, nalazi se lecansko rudište, koje pored olova i cinka sadrži i zlato kao korisnu rudnu komponentu.

Rudonosni teren, šire posmatran, izgrađen je od kristalastih škriljaca (najvećim delom mikašisti) i dacitsko-andezitskih stena, vulkanskih breča i drugog piroklastičnog materijala. Lecanski magmatski kompleks zauzima površinu od oko 700 km<sup>2</sup> i sastoji se od dacitsko-andezitskih i trahitskih stena, sa međusobnim prelazima; tufovi tih stena imaju široko rasprostranjeње. Prema redu stvaranja uzima se da su najstarije tvorevine svetli dacito-andeziti, dok su trahitske stene nešto mlađe (A. Cisarc). U najmlađe produkte magmatske aktivnosti ubraja se hipersten-andezit, koji se je u vidu žica i štokova utisnuo u dacitsko-andezitski masiv (hipersten-andeziti nisu praćeni tufovima). Pojave propilitizacije ovih stena nemaju tako široko rasprostranjeњe kao u nekim drugim masivima dacito-andezita.

Starost lecanskog masiva nije, zasada, bliže pouzdano utvrđena. Nesumnjivo je da je masiv mlađi od krednih sedimenata koji su na njemu zaostali kao krovina i koji su kontaktno-metamorfološki promjenjeni. Najverovatnije je da je lecanski masiv mladotercijarne starosti, kao i drugi masivi tih stena u Dinaridima.

Posebne glavne vulkanske faze, mlađi tektonski pokreti doveli su do stvaranja prostranih pukotina koje se po pružanju mogu pratiti i više kilometara; opšti pravac tih pukotina je SSZ-JJI. Često su velike pukotine praćene manjim平行nim pukotinama, tako da se tom prilikom formira zona razlamanja, što je kod stvaranja rudišta i njegovog kasnijeg istraživanja od posebnog značaja.

Ove pukotine bile su zapunjene komadima okolnih stena (kaolinisanim andezitim) i silicijom (kalcedon, opal), sa mestimičnim pojavama ametista, i na terenu se jasno ističu („kvartni rifovi“). Posto su tektonski pokreti zahvatili masiv u više mahova, to je često dolazilo do kretanja u već formiranim i silicijom zapunjanim pukotinama. Kao posledica stvaraju se brečaste silicijske mase koje su naknadno bile cementovane mlađim kalcedonom ili opalom. Obnavljanje tektonskih pokreta i razlamanje kvarčnih žica olakšalo je put rudonosnim ravnicama kroz silicijske mase.

Mineralni sastav rude: pirit, markasit, sfalerit, galenit, halkopirit, enargit, tetraedrit, hematit, siderit, zlato; nerudni minerali — kvarc, ankerit. Sfalerit se odlikuje niskim sadržajem gvožđa i predstavljen je, uglavnom, žutim i zelenkastim varijetetima; pitanje povezanosti

zlata sa pojedinim mineralima u ležištu nije još uvek razjašnjeno. Najzastupljeniji su, posle kvarca, pirit i sfalerit. Ostali se podređeno javljaju (A. Cisarc).

Sadržaj metala u rudi je 2% Pb i 6% Zn, zlata 5–10 g/t; u impregnacionim zonama, između rudnih žica, ideo olova i cinka se smanjuje na 1,2% Pb i 3,3% Zn.

A. Cisarc, koji je detaljnije proučavao lecansko rudište (rudni minerali su postali na temperaturama ispod 150°), uvršćuje ga u epitermalno-teletermalno ležište, koje pokazuje mnoge specifične odlike u odnosu na druga ležišta olova i cinka u Jugoslaviji (deponovanje u pukotinama sa veoma ograničenim pojavama potiskivanja, udaljenost od subvulkana i lokalizacija rudnih tela u efuzivnom omotaču, ograničenost pojave metasomatoze).

**Zletovsko-vlasinska oblast.** — U zoni rodopskih kristalastih škriljaca, koja počinje južno od Vlasotinaca i pruža se prema Berovu i Pehčevu, nalazi se više desetina pojava mineralizacije i orudnjenja olovocinka. U okviru ove metalogenetske oblasti, koja znatnim delom leži i na teritoriji Bugarske, mogu se izdvojiti nekoliko rudnih rečiona: zletovski, saso-toranički, rejon Besne Kobile i pehčevski (sl. 8). U ekonomskom pogledu, zletovsko-vlasinska oblast je izvanredno značajna, ne samo u pogledu danas dokazanih rezervi rude, već i u pogledu potencijalnih, novih olovocinkovih rezervi.

Za formiranje ležišta ove oblasti, koja su nastala u alpskoj metalogenetskoj epohi, od posebnog su značaja interkalacije mermura u seriji kristalastih škriljaca, u kojima su metasomatski obrazovana rudna tela, čije su razmere proporcionalne razmerama tih karbonatnih interkalacija. U pojedinim delovima oblasti formiranje ležišta je u tesnoj vezi sa strukturama razlamanja, tako da su obrazovana žična ležišta (delom praćena i pojavama potiskivanja okolnih stena), mestimično i impregnacione zone.

Olovocinkovi minerali su dominantni rudni minerali oblasti. Samo mestimično u alpskoj metalogenetskoj epohi je došlo do stvaranja i neznatnih koncentracija bakra, antimona i šelita.

**B l a g o d a t.** — Na jugoistočnim padinama Besne Kobile nalazi se nekoliko ležišta olova i cinka. Rudonosni teren u osnovi je izgrađen od gnajseva, mikašista i hloritsko-muskovitskih škriljaca u koje su se utisle granitoidne stene, kao i žične apofize riolita i mikrogranita. Ove žične stene imaju u rejonu Blagodata široko rasprostranjenje, a lokalizovane su pretežno u folijaciji škriljaca.

Rudna tela se nalaze duž raseda i pukotina u kristalastim škriljcima. Prema načinu pojavljivanja mogu se izdvojiti:

— kompaktna rudna tela u zdrobljenim zonama su ekonomski najznačajnija rudna tela (ležište Blagodati). Po obliku to su, uglavnom, sočiva, koja posle 60–70 m obično iskljinjavaju;

— impregnacione zone često prate kompaktne rudna tela i vezane su sa folijacijom škriljaca;

— rudne žice obrazovane u rasednoj zoni (ležište Bare, nedaleko od Blagodati) nemaju veći ekonomski značaj s obzirom na male rezerve. U toj rasednoj pukotini koncentracije olovocinkovih minerala imaju oblik sočiva, koja se smenjuju sa jalovim glinovitim partijama. Močnost žica je 0,1 do 1,0 m.

Rudna ležišta Blagodati su hidrotermalne; stvaranju glavnine ležišta prethodila je jedna pneumatolitska faza, pri čemu su obrazovani kontaktni minerali (diopsid, hedenbergit, magnetit). Otuda i ovo ležište pripada grupi prelaznih.

Od rudnih minerala šire rasprostranjenje ima sfalerit, galenit, pirit, a redje se javljaju pirotin, halkopirit, kubanit, tetraedrit, arsenopirit, zlato, lelingit, falkmanit; među nerudnim mineralima kvarc je najznačajniji.

Sadržaj metala u kompaktnoj rudi iznosi obično 3–7% olova i 6–13% cinka; sadržaj metala u impregnacionim zonama je niži.

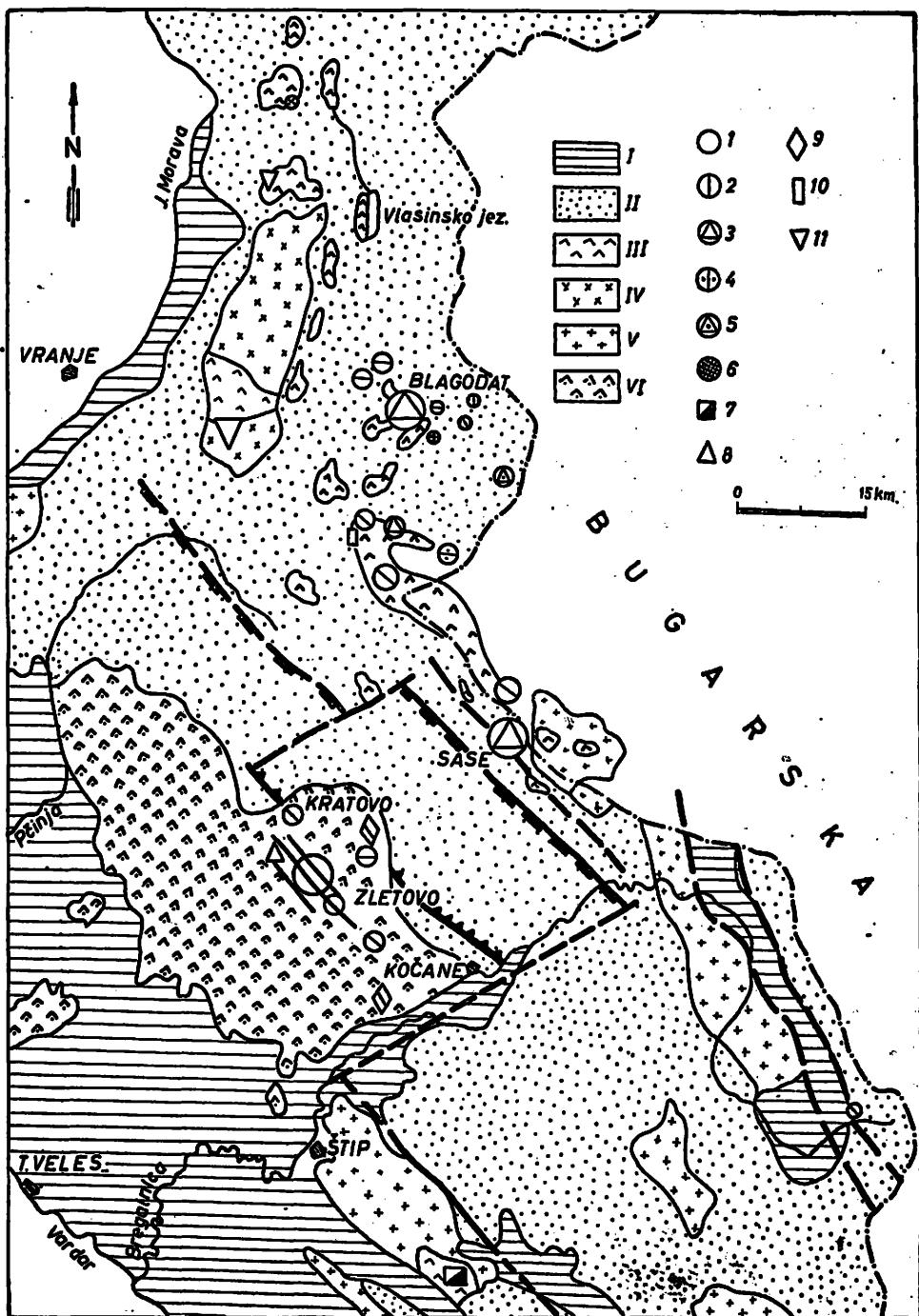
**S a s e - T o r a n i c a.** — U nastavku rudonosne zone Blagodat-Besna Kobilu, prema jugoistoku, nalazi se više olovocinkovih ležišta, među kojima su posebno značajna ležišta Toranice-Sase.

Rudonosni rejon izgrađen je pretežno od rodopskih kristalastih škriljaca (gnajsevi, mikašisti, hloritošisti, kvarciti); posebno značajni delovi serije su grafitični liskunski škriljci sa interkalacijama cipolina, u kojima je često došlo i do stvaranja ležišta.

Kroz seriju kristalastih škriljaca, poglavito paralelno sa folijacijom škriljaca, utisnuli su se u tercijaru sanidinski daciti; deo dacitskih proboja vezan je tektonskim kontaktom između

Abb. 8 — Die Erzlagerstätten und Bezirke des metallogenetischen Gebietes von Zletovo-Vlasina (endogene Lagerstätten der alpinen metallogenetischen Epochen).

I — Tertiäre Sedimente; II — kristalline Schiefer (Serbisch-makedonische Masse), Paläozoikum; III — tertiäre Dazit-Andesite, Quarzlatite; IV — alpine Granodiorite; V — herynische Granite; VI — der magmatische Komplex von Zletovo (Dazit-Andesite, Pyroklastite). 1 — Pb-Zn-Erzlagerstätten; 2 — Pb-Zn-Ganglagerstätten; 3 — metasomatische Pb-Zn-Erzlagerstätten; 4 — Pb-Zn-Mineralisierungen (Impregnationen) längs der Bruchzonen; 5 — metasomatische Pb-Zn-Erzlagerstätten, die von Impregnationen begleitet werden; 6 — Stockwerk-Typus; 7 — Hämatit-Magnetit Skarnlagerstätten; 8 — hydrothermale Cu-Erzlagerstätten; 9 — hydrothermale Uranlagerstätten; 10 — Antimon-Erzlagerstätten; 11 — Molybdän-Erzlagerstätten.



Sl. 8 — Rudna ležišta i rejoni Zletovsko-vlasinske metalogenetske oblasti (endogena ležišta alpske metalogenetske epohe).

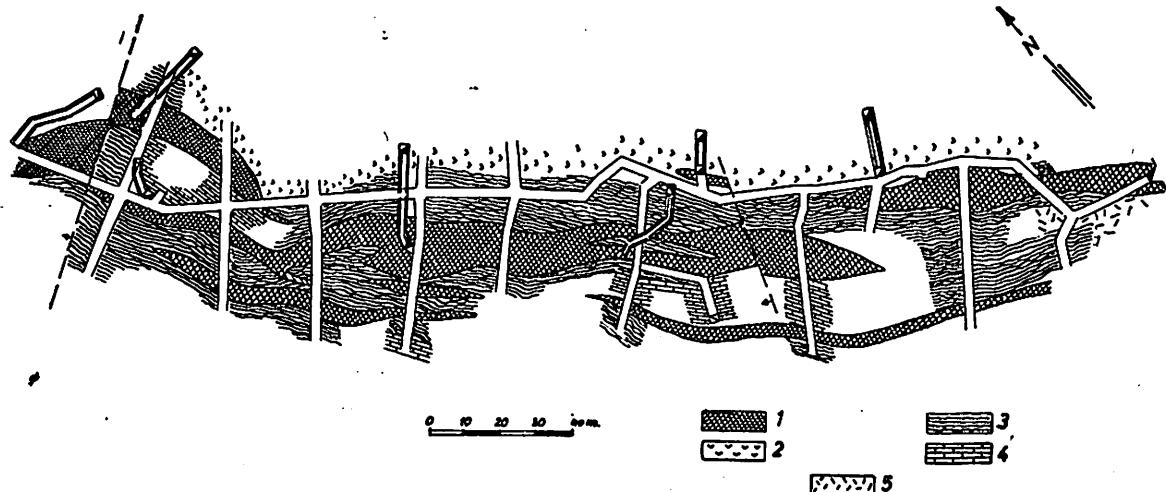
I — Tercijarni sedimenti; II — Kristalasti škriljci (srpsko-makedonska masa), paleozoik; III — Tercijarni dacito-andeziti, kvarclitit; IV — Alpski granodioriti; V — Hercinski graniti; VI — Zletovski magmatski kompleksi (dacito-andeziti, piroklasciti); 1 — Olovo-cinkova ležišta; 2 — Žična Pb-Zn ležišta; 3 — Metasomatska Pb-Zn ležišta; 4 — Impregnacije Pb-Zn minerala, duž zona razlaminanja; 5 — Metasomatska ležišta Pb-Zn präćema impregnacijama; 6 — Štokverkni tip; 7 — Skarnovska magnetitsko-hematitska ležišta; 8 — Hidrotermalna Cu-ležišta; 9 — Hidrotermalna ležišta urana; 10 — Antimonitska ležišta; 11 — Molibdenitska ležišta.

gnajsolikih stena i kvarc-grafitično-liskunovite serije.

Rudna tela imaju oblik izduženih sočiva koja su najčešće vezana sa interkalacijama cipolina (sl. 9). Kako se moćnost cipolinskih proslojaka menja u veoma širokim granicama — od nekoliko desetina santimetara do nekoliko metara — to je i oblik rudnih tela vezan sa cipolinima veoma promenljiv, kako po pružanju tako i po padu.

tim sanidinsko-biotitskog dacita i labradorsko-augitskog andezita. Sem subvulkanskih intruzija, u ovome području široko rasprostranjenje imaju piroklasci.

Stvaranje andezitskog masiva vršeno je u više faza. Biotit-amfibol andeziti i njihovi tufovi obrazovani su u prvoj fazi, pre stvaranja rudnih ležišta. Sanidin-biotit daciti javljaju se u vidu manjih probaja i žica, mlađi su od biotit-amfibolskih andezita i vremenski nastali u



Sl. 9 — Geološka karta jednog horizonta u ležištu Svinja reka, Sase (prema K. Bogojevskom)  
1 — Rudno telo; 2 — Dacit, 3 — Skriljac; 4 — Cipolin; 5 — Zdrobljeni skriljac.

Abb. 9 — Geologische Karte eines Horizontes in der Lagerstätte Svinska Reka, Sase (nach K. Bogojevski).  
1 — Erzkörper; 2 — Dazit; 3 — Schiefer; 4 — Zippolin; 5 — zerrütteter Schiefer.

Sasko rudno polje, sa ležištima Svinja Reka i Kozja Reka stvarano je u širokom temperaturnom dijapazonu. Počeci deponovanja rudnih i pratećih nerudnih minerala nalaze se u skarnovskoj fazi, dok je najveći deo mineralne parageneze stvoren u hidrotermalnom području.

Među rudnim mineralima preovlađuju sfalzit i galenit, a široko rasprostranjenje imaju pirit, delom pirotin; pored pomenutih minerala, K. Bogojevski pominje i magnetit i hematit iz skarnovske faze, zatim halkopirit, Fe-Mn karbonate, markasit. Posebno je interesantan sastav skarnova, koje je detaljnije izučavao Lj. Barić. Pored granatskih skarnova (uglavnom andraditskog tipa), javljaju se i bustamit, zatim johansenit-diopsid, zatim ilvait i aktinolit; mestimično šire rasprostranjenje ima i rodonit.

Sadržaj pojedinih metala je približno 4% Pb i 6% Zn.

**Zletovo.** — U rejonu Kratovo-Zletovo nalaze se veoma značajne koncentracije olova i cinka, koje se eksploatišu već duži niz godina (najstarije dokazano rudarstvo u ovome kraju vezano je za antičko doba).

Olovo-cinkova ležišta Zletova nalaze se u prostranom andezitskom masivu koji je izgrađen pretežno od biotitsko-amfibolskog andezita, za-

toku stvaranja rudnih ležišta. U poslednjoj fazi došlo je do izlivanja labradorsko-augitskih andezita; po vremenu postanka ove stene su mlađe od rudišta.

Početak eruptivne delatnosti u ovome području počinje pre srednjeg oligocena, a završava se, najverovatnije, u pliocenu (J. Tomić).

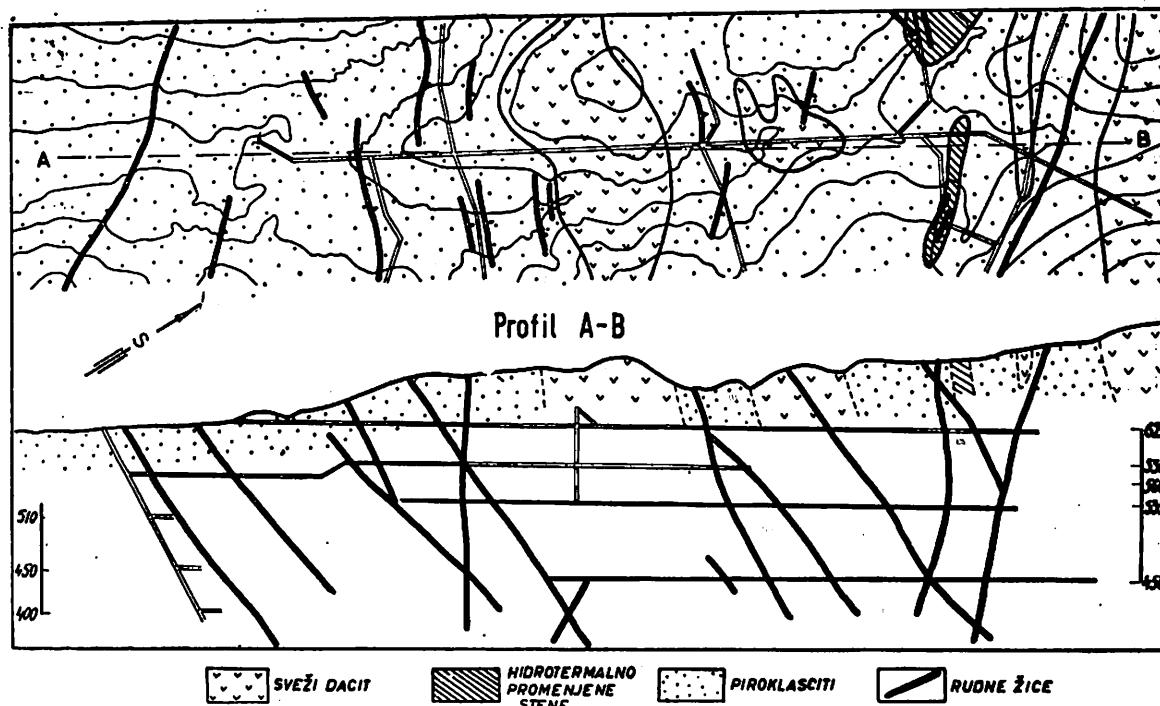
Rudna tela u zletovskom ležištu nastala su jednim delom zapunjavanjem tektonskih pukotina u biotit-amfibolskim andezitima, a delom potiskivanjem okolnih stena i deponovanjem toga se kod zletovskog rudišta ne može govoriti o pravim rudnim žicama obrazovanim ispunjavanjem praznih prostora, već o rudnim tehimima koja su nastala složenim procesima. Pošto su metasomatski procesi imali dominantnu ulogu, zletovska rudna tela su znatno većih razmera, prvenstveno u pogledu širine, nego prvo-bitne pukotine kroz koje su tekli rudonosni rastvori. Tako stvorene rudne žice pokazuju veoma promenljiv oblik, kako po padu tako i po pružanju, sa oštrim sменjivanjem moćnosti, i neravnomerno istaknutom postepenošću pri prelazu u okolne sterilne stene. U mnogim delovima rudišta prelaz u okolne stene se manifestuje impregnacionim zonama, čija se širina kreće najčešće između desetak santimetara i 1,0 m, katkad dostiže i nekoliko metara.

Dosada je u rejonu Zletova (samo ležište poznato je i kao dobrevsko) otkriveno 14 rudnih žica koje imaju približno istu orientaciju (sl. 10). Dužina pojedinih rudnih žica je veoma promenljiva. Najznačajnija je rudna žica br. 1, rudarskim radovima praćena po pružanju i više stotina metara. Moćnost rudnih žica je obično do oko 1 m, katkad i preko 5 m.

Sredina u kojoj su formirana rudna tela doživela je intenzivne hidrotermalne promene, koje se sastoje pre svega u sericitisanju, kaolinitisanju, silifikovanju i karbonatisanju. Ovome

- minerali deponovani u vidu gela koji je kasnije iskristalisao;
- minerali nastali pod kontaktno-metamorfnim uticajem;
- minerali iskristalisani iz jonskih rastvora;
- sekundarni minerali nastali usled površinskog raspadanja (procesi oksidacije).

Među procesima koji su se odigrali kod obrazovanja rudišta, posebno interesantnu pojavu, konstatovanu samo u rudnoj žici br. 1, predstavlja termička metamorfoza koju je izvršio



Sl. 10 — Rudne žice zletovskog (dobreanskog) rudišta (prema podacima rudničke geološke službe).

Abb. 10 — Erzgänge der Erzlagerstätte von Zletovo (Dobrevo). Nach Angaben der Geologischen Dienststelle des Bergwerkes.

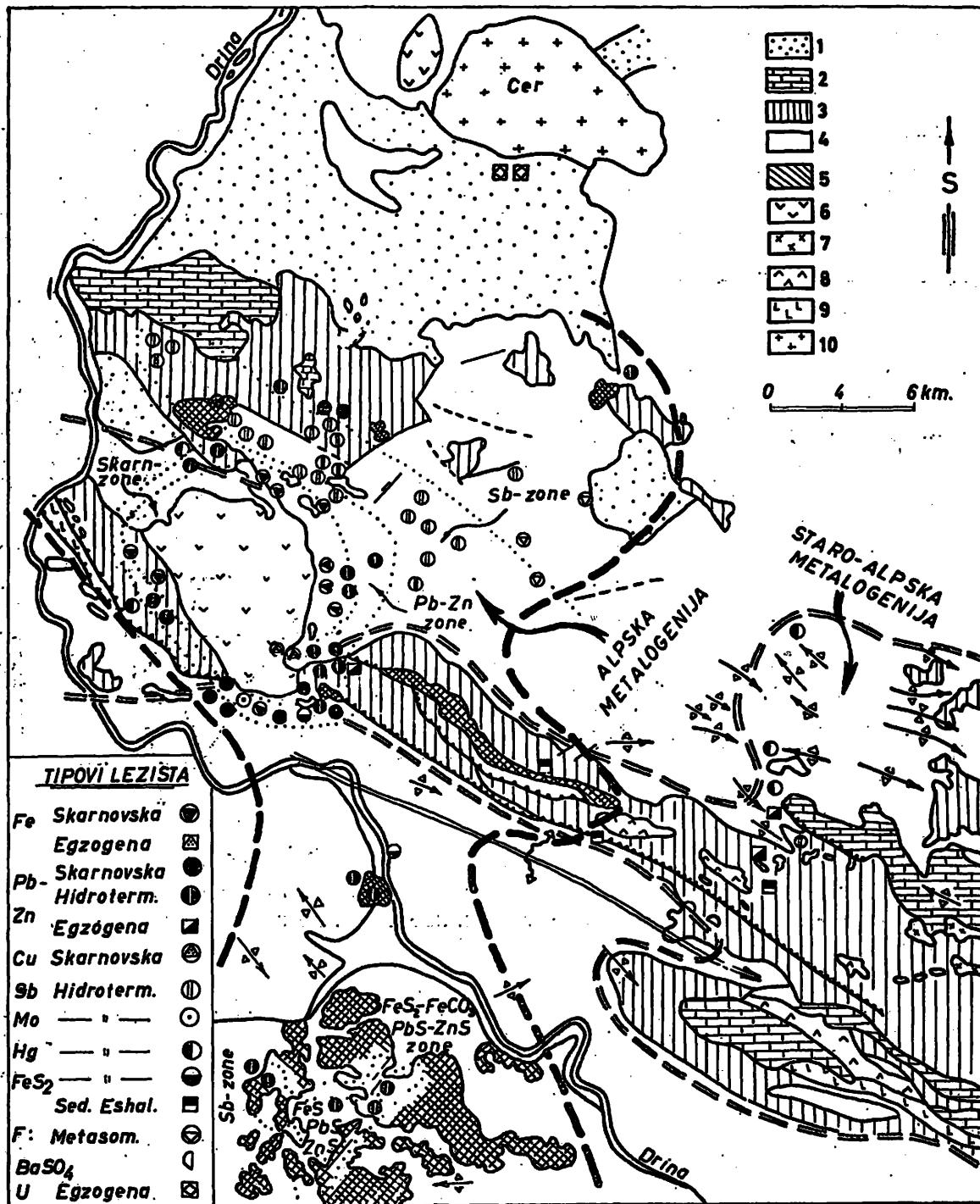
procesu koji je vremenski i genetski vezan sa procesom stvaranja rudišta, prethodila je veoma raširena propilitizacija, koja, međutim, nije u genetskoj vezi sa procesima orudnjavanja.

Mineralni sastav rude: rudna tela u zletovskom rudištu izgrađena su od niza minerala, među kojima su posebno rasprostranjeni: galenit, sfalerit, siderit, tetraedrit, znatno rede pirrotin, markasit, pirit, halkopirit, magnetit, franklinit, jakobsit, alabandin, valerit, hematit, arsenopirit, bornit, enargit, luzonit, halkozin, kovelin, prustit, burnonit, barit, kvarc. Mestimično se u ležištima javljaju i manje koncentracije urana, kao i Bi-minerala.

Ruda iz zletovskog rudišta sadrži 7,5% Pb i 2,3% Zn.

Prema A. Cisarcu u procesu stvaranja zletovskog rudišta može se izdvojiti nekoliko faza:

sanidinski dacit. Najveće promene pri tome pretrpeli su minerali gelske strukture; karakter nastalih promena nalazi se u tesnoj vezi sa intenzitetom termičkih uticaja. Kod slabijih uticaja termičke metamorfoze došlo je pre svega do sabirne kristalizacije siderita i sulfida gelske parageneze. Sa porastom toga uticaja raste i stepen promjenjenosti pojedinih minerala, naročito manganonosnih siderita (stvaranje ksenoblasta magnetita). Pri naročito intenzivnim uticajima lokalno se stvara franklinit, jakobsit, granat i epidot, pa i grafit. Ove promene odigravale su se na temperaturi 300–400° (temperatura potrebna za termičku disocijaciju siderita i početak stvaranja magnetita). Najveći deo minerala zletovskog rudišta, međutim, stvoren je na znatno nižim temperaturama (mezotermalno područje).



Sl. 11 — Karta rudnih ležišta podrinjske metalogenetske oblasti.

1 — Tercijarni sedimenti; 2 — Kredni sedimenti; 3 — Sedimenti Jure i trijasa; 4 — Paleozoik — sedimentno-metamorfoljni članovi; 5 — Tercijarni andeziti; 6 — Tercijarni grano-dioriti; 7 — Trijaski porfiriti i keratofiri; 8 — Jurski dijabazi; 9 — Serpentiniti; 10 — Hercinski graniti.

Abb. 11 — Kartenskizze der Erzlagerstätten in dem metallogenischen Gebiet des Drina-Flusses.

1 — Tertiäre Sedimente; 2 — kretazische Sedimente; 3 — Sedimente des Jura und Trias; 4 — Paläozoikum — sedimentär-metamorphe Glieder; 5 — tertiäre Andesite; 6 — tertiäre Granodiorite; 7 — triassische Porphyrite und Keratophyre; 8 — jurassische Diabase; 9 — Serpentinite; 10 — Herzyinische Granite.

**Podrinjska oblast.** — U podrinjskoj metalogenetskoj oblasti postoje brojna olovo-cinkova ležišta ili ležišta drugih metala u kojima olovo-cinkovi minerali imaju promenljivo učešće. Na sl. 11 prikazan je položaj pojedinih rudnih ležišta i rejon podrinjske oblasti.

Među brojnim pojavama pomenućemo samo značajnije:

**Rejon Velikog Majdانا.** — U zapadnoj Srbiji, između Ljubovije i Zvornika, nalazi se više pojava olova i cinka među kojima se ističe rudište Veliki Majdan.

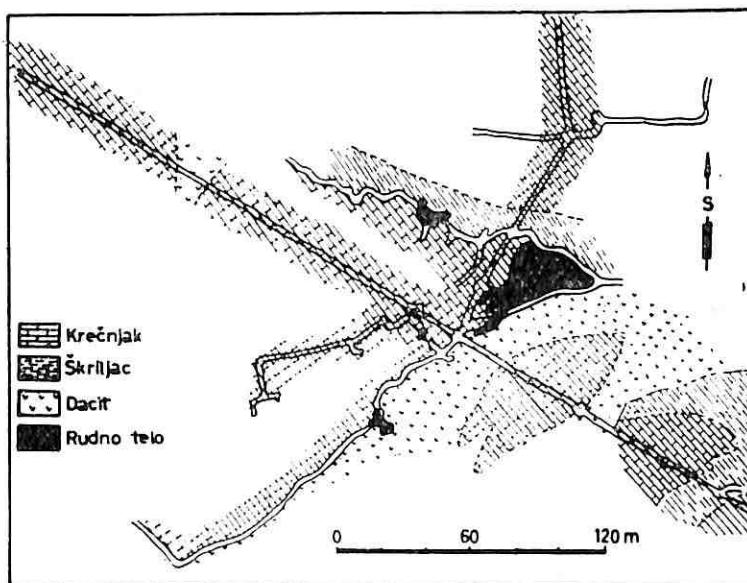
**Velikomajdansko rudište** nalazi se u paleozojskim krečnjacima, delom na kontaktu sa andezitsko-dacitskim stenama, a delom na

Prema mineralnom sastavu i načinu pojavljivanja, velikomajdansko rudište pripada grupi prelaznih metasomatskih ležišta, karakterističnih za visokoplutonske odnosno duboko subvulkanske nivoe.

Ruda se, uglavnom, sastoji od pirita, sfalerita i galenita, nešto manje halkopirita, pirotina, markasita; ideo ostalih minerala je praktično neznatan. Ruda sadrži oko 10% Zn i 5% Pb.

Sem velikomajdanskog rudišta u ovome rejonu se nalazi veći broj pojava sličnih sa velikomajdanskim rudištem, ali nedovoljno istraženih.

Sve rudne pojave koje se nalaze u domenu boranjskog granodioritskog masiva pokazuju izvensu zonalnost razmeštaja i karakteristične parageneze. Počev od granodioritskog masiva mogu se izdvojiti slabo razvijeni produkti pegmatitske faze, zatim nastaje relativno široka zona (1—2



Sl. 12 — Geološka karta jednog horizonta u velikomajdanskom rudištu.

Abb. 12 — Geologische Karte eines Horizontes in der Erzlagerstätte Veliki Majdan.

kontaktu sa paleozojskim škriljcima. Rudna tela se javljaju u jednoj uskoj zoni, a imaju oblik nepravilnih cevi-stubova koji strmo padaju. Razmere tih rudnih tela su obično male (površina rudnih tela na pojedinim horizontima od 30 do 2.000 m<sup>2</sup>), a oblik nepravilan, sa pojavama račvanja i spajanja sa dubinom (sl. 12).

Mineralni sastav rudišta je sličan ostalim ležištima toga tipa kod nas. Rudište je stvarano od pneumatoditiskog i pneumatolitsko-hidrotermalnog područja do epitermalnog. Najveći deo stvoren je, nesumnjivo, u uslovima srednjih temperatura. Od primarnih minerala se javlaju: kontaktni silikati, zatim magnetit, sfalerit, valerit, pirotin, halkopirit, galenit, siderit, arsenopirit, tetraedrit, pirit, džemsonit, bournonit, miargirit, pirargirit, plomozit, cinabarit, saflorit, antimonit; od nerudnih: kvarc, kalcit, barit.

km) koja se karakteriše pojavama skarnova sa magnetitskim i pirotinskim paragenezama, zatim pirotsko-halkopirotske parageneze sa kontaktnim mineralima (ležište Lipnik); između poslednjih parageneza i velikomajdanskih, nalazi se zona u kojoj preovladuje pirit praćen sfaleritom, rede galenitom i kvarcom kao dominirajućim pratećim mineralom; u toj zoni se retko javljaju i molibdenitske parageneze, sastavljene od molibdenita, pirita i kvarca u magmatskim stenama. Posle izrazitih hidrotermalnih olovo-cinkovih parageneza javljaju se antimonska ležišta.

**Srebrenica.** — U severoistočnoj Bosni u predelu Srebrenice nalazi se jedno veoma značajno rudonošno područje iz koga je ruda vadena u toku niza godina — počev od Rimljana (a verovatno i ranije), zatim u srednjem veku.

Rudonosni teren izgrađen je pretežno od paleozojskih, uglavnom permokarbonskih filita u kojima se mestimično javljaju interkalacije krečnjaka, argilošista. Mezozojski sedimenti grade nešto šire područje i među njima su najrasprostranjeniji krečnjaci.

U tercijaru je došlo do intruzija i izliva dacitskih stena, koje su široko zahvaćene procesima propilitizacije. Magmatske stene predstavljaju prelazne tipove od kalcijsko-alkalnih ka alkalnim. U najmlađe stene ovoga područja ubrajaju se daciti iz Sasa.

Rudonosna zona duga nekoliko kilometara nalazi se severoistočno od Srebrnice u pravcu Sasa. Olovo-cinkova rudna tela obrazovana su duž linija razlamanja, koja se na terenu zapožaju kao brečaste zone (rasedne breče). Deponovanje rudnih minerala iz rastvora vršeno je pretežno u slobodnim prostorima (pukotinski tip rudnih žica); pojave potiskivanja okolnih stena igraju pogredenu ulogu kod stvaranja rudnih tela. Pukotine i prsline koje ih prate u tim razlomnim zonama obrazuju često prave spletovе kod kojih se između rudnih žica sa kompaktnom rudom javljaju impregnacije.

Mestimično se nalazi i ruda izrazite brečaste tekuštice, kod koje rudni minerali povezuju komade razdrobljenih stena.

Rudne žice često obrazuju niz međusobno paralelnih rudnih tela, opšteg pravca pružanja severoistok-jugozapad. Moćnost rudnih žica je promenljiva — od nekoliko santimetara do 20—25 m (u proširenim delovima). Morfologija rudnih žica je često složena — promenljiva moćnost po pružanju i padu, račvanje i razbijanje, isklinjavanja.

Okolne stene su paleozojski škriljci, zatim dacitski tufovi i propilitisani daciti. Ekonomski značajnija ležišta olova i cinka vezana su sa dacitima i škriljcima.

Mineralni sastav olovo-cinkovih ruda Srebrnice: sfalerit, galenit, pirotin, pirit, arsenopirit, markasit, saflorit, siderit, bulanžerit, antimonit, pirargirit, enargit, halkopirit; od nerudnih: kvarc, kalcit (M. Ramović). Među njima najznačajniji ideo imaju galenit i sfalerit. Ruda sadrži, kao srednje, oko 6,2% Pb i 8% Zn. Od drugih metala u rudi se, prema ispitivanjima vršenim kod flotacijskih optika, nalazi približno:

Ag	80 — 100 g/t
Au	ispod 1,0 g/t
Ge	tragovi
Bi	0,003—0,01%
Cd	0,01—0,03%
Cu	0,04 — 0,1 %
As	0,06 — 0,46%
Ni	tragovi
Ga	—
Sn	—
Mo	do 0,0035%
WO <sub>3</sub>	tragovi
Sb	0,5 — 0,7%
S	6,6 — 7,8%

U višim delovima rudišta srebro je pretežno vezano sa prustitom, a u dubljim — sa srebrenosnim piritima.

### C. Istočnosrpska provincija

Olovo-cinkova ležišta u istočnosrpskoj provinciji nemaju ni izbliza onaj značaj kao što su ležišta bakra. Pretežno se radi o manjim rudnim koncentracijama.

Prema uslovima stvaranja izdvajaju se hidrotermalna i skarnovska ležišta; hidrotermalna imaju mnogo veće rasprostranjenje.

Mineralne parageneze su slične kao i u drugim provincijama: preovlađuju galenit i sfalerit, a javljaju se i halkopirit, šulfosoli, bizmutski minerali (mestimično), pirotin, pirit; pojedina ležišta olovo-cinka iz ove provincije pokazuju široku zastupljenost minerala srebra i visok sadržaj toga metala, tako da se može govoriti o tipičnim Pb-Zn-Ag rudnim formacijama (rudište Kučajna). U pojedinim skarnovskim ležištima, olovo-cinkove mineralne parageneze sadrže i neznatne koncentracije šelita, izuzetno i molibdenita.

Genetski, olovo-cinkova ležišta ove provincije su vezana sa hercinskim granitima i tercijarnim srednjokiselim magmatizmom. Razmotrićemo opšte odlike mineralizacije u okviru hercinske i alpske metalogenetske epohe; sasvim je moguće da postoje i ležišta u staroalpskoj epohi, ali o njima nema iole-pouzdanih podataka.

### Ležišta hercinske epohe

U vezi sa hercinskim granitima u istočnoj Srbiji postoji više manjih olovo-cinkovih ležišta.

Prema mineralnim paragenezama i načinu pojavljivanja, među Pb-Zn-ležištima u ovoj metalogenetskoj provinciji mogu se izdvojiti:

— Kvarcne žice sa sfaleritom i galenitom i nešto pirita, nalaze se poglavito u južnoj obodnoj zoni neresničkog granitskog masiva. Okolne stene su različiti predstavnici škriljaca. Prema obliku, rudna tela su žice, najčešće slojne, zatim sočiva.

Nije zasada jasno da li ovom metalogenetskom ciklusu pripadaju i žice kompleksnog mineralnog sastava koje se nalaze u paleozojskim škriljcima, nekoliko kilometara istočno od brnjičkog granitskog masiva (jugozapadno od sela Dobre na Dunavu). Sem-

sfalerita i galenita, u tim žicama se javljaju pirotin, arsenopirit, pirit i raznovrsne sulfosoli. Deo ovih parageneza je stvaran u kataermalnom području.

— U domenu neresničkog granitskog masiva olovo-cinkovi minerali se često javljaju kao pratioci šelita u zlatonosnim kvarcним žicama (rejon Brodice-Blagojev Kamen). Udeo olovo-cinkovih minerala je najčešće veoma mali.

— Kvarcne žice u okolini Tande, koje leže u granitima i delom prelaze u pegmatitske, sadrže niz minerala stvaranih u pneumatolitsko-hidroermalnom području. Galenit i sfalerit pripadaju hidroermalnoj fazi, dok su na višim temperaturama stvarani pirotin, molibdenit, šelit. Koncentracije olovo-cinkovih minerala u tim ležištima veoma su ograničenih razmara.

— Kvarno-baritske žice sa galenitom i nešto sfalerita, javljaju se samo mestimično (Luke, Crnajka; prema V. Simiću, baritska žica iz Luka sadrži i fluorit). Ove žice mogu biti jedino značajnije kao baritske, ali ne i kao olovo-cinkova ležišta.

— Minerali olova i cinka (uglavnom sfalerit) čine sastavni deo bakronosno-bizmutske parageneze u Aldincu, istočno od Knjaževca.

— Posebno interesantne pojave predstavljaju galenit u hidroermalnim uranovim ležištima u rejonu Stare Planine. Galenit praćen piritem javlja se krajnje retko u kvarcnim žicama.

### Ležišta alpske epohe

Tercijarna olovo-cinkova ležišta su lokalizovana, uglavnom, u dve osnovne rudne oblasti: u zoni Ridanj-Krepoljin i istočno od Žagubice, u okviru borskog eruptivnog kompleksa; nije potpuno jasno da li se ovim ležištima mogu pribrojiti pojave olovo-cinkove mineralizacije u paleozojskim škriljcima u rejonu Dobre.

Među značajnijim ležištima alpske epohe javljaju se sledeća:

Kučajna. — Rudište Kučajna, udaljeno 5 km od Kučeva, pripada grupi hidroermalnih metasomatskih ležišta, sa visokim sadržajem srebra i mestimično zlata.

Rudna tela su obrazovana u titonvalendijskim krečnjacima, u blizini kontakta sa dacito-andezitima, u jednoj zoni dugo preko 200 m. To su manja rudna tela u obliku gnezda i sočiva izgrađena pretežno od kompaktne rude. Koncentracije rudnih minerala u tufoznim brečama su veoma malih razmara.

Među primarnim mineralima zapaženi su: pirit, sfalerit, galenit, tetraedrit, halkopirit, arsenopirit, samorodno srebro, argentit, burnonit, bulanžerit, diskrazit, džemonit, pirargirit, polibazit-pirseit, bertijerit, halkostibit, bornit (S. Janković). Samorodno zlato ili minerali zlata nisu konstatovani, mada pojedini delovi rudišta sadrže i više desetina grama po toni; u jednoj staroj probi (1873. godine) od 56 t rude, konstatovano je 650 g/t zlata. Prema sadržaju gvožđa u sfaleritu, koristeći Kulerudove dijagrame o odnosu temperature stvaranja i sadržaja FeS sfalerita, utvrđeno je da je Kučajnsko rudište stvarano u intervalu 250—100° (S. Janković).

Kučajnska ruda se odlikuje veoma visokim sadržajem metala: preko 15% Pb i 20% Zn; sadržaj srebra — više stotina grama po toni.

Reškovića. — Istočno od Petrovca na Mlavi nalazi se manje olovo-cinkovo skarnovsko ležište (S. Janković). U kontaktnoj zoni, moćnoj oko 50 m, između titonvalendijskih krečnjaka i andezita, stvorene su manje mase skarnova. Rudni minerali su nepravilno razmešteni u kontaktnoj zoni, obrazujući relativno retke impregnacije. Samo mestimično se sreću tanke rudne žice ispunjene sfaleritom i galenitom.

Među rudnim mineralima javljaju se sfalerit, rede galenit, a zatim pirit, halkopirit, šelit, bornit, samorodni bizmut, emplektit, bizmutit, kozalit, tetradiemit, arsenopirit. Među skarnovskim mineralima zapaženi su granati sa zonalnom građom, zatim epidot, aktinolit, volastonit, a kao produkt hidroermalne aktivnosti rastvora i sericit.

U neposrednoj blizini olovo-cinkovog ležišta, u kontaktnoj zoni stvorene su i manje koncentracije magnetita, praćenog halkopiritom, retko i molibdenitom; ovaj poslednji je najmlada mineralna komponenta skarnovske parageneze u magnetitskom ležištu.

Valja Saka. — Istočno od Zagubice nalazi se skarnovsko ležište Valja Saka. Orudnjenje je vezano za jedan blok laporovitih krečnjaka uklopljen u hornblendu andezitu. Kod kasnijeg utiskivanja monconita došlo je do promena i andezita i stvaranja kontaktnih minerala u krečnjaku, a kasnije i orudnjenja (M. Drovenik).

Sem kontaktnih silikata (granat, vezuvijan, volastonit, augit, epidot, coisit), u ležištu su obrazovani, uglavnom u hidroermalnoj fazi, i sfalerit, galenit, pirit, halkopirit, bornit.

Srednji sadržaj olova u ležištu je 2,1%, cinka 1,9 i bakra 0,2% (M. Drovenik).

ZUSAMMENFASSUNG  
**Blei-Zink-Erzlagerstätten in Jugoslavien**

Dr. ing. S. Janković\*)

In Jugoslavien befinden sich zahlreiche Pb-Zn-Erzlagerstätten, die sich durch verschiedenartige mineralische Assoziationen auszeichnen, die die verschiedenartigen, sich in mehreren metallogenetischen Epochen abwickelnden Bildungsbedingungen abspiegeln.

Den Lagerstättentypen nach gehören die jugoslavischen Erzlagerstätten vorwiegend den hydrothermalen Lagerstätten an, und nur zum Teil sind es Skarn- oder vulkanogen-sedimentäre Lagerstätten. Für einen Grossteil der jugoslavischen Erzlagerstätten, vor allem für jene die in der alpinischen metallogenetischen Epoche entstanden, ist es charakteristisch dass sie in einem breiten Temperatur-Intervall gebildet wurden, dessen Anfänge sich im pneumatolytischen Bereich befinden, dagegen erfolgte die Absetzung der Pb-Zn — Erzminerale hauptsächlich im mesothermalen Stadium. Unter Berücksichtigung der unbedeutenden Temperaturgradiente die bei einer Mehrzahl der Erzlagerstätten beobachtet werden sowie die Beständigkeit des Mineralbestandes mit der Tiefe der Lagerstätte, kann angenommen werden dass die Lagerstätten unter Bedingungen des Hochplutons (bzw. tiefer Subvulkane) gebildet wurden und genetisch an mittelsauere magmatische Komplexe gebunden sind.

Lagerstätten der herzynischen Epoche sind selten und vorwiegend im Gangtypus entwickelt. Räumlich finden sich dieselben in der Dinarischen Provinz und nur teilweise in der Karpathen-Balkan Provinz, bzw. in Ostserbien. Genetisch sind dieselben an Granitintrusionen gebunden. In der alpalinischen Epoche, haben — neben hydrothermalen Lagerstätten — vulkanogen-sedimentäre Lagerstätten einen bedeutenderen Anteil. Den Mineral-Paragenesen nach können unterschieden werden: a) Sphalerit-Galenit-Lagerstätten, b) vorwiegend Galenit-Lagerstätten mit unbedeutendem Anteil an anderen Erzmineralien, c) Pyrit-Lagerstätten mit Sphalerit, etwas Chalkopyrit und äusserst wenig Galenit und d) Cerusit-Lagerstätten. Die Lagerstätten der alpalinischen Epoche sind genetisch an Quarzkeratophyr- und Porphyrit-Komplexe vorwiegend mitteltriassischem Alters gebunden.

Wirtschaftlich bedeutende Lagerstätten wurden in der alpinischen Epoche gebildet. Es sind dies vorwiegend Sphalerit-Galenitparagenesen mit Chalkopyrit, Pyrit, Sulfosalzen, Wi-Mineralien, stellenweise auch Ag-Mineralien. An Begleitmineralien werden am öftesten Quarz, Kalzit und Skarn-Mineralien (Granat, Epidot, Wollastonit u. a.) angetroffen. Genetisch sind dieselben an hochplutonische Intrusionen granodioritischer Komplexe gebunden. Dem Alter nach sind die Erzlagerstätten vorwiegend miozän, zum Teil etwas jünger.

L iter at u r a

- Arsenijević, M., 1961: Indijum i galijum u nekim našim sfaleritima. — Gl. Prir. muz., ser. A, knj. 14—15, Beograd.
- Barić, L. j., 1931: Plomozit iz Trepče kod Kovoske Mitrovice. — Gl. Skopskog naučn. dr., 9, 3.
- Berce, B., 1960: Nekateri problemi nastanka rudišča v Mežici. — Geol. raspr. in poroč., sv. 6, 235—250, Ljubljana.
- Cissarz, A., 1956: Die Lagerstätte von Zletovo in Makedonien als Beispiel eines komplexen subvulkanischen hydrothermalen Blei-Zinkvorkommens. — Vesn. Geol. zav. knj. 12, Beograd.
- Cissarz, A., 1956: Das Erzvorkommen von Borovica in Bosnien, ein triassisches Sulfidvorkommen vom Typus Rammelsberg. — Erzmetall, 9.

\*) Dr. ing. Slobodan Janković, profesor Rudarsko-geološkog fakulteta, Beograd.

- Cissarz, A., 1956: Die Pb-Zn-Lagerstätte des Crveni Breg am Avala bei Belgrad. — N. Jb. Min., Abh.
- Cissarz, A., 1956: Lagerstätten und Lagerstättenbildung in Jugoslawien. — Raspr. Geol. zav. NR Srbije, vol. VI, Beograd.
- Cissarz, A., 1957: Die Pb-Zn-Au-Lagerstätten von Lece im Andesitmassiv von Slišane in Jugoslawien. — N. Jb. M.n., Abh., 90, 2.
- Cirić, B., 1957: Tercijarni tektonski i magmatiski pokreti na Kopaoniku. — Zborn. II kongr. geol. FNRJ, Sarajevo.
- Donath, M., 1957: Kižnica, eine neue Bleierzlagerstätte im Revier Janjevo, Kosmet Jugoslawien. — Erzmetall, 7.
- Drovenik, M., 1953: Kontaktno-metamorfni pojavi in orudnjene območja Potoj Čuka-Valja Saka. — Geol. raspr. in poroč. Ljubljana.
- Forgan, C. B., 1948: Ore Deposits of the Stari Trg Lead-zinc Mine, Yugoslavia, — Sömp. lead and zinc, Int. Geol. Congr., London.
- Grafenauer, S., 1958: O nastupanju svinčevih, cinkovih in molibdenovih orudnjenj v Mežici. — Rud. met. zborn., 3 Ljubljana.
- Grafenauer, S., 1963: O mineralnim paragenezah Litije in drugih polimetalnih nahajališč v posavskih gubah. — Rud. met. zborn., št. 3, Ljubljana.
- Grafenauer, S., 1963: Geneza vzhodnoalpskih svinčevih in cinkovih rudišč. — Rud. met. zborn., Ljubljana.
- Hermann, F., Mempel, G., 1939: Die Blei- und Zinklagerstätten Jugoslaviens. — Zt. f. prakt. Geol., 47.
- Janković, S., 1964: Opšte odlike rudne mineralizacije Severne Crne Gore. — Rud. gl. sv. 2, 33—43, Beograd.
- Janković, S., 1955: Geologija i metalogeneza olovo-cinkovog rudišta Suplje Stijene (Crna Gora). Zborn. rad. Rud. geol. fak., Beograd.
- Janković, S., 1955: Sadržaj gvožđa i temperatura stvaranja sfalerita u pojedinim jugoslovenskim rudištima. — Zborn. rad. Rud. geol. fak., sv. 8, Beograd.
- Janković, S., 1957: Rudne pojave u Reškovići. — Zborn. rad. Rud. geol. fak., Beograd.
- Janković, S., 1961: Ekonomска geologija. — Posebno izd. Zav. za geol. geofiz. istr., knj. 7, Beograd.
- Janković, S., 1964: Opšte odlike tercijarne olovo-cinkove metalogenije u zapadnoj Srbiji. — Zborn. rad. Rud. geol. fak., Beograd (u štampi).
- Jurković, I., 1956: Mineralne parageneze Srednjobosanskog rudogorja sa osobitim osvrtom na tetraedrite. — Dokt. disert., Zagreb.
- Jurković, I., 1960: Polimetalne pojave u slivu potoka Srebrenjak južno od Dvora na Uni u Hrvatskoj. — Geol. vjesn., sv. XIII, 149—161, Zagreb.
- Nikitin, V., Duhošnik, J., 1936: Cinkovosvinčeni rudnik Stari Trg v okolici Trepče. — Rud. zborn., 200—225, Ljubljana.
- Novaković, R., Vandjel, V., Tomić, R., 1958: Geološki prikaz rudnih pojava na Kopaoniku. — Vesn. Zav. za geol. geofiz. istr., knj. 16, 255—277, Beograd.
- Pavlović, S., 1938: Studija ležišta ceruzita u Tisoviku kod Valjeva. — Geol. vesn., knj. 7, Beograd.
- Pavlović, S., 1938: Olovo-cinkovo ležište Trebiće-Lipovica kod Novog Pazara. — Geol. vesn., Beograd.
- Pavlović, S., 1939: Geološko-rudarska ispitivanja olovo-cinkovog rudišta Ajvalije kod Prištine. — God. Geol. inst., Beograd.
- Pešut, D., 1957: Strukturne karakteristike ležišta Lece. — Vesn. Zav. za geol. geofiz. istr., knj. 14, Beograd.
- Rakić, S., 1951: Sastav i struktura rude „Kopaonik“. — Gl. Prir. muz. srp. zem., ser. A, knj. 4, 161—173, Beograd.
- Rakić, S., Vučović, M., 1957: Pregled mineralizacionog ciklusa rudnika Rudnik u Šumadiji. — Vesn. Geol. zav., knj. 14, 109—137, Beograd.
- Rakić, S., Pešut, D., 1957: Pb-Zn pojave u Štavama kod Lukovske Banje. — Vesn. Zav. za geol. geofiz. istr. knj. 14, 85—96, Beograd.
- Rakić, S., 1958: Mineralne parageneze u rudištima olova i cinka Crveni Breg, Prečica i Ljuta Strana u Šumadiji. — Vesn. Zav. za geol. geofiz. istr., knj. 15, 313—340, Beograd.
- Ramović, M., 1955: Borovica-Vareš, sedimentna ležišta cinka, olova, barita i pirita. — Geol. gl., 5—30, Sarajevo.
- Ramović, M., 1957: Pregled nalazišta mineraла cinka i olova u Bosni i Hercegovini. — Geol. gl., Sarajevo.
- Ramović, M., 1961: Oblici, prostorni raspored, strukture i teksture rudnih žila Srebrenice. — Geol. gl., sv. 5, 163—197, Sarajevo.
- Simić, D., 1962: Novo rudno ležište olova i cinka „Farbani Potok“ kod Novog Brda. — Rud. met., No. 11, 2085—2090, Beograd.

- Simić, V., 1937: Pojava olovnih ruda na Lokvi i Tisoviku, blizu Medvednika. — Vesn. Geol. inst., knj. 5, 270—277, Beograd.
- Simić, V., 1955: Kratak osvrt na metalizaciju planina Golije i Radočela sa pregledom rudnih pojava. — Rud. met., sv. 5, Beograd.
- Simić, V., 1957: Olovna rudišta u Podrinju i razmatranja o njihovoj metalogeniji. — Vesn. Zav. za geol. geofiz. istr., knj. 14, Beograd.
- Schumacher, F., 1953: Die Lagerstätte der Trepča und ihre Umgebung. — Izd. pred. min. rud. i ekstrakt. ind., Beograd.
- Smejkal, S., 1956: Paragenetski odnosi sulfida gvožđa u olovo-cinkovom ležištu Trepče. — Vesn. Zav. za geol. geofiz. istr., knj. 12, Beograd.
- Smejkal, S., Rakić, S., 1957: Mineralne parageneze olovo-cinkanih ruda ležišta Ajvalije, Prline i Kižnice. — Vesn. Zav. za geol. geofiz. istr., knj. 14, Beograd.
- Smejkal, S., 1957: Olovo-cinkovo ležište Blagodat. — Vesn. Zav. za geol. geofiz. istr., knj. 14, Beograd.
- Smejkal, S., 1958: Olovo-cinkovo ležište Kopaonik. — Vesn. Zav. za geol. geofiz. istr., knj. 15, 287—311, Beograd.
- Smejkal, S., 1960: Strukture, mineralizacije, mineralne parageneze i geneza Pb-Zn ležišta kopaoničke oblasti. — Dokt. disert., Rud. geol. fak., Beograd.
- Sinkovec, B., 1957: Pojave i glavne rude na Lisini kod Srba u Lici. — Geol. vjesn., Zagreb.
- Tornquist, A., 1929: Die Blei-Zinklagerstätten der Savafalten vom Typus Litija. — Berg-u. Hüttenmän. Jb., 77.
- Vandjel, V., Novaković, R., Tomić, R., 1958: Olovo-cinkova mineralizacija u području sela Jelakca (Kopaonik). — Vesn. Zav. za geol. geofiz. istr., knj. 15, Beograd.
- Zorc, A., 1955: Rudarsko-geološka karakteristika rudnika Mežica. — Geol., raspr. in poroč., Ljubljana.



## Kaolinitска глина из Borskog rudnika

(sa 7 slika)

Dr ing. Milet a Simić

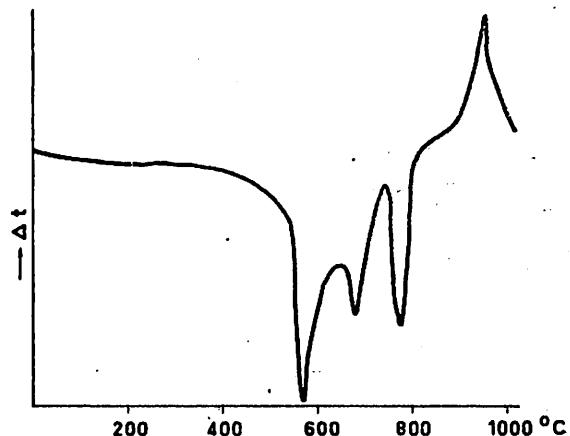
Kaolinitске глине у подручју Borskog rudnika не grade samostalno ležište, koje bi moglo да се експлоатиše на савремени начин, већ се концентрација каолинитске глине остварује као споредни производ у току припреме бакарне руде поступком флотације. Овом производу покланја се у последње време паžња у истраживаčким центрима Rudarskог института због могућности да се ова глина примени у разним областима промишљаја и на тај начин пoveća ekonomičnost prerade borske rude у целини, о чему је већ писано.

Glinovita supstanca je светлосиве боје у сувом стању и сива у влаžном. Постепено упира воду с образовањем сверолитских тела. Сuspendија је нестабилна, нарочито у киселом и нутралном подручју, док се с dodатком амонијака стабилност побољшава. Бубрежеје променљиво од узорка до узорка али су колебања мала (20—25%).

Већ прва испитивања открила су сложену приrodu минералне супстанце, а касније још и извесну неједнакост у распореду осnovних минерала од узорка до узорка. Прва испитивања вршена су на полуиндустријском узорку који је добијен третирањем око 300 тона руде и у коме је величина зrna износila максимално 20 микрона.

Diferencijalna kriva zagrevanja узорка величине зrna испод 20 микрона (sl. 1) сложене је природе. Endotermna реакција у температурном интервалу 500—700°C и egzotermna реакција на 960°C карактеристична је за

каолинит с квартом. Слаба endotermna реакција у интервалу 100—200°C indicira prisustvo haloizita, premda se ovaj efekat pojavljuje и код структурно неuređenog kaolinita. Два мања endotermna максимума у каолинитском температурном интервалу (500—700°C) као и endotermni efekat у интервалу 800—900°C izazvani su prisustvom alunita.



Sl. 1 — Kriva diferencijalnog zagrevanja kaolinitiske gline, величина зrna испод 20 микрона.

Fig. 1 — Differential thermal curve of kaolinite clay, particle size — 20 microns.

Prvi endotermni efekat alunita (на око 570°C) povećan je због квартца и njegove inverzije из  $\alpha$  у  $\beta$  модификацију.

Rentgentska ispitivanja metodom praha potvrdila su prisustvo kaolinita (kompleks linija na debaegramu od 7,11; 4,44; 3,57; 2,55; 2,32; 1,54 i 1,48 Å), kvarca i male količine alunita (kompleks linija od 5,70; 4,93; 3,48; 2,97; 1,89; 1,74 i 1,31 Å).

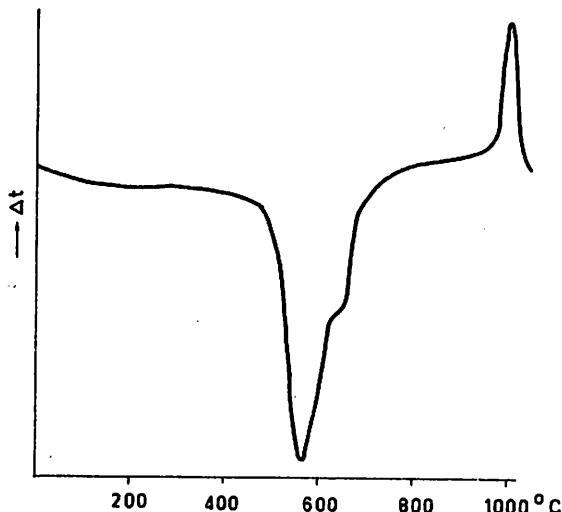
Bojenje suspenzije glinene supstance s metilen plavim i smešom metilen plavog i kalijum hlorida daje reakciju tipičnu za kaolinitске gline.

Kasnija ispitivanja na specifičnom uzorku veličine zrna do 60 mikrona unešekoliko se razlikuju od prethodnih. Kriva diferencijalnog zagrevanja (sl. 2) jednostavnija je i ukazuje na kaolinit i kvarc. Pregib na kaolinit-

skom endoternom maksimumu registruje malu količinu alunita, koji je i rentgenskom analizom praha potvrđen (kompleks linija od 2,97; 1,89; 1,74 i 1,32 Å).

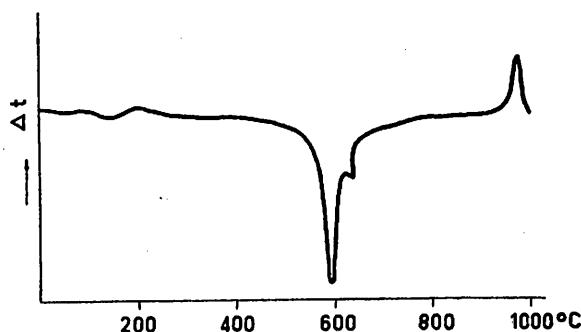
### Ispitivanje drugog poluindustrijskog proizvoda

Poluindustrijski proizvod preciznije je ispitani. Uzorak je podeljen u četiri tačno definisane granulometrijske frakcije: veličine zrna ispod 1 mikrona, 1—5 mikrona, 5—10 mikrona i preko 10 mikrona. Ove frakcije izdvojene su sedimentnom metodom, a zatim su svaka posebno analizirane.



Sl. 2 — Diferencijalna termička kriva kaolinitiske gline, veličina zrana ispod 60 mikrona.

Fig. 2 — Differential thermal curve of kaolinite clay, particle size — 60 microns.



Sl. 3 — Kriva diferencijalnog zagrevanja kaolinitiske gline, frakcija sitnija od 1 mikrona.

Fig. 3 — Differential thermal curve of kaolinite clay, fraction — 1 micron.

### Frakcija sitnija od 1 mikrona

Granulometrijska frakcija veličine zrna ispod 1 mikrona zastupljena je u uzorku sa svega oko 9 procenata. Tačan podatak ne može da se prikaže, jer je zbog termičkih i rentgenskih analiza izbegnuto zagrevanje materijala.

Termodiferencijalna kriva (sl. 3) ukazuje da u polimineralkoj smeši učestvuju kaolinit, kvarc i alunit. Prisustvo haloizita indicirano je slabim endoternim efektom u intervalu 100—150°C kao posledica otpuštanja slabo vezane vode. Posle obrade s etilenglikolom na termodiferencijalnoj krivi pojavljuje se slab endotermni efekat kod 500°C kao posledica stvaranja kompleksa haloizita i etilenglikola. Endotermna reakcija, karakteristična za kaolinit, počinje na 500°C s vrhom na 590°. Pored toga za kaolinit je karakterističan i egzotermni efekt s vrhom na 970—980°C. Prevoj na krivi u intervalu 620—640°C potiče od alunita. Količina alunita, u odnosu na frakciju od 1—5 mikrona, opada, tako da u frakciji ispod 1 mikrona glavno razviće imaju kaolinit i mehanički usitnjeni kvarc.

Dehidratacionala kriva (sl. 4) kaolinitskog je tipa, ali se zapaža uticaj malih količina haloizita.

Rentgenska analiza praha, rađena u komori prečnika 114,83 mm i u inertnoj sredini, daje refleksе karakteristične za kaolinit (7,14; 4,44; 3,57; 2,55; 2,32; 1,53 i 1,48 Å), zatim haloizit (po refleksima 3,62; 3,33 i 1,23 Å) i alunit (po linijama 5,70; 3,48; 1,74 i 1,31 Å). Pored njih konstatovan je kvarc.

Efekti bojenja suspenzije s organskim reaktivima tipično su kaolinitskog tipa.

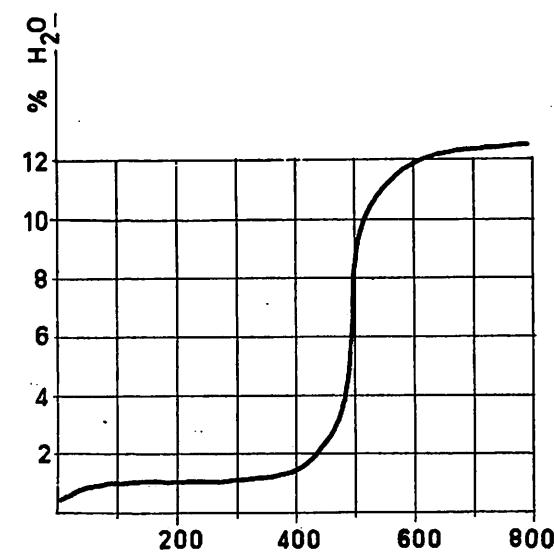
O kvantitativnim odnosima kasnije će biti rečeno.

#### Frakcija 1—5 mikrona

Količinski odnosi i raspored minerala složeniji su u granulometrijskoj frakciji 1—5 mikrona. Kriva diferencijalnog zagrevanja (sl. 5) indicira da kaolinitski efekti i dalje dominiraju, ali se pojavljuju i dva nova endotermna maksimuma ( $650$  i  $730^{\circ}\text{C}$ ) karakteristična za alunit. Ovo je značajan podatak za raspored alunita u kompletном uzorku, odnosno označava grupisanje u ovoj frakciji. Dehidrataciona kriva takođe beleži porast alunita (sl. 6) i opadanje haloizita. Rentgenska analiza praha omogućila je da se konstatuje kaolinit, kvarc i alunit.

Bojenje suspenzije s organskim reaktivima daje efekte karakteristične za kaolinit. Međutim, s obzirom na grupisanje alunita, a s tim u vezi povišenja uloge kalijunia u ovoj frakciji, moguće je da su ovi efekti potencirani.

Ispitivanjima briket-preparata u odbijenoj svetlosti nisu konstatovani metalični minerali, jer je vreme taloženja kod sedimentacionog odvajanja računato u odnosu na kao-



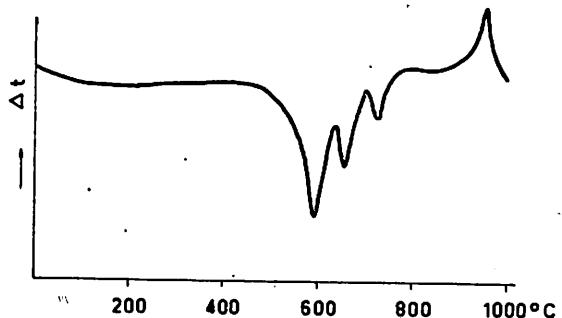
Sl. 4 — Dehydrataciona kriva kaolinitiske gline, frakcija sitnija od 1 mikrona.

Fig. 4 — Dehydration curve of kaolinite clay, fraction — 1 micron.

#### Frakcija 5—10 mikrona

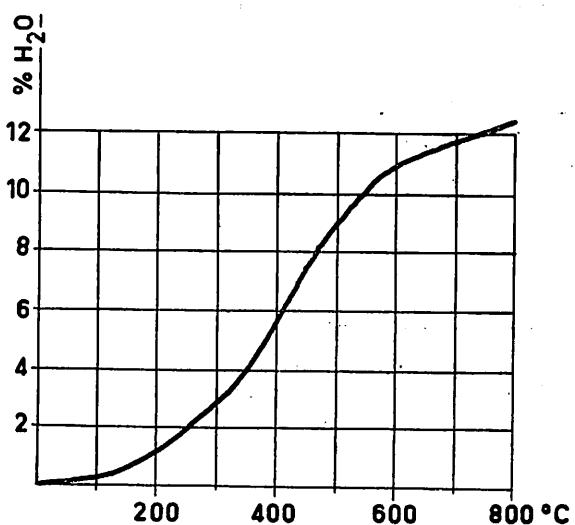
Ova frakcija ispitana je u propuštenom i odbijenom polarizovanom svetlu. Osnovni minerali su: kvarc, kaolinit, hidroliskun, feldspat, zatim apatit, rutil, sfen, pirit i halkopirit. Metalični minerali, pirit i halkopirit, granulometrijski pripadaju frakciji 1—5 mikrona, ali su zbog veće specifične težine odvojeni od ove frakcije.

Zrna kvarca i feldspata obavijena su tankom skramom od minerala gline, koja se rasstvara u koncentrovanoj sonoj kiselini uz blago zagrevanje. Zrna su slobodna. Sastav



Sl. 5 — Diferencijalno termička kriva kaolinitiske gline, frakcija 1 — 5 mikrona.

Fig. 5 — Differential thermal curve of kaolinite clay, fraction 1 — 5 microns.



Sl. 6 — Dehydrataciona kriva kaolinitiske gline, frakcija 5—10 mikrona.

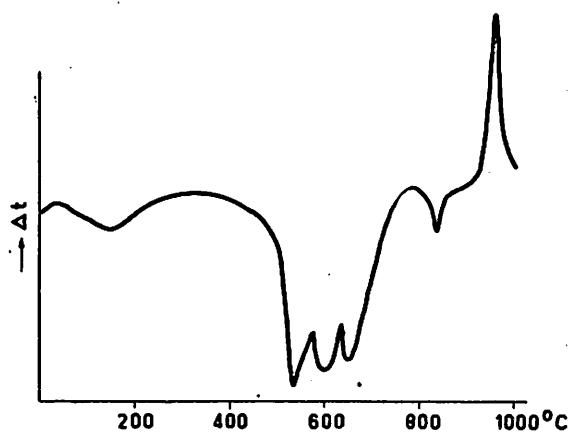
Fig. 6 — Dehydration curve of kaolinite clay, fraction 5—10 microns.

feldspata određen je u imerziōnoj sredini (plagioklas sa 50—60% anortita). Optičke karakteristike kaolinita su:  $Ng' = 1,556 \pm 0,003$ ,  $Np' = 1,560 \pm 0,003$ , takođe merene u imerziōnoj sredini. Optičke osobine hidroliskuna su:  $2V = 4-7^\circ$ ,  $Ng' = 1,598 \pm 0,003$ ,  $Ng' - Np' = 0,034 \pm 0,004$ . Oba minerala su izdužena po cepljivosti. Pirit i halkopirit su u oslobođenim zrnima veličine 3—5 mikrona. Međusobni odnos je 5 : 1 u korist prita.

#### Frakcija preko 10 mikrona

U ovoj frakciji zastupljen je pored minerala gline kvarc, feldspat, nešto sitnog epidota i retka zrna prita. Kod zrna veličine preko 20 mikrona feldspat je srastao s kvarcom. Piritska zrna ispod 5 mikrona slobodna su dok su u krupnijoj frakciji srasla s kvarcom.

U cilju međusobne korelacije uzorka iz raznih faza ispitivanja kaolinitiske gline iz Borskog rudnika snimljena je kriva diferencijalnog zagrevanja (slika 7) i debaraogram za nerazdeljen uzorak iz poluindustrijskog proizvoda.



Sl. 7 — Diferencijalno termička kriva uzorka kaolinitiske gline.

Fig. 7 — Differential thermal curve of kaolinite clay sample.

Na termodiferencijalnoj krivi jasno su izražene tri endotermne reakcije. Prva počinje na temperaturi od oko  $500^\circ\text{C}$  s vrhom oko  $590^\circ\text{C}$  i karakteriše gubitak konstitucione

vode kod kaolinita. Egzotermna reakcija na  $900-1000^\circ\text{C}$  izazvana je rekristalizacijom u novu mineralnu vrstu. Pored kaolinitskih javljaju se dva endotermna pika u intervalu  $500-650^\circ\text{C}$  i  $730-800^\circ\text{C}$ . Ove reakcije karakteristične su za alunit i predstavljaju u prvom slučaju gubitak 6 molekula konstitucione vode, a u drugom gubitak 3 molekula  $\text{SO}_3$ , dok četvrti molekul ostaje vezan s kalijumom.

Prisustvo kaolinita, kvarca i u manjoj meri alunita potvrđeno je rentgenskom analizom praha u komori prečnika 114,83 mm. Uslovi ispitivanja isti su kod svih rentgenskih i termičkih ispitivanja.

#### Kvantitativni mineralni sastav i osvrt na raspored minerala

Na osnovu svih ispitivanja, diferencijalnotermičkih, termogravimetrijskih, rentgenskih, mikroskopskih, koristeći podatke hemijskih ispitivanja i fazne mineraloške analize kvantitativni mineralni sastav kaolinitiske gline može da se izrazi u procentima po težini:

kaolinit . . . . .	52,0
haloizit . . . . .	5,1
kvarc . . . . .	35,0
hidroliskun . . . . .	0,3
plagioklas . . . . .	4,1
alunit . . . . .	2,5
rutil i sfen . . . . .	0,4
epidot . . . . .	0,1
magnetit . . . . .	0,2
pirit i halkopirit . . . . .	tr.

Raspored minerala po granulometrijskim frakcijama nije ujednačen. Minerali gline, kaolinit, haloizit i hidroliskun u najvećoj meri grupisani su u najsitnijoj frakciji veličine zrna ispod 1 mikrona. Količina kaolinita u ovoj frakciji kreće se oko 85 procenata. Pri tome se zapaža da kod kaolinita postoje strukturno uređeni i neuređeni tipovi kristalnih rešetki, najverovatnije zbog previlejnog usitnjavanja u toku mlevenja rude. Strukturno neuređeni kaolinit konstatovan

je samo u frakciji ispod 1 mikrona, dok strukturno uređeni i u svim frakcijama. Haloizit je konstatovan samo u najsitnijej frakciji, dok u frakciji 1—5 mikrona nije mogao da bude sigurno određen, jer daje iste termičke efekte kao i kaolinit. Čak ni posle obrade s etilen-glikolom nisu primećeni efekti koji bi upućivali na haloizit.

Nasuprot mineralima gline kvarc se gruši u najkrupnijim frakcijama. Međutim, fino dispergovana zrna kvarca, koloidnih razmara, javljaju se i u frakciji veličine zrna ispod 1 mikrona.

Ukoliko se uporede rezultati ispitivanja kaolinitiske gline iz raznih faza produkta pripreme borske bakarne rude zapaža se da je ova gлина polimineralna smeša sa srazmerno neujednačenim mineralnim i granulometrijskim sastavom. Ova neujednačenost odražava litološku složenost borskog rudišta u vertikalnom i bočnom smeru i raznovrsne promene u prerudnom, rudnom i postrudnom stadijumu formiranja rudišta. Otkopavanje

različitih delova rudišta, s ciljem da se postigne ravnomeran sadržaj bakra u rudi, prouzrokuje različit količinski odnos kaolinita i kvarca, dakle osnovnih minerala u sirovini. Kolebanje sastava naročito je vidljivo na alunitu, koji nekad potpuno izostaje. Drugi uzrok neujednačenosti sirovine čisto je tehničke prirode i zavisi od pravilnog odabiranja tačno definisane granulometrijske frakcije, jer od toga zavisi odnos kaolinita i kvarca. S ujednačavanjem optimalnog granulometrijskog sastava poboljšaće se mineralni i hemijski sastav sirovine u celini.

Dosadašnja ispitivanja, i pored primenjenih kvantitativnih metoda, još uvek su kvalitativne prirode, jer ispitani uzorci ne predstavljaju srednji uzorak. Buduća ispitivanja omogućiće da se dobije potpunija slika o materijalnom sastavu polimineralne kaolinitiske gline, njenoj ujednačenosti a samim tim i o primeni u raznim oblastima industrije i građevinarstva.

## SUMMARY

### Kaolinite Clay from Bor Mine

M. Simić, M. Sc., Ph. D.\*)

In the process of concentration of Bor copper ore by means of the selective flotation, a greyish clay substance is obtained, as a by-product. By using thermal (DTA and TGA), X-ray and optical methods, together with the aid of the chemical analysis results, it has been concluded, that the structurally sorted kaolinite is basic mineral of clay in polymimetal mixture with halloysite, hydromica and structurally unsorted kaolinite. Quartz, plagioclase and alunite are basic associates of the clay minerals. The arrangement of minerals in the mixture is usual, because some 85 per cent of kaolinite is grouped in the fraction of — 1 micron size, while the associates of clay minerals are in larger fractions. Further investigations on the industrial sample, will make it possible to obtain more precise data about the arrangement of the clay minerals in the mixture.

\*) Dr ing. Milet Simić, naučni saradnik Odjeljenja za rudarsku geologiju u Rudarskom institutu, Beograd.

### Literatura

- Grbović M., Puštrić S., 1965: Prethodna studija mogućnosti korišćenja jalovine an-dezitno propilitizirane rude bakra Bor u cilju dobijanja kaolinske materije. — „Rudarski glasnik” br. 2.
- Grim R. E., 1953: Clay Mineralogy. — Mc Graw Hill Book Co., New York.
- Ross C. S., Kerr P. F., 1934: Halloysite and alophane. — U. S. Geol. Surv. prof. paper, 185—G.
- Sand L. B., Bates Th. F., 1953: Quantitative analysis of endellite, halloysite and kaolinite by differential thermal analysis. — Amer. Min., 38, No. 3—4.



# Masivne konstrukcije u rudarstvu

## III. Temelji

(sa 12 slika)

Prof. ing. Dragutin Damjanović

### Opšte

Temelji i u rudarstvu predstavljaju veoma važne radove, jer se na njih postavljaju konstrukcije, čija stabilnost zavisi prema tome, od njihove ravnoteže u tlu. U ovom članku će se tretirati i teorijski prikazati oni faktori koji utiču na stabilitet raznovrsnih objekata u eksploataciji rudnika. Ovaj problem je obiman pa bi zahtevao široko i opsežno izlaganje svakog slučaja posebno, ako bi se temelji rudarskih konstrukcija tretirali onako kako se, od slučaja do slučaja, javljaju u tehničkim radovima. Da bi se pravilno obuhvatili oni slučajevi koji su najčešći u rudarstvu, treba, pre svega, napomenuti da su tu u pitanju pretežno temelji, koji primaju i prenose pored statičkih i dinamičke uticaje. Apstrahujući, a priori, način analitičkog prikaza opterećenja temelja, koji, posebno za svaki slučaj, treba da prikaže sliku kritičnih napona kako u temelju tako i na tlu, ne treba gubiti iz vida izgled i karakteristike čitave konstrukcije, jer će se tako najsigurnije izbeći moguće greške u opštim postavkama, koje se obično uvode pri analizi i proračunu pojedinih slučajeva. Bilo, dakle, da su u pitanju temelji izvoznih tornjeva, bunkera, raznih stubova, mašina, itd., treba uvek računati sa činjenicom, da su merodavna naponska stanja ona, koja se dobijaju uvođenjem i statičkih i dinamičkih uticaja. Sem

toga ne treba zanemariti uvođenje onih koeficijenata sigurnosti, koji se u rudarstvu iz specifičnih razloga redovno uvode. Pravilno teorijsko tretiranje i analitički proračun temelja, i u rudarstvu zahteva detaljno poznavanje svih podataka o tlu i o režimu onih faktora, koji u datom slučaju mogu da budu od odlučnog uticaja na stabilitet konstrukcije. Ovde, pored ostalog, treba misliti na površinske i podzemne vode, klizišta tla, položaj već izvršenih radova, npr. okana, podzemnih hodnika, ostalih objekata, itd. Podatke o tlu treba uvek istraživati putem sondiranja, pri čemu naročitu pažnju obratiti na pravac i nagib pojedinih slojeva tla, kao i na eventualan uticaj površinske ili podzemne vode. Ovo je od posebne važnosti za one konstrukcije, kod kojih temelji rade kao izložani „samci“, što je inače čest slučaj u rudarstvu (npr. stubovi za žičare, dalekovode, kontaktne mreže, itd.). Prema tome, od osobite važnosti je raspored sondaža na površini zemljišta, jer od njega zavisi u velikoj meri tačna i pravilna slika pojedinih slojeva tla, sa njihovim kotama, debljinama, nagibima, itd. U rudarstvu su, kao konstruktivni elementi, od većeg značaja stubovi, što proističe iz prirode rđova u eksploataciji rudnika — izvozni tornjevi, bunker, separacije, stubovi žičara, dalekovoda i kontaktnih mreža, kao i većina konstruktivnih elemenata u podzemnim radovima, sadrže ili čak predstavljaju

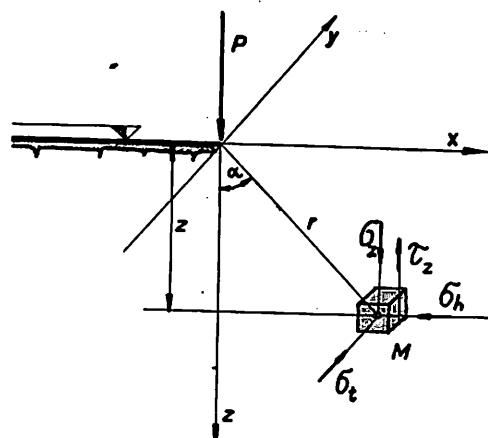
stubove, koji najčešće leže na posebnim temeljima. Otuda je važno poznavanje raspostiranja opterećenja, tonjenja odnosno sleganja i mogućnosti klizanja takvih temelja koji, kao što je poznato, prenose često vrlo velike koncentrisane sile.

Za pravilnu teorijsku analizu ovog problema najbolje je primeniti principe „statike tla”, čiji je zadatak da računskim putem tretira ponašanje tla pod dejstvujućim silama, da određuje napone i deformacije u proizvoljnim njegovim tačkama, i da u datom slučaju predviđa i otklanja eventualnu opasnost od sloma tla. Takav zadatak je statički neodređen, pa da bi se mogao rešiti moraju se usvojiti izvesne postavke kao konačne; sem toga, treba poznavati i zakone od kojih zavise naprezanja i deformacije tla. „Statika tla” i „Mehanika tla”, čiji će se neki principi ovde izneti, detaljno tretiraju ove zakone, pa se prema tome obe ove nauke skoro same po sebi nameću kao neophodne u rudarstvu. Po prirodi svog poziva, rudarski inženjeri se za vreme čitavog svog tehničkog rada, skoro neprekidno susreću sa pritiscima tla i opasnostima od njegovog sloma iz raznih uzroka, pa je zbog toga potrebno da detaljno pozna-ju ne samo principe već i analitičke metode za određivanje stepena sigurnosti rudarskih konstrukcija. Ne treba pri tome gubiti izvida, da su postavke, na čijim se osnovama zasniva analitički prikaz napona u tlu, najčešće hipoteze, bez kojih se ne bi mogao sprovesti skoro nikakav rad. Stanje idealne elastičnosti tla (za koje važi Hooke-ov zakon), elastične homogenosti (za koje modul elastičnosti „E” i Poisson-ov broj „m” imaju istu vrednost u svim tačkama) i elastične izotropije (pri čemu „E” i „m” imaju stalnu vrednost i za svaki pravac neke tačke), predstavljaju hipoteze (pošto i „E” i „m” zavise od stanja napona) o kojima treba voditi računa, jer se na njima osnivaju metode analitičkog proračuna napona u tlu ispod temeljnih ploča.

### Pritisak i smicanje u tlu

U stvari, nema temelja koji opterećuju tle u jednoj idealnoj tački, kao što nema ni takvih temelja koji opterećuju tle po jednoj liniji. U oba slučaja su u pitanju konačne tj. ograničene površine. Uticaj koncentrisane

sile preko temelja-samca na napone u nekoj tački „M” u tlu ispod temelja, prikazan je na sl. 1.



Sl. 1 — Naponi na elementu „M” u tlu.

Fig. 1 — Contraintes d'un élément „M” dans le sol.

Prema Boussinesq-u naprezanja u elementu „M” su:

$$\sigma_z = \frac{3P}{2\pi z^2} \cdot \cos^5 \alpha \quad (\text{normalni napon u pravcu ose } z)$$

$$\sigma_t = \frac{P}{2\pi z^2} \cdot \cos^2 \alpha \left( 3 \sin^2 \alpha \cos \alpha - \frac{m-2}{m} \cdot \frac{1}{1+\cos \alpha} \right)$$

$$\tau_z = \frac{P}{2\pi z^2} \cdot \frac{m-2}{m} \cos^3 \alpha \left( \cos \alpha - \frac{1}{1+\cos \alpha} \right)$$

$$\tau_z = \frac{3P}{2\pi z^2} \cdot \sin \alpha \cos^4 \alpha \quad (\text{tangencijalni napon})$$

pri čemu su usvojene pretpostavke da je tle elastično, homogeno i izotropno, što naravno u prirodi nikada nije slučaj.

Treba napomenuti da su za temelje u rudarstvu od primarnog značaja naponi  $\sigma_z$ , usled čega dolazi do sleganja tla, i  $\tau_z$ , usled čega može da dođe do cepanja, odnosno sloma tla. U gornjim jednačinama „m” predstavlja Poisson-ov broj, tj. odnos podužne i bočne deformacije elementa tla „M” pod uticajem sile „P”. Vrednost  $m = 2$  odgovara zemljanom materijalu postojane zapremine, tj. materijalu koji u toku deformacija menja

samo svoj oblik ali ne i zapreminu, pa ako se takav broj „m” uvede u gornje izraze dobijaju se naponi:

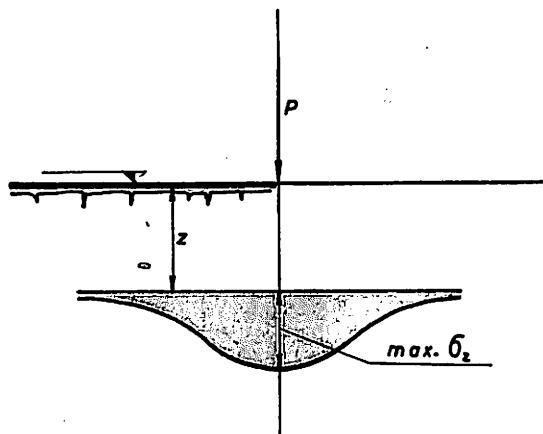
$$\sigma_h = \frac{3P}{2\pi z^2} \cdot \cos^3 \alpha \sin^2 \alpha, \quad \sigma_t = 0$$

Najveća vrednost napona „ $\sigma_z$ ” dobija se kada je ugao  $\alpha = 0$ , pošto je tada  $\cos \alpha = 1$  i  $r = z$ , a to znači da je u tom slučaju tačka „M” ispod sile „P”, pa je tada normalni napon u pravcu ose „z”:

$$\text{max. } \sigma_z = \frac{3P}{2P z^2}$$

Za slučaj da je ugao  $\alpha = 90^\circ$ , tada je napon  $\sigma_z = 0$ .

Dijagram napona u dubini „z”, pod dejstvom koncentrisane sile „P” prikazan je na sl. 2.



Sl. 2 — Dijagram napona u tlu.

Fig. 2 — Diagramme des contraintes dans le sol.

Treba napomenuti da ima i drugih metoda za izračunavanje vertikalnog normalnog napona „ $\sigma_z$ ”, koji je posebno za temelje u rudarstvu najvažniji, one se ovde neće iznositi. Pri svem tom, za rudarske inženjere je od osobite važnosti da vode računa o rasprostiranju opterećenja kroz tle, o naponima koji se tada javljaju u tlu i naročito o fizičkim svojstvima tla. Posebnu pažnju treba obratiti na položaj i nagib slojeva u tlu ako ih ima, kao i na stepen njihove zasićenosti vodom. Bilo je

mnogo slučajeva da su dobro konstruisani temelji u pogledu svojih dimenzija bili uzrok teškim rušenjima samo zbog rđavo postavljenog položaja temelja u odnosu na pojedine slojeve tla. Boussinesq-ovi izrazi za naponе su bliski realnosti ako je tle, pored uslova ranije iznetih, konsolidovano, jednorodno i ako se elemenat tla „M” (sl. 1) laži izvan zone plastičnih deformacija u tlu. Sem rasprostiranja pritisaka u tlu po dubini, postoji i raspodela napona po širini. Ovo je od velike važnosti za površinske objekte u rudarstvu, gde su česti slučajevi bliskih uzajamnih položaja raznih konstrukcija. Objekat koji je godinama mirovao bez štetnih sleganja, može da bude doveden u kritično stanje građenjem novog objekta u njegovoj blizini.

Hooke-ova pretpostavka ( $\sigma = E \cdot \epsilon$ ) je samo delimično zastupljena kada se radi o zemljanim materijalima, pa je zbog toga traženo jedno opštije rešenje, tj. jedan opštiji izraz za napon „ $\sigma_z$ ”, koji bi se mogao primeniti. Tako je Fröhlich iz velikog broja drugih statički mogućih stanja, tretirajući tle u kome je Poisson-ov broj  $m = 2$ , dao jedan korigovan izraz za napon „ $\sigma_z$ ” u elementu „M” na dubini „z” ispod temeljne stope (sl. 1) i koji glasi:

$$\sigma_z = \frac{nP}{2\pi z^2} = \cos^{n+2} \alpha$$

pri čemu je broj „n” nazvao „faktorom koncentracije” i čija se vrednost kreće od 3 do 6. Za slučaj kada je  $n = 3$  (glina sa manjom količinom vode) dobija se ranije izneti Boussinesq-ov obrazac:

$$\sigma_z = \frac{3P}{2\pi z^2} = \cos^5 \alpha$$

Za pesak treba uvesti  $n = 4$ , dok se za plastične materijale uvodi  $n = 5$ . Ako su u pitanju vrlo mali temelji, kod kojih se i pri manjim opterećenjima javljaju plastične deformacije, tada je  $n = 6$ . Kao što se vidi iz datog izraza, sa povećanjem vrednosti broja „n” rastu i naponi na dubini „z” ispod temeljne stope, koji se sem toga sve više koncentrišu oko sile „P”, pa je Fröhlich zbog toga broj „n” nazvao „faktorom koncentracije”. Po Cramér-u merenja naprezanja, koja su bila izvršena pri opitima, najbolje se

slažu sa teorijom kada je faktor koncentracije:  $3 < n < 6$ . Po istom autoru za  $n \neq 3$  izraz za napon  $\sigma_z$  ne pripada elastostatiki, pošto se ne zasniva na Hooke-ovoј hipotezi.

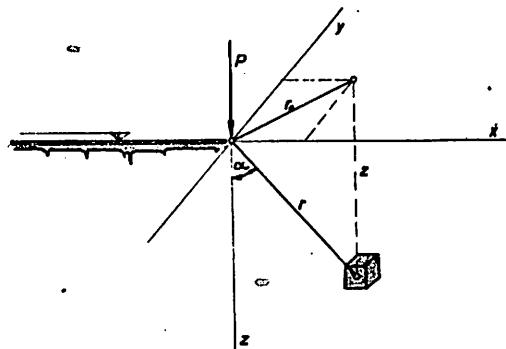
### Tonjenje (sleganje tla)

Pored napona na pritisak  $\sigma_z$  na dubini „z” ispod stope temelja, i tangencijalnog napona tla  $\tau_z$  koji su od velikog značaja za stabilnost temelja, u rudarstvu su temelji često izloženi tonjenju (sleganju) zbog velikih i promenljivih vertikalnih opterećenja „P”, a zatim i klizanju usled uticaja horizontalnih sila, koje su posledica pritiska brdskog masiva ili drugih opterećenja.

Da bi se uprostio način prikaza proračuna sleganja na dubini  $z = 0$ , tj. neposredno ispod opterećenja „P”, pretpostaviće se da tada nema bočnog širenja tla (Poisson-ov broj  $m = \infty$ ), pa ako se uvede ranije dobijeni napon:

$$\sigma_z = \frac{3P}{2\pi z^2} = \cos^5 \alpha$$

tada je skraćenje „dw” elementa visine „dz” (sl. 3):



Sl. 3 — Proračun tonjenja (sleganja) temelja.  
Fig. 3 — Calcul des tassements des fondations.

$$dw = \frac{\sigma_z}{E} \cdot dz = \frac{3P}{2\pi z^2 E} = \cos^5 \alpha dz$$

Iz sl. 3 vidi se da je:

$$r_0 = \sqrt{x^2 + y^2}$$

projekcija zraka „r” na horizontalnu ravan ( $z = 0$ ) je:

$$z = r_0 \cot \alpha$$

i dalje:

$$\frac{dz}{d\alpha} = -r_0 \cdot \frac{1}{\sin^2 \alpha}$$

ili

$$dz = -\frac{r_0}{\sin^2 \alpha} d\alpha$$

Tonjenje odnosno sleganje ravni  $z = 0$  jednak je, prema tome, u ovom slučaju:

$$\begin{aligned} \int_{\frac{\pi}{2}}^0 \frac{\sigma_z}{E} dz &= \int_{\frac{\pi}{2}}^0 \frac{3P}{2\pi E} \cdot \frac{\cos^5 \alpha}{r_0^2 \cot^2 \alpha} \cdot \frac{-r_0 d\alpha}{\sin^2 \alpha} = \\ &= -\frac{3P}{2\pi E r_0} \int_{\frac{\pi}{2}}^0 \cos^3 \alpha d\alpha \end{aligned}$$

ili

$$w = -\frac{3P}{2\pi E r_0} \cdot \frac{2}{3} = \frac{P}{\pi E r_0}$$

Ako se uvede i bočno širenje tla, tada je tonjenje tla prema Boussinesq-u:

$$w = \frac{P}{\pi E' r_0}$$

gde je:

$$E' = \frac{m^2 \cdot E}{m^2 - 1}$$

odavde se vidi da je za  $m = \infty$ ,  $E = E'$ , pa tako važi dati izraz za „w”.

Ovde treba napomenuti da je, po Craemer-u, za izraze „w” i napon „ $\sigma_z$ ”, koji neposredno pod opterećenjem „P” daju beskonačno velike vrednosti, veoma potrebna ispravka, mada se na izvesnoj udaljenosti od opterećenja „P” brzo gubi greška usled zamišljanja temelja kao koncentrisanog tereta u jednoj tački.

### Osnovi za proračun napona ispod temelja

Mnogo je jednostavnija pretpostavka ravnomernog naprezanja tla po jedinici površine, za slučaj da opterećenje „P” dejstvuje u sredini temeljne ploče, dakle, da je centrično. Te-

orijski deo tih studija pripada brojnim autorima (Fröhlich, Schleicher, Steinbrenner, itd.) i zasniva se na hipotezama elastične izotropije zemljišta i elastičnosti temeljne ploče, što ne odgovara stvarnosti. Jugoslovenski propisi dozvoljavaju pretpostavku ravnomjerne podele pritisaka ispod temelja. Oni u nekim slučajevima preporučuju i druge metode za određivanje naponu na tlu, dubine fundiranja i dozvoljenog opterećenja zemljišta ispod temelja, ako se pri tome uzimaju u obzir karakteristike tla, objekta i načina građenja. Zbog značaja i za konstrukcije u rudarstvu, ovde će u sažetom obliku biti iznete takve karakteristike.

**Zemljiste:** sastav slojeva temeljnog tla, njihova debljina i redosled ispod temelja, vlažnost, zbijenost, poroznost, stišljivost, bubrežje, propustljivost i opasnost klizanja. Sem toga, treba poznavati položaj i kretanje podzemne vode, ispreturnost slojeva u tlu ako ih ima, podzemne kaverne, mogućnost klizanja, itd.

**Objekt:** na dubinu fundiranja i na nosivost tla utiču veličina objekta, predviđena trajnost tj. stalna ili privremena, osnova i dimenzije temelja, uzajamni položaj temelja, osetljivost objekta na sleganje, veličina i karakter opterećenja: stalno, pokretno, centrično, ekscentrično, statičko, dinamičko, vibraciono, itd.

**Građenje:** vremenski razmak između dovršeњa iskopa i početka građenja, brzina građenja i opterećenja tla, način građenja s obzirom na tehnička sredstva.

Ovako sažeto izneti načini analitičkog tretiranja ovog tako važnog i kompleksnog problema u teoriji fundiranja, mogu da pruže sliku o stepenu neodređenosti u proračunu dimenzija i stabilnosti temelja. Veliki broj uticajnih faktora koji sudeluju u analitičkim proračunima deformacija tla ispod temeljne ploče, čine ovaj problem još neodređenijim. Zbog toga se u proračun temeljnih ploča uvođi ravnomerna podele pritisaka na tlu, tj. ona raspodela koja odgovara idealno elastičnom tlu. Iz toga sledi dobro poznati izraz:

$$\sigma = \frac{P}{F}$$

gde je:

$$\sigma = \text{napon na tlu} \left( \frac{\text{t}}{\text{m}^2} \text{ ili } \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right)$$

$P$  = centrični pritisak (t, kg) i

$F$  = naležuća površina temeljne ploče ( $\text{m}^2$ ,  $\text{cm}^2$ ).

Ovaj se izraz svakodnevno primenjuje mada, kao što se vidi iz dosadašnjeg skraćenog izlaganja, ne odgovara stvarnosti. Ovo važi i za poznati izraz za napon na tlu ispod temelja od momenta:

$$\sigma = \pm \frac{M}{W}$$

gde je:

$M$  = momenat u odnosu na neutralnu liniju temeljne ploče ( $\text{tm}$ ,  $\text{kgcm}$ ).

$W$  = merodavni otporni momenat temeljne ploče ( $\text{m}^3$ ,  $\text{cm}^3$ ).

Prema tome, pošto se usvaja da temelj ostaje ravan tj. krut, to se i njegova sleganja i uzdizanja ponašaju prema izrazu:

$$w = \frac{\sigma_{zo}}{C}$$

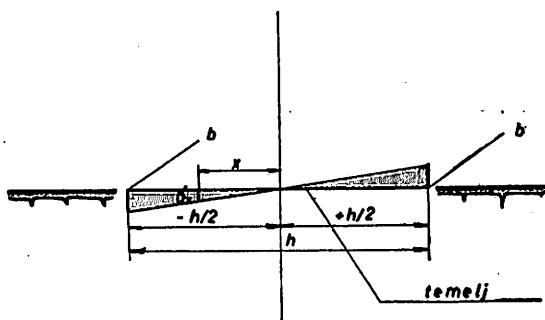
gde je:

$w$  = sleganje odnosno tonjenje temelja,

$\sigma_{zo}$  = napon na tlu ispod temelja, i

$C$  = konstanta tla (koja zavisi od karakteristika odgovarajućeg tla), pa se za jedan temelj pravougaonog oblika dimenzija „ $b/h$ “ dobija (sl. 4):

$$\sigma_x = \frac{2x}{h} \cdot \sigma_r$$



Sl. 4 — Proračun sleganja pod pretpostavkom krutog temelja.

Fig. 4 — Calcul des tassements supposant des fondations raides.

dalje je:

$$M = \int \sigma_x \cdot b \cdot dx \cdot x = \frac{2 \sigma_r \cdot b}{h} \cdot \int_{-\frac{h}{2}}^{\frac{h}{2}} x^2 dx = \\ = \frac{4 \sigma_r \cdot b}{h} \cdot \frac{x^3}{3} \Big|_{-\frac{h}{2}}^{\frac{h}{2}}$$

i odavde:

$$\sigma_r = \frac{6 M}{bh^2} = \frac{M}{\frac{bh^2}{6}} = \frac{M}{W} \text{ (ranije izneti izraz).}$$

Prema tome, zbog nekih neslaganja između teorijskih rezultata u određivanju napona i sleganja tla ispod temelja, ne bi možda ni trebalo u svakom slučaju suviše istraživati putem dugih i komplikovanih proračuna, vrednost ivičnih napona na temeljnim pločama, jer sva ta ispitivanja, u krajnjoj liniji, ipak počivaju na spornim osnovama. Upravo zbog toga se, pri proračunu temelja, treba držati propisa koji traže uvažavanje karakteristika tla, objekta i načina građenja.

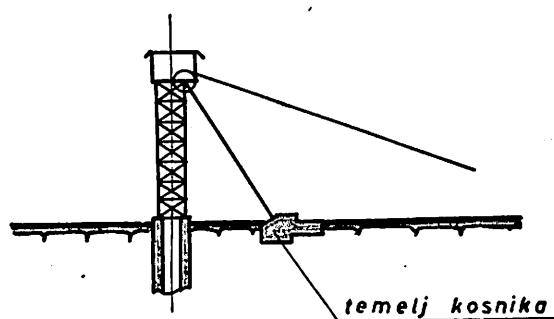
#### Analiza opterećenja i napona nekih rudarskih konstrukcija

Od velike je važnosti da se pri konstruisanju temelja vodi računa o raspodeli opterećenja u njemu, i da se, pre svega, stvari jasna slika o svojstvima tla na kome se fundira. Kojim i kakvim naponima će biti izložen temelj, ne zavisi samo od oblika temelja već i od uticaja koje on treba da prenese na tle. Nekoliko primera raspodele sila u temeljima rudarskih konstrukcija biće prikazano prema sledećem:

**Temelji izvoznih tornjeva.** — Pri izboru mesta za izvozni toranj — što je inače čist rudarski zadatak, jer u najvećoj meri zavisi od položaja podzemnih prostorija kao i od tehničko-manipulativnog rada na površini zemlje — treba voditi računa i o uslovima koji utiču na stabilnost ovog objekta. Obično nema nekih naročitih problema ako je površina tla horizontalna i ako je tle povoljno prema zahtevima geomehanike. Rešenje temelja kod izvoznih tornjeva je od posebne važnosti pri nepovoljnim i teškim terenskim uslovima na površini zemlje, i to

naročito za temelje kosnika, pošto se temelji vertikalnog dela konstrukcije mogu za slučaj potrebe ankerovati u zid okna (sl. 5).

Opterećenje temelja kosnika je, u stvari, od koncentrisane kose pritiskujuće sile (sl. 6), koja se razlaže prema sl. 6, iz čega se vidi



Sl. 5 — Vertikalni presek izvoznog tornja.

Fig. 5 — Coupe verticale d'une tour à chevalement.

da je tle napregnuto i u vertikalnom i u bočnom pravcu, pri čemu računski dobijeni naponi treba da budu najviše jednakili manji od dozvoljenih napona na tlu, tj.

$$\sigma_1 \leq \sigma_1 \text{ dozv.} \quad i \quad \sigma'_1 \leq \sigma'_1 \text{ dozv.}$$

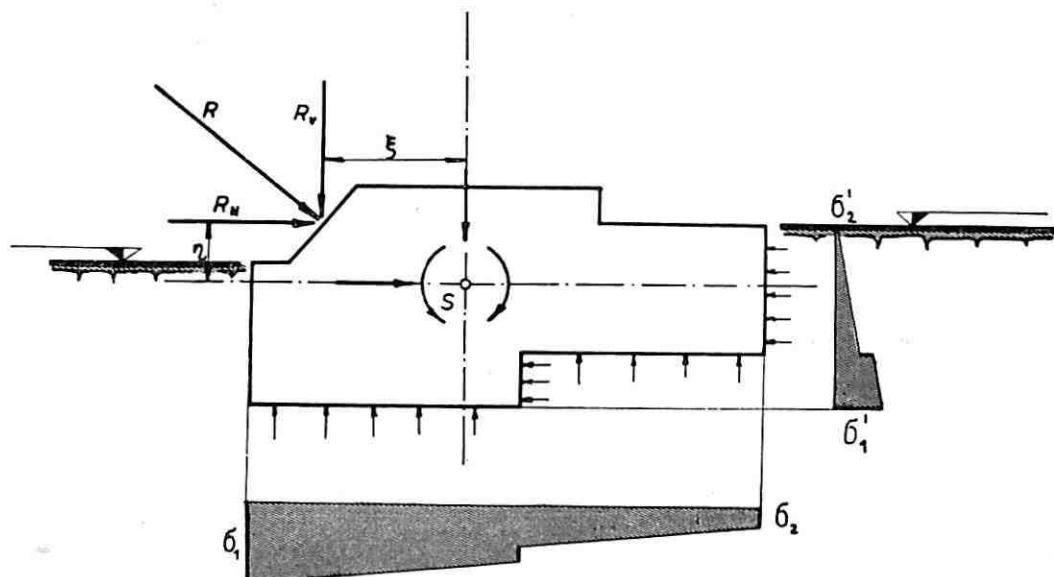
Dozvoljeni naponi za tle  $\sigma_1$  i  $\sigma'_1$  dobijaju se geomehaničkim putem.

Jasno se vidi kakve bi posledice bile za stabilnost izvoznog tornja za slučaj prekoračenja napona  $\sigma_1$  i  $\sigma'_1$ , ili ako bi došlo do izražaja pomeranje temelja usled horizontalne komponente sile „R“. Kao što je izneto u uvodnom delu ovog članka, zbog prirode rada izvoznog tornja, temelj je izložen dinamičkom uticaju sile „R“, što se naravno odražava i na tle. Zato se pri proračunu sile „R“ uvodi dinamički faktor „φ“ koji i propisi predviđaju. Sem toga, treba uvesti i određeni koeficijent sigurnosti „n“ prema rudarskim propisima, pa se na taj način stvarna sila „R“ povećava na „R · φ · n“, čime se dobija i potreban koeficijent sigurnosti u naponima  $\sigma_1$  i  $\sigma'_1$ .

**Temelji rudarskih bunkera.** — Na izbor mesta za bunkere u rudarstvu, pored uticaja koji zavise od eksploracionih uslova, u najvećoj meri utiču faktori stabilnosti. Bunker je u rudarstvu, kao i izvozni toranj, izložen skoro stalnim neprekidnim potresima koji potiču od utovara odnosno isto-

vara rude. To je, prema tome, veoma dinamična konstrukcija, pa je zato potrebno obratiti najveću pažnju kako na oblik temelja, tako i na dubinu odnosno položaj njegove ležišne spojnice. Zbog toga temelje bunkera treba posmatrati u celini, tj. zajedno sa konstrukcijom, položajem i nagibom slojeva tla ispod temelja. Ovo je od osobite važnosti u brdskom terenu, pa je zato potrebno detaljno ispitivanje zemljišta putem sondiranja, radi dobijanja i utvrđivanja onih podataka koji utiču na sigurnost temelja. Tu u prvom redu

bunker, kao što je izneto, najčešće stoji na posebnim temeljima, tada je, pored napona na pritisak i sleganja tla, od velikog uticaja i bočna stabilnost svakog temelja, usled mogućnosti pokreta zemljišta naročito u brdskim predelima. Za slučaj sumnjivog vertikalnog preseka tla, potrebna je tesna saradnja rudarskih i građevinskih stručnjaka, radi određivanja i postavljanja stalne konstrukcije temelja za bunker. Ako treba, bolje je na vreme menjati položaj (lokaciju) bunkera, nego se boriti često sa stihijskim silama, koje



Sl. 6 — Poprečni presek temelja kosnika izvoznog tornja. Raspodela sila i dijagrama pritisaka na tlu.

Fig. 6 — Coupe transversale de fondation du poussard d'une tour à chevalement. Repartissement des forces agissantes. Diagramme des compressions sur le sol.

treba misliti na podzemne vode i nagib slojeva tla, koji bitno utiču na određivanje kote dna temelja. Bunkeri se najčešće postavljaju na veći broj temelja samaca, pa treba težiti da svaki od njih radi sa potrebnim stepenom sigurnosti. Klizanje tla je najčešće u terenu se koso nagnutim slojevima koji propuštaju atmosfersku vodu, pa ako se ispod takvih slojeva nalazi vodonepropustljiv sloj, npr. gлина, tada sa velikom verovatnošću treba očekivati pokrete zemljišta, što može da proizvodi teške posledice (sl. 7 a i b).

Nikada ne treba žaliti vremenskog truda i novčanih investicija, ako je potrebno izvršiti sondiranje terena u cilju dobijanja tačnih podataka o sastavu zemljišta. Usled toga što

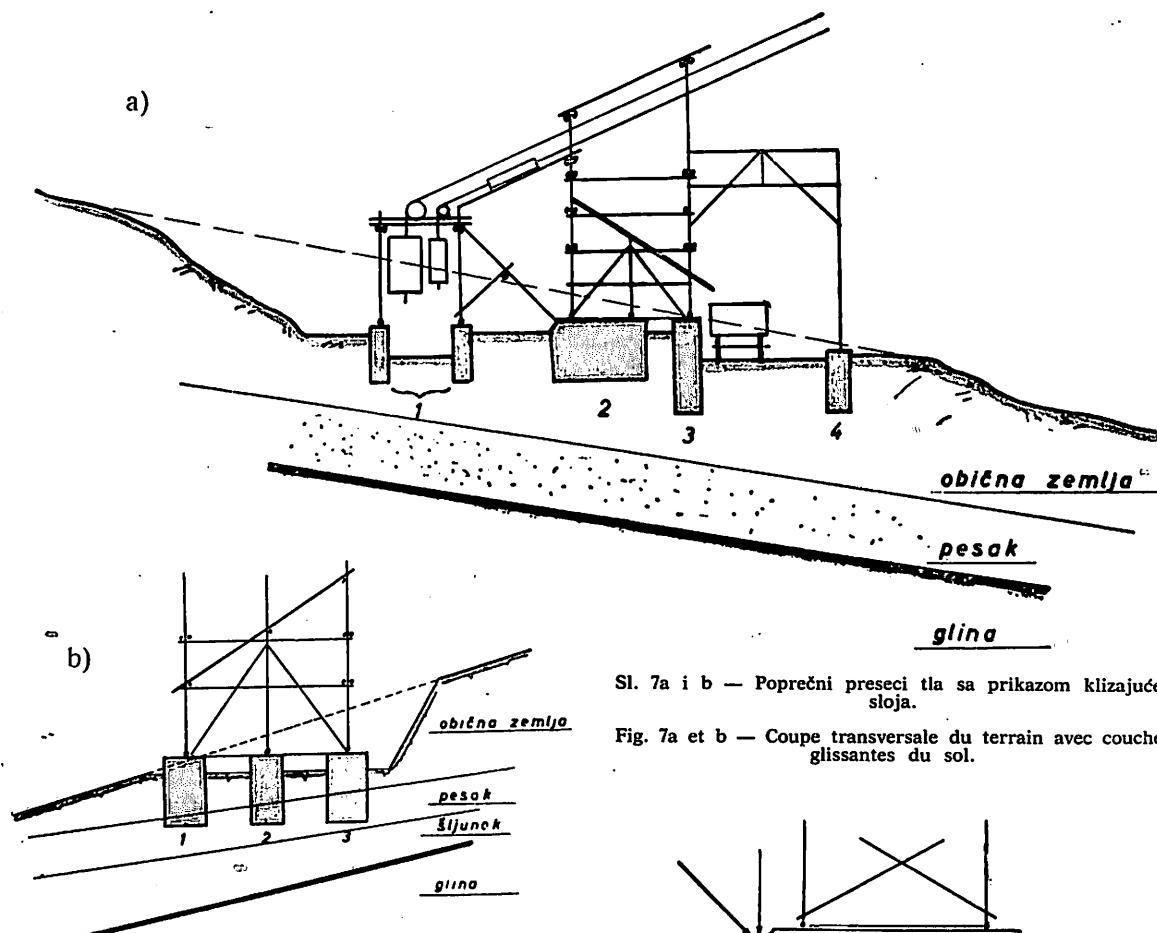
u najvećem broju slučajeva ruše konstrukciju i tako prouzrokuju još veći finansijske izdatke. U izuzetnim slučajevima moraće se usvojiti osnovne koncepcije u pogledu položaja bunkera, jer je dovoljno poznato od kakvog je i kolikog uticaja bunker na opšti aspekt eksploracije rudnika. Tada je potrebno određivanje adekvatnog načina fundiranja temelja, čak i najskupljeg, ako je u stanju da obezbeđuje stabilitet konstrukcije. U vezi s tim, često su potrebni i opsežni radovi na odvođenju atmosferske i podzemne vode. Kod velikih i značajnih rudarskih konstrukcija, kao što su separacije, bunker, izvozni tornjevi, itd., ti su problemi ponekad veoma kompleksne prirode i zahtevaju angažovanje

stručnjaka iz raznih struka (građevinske, rudarske, geološke, hidrotehničke, geomehaničke, itd.).

Posmatrajući temelje 1, 2, 3 itd. na sl. 7 a) i b), vidi se da postoji mogućnost pokretanja celog bunkera, ako se ne preduzmu opsežne mere radi sprečavanja klizanja tla na gornjoj površini gline. Kao primer raspodele sile i napona, na sl. 8 će šematski biti prikazan temelj br. 2 sa sl. 7a).

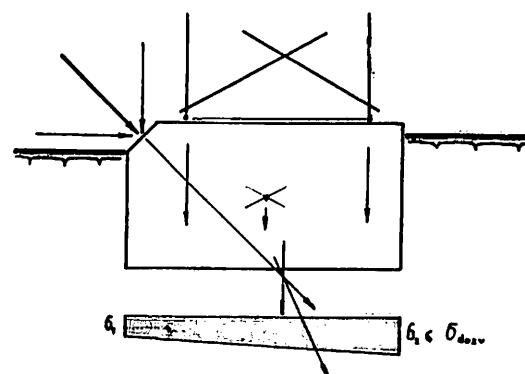
lja, imaju veći značaj za rudarske konstrukcije na površini zemlje, ali su zato klizanja slojeva tla i smicanja vrlo česta i od velikog uticaja na stabilnost raznih vidova podgrada i u podzemnim rudarskim prostorijama.

**Stubovi.** — U rudarstvu ima mnogo stubova primenjenih u raznim konstrukcijama. Bilo da su u pitanju stubovi za žičare, dalekovode i kontaktne mreže, ili da je reč o pojedinim stubovima za druge svrhe, uvek



Sl. 7a i b — Poprečni preseci tla sa prikazom klizajućeg sloja.

Fig. 7a et b — Coupe transversale du terrain avec couches glissantes du sol.



Sl. 8 — Raspodela sile i napona jednog temelja.

Fig. 8 — Repartissement des forces et contraintes d'une fondation.

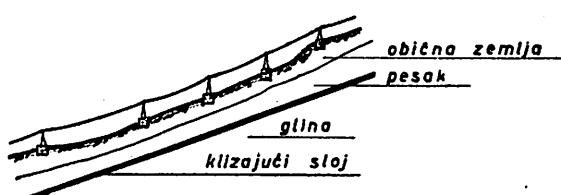
treba imati u vidu da se stabilitet temelja i čitavog stuba mora svestrano ispitivati, kako u odnosu na pritiske i sleganja tako i u pogledu mogućnosti klizanja koje se mora izbegići. Ovo nije uvek lako, kada se ima u vidu da su u rudarstvu česti slučajevi fundiranja na brdovitom i nagnutom tlu, sastavljenom iz slojeva raznih konsistencija i kada temelji mogu da budu ugroženi od atmosferske i podzemne vode. Prema tome, svaki stub predstavlja poseban tehnički problem, koji se tretira od slučaja do slučaja. Nisu, dakle, u pitanju stubovi sa temeljima na horizontalnom tlu ili na steni, jer kod njih najčešće i nema većih teškoća u rešavanju temelja. Ovde se u prvom redu misli na slojevito tlo, sa nagnutim i vodopropustljivim slojevima, koje se iz određenih razloga (pravac linije, stalna lokacija, itd.) ne može izbegći. Nekoliko karakterističnih slučajeva za opštu stabilnost temelja i stubova u rudarstvu, prikazaće jasnu sliku ovog toliko važnog problema.

### Temelji stubova za žičare

Slučaj na sl. 9 spada u red onih koje svakako treba izbegavati. Opštu stabilnost temelja ovih stubova ne karakterišu samo naponi na tlu, koji mogu biti i ispod dozvoljenih naprezanja tla na kome su položeni temelji, jer njihova sigurnost može biti ugrožena klizanjem tla na kome su oni fundirani. Nagnut teren sa gornjim vodopropustljivim slojevima u nepovoljnem nagibu stvara velike mogućnosti pomeranja tla, a time i rušenja čitavog dela žičare.

Isti takav slučaj, međutim, ne predstavlja nikakvu opasnost, ako su slojevi zemljišta horizontalni ili, još bolje, u kontra nagibu (sl. 10).

Pri tome treba razlikovati slučajevе vodenja linije stubova u odnosu na konfigura-

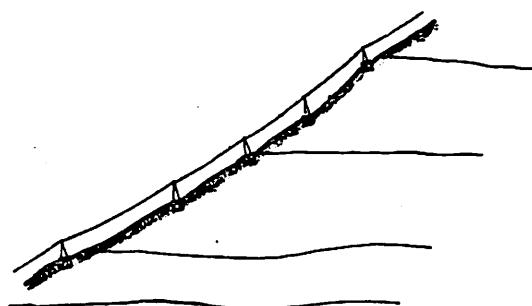


Sl. 9 — Presek klizajućeg sloja u tlu.

Fig. 9 — Coupe d'une couche glissante dans le sol.

ciju terena, koja može biti upravna ili paralelna sa njegovim nagibom, što je od posebnog značaja za stabilnost temelja ovih stubova (sl. 11).

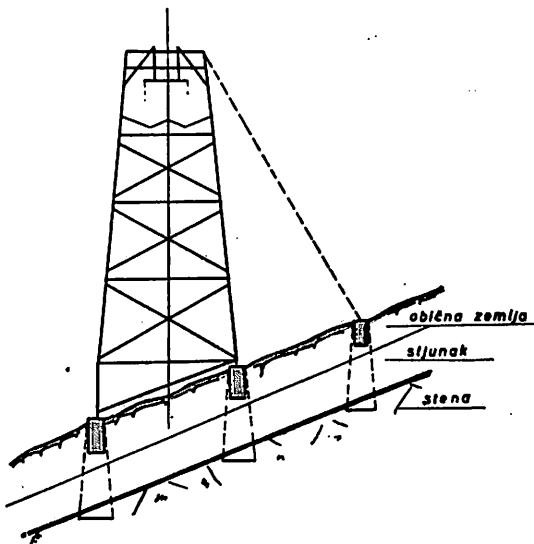
Tada je obično potrebno detaljno ispitivanje tla radi pravilnog određivanja kote fundiranja. Plitki temelji u slučaju prikazanom na sl. 11 su kontraindicirani, jer ne



Sl. 10 — Slojevi tla bez mogućnosti klizanja.

Fig. 10 — Couches du sol sans possibilité de glisser.

pružaju dovoljnu sigurnost ni za stub ni za anker, pa se tada pristupa proračunu i građenju temelja fundiranih na potpuno čvrstim i stabilizovanim slojevima zemljišta, pri čemu sam način fundiranja zavisi od slučaja do slučaja.



Sl. 11 — Jedan stub žičare na klizajućem tlu.

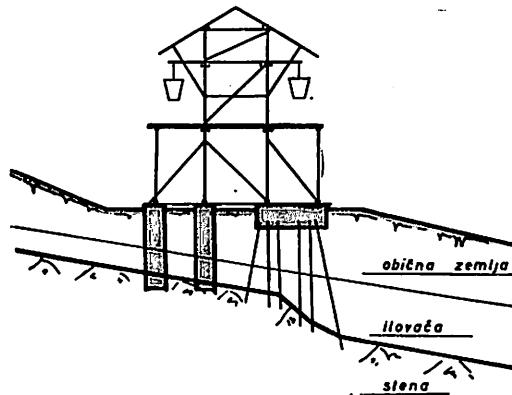
Fig. 11 — Pilier d'une ligne téléferique sur un sol glissant.

Na sl. 12 prikazan je jedan presek okretne stanice, čija je konstrukcija u poprečnom preseku postavljena na tri samostalna temelja (sl. 12).

U takvom slučaju temelje treba spustiti do stene direktnim ili posrednim putem, jer će se samo tako dobiti stabilna konstrukcija. Plitko postavljanje temelja ne bi ovde dalo nikakve rezultate.

### Zaključak

Temelji u rudarstvu predstavljaju veliku i važnu oblast posebne tehničke discipline,



Sl. 12 — Fundiranje jednog objekta na steni primenom šipova.

Fig. 12 — Fondation d'un objet sur rocher en appliquant des pieux.

i u teorijsko-naučnom i u stručnom pogledu. Ima mnogo primera u kojima temelji dominiraju kao konstruktivni elementi, oni daju dovoljno jasnu sliku o obimu i potrebi poznavanja proračuna i tehničke izrade temelja, bar u običnim slučajevima bez velikih problema. Temelji bunkera, izvoznih tornjeva, stubova (za žičare, dalekovode i kontaktne mreže), okretnih stanica, raznih zaštitnih građevina za slučaj prelaza žičare preko javnih saobraćajnica, potpornih zidova, manjih putnih i pružnih objekata, raznih zgrada za rudarske potrebe, mašina u rudarstvu kao i posebnih konstrukcija u podzemnim rudarskim radovima, predstavljaju oblast koja treba da bude bliska rudarskom stručnjaku. Činjenica da je čitava delatnost u rudarstvu stalno u dodiru sa narušavanjem stabilizovanih zemljanih masa, kako na površini zemlje tako i u podzemnim radovima, dovoljno ukaže na neophodnost detaljnog poznavanja svih faktora koji utiču na stabilitet konstrukcije. Pri tome treba napomenuti da se temelji, koji predstavljaju osnovni uslov sigurnosti svake konstrukcije fundirane na tlu, ne mogu tretirati na analitičkom nivou, bez dovoljnog poznavanja određenih tehničkih nauka. Posmatran u takvoj svetlosti, problem stabilnosti temelja i primene fundiranja u rudarstvu dobija svoj odgovarajući značaj.

### RESUMÉ

#### Constructions massives dans l'exploitation des mines.

##### III. Fondations

Prof. ing. D. Damjanović\*

Dans cet article l'auteur présente le traitement théorique des cas différents des fondations appliquées dans l'exploitation des mines. Les cas donnés se rapportent aux contraintes de compression, de cisaillement et aux tassements des sols. L'article présente le traitement et la discussion des formules théoriques des auteurs différents basées sur hypothèse d'élasticité, d'homogénéité et d'isotropie du sol, ainsi que les formules usuelles dans le calcul des contraintes du sol. Aussi y sont donnés quelques cas caractéristiques des fondations appliquées dans l'exploitation des mines, avec traitement théorique de leurs stabilités.

### Literatura

Craemer, H., 1952: Statika tla. — Beograd.  
Czitary, E., 1962: Selschwebebahn. Wien.

\* ) Dipl. ing. Dragutin Damjanović, prof. Rudarsko-geološkog fakulteta, Beograd.

## O izboru materijala za ultrazvučne generatore pri obradi pulpe u procesu flotacije

Dipl. ing. Ljubisav Petrović

Primena ultrazvuka u procesu flotacije za obradu pulpe je novijeg datuma. Intenzivnija istraživanja u tom pravcu vršena su skoro jednovremeno u mnogim zemljama pre svega u Francuskoj, Velikoj Britaniji, SAD i SSSR i trajala su relativno dugo, dok nisu pronađena rešenja, koja bi bila prihvativna za tehničku primenu, mada se još danas ispituju pojedini parametri ultrazvuka, kako bi se došlo do optimalnijeg rešenja.

Na ovom poslu radilo se, i to kako gde, ali ne manje od dve godine. Šta je izazvalo ovako dugo vreme istraživanja? To je:

- izbor materijala za ultrazvučne generatore tj. ultrazvučne glave;
- oblast radne frekvencije ultrazvuka,
- snaga ultrazvučnog generatora,
- izbor pomoćnog materijala za postavljanje kade kao i izvor podesne pulpe.

Ovde će se razmatrati samo prvi problem tj. izbor materijala za izradu ultrazvučnog generatora.

Ovaj problem, sa našeg stanovišta, predstavlja jedan od ključnih problema za tehničku realizaciju sistema, pri obradi ultrazvučnim putem, i zato mu se poklanja posebna pažnja.

Kao što je poznato, za građenje generatora ultrazvučnih oscilacija koriste se materijali, koji poseduju piezoelektrične i magnetostruktivne osobine (ovde ne dolazi u obzir primena mehaničkih generatora ultrazvuka).

Od piezoelektričnih materijala za ultrazvučne generatore koriste se pre svega ovi materijali: senjetova so, amonijum-dihidrofosfat, litijum sulfat, barijum titanat i kvarc. Prva četiri materijala su veštačka, a poslednji se nalazi u prirodi.

Da bi se imao kvantitativan uvid u neka svojstva ultrazvučnih vibratora uvodi se veličina koja je poznata pod nazivom akustički otpor sredine i izražava se relacijom

$$r_s = \frac{F}{v} = \frac{\rho S}{v} = \rho c S \quad (1)$$

gde je:

$\rho$  — gustina;

$c$  — brzina;

$S$  — površina.

Ovaj izraz u suštini predstavlja meru za prenos, tj. transformaciju mehaničke energije vibratora u akustičku energiju sredine gde se ona efektivno koristi. To je u isto vreme mera za prigušenje, koje čini ta sredina na ultrazvučni vibrator.

U jednačini (1) veličina  $\rho c$  zove se karakteristična impredansa sredine. S obzirom na izbor pulpe to je važna veličina, jer se mora uskladiti sa karakterističnim otporom vibratora, odnosno sa otporom ekvivalentnog električnog kola koji se nalazi u izlaznom stepenu elektronskog uređaja.

Ovaj parametar ima i za piezoelektrične i za magnetostriktivne materijale veličinu skoro istog reda, tako da on nije od presudnog značaja za izbor materijala. Ipak, on daje meru za prilagođen rad sistema.

Druga veličina, koja karakteriše piezoelektrične sposobnosti vibratora kao pretvaračkog kola, zove se faktor sprege i običava se sa  $k_e$ , tj.

$$k_e^2 = \frac{P_m}{P_t}$$

gde je:

$P_m$  — potencijalna mehanička energija u vibratoru

$P_t$  — potencijalna električna energija dovedena u vibrator.

Pomoću faktora elektromehaničke sprege ( $k_e$ ) može u neku ruku da se odredi pretvaračka sposobnost vibratora, a delimično služi kao mera za korisno dejstvo ultrazvučnog generatora. Faktor ( $k_e$ ) zavisi i od radne učestalosti vibratora, mada se u praksi ide, uglavnom, na to, da vibrator padne u sopstvenu mehaničku rezonanciju. Zato faktor sprege ( $k_e$ ) treba razlikovati od stepena korisnog dejstva ultrazvučnog vibratora.

Koeficijent elektromehaničke sprege ( $k_e$ ) kreće se u širokim granicama i to od 0,1 za kvarc do 0,54 za senjetovu so. Međutim, keramički materijal, barijum titanat ima ovaj koeficijent oko 0,46 za oscilacije po debljini i 0,19 za oscilacije po dužini. Ovde treba dodati da, s obzirom na druga svojstva, barijum titanat ima najviše uslova za primenu pri obradi pulpe ultrazvučnim postupkom od svih piezoelektričnih materijala.

Po analogiji sa prostim električnim RLC kolom i ovde se uvodi logaritamski dekrement kao mera za slobodne oscilacije piezoelektričnog materijala. Za ovu vrstu materijala logaritamski dekrement se približno hipbolički menja sa porastom debljine materijala.

Piezoelektrični materijali imaju to svojstvo, da im se frekvencija menja u obrnutoj razmeri sa dimenzijama tj. od značaja je da li se talas generira po debljini ili dužini materijala. To u isto vreme ograničava oblast radne frekvencije izabranog materijala, tako da, na primer, za kvarc kod učestalosti od 50 MHz zahteva upotrebu ploče čija je debljina svega 0,054 mm, što dalje dovodi do razaranja ploča usled mehaničkih vibracija, a ova debljina za potreban radni napon nije dovoljna, tako da dolazi do probroja napona na ploči. Ipak, i ovde se našlo jedno novo rešenje koje je predložio Langevent, a to je, da se za oblast viših frekvencija i većih površina zračenja upotrebni kombinovani sistem sastavljen od većeg broja manjih pločica kristala kvarca sa debljom pločom od čelika. Ovo rešenje je uslovljeno zajedničkom osobinom kvarca i čelika, a to je da imaju približno istu brzinu prostiranja ultrazvuka. U tom slučaju frekvencija za navedeni sistem može da se izrazi relacijom

$$f = \frac{v}{2D}$$

gde je:

$v$  — brzina prostiranja ultrazvuka za čelik

$D$  — ukupna debljina kvarca i čeličnih ploča.

Matematička analiza za prosto redno električno RLC kolo, pobuđivano naizmeničnim naponom, i za mehaničke vibracije ploče tj. piezoelektrični materijal, ukazuje na pojedine relacije, tako da se parametri električnog i mehaničkog kola međusobno povezuju prostim relacijama. Sa tehničkog stanovišta

ovo daje idealne uslove za proračun električnih i piezoelektričnih parametara i daje veliku mogućnost za prilagođavanje električnih i mehaničkih impedansi ultrazvučnog generatora.

Posmatrano sa tog stanovišta, piezoelektrični materijali daju veću tačnost za proračun, kako svojih tako i električnih parametara kola koji je pobuđuju, od magnetostriktivnih materijala.

Posebno mesto ili pažnju među piezoelektričnim materijalima, primjenjenim za ovu svrhu, ima barijum titanat. On ima polikristalnu strukturu, sastavljenu iz mnoštva manjih kristala. Međutim, on dobija piezoelektrična svojstva posebnom obradom tj. putem polarizacije kristala barijum titanata. Kao veštačka, keramika ima mogućnost da se oblikuje na razne načine, što joj daje niz prednosti nad drugim materijalima iz ove grupe. Novim tehnološkim postupcima barijum titanat zadržava polarizaciona svojstva i posle delovanja električnog polja, koje ima za cilj da ga polarizuje, i tako još više dobija u pogledu tehničke primenjivosti za obradu pulpe pri flotaciji ultrazvučnim postupkom.

Pri korišćenju ultrazvučnog vibratora od barijum titanata za opseg većih snaga treba izvršiti hlađenje sistema. Ova mera predstrožnosti nametnuta je činjenicom da se gubi piezoelektrični efekat pri povećanju temperature materijala. Kritična Kirijeva tačka za ove materijale je relativno niska i nalazi se negde na oko  $120^{\circ}\text{C}$ . Ipak, ukoliko se izgube piezoelektrične osobine barijum titanata, usled prekoračenja Kirijeve tačke, one mogu da se povrate naknadnim procesom polarizacije tj. postavljanjem materijala u polarizaciono električno polje.

Prema fabričkim katalozima pojedinih proizvođača za barijum titanatske pločice treba izvršiti hlađenje već kod intenziteta ultrazvučnog zračenja od  $3 \text{ W/cm}^2$ . Ako se hlađenje obavlja preko specijalnih sistema, ovim putem mogu da se dobiju generatori ultrazvučnog zračenja čija snaga iznosi  $15 \text{ W/cm}^2$ .

Kako je već navedeno, vidi se da barijum titanat ima veliki faktor elektromehaničke sprege a sa elektrotehničkim stanovišta poнаша se kao potrošač koji ima malo omsko opterećenje. U toj činjenici, u stvari, i leži objašnjenje zašto ovi generatori ultrazvučnog zračenja razvijaju veliki intenzitet. Isto tako, zbog istih okolnosti ovde nije potrebno podešavanje rada generatora uvek na rezonantnu učestalost, kao što je slučaj kod kvarcnih ultrazvučnih vibratora.

Ako se uporede veličine napona za pobudivanje ploča kod kvarca i barijum titanata odmah pada u oči, da je za pobudivanje keramičkih ploča potreban mnogo niži napon nego za kvarc.

Sve ove činjenice ukazuju na to, da je izbor barijum titanata najbolje rešenje kod izbora piezoelektričnih materijala za upotrebu pri flotaciji za ultrazvučne pretvarače. Ipak, jedna činjenica ne ide u prilog primeni barijum titanata, a to je proces hlađenja ultrazvučnog generatora.

Osim piezoelektričnog materijala za izradu ultrazvučnih vibratora koriste se i magnetostriktivni materijali namenjeni za obradu pulpe ultrazvučnim putem. Među magnetostriktivnim materijalima postoji veliki broj sa različito izraženim magnetostriktivnim efektom, pa se, prema tome, mnogi ne koriste u industrijskoj primeni za ultrazvučne vibratore. Dugogodišnja i intenzivna istraživanja ukazuju da magnetostriktivni efekat zavisi ne samo od prirode izabranog materijala, kao i od njegovog hemijskog sastava, nego umnogom i od prethodne obrade materijala. U ovom procesu se naročito izdvaja termička obrada. S obzirom da kod njih nije razrađena teorija na tako visokom nivou kao kod piezoelektričnih materijala, to ovde odlučujući ulogu imaju laboratorijski i tehnički provedeni rezultati. Ovo proizlazi iz činjenice, da se nisu otkrile mnoge zakonomernosti koje postoje u ovoj vrsti materijala.

Ono što se prvo zahteva od magnetostriktivnih materijala za izradu ultrazvučnih

glava to je: velika mehanička čvrstoća, mali gubici koji mogu da nastanu u ovom materijalu usled pojave histerezisa kao i usled nastalog unutrašnjeg trenja u materijalu. Osim toga, u navedenom slučaju primene tj. pri obradi pulpe zahteva se i otpornost na koroziju, utoliko pre, ukoliko se usvoji rešenje da glava vibratora bude u direktnom dodiru sa pulpom.

Kada se uporede statički dijagrami, koji prikazuju relativnu promenu dužine za izabrani magnetostriktivni materijal u funkciji magnetnog polja, uočava se da ova zavisnost nije linearna, ali praksa pokazuje da radnu tačku treba izabrati na dijagramu tamo, gde je strmina ove krive najveća. Među ovom vrstom materijala izdvajaju se svojim naročito podesnim osobinama: nikl, legura nikla i gvožđa, legura gvožđa i kobalta, legura gvožđa kobalta i vanadijuma i legura gvožđa i aluminijuma. U toku poslednjih nekoliko godina pošlo je za rukom tehnologima da proizvedu novu sintetičku materiju sa naglašenim magnetostriktivnim svojstvom i to iz grupe ferita. U stvari, to je materijal izrađen na bazi nikl-cink. U trgovini je poznat pod nazivom ferokskub (Philips) i vibratit (Zapadna Nemačka). Ova, kao i slične vrste ferita izrađuju se kao polikristalne sintetičke materije i po svojim mehaničkim osobinama imaju dosta sličnosti sa keramičkim materijalima. Pa i sam tehnološki proces dobijanja ferokskuba i vibratita je sličan procesu dobijanja keramike. Zahvaljujući ovoj okolnosti mogu se izraditi u različitim geometrijskim oblicima što u krajnjoj liniji znači, da i bez upotrebe drugih pomoćnih sredstava može da se vrši upravljanje ultrazvučnim talasima kod izabranog geometrijskog oblika vibratora. To znači, da se mogu izraditi vibratori za koncentrisane, sferične, cilindrične i ravanske ultrazvučne talase. U odnosu na metalne legure nikl-cinkani vibratori imaju manju mehaničku čvrstoću, ali se veruje da će i ova osobina da se popravi u najskorijem

vremenu korišćenjem novih tehnoloških procesa.

Kao i kod pijezoelektričnih materijala tako je i ovde za magnetostriktivne materijale definisan koeficijent elektromehaničke sprege ( $k_m$ ) čiji je kvadrat:

$$k^2_m = \frac{P'_m}{P_m}$$

gde je:

$P'_m$  — mehanička energija u vibratoru

$P_m$  — magnetna energija dovedena vibratoru.

Interesantan je podatak, da su konstante materijala za magnetostriktivne vibratore veličine skoro istog reda, što može da se vidi iz tablice 1.

Teorija magnetostriktivnih materijala nije razrađena kao pijezoelektričnih materijala usled nedovoljnog poznavanja svih ili nekih bitnijih zakonitosti koje vladaju u ovim materijalima, a da bi mogli da se opišu strogi matematički relacijama, tako da se poboljšanje pojedinih parametara obavlja putem proba i tehnoloških procesa, što zatim zahteva specijalnu konstrukciju i obradu. Ovo je jedan od razloga koji poskupljuje cenu ovih vibratora, mada je i pored toga njihova cena nešto niža od pijezoelektričnih materijala.

Upoređenjem sa pijezoelektričnim materijalima svi magnetostriktivni materijali poнашају se kao nisko omska opterećenja, što u krajnjoj liniji znači da je za njihovo električno napajanje potreban niži visokofrekventni napon. U tom pogledu, jedini materijal iz grupe pijezoelektričnih materijala koji može da se uporedi sa magnetostriktivnim je barijum titanat.

I na kraju treba dodati da su magnetostriktivni materijali ne samo jeftiniji nego i ekonomičniji u radu od pijezoelektričnih.

Vibratori izrađeni na bazi ferita imaju prednost nad drugim magnetostriktivnim materijalima (nikl i njegove legure), što imaju

manje gubitke pa se mogu koristiti i u opsegu viših frekvencija. Međutim, red veličina izlazne snage vibratora tj. intenzitet zračenja i kod ferita i kod ostalih magnetostriktivnih materijala je približno isti.

Iz prethodnog izlaganja jasno proizlazi, da kod ultražvučne obrade pulpe treba koristiti magnetostriktivni materijal i to, pre svega, vibratite ili od piezoelektričnih barijum titanat, mada ovaj poslednji i pored niza prednosti ima jednu nepodesnu osobinu, a to je hlađenje njegove ploče za intenzitet zračenja veći od  $3 \text{ W/cm}^2$ . Kod nas za obradu pulpe treba ostvariti intenzitet zračenja od  $10 \text{ W/cm}^2$ , što znači, da treba primeniti specijalne metode hlađenja.

Nije suvišno da se na kraju daju sledeće napomene. Poželjno bi bilo, da se čitavom ovom problemu pridiše sa jednog sâsvim drugog aspekta, tj. da se izvrši jedna temeljna matematička analiza, koja bi zatim dala najpovoljnije teorijske rezultate. Međutim, to je danas skoro nemoguće i to iz sledećih razloga.

Prvo, u istoriji ultrazvuka postoje strogi zahtevi pri izboru materijala za proizvodnju vibratora, a kako matematičke metode za

ovo svrhu nisu inženjerski pogodne, to u svakom pogledu presudnu ulogu imaju praktični rezultati dobijeni u laboratoriji. Takođe je nemoguće, oslanjajući se na teorijske rezultate, izvršiti izbor geometrijskog oblika vibratora, jer račun može da dâ vrednost, koja se praktično ne može ostvariti jer takav oblik u prirodi ne postoji (slučaj sa kvarcom).

Druge, teorija primene ultrazvuka na proces flotiranja u jednoj strogoj matematičkoj formi ne samo da nije razrađena, nego nije ni postavljena. Za sada, koliko je nama poznato, postoji mali broj publikovanih radova u svetu s ovom problematikom, a ono što je nama dostupno je sasvim informativnog karaktera. To je delimično i razumljivo, jer se problem u neku ruku smatra privrednom tajnom. Zato je nužno da se ovom problemu pridiše sa stanovišta eksperimentalnog rada, kao što se u primeni ultrazvuka obično radi.

Najpodesnije bi bilo kombinovati teorijski i eksperimentalni rad. Zavod za projektovanje i konstruisanje u Rudarskom institutu poseduje preprojekat za takav rad. Ostali rezultati, ukoliko dođe do praktičnog realizovanja ovog sistema, biće naknadno objavljeni uz teorijsku interpretaciju ključnih problema.

Parametri magnetostriktivnih materijala (po Mataušeku)

Materijal	Kirijeva temperatura $t_c$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	Gustina $\times 10^3$ $\rho$ [kg/m $^3$ ]	Modul elastičnosti $\times 10^{10}$ $y$ [N/m $^2$ ]	Brzina ultražvuka $\times 10^3$ $c$ [m/s]	Karakteristika impedansa $\times 10^6 z_1$ [kg/ms]	Specifični el. otpor $\times 10^{-4}$ [ $\Omega\text{m}$ ]	Relativna deformacija $\times 10^{-6}$ $S$ [m/m]	Elektromehanički faktor sprege $K$ [%]	Piezomagnetski modul $\times 10^{-10}$ $d_m$ [m/AW]	Predmagnetisanje $\times 10^3 H_0$ [AW/m]	Relativni permeabilitet pri $H_0 = 20 \text{ KHz}$ $\mu_r$	
Nikl	99,9%	358	8,8	19	4,8	42,5	7	-35	15 $\div$ 31	20	0,8 $\div$ 1,5	50
Fe-Ni	50% Fe 50% Ni	500	8,25	19,5	4,85	40	45	+25	18 $\div$ 35	18	0,5 $\div$ 1	200
Fe-Co	50% Fe 50% Co	950	8,2	23	5,3	43,5	30	+75	20 $\div$ 37	25	2 $\div$ 3	80
Fe-Al	87% Fe 13% Al	500	6,7	15	4,75	32	90	+40	18 $\div$ 35	-	-	-
Ni-Co	Ferroxcub											
Cu-Ferit	7 A 1	530	5,3	17,7	5,55	$29,5(1 \div 10) \times 10^4$ - 28		$25 \div 30$	32	49	$1,2 \div 2$	25
Ni-Co	Ferroxcub											
Cu-Ferit	7 A 2	530	5,3	18,3	5,7	$30(1 \div 10) \times 10^4$ - 28		$21 \div 25$	23	34	$0,9 \div 1,4$	20

## SUMMARY

### A Short Revue about All Most Important materials used for the Production of Ultrasonic Generator

Lj. Petrović, Elect. Eng.\*)

Sorting of materials according to the piezoelectric and magnetostatic ability is primary made, and then some main parameters, which point out to the adaptability of individual material, have been taken into consideration. These parameters are: accustic resistance of medium, impedance characteristic of medium, electro-mechanic connecting factor, as well as other technical distinctions which can be expressed in mathematical form.

Comparing individual parameters as well as technical characteristics of materials conclusion is made, that for practice the most suitable and most economical vibrators are those made on the base of magnetostrictive materials, amongst which vibratit is most distinctive. That material is from the ferrite family, mostly containing nickel, zinc and iron and belonging to so called ceramic materials.

The other material which could be used for pulp treatment by ultrasonic way is barium titanite, belonging to the other group of piezoelectric materials. However, for the use of this vibrator it is necessary to cool the system.

## Literatura

- Bergman, L., 1956: Ul'trazvuk i ego prime-nenie v nauke i tehnike (prevod s nemač-kog), Moskva.
- Crawford, A., 1955: Ultrasonic Engineering, London.
- Kovačević, Dj., 1958: Ultrazvuk i njegova primena u industriji, Beograd.
- Matauscheck, J., 1961: Einführung in die Ultraschalltechnik, Berlin.
- Panteleeva, N. T. i dr, 1964: Issledovanie vlijaniya predvaritelnoj ultrazvukovoj obrabotki pul'p na proces flotacii. — „Cvetnaja metallurgija” br. 3, Moskva.



\*) Dipl. ing. Ljubisav Petrović, saradnik Zavoda za projektovanje i konstruisanje u Rudarskom institutu, Beograd.

## Saksonski rudari i rudarska akademija u Frajbergu u rudarstvu Srbije

Povodom dvestagodišnjice rudarske akademije u Frajbergu

Dr Vasilije Simić

Savremena Srbija, kao malo koja zemlja u Evropi, proizvodi značajne količine mineralnih sirovina: uglja, nafte, olova, cinka, bakra, antimona, srebra, zlata, bizmuta, pirita, magnezita.

Mineralno blago Srbije eksploatisano je još u preistorijskim vremenima. U starome veku, širom današnje Srbije, otkopavane su rude bakra, žive, olova (sa srebrom) i zlata, iz rasipa ili korenih rudišta. Jedan od najvećih antičkih rudnika srebra na Balkanskom poluostrvu nalazio se 30 km južno od Beograda. U srednjem veku rudarstvo Srbije bilo je čuveno u ondašnjem svetu, ne samo po vrednosti proizvodnje metala, već i po uzornom načinu vađenja i prerade ruda.

Za uspešan razvoj srednjovekovnog i savremenog rudarstva u Srbiji imali su velikih zasluga i saksonski rudari. Oni su tri puta sarađivali u obnavljanju rudarstva Srbije. Prvi put u 13. veku, kada je trebalo oživeti antičke rudnike, opustošene za vreme seobe naroda. Po drugi put su saksonski rudari i njihova slavna rudarska škola u Frajbergu uticali na obnovu i razvoj našeg rudarstva u 19. veku, kada je trebalo obnoviti rudarstvo, propalo za vreme duge turske vladavine. Najzad, treći put su se saksonski rudari pojavili u Srbiji posle drugog svetskog rata, kada su postavljeni temelji savremenoj rudarskoj proizvodnji.

### Sasi u rudarstvu Srbije srednjeg veka

... principio namque  
*Saxones in Mysiae partibus metalla et argenti materiam reperere.* Iz  
putopisa F. Petančića po  
Srbiji oko 1500. godine.

Sada je besporno utvrđeno da su Sasi, za vreme srednjega veka, obnovili rudarstvo u Srbiji. Početkom 16. veka, poslanik mađarskog kralja Vladislava II, Dubrovčanin Feleks Petančić je zabeležio, prilikom putovanja po Srbiji, da su ovde najpre Sasi otvorili rudnike srebra. Sto godina kasnije Mavro Orbini u delu *Il regno de gli Slavi* (1601. god.) veli, da je Sase doveo u Srbiju kralj Uroš (vladao 1241—1276.), a oni su ga obogatili vadeći zlatne, srebrne i druge rude (Onde mando in Alemagna a levare alcuni Tedeschi, periti a cavare di terra oro, argento, et altri metalli. Et così con molve cave, che da detti fece fare accrebbe molti ilisuo tesoro, et divenne ricchissimo).

Do sada još nije utvrđeno ni kada su ni odakle su Sasi došli u naše krajeve. K. Jireček je smatrao da su se oni spustili k nama pre sa slovačkih rudnih planina, nego iz Erdelja. No bilo da su poreklom iz jedne ili druge oblasti, k nama su došli sa severa. S tim u vezi postavlja se pitanje, na kome su se našem rudištu prvo pojavili Sasi i počeli

otkopavati, kao što je poznato, rude zlata, srebronosnog olova i bakra. Što se tiče gvozdenih ruda, one su verovatno topljene i pre dolaska Sasa u naše oblasti. To prastaro rudarstvo gvožđa moglo je biti slično štajerskom Waldeisen-u. Osim toga, pre dolaska Sasa, kod nas je ispirano zlato iz zlatonosnih nanosa, jer je to bio veoma prost i lak posao. Nije isključeno da je bilo i proizvodnje olova, bar iz nekih ceruzitskih rudišta u zapadnoj Srbiji.

Naši istoričari smatraju, da je Brskovo u Crnoj Gori naš najstariji srednjovekovni rudnik, a saska rudarska kolonija na njemu prva i etnički još sasvim čista. Njen knez 1280. godine zvao se Frajberger (Vreibergius). Brskovo je zaista naš prvi rudnik, pomenut u pisanim izvorima, ali ne mora biti i najstariji, kao što ni saska kolonija na njemu ne mora biti najstarija, odnosno prva saska rudarska naseobina na našim srednjovekovnim rudnicima. Tip orudnjenja i razmeštaj rudišta u granicama srpske srednjovekovne države protivreće Brskovu kao najstarijem rudniku. Protiv toga govorи i specijalnost saskih rudara u Srbiji.

Prvi saski rudari na tlu srednjovekovne Srbije, pa bilo da su porekłom sa Karpata ili iz Erdelja, bavili su se i u njihovoј postojbini najradije proizvodnjom plemenitih metala, zlata i srebra. A tek u drugom redu kopali su i preradivali rude olova, bakra, žive i gvožđa. Dolazeći u Srbiju sa severa, oni su najpre našli na najizrazitije rudarske oblasti: istočnu i zapadnu Srbiju, Šumadiju, Kopaonik. U svim ovim oblastima živo se rudarilo u antičko doba. Ostaci toga rudarstva bili su, prilikom dolaska Sasa, sasvim sveži i lako uočljivi. Pojedina rudišta i rudarski krajevi bili su obeleženi kulama i gradovima, kojima su Rimljani svojevremeno obezbeđivali rudarsku proizvodnju, naročito plemenitih metalova. Ruševine takvih tvrdava sačuvale su se i do naših dana. U istočnoj Srbiji, u antičko doba, eksplotatisane su mnogobrojne žice zlatonosnog kvarca u dolini Peka, po Homolju, Deli Jovanu, Zlotu, Boru i drugde. U ovo vreme prepran je najveći deo zlatonosnih nanosa u slivovima zlatonosnih reka. U Majdanpeku se vadila i topila bakarna ruda, a u Kučajni zlatonosne i srebrnosne olovne rude. U Šumadiji Rimljani su kopali i preradivali srebrnosne olovne rude na Rudniku, a naročito na padinama Ko-

smaja, južno od Beograda, gde je, posle Lautiona, bio najveći rudnik srebra na Balkanskom poluostrvu. U to vreme svakako su bila aktivna i rudišta zapadne Srbije, jer su ležala na domaku velikog rimskog rudarskog središta Domavie (Srebrnice). Dosta antičkih rudnika bilo je i po Kopaoniku.

Ostaci antičkog rudarstva bili su poznati srpskom stanovništvu pre dolaska Sasa u naše krajeve. Planina Kopaonik, sa mnogobrojnim ostacima antičkog rudarskog rada, imala je ovo ime još u 12. veku. Rudnička planina, opet antičko rudište, pominje se krajem 13. veka.

Sve ove, manje više opšte poznate činjenice naveo sam stoga, da bi se video, kako su ostaci antičkoga rudarstva u Srbiji bili markantni tek za iskusno sasko rudarsko oko i kako su se Sasi odmah snašli na našim rudištima. Prema tome, kad su Sasi došli u Srbiju, bilo po pozivu kralja Uroša, ili bezčeći ispred Tatara, oni su, kao i rudari svih vremena, počeli prvo da traže najskupoceniji metal - zlato i to u nanosu, pa tek posle da otvaraju rudnike zlata i drugih metala.

Za zlatom u Srbiji nisu morali dugo da tragaju. Čim su prešli Dunav našli su ga na ušćima srpskih reka: Morave, Mlave, Peka, Porečke reke, Timoka i mnogih drugih rečica i potoka. Zlata je bilo čak i na obalama Dunava (kod Rama je F. Hofman 1888. godine našao tri zlatna zrna teška 10 grama). Zbog toga bih ja prve saske rudarske nasebine tražio u istočnoj Srbiji, na ispiralištim zlata. Idući za zlatom uz Pek, našu najzlatonosniju istočnosrpsku reku, Sasi su našli na antičke rudnike u Kučajni, gde je vađeno olovo sa plemenitim metalima, zlatom i srebrom, a zatim na Majdanpek, stari rudnik bakra. Ova dva rudnika mogli bi biti kod nas najstariji u srednjem veku i prve saske kolonije mogле su biti na njima osnovane. Kako su Sasi bili slobodni rudari, uživajući čak i izvesne povlastice, oni su se seljakali s jedne rudne pojave na drugu, tražeći što plemenitije ili rentabilnije rude.

Sasi su se isto tako mogli prvi put pojavit i na napuštenim antičkim rudištima Šumadije, zapadne Srbije (ubrajajući ovde i Srebrnicu) a osobito Kopaonika, naše najizrazitije rudovite planine. Ja sam, međutim, sklon da prve saske nasebine vidim, pre svega, u istočnoj Srbiji već i zbog toga, što su banatska rudišta oko Nove i Stare Moldave u

susedstvu istočnosrpskih, što zlatonosnu Neru od zlatonosnog Peka deli Dunav i što su se rudari iz Banata, u poteri za rudama, lako mogli prebacivati preko Dunava, kao što su to činili kasnije, za vreme austrijske okupacije Srbije (1718—1738), prvog ustanka (1804), mađarske bune (1848), otvaranja rudišta u Kućajni (1862), otvaranja senjskog ugljenokopa.

Vratimo se ponovo srednjovekovnom rudarstvu u Brskovu i njegovoj saskoj naseobini. Po prirodnom redu u normalnom rudarskom poslovanju Sasi su mogli doći u Brskovo kasnije nego na druga rudišta srednjovekovne Srbije. Došavši u Srbiju za vreme Uroša I (u jednoj povelji kralja Uroša posmenuti su Sasi kod nas prvi put pre 1876. godine u Brskovu) ili čak nešto ranije, Sasi su, kao već iskusni rudari, brzo rekognosirali stare rimske kopove. U Brskovu, međutim, morali su doći po naročitom pozivu, sa nekog rudišta u Srbiji. U srednjem veku kao i doskora, Brskovo je ležalo u bespuću, u nepreglednim šumama, usamljeno, odvojeno od velikih rudarskih rejona Srbije visokim, teško prohodnim planinskim vencima. Kako je ceo brskovski kraj obrastao gustom šumom, njegovo oruđenje je otkriveno sasvim slučajno, posle neke elementarne nepogode, bilo u nekom potoku ili vododerini, bilo među žilama stoljetnih stabala, povalenih prilikom oluja. Sve do nedavno (do uvođenja geofizičkih metoda u istraživanje rudišta) rudišta su po šumovitim predelima obnaživale bujice ili oluje.

Brskovsko rudište nije bilo bogznakako privlačno za saske rudare, jer njegove rude niti su bile izuzetno bogate plemenitim metalima (kao rude kućajnskog, novobrdskog i nekih kopaoničkih rudišta) niti je rudište bilo prostrano. Što su se Sasi pojavili relativno rano u Brskovu (ako su se zaista pojavili ubrzo po prelasku u Srbiju, jer se ne zna pouzdano koje se godine prvi rudari nasejavaju) to, po mom mišljenju, ukazuje na veliki broj rudara, koji su se razmireli po celoj ondašnjoj Srbiji, tragajući, kako je to uobičajeno, u prvom redu za plemenitim metalima — zlatom u rasipima, a zatim i za ostalim rudama.

Masovne rudarske migracije obično su uslovjavali nesigurnost u domovini (najeze varvara, ratovi, meteži) ili otkrivanje nalazišta sa bogatim i obilnim rudama plemenitih

meta (zlatna groznica na svim kontinentima i u svim vremenima), pa čak i minerala (drago kamenje i skupoceni tehnički minerali kao nedavno kvarc u Brazilu). Poslednji uzročnik migracije Sasa u naše krajeve jedva da se može i zamisliti, s obzirom na svestranu zaostalost ondašnje Srbije. Ako su, međutim, saski rudari došli po pozivu kralja Uroša, ovaj je, u najmanju ruku, morao biti upoznat, od svojih ljudi, sa položajem rudišta, koja su ranije eksplorisali Rimljani. Sa brskovskih rudišta do sada nije ništa otkriveno, što bi upućivalo na antičko rudarstvo, pa prema tome ono nije moglo biti povod za dolazak Sasa. Jer ako kralj Uroš nije imao šta bolje Sasima da stavi u izgled, zbog brskovskog rudišta se oni ne bi ni okrenuli u Srbiji, jer su u domovini imali i bogatijih rudišta. Po mom mišljenju, samo je tatarska najezda mogla da dovede do masovnog migriranja saskog rudarskog stanovništva u naše oblasti i njihovog rada na rudnicima, koji nisu bili bogznakako bogati, kao što je, na primer, slučaj i u Brskovu.

Slična migracija rudarskog elementa dogodila se i nekoliko vekova kasnije, za vreme mađarske bune 1848. godine, o čemu piše J. Abel: „Bei meiner Ankunft in Serbien traf ich an der Donau im serbischen Gebiete hunderte von Berg — und Hüttenmännischen-arbeitern mit Familien nahrungslos herumirren, die sich der magyarischen Schreckenherrschaft durch die Flucht entzogen hatten“. Kakva li je tek izgledala poplava rudarskog elementa pred najezdom Tatara u 13. veku?

Među našim stanovništvom Sasi su kratko vreme predstavljali posebnu etničku grupu. Kao rudarski element bili su izvanredno lako pokretljivi i seljakali su se sa rudišta na rudište, iz jedne države u drugu. Oni koji su ostali u Srbiji brzo su se asimilovali. Polovinom 14. veka samo po neki rudar tu i tamo po rudnicima imao je nemačko ime. Nepuna dva veka po dolasku u Srbiju Sasi su se etnički izgubili, a pojam Sas i rudar su se izjednačili. Sasko bavljenje u Srbiji ostavilo je, međutim, dosta tragova. Nekoliko naših povelja od 13. do 15. veka pominju reke, puteve i naselja sa saskim imenima (saska reka, saski put, Sasi ili Sase i dr.). Najmnogobrojniji nazivi saskog porekla sačuvali su se u toponomastici i rudarskoj terminologiji.

Sasi su se u Srbiji bavili prvenstveno kopanjem i preradom olovnih ruda zbog do-

bijanja srebra. No nisu ostavljali neiskorišćene ni rude ostalih metala, koji su se mogli prodati na tržištu. Topili su čak i gvozdene rude, pa i one sa niklom i hromom, čiji su prirodan čelik upotrebljavali za izradu alata. Za rudarstvo Srbije Sasi su još važniji kao učitelji rudarstva. Oni su domaće ljude obučili vrlo brzo rudarskoj veštini, pa čak i tako složenim metalurškim radnjama, kao što je razdvajanje plemenitih metala.

### Rudarska akademija u Frajbergu u obnovi savremenog rudarstva Srbije

Rudarska veština, preneta u Srbiju od Sasa u 13. veku, a zatim negovana i usavršavana u toku 14. i do polovine 15. veka, prema tipovima naših ruda i rudišta, počela je da stagnira za vreme učestalih turskih napada na srpske zemlje. A kad su ove konačno potpale pod tursku vlast, rudarska proizvodnja počinje opadati, a rudarska veština se postepeno zaboravlja. Početkom 19. veka, od nekad slavnog i naprednog rudarstva u Srbiji, ostala je još samo veoma primitivna proizvodnja gvožđa iz magnetitskog peska i olova iz oksidnih ruda. Potomci nekadašnjih rudara, čuvenih zbog umešne prerade kompleksnih srebrnih i zlatnih ruda, bili su zaboravili, početkom 19. veka, da tope čak i obične sulfidne olovne rude.

Obnavljanje rudarstva u Srbiji počelo je za vreme prvog ustanka. Prvi Saksonac, koji je pokušao da učestvuje u njemu, bio je Kristijan Gotthelf Kabiš, rodom iz Šneberga u Saksoniji, sin bergmajstera iz istoga mesta. Ovaj mladi saksonski rudar, školovan na akademiji u Frajbergu (upisao se 1805. god. pod br. 645) imao je 20 godina, kada ga je 1808. godine zavrbavao za rudarski rad u Srbiji Marko Dobrić, veletrgovac iz Kemnica u Saksoniji. Dobrić je inače rodom iz Dražnja u gročanskoj nahiji. On je, po nalogu ustaničkih vođa u Srbiji, tražio po Saksoniji rudare za obnavljanje rudarstva. Pri polasku u Srbiju Kabiš se ozbiljno pripremio za rudarski posao. Poneo je iz Saksonije neke planove rudnika i mašina, koje su se koristile u rudarstvu, a možda i u kovnicama novca, zatim kompas i šest rudarskih knjiga (Bergmännische Bemerkungen von Harz, Berggruben und Schachtenbau, Bergprobier-kunst).

Kabiš je sa Dobrićem preko Češke i Mađarske doputovao u Zemun. Dobrić ga, međutim, nije uspeo da prebací u Beograd, jer su austrijske vlasti bile zatvorile granicu, osobito za rudare. Zbog toga je Dobrić odveo Kabiša u Temišvar, da tamо sačeka dozvolu za prelaz u Srbiju, koju je trebalo da dobije od ruskog poslanika. No od svega toga nije bilo ništa. Dozvola se nije dobila i Kabiš je morao da traži zaposlenje u banatskim rudnicima ili ma gde u Austriji.

Kad je Srbija 1830. godine dobila kakvutku samoupravu, knez Miloš se odlučio da obnovi rudarstvo u zemlji, upropošćeno za vreme dugogodišnje turske vladavine. I ovoga puta, kao i kralj Uroš Nemanjić pre 600 godina, knez Miloš se obratio saksonском rudarstvu, koje je i u to vreme uživalo u svetu veliki ugled, a njegov glavar, oberberg-hauptman Herder bio je priznata veličina u rudarstvu. To je svakako odlučilo kneza Miloša, da za obnovu rudarstva u Srbiji potraži pomoć ne od susedne Austro-ugarske, čije je rudarstvo bilo takođe napredno, već iz daleke Saksonije. Istina, Saksonci su imali mnogo ugleda kod učenih Srba, mnogo pre nego što je knez Miloš počeo vladati Srbijom. Veliki srpski prosvetitelj i pisac Dositej pisao je 1784. godine, da se Srbi, po prirodnim vrlinama i karakteru „ni malo ne razlikestvuju“ od Engleza i Saksonaca.

Putovanje barona Herdera po Srbiji i njegovi predlozi o školovanju mlađih Srba na rudarskoj akademiji u Frajbergu. — Još nije poznato, ko je doveo u vezu učenog saksonskog rudara sa srpskim knezom. Čini mi se da bi to ponajpre mogao biti Dimitrije Rodović trgovac iz Beća, sa kojim je knez Miloš bio u poslovinim vezama. Prvi kontakt između Frajberga i Srbije uspostavljen je 1834. godine, kada je baron Herder, po traženju kneza Miloša, izložio opšte poglede na otvaranje rudnika u Srbiji i predložio za prvo vreme najpotrebnije stručnjake. To je, u stvari, prvi potez na obnavljanju rudarstva, početak nove ere u rudarstvu Srbije.

O Herderovoj delatnosti u našem rudarstvu pisao sam opširnije na drugome mestu (Simić, 1960). U toku desetonedeljnih ekskurzija 1835. godine Herder je obišao sva tada poznata nalazišta ruda, uglja i mineralnih voda u Srbiji. Njegovu pratnju sačinjavali su iz Saksonije Bergamtassessor Zeller, regi-

strator i laborant Löschner i lični momak. Od srpske strane u pratnji su bili direktor kancelarije Soveta Stefan Radičević i član Soveta Stojan Jovanović. U svakom okruglu u pratnju su ulazili okružni načelnik sa sreskim, u čijem su se srezu vršila ispitivanja. Doček je svuda bio svečan. Iako se za vreme Herderovog bavljenja u Srbiji knez Miloš nalazio u Carigradu, on se pre odlaska pobrinuo, da se baron „pristojno predusretne i gostoljubivo dočeka — činu svome shodno”.

Rezultate svojih promatranja po Srbiji Herder je izložio u obliku osam putnih relacija, napisanih još usput. One su tek posle 10 godina štampane na srpskom jeziku, u izvodu, a 1846. godine na nemackom, u celini. Osim toga, baron Herder napisao je knezu Milošu i šest pisama (aprila-maja 1837. god.) u kojima je izložio svoje poglede na rudarstvo Srbije.

Ma kako da je bilo značajno Herderovo putovanje i predlozi, koje rudnike i kojim redom treba otvarati, za budući razvoj rudarstva u Srbiji još je značajnije, što je Herder ubedio kneza Miloša o potrebi školovanja srpske mlađeži na rudarskoj akademiji u Frajbergu. Ovom pitanju Herder je poklonio naročitu pažnju. U pismu od 26. aprila 1837. godine on predlaže knezu „sobald wie möglich, einige junge Serben auf die Bergakademie zu Freyberg zu senden, um hier die Bergwerksmeisterschaften zu erlernen”. Kad dođu u Frajberg baron će se starati o njihovom školovanju.

Herderovo pismo knezu Milošu od 6. maja 1837. godine posvećeno je isključivo školovanju mlađih Srba na rudarskoj akademiji u Frajbergu. Ono nosi naslov: „Die Absendung einiger jungen Serben auf die Bergakademie zu Freyberg betreffend”. U ovom pismu izložen je opširno način školovanja u Frajbergu. Herder predlaže knezu da pošalje na studije najmanje 3—4 mladića koji bi na učenju proveli 4—5 godina, što bi im bilo dovoljno da se spreme teoretski i praktično. Godišnje izdržavanje za svakoga iznosilo bi 250 dukata.

Herderovi predlozi o školovanju mlađih Srba primljeni su oboručke od kneza Miloša i odmah se pristupilo njihovom ostvarenju. Već u prvoj polovini juna 1837. godine, na knežev predlog, narodna skupština donela je uredbu „o posiljanju nekoliko đaka naši u Saksiju radi rudokopne nauke”. A 12. juna iste godine Sovet je objavio skupštini kne-

žvu naredbu „da se dvaestinu blagonadežni naši mladića školski radi rudokopne nauke u Saksoniju pošlu”. U toku istog meseca odrabljeno je iz svih škola u Srbiji 25 mladića, koje je najesen trebalo poslati na studije u Frajberg.

Herderova bolest, a ubrzo i smrt, odložila je školovanje srpskih mladića u Frajbergu za skoro 20 godina. U jesen 1839. godine poslata su na rudarske studije u inostranstvo samo četiri pitomca. Zbog štednje su upućeni u Šemnic mesto u Frajberg.

Za Herderovo ime vezano je i osnivanje prve mineralne zbirke u Srbiji. Polazeći iz Frajberga u Srbiju Herder je u dva sanduka smestio mineralnu zbirku od 500 primeraka i otpremio u Beograd o svome trošku. Zbirka je verovatno poticala najvećim delom iz rudarske akademije, jer su u njoj bili zastupljeni primerci iz celog sveta. Herder je poklonio zbirku knezu Milošu, a ovaj ju je brižljivo čuvao u naročitoj sobi malog konaka u Kragujevcu. Zbirka je kasnije prevezena u Beograd i poklonjena liceju, u ono vreme najvećoj školi u Srbiji. Docnije je zbirka preneta u Veliku školu odnosno univerzitet.

Frajberški rudari i geognosti Franc i Anton Šulce i Anton Lange. — Koristeći se velikim ugledom, koji je Herder uživao kod kneza Miloša i vodećih ljudi u Srbiji, saksonski rudari braća Šulce i A. Lange pojavili su se nezvani u Srbiji avgusta 1838. godine i zatražili od kneza da ih uzme u službu. Knez ih je odmah primio, dao im je čak i novaca, da se vrate u Saksiju, pokupe svoje stvari i dođu u Srbiju. Kad su se Saksonci, obavivši posao u domovini vratili u Srbiju, početkom 1839. godine, politička kriza u zemlji bila je toliko odmakla, da je sredinom 1839. godine i knez Miloš morao napustiti zemlju. Njegovi štićenici, saksonski rudari, bili su odmah otpušteni iz službe. Oni su ostali u zemlji provodeći nekoliko godina mučan i neveseo život. Anton Šulce je najzad postao nastavnik u gimnaziji. Predavao je nemacki jezik i sveranje. Istu sudbinu je podelio i Anton Lange. Kasnije je postao okružni inženjer. Službu je završio u Beogradu sedamdesetih godina prošloga veka kao inspektor u ministarstvu građevina. Francu Šulceu izgubio se trag posle 1845. godine, kad je prospektovao sona ležišta u Srbiji.

Rudari sa frajberške akademije prvi rukovodioци rudarstva u Srbiji.

Od prva četiri rukovodioca rudarstva u Srbiji, trojica su bili frajberški đaci. Posle mučnih natezanja oko obnavljanja rudarstva koja su trajala punih 14 godina, najzad se 1848. godine pristupilo organizovanju rudarskog odeljenja i otvaranju prvog rudnika u zemlji — Majdanpeka, gde je trebalo izgraditi industriju gvožđa i bakra. Srpska vlada potražila je preko inostrane dnevne štampe rukovodioca rudarstva. Oglas je objavljen i preko Leipziger Zeitung-a poslednjih meseci 1847. godine. Na konkurs se prijavilo između ostalih i sedam frajberških đaka. Za prvog načelnika rudarskog odeljenja izabran je Gustav Boehm, koji je 1835. godine završio rudarske studije u Šemnicu sa odličnim uspehom, a u Frajbergu 1838. godine sa dobrim uspehom. Boehm je bio na čelu našeg rudarstva samo 20 dana. Još pri prvom obilazjenju rudnika teško se razboleo i ubrzo umro i ne završivši prvo putovanje po Srbiji.

Posle Boehmove smrti rudarstvom u Srbiji, rukovodio je tri godine Norbert Sojka, šemnički đak, a nakon ovoga na čelo rudarstva došao je ponovo frajberški apsolvent Wilhelm Fuhs, za koga se kaže u našim zvaničnim dokumentima, da je u „rudarskoj, topioničkoj i fabričkoj struci jedan od najboljih ljudi u austrijskom carstvu“. Fuhs je 1845. godine služio u Šemnicu kao asesor oberstkamergrafenamta i „königlicher wirklicher Bergrath, Oberhüttenverwalter und Doktor der Chemie“. Za vreme revolucije u Mađarskoj 1848. godine zauzimao je vidan položaj u rudarstvu, pa je posle sloma revolucije izgubio službu. U Srbiju je došao za rukovodioca rudarstva avgusta 1851. godine. Za vreme njegovog rukovođenja izvršene su opsežne promene u organizaciji rudarskog rada, narocito u Majdanpeku. Fuhs je osnovao i prvu hemijsku laboratoriju u Beogradu, „Probiergaden“ u rudarskom odeljenju ministarstva finansija. Po nalogu srpske vlade izradio je i projekat rudarskog zakona sa komentarom, koji nije stigao da ozakoni. I Fuhs je umro na dužnosti januara 1853. godine. Njegovim radom bili su zadovoljni i knez i srpska vlada pa je Fuhsovoj deci, posle očeve smrti, dato na ime pomoći 500 dukata.

Po Fuhssovoj smrti rudarstvo u Srbiji ostalo je tri godine bez rukovodioca i došlo u

bezizlazan položaj. Trebalo je uraditi nešto na njegovom ozdravljenju. I ovog puta srpska vlada potražila je pomoć iz Saksonije. Visoki državni funkcioner Jovan Gavrilović (kasnije ministar finansijskih poslova) oputovao je po nalogu vlade avgusta 1855. godine u Frajberg. Poveo je i upisao na rudarsku akademiju dva rudarska pitomca iz Srbije. Ali glavni njegov cilj bio je, da pronađe stručnjaka za rukovodioca rudarstva u Srbiji, a zatim i neku finansijsku grupu, koja bi rudarstvo uzela u svoje ruke. Gavrilović je bio pristalica privatnog rada u rudarstvu. U Frajbergu je našao Hermana Brajthaupta, sina čuvenog profesora mineralogije na akademiji A. Brajthaupta. Sa njim je ugovorio da dođe u Srbiju i preuzme rudarstvo u svoje ruke. U mладог Brajthaupta su polagane velike nade, s jedne strane, jer se verovalo u njegovu stručnu spremnost, sa druge opet još više se računalo sa Hermannovim ocem, starim Brajthauptom. Preko staroga, kako se je nadao Gavrilović, mogla se angažovati cela rudarska akademija u Frajbergu da pomogne rudarstvu „što se kopanja i topljenja ruda, pravljenja novih zdanja i mašina tiče“. Preko akademije Gavrilović se nadao da nađe i neku pogodnu finansijsku grupu, kojoj bi se poverili srpski rudnici u eksplotaciju. „Posredstvom akademije tamošnje rudarske, piše Gavrilović, dobiće naš majdan i cela Srbija važnost u obziru rudarskom; tim će se odvažiti pojedine kapitaliste i društva, te će preduzeti kopati i topiti rude u Otečestvu našem na veliku korist Srbije“. Srpska vlada nadala se je da joj Herman Brajthaupt izda i prvi rudarski zakon, kojim bi se regulisao rad u rudarstvu.

Herman Brajthaupt došao je u Srbiju s proleća 1856. godine. Na položaju rudarskog rukovodioca ostao je nešto preko dve godine. Za vreme njegovog rukovođenja rudarstvo u Srbiji nije se oporavilo. Birokratski sistem onemogućavao je državni rad u rudarstvu. H. Brajthaupt je 1858. godine kao član komisije potpisao predlog, da država obustavi svaki dalji rad na rudarstvu u sopstvenoj režiji.

Profesori rudarske akademije u Frajbergu A. Brajthaupt, B. Cotta i R. Beck o mineralogiji, geologiji i rudištima u Srbiji. —

Minerali iz Srbije počeli su se proučavati u laboratorijama rudarske akademije u Frajbergu još tridesetih godina prošloga veka. Istina, nekoliko godina ranije, profesor mineralogije na univerzitetu u Berlinu Gustav Roze odredio je nekoliko minerala sa Rudnika, koje mu je doneo O. Pirch 1829. godine sa putovanja po Srbiji. Ali prava sistematska istraživanja vršena su tek u Frajbergu, u laboratorijama mineraloškoj i hemijskoj. Među mineralima koje je Herder doneo iz Srbije nalazio se i jedan novi, dotle neopisivani. Herder ga je našao na Rudnjaku, u okolini Jošaničke Banje i držao da je vivianit. Profesor A. Brajthaupt posumnjava je u to i posle ispitivanja minerala otkrio, da je to nova, dotle nepoznata mineralna vrsta iz grupe halojzita. On ju je nazvao serbian a po želji Herderovoj i milošin, u čast kneza Miloša, koji je pozvao Herdera da propuštuje Srbiju. Hemijska svojstva novog minerala proučio je Carl Kersten iz Frajberga.

Dve decenije posle otkrivanja minerala milošina A. Brajthaupt je doputovao u Srbiju (avgusta 1856. godine) da poseti sina Hermana, rukovodioca srpskog rudarstva. U Srbiji se zadržao više od mesec dana. Od toga je 10 dana proveo u Majdanpeku a ostalo vreme na ekskurzijama po istočnoj Srbiji, interesujući se, uglavnom, problemima prospekcije sonih ležišta. Po povratku u Frajberg objavio je nekoliko radova o rudarstvu, mineralogiji i geologiji Srbije. To su prvi specijalni radovi o srpskim rudnicima, mineralima, stenama i geologiji uopšte. Putujući po istočnoj Srbiji Brajthaupt je na obali Timoka, kod Gamzigrada, zapazio naročitu vrstu stene, andezit sa amfibolom, koji dotle nije bio poznat u naučnom svetu petrografije. Ispitao ga je i dao mu ime timacit, a kako je amfibol u steni predstavljao novu, dotle nezapaženu vrstu, nazvao ga je gamzigraditom. Prilikom bavljenja u Kučajni Brajthaupt je na rudištu pored galenita i sfalerita, otkrio i mineral piromorfit, a na primercima, koje je Herder doneo iz Kučajne još 1835. godine otkrio je i mineral goslarit.

Brajthaupt je objavio o Srbiji sledeće radove:

— Die Bestimmung neuer Mineralien. 5 Serbian oder Milošin. Jurnal für praktische Chemie Bd. XV, H. 6, Leipzig 1838.

— Alter Silber- und Bleibergbau zu Petrovac und an anderen Orten in Serbien. Berg- und hüttenmännische Zeitung 1857, Freiberg.

— Expose über Maidanpek. Ibid.

— Timazit eine neue Gesteinsart und Gamzigradit, ein neues Amphibol. Berg- und hüttenmännische Zeitung 1861, Freiberg.

Osim toga na sednicama rudarskog društva u Frajbergu Brajthaupt je referisao i o:

— Über mutmassliche Vorkommen von Steinsalz in Serbien. Berg- und hüttenmännische Zeitung 1857, Freiberg.

— Über die alten Bergwerke bei Petrovac. Ibid.

— Über den Plan des eisernen Thores. Ibid.

— Über die geognostische Beschaffenheit des östlichen Serbiens. Berg- und hüttenmännische Zeitung 1860, Freiberg.

Bernard Cotta, profesor geologije i nauke o rudnim ležištima u Frajbergu poseatio je severoistočnu Srbiju 1863. godine, prilikom proučavanja banatskih rudišta. Bio je u Kučajni, Melnici i Majdanpeku. Sva ova rudišta smatrao je produženjem banatskih. O njima je objavio ove radove:

— Erzlagerstätten im Banat und in Serbien. Wien, 1864.

— Über Eruptivgesteine und Erzlagerstätten im Banat und in Serbien. Berg- und hüttenmännische Zeitung 1865, Freiberg.

— Fortsetzung der banater Erzlagerstättenzone nach Serbien. Berg- und hüttenmännische Zeitung 1878, Freiberg.

B. Kota je bio veoma cenjen u Srbiji. Jedan od njegovih đaka, Manojlo Marić, nazvao je jedan potkop na olovnim rudnicima sela Postenja u Podrinju imenom Bernarda Kote.

Na prekretnici našeg i prošlog veka W. von Fircks proučavao je na terenu po zapadnoj Srbiji rudišta bakra i antimona. Zabeleške, skice, profile i kompletну zbirku ruda i stena sa ispitivanim rudišta predao je rudarskoj akademiji u Frajbergu. Sve ove materijale obradio je profesor geologije i nauke u rudnim ležištima Richard Beck i objavio ih u časopisu „Zeitschrift für praktische Geologie“ za 1900 i 1901. godinu pod naslovom:

— Die Antimonlagerstätten von Kostajnik in Serbien. 1900.

— Die Kupfererzlagerstätten von Rebelj und Vis in Serbien. 1901.

### Frajberški rudari na rudnicima Srbije kao eksperti i pogonski inženjeri

Rudari apsolventi akademije u Frajbergu radili su na srpskim rudnicima i rudištima kao eksperti i inženjeri. O njihovoj delatnosti ima malo podataka i to ukoliko su bili u državnoj službi ili su pisali po rudarskim časopisima.

Rafael Hofman. — Poreklom je iz čuvene porodice banatskih Hofmana iz koje je izašlo nekoliko slavnih rudara. Rafael Hofman bio je u našim krajevima više puta kao ekspert rudnika i rudarskih terena. O nekima je i pisao, kao o živinom rudištu na Avali i novobrdskom rudištu. U Makedoniji kod Alšara rukovodio je rudnicima antimona i arsena. O našim rudnicima objavio je:

— *Das Quecksilberbergbau Avala in Serbien. Zeitschrift für Berg-Hütten-und Salinenwesen* 1886.

— *Bericht über die prähistorischen Funde aus dem Quecksilberbergbau Avala in Serbien. Objavio zajedno sa Szombathy-em. Mitteil. d. anthropol. Gesel. in Wien Bd 16, 1886.*

— *Die Burgruine Novo Brdo und Umgebung im Vilajet Kosovo. Mitteil. d. geogr. Gesel. in Wien Bd. 36, 1893.*

— *Antimon-und Arsenerzbergbau „Alschar“ in Mazedonien. Oester. Zeitschrift für Berg-und Hüttenwesen, Bd. 39, 1891.*

Oskar Bilharz. — Bio je u Srbiji više puta, ali su u našoj literaturi registrovane samo dve njegove posete. Prva je 1890. godine, kad je proučio rudište žive na Avali kod Beograda i izradio, zajedno sa inženjerom Fišerom, plan eksploracije rudnika. U to vreme rudnikom je upravljao Max Debic, bivši „kraljevski rudarski inženjer vlađe saksonske“.

O. Bilharzu poverila je srpska vlada 1898. godine da pregleda sva rudišta, rudnike i ugļjenokope u zemlji i o njima da svoje mišljenje. Bilharzova ekspertiza štampana je u odlomcima na srpskom jeziku („Rud. glasnik“ 1905, str. 328).

Ernest Pertisch. O njegovom bavljenju i radu u Srbiji nije do sada nađeno nikakvih podataka. U državnoj službi nije bio. Mogao je, međutim, služiti kod Francuza u Majdanpeku između 1860. i 1866. god.

### Rudari iz Srbije školovani u Frajbergu

Kao što smo ranije rekli, još 1837. godine trebalo je da se upiše na rudarsku akademiju u Frajbergu 25 mlađih Srba, polovina svih, iste godine upisanih mlađića. Školovanje u Frajbergu odgođeno je, međutim, čak do 1855. godine. Do tога vremena se samo pet mlađih Srba obrazovalo na rudarskoj akademiji u Šemnicu.

Od 1855. do 1878. godine rudarski pitomci iz Srbije školuju se isključivo u Frajbergu. Neki od njih putovali su povremeno i u druge škole. Posle 1878. godine đaci iz Srbije uče rudarske nauke u Berlinu, Leobenu, Klaustalu, Pšibramu, Liježu, Monsu, Jekaterinoslavu, Petrogradu, a neki još i u Frajbergu. Do prvog svetskog rata rudarske studije u inostranstvu završilo je 29 mlađih Srba. Od toga su devetorica frajberški đaci.

Među našim rudarima, školovanim u Frajbergu, naročito se ističu prva četvorica: Jevrem Gudović, Manojlo Marić, Ljubomir Klerić i Svetozar Mašin. Oni predstavljaju rudarsku elitu Srbije.

Jevrem Gudović (1835—1900). — Školovao se je u Frajbergu od 1855 — 1859. godine. Posle toga putovao je po nemačkim rudnicima skoro godinu dana. Po povratku u zemlju stupio je u državnu službu. Kako država nije imala svojih rudnika, poslala ga je kao kontrolnog organa kod francuskog društva u Majdanpeku. Gudović je 1870. godine došao na čelo rudarstva u Srbiji. Na tome položaju ostao je do 1880. godine, kada je imenovan za ministra građevina. Ministar je bio više puta. Zaslužan je za izgradnju prve železničke pruge kroz Srbiju. Rudarstvom se interesovao do kraja života. Kao načelnik rudarskog odeljenja organizovao je u dva maha obimna rudarska istraživanja po Srbiji i zbog toga stekao zasluga za naše rudarstvo.

Manojlo Marić (1841—1882). — Školovao se je u Frajbergu od 1862—1865. godine. Željan znanja oputovao je tada u Pariz i najzad u Cirihi. Po povratku u Srbiju služio je najpre u Majdanpeku, gde je odmah ispoljio izvanredna svojstva inženjera i organizatora. Imao je samo 25 godina kad je uspešno rukovodio preduzećem. U to vreme Majdanpek je prvi put, od kako je obnovljen 1848. godine, radio sa dobitkom. Kao odličnom stručnjaku Mariću je povereno otva-

ranje olovnih rudnika u Podrinju. Do kraja 1873. godine on je izgradio sa domaćim i inostranim radnicima rudnik, pralište i topionicu olova u Krupnju. Uočivši Marićeve izvanredne sposobnosti knez Milan Obrenović ga je krajem 1874. godine imenovao narodnim poslanikom, a nekoliko meseci kasnije i ministrom građevina. Do kraja života ostao je ministar na raspoloženju iako je radio druge poslove. Za vreme oslobođilačkog rata 1876. godine poverena mu je proizvodnja olova u zemlji. On je uspeo da otvori nove rudnike olova u Podrinju.

**Ljubomir Klerić (1844—1910).** — Među rudarima Srbije ovo je svakako najinteresantnija ličnost. Rudarstvo je studirao po nevolji pa se njime malo i bavio. Na rudarsku akademiju u Frajbergu upisao se prvi put 1865. godine pod imenom Julius Klerity (br. 2443). Posle dve godine napustio je Frajberg i produžio studije u Cirihi. Maja 1868. godine vratio se ponovo u Frajberg (upisan pod br. 2566) i aprila 1869. godine završio je školovanje. Najveći deo vremena na studijama Klerić je proveo na praksi po rudnicima i fabrikama. Posle završenog školovanja u Frajbergu oputovao je u Berlin, gde je na univerzitetu slušao neke „izabrate partije iz rudarstva i mineralogije“.

Na studijama u Frajbergu Klerić je, kao darovitog mladića, zapazio u ono vreme poznati profesor Weissbach, čiju je blagonaklonost mladi student uživao do kraja studija. Više puta Klerić je pratilo profesora Weissbacha na naučnim i praktičnim putovanjima po Nemačkoj. Za nepune dve godine Klerić je u akademiji ispolagao sve rudarske predmete izuzev „Maschinenbau“ drugi kurs. Njegova darovitost se brzo ispoljila. Kao student druge godine konstruisao je razmernik, koji je opisao Ludwig Hunich pod naslovom „Maasstab mit Keil-Nonius Aparat, construirt von Ljubomir Kleritz“ (Berg-und Hüttentäg. Zeitung 1867, br. 23). Drugu publikaciju objavio je Klerić za vreme studija u Cirihi u žurnalnu „Civilingineur“. Za vreme studija ili odmah po završetku Klerić je konstruisao i bušilicu za dubinska bušenja i patentirao je u svim evropskim državama. Ovom bušilicom bušio je sone terene kod Štanfurta i ugljene u Westfaliji.

Po povratku u zemlju Klerić se nije mogao zaposliti u rudarstvu. Zbog toga je opet oputovao u inostranstvo i služio po rudni-

cima Nemačke, Holandije i severne Afrike. Kad se ponovo vratio u Srbiju 1875. godine izabran je za redovnog profesora mehanike na Velikoj školi u Beogradu. Četiri godine pre toga postao je član Srpskog učenog društva, koje se kasnije pretvorilo u Srpsku akademiju nauka. Kad su postavljena prva četiri akademika u Beogradu, među njima je bio i Ljubomir Klerić. To je prvi i do sada jedini rudar član Srpske akademije nauka u Beogradu. Ljubomir Klerić je bio dva puta ministar. Kao profesor Velike škole objavio je više naučnih radova iz mehanike i matematike. Neki od njih ušli su i u svetsku literaturu. O rudarstvu nije pisao osim neophodnih izveštaja, od kojih su neki štampani.

**Svetozar Mašin (1851—1886).** — Spada u red naših najspasobnijih rudarskih inženjera. Na rudarsku akademiju u Frajbergu upisao se 1868. godine (br. 2569), ali je nije završio već je prešao u Berlin, gde je 1872. godine stekao zvanje topioničkog inženjera. Po povratku u Srbiju poslat je u podrinjske rudnike, koje je baš u to vreme izgrađivao frajberški đak Manojlo Marić. Kasnije je Mašin zamenio Marića u Podrinju i uspešno radio na proizvodnji olovnih ruda.

Mašin se bavio isključivo problemima praktičnog rudarstva. Radio je po svima ondašnjim rudnicima Srbije kao pogonski inženjer. Bio je i na raznovrsnim ispitivanjima terena, geološkim i rudarskim. Umro je na terenu, od srčane kapi. Tri godine pred smrću oženio se mlađom devojkom, lepticom, koja je kasnije, posle muževljeve smrti, postala najpre kraljeva naložnica a zatim Kraljica Srbije. Vroglava karijera Mašinove žene Drage bacila je senku na ovog darovitog rudara.

**Mihailo Mihailović (1850—1926).** — Počeo je da studira rudarstvo u Berlinu pa je posle prvog semestra prešao u Frajberg, gde je verovatno i završio studije. Iz škole je poneo veoma solidno znanje i smatran je jednim od najspasobnijih inženjera svoga doba. Prvi je od naših rudara pokušao da izgradi sopstveni rudnik ali bez uspeha. Kratko vreme bio je i rukovodilac rudarstva u Srbiji.

**Svetozar Gikić (1854—1913).** — Počeo je da studira rudarstvo u Liježu, nastavio u Klaustalu a završio u Frajbergu 1878. godine. Kao mlađi rudarski inženjer uposlio se

najpre na izgradnji prve železničke pruge kroz Srbiju. Radio je na probijanju i izradi tunela. Kasnije je prešao u rudarstvo i otvorio prvi veliki državni ugljenokop u zemlji (Senje). Jedno vreme bio je i rukovodilac rudarstva u Srbiji.

**D r a g o l j u b Simeonović** (1867—1924). — Posle Gikića na rudarsku akademiju u Frajbergu nije se upisao punih 12 godina ni jedan pitomac iz Srbije. Tek 1890. godine upućen je iz Srbije u Frajberg na studije građevinski inženjer Dragoljub Simeonović. Posle redovnog školovanja vratio se u zemlju i zaposlio u senjskom ugljenokopu. Za svoje ime vezao je znatan uspeh u ondašnjem rudarstvu Srbije. Projektovao je i otvorio prvi moderan ugljenokop u zemlji, Ravnu Reku. U rudarstvu je ostao do kraja života.

**Milutin Gojković**. — Na rudarsku akademiju u Frajbergu upisao se 1908. godine a završio je 1913. U rudarstvu je služio na raznim dužnostima sve do penzionisanja. Uspešno je rukovodio najvećim ugljenokopom u zemlji, senjskim, i za nekoliko godina udvostručio je njegovu proizvodnju. Sada živi kao penzioner u Beogradu.

**Milan Naumović**. — Završio je rudarsku akademiju u Frajbergu 1905. godine, ali u Srbiji nije služio u rudarstvu.

Na kraju da napomenemo, da su na rudarskoj akademiji u Frajbergu počeli da studiraju 1855. godine Ferdinand Bodewig i Jovan Jakovljević, ali je nisu završili. Oba su umrla u Srbiji kao studenti. Branislav Pavlović je takođe počeo studije u Frajbergu, ali ih je napustio.

Do prvog svetskog rata na rudarskoj akademiji u Frajbergu studirali su iz drugih krajeva, današnje Jugoslavije: Vrtilek Johan, Ruard Oto, Jakša Vincenc Manov-Platnarov Jelesije, Milden Robert Fridrik Samuel, Gulkovski Moritz Franz Jozeph. Njihova delatnost u rudarstvu Jugoslavije nije mi poznata.

U rudarstvu Srbije prošloga veka veliki ugled uživali su ne samo frajberški rudari i njihova visoka škola već i „kraljevska topionica olova”, kako su je nazivali u našim službenim dokumentima. Mnogo zaslužni za rudarstvo Srbije banatski Nemac Feliks Hofman poslao je 1865. godine, sa svoga rudnika u Kučajni, pošiljku kompleksnih olovo-cinkovih ruda sa zlatom i srebrom u Frajberg, da se tamo prerade. Ovakve rude on nije

mogao da pretopi u Kučajni. A u Frajbergu ih je poslao ne samo da ih proda, već da dobije šemu, po kojoj se takve rude preradeju. Sa istog rudnika poslato je 1874. godine u Frajberg na preradu još 22.000 centi kompleksnih ruda i 8000 centi cinkovih. Njihova vrednost iznosila je 210.000 maraka. Sličnih pošiljki bilo je verovatno sa drugih rudnika u Srbiji, naročito ako su rude bile nezgodne za prebiranje itopljenje.

Veze između saksonskog i rudarstva u Srbiji počele su slabiti, kao što smo ranije videli, još u prošlom veku. Prvi frajberški daci, elita našega rudarstva, rano su otisli u politiku, pa ih je ova apsorbovala na štetu rudarstvu. Osim toga, dvojica su umrli mlađi. Od devedesetih godina prošloga veka pa do naših dana rudarsku akademiju u Frajbergu završilo je samo 6 mlađih Srba. Između prvog i drugog svetskog rata rudarske studije u Frajbergu završili su **Todor Vitorović** i **Gojko Nešić**, koji su još i sada aktivni u rudarstvu.

Posle drugog svetskog rata došlo je ponovo do povezivanja našeg rudarstva sa rudarskom akademijom u Frajbergu. U 1947. godine doputovala je u Srbiju grupa profesora rudarske akademije i smestila se u Trepči, jednom od najvećih rudnika u Jugoslaviji. Odavde su profesori Dr Otto Meisser (za primenjenu geofiziku), Dr Franz Schumaher (za nauku o mineralnim ležištima), Dr Gründer (za obogaćivanje) i Dr Brenthes (za metalurgiju) rešavali probleme svih naših rudnika, rudišta, flotacija i topionica. U ono vreme pomoći frajberških profesora našem rudarstvu bila je osobito potrebna, jer su strani stručnjaci, zaposleni na našim velikim rudnicima bili napustili Srbiju delom uoči a delom posle drugog svetskog rata.

Najvidnijeg traga ostavilo je u Srbiji bavljenje profesora Majsera. Za nepune četiri godine, koliko je kod nas proveo, on je ispitao raznim geofizičkim metodama skoro sva rudišta Srbije, Crne Gore i Makedonije. U ono vreme, zbog ograničenih deviznih sredstava, profesor Majser bio je prinuđen da vrši ispitivanja bez skupocenih i složenih instrumenata. Primjenjujući metodu sopstvenog električnog potencijala uspešno je ispitivao bakarna i olovno-cinkova rudišta (Majdanpek, Janjevo, Šuplja Stijena). Ova metoda još i sada nalazi kod nas široku i uspešnu primenu.

## Kongresi i stručna putovanja

### *IV međunarodni kongres rudara, London, 1965. godine.*

U organizaciji National Coal Board održan je u periodu od 12. do 16. juna 1965. u Londonu IV međunarodni kongres rudara.

Kongresu je prisustvovalo preko 1500 delegata (prijavljeno 1661) iz 42 zemlje od čega 23 Jugoslovena.

Kongres je neprekidno radio u plenumu i za vreme njegovog održavanja podneta su 42 referata. Skoro svi referati tretirali su problematiku eksploatacije uglja i pokušali da ukažu, da se ugaj može dobijati jeftinije, kako bi se na tržištu uspešno takmičio sa ostalim gorivima i drugim izvorima energije.

Podneti referati tretirali su sledeće oblasti rudarske delatnosti:

- I Metode eksploatacije (12 referata)
- II Planiranje i projektovanje (7 referata)
- III Istraživanja u rudarstvu (8 referata)
- IV Transport (7 referata)
- V Rukovođenje i organizacija (4 referata)
- VI Goriva u nacionalnoj ekonomici (4 referata)

Najveći broj referata iz oblasti „Metoda eksploatacije“ odnosio se na širokočelne metode otkopavanja kod kojih se koristi kompleksna mehanizacija. Tendencija daljeg razvoja otkopavanja širokim čelom ogleda se u težnji potpune mehanizacije svih faza otkopavanja pri čemu se celokupnim procesom upravlja iz daljine. U ovoj grupi zapažen je referat W. I. Adcock-a (V. Britanija) u kome je prikazan engleski projekt ROLF (Remotely Operated Longwall Faces) po kome se predviđa otkopavanje širokim čelom i bez radnika na otkopu.

U grubi „Planiranje i projektovanje“ obrađeni problemi ukazuju da se planiranju i projektovanju u današnje vreme mora dati veći značaj upravo iz ekonomskih razloga. Solidne prethodne studije omogućavaju projektovanja koja obezbeđuju veće ekonomske efekte. Profesor B. Krupitski (Poljska) u svom referatu „Projektovanje eksploatacionog područja“ dao je značajan prilog metodiči određivanja veličine eksploatacionog područja i podele na eksploataciona polja (rejone). Veliko interesovanje delegata i živu diskusiju izazvalo je saopštenje H. Ahlmann-a (Švedska) o projektima za veću proizvodnju i višu produktivnost u švedskom rudniku gvožđa Kiruna. Referat je praktičnim primerom rudnika Kiruna ukazao na teoretske puteve za izvođenje projektovanja de-lova tehnološkog procesa kod jednog rudnika.

U trećoj grupi referata obrađeni materijali ukazali su na sve veću potrebu za prethodnim istraživanjima u rudarstvu. Prikazani su stepeni razvoja u tom pogledu u pojedinim državama. G. I. Mankovski (SSSR) u svom referatu „Primena modela u rešavanju rudarskih problema“ prikazao je u kojim se oblastima rudarske tehnike danas u SSSR-u najviše koriste metode modeliranja.

U grupi „Transport“ ističe se referat S. Crab-a (Južna Afrika) pod naslovom „Izvoz sa dubokih horizonta u Južnoj Africi“.

Prikazan je sistem izvoznih mašina sa bubevima za više užadi (blair sistem) kojima se teret od 17.074 kg podiže sa dubine od 2.012 m.

M. Simonović (Jugoslavija) podneo je referat „Organizacija rukovođenja u rudniku Kolubara“ u kome je prikazan primer upravljanja i rukovođenja u uslovima radničkog samoupravljanja.

U poslednjoj grupi referata prikazana je uloga uglja u nacionalnoj ekonomici pojedinih zemalja i odnos uglja kao goriva prema ostalim izvorima energije.

U vreme održavanja kongresa organizovana je izložba rudarskih mašina i opreme engleske proizvodnje pod parolom „Coal Plans for Power“. Na izložbi se moglo videti u kojoj meri je engleska industrija napredovala i učinila da se engleska proizvodnja uglja svrstava u red najmodernejih industrija uglja u svetu. Prikazane mašine odnose su se na skoro sve oblasti rudarstva. Ipak, može se reći da su najveće interesovanje izazvali uređaji za daljinsku kontrolu i daljinsko upravljanje tehnološkim procesima.

Većina inostranih učesnika uzela je učešće u ekskurziji koja je organizovana od 18—22. VII 1965. god. Program ekskurzije obuhvatao je najpre obilazak jednog odeljenja Rudarskog instituta (NBC Mining Research Establishment) koji se nalazi u Iselworth-u, predgrađu Londona, posle čega su delegati otputovali u Nottingham. Iz Nottingham-a su u roku od tri dana učinjene dve posete rudnicima i jedna poseta drugom odeljenju Rudarskog instituta koji se nalazi u Bretby (NCB Central Engineering Establishment).

Jedna grupa učesnika posetila je rudnik Donisthorpe (East Midlands Division, Area No. 7) u kome su razgledali širokočelni otkop na kome je tehnološki proces potpuno mehanizovan. Na čelu dužine 70 m i visine 2 m postiže se 540 t u smeni sa svega 5 radnika. Opšti rudnički učinak iznosi 3,68 t/nad.

Najinteresantnija poseta u toku ekskurzije bila je poseta rudniku Bevercotes (East Midlands Division, Area No. 3) koji proizvodi 1,250.000 t komercijalnog uglja sa opštim učinkom od 3 t (2000 radnika). U toku su radovi koji će omogućiti istu proizvodnju sa svega 770 radnika pri čemu će se učinak povećati na 8 t po izvršenoj nadnici. Osobenost ovog rudnika je skoro potpuna automatizacija u svim fazama tehnološkog procesa. Otkopavanje se vrši na pet širokih čela, svako dužine 250 m, koje napreduje

7,2 m/dan. Široka čela rade potpuno bez radnika a čitavim tehnološkim procesom upravlja se iz izvoznog hodnika sa posebnog komandnog mesta. Ovakav način rada na širokim čelima, nazvan ROLF (Remotely Operated Longwall Faces), predstavlja rezultat rada čitavog niza istraživačkih ustanova uz saradnju rudnika Bevercotes. Čitav projekat finansiran je od strane NCB (National Coal Board).

Poslednja poseta učinjena je odeljenju Rudarskog instituta u Bretby-u gde se rezultati

rada istraživačkih odeljaka koriste kod izrade pojedinih uređaja. U njemu je i nastao ROLF i niz drugih veoma korisnih mašina i konstrukcija za rudarstvo.

Organizacija ekskurzije bila je izuzetno dobra uprkos velikog broja učesnika. Organizatori i domaćini bili su neobično predusretljivi i omogućili su skoro svakom posetiocu da zadovolji svoje interesovanje za objekte koji su posećeni.

Dipl. ing. D. Mitrović

## Prikazi iz literature

Autor: Kamenskij P. P., Jakovljev A. E.  
Naslov: Elektroopskrba rudnika uglja (Elektro-snabženje ugoljnyh šaht)  
Izdavač: „Nedra”, Moskva, 281 str. 97 sl., 1964.

Savremeni rudnici uglja postaju sve veći potrošači električne energije. Međutim, specifični klimatski i opšte fizičko-tehnički uslovi koji vladaju u rudnicima uglja, a specijalno u rudarskim jamicama, zahtevali su od strane elektrotehničkih stručnjaka da se pojedinim problemima električnog razvoda kao i snabdevanju električnom energijom u jami posvete specijalne mere.

Zato se u knjizi razmatraju različita kompleksna pitanja, koja imaju za cilj da obuhvate što više raznih uslova neophodnih za proračun električnog opterećenja potrošača, a zatim električnu mrežu visokog, srednjeg i niskog napona.

Autori nisu ispuštili iz vida i niz drugih okolnosti kao što je odabiranje opreme koju treba da izvrši projektant odnosno konstruktor prema uslovima koji vladaju u jami.

Posebno pitanje je postavljeno kod problema određivanja tj. povišenja koeficijenta snage za rudničke potrošače.

Problemima relejne zaštite kao i zaštite od pojava prenapona u jami autori su u ovoj knjizi posvetili tri glave. Iako automatika u rudnicima ima posebno mesto u ovoj knjizi, ipak se i ovaj problem razmatra tako, da su se električni problemi automatike uklopili u opšte probleme projektovanja električne instalacije i snabdevanja električnom energijom u rudnicima. Ovom činjenicom knjiga je još više dobila u celini tretiranja električnog snabdevanja rudnika uglja.

Autor: Pranglišvili, V. I. i dr.  
Naslov: Beskontaktni sistemi telemehanike u rudarstvu i metalurgiji (Beskontaktni sistemi telemehanizacije gornodobivajuće i metallurgičeskoj promyšlenosti)  
Izdavač: Gosudarstvenyj komitet po černoj i cvetnoj metallurgii pri gospolane SSSR, Moskva, str. 108, sl. 65, 1964.

Rad na automatici rudničkih postrojenja uz korišćenje beskontaktnih elemenata nije tako jednostavan kao kod nekih drugih industrijskih grana. Ova otežavača okolnost proizlazi iz dva najbitnija faktora. To su otežani uslovi rada, a zatim stepen automatike postignut korišćenjem relejnih elemenata. (Zato je bilo potrebno povećati broj elemenata za ugradnju kod električnih kola uz povećanje broja kablova.) Uz sve to, relejni elementi nisu mogli da obezbede dovoljnu sigurnost u radu, kao što to mogu da učine beskontaktni poluprovodnički i feritni elementi.

Kao što je poznato, relejno-kontaktna aparatatura uz pozamašne dimenzije, velike težine i velike inercije nije podesna za rad u rudarstvu, gde je povećana vlažnost, mehaničke vibracije, mehaničko opterećenje i slično, pa zato treba ići na zamenu ovih elemenata mnogo podesnjim beskontaktnim elementima.

Poslednjih godina razvijeno je nekoliko različitih telemehaničkih beskontaktnih sistema, koji u poređenju sa relejnim sistemom obezbeđuju veliku sigurnost u radu, manju inerciju, veću dugotrajnost, a uz veliko smanjenje broja ugrađenih elemenata, kao i potreban broj ljudstva za njegovo održavanje i posluživanje. Osim toga, telemehanički beskontaktni sistemi mogu da rade u uslovima povećane vlažnosti, kao i pod dejstvom većih mehaničkih udara i vibracija, a zatim u prostorijama sa povećanom zagadešću, što još više proširuje njihovu primenu.

Beskontaktni sistemi dozvoljavaju primenu takvih metoda prenosa i prijema signala, koji se nikako ne mogu ostvariti kontaktним putem. Takav je slučaj, na primer, pri neprekidnom prenosu signala.

Autor: Tiščenko, A. N.  
Naslov: Stabilnost magnetnih pojačivača (Stabilnost magnitnih usiliteljej)  
Izdavač: „Energija”, Moskva, 320 str., 64 sl., 1964.

Magnetni pojačivači zajedno sa tranzistorima pojačivačima napona i snage uveliko se primenjuju u ruderstvu. Velika mehanička čvrstoća, kao i teorijski beskonačno duga eksploracija čine ih podesnim za primenu u kolima regulacije i automatike rudničkih postrojenja.

Kao i kod drugih vrsta pojačivača ili uopšte električnih elemenata tako i u magnetnim pojačivačima postoje neke nepodesne osobine. To su, pre svega, inertnost odnosno osobina da signal na izlazu priično kasni, u odnosu na ulazni signal, i pojava nestabilnog rada. Nameraj je autora da baš ovom drugom problemu posveti relativno veliki prostor u knjizi. To u isto vreme ukazuje da je ovo jedan od gorućih i ne tako malih problema magnetnih pojačivača.

Autor ne posmatra problem stabilnosti kao izolovanu pojavu već u okviru kompleksa pitanja, koja se odnose na teoriju i projektovanje magnetnih pojačivača sa povećanim faktorom stabilnosti.

Autor: Kossov, O. A.  
Naslov: Tranzistorski pojačivači snage u prebacivačkim kolima (Usiliteli moćnosti na tranzistorah u režime pereklučenij) Izdavač: „Energija”, Moskva, 304 str., 89 sl., 1964.

Tranzistorski pojačivači u rudničkim postrojenjima imaju ogromne prednosti nad cevnim pojačivačima istih tehničkih karakteristika. Ova činjenica proizilazi iz specifičnih tehničkih zahteva, koji se postavljaju propisima o zaštiti električne opreme u rudnicima, kao i nizom drugih tehničkih okolnosti koje poseduju tranzistori pojačivači. To su: male dimenzije, veća mehanička čvrstoća, manja težina, veći koeficijent korisnog dejstva, niži napon na napajanje, veća ekonomičnost i duži vek eksploracije.

Svi navedeni faktori ukazuju da je mnogo podesnije u pojačivačkim kao i drugim elektronskim kolima upotrebljavati tranzistore a ne elektronske cevi. Ipak, u toku projektovanja tranzistorских kola za rudnička postrojenja pojavljuju se neke specifične okolnosti koje otežavaju pravilnu upotrebu ovih kola u ruderarskim jamama. To su: relativno visoke temperature, povećana vlažnost, a delimično i prašina. Za prelazni režim rada tranzistora ove činjenice imaju različitu manifestaciju što zavisi od konkretno postavljenih karakteristika tranzistorских pojačivača. Uticaj povišene temperature ambijenta u kojoj radi tranzistor, može da se kompenzuje korišćenjem specifičnih elektronskih elemenata ili u ekstremnim slučajevima upotrebom podesnih hladnjaka. Uticaj vlage i prašine na negativan rad tranzistora u jami može da se spreči postavljanjem tranzistorских kola u podesno zatvorene baterije.

Autor ne prilazi ovim problemima sa stanovišta korišćenja tranzistorских pojačivačkih kola za rudničke potrebe, ali zato daje niz drugih tehničkih podataka za rad tranzistora u uslo-

vima koji su bliski onima, koji vladaju u rudničkoj jami.

U knjizi je posebna pažnja poklonjena tranzistorima pojačivačima snage u toku prebacivačkog režima. Zato je bilo neophodno da se proanalizira njihov rad u oblasti sve četiri voltamperske karakteristike, kako bi se u zavisnosti od prirode potrošača, njegove veze sa pojačivačem, kao i u uslovima pod kojima radi, mogla da odaberu podesnija rešenja.

Lj. P.

Autor: Han, G. A.

Naslov: Automatizacija procesa obogaćivanja (Avtomatizacija processov obogašenija) Izdavač: „Nedra”, Moskva, 372 str., 1964.

U uvodu knjige autor ukazuje na automatizaciju i specifičnosti obogaćivanja. Osnovni pravci razvoja ovih procesa u SSSR uslovjeni su društvenim promenama i planovima i promenama predviđenim za sledećih 20 godina — osvrtarenje tehničke i materijalne baze komunističkog društva.

Theorija automatskog upravljanja izložena je u prvoj glavi. Statičke i dinamičke osobine sistema su funkcionalno zavisne i daju se razviti u matematički red. Ovo se pojednostavljuje procesom linearizacije.

Druга глава обрађује automatske regulatore. Pri njihovoј klasifikaciji uzet je u obzir izvor energije i tzv. karakteristika (zavisnost parametra i položaj organa za regulaciju). Imamo, dakle, regulator: reljene, astatičke, statičke, sa ravnomernom brzinom servo-pogona, izodromne i proporcionalno-izodromne. Ovde je angažovan bogat matematički materijal: realni i kompleksni koren u saglasnosti sa Ajlerovom formulom, Gurvicov algebarski kriterijum, kao i amplitudno-fazni kriterijum Najkvista.

Treća glava namenjena je opširnom proučavanju sastavnih delova automatskih regulatora.

Sledeća glava se bavi objektom regulisanja. Ona obuhvata određivanje količine materijala, merenje pritiska nivoa u sudovima i pribore za merenje istih. Za utvrđivanje gubitaka tečnosti, pulpe i gasova naveden je niz jednostavnih i složenih uređaja. Kontrola nivoa rastresitog materijala i tečnosti vrši se merenjem.

Konstrukcione šeme osnovnih tipova automatskih regulatora date su u petoj glavi. To su pneumatski i električni regulatori posrednog dejstva.

Druga polovina knjige (drugi deo) se odnosi na automatizaciju procesa obogaćivanja. Ona je prirodno i praktično podeljena prema ustrojstvu samog postrojenja za obogaćivanje tj. prema njegovim odeljenjima: drobljenje, usitnjavanje, koncentracija, kontrola količine pepela i određivanje sadržaja metala u proizvodima obogaćivanja, zgušnjavanje.

Prikazani uređaji i mašine su isključivo sovjetske proizvodnje. Isto tako i bibliografski podaci (55) ukazuju samo na sovjetske autore. Saopštena su svega dva strana autora u prevodu (jedan nemacki iz 1932. god. i jedan engleski iz 1947. god.).

A. B.

## Iz domaćih i stranih časopisa

Lawver, J.: **Upravljanje procesom** (Operating Controls). — „Mining Engineering”, 1965, febr., str. 111—115.

Čovek je oduvek težio da koristan rad, koji treba da uloži u toku proizvodnje nekog predmeta, zameni radom koji mu pruža bilo priroda bilo neki drugi fizičko-tehnički fenomen. Ovaj problem se sve više nametao, ukoliko je razvoj sredstava za proizvodnju bio komplikovaniji a proizvod serijski, masovniji.

U toku poznež srednjeg i početkom novog veka čovek je prva manufakturana postrojenja podizao pored reka da bi na taj način iskoristio rad koji mu daje voda u svom toku. Kasnije, kada je para a zatim i električna energija dala nove podstreke za građenje snažnijih postrojenja, nemirani i uglavnom nezadovoljan ljudski duh tražio je da ih što bolje iskoristi i potčini svojim potrebama.

Autor, nesumnjivo dobar poznavalac tehnike regulacije, merenja i kontrole kao i kompleksnih tehnoloških procesa, obuhvatio je u navedenom članku samo neke probleme tehnike upravljanja. To su: kontinualna hemijska analiza, merenje i analiza vlažnosti, upravljanje procesom drobljenja i mlevenja, merenje protoka tečnih i čvrstih supstanci, merenje i analiza veličine zrna i na kraju ukazuje na radiometrijsko i foto-upravljanje.

Interesantan je podatak da se u toku kontinualne hemijske analize pre svega insistira na upotrebi X- radijacije, i to u raznim oblicima, tj. kao X- fluorescencija, X- difrakcija i X-apsorpcija. X- zraci, koliko je nama poznato, doskora nisu imali širu tehničku primenu, s obzirom da su uredaji za njihovo klasično generiranje bili skupi. Oni su se, uglavnom, koristili u okviru laboratorijskih ispitivanja. U navedenom slučaju verovatno da se radi o nekim ekonomičnijim sredstvima za proizvodnju X- zračenja, mada autor o tome ništa detaljno nije saopštio.

Lj. P.

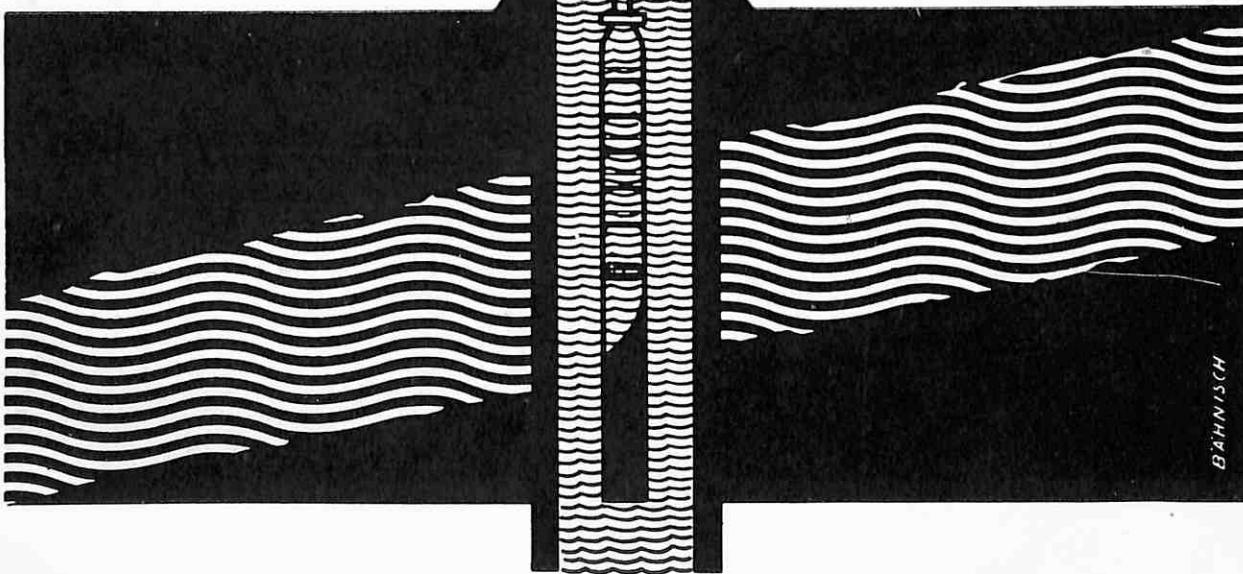
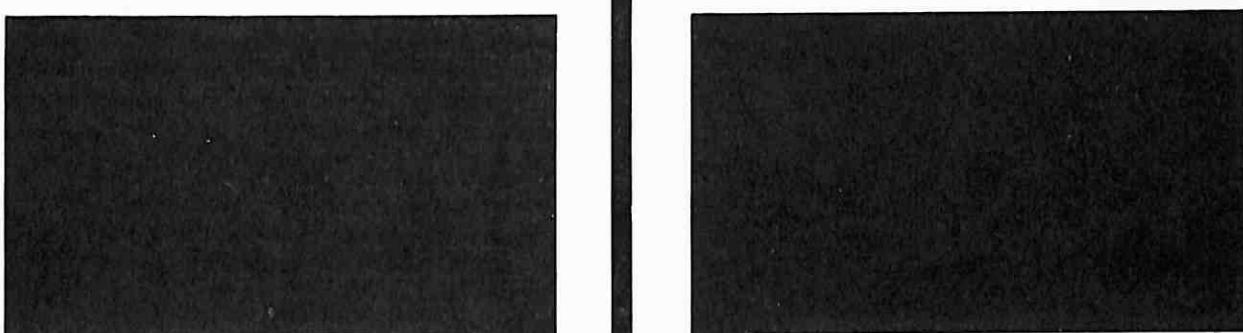
## I spravka

U „Rudarskom glasniku” br. 1/1965 na stranicama 65—74 objavljen je članak „Uticaj pepela sa niskom temperaturom topljenja na proces sagorevanja ugljeva u ložištima kotlova i izbor pogodnih mešavina” od autora dipl. ing. Ljubomira Novakovića, dipl. ing. Milana Antića i dipl. ing. Milana Vesovića. Autori članka obaveštili su dopisom od 17. maja 1965. godine Redakciju časopisa da je koautor članka i dipl. ing. Borisav Marković.

Redakcija „Rudarskog glasnika”



EKM



## PODVODNE MOTORNE PUMPE — KONSTRUKCIONA SERIJA U

služe za ekstrakciju vode iz većih dubina s najmanjim utroškom za bunare i montažu. Lako se montiraju, nije im potrebno postolje i kućište pumpe, a rade pouzdano bez posluživanja.

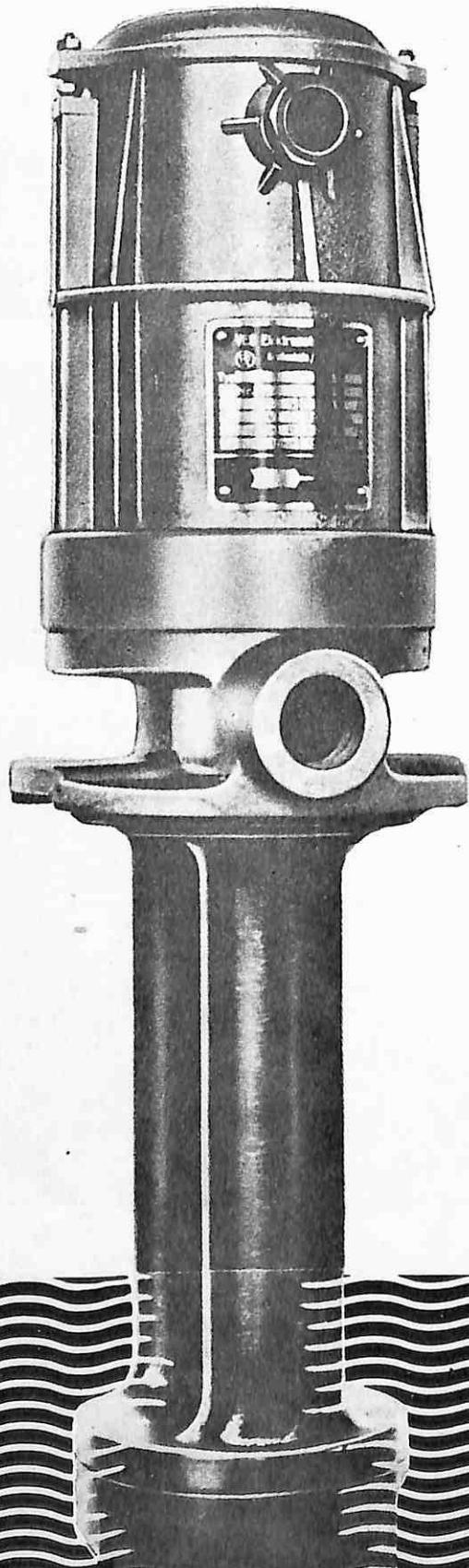
Primjenjuju se za ekstrakciju pitke vode u gradovima i općinama, za opskrbu vodom industrije i poljoprivrede, za opadanje podvodnih voda i za otapanje i zadržavanje vode u rudarstvu i rovovima.

RADNE KARAKTERISTIKE: transportna količina — 40 do 630 m<sup>3</sup>/h  
transportna visina do 160 m



**TECHNOCOMMERZ** GmbH

108 BERLIN, TAUBENSTRASSE 4—6  
Njemačka Demokratska Republika



**VEM-Elektromaschinenwerke**

## ELEKTRIČNE PUMPE ZA ZARONJAVANJE

traže se u tehnici posebno tamo, gde je među ostalim potreban mali transportni kapacitet, niski usporni tlak, anormalni naponi, različiti spojevi, razne vrsti pogona i izolacija te apsolutna pogonska sigurnost.

Tekućine koje se pri težim obradama primenjuju za odvod topote ili kao sredstvo za ispiranje, mogu se pomoći ovih pumpi isto tako pouzdano transportirati kao emulzije, petrolej ili ulja za podmazivanje.

Tri veličine transportnog kapaciteta od 25, 40 odnosno 63 l/min. i dubine zaronjavanja od 125, 160, 200 i 315 mm približno prikazuju sve mogućnosti primene.

### IZVOZNIK:

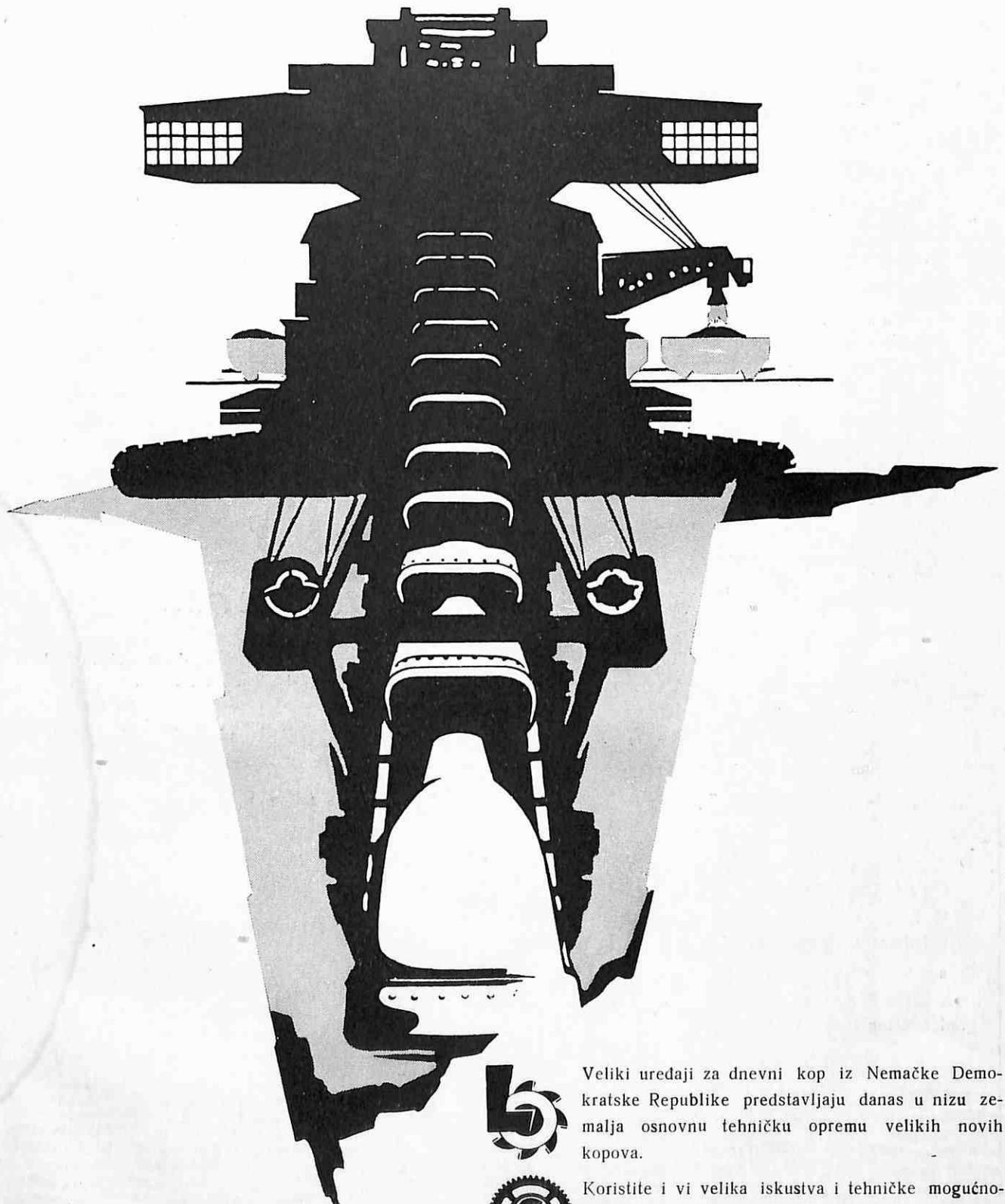
**Deutscher Innen- und Aussenhandel**

**Elektrotechnik**

**104 Berlin, Chausseestr. 111/112**  
Nemačka Demokratska Republika

Zainteresirani neka se obrate na POSLANSTVO

**NEMAČKE DEMOKRATSKE REPUBLIKE U SFRJ**  
Trgovinsko-političko odeljenje  
Ured „Elektrotehnik“-e  
Beograd, Birčaninova br. 21



Veliki uredaji 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/I

## „ENTROPIE“

naučno-tehnički časopis za termodinamiku  
Broj 4 (juli-avgust 1965.)

Sadržaj:

- Uvodni članak — Louis WEIL: *Termodinamički prenosi*
1. Jacques LEMAIGNEN: *Termodinamika nastaga goriva*
  2. J. P. SAGE: *Merenje visokih temperatura*
  3. Pierre CHAFFIOTTE: *Mogućnost velikog pojačanja održavanja četvorotaktnih dizel motora*
  4. M. DUCOURANT: *Pretvaranje prirodnih gasova u tečno stanje putem „uključivanja kaskade“*
  5. F. KROL: *Potrošnja pare u turbinama kod slabog loženja*
    - Fleševi
    - kongresi — konferencije
    - bibliografski pregled
    - patenti
    - praktične primene termodinamičkih formula

Preplatite se na naš časopis

## „RUDARSKI GLASNIK“

Časopis izlazi 4 puta godišnje

Godišnja preplata iznosi 14.000.— dinara

Pojedinačni preplatnici uživaju znatan popust

Za sva obaveštenja obratite se Birou za naučno-tehničku dokumentaciju Rudarskog instituta, Beograd (Zemun) Batajnički put br. 2.

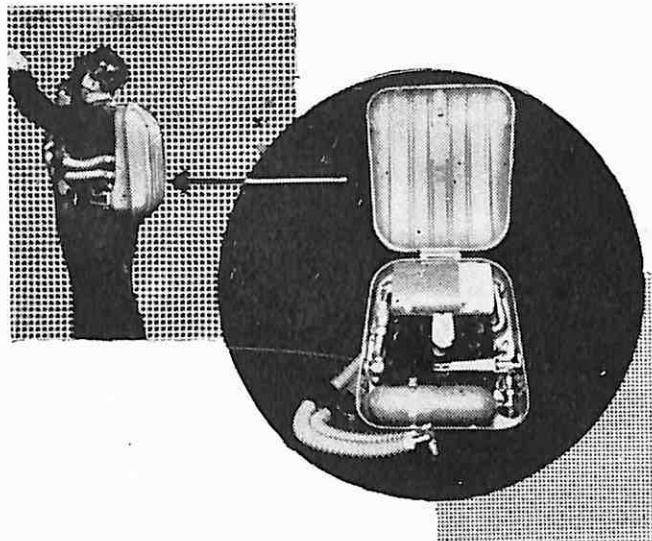
Subscribe for our quarterly issued

## „RUDARSKI GLASNIK“

Annual subscription 14.000.— dinars

Individual subscribers are granted special substantial discount

For all informations apply to the Bureau for Scientific-Technical Documentation, Mining Institute, Belgrade (Zemun) Batajnički put № 2, Yugoslavia.



## *Sigurnost*

Tamo gdje se radi o tome, da se radnim ljudima pruži jamstvo da je u slučaju opasnosti učinjeno sve za njihovu sigurnost, postali su naši uredaj za zaštitu dišnih organa pojma kvaliteta i pouzdanosti.

### Za rudokope i industriju isporučujemo:

Zaštitne aparate protiv plinova

Aparate za umjetno disanje

Inhalacione sprave na kisik - u kovčegu

Potpune maske i polu-maske za zaštitu dišnih organa

Sprave sa otvorenim filterima za umetanje

Regulacione sprave s filterom

Aparate za svježi zrak

Sprave za zaštitu protiv peskarenja

Ručne pumpe za pretakanje

Ispitne sprave za maske

Ventile i aparate



**WEB MEDIZINTECHNIK LEIPZIG**  
**LEIPZIG W 35, FRANZ-FLEMMING-STRASSE 43**

### IZVOZNIK:

**Deutsche Export-und Importgesellschaft**  
**Feinmechanik-Optik m. b. H.**

Berlin C 2, Schicklerstrasse 7

NJEMAČKA DEMOKRATSKA REPUBLIKA

### ZASTUPNIK ZA SFRJ:

**B A L K A N I J A**

Beograd, 7. jula 10

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

