

BORIS SINKOVEC

GEOLOGIJA LEŽIŠTA ŽELJEZNE I BAKRENE RUDE U RUDAMA KRAJ SAMOBORA

S 5 slika u tekstu

U ležištu Rude nalaze se željezne i bakrene rude, koje su prostorno i genetski u uskoj vezi. Ispod hematitno-sideritnog sloja, koji je uložen u gornjopaleozojske sedimente, nalaze se sulfidno-sideritne rudne žice. Ležište je ekshalaciono-sedimentnog tipa, a nastalo je u kasnom stadiju razvitka hercinske orogeneze.

UVOD

Selo Rude, u čijoj se neposrednoj blizini nalazi ležište željezne i bakrene rude, udaljeno je 25 km zapadno od Zagreba.

Ne zna se pouzdano kada se počelo rudariti u Rudama. Po nekim podacima može se zaključiti da se u Rudama rudarilo u srednjem vijeku, a možda i u doba Rimljana. Najstariji podaci govore da se već 1210 god. vadila bakrena ruda, a u to vrijeme selo Rude imalo je naziv Rovi.

Podaci o proizvodnji bakra su manjkavi, a iz njih se razabire da je u periodu od godine 1628 do 1800. godišnja proizvodnja bakra obično bila između 200 i 400 centi. Najveća proizvodnja od 573 centi bakra zabilježena je 1634. god. Radi osiromašenja ležišta proizvodnja iza 1800. god. opada. Eksploatacija bakrene rude prestala je 1851. god., kada je proizvedeno svega 53 centi bakra (E. L a s z o w s k i, 1942).

Analizom postojećih podataka može se zaključiti da je u Rudama ukupno proizvedeno 40–50.000 centi, odnosno 2.200–2.800 t bakra (1 cent = 56,006 kg).

Na osnovi starih analiza, kao i količine otkopane rude i proizvedenog bakra u pojedinim godinama, može se zaključiti da je u Rudama kopana ruda s 12–16% bakra, što znači da je ukupno izvađeno 20–25.000 t bakrene rude.

Godine 1850 započela je proizvodnja željezne rude (siderita), koja je većim dijelom taljena u Rudama u visokoj peći kapaciteta 25.000 centi god. Godišnja proizvodnja željezne rude kretala se između 20.000 i

130.000 centi, a godišnja proizvodnja željeza između 5.000 i 16.000 centi. Radi nerentabilnosti rudnik je 1859. zatvoren. Za vrijeme desetogodišnjeg rada otkopano je oko 26.000 t željezne rude.

Rudarska djelatnost privukla je pažnju geologa, tako da postoji veći broj radova o rudarstvu i geologiji Samoborskog gorja.

Najstarije podatke o geologiji ležišta Rude daje B. H a c q u e t (1784). Prema Hacquetu u Rudama je najviše rasprostranjen gnajs u kojemu se nalaze leće i žilice halkopirita. Nadalje spominje da se rudniku nalazi željezna ruda, gips, pješčenjak i gorka sol.

L. V u k o t i n o v i ć (1855, 1873a, 1873b) daje geološki opis ležišta i navodi da se ispod grauvaka u kojima je ležište bakrene rude, nalaze dioriti koji su izmijenjeni i pretvoreni u zelene škriljce.

D. S t u r (1861-62, 1863) navodi da se u donjem dijelu ležišta nalazi halkopirit, a u gornjem dijelu siderit deo 6 m. Na granici karbona i trijasa je gips, za kojeg pretpostavlja da je trijaski starosti.

M. K i š p a t i ć (1878, 1901) daje popis minerala nađenih u Rudama: antimonit, pirit, galenit, kovelin, halkopirit, hematit, kuprit, siderit, malahit, barit, gips, epsomit i melanterit.

D. G o r j a n o v i ć - K r a m b e r g e r (1884) daje petrografski opis paleozojskih sedimenata, za koje smatra da pripadaju donjem karbonu. Postanak halkopirita dovodi u vezu s dijabazima i profiritima Manje Vasi.

F. Š u k l j e (1942) pominje da karbonske sedimente redovito prate ulošci hematita i limonita, ali malog prostiranja.

M. H e r a k (1956) daje do sada najdetaljniji prikaz geologije šire okoline Ruda i geološku kartu mjerila 1:25.000.

I. J u r k o v i ć (1962) opisuje geologiju ležišta Rude i iznosi pretpostavku da su željezo i ostali metalni ioni submarinsko-juvenilnog porijekla.

O ležištu Rude pisali su i F. W a l d s t e i n & P. K i t a i b e l (1805), Z. V u k a s o v i ć (1879), F. T u ć a n (1907, 1908, 1919) i K. P a p p (1916).

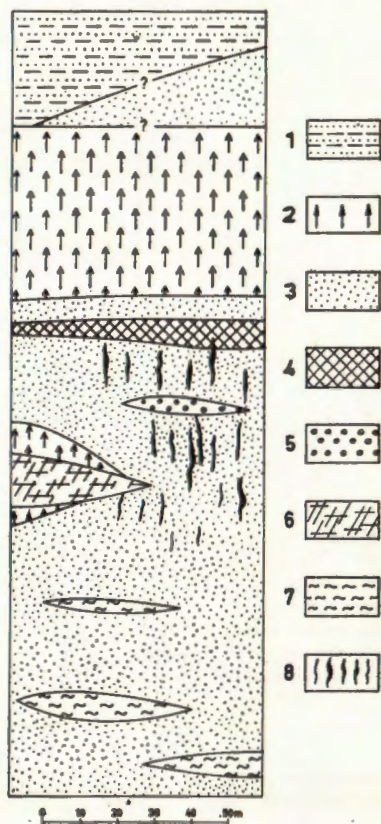
GEOLOŠKA GRAĐA UZEG PODRUČJA RUDA

Najstariji sedimenti na području Samoborskog gorja su gornjopaleozojske naslage, koje se nalaze na nekoliko izdvojenih područja. Jedno takvo područje, s površinom 3×2 km, je u gornjem toku Gradne potoka i za njega su vezane glavne pojave željezne i bakrene rude. Donji dio paleozojskih sedimenata, u kojima prevladavaju crnosivi glinoviti škriljci, pripadaju gornjem karbonu, a gornji dio pripada permu. Paleozojske stijene prekrivaju trijaski sedimenti (M. H e r a k, 1956).

Na području rudnog ležišta najstariji su pješčenjaci u kojima se nalaze slojevi i leće tamnosivog i crnog šejla. Idući na više slojevi šejla su tanji i rjeđi (sl. 1).

Na više mjesta rudarskim radovima naišlo se na konglomerat, koji se nalazi u pješčenjacima. Vjerojatno se konglomerat nalazi u debljim slojevima i lećarna u pješčenjacima.

U gornjem dijelu pješčenjačke serije nalazi se sloj dolomita deo do 15 m. U krovini dolomita je sloj anhidrita i gipsa deo do 10 m, a u podini je dijelom pješčenjak, a dijelom anhidrit i gips. Dolomit i anhidrit s gipsom koji ga prate nemaju veće prostranstvo. Nalaze se na krajnjem zapadnom dijelu ležišta i ne protežu se do područja glavnih pojava



Sl. 1 Geološki stup ležišta Rude

1. Donjotrijaski klastični sedimenti, 2. Anhidrit i gips, 3. Pješčenjaci, 4. Siderit, 5. Konglomerati, 6. Dolomiti, 7. Sejli, 2-7. Gornji paleozoik, 8. Rudne žice.

Fig. 1 Geological column of the Ruda deposit

1. Lower Triassic clastic sediments, 2. Anhydrite and gypsum, 3. Sandstone, 4. Siderite, 5. Conglomerate, 6. Dolomite, 7. Shale, 2-7. Upper Paleozoic, 8. Ore veins.

željeznih i bakrenih ruda (sl. 2). Na drugim rudnim pojavama ovog područja dolomit nije otkriven, a anhidrit i gips, koji se često nalaze u neposrednoj ili bliskoj podini hematitne rude i željezovitog pješčenjaka, vjerojatno pripadaju tom horizontu anhidrita i gipsa.

Dalje slijedi sloj siderita debeo do 8 m. Iznad sloja siderita su pješčenjaci debeli oko 5 m, a na njima leže glavne mase anhidrita i gipsa. S rudarskim radovima nigdje nije dosegnuta krovina anhidrita i gipsa i zato se ne zna njihova prava debljina. Dokazana je debljina od oko 45 m, a maksimalna debljina vjerojatno nije mnogo veća.

Karakter krovine anhidrita i gipsa nije sa sigurnošću utvrđen. Prema podacima površinskih i jamskih geoloških karata može se zaključiti da se na anhidritu i gipsu negdje nalaze permski pješčenjaci, dok na drugim mjestima na njima leže verfenski klastični sedimenti. Nedovoljno poznavanje odnosa evaporitske serije prema mlađim sedimentima dovelo je do toga da neki istraživači smatraju da je ta serija trijasko starosti (D. Stur, 1863, Ž. Vukasović, 1879, D. Gorjanović-Kramberger, 1894), dok joj drugi pridaju permsku starost (L. Vukotinić, 1873a, M. Herak, 1956). Na području rudnog ležišta utvrđeno je da postoje najmanje dva evaporitna horizonta i da su oni paleozojske starosti.

Petrografski opis paleozojskih sedimenta

Šejli

Šejli su tamnosive do crne boje i škrljave teksture. Redovno sadrže detritična zrna promjera 30 do 60 μ , čija količina jako varira. Najčešća su zrna kvarca, ali nalazimo i muskovit, biotit, rutil, te autigeni pirit i klorit. Glavnu masu šejla čine kriptokristalasti minerali glina. Šejl je često obojen organskom materijom koja je nepravilno raspoređena kao prah i sitna zrna u stijeni. Količina organske materije kadkada je velika, tako da se uz rasjede stvorio »amorfni« grafit. Analizom jednog uzorka »amorfno« grafit utvrđeno je 73,4% ugljika. Vjerojatno te male pojave grafita odgovaraju antracitu kojega spominje D. Gorjanović-Kramberger (1894).

Pješčenjaci

Pješčenjaci su najrasprostranjenije stijene na području ležišta. Boja im je svjetlo do tamnosiva. Sastoje se od detritičnih zrna kvarca, muskovita, biotita, rutila, feldspata, turmalina, barita, amfibola, apatita, te fragmenata kvarcita, čerta, kvarcno-sericitnog škrljca i pješčenjaka. Kvarc je najobilniji i redovno ga ima preko 90% od ukupnog broja detritičnih zrna. Fragmenata stijena ima 2-10% od ukupnog broja zrna. Promjer detritičnih zrna kreće se od 0,05 do 3 mm, najčešće je 0,1 do 0,5 mm.

Matriks se sastoji od minerala glina, sericita, sitnih detritičnih zrna kvarca i organske materije. Rjeđe je matriks kemogenog porijekla, kada se sastoji od siderita, kvarca, barita i anhidrita. Najčešći je siderit, koji u blizini sideritnog rudnog tijela potpuno potiskuje detritični matriks. Siderit je djelomično hematiziran i limoniziran.

Količinski odnos detritičnih zrna i matriksa varira, a većinom je taj odnos oko 60:40.

Konglomerati

Konglomerati su svjetlosive stijene koje se sastoje od valutica kvarcita promjera oko 1 cm, vezanih sitnozrnih i srednjezrnih pješčenjakom.

Dolomiti

Dolomiti su tamnosive do crne boje s mnogobrojnim bijelim žilicama. Mjestimice se u njima nalaze proslojci i leće anhidrita i gipsa, naročito u krovinском i podinskom dijelu dolomitnog sloja. Zapažaju se i sitni kristali pirita. Struktura dolomita je zrnata, rjeđe pseudoolitična. Rijetko se nalaze zrna kvarca i listići muskovita. Bijele žilice sastoje se od krupnozrnog dolomita, kvarca, anhidrita i gipsa. Mjestimice se zapaža potiskivanje dolomita anhidritom.

Anhidrit i gips

Anhidrit i gips su različitog kristaliniteta i čvrstine. Često imaju konglomeratičnu teksturu. Mjestimice sadrže zrna i valutice kvarca. Boja im je bijela, zelena, siva ili crvena i naglo se mijenja od proslojka do proslojka. Anhidrit i gips sadrže dosta materije terigenog porijekla, što pokazuju i kemijske analize:

H ₂ O (kod 70°)	0,11%	0,20%
H ₂ O (kod 220°)	10,06	4,40
G. ž. (kod 650°)	3,22	4,20
Netopivo	32,60	17,30
R ₂ O ₃	5,78	4,24
CaO	19,00	27,00
SO ₄	25,00	36,60
MgO	1,70	3,64
Alk.	—	2,60
Gips	47,70	21,00
Anhidrit	2,40	46,60

(Analize su izrađene u Institutu za geol. istr., Zagreb)

Količinski odnos gipsa i anhidrita mijenja se u širokim granicama. Mikroskopskim ispitivanjem ustanovljeno je da se u srednjokristalastom gipsu nalaze leće i žilice anhidrita, ili obratno, u ovisnosti od toga da li u ispitivanom uzorku prevladava gips ili anhidrit.

RUDNE POJAVE

U ležištu Rude nalaze se željezne i bakrene rude, koje su prostorno i genetski u uskoj vezi.

Pojave željezne rude

Pojave željezne rude vezane su za željezovite pješčenjake i sitnozrne konglomerate, a nalaze se u paleozojskim pješčenjacima. Zona s pojavama željezne rude pruža se u pravcu SI-JZ na dužini od oko 1,5 km, s obje strane potoka Gradne.

Kod većine rudnih pojava hematit je glavni rudni mineral; jedino u rudnom tijelu koje se nalazi u centralnom dijelu ležišta i koje je eksploatirano, siderit je glavni rudni mineral.

Pojave hematitne rude malih su dimenzija i imaju oblik leća i lećastih slojeva. Dužina im je 5 do 30 m, a debljina 1 do 4 m. U pravcu krovine i podine i lateralno prelaze u željezovite pješčenjake s 8 do 30% željeza.

U hematitnoj rudi utvrđeni su ovi minerali: hematit, kvarc, barit i getit.

Hematit je najobilniji mineral. Obično je sitnozrn (dužina zrna 1 do 10μ) i gradi mineralne agregate različitog oblika i veličine. Hematitni agregati su kompaktni, porozni ili je u njima hematit intimno vezan s kvarcom. Zapaža se i ritmičko izmjenjivanje hematita i kvarca. Nalaze se i nepravilne žilice hematita i listići hematita dužine do 15μ .

Kvarc je pretežno kemogenog porijekla, ali se nalaze i detritična zrna kvarca.

Barit je u tankim žilicama i lećama dužine do 4 mm.

Getit je sekundaran i kriptokristalast, a ispunjava šupljine i pukotine u rudi.

Ruda je često mikrobrečaste teksture. Fragmenti su od kvarca, hematita i agregata hematita i kvarca, a matriks je kvarcno-hematitni. Neki fragmenti su identične strukture kao matriks, što ukazuje na nemirnu sredinu sedimentacije.

Željezoviti pješčenjak, u koji prelazi hematitna ruda, izgrađen je od slabo sortiranih zrna kvarca, koja se nalaze u kvarcno-hematitnom matriksu.

Kemijska analiza srednjeg uzorka hematitne rude dala je ovaj rezultat:

Fe_2O_3	59,21%	Al_2O_3	1,42%
SiO_2	19,55%	Mn	0,15%
$BaSO_4$	17,87%	P	0,016%

(Analiza je izrađena u Institutu za geol. istr., Zagreb)

Sideritno rudno tijelo ima znatno veće dimenzije od hematitnih rudnih tijela. Dužina mu je 180 m, širina do 80 m, a debljina do 8 m, (srednja debljina je 3–4 m). Nagib rudnog tijela je 25° – 35° prema sjeverozapadu. Lateralno, rudno tijelo prelazi u željezovite pješčenjake, kod kojih se kvarcna zrna nalaze u sideritnom matriksu. Mjestimice je na kontaktu s kvarcnim zrnima siderit hematitiziran. S udaljavanjem od sideritnog rudnog tijela hematit postepeno zamjenjuje siderit matriksa.

U neposrednoj podini rudnog tijela nalaze se željezoviti pješčenjaci u kojima su proslojci od 5 do 20 cm gline, laporovite gline, čerta i siderita. Debljina ove serije je oko 10 m, a zatim slijede željezoviti pješčenjaci, koji na niže prelaze u sive pješčenjake.

U krovini rudnog tijela su željezoviti i sivi pješčenjaci s proslojcima gline.

Mineralni sastav sideritnog rudnog tijela je jednostavan. Pored siderita, koji je najobilniji mineral, nalazi se u većoj količini kvarc. Pirit je redovno prisutan u podređenoj količini. Zrna rutila su česta. Getit se nalazi u pukotinama kalavosti i po obodima zrna siderita.

Siderit je krupnozrn, a zrna mozaično strastaju. Kvarc gradi žilice i agregate nepravilnog oblika, a većim dijelom je kemogenog porijekla. Nalazimo i detritična zrna kvarca, ali su ona znatno rjeđa nego kod hematitnih rudnih tijela. Pirit je obično idiomorfno razvijen, a češće se nalazi u kvarcu nego u sideritu. Dužina zrna rutila je 5 do 500 μ .

Kemijska analiza jednog uzorka sideritne rude dala je ovaj rezultat:

Fe_2O_3	51,95%	CaO	0,98%
SiO_2	8,77%	S	0,17%
Mn_2O_3	2,90%	P	tr.
MgO	8,69%		

Srednji sadržaj pojedinih komponenata u sideritnom rudnom tijelu je:

Fe	29,97%
SiO_2	25,88%
Mn	1,96%

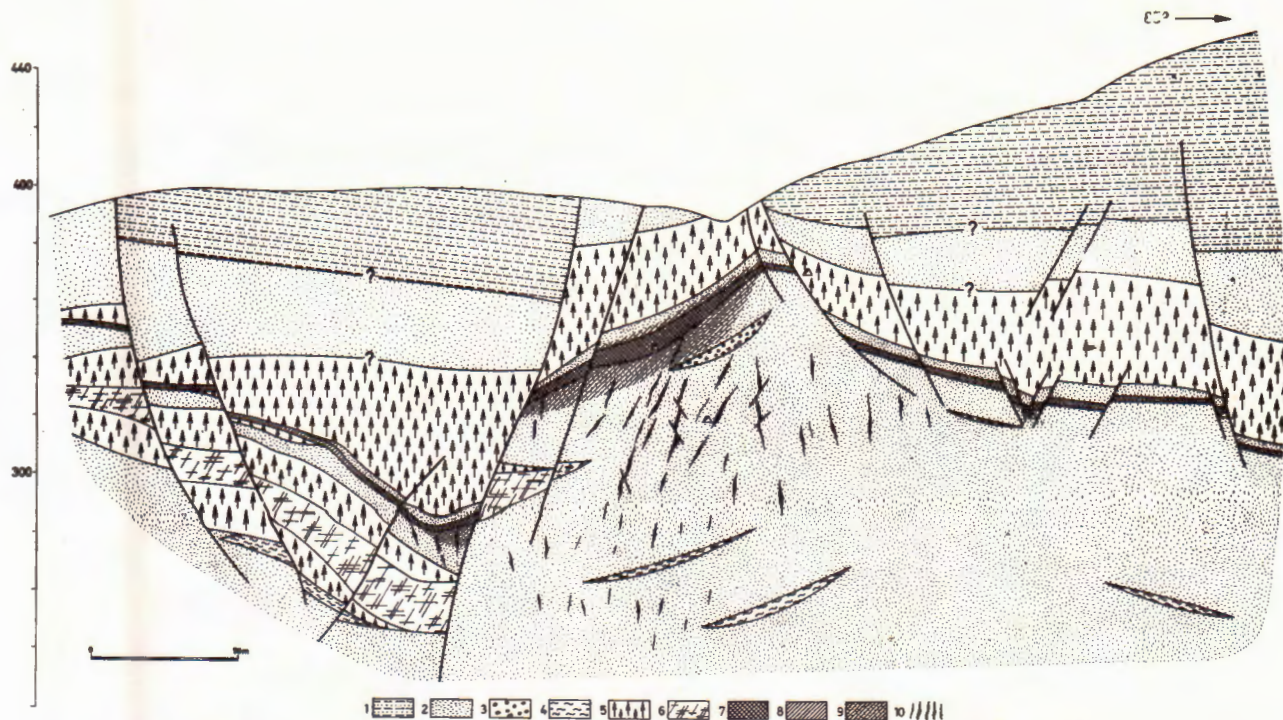
Koeficijent varijacije (V) željeza je 19%, iz čega se vidi da sideritno rudno tijelo ima ravnomjeran karakter orudnjenja.

Pojave bakrene rude

Pojave sulfidnih ruda poznate su na više mjesta u Samoborskom gorju. F. Tućan (1919) spominje nalaz cinabarita u Ludvičkoj dolini, a F. Šuklje (1942) pojave barita i galenita. Kod Otruševca i Konščice nađene su žice barita i siderita s piritom i galenitom, a kod Poljanice valutice kalcita s galenitom i sfaleritom.

Najveća pojava sulfidne rude nalazi se u Rudama na desnoj strani potoka Gradne, neposredno ispod sideritnog rudnog tijela. Rudne pojave imaju oblik žica koje presjecaju paleozojske pješčenjake. Pružanje žica pretežno je u pravcu SSZ-JJI, a nagib strm (40° do 75°), (sl. 2, 4). Debljina većine rudnih žica je 5 do 20 cm, samo pojedine žice debele su do 1 m. Iznimno su zadebljale i do 3 m. Često se nalaze i nepravilne tanke žilice i spletovi žilica.

Ovakav način pojavljivanja sulfidnih ruda zapažen je u rovu Vlašić (nivo 317), a sudeći prema starim podacima i na drugim dijelovima ležišta orudnjenje je bilo sličnog karaktera. Prema opisu Pribila iz 1785. god. (D. Gorjanović-Kramberger, 1894), ruda se nalazi u lećama i lećastim žilicama debelim 5 do 30 cm, koje odebljavaju do 1 m. Ova odebljanja ubrzo prelaze u tanke žilice nepravilnog pružanja i pada.



Sl. 2 *Geološki profil ležišta Ruæ*

1. Donjotrijaski klastični sedimenti, 2. Pješčenjaci, 3. Konglomerati, 4. Sejli, 5. Anhidrit i gips, 6. Dolomiti, 7. Siderit, 8. Hematit, 9. Željezoviti pješčenjaci, 2-9. Gornji paleozoik, 10. Rudne žice.

Fig. 2 *Cross-section of the Rude deposit*

1. Lower Triassic clastic sediments, 2. Sandstone, 3. Conglomerate, 4. Shale, 5. Anhydrite and gypsum, 6. Dolomite, 7. Siderite, 8. Hematite, 9. Ferruginous sandstone, 2-9. Upper Paleozoic, 10. Ore veins.

Vertikalno protezanje orudnjene zone je malo. S istražnim hodnikom na nivou 245 m nađene su samo tanke i kratke nepravilne žilice, čija debljina ne prelazi nekoliko centimetara. Iz toga se može zaključiti da vertikalno protezanje orudene zone iznosi 40 do 50 m, tj. upravo toliko koliko iznosi visinsko protezanje starih radova.

Djelovanje tektonike rudne žice jako su poremećene. Često su prekinute rasjedima, a minerali žica mjestimice su potpuno zdrobljeni.

Glavni mineral rudnih žica je siderit, zatim slijedi kvarc, dok su sulfidi i barit rjeđi. Od sulfida najobilniji je pirit, zatim halkopirit, a galenit i sfalerit znatno su rjeđi. Ostali minerali nalaze se u mikroskopskim količinama.

U donjem dijelu ležišta (na nivou 245 m) u žilicama se nalazi siderit, kvarc i klorit. Sulfida ima malo i to pretežno pirit, dok je halkopirit vrlo rijedak.

Mikroskopskim ispitivanjem uzoraka rude iz rudnih žica utvrđeni su slijedeći minerali:

- a) primarni minerali: rutil, siderit, kvarc, pirit, markazit, meljnikovit, halkopirit, sfalerit, galenit, tetraedrit, lineit, bravoit (?), barit, klorit,
- b) sekundarni minerali: bornit, halkozin, kovelin, kuprit, getit.

Rutil je rijedak, a nalazi se u sideritu i kvarcu. Budući da se rutil stvara pri višim temperaturama, njegova prisutnost može se tumačiti tako, da je on došao u minerale rudnih žica iz okolnih pješčenjaka koji sadrže dosta rutila.

Siderit je stvaran u dvije faze. Siderit I predstavlja glavnu masu rudnih žica i redovno je krupnozrnat. Siderit II je mlađi i sitnozrn.

Kvarc je iza siderita najobilniji mineral. Mogu se razlikovati 3 generacije kvarca. Kvarc I je istovremen sa sideritom I. Kvarc II ispunjava pukotine nastale drobljenjem prethodno stvorenih minerala, a nastao je zajedno s glavnom masom pirit. Kvarc III je najviše zastupljen i istovremen je s većinom rudnih sulfida.

Klorit je rijedak, a zapažen je jedino u nižim dijelovima ležišta, gdje se nalazi u kvarcu.

Pirit se pretežno javlja u krupnim idiomorfim kristalima. Često je kataklaziran i cementiran halkopiritom, koji ga mjestimično potiskuje. Razlikujemo dvije generacije pirit. Pirit I je rjeđi i nalazi se kao idiomorfni kristali u sideritu I. Pirit II je u vidu žilica i gnijezda u sideritu II.

Markazit se najčešće nalazi s piritom i stvaran je u istoj fazi kao pirit II, ali je nešto mlađi od njega.

Meljnikovit je rjeđi od markazita, a izgrađuje kuglaste i zrakaste mineralne agregate.

Halkopirit izgrađuje nepravilne agregate i žilice u pukotinama kataklaziranih minerala, naročito pirit. Često se u halkopiritu nalaze izdvajanja tetraedrita.

Sfalerit je rijedak, a obilniji je jedino u tankim galenitno-sfaleritnim žilicama.

Galenit se obično nalazi uz sfalerit. Najmlađi je od sulfida, te ispunjava šupljine preostale nakon kristalizacije ostalih sulfida.

Tetraedrit je čest, ali redovno u malim količinama. Nalazi se uz halkopirit, bilo kao izdvajanja u halkopiritu, bilo kao veća zrna koja su kristalizirala istovremeno s halkopiritom.

Lineit je idiomorfno razvijen, dužina kristala je do 40μ i redovito se nalazi u halkopiritu. Ima jak sjaj, boja mu je bijela s crvenkastom nijansom. Izotropan je i malo tvrdi od halkopirita.

Bravoit (?). Uz pirit se mjestimice nalaze idiomorfno razvijeni izotropni kristali žute boje, tvrdine i sjaja nešto slabijeg od pirita, sa zonnarnom građom. Zonarna građa izražena je izmjenom svjetlijih i tamnijih zona, koje su paralelne konturama kristala. Ove osobine ukazuju na bravoit.

Barit je najmlađi mineral. Ispunjava pukotine nastale kataklaziranjem starijih minerala. Obilniji je u sfaleritno-galenitnim žilicama.

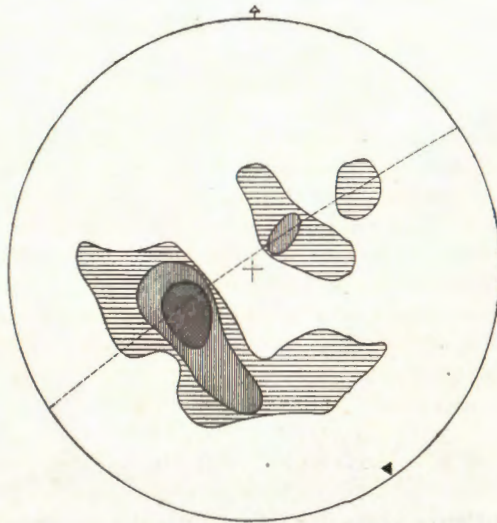
Bornit, halkozin, kovelin i kuprit su rijetki i nalaze se na obodima zrna halkopirita. Getit je također malo zastupljen i nalazi se u sideritu i halkopiritu. Djelovanje cementaciono-oksidacionih procesa bilo je ograničeno, tako da su sekundarni minerali malobrojni i slabo zastupljeni.

TEKTONIKA LEŽIŠTA

Na području Samoborskog gorja bilo je aktivno više orogenetskih faza, uslijed čega je tektonika Samoborskog gorja zamršena. Moguće je izdvojiti sisteme strukturnih oblika smjerova SZ-JI, SI-JZ, S-J i I-Z. U mladim tektonskim fazama radijalni pokreti bili su izrazitiji od tangencijalnih, tako da osnovni ton tektonici daju rasjedi (M. Herak, 1956).

Paleozojske stijene na području Ruda imaju nagib 5° do 50° . Pružanje im je, uslijed mnogobrojnih rasjeda, često poremećeno, tako da je teško uočiti pravilnost boranja. Nanošenjem podataka nagiba slojeva (podaci prema geološkoj karti od B. Crnkovića, 1955) na dijagram, može se odrediti π krug i statička os bora s elementima nagiba $148^{\circ}/4^{\circ}$ (sl. 3). Iz ovih podataka može se zaključiti da je boranje paleozojskih sedimentata uzrokovano pritiscima smjera SI-JZ (dinarski smjer).

Djelovanje tektonike jako je izraženo i u rudištu. Stijene i rudne žice poremećene su mnogobrojnim rasjedicima i pukotinama, a minerali rudnih žica često su zdrobljeni. Na dijagramu rasjeda i pukotina vidi se prilično rasijavanje polova, što je i shvatljivo, jer je na ovom području djelovalo više orogenetskih faza (sl. 4). Ipak se mogu izdvojiti nekoliko više ili manje izraženih maksimuma: I $204^{\circ}/64^{\circ}$, II $339^{\circ}/80^{\circ}$, III $303^{\circ}/58^{\circ}$, IV $242^{\circ}/77^{\circ}$, V $180^{\circ}/88^{\circ}$, VI $149^{\circ}/81^{\circ}$ i VII $20^{\circ}/70^{\circ}$.



Sl. 3 Dijagram nagiba slojeva paleozojskih sedimenta na području Ruda (99 mjerenja), izolinije 2-4-8‰. Trokut: statistička os bora.

Fig. 3. Diagram of the dipping of the Paleozoic sediments in the Ruda area (99 measurements), contours 2-4-8‰. Triangle: statistical fold axis.



Sl. 4 Dijagram rasjeda i pukotina u paleozojskim sedimentima na području ležišta Ruda (316 mjerenja), izolinije 1-1,5-2-2,5-3‰. Trokuti: rudne žice.

Fig. 4 Diagram of faults and fractures of the Paleozoic sediments in the Ruda deposit (316 measurements), contours 1-1,5-2-2,5-3‰. Triangles: ore veins.

Analizom dijagrama i karaktera rasjeda i pukotina koje pripadaju pojedinim maksimumima, može se zaključiti da maksimumi I, II, III i IV pripadaju rasjedima i pukotinama nastalim za vrijeme boranja paleozojskih sedimentata. Maksimumi I i III pripadaju L pukotinama, maksimum II Q pukotinama, a maksimum IV, vjerojatno, S pukotinama. Ovakav položaj L, Q i S pukotina na dijagramu u skladu je s podacima dobivenih na dijagramu nagiba slojeva (sl. 3). Rasjedi i pukotine s maksimumima V, VI i VII vjerojatno pripadaju orogenetskim fazama koje nisu u vezi s boranjem paleozojskih sedimentata.

Na dijagramu rasjeda i pukotina nanoseni su i elementi nagiba rudnih žica. Ti elementi ne poklapaju se niti s jednim maksimumom, što ukazuje da su rudne žice starije od bilo koje tektonske faze koja je ostavila jasniji trag na paleozojskim sedimentima.

GENEZA LEZIŠTA

Za vrijeme taloženja viših dijelova paleozojske sedimentne serije, nastupilo je postepeno oplićavanje mora. Pelitske sedimente, koji su karakteristični za niže dijelove serije, zamjenjuju pijesci, a mjestimice se talože anhidrit s gipsom i dolomit.

U to vrijeme došlo je do prodora hidrotermalnih otopina u more. Glavni elementi koji su doneseni tim otopinama u more bili su željezo i silicij, a manjim dijelom i barij. Željezo je taloženo pretežno u formi siderita, a s njim su taloženi kvarc i manja količina barita i pirita, istovremeno s klastičnim priobalnim sedimentima. U blizini dovodnih kanala obaranje siderita i kemogenog kvarca bilo je intenzivno i brzo, tako da na tim mjestima oni gotovo ne sadrže detritičnog kvarca. S udaljavanjem od dovodnih kanala količina detritičnog kvarca raste, tako da rudna tijela nemaju oštre granice, nego postepeno prelaze u željezovite pješčenjake, kod kojih se kvarcna zrna nalaze u kvarcno-sideritnom matriksu.

Obaranje željeza u formi siderita ukazuje na negativan redoks potencijal sredine sedimentacije. Međutim, kod manjih rudnih tijela koja su udaljena od sideritnog tijela, željezo je obarano kao hematit. Na temelju toga možemo zaključiti da je s udaljavanjem od dovodnih kanala hidrotermalnih otopina redoks potencijal sredine postao pozitivan.

Dio siderita kristalizirao se već pri prolazu hidrotermalnih otopina kroz gornje dijelove još nevezanih pijesaka. Zbog toga ispod sideritnog tijela nalazimo pješčenjake kojima je matriks pretežno izgrađen od siderita.

O karakteru hidrotermalnih otopina ne može se ništa sa sigurnošću reći. Prema mišljenju nekih istraživača (H. H e n t s c h e l, 1960) željezo je dovedeno u otopini kao ferobikarbonat, dok A. C i s s a r z (1967) pret-

postavlja dovodenja željeza u vidu hidroliziranih otopina ferosilikata. Na osnovi parageneze željezne rude možemo zaključiti da su hidrotermalne otopine imale relativno nisku temperaturu i sulfatno-hidrokarbonatni karakter.

Prema načinu postanka ležište željezne rude u Rudama pripada grupi ekshalaciono-sedimentnih ležišta (I. Jurković, 1962).

Izdizanje morskog dna nastavlja se i nakon stvaranja ležišta željezne rude, te se talože pijesci i šljunci, a u izoliranim bazenima nastaju veće količine anhidrita i gipsa. Ovi sedimenti pripadaju permu (M. Herak, 1956).

Oplićavanje mora praćeno je sa slabim tektonskim pritiscima uslijed kojih su nastale slabo izražene pukotine generalnog pružanja sjever-jug. Istovremeno je reaktivirana hidrotermalna aktivnost i formirane su rudne žice, gotovo na istim mjestima, gdje su ranije prolazile hidrotermalne otopine koje su dovele do stvaranja ležišta željezne rude.

Hidrotermalna aktivnost odvijala se u tri faze, koje su bile odijeljene s dvije tektonske faze. U prvoj fazi mineralizacije nastala je glavna masa siderita, dio kvarca i pirita, a u nižim dijelovima ležišta i klorit. U drugoj fazi mineralizacije nastao je najveći dio pirita. Temperatura otopina postepeno je opadala, tako da su pri kraju ove faze kristalizirali markazit i meljnikovit. U ovoj fazi kristalizacije je i manja količina kvarca, a pri kraju i bravoit (?). Prisustvo bravoita ukazuje na nisku temperaturu hidrotermalnih otopina pri kraju ove faze mineralizacije. S drugom tektonskom fazom kataklazirani su ranije nastali minerali, a iza toga slijedi treća faza mineralizacije u kojoj je kristalizirala većina sulfidnih minerala, dio siderita i kvarca i, na kraju, barit (sl. 5).

Rudne žice stvarane su u mezo do epitermalnom području.

Starost ekshalaciono-sedimentnog ležišta željezne rude određena je starošću sedimentata u kojima se nalazi, što znači da je ležište permske starosti. Sulfidno-sideritne žice također su permske starosti, na što ukazuje više činjenica.

Rudne žice nalaze se ispod sideritnog horizonta; samo iznimno pojedine žice (pretežno galenitno-sfaleritno-baritne žice) presijecaju taj horizont. U trijaskim sedimentima nije nađeno orudnjenje. Nadalje, utvrđeno je da su rudne žice starije od svih jače izraženih tektonskih pokreta (sl. 4).

Na blisku genetsku vezu ekshalaciono-sedimentnog ležišta željezne rude s rudnim žicama upućuje i njihova prostorna bliskost i paragenetska sličnost. Rudne žice vjerojatno su malo mlađe od ležišta željezne rude, jer su pješčenjaci, u kojima se žice nalaze, morali prije stvaranja žica diagenetski očvrnuti.

Matične magnetske stijene hidrotermalnih otopina nisu poznate. U Samoborskom gorju od magnetskih stijena nalaze se jedino dijabazi koji su kredne starosti (M. Herak, 1956) te, prema tome, ne mogu biti u

genetskoj vezi s orudnjenjem. Iz toga možemo zaključiti da hidrotermalne otopine potječu od dubinskih magmatskih stijena, koje nisu na ovom području otkrivene. Parageneza ležišta, naročito prisustnost barita, ukazuje na kiseli karakter matičnih magmatskih stijena.

Minerali (Minerals)	Hipogeni (Hypogene)	Hipergeni (Hypergene)
Kvarc I	■	
Siderit I	■	
Pirit I	■	
Klorit	■	
Pirit II	■	
Markazit	■	
Meljniovit	■	
Bravoit (?)	■	
Kvarc II	■	
Lineit		■
Kvarc III		■
Siderit II		■
Sfalerit		■
Halkopirit		■
Tetraedrit		■
Galenit		■
Barit		■
Bornit		■
Halkozin		■
Kovelin		■
Kuprit		■
Getit		■

Sl. 5 Parageneza i sukcesija žičnih minerala u ležištu Rude.

Fig. 5 Mineral association and sequence of vein minerals of the Rude deposit.

Po svojim morfološkim i paragenetskim karakteristikama sulfidno-sideritne rudne žice ležišta Rude srodne su s rudnim pojavama Petrove i Trgovske gore (I. Jurković, 1958, 1960, 1962). Stoga A. Cisar z (1956) genetski povezuje ova ležišta za paleozojski sinorogeni plutonizam, a I. Jurković (1962) uvrštava ih u paleozojsku metalogenu epohu.

Budući da je ležište Rude permske starosti, ono je nastalo u kasnom stadiju razvitka hercinske orogeneze. Stoga smatramo da ležište Rude

(a možda i druga slična gornjopaleozojska ležišta zapadnog dijela Jugoslavije) ne možemo genetski vezati za paleozojski sinorogeni plutonizam. Starost ležišta Rude, kao i ostale njegove karakteristike, ukazuju da je ležište u vezi s hipobasalnim malim intruzijama kasnog stadija razvitka orogeneze (u smislu shvaćanja A. Ju. Bilibina, 1955 i V. I. Smirnova, 1967).

Značajna karakteristika ležišta Rude je u tome što je ono ekshalaciono-sedimentnog tipa. Gotovo redovno ekshalaciono-sedimentna ležišta vezana su za inicijalni geosinklinalni bazični magmatizam (A. Cissarz, 1967, V. I. Smirnov, 1969). Sudeći prema genetskim karakteristikama ležišta Rude, stvaranje ekshalaciono-sedimentnih tipova ležišta moguće je i u drugim fazama razvitka geosinklinale.

Zavod za mineralogiju, petrografiju
i ekonomsku geologiju,
Rudarsko-geološko-naftni fakultet,
Zagreb, Pierottijeva ul. 6

Primljeno 27. 1. 1970.

LITERATURA

- Bilibin, A. Ju. (1955): Metallogeničke provincije i metallogeničke epohe. Moskva.
- Cissarz, A. (1956): Lagerstätten und Lagerstättenbildung in Jugoslawien in ihrer Beziehung zu Vulkanismus und Geotektonik. Raspr. Zav. geol. NRS, 6, 3-152, Beograd.
- Cissarz, A. (1967): Nova sistematika ležišta na genetskoj osnovi i njena primjena na jugoslavenska ležišta. Zbornik Rud.-geol. fak., 9-10. Beograd.
- Crnković, B. (1955): Stratigrafska i tektonska analiza rudonosnog gornjeg paleozoika u Sarnoborskom gorju. Diplomski rad. Zagreb.
- Gorjanović-Kramberger, D. (1894): Geologija gore Samoborske i Žumberačke. Rad JAZU, 120, Zagreb.
- Hacquet, B. (1784): Oryctographia carniolica, oder physikalische Erdbeschreibung des Herzogthums Krain, Istrien und zum Theil der benachbarten Länder. III Teil. Leipzig.
- Hentschel, H. (1960): Zur Frage der Bildung der Eisenerze von Lahn-Dill-Typ. Freiburger Forschungsh., C 79, 82-105.
- Herak, M. (1956): Geologija Samoborske gore. Acta geol. 1, JAZU, Zagreb.
- Jurković, I. (1958): Metalogenija Petrove gore u jugozapadnoj Hrvatskoj. Geol. vjesn., 11, Zagreb.
- Jurković, I. (1960): Polymetal Parageneses of the ore occurrence in the catchment area of the Srebrenjak brook south of the town Dvor na Uni in Croatia. Geol. vjesn., 13, Zagreb.
- Jurković, I. (1962): Rezultati naučnih istraživanja rudnih ležišta u NR Hrvatskoj. Geol. vjesn., 15/1, Zagreb.
- Kišpatić, M. (1878): Slike iz rudstva. Matica hrv., Zagreb.
- Kišpatić, M. (1901): Rude u Hrvatskoj. Rad JAZU, 147, Zagreb.
- Laszowski, E. (1942): Rudarstvo u Hrvatskoj. I, 179 str., Izd. Hrv. drž. tisk. Zagreb.
- Papp, K. (1916): Die Eisenerz- und Kohlenvorräte des ungarischen Reiches. Budapest.
- Smirnov, V. I. (1967): Metalogenetske karakteristike geosinklinale na teritoriji SSSR-a. Zbornik Rud.-geol. fak., 9-10. Beograd.

- Smirnov, V. I. (1969): Geologija poleznih iskopaemih. Moskva.
- Stur, D. (1861-62): Bericht aus Samobor. Jahrb. Geol. R. A. 12 H. 3, p. 240. Wien.
- Stur, D. (1863): Bericht über die geologische Aufnahme im mittleren Theile Croatiens. Jahrb. Geol. R. A., 13, H. 4, p. 485-523. Wien.
- Suklje, F. (1942): Izvještaj o radu u Samoborskoj gori i Hrvatskom Zagorju. Vjesnik hrv. drž. geol. zav., 1, Zagreb.
- Tučan, F. (1907): Naše kamenje. Zemljovid Hrvatske, knj. II. Geologija Hrvatske i Slavonije. Zagreb.
- Tučan, F. (1908): Sideriti iz Samoborske, Petrove i Trgovske gore. Nastavni vjesn., 17, Zagreb.
- Tučan, F. (1919): Naše rudno blago. Matica hrv., Zagreb.
- Vukasović, Z. (1879): Pabirci za zemljoslavlje Dalmacije, Hrvatske i Slavonije. Rad JAZU, 46. Zagreb.
- Vukotinović, L. (1855): Eisenwerk Rude bei Samobor. Jahrb. Geol. R. A. 6, p. 166. Wien.
- Vukotinović, L. (1873a): Kupfer- und Eisensteinbergbau in Rude bei Samobor. Ost. Zeitschr. Berg. Hütt., Wien.
- Vukotinović, L. (1873b): Rude bei Samobor in Croaticen. Verh. Geol. R. A. No 2, p. 26-30. Wien.
- Waldstein, F. & Kitaibel, P. (1805): Descriptiones et icones plantarum rariorum Hungariae. Viennae.

B. SINKOVEC

GEOLOGY OF THE IRON AND COPPER ORE DEPOSIT AT RUDE NEAR SAMOBOR

The iron and copper ore deposit at Rude is situated 25 km West of Zagreb. The exploitation of the deposit was carried out during several centuries till 1859; it is estimated that the total production amounted to 2,200 to 2,800 t of copper and 26,000 t of siderite.

The deposit is situated in the Permian sediments. The lithological composition of these sediments, as well as the shape of the deposit, are shown in Fig. 1 and 2.

In the Rude deposit, iron and copper ores are spatially and genetically narrowly connected.

The iron ore occurrence has the shape of a layer concordantly enclosed in the Paleozoic sediments. The length of the ore layer is 180 m, its width up to 80 m and its thickness up to 8 m (the average thickness is 3-4 m). Laterally, the ore body grades into ferruginous sandstones containing quartz grains within the siderite matrix.

The main mineral of the ore body is siderite. Besides siderite there is much quartz, while barite and pyrite are considerably less represented.

Near the siderite ore body there is a certain number of hematite ore lenses, having the length of 5 to 30 m and the thickness of 1 to 4 m.

The copper ore forms veins placed in the Paleozoic sandstones. The thickness of the majority of the ore veins is 5 to 20 cm, and only a few veins are up to 1 m thick, quite exceptionally up to 3 m. The veins wedge out shortly in dip and strike. The vertical extension of the ore zone is 40-50 m.

In the ore veins the following minerals have been determined:

- a) *Primary minerals*: rutil, siderite, quartz, pyrite, marcasite, melnikovitpyrite, chalcopyrite, sphalerite, galena, tetrahedrite, lincite, bravoite (?), barite and chlorite;
- b) *Secondary minerals*: bornite, chalcocite, covellite, cuprite, goethite.

This main mineral of the ore veins is siderite, then quartz, while sulfides and barite are scarce. The most abundant sulfide is pyrite, then chalcopyrite, while galena and sphalerite are rare. Other minerals could be found in microscopic quantities.

Tectonic deformations are strongly expressed in the ore deposit. The wall rocks and ore veins are affected by numerous faults and fractures, and the ore minerals are often crushed. In the diagram of faults and fractures the ore vein dipping elements are also plotted (Fig. 4). These elements do not coincide with any maximum, which points out that the ore veins are older than any of the tectonic phases which left some clear traces on the Paleozoic sediments.

According to its origin, the siderite ore body belongs to the exhalation sedimentary type deposits. According to the mineral association, the iron ore could have developed from hydrothermal solutions, which brought iron into the sea, having a relatively low temperature and a sulphate-bicarbonic character.

Soon after the formation of the siderite ore body the hydrothermal activity re-appeared and the ore veins were formed. The hydrothermal activity was taking place in three phases, separated by two tectonic deformations (Fig. 5).

The parent magmatic rocks, from which the hydrothermal solutions derived, are not known. The mineral association points out to an acid character of these rocks.

Since the deposit is of the Permian age, it developed in the late stage of the Herzincic orogenesis. The age of the deposit, as well as its other characteristics, suggest that the deposit is genetically connected with the hypabyssal minor intrusives of the late stage of development of orogenesis (after the conception of A. Ju. Bilibin, 1965 and V. I. S mirnov, 1967).

The significant feature of the Rude deposit is its exhalation sedimentary origin. Such deposits are commonly connected with the initial geosyncline (basic) magnetism. According to the genetic characteristics of the Rude deposit, the development of the exhalation sedimentary type deposits is also possible in other phases of the geosyncline development.

*Department of Mineralogy, Petrography
and Economic Geology, Faculty of Mining,
Geology and Petroleum Engineering
Zagreb, Pierottijeva 6*

Received 27th January 1971