

Hercinska metalogeneza rudnih ležišta Trgovske gore u Hrvatskoj

Ivan JURKOVIĆ

*Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu,
Pierottijeva 6, YU — 41000 Zagreb*

Na osnovi dosadanjeg poznavanja rudnih pojava u Trgovskoj gori i usporedbe s ostalim metalogenim oblastima u Hrvatskoj i Bosni, autor iznosi mišljenje da su željezna, bakarna, olovna i baritna ležišta i pojave Trgovske gore gornjopaleozojske starosti, da pripadaju hercinskoj metalogenoj epohi, da su magmatskog porijekla, a formirana u marinskoj sredini, dijelom i u dovodnim kanalima.

On the basis of earlier results of mining and geological researches and their revision in the light of a comparative analysis involving other palaeozoic ore deposits in Croatia and Bosnia the author gives a new hypothesis about the metallogeny of the Trgovska Mount: the ore occurrences belong to the hercynian metallogenic epoch, they are of magmatic origin, and are formed in a marine environment, or partly in conduits.

RUDARSKA DJELATNOST U TRGOVSKOJ GORI

U ilirsko i rimsko doba rudarilo se u Trgovskoj gori na željezne (limonitske) i srebronosne olovne rude. Saski rudari obnavljaju rudarenje u X i XI stoljeću. Najznačajnije razdoblje je doba grofova Zrinskih od 1453. do 1578. godine kad se vadilo srebronosne galenite u području revira Zrin, Catrnja, Srebrenjak i Tomašica. Najezdom Turaka rudnici i topionice olova su uništeni i djelatnost prestaje. Obnavljanje rudarstva u Trgovskoj gori počinje 1771. g. i traje do 1913. g. U tom razdoblju rudarilo se pretežno na bakarne sideritske rude u Gradskom potoku i rudniku Franz, znatno manje na željezne rude oko Gvozdanskog te vrlo malo na srebronosne galenite. Nakon prekida od 1913. do 1948. god. obnavljaju se uz povremene prekide istrage manjih razmjera, ali do obnove eksploatacije u iole značajnijem obujmu nije došlo.

KRATAK OSVRT NA DOSADANJE REZULTATE ISTRAŽIVANJA

O radovima u ilirsko, rimsko i sredovječno razdoblje postoje samo rijetki, pojedinačni zapisi kroničara i povjesničara (V. Mikolji, 1969).

Pojavama prvih, nama poznatih, rudarskih jamskih karata N. Wójtaneka (1772) i J. Szedelmy-a (1845) te zapisa B. Hacquet-a (1789, IV) započinje razdoblje stručnih i znanstvenih istraživanja rudnih pojava Trgovske gore.

Iskustva stečena u toku vrlo opsežnih istražnih radova i eksploatacije ruda u razdoblju 1771—1913. su dragocjena te ih iznosimo u vrlo sažetom obliku.

Rudne pojave se nalaze samo unutar gornjopaleozojskih sedimenata. Na temelju ostatka flore D. Stur (1863, 1868) je utvrdio da pripadaju najgornjem nivou gornjeg karbona. G. B. Geinitz (1868) i E. Suess (1868) u svojim radovima pišu o škriljcima Trgovske gore i smatraju da pripadaju karbonu i permu. F. Hauer (1867/71) izdvaja na preglednoj geološkoj karti 1:576.000 u području Banije i Korduna pješčenjake i glinene škriljce paleozoika. E. Tietze (1871, 1872) je pretpostavio da serija pješčenjaka koja leži u krovini gornjokarbonskih glinenih škriljaca* pripada donjem permu. E. Mojsisovics et al. (1881) su na preglednoj geološkoj karti mjerila 1:576.000 izdvojili u području Trgovske gore i sjeverno od Une škriljce, pješčenjake i vapnenice paleozoika.

Rudne pojave, i stijene u kojima se nalaze, imaju isto pružanje i pad, orudnjenje je konkordantno uloženo u gornjopaleozojske sedimente i to samo u seriju glinenih škriljaca, serija pješčenjaka je sterilna (V. M. Lipold, 1856; F. v. Andrian, 1868). Orudnjenje ima oblik lečastih tijela (Lager, Lagergänge, Bleierzblätter), koja se po pružanju isključuju, ponovno pojavljuju ili razdvajaju u grupe slojnih leća s uočljivom slojevitom strukturom (K. Ritter v. Hauer, 1870; K. Reuter, 1910, K. v. Papp, 1919). U pojedinim rudištima orudnjenje se javlja u vidu više paralelnih rudnih slojeva (Gradski potok, Franz).

U rudištu Franz, Pb-Cu orudnjenje ima oblik plitke sinklinale pružanja NNW—SSE. Sve rudne pojave u Trgovskoj gori su jako tektonski poremećene — uočeni su brojni rasjedi, zone drobljenja, klizanja, navlačenja, izdignuti i spuštani blokovi (tektonsko okno), poremećene antiklinale (primjer one između rudišta Gradski potok i Franz, K. Hauer, 1870).

U razdoblju 1919—1951. objavljeni su samo kraći osvrti na rudne pojave Trgovske gore bazirani na ranijim podacima, manje na vlastitim opažanjima (L. Marčić, 1937; F. Tućan, 1941; V. Šimić, 1951).

Od 1951. god. započelo je razdoblje detaljnijih terenskih i laboratorijskih istraživanja područja Trgovske gore.

Po podacima D. Devidé-Neděla (1953) opće pružanje paleozojskih slojeva Trgovske gore je NW—SE, a pad SW sa 50°—60° do 70°—90°. Gornji paleozoik se sastoji od dvije serije stijena, donje, starije (čšp) izgrađene od glinenih škriljaca u alternaciji s tanjim ili debljim ulošcima pjeskovitih glinenih škriljaca i pješčenjaka te nešto konglomerata, breča, kvarcita i vapnenaca. Fosiliferni vapnenci pripadaju određenom stratigrafskom horizontu te serije i na njih su vezane pojave ankeritiziranih vapnenjaka, ankerita i siderita. Debeli su od 0.2—0.3 m, mjestimice do 3 m pa i više. Gornja mlađa serija (cpš) paleozojskih sedimenata izgrađena je od pješčenjaka s tanjim ili debljim ulošcima glinenih škriljaca. U toj seriji D. Devidé-Neděla (l. c.) nije zapazila konglomerate, breče, vapnenjake i dolomite.

U NE dijelu Trgovske gore V. Majer (1962 i 1964) je na temelju 200 mikroskopskih preparata utvrdio šest grupa stijena: (a) glinene škriljce; (b) silt pješčenjake; (c) finozrne i sitnozrne subgrauvake; (d) srednjezrne i krupnozrne grauivake; (e) grauivake; i (f) karbonatne grauivake. Glineni škriljci su najstarije stijene, u alternaciji su s brojnim tanjim ili debljim proslojcima silt-pješčenjaka i sitnozrnim subgrauvakama. Gornji dio paleozojske serije sedimentirao se u plićim, nemirnim dijelovima bazena, uz sedimentaciju sa stalnim oplićivanjem sedimentacijskog prostora (V. Majer, 1964; D. Devidé-Neděla, 1953).

Sve su stijene zahvaćene dijagenezom i anhimetamorfozom (V. Majer, 1964) pa im je matriks izmijenjen u nove autigene minerale. Subgrauvake su po mišljenju V. Majera (1964) najraširenije stijene (oko 80%) u, po njemu, istraženom području.

Karbonatne komponente (siderit i ankerit, manje kalcit, i vrlo malo dolomit) u silt pješčenjacima i glinenim škriljcima donje serije paleozoika Trgovske gore smatra V. Majer (1964) autigenim mineralima.

Prema ispitivanju P. Raffaellia i B. Šćavničar (1968) paleozoik područja Bešlinac—Dvor predstavljen je serijom ritmički uslojenih klastita u kojoj

* Svi nazivi stijena u uvodnom dijelu preuzeti su onako kako su ih naveli citirani autori.

se izmjenjuju glineni škriljci, siltiti i pješčenjaci. Za razliku od V. Majera (1964) autori smatraju da su pješčenjaci većinom grauvske po kriterijima Pettijohna, a njihov matriks prvobitno detritičan pretrpio je u dodiru s morskom vodom u ranoj i kasnoj fazi diagenese autigenezu u klorit, sericit i ilit. Male količine karbo-natnog i kvarcnog cementa smatraju produktom epigenetskog potiskivanja. Uočene pojave usmjerene orijentacije, rubne reakcije komponenata, rubne reakcije između matriksa i kvarcnih zrna, tumače djelovanjem povišenja pritiska i temperature za vrijeme orogenih pokreta.

U odnosu na rudne pojave slažu se mišljenja D. Devidé-Neděla (1953), V. Majera (1962, 1964) i I. Jurkovića (1953) da se rudne pojave Trgovske gore javljaju samo u paleozoiku i to u tzv. donjoj seriji sedimenata (čsp).

I. Jurković (1960, 1962a i 1962b) smatra da su rudne pojave predorogene ili sinorogene. Svi tektonski pokreti koji su zahvatili škriljce odrazili su se i na ži-cama. Posebno ukazuje na pojavu alternacija tankih proslojaka siderita s još ta-njim proslojcima škriljaca ili finozrnih pješčenjaka koji tvore pakete debele neko-liko metara u području Gvozdanškog. I. Jurković & B. Šinkovec (1978) iznose mišljenje da su bakarne pojave Trgovske gore gornjopaleozojske starosti, hidrotermalnog postanka, vezane na gornjopaleozojski magmatizam, ali ne isklju-čuju i njihovo sedimentno porijeklo.

Prva i jedina do sada sistematska mikroskopska istraživanja u reflektiranoj po-lariziranoj svjetlosti sideritskih ležišta u Trgovskoj gori sa sulfidima i sulfosolima izradio je I. Jurković (1960, 1962a) te I. Jurković & G. Durn (1988). U tim radovima prikazani su rezultati istraživanja bakarnih, olovnih i polimetalnih pojava revira Zrin, Čatrnja, Gradski potok, Srebrenjak kao i podjela rudnih pojava Trgovske gore na sedam paragenetskih tipova (slika 1).

U razdoblju od 1956. do 1982. objavljeno je i nekoliko paleontoloških odredbi iz gornjopaleozojskih sedimenata Trgovske gore. V. Kostić (1956) je iz vapnenaca zapadno od kote Klupica (+381) i u jezgri bušotine na rudniku ankerita i limonita Meterize odredila koralj *Neokoninckhophyllum* sp. karakterističan za koraljsku fau-nu II tj. za auerniški nivo gornjeg karbona (ekvivalent »cora slojeva«).

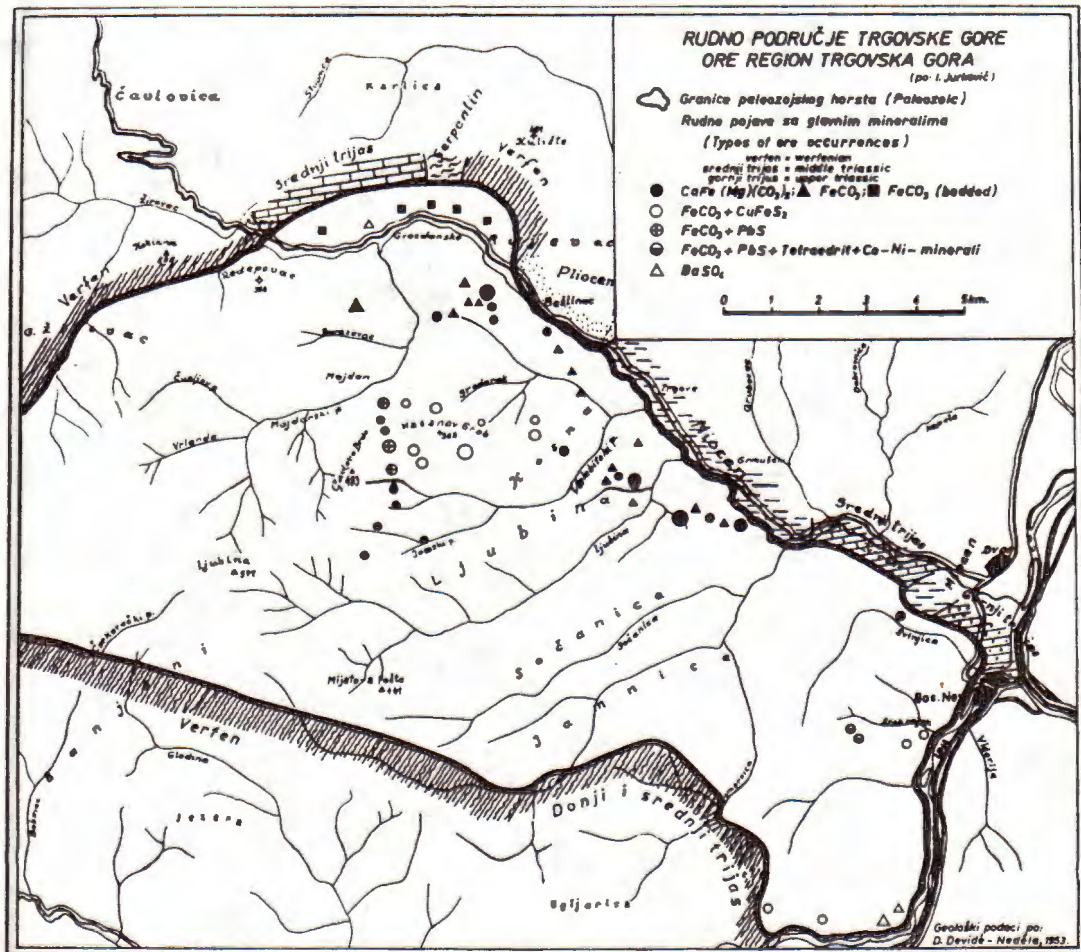
Z. Đurđanović (1966, 1968, 1973) je 5 km uzvodno potoka Ljubine od nje-gova ušća u Žirovac, u ulošku glinovitog, škriljavog vapnenca odredio radiolarije i Coniconchia. Dalje nizvodno 2,5 km u dosta glinovitim djelomično škriljavim uloš-cima vapnenaca odredio je Coniconchia, radiolarije, ostrakode, fragmente krinoida, te od konodontu vrste *Polygnathus linguiformis* i *Plectospathodus extensus* koji pripadaju mlađem donjem devonu, odnosno najgornjem emsu. Oko 0,5 km od ušća Ljubine u Žirovac kod sela Stojakovići, u glinovitim vapnencima i vap-novitim glinovitim škriljavcima odredio je radiolarije i ostrakode, a od konodontu vrstu *Gnathodus bilineatus* što odgovara donjem karbonu, odnosno gornjem vize-u Cu III. Blizu ušća Majdanskog potoka u Žirovac, u ulošku crnog glinovitog vapnenca odredio je konodontu donjeg karbona.

M. Milanović (1982) je u dolomitu iz blizine sela Kosne, SW od kote +247, odredio moskovij — gornji karbon — prema vrsti *Beresella erecta*.

O tektonskom položaju Trgovske gore nalazimo podatke u radu M. Olujića (1975) koji piše o »Žirovačkoj dislokaciji«, subvertikalnom dubinskom razlomu na liniji Bos. Novi—Topusko—Karlovac duž kojeg su u anomalnom kontaktu stijene različite starosti. Dislokaciju su potvrdila i geofizička ispitivanja gravimetrijom i anomalijama totalnog magnetskog intenziteta (V. Labaš et al., 1981).

M. Šparica (1981) uvrštava područje Trgovske gore u zasebnu tektonsku jedinicu. Izgrađena je od klastičnih sedimenata paleozoika i mezozojskih karbonat-nih i klastično-karbonatnih sedimenata. Paleozojske naslage tvore prostrane i snažno tektonizirane »antiforme«, ostatke predmezojskih struktura. Te strukture zajedno s kompleksom trijaskih sedimenata nagurane su i kretane u smjeru W i SW po podlozi izgrađenoj od pretežno krednih klastičnih sedimenata.

Mezozojski sedimenti se nalaze priklinalno oko paleozoika, kontakti među njima su uglavnom normalni, a ako su tektonski, radi se o strmo položenim para-klazama, rjeđe reversnim rasjedima. Geodinamski pokreti završetkom hercinske orogeneze su doveli do izdizanja i stvaranja vrlo plitkog sedimentacijskog bazena (često lagunarnog tipa) s mjestimičnim otocima te je često prisutna kontinuirana sedimentacija iz gornjeg perma u donji trijas.



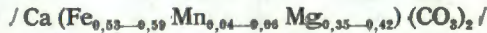
KOMPARACIJA S UNSKO-SANSKIM PALEOZOIKOM

Paleozoik Trgovske gore je NW nastavak znatno većeg i metalogenetski važnijeg područja koje se nalazi između Bosanskog Novog, Prijedora i Sanskog Mosta. U paleozoiku tog područja nalaze se najveća jugoslavenska željezna ležišta Ljubija i Tomašica, južno i istočno od grada Prijedora.

L. Marić & B. Crnković (1961) su petrografskom analizom stijena u sanskom paleozoiku utvrdili kontinuiranu seriju sedimenata: pelito-psamite škriljavog i pješčanog facijesa te vapnence i dolomite koji se smjenjuju u dosta nepravilnom ritmu po veličini zrna, a materijal potječe iz istog kopnenog izvora.

Među akcesorijama karakteristični su »grafitoidni« bituminozni sastojci te ankerit i siderit. Kemijske analize glinenih škriljaca su pokazale značajan sadržaj karbonata. Sideritizirani glineni škriljac s Bosna etaže rudišta Brdo: 22,4% FeCO₃, 1,7% MnCO₃ i 0,8% CaCO₃ (normativni sastav), karbonatni pješčenjak istog ležišta: 4,3% FeCO₃, 0,25% MgCO₃ i 6,1% CaCO₃, glineni škriljac s Kozine i Bjeljevca: 0,9% FeCO₃, 1,2% MnCO₃ i 1,6% CaCO₃. Autori smatraju da su takve stijene značajni facijelni član paleozojske serije u kome je siderit singenetski mineral.

Iz jezgara bušotina Paljevina dva siva, gusta, sitnozrna ankerita dala su preračunavanjem kemijskih analiza formule:



Ankeriti sadrže niskotemperaturne albite ($2V_x = 92,5^\circ - 93,5^\circ$), bez većih deformacija optičkih indikatrisa, zatim fragmente kvarca, sericit-muskovita, minerale glina (ilit) u vidu nakupina i organske materije (zamućenja), te ih autori smatraju kao strat u cijelom kompleksu s lateralnim isklinjavanjem.

I. Jurković (1961) je utvrdio parageneze i strukturne tipove primarnih i sekundarnih minerala ljubijske željezne rude. Posebna pažnja je posvećena gustom, crnosivom sideritu s rudišta Brdo i Nova Latica.

Nazvan je sideritski »mudstone«, odnosno sideritska muljevita stijena. Takve strukture je I. Jurković (l. c.) objasnio naglim obaranjem sideritsko-ugljevito-glineno-sulfidnog mulja ili kriptokristalaste intimno smješane mase iz koloidnih otopina. Današnji izgled strukturno-teksturnih tipova je rezultat epigenih preobrazbi i prekrystalizacije. Rudišta su sedimentna, nastala u gornjem karbonu.

P. Raffaelli i B. Ščavničar (1968) su istražili petrografski sastav klastičnih stijena područja lijeve obale Sane između Sanskog Mosta i Prijedora te područja od Starog Majdana preko Budimlić Japre do Agića.

V. Podubsky (1968) je pronašao između sela Usoraca i Trnove, u dolini Sane, zelenkasto-sive zrnate spilite, jako izmijenjene. Spiliti u izmjeni s klastitima i karbonatskim stijenama nalaze se i NE od Sanskog Mosta. Oko rudnika Ljubije nađeni su tufitični glineni škriljci te nekoliko izdanaka izmijenjenih pješčenjačko-dolomitsko-ankeritskih stijena s milimetarskim žilicama albita. Kod Gornjih Sela u okolici Ljubije nađene su pojave alternacija klastita, spilita i tufitičnih sedimenata (porfirni dijabazi). V. Podubsky i J. Pamić (1969) na osnovu tih magmatskih pojava ukazuju na eugeosinklinalni karakter tog prostora što je još više potkrijepljeno postojanjem grauvaka u kompleksu pješčenjaka.

Najdetaljniju obradu unsko-sanskog paleozoika nalazimo u disertaciji M. Jurića (1971): sanski je paleozoik izgrađen od stijena gornjeg devona te donjeg i srednjeg karbona (C₁₊₂). Serija klastita zajedno s karbonatnim stijenama je vrlo dobro paleontološki dokumentirana. Klastiti se sastoje, po V. Podubskom (1968), od sub-grauvaka, grauvaka, glinastih i glinovitih škriljaca, alevrolita, rijetko konglomerata te pojava magmatskih stijena koje tumači submarinskom vulkanskom aktivnošću u karbonu. U permotrijaskim gruboklastičnim pješčenjacima nađene su valutične spilite kod sela Trnove. Karbonatske stijene se sastoje od vapnena, dolomita, ferodolomita, ankerita i paraankerita. Na Razboju i Retku su donjo-karbonске starosti, drugdje srednjokarbonске starosti, zauzimaju više nivoje karbonskog kompleksa. Debljina im je od nekoliko metara do 100 metara. Dolomiti i ankeriti su rijetko samostalne pojave, obično se nalaze na rubnim dijelovima gromada vapnenaca. Kompleks karbonskih sedimenata je po M. Juriću (1971) debeo oko 800 do 900 metara pri čemu u W i SE dijelu terena prevladavaju grubozrnatiji pješčenjaci, a u NE dijelu finije zrnati. Sedimenti su neritskog karaktera, nastali u nemirnom bazenu uz brojne epirogenetske pokrete.

Ljubijska željezna ležišta M. Jurić (1971) smatra marinskim sedimentnim ležištem u smislu hipoteze I. Jurkovića (1961). Dijeli ih na značajnija, vezana na klastične naslage i na ostala u karbonatnim stijenama. Posebno ističe brojne geološke dokumente koji po njegovu mišljenju dokazuju sedimentni postanak ležišta.

U Tumaču osnovne geološke karte, list Prijedor, M. Jurić et al. (1975) navode da se u unsko-sanskom paleozoiku veoma rijetko javljaju vulkanske stijene. Konkordantno su uložene u sedimente u vidu tankih pločastih tijela, ali i tijela promjenljivih debljina od 20 do 100 metara i više. Piroklastične stijene, kristalni tufovi, ukazuju na istovremenu submarinsku vulkansku djelatnost i sedimentaciju marinskih sedimenata u višim nivoima srednjeg karbona.

Željezni ioni, smatraju, doneseni su vjerojatno submarinskom ekshalacijom i na mjestu akumulacije dali su sideritska tijela u vidu ploča, proslojaka, štokova.

Pod konac moskovija započela je emerzija, hijatus je trajao do gornjeg perma, u međuvremenu je djelovala salska faza variscijske orogeneze. Permotrijaski klastiti su u diskordantnom položaju u odnosu na paleozoik (angularna diskordanca, bazalni konglomerati), taloženi u plitkom bazenu uz aridnu klimu. Donjotrijaska sedimentacija se kontinuirano nastavljala na permotrijaske sedimente.

M. Moičević et al. (1979) su istraživali krajnji NW nastavak unsko-sanskog paleozoika. Utvrdili su sličan razvoj sedimenata donjeg i srednjeg karbona s razlikom da su vapnenci posve podređene stijene, uloži metarskih debljina. Dominiraju pješčenjaci. Konstatirali su hijatus između moskovija i permotrijasa na koji slijedi kontinuirano donji trijas. Smatraju da s permotrijasom počinje novi alpski ciklus. Rudne pojave su vezane na karbonske sedimente. Identificirali su brojne vrste spora srednjokarbonske starosti (vestfal) kao i mikro- i makrofosile po čemu je utvrđeno postojanje donjeg dijela srednjeg karbona (baškirijski).

Zbog pojave napisa da su ležišta Petrove gore, Trgovske gore i unsko-sanskog paleozoika vezana za razdoblje od gornjeg perma do srednjeg trijasa (S. Janković, 1987) ili permotrijasa (L. Palinkaš, 1985) iznosimo podatke J. Pamića i A. Lovrića (1980) o do tada poznatim eruptivnim pojavama u permotrijasu i donjem trijasu. Gornjopermske starosti su u gredenskim pješčenjacima Bistrice u Sloveniji interstratificirani ignimbrijski tufovi, zatim tufovi proslojeni unutar evaporita na otoku Visu te, u okolini Brskova u SR Crnoj Gori, tufovi i aglomerati interstratificirani u permskim sedimentima. Skitska starost vulkanizma nije pouzdano dokazana, jer u literaturi ne nalazimo podatke da se verfenski sedimenti proslojavaju s tufovima koji bi bili praćeni konkordantno uloženi vulkanskim tijelima. Istina, u skitskim i permotrijaskim klastitima Dinarida, nailazi se, u pojedinim predjelima čak i veoma često, na manja tijela metarsko-dekametarskih dimenzija dijabaza (albit-dijabaza). Utvrđeni su u Sloveniji, po obodu srednjobosanskih škriljavih planina kao i u paleozoiku SE Bosne. Iako najveći broj istraživača misli da su stijene stare kao i okolne stijene, J. Pamić i A. Lovrić (1980) smatraju da su to žilne stijene, mlađe od onih u kojima se nalaze. Iznose mišljenje da je mezozojski riftni vulkanizam započeo samo na nekoliko mjesta u gornjem permu, u aniziku se snažnija vulkanska djelatnost odvijala samo u SW dijelovima današnjih vanjskih Dinarida i to u području Like i u Crnogorskom Primorju. U ladiniku je magmatska djelatnost bila najjača i očituje se na cijelom području Dinarida, naročito u obodnim dijelovima mezozojske karbonatne platforme (NW Crna Gora i Srednja Bosna). U unutrašnjim obodnim dijelovima te platforme vulkanska aktivnost započeta u aniziku nastavlja se i u ladiniku. U karniku i noriku uočljiva je samo u Bosanskoj Krajini i Lici, a možda i u Sloveniji.

Iz gore iznesenog možemo zaključiti da je magmatska djelatnost u permotrijasu i donjem trijasu bila vrlo skromnih razmjera i da je vrlo mala vjerojatnost da bi za nju mogla biti vezana tako značajna rudna ležišta kakva se nalaze u unsko-sanskom paleozoiku te Trgovskoj i Petrovoj gori.

M. Herak (1987) smatra da su sve kompresivne strukturne promjene do kraja srednjeg trijasa kasno hercinske (late Variscan). Inicijalni alpski pokreti javljaju se tek u gornjem trijasu kao posljedica tenzionih sila unutar karbonatne platforme.

S. Milivojević, Đ. Zumberković & M. Zadić (1986) izvršili su određivanje kemijskog sastava karbonatnih minerala ljubijskih ležišta. Ankeriti su pokazali ovaj sastav: Mg 2,53—7,56%, Mn 0,75—1,79%, Fe 8,76—17,49% i Ca 10,58—23,70%; po položaju u trokomponentnom sistemu većina uzoraka odgovara ankeritu, ali ima i ferodolomita i paraankerita. Sideriti su pokazali: Mg 1,83—4,53%, Mn 1,89—2,56%, Fe 37,83—42,49% i Ca 1,13—1,33%, SiO₂ do 0,25%. To su čisti side-

riti, sideroplesiti. Analizirani vapnenci s Paljevina i Jerkovače pokazivali su sadržaj CaO 37,78—39,48% dok je kod dolomita dosta varirao sadržaj CaO i MgO, a sadržaj ostalih komponenata je bio malen.

E. Schroll, W. Papesch & P. Dolezel (1986) su analizirali brojne geetske tipove siderita iz Istočnih Alpi na izotopni sastav O i C. Tom prilikom su izvršili izotopsku analizu uzorka sivog uslojenog siderita Ljubije za koga smatraju da je sedimentnog postanka i uzorak siderita iz sedimentnog ležišta Vareš. Dobili su sljedeće rezultate:

siderit iz Ljubije	$\delta^{13}\text{C} = -0,9\text{‰}$	$\delta^{18}\text{O} = -9,6\text{‰}$
siderit iz Vareša	$\delta^{13}\text{C} = -1,2\text{‰}$	$\delta^{18}\text{O} = -6,5\text{‰}$

Rezultati obje analize padaju u polje dijagrama sa stratiformnim ležištima siderita, tj. polje BIF 1 (Banded Iron Formation) s vrijednostima za predkambrijske siderite bez magnetita Biwaki formacije. Po autorima na primjeru Ljubije i Vareša koja su sedimentnog porijekla, ali različite starosti dolazi do potvrde ukazivanje W. Stahla (1971) da vrijednosti za $\delta^{18}\text{O}$ ovise o stratigrafskoj starosti marin-skih sedimentnih siderita.

L. Palinkaš (1985) je izvršio nekoliko izotopskih analiza olova u galenitu rudnih ležišta smještenih u stijenama gornjeg paleozoika, među njima jedan uzorak iz ležišta Srebrenjak (Trgovska gora) i jedan uzorak iz rudišta Brdo (sanski paleozoik). Izotopske analize, koristeći Doe-Stacey i Stacey-Kramers modele razvoja odnosa olovnih izotopa, daju približno slične vrijednosti. Po prvom modelu starosti su u dobroj saglasnosti sa starošću okolnih stijena, što sugerira vulkanogeno-sedimentni način postanka. Prema Stacey-Kramers modelu, rana faza trijaskog magmatizma, koja bi započela u permu, bolje bi odgovarala općoj situaciji, tj. bolje bi odgovarao epigenetski način orudnjenja.

U najnovijem radu S. Janković (1987) se opredjeljuje za stav da su mineralna ležišta u Dinaridima, izuzev Fe ležišta Zapadne Makedonije, asociirana s intrakontinentalnim riftovanjem i pratećom vulkanskom aktivnosti koji su započeli u kasnom permu i trajali do početka gornjeg trijasa. Endogena mineralizacija je uglavnom povezana s vulkansko-sedimentnim sekvencama i vulkansko-plutonskim kompleksima, kalcijsko-alkalijskog sastava sa slabo izraženim prelaznim toleitskim karakterom nekih članova te spilit-keratofirima i albit-sijenitima. U ležišta koja su vezana za tu alpsku epohu navodi i pojave u Baniji, Petrovoj gori i Kladaši. Žice i metasomatska tijela su dominantni oblici rudnih pojava.

KOMPARACIJA S PALEOZOIKOM PETROVE GORE

I. Jurković, (1958, 1959) navodi da su u Petrovoj gori najstarije stijene raznovrsni ugljevito-glinoviti škriljci koji vjerojatno, pripadaju najgornjem karbonu (stefan), a sedimentirani su u nestabilnim područjima geosinklinale. Nad njima su istaloženi subgrauvakni pješčenjaci, mikrobrečastih struktura i čestim interkalacijama glinovitih škriljaca ili konglomeratičnim proslojcima. Najraširenije su stijene u Petrovoj gori, ili su gornjokarbonske ili donjopermske starosti. Slijedi potpuno oplićavanje mora i uz semiaridnu klimu sedimentiraju se finozrni do krupnozrni pješčenjaci i kvarcni konglomerati. Sadrže odlomke stijena svoje podine što ukazuje da je dio tih podinskih stijena bio kopno. Vezivo im je ponekad hematitično. Vjerojatno da barem gornji dio tih mlađih sedimenata pripada permu. Slijedi prekid sedimentacije, kontinentalna faza i aridna klima.

Po P. Raffaellu i B. Šćavničar (1968) ritmička izmjena šejlova i silita s grauvakama i grauvaknim konglomeratima je tipična za sinorogenu flišnu sedimentaciju u Petrovoj gori. Gornji dijelovi s protokvarcitima, prethode kasnom geosinklinalom stadiju (molasa) koja je razvijena samo na Petrovcu.

B. Korolija et al. (1978) u Tumaču osnovne geološke karte list Slunj, smatraju da su paleozojski pješčenjaci Petrove gore permske starosti. Donji dio te serije pretpostavlja sinorogene tvorbe u nestabilnom bazenu s razvedenim dnom. Gornji dio (mlađa serija) je izgrađen od krupnozrnih kvarcnih pješčenjaka i konglomerata, a taložio se u plićim depresijama nastalim u fazi regionalnog izdizanja te pretpostavlja postorogene tvorbe.

ANALIZA GEOLOŠKIH PODATAKA

(a) Starost paleozojske serije sedimenata Trgovske gore

Donji devon — D_1 je utvrđen u dolini potoka Ljubine u NE dijelu paleozoika. Radi se o najgornjem dijelu donjeg devona ili najgornjem emsu. Po položaju unutar paleozoika radi se o dva tektonska rasjedna bloka utisnuta u karbonske sedimente. Srednji devon i gornji devon za sada nisu utvrđeni. U unsko-sanskom paleozoiku nisu dokazani donji i srednji devon već samo gornji devon (famenijen) kod Bosanskog Novog i prelaz iz gornjeg devona u donji karbon kod Oštre Luke.

Donji karbon — C_1 je nađen blizu ušća Ljubine u Žirovac i blizu ušća Majdanskog potoka u Žirovac, u oba lokaliteta u crnim glinovitim vapnencima ili karbonatnim šejlovima i slejtovima koji predstavljaju uloške u seriji alternacija šejlova, slejtova i pješčenjaka. U unsko-sanskom paleozoiku nađene su brojne fosilonosne stijene među klastitima a pogotovo među vapnencima, s florom i faunom donjeg karbona.

Srednji karbon — C_2 je utvrđen u SE dijelu Trgovske gore i to (po sporama) vestfal, a po makro- i mikrofosilima donji dio srednjeg karbona (baškirij). U unsko-sanskom paleozoiku je sakupljen vrlo obilan fosilni materijal i u klastitima i u vapnencima koji dokazuje razvoj srednjeg karbona. Isto tako u NW produženju tog paleozoika, na listu Bosanska Krupa nađen je fosilonosan srednji karbon.

Gornji karbon — C_3 je paleontološki dokazan u Trgovskoj gori i to kod sela Kosna (moskovij), zatim kod kote Klupica u dolini Majdanskog potoka i u jezgri bušotine M-2 u rudištu Meterize (ankeriti) kao auerniški nivo gornjeg karbona (koralska fauna II, odnosno »cora slojevi«). U unsko-sanskom paleozoiku nije za sada identificiran gornji karbon, kao ni u njegovom produžetku u području Budimlić Japre.

U Petrovoj gori nisu nađeni fosili te se po litološkom karakteru stijena i po njihovoj superpoziciji smatra da su stijene taložene na prelazu iz gornjeg karbona u perm i u permu, odnosno da je značajan dio pješčenjaka i konglomerata permske starosti.

Uz pretpostavku da su paleontološke odredbe sigurne proizlazi da u unsko-sanskom paleozoiku postoji hijatus od moskovija do permotrijasa, isto i u paleozoiku Budimlić Japre, u Trgovskoj gori kroz donji i srednji perm, a u Petrovoj gori od srednjeg perma do permotrijasa. Za sigurnije zaključke treba očekivati daljnja paleontološka istraživanja.

Pošto su u Trgovskoj gori fosili nađeni u ulošcima vapnenaca različitih stratigrafskih nivoa proizlazi da postoji više nivoa u kojima su se formirali.

(b) Petrografska građa paleozojskih sedimenata

Uočavaju se razlike između donjeg i gornjeg dijela paleozojske sekvence sedimenata. U donjoj, starijoj seriji znatno je više šejlova, slejtova i silt-pješčenjaka s dominirajućim fino-zrnim subgrauvakama, u gornjoj, mlađoj seriji sve je veće učešće krupnije-zrnih subgrauvaka

i grauvaka, a smanjenje učešća šejlova, slejtova i silita. Kalcitni ulošci i tanki prosljoci vapnenca uočeni su u više nivoa samo u starijoj seriji. U stratigrafskom nivou iznad najvišeg nivoa uložaka vapnenaca registriran je jedan horizont konglomerata s valuticama vapnenaca iz nižih horizonata za koji D. Devidé-Neděla (1953) misli da bi mogli biti bazalni konglomerati.

Analogan razvoj je postojao i u bazenu unsko-sanskog paleozoika. Osnovna se razlika sastoji u tome što su vapnenci mnogo značajniji petrološki član serije, naročito u središnjem (ljubijskom) i istočnom (Razboj) dijelu oblasti. Iako su razvijeni u više horizonata, i u donjem i srednjem karbonu, najjači razvoj je u gornjem dijelu srednjeg karbona. Vrlo su fosiliferni, djelomice dolomitizirani i ankeritizirani. Kemijske analize dolomita su pokazale da se radi o kasnodijagenetskom tipu dolomitizacije. Karbonatne komponente (prvenstveno siderit i ankerit, manje kalcit i vrlo malo dolomit) su čest sastojak klastita donjeg dijela te serije, ali postoje razlike u tumačenju njihova postanka (autigeno ili epigenetsko). Posebna važnost petrografske građe unsko-sanskog paleozoika je prisutnost vulkanogeno-sedimentne formacije sa spilitima, spilit-dijabazima, riolitima, keratofirima i piroklastitima. Za mnoge od njih je utvrđena konkordantnost sa sedimentnim stijenama i sinhrona sedimentacija. U Petrovoj gori stijene koje bi karakterizirale donju stariju seriju vrlo su rudimentarno prisutne, samo u najdublje erozijom zasječenih profila, gotovo cijelo područje je izgrađeno od mlađe pješčenjačko-konglomeratične serije. U sve tri paleozojske oblasti stijene su pretrpjele dijagenetske promjene i početni stadij metamorfoze (anhimetamorfoza), odnosno po W. Howel - F. J. Turner - Ch. M. Gilbert (1982, str. 516) »immature products of metamorphism of very low grade«.

(c) Karakter sedimentacijskog bazena

Sedimentacioni proces u Trgovskoj gori se vršio uz postepeno izdizanje i oplicivanje bazena. Materijal za tvorbu sedimentata potječe s kopna izgrađenog od paraškriljaca, manje gnajseva, i još manje od pretežno kiselih eruptiva. Postoji opravdana pretpostavka da je dio materijala potjecao od izdignutih dijelova unutar samog bazena. Obilje stijena subgrauvaknog i grauvaknog tipa, te brze promjene uslova sedimentacije, ukazuju na flišni i turbiditski karakter sedimentacije i bazena, na eugeosinklinalne uvjete sedimentacije. Vrlo male količine karbonatnih sedimentata (organogenih) uz obilnu prisutnost ugljevito-bituminozne materije ukazuje na prevladavajući euksinički karakter sedimentacije.

U unsko-sanskom paleozoiku postoji gotovo indentičan razvoj sedimentacionog bazena s time da je submarinska vulkanska djelatnost vrlo uočljiva iako u malim razmjerima. Tipična je za eugeosinklinalne prostore, intermedijarnog je do kiselog karaktera.

U sanskom paleozoiku značajne mase vapnenaca ukazuju na dijelove bazena s prisutnošću kisika, odsutnosti detritusa klastičnog karaktera i na alkalnu sredinu. Današnji sastav sedimentata Petrove gore ukazuje na značajno oplicali bazen u stanju zadnjih faza izdizanja.

Osim epirogenetskih pokreta u Trgovskoj gori su uočljive i dvije orogenetske faze u gornjem paleozoiku, prva asturijska na kraju srednjeg karbona koja se u sanskom paleozojskom bazenu manifestira submarinskom vulkanogeno-sedimentnom formacijom i vrlo jakim procesima mineralizacije, kao i jačim i ubrzanijim izdizanjem dna sedimentacijskog bazena i druga orogenetska faza odnosno salska faza variscijske orogeneze, koja je zahvatila sve bazene od unsko-sanskog preko prostora današnje Trgovske i Petrove gore. Ta faza je uzrokovala prekid marinske sedimentacije s time da je prekid počeo u istočnom, unsko-sanskom bazenu i postepeno se širio preko Trgovske gore na područje današnje Petrove gore.

(d) Današnje stanje tektogeneze

Paleozoik Trgovske gore leži u posebnoj strukturalno-facijelnoj jedinici oivičenoj na NE dijelu dubokim rasjedom dinarskog pravca (žirovačka dislokacija) koji se pruža od Bosanskog Novog preko Topuskog na Karlovac, a na SW dijelu jakim rasjedom Bihać—Karlovac, te ima oblik trokuta. Ta tektonska jedinica izgrađena je od paleozoika, trijaskih sedimenata i vrlo reducirane jure i krede. Zona je alohtona, navučena je preko podloge krednih sedimenata u smjeru SW i W. Čelo navlake je označeno rasjedom Krnjak—Otoka. Boranja i navlačenja odvijala su se i u laramijskoj i pirinejskoj orogenoj fazi na što se nadovezalo intenzivno rasjedanje u manje ili veće rasjedne blokove. Zbog toga strukturalne forme (bore, kraljušti, osi aksijalnih površina) imaju dinarsko pružanje (M. Šparica, 1981).

(e) Rudne pojave

Rudne se pojave u Trgovskoj gori nalaze samo u donjoj seriji paleozojskih sedimenata, karakteriziranih euksiničkim uvjetima sedimentacije, zamjetljivim količinama ugljevitobituminiozne supstance u stijenama kao i konstantnom prisutnošću karbonatne (uglavnom sideritske) komponente u matriksu. Jedan dio rudnih pojava vezan je na više ili manje izraziti stratigrafski horizont označen lećastim ulošcima ili proslojcima crnosivih ili plavosivih vapnenaca za koje je utvrđena gornjokarbonska starost, a nalaze se na desnoj obali potoka Žirovca od Bešlinca do Grmušana. To su slabo ili jače ankeritizirani vapnenci, mjestimice i sideriti s vrlo malo sulfida. Da li je samo taj povor vapnenaca mineraliziran od njih nekoliko starijih za sada ne možemo sa sigurnošću odgovoriti. Drugi dio pojava, koji se nalazi u području Gvozdanskog također je stratigrafski kontroliran, jer leži u paketima, debljim ili tanjim, izrazitih izmjena proslojaka siderita s manje ili više kvarca i nešto sulfida s proslojcima isto vrlo tankim bilo kvarcnih pješčenjaka, rožnaca ili šejlova i slejtova. Treći tip je najizrazitije stratificiran. Konkordantno je uloženi u seriju šejlova, slejtova, grauvara i silita u međusobnoj izmjeni. Svi tektonski procesi koji su zahvatili sedimente odrazili su se i na rudnim pojavama. Te pojave sadrže siderit kao glavni mineral, te promjenljive količine kvarca, sulfida i sulfosoli, uglavnom bakarnih i

olovnih. Ima ih u područjima Zrin, Čatrnja, Gradski potok, Srebrenjak i Tomašica. Šire promatrajući može se zapaziti zonalan raspored rudnih pojava u odnosu na paragenetske tipove.

Rudne pojave Trgovske gore nepobitno su predorogene i pretrpjele su tektonske procese u toku više faza orogeneza, salskoj, laramijskoj, pirinejskoj. U rudnim revirima Zrin, Čatrnja i Gradski potok rudne zone imaju generalno submeridionalno pružanje (N—S ili NNW—SSE), a ne dinarsko (I. Jurković, 1962a). U NW dijelu unsko-sanskog paleozoika kod Ravske i Omanjske, M. Jurić (1971) piše o prevrnutim i prebačenim borama orijentacije suprotne dinarskoj.

KONCEPT METALOGENEZE

Osnovna dilema kod rješavanja metalogeneze rudnih ležišta u paleozoiku Trgovske gore sastoji se u pitanju da li su ležišta gornjopaleozojske starosti, vezana na hercinsku metalogenu epohu ili su srednjotrijaske starosti, vezana na alpsku metalogenu epohu.

U svojim ranijim radovima autor ovog rada zalagao se za hercinsku metalogenezu rudnih pojava Trgovske gore, Petrove gore i ljubijskih željeznih ležišta (I. Jurković, 1958, 1959, 1960, 1962, 1978). Ostali su ipak određeni neriješeni problemi. Na neke od njih autor se osvrće u ovom radu.

Temeljna teza autora je tvrdnja da su sideritska ležišta Trgovske gore i bazena Ljubije nastala u vrijeme sedimentacije gornjopaleozojske sukcesije sedimenata. Da se dokaže ta teza potrebno je dokazati da su i stijene i rudna sideritska ležišta pretrpjela iste dijagenetske i metamorfne procese od momenta stvaranja do danas. Vrlo detaljnim mikroskopskim ispitivanjem u prolaznom i reflektiranom polariziranom svijetlu uspjeli smo naći međusobno korelaciju promjena koje su se zbile na rudnim ležištima (I. Jurković, 1961) i onih na stijenama koje ih nose, a detaljno su ih ispitali V. Majer (1964), L. Marić & B. Crnković (1961), V. Podubsky (1968), P. Raffaelli & B. Šćavničar (1968).

Naše osnovno polazište je da su današnji šejlovi, slejtovi, siltiti, subgrauvake, grauivake i vapnenci u doba karbona, u fazi depozicije bili glinoviti, glinovito-pjeskoviti, pjeskoviti i organogeni muljevi, a današnje rudne pojave rudni muljevi. I jedni i drugi primarni muljevi zahvaćeni su statičkom i početnom regionalnom metamorfozom pretrpjevši sve faze dijagenetskih procesa kao i prvu fazu metamorfizma, odnosno anhimetamorfizma.

Kao posljedica svih tih procesa je potpuni gubitak prvobitnih strukturno-teksturnih karakteristika i prelaz u potpuno nove strukture i tekture i potpuno izmijenjene parageneze. Današnje stijene i rude imaju dijagenetske i anhimetamorfne strukture i tekture i tek relikte prvobitne asocijacije minerala. Današnje parageneze su parageneze nastale autigenozom, pretvorbom manje stabilnih u stabilnije minerale, kao i reakcijskim procesima između dvije ili više komponenata.

Promatrajući u cjelini sva tri paleozojska prostora: Petrove gore, Trgovske gore i Unsko-sanskog paleozoika uočavaju se *slijedeće metalo-*

genetske karakteristike: (a) sve su rudne pojave toliko paragenetski slične da im se mora pripisati isto magmatsko porijeklo i pripadnost istom magmatskom ciklusu; (b) postoji litostratigrafska kontrola rasporeda paragenetskih tipova rudnih ležišta u prostoru; (c) očituje se zonalan raspored rudnih ležišta u odnosu na matičnu (pretežno okultnu magmu); (d) koezistencija struktura, tekstura i parageneza svih diagenetskih stadija u istom sideritskom ležištu (primjeri rudišta Brdo i Nova Litica Gornja).

(a) rudne pojave su magmatskog porijekla
genetski vezane za isti magmatski ciklus

U Petrovoj gori, u gornjopaleozojskoj seriji sedimenata nalaze se rudne pojave u kojima su barit i siderit glavni rudni minerali. Međusobni količinski odnosi ta dva minerala su promjenljivi tako da postoje osim pretežno baritskih pojava s malo siderita, pojave s podjednakim količinama oba minerala te pojave gdje siderit dominira, a umjesto barita u paragenezi sudjeluje kvarc, te se pojavljuju kvarcno-sideritske pojave. Vrlo mali broj pojava jesu kvarcne pojave s malo sulfida. U baritnim pojavama sa sideritom gdje prevladava barit u paragenezi sudjeluju i male količine sulfida i sulfosoli: pirit, halkopirit, tetraedrit te kvarc. U sideritsko-kvarcnim pojavama sudjeluju još pirit, halkopirit i sfalerit, siromašan na željezu. U kvarcnim pojavama sudjeluju još male količine siderita, sfalerit bogat željezom (marmatit), halkopirit, pirit i milerit (I. Jurković, 1958).

U Trgovskoj gori, u sedimentima karbona, nalazi se sedam paragenetskih tipova koje možemo svesti na slijedeće: pojave ankerita, odnosno ankeritiziranih vapnenaca i dolomita s malo kvarca i tek ponegdje vrlo male količine galenita i pinita; sideritska ležišta sa zamjetljivim količinama kvarca (10—20%) neke s vrlo malo sulfida (1—2%) druge sa značajnijim količinama sulfida i sulfosoli: pirit, sfalerit (marmatit), halkopirit, tetraedrit, galenit s izdvajanjima frajbergita, Ni-Co minerali gersdorffit, Ni-lineit, milerit, te vrlo malo burnonita i bulanžerita. U nekim od tih ležišta javljaju se i bornit, enargit, markazit i vrlo malo barita. Kao treći tip su vrlo rijetke i relativno male pojave barita s vrlo malo pinita, galenita i tetraedrita (I. Jurković, 1960, 1962, 1988).

U unsko-sanskom paleozoiku utvrđeni su ovi paragenetski tipovi: ankeritska ležišta koja sadrže vrlo malo drugih minerala: neoalbita, pinita, galenita, ilita te detritarnih partikula kvarca, feldspata, sericit-muskovita. Sideritska ležišta sa sideritom kao glavnim mineralom koja su ekonomski najznačajnija rudna ležišta ne samo za unsko-sansku oblast nego i za sve tri oblasti. Uz siderit najviše ima kvarca (nekoliko procenata) te niz akcesorskih minerala: od silikatnih albit, sericit, ilit, a nesilikatnih ankerit, barit, nemalit, grafitit, pirit, arsenopirit, markazit, gel-pirit, tetraedrit, sfalerit, halkopirit, burnonit, pirotin (kao izdvajanja), Ag-sulfosol, galenit, elektrum, te detritarni minerali (kvarc, feldspat, muskovit). Treći tip su baritske pojave s promjenljivim, podređenim količinama ili kvarca, ili siderita, ili fluorita, odnosno sva ta tri minerala, te nešto sulfida i sulfosoli: pinita, halkopinita, tetraedrita,

galenita (I. Jurković, 1961, M. Jurić, 1971). Epigenetske žilice, gnjezdašca i manje nepravilne žice kvarca sa sulfidima i sulfosolima nastale su iz pseudohidrotermalnih otopina nastalih metamorfnom mobilizacijom iz sideritskih ležišta za vrijeme orogenih procesa (I. Jurković, 1961).

Usporedba paragenetskih tipova u sve tri oblasti jasno ukazuje na identične ili vrlo srodne parageneze i jedinstvenost magmatskog porijekla.

(b) Litostratigrafska kontrola rasporeda paragenetskih tipova

U Petrovoj gori sva baritska, baritsko-sideritska i sideritsko-kvarcna ležišta nalaze se u mladoj seriji sedimenata. U starijoj seriji nalaze se samo mineraloške pojave kvarca s nešto sulfida i vrlo malo siderita. Po načinu pojavljivanja rudne pojave liče na tzv. »strata-bound« ležišta. Zbog toga što su rudnosne stijene u vidu erozionih kapa nanižanih pravcem sjever—jug to se rudne pojave javljaju »prividno« u uskom dugom pojasu pravca sjever—jug. Iz navedenog proizlazi da je litostratigrafska kontrola u Petrovoj gori vrlo jasno izražena.

U Trgovskoj gori pojave ankerita vezane su isključivo na uloške vapnenaca ili dolomitiziranih vapnenaca koji su u određenim stratigrafskim horizontima. Do sada je utvrđen sa sigurnošću jedan horizont (gornjokarbonski), da li ih ima više, za sada nema pouzdanih paleontoloških podataka. Sve ostale, sideritske pojave s malo ili više sulfida i sulfosoli leže konkordantno u stratigrafski starijoj seriji gornjopaleozojskih sedimenata, te su prema tome litostratigrafski kontrolirane.

U unsko-sanskom paleozoiku ležišta ankerita su vezana isključivo na vapnence karbona, prema M. Juriću (1971) na srednjokarbonske vapnence. Sideritska ležišta su u istim stratigrafskim nivoima kao i ankeritska ležišta, jer su u određenim dijelovima ljubijskog rudnog područja međusobno prostorno vezana. S paleogeografskog staništa koncentracija karbonatnih željeznih ruda kontrolirana je i litostratigrafski (pojas bazena između depozicije pelitopsamitskih i organogenih sedimenata) i magmatogene (najveća koncentracija u dijelovima bazena sa submarinskom vulkanskom aktivnosti). Baritska ležišta su najvećim dijelom u sedimentima karbona, kontrolirana prvenstveno magmatogeno (vidi pod c). Pojedine manje pojave nalaze se u permotrijaskim sedimentima (M. Jurić, 1971).

Usporedba u sva tri područja ukazuje na jasnu litostratigrafsku kontrolu pojavljivanja rudnih pojava.

(c) Zonalan raspored rudnih ležišta

U Petrovoj gori je zonalan raspored izvanredno uočljiv: u povoru rudnih pojava sjever—jug, dugom 13 km, a širokom 4 km, na južnom dijelu se nalaze baritne pojave s malo siderita, u srednjem dijelu baritne pojave s mnogo siderita, odnosno podjednake količine oba glavna minerala, u sjevernom dijelu sideritske pojave sa sve više kvarca (I. Jurković, 1958).

U Trgovskoj gori u sjevernom dijelu je pojas ankerita i siderita bez sulfida ili samo u tragovima, u NW dijelu sideritske pojave s dosta kvarca, te sideritske pojave sa sulfidima i sulfosolima na SE i S dijelu Trgovske gore. Baritske pojave su u krajnjem SE dijelu područja (I. Jurković, 1960).

U unsko-sanskom paleozoiku zonalitet je također vrlo uočljiv: središnji dijelovi sadrže ankeritska i sideritska ležišta, a na NW i E dijelu baritska ležišta (M. Jurić, 1971).

(d) Koegzistencija različitih diagenetskih stadija u istom ležištu

Prilikom detaljnih izučavanja ljubijskih ležišta (I. Jurković, 1961) uočili smo na rudištima Brdo i Nova Litica Gornja cijeli niz strukturno-teksturnih i paragenetskih tipova neuobičajenih za epigenetska hidrotermalna metasomatska ležišta kakvim su ih smatrali L. Nöth (1952), A. Cissarz (1956) i M. Ramović (1957). Posebno se izdvajao tip gustih, crnosivih siderita koje smo našli na III etaži i Bosna etaži rudišta Brdo i na nultoj etaži ležišta Nova Litica Gornja. Makroskopski se ne razlikuju od gustih crnosivih vapnena, tek uzeti u ruke razlikuje ih razlika u volumnoj masi. Mikroskopskom analizom otkrivena je panalotriomorfna gustožrna ili mikrokristalasta struktura veličine zrna od 15 do 70 μm , u prosjeku između 30—40 μm što odgovara silitima (alevritima) srednjih dimenzija zrna. Nazvali smo te siderite sideritski »mudstone« odnosno sideritska muljevita stijena.

Zrna siderita su zamjetljivo zamućena mineralnim prahom, naročito središnji dijelovi. Obavijena su od 1 do 10 μm debelim intergranularnim filmom opake supstance. U masi siderita uložena su pretežno detritarna zrnca kvarca promjera 15—60 μm , rjeđe do 200 μm , te po koji listić sericita dug i do 100 μm . Karakteristična je pojava kuglica gelpirita koje su ili rasute pojedinačno ili tvore nakupine međusobno priraslih kuglica. Unutarnja struktura im je identična strukturama rudnjenih bakterija (»Vererzte Bakterien«, P. Ramdohr, 1955). U sideritu su neravnomjerno razasute nakupine mikrokristalastog kvarca promjera zrna od 5 do 30 μm (neokvarc) te nemalita (vlaknati brucit) čija vlakna potamnjuju lepezasto ili valovito. Oba minerala potiskuju siderit ispunjujući i proširujući intersticije i mjestimice »rastaču« siderit. Intergranularni prostori (intersticije) ispunjeni su matriksom od ugljevito-glinovite tvari s malo kriptokristalastih sulfida. U sideritu se tek mjestimice opaža po koje zrno sfalerita zelenkastosmeđe boje, siromašnog željezom.

Osim opisanog »reliktnog« strukturno-teksturnog tipa sideritskog pelita proučena je serija sukcesivno izmijenjenih tipova siderita zahvaćenih diagenetskim procesima raznog intenziteta i anhimetamorfozom. To su sve krupnije zrnatiji sideriti od fino-zrnih, preko srednje-zrnih do krupnozrnih struktura. Gusti i mikrokristalasti sideriti imaju potpuno kompaktnu teksturu, a svjetliji, krupnije zrnatiji sideriti imaju često poroznu, šupljikavu, druzovitu teksturu. Pojedine partije ležišta Brdo sastoje se

samo od svijetlog, krupnozrnatijeg siderita. Kemijskim analizama je dokazano da porastom veličine zrna sideriti sadrže sve manje glinovite i ugljevite supstance ili je uopće nemaju, vrši se proces autopurifikacije. Posebno je značajna činjenica da su veličine zrna siderita, kvarca, sulfida i sulfosoli u međusobnoj korelaciji. Krupnije zrna sideriti sadrže krupnije zrnate ostale minerale i obrnuto.

Uspoređujući pojedine strukturno-teksturine tipove međusobno, od onih koji predstavljaju prvu fazu dijageneze (sideritski peliti) pa do onih diagenetski najintenzivnije izmijenjenih uočili smo slijedeće sukcesije u toku dijageneze i anhimetamorfoze:

(1) postepena preobrazba prvotnih, primarnih koloidnih ili kriptokristalastih taloga u sve krupnije zrnatiye strukture serije neominerala procesom autigeneze;

(2) postepeno smanjenje volumena rudne mase gubitkom porne vode, glinovite i ugljevito-bituminosne supstance te nastanak sve izrazitijih poroznih tekstura; taj proces je u prvim fazama bio jače izražen;

(3) smanjenje broja i veličina detritarnih partikula u prvobitnim talozima uslijed naknadne korozije cirkulirajućim pornim vodama s izmijenjenim pH i Eh;

(4) postepena preobrazba koloidnog glinovitog dijela matriksa i prekrystalizacija u strukturno sve uređenije i stabilnije pri višim temperaturama i tlakovima minerala grupe glina. Bazirajući se na podacima literature (H. J. Rösler, 1981) među prvima mineralima mogli su se formirati »mixed layer minerals« kod kojih se pravilno ili nepravilno izmjenjuju dvoslojni i/ili troslojni paketi. To su minerali »prelazne faze« između jedne ionarne ili kristalne supstance i nekog stabilnog minerala pri višim pT uvjetima. Substitucijom Si-Al ionskim izmjenama dolazi do ugrađivanja K^+ , Na^+ , Ca^{2+} u dvoslojne i troslojne filosilikate kao i ulaganja hidroksil iona (OH)⁻ i molekula H_2O između dvoslojnih i troslojnih paketa. Na taj način nastaju pri kraju rane faze dijageneze, a pogotovo u kasnijim fazama dijageneze, stabilni minerali glina ilit, klorit, muskovit;

(5) ionskim izmjenama oslobođeni Si i Mg pogoduju stvaranju neokvarca i nemalita (vlaknatog brucita) koji su naročito uočeni u sideritskim pelitima gdje potiskuju zrna siderita (ležišta Brdo, Nova Litica, Trešnjica);

(6) razni stadiji metamorfoze prvobitne ugljevite supstance u prelazne tipove (po optičkim svojstvima) između antracita i grafita, odnosno u tzv. grafitite;

(7) prisutnost autigenog albita u fino zrnim sideritima ležišta Kozin i Bjeljevac te u ankeritima Kozina i sivom gustom ankeritu jezgara bušotina u ležištu Paljevine. To su albiti s 1–2% ankomponente, polisintetski bližnjeni ili dvojni s $2Vx = 92,5$ do 95° . To su niskotemperirani albiti, koji zbog visokih vrijednosti $2Vx$ umjesto vrijednosti od 76° ukazuju na određeni stupanj nereda u strukturi. Takvi su albiti karakteristični i za spilite i metadijabaze. Bez inkluzija su, gotovo neporemećene optičke indikatriše za razliku od detritarnih feldspata u istom matriksu (W. Howel et al., 1982);

(8) dijagenezom primarnih sulfidnih muljeva nakon faze gel-pirita nastupila je sukcesivna autigeneza sulfidnih minerala koja se odvijala u skladu s općeprihvaćenim stavom da je u pravilu redosljed usmjeren od sulfida manje plemenitih metala Fe, Ni (pirit, gersdorfit) preko Zn sulfida (sfalerit), Cu sulfida (halkopirit, tetraedrit) ka Pb sulfidima (galenit, burnonit, bulanžerit). P. Ramdohr (1960), G. C. Amstutz et al. (1964) i G. C. Amstutz (1972) razlikuju tri faze dijageneze za pojedine sulfide, po kojima se može datirati njihova kristalizacija. Veći dio pirita (iako je »Durchläufer« kristalizira u ranodijagenetskom stadiju, manjim dijelom i kasnodijagenetski. Sfalerit je u pravilu srednjedijagenetski, a galenit izrazito kasnodijagenetski.

S porastom temperature u procesu dijageneze raste i promjer zrna minerala.

Stvara se redosljed kristalizacije sulfida, odnosno sukcesija u procesu mineralizacije koja je praktički ista kao kod epigenetskih hidrotermalnih ležišta;

(9) koezistencija u istom rudnom ležištu (primjer ležišta Brdo) istih minerala, ali formiranih u raznim fazama dijageneze: zelenkastosmeđi sfalerit s malim sadržajem željeza u molekuli i vrlo rijetko s nešto lamela izdvojenog halkopirita i crni marmatit, bogat željezom i s obilnim izdvajanjima halkopirita ili pirotina; galeniti s malo ili mnogo izdvajanja frajbergita ili bez njega; prisustvo u nekim uzor-

cima reakcionih minerala burnonita i bulanžerita. U toku dijageneze, povišenjem temperature koja je bila različito izražena u pojedinim dijelovima velikih ležišta kakva su neka ljubijska željezna ležišta, došlo je do primanja Fe, FeS i CuFeS_2 komponenata u molekule sfalerita siromašnog na željezu i do kasnijeg izdvajanja. Isto tako uočene su i ostale karakteristike dijageneze: opadajući idiomorfizam prema kasnijim fazama dijageneze (idiomorfno razvijeni pirit i gersdorfit, ponekad sfalerit, a ksenomorfni halkopirit, tetraedrit i galenit), frakturiranje dijagenetskih minerala (siderit, kvarc), ispunjavanje fraktura srednjo- ili kasnodijagenetskim mineralima (Cu i Pb), mineralizacija fosilnih ostataka u vapnencima u koliko su u okviru rudišta.

U rudištima malih dimenzija Trgovske gore parageneze predstavljaju zadnji stadij dijageneze te se zbog toga razlikuju sve tri dijagenetske potfaze, rana, srednja i kasna. Parageneze koje smo opisali u dosadnja dva rada (I. Jurković, 1960. i I. Jurković & G. Durn, 1988) su dijagenetske, odnosno anhimetamorfne parageneze. Prva faza u sekvenci sideritsko-sulfidnih ležišta revira Zrin u Trgovskoj gori s piritom I (orudnjene bakterije) i kvarcom I (detritarne partikule) je uglavnom reliktna primarne faze. Druga faza s pretežno krupnijekristaliziranim sideritom predstavlja ranu fazu dijageneze. Treća faza sa Fe, Ni, Zn, Cu i Pb mineralima smo podijelili u tri faze u smislu C. G. Amstutz (1972).

Problem datacije dijagenetskih i anhimetamorfno izmijenjenih parageneza

Primarni, svježe oboreni rudni talozi podvrgnuti su u početnoj fazi statičkoj metamorfozi novotaloženih sedimenata u karbonu. Kako postoji među geolozima usklađenost u stavovima o debljini karbonskih sedimenata koja se procjenjuje od 600 do 1000 metara i za područje Trgovske gore i za područje unsko-sanskog paleozoika, to možemo s dosta sigurnosti zaključiti da samo djelovanjem statičke metamorfoze relativno tankog pokrivača novih sedimenata nije moglo doći do stvaranja današnjih strukturno-teksturnih oblika parageneza. Jači dijagenetski procesi mogli su se zbiti tek u salskoj fazi orogeneze odnosno u donjem i srednjem permu. Iz toga slijedi da današnje strukture i parageneze ne mogu biti starije od perma iako su primarne tvorbe nastale u karbonu.

Salska faza orogeneze izvršila je bitan utjecaj na formiranje dijagenetskih i anhimetamorfnih struktura, tekstura i parageneza, dok su mlađe orogeneze, laramijska i pirinejska uzrokovale navlačenja i rasjedanja.

Za vrijeme statičke metamorfoze primarni rudni muljevi kao i svi ostali talozi od glinovitih do pjeskovitih i organogenih zahvaćeni su procesom kompakcije pri čemu se oslobađaju velike količine porne vode, a volumen taloga naglo smanjuje (W. Engelhardt, 1973), kod 500 m natkrivke na 25%. Velike mase kompakcijom oslobođene porne vode vrše kemijsku dijagenezu svih sedimenata koji su znatno smanjenog volumena i kompaktniji. Porna voda koja u početku ima identičan sastav kao i voda karbonskog mora postepeno mijenja svoja fizikalno-kemijska svojstva, pH uvjete i kemizam te redoks potencijal. Temperatura i pritisci rastu, brzina cirkulacije se smanjuje, a redoks potencijal je sve izrazitije reduktivan. Formiraju se uvjeti za značajne procese iz-

mjene iona, naročito u glinovitim i glinovito-pjeskovitim muljevima gdje se javlja autigeneza minerala glina od manje stabilnih ka sve stabilnijim kako smo to prethodno opisali (H. Fuchtbauer & G. Müller, 1970; J. Tišljarić, 1987). I detritarne prvobitne partikule primarnih taloga doživljuju određene promjene: korozija, silifikacija i sericitizacija feldspata, korozija kvarčnih partikula, pretvorba biotita u klorit i hidrotinjac.

TEKTONSKI SKLOP

Paleozoik Trgovske gore i unsko-sanski paleozoik izgrađeni su iz stijena tipičnih za eugeosinklinalni razvoj. Stijene su stvarane u sedimentacionom bazenu neravnog i nemirnog dna, te su se formirale, u geološkom smislu, brze i vrlo brojne alternacije svih tipova stijena. Jasan je flišni, turbiditski karakter sedimentacije. Materijal je osim s kopna pritjecao i iz samog bazena što indicira na izdignuća u vidu kordiljera.

Postoje dokazi o postojanju relativno dubljeg bazena u devonu (veće učešće šejlova i siltita te fino-zrnih subgrauvaka i izrazitiji euksinički karakter bazena) i njegovog postepenog izdizanja, odnosno oplićivanja (sve grubozrnatiji tipovi subgrauvaka i grauvara, smanjenje učešća šejlova i slejtova, izrazitije prisustvo organogenih vapnenjaka).

Eugeosinklinalni karakter sedimentacionog bazena još više naglašava pojava, iako skromnijih veličina, submarinske vulkanske djelatnosti u srednjem karbonu, za vrijeme asturijske orogene faze u ljubijskom bazenu. Formirani su konkordantno uloženi kristalni tufovi i tufiti (piroklastiti) te manja ili veća magmatska tijela, izrazito izmijenjena autometamorfnim i metasomatskim procesima. Albitizacija je vrlo raširena. Takvi niskotemperaturni albiti su nađeni i u sideritima i ankeritima ležišta Kozin, Bjeljevac, Paljevine, što ukazuje na međusobnu genetsku vezu. W. Howell et al. (1982) smatraju takve albitizirane, slabo metamorfne stijene asociirane s metapelitima dokazom eugeosinklinalnih sekvenci, a za njihovo pojavljivanje preferirani su položaji, pojasevi iznad Benioff zone.

Rioliti, keratofiri, spiliti, dijabazi su stijene tipične za eugeosinklinale, odnosno tipične za mobilne pojaseve otočnih lukova ili za mobilne kontinentalne margine u smislu teorije tektonike ploča (W. Howell et al., 1982; A. H. G. Mitchell & M. S. Garson, 1984; J. M. Gilbert & Ch. F. Jr. Park, 1986).

Istraživano je područje pretstavljalo eugeosinklinalni prostor od devona do perma, karakterističan za subdukciju oceanskog dna. Subdukcijski procesi uslovlili su stalno izdizanje sedimentacionog prostora, rastuće sile kompresije, prekid sedimentacije i orogenezu u salskoj fazi u toku perma.

Vulkaniti u asturijskoj fazi dali su rudna ležišta željeznih karbonata s nešto metalnih sulfida Cu, Fe, Pb, Zn, Ni(Co). Istoj ali dijelom i mlađoj fazi istog ciklusa pripadaju i baritna ležišta s malo sulfida. Već ranije izražena tvrdnja R. L. Stanton (1972) o kvantitativnom odnosu među metalima tog tektonskog sklopa: $Fe > Zn > Pb > Cu > Ag(Au) \pm BaSO_4 \pm CaSO_4$ i ovdje je potvrđena i time razjašnjeno zašto te paleozojske metalogene oblasti, a i druge u Dinaridima, karakterizira Fe kao glavni element, a ostali metali su podređeni i zašto je Cu

sporedan metal u cijeloj dinarskoj provinciji. Iza Fe slijedi Ba po količini, ali je znatan dio baritnih pojava i ležišta vezan za sinorogenu i postorogenu fazu hercinske metalogeneze. Vulkaniti sanskog paleozoika su ekvivalenti starijim fazama kvarcporfirnog (riolitskog) magmatizma u srednjobosanskom rudogorju, jer je dio tamošnjih vulkanita čak postorogenog nastanka (I. Jurković, 1957, 1959).

MINEROGENEZA

Teoretska osnova. Pod vulkanogeno-ekshalativnim ležištima se smatraju ona koja su nastala iz fluida koji protiču kroz dovodne kanale (vents) formirajući u njima epigenetska žična ili metasomatska ležišta ili se direktno izlijevaju na morsko dno (proksimalna singenetska ležišta), ili se dižu u različite nivoe u moru i dispergiraju u morskoj vodi prije nego se precipitiraju na samom morskom dnu (distalna stratabound ležišta). Neki fluidi djeluju i na plitko uložene vulkanske tufove i asociirane marinske sedimente među kojima su i organogeni kalcitni muljevi (singenetska metasomatoza). U tu grupu ležišta, u širem smislu, ulaze osim masivnih sulfida i oksidi, karbonati i sulfati različitih metala. Danas se sva ta ležišta smatraju »stratabound« i u bliskoj su genetskoj vezi s vulkanizmom, naročito formacijom riolita i riolitskih doma (T. Urabe & T. Sato, 1978; J. M. Guilbert & Ch. F. Park, Jr., 1986).

Razlikujemo 'proksimalna' i 'distalna' ležišta bilo u odnosu na eruptivne centre (I. R. Plimer, 1978), bilo u odnosu na ekshalativne centre (D. Large, 1979). Proksimalna su u direktnoj vezi s vulkanskim procesima i vulkanskim produktima i dijelovi su vulkanskog stupa (pile) ili su distalna tj. ona nastala iz rudonosnih komponenata lateralno transportiranih kroz morsku vodu uklapajući manje ili veće komponente ne-vulkanskih sedimentata rasijanih po morskom bazenu pomiješane s vulkanskim sedimentima. Blizu vrućih slanih izvora precipitirat će se metalni sulfidi, jer su najmanje topivi, dok će željezo ostati otopljeno u formi hidroksida i hidrokarbonata bilo u ionskom, bilo u koloidnom stanju (fine suspenzije) i biti dispergirani u vodi te se precipitirati distalno.

Distalna su ležišta prema tome lateralni facijes ležišta masivnih sulfida. T. Finlow-Bates & D. Large (1978) su mišljenja da su veća rudna tijela, bez finije uslojenosti, nastala u dubinama većim od 800 m, uz salinitet manji od 10‰ i uz $t = 300\text{ }^{\circ}\text{C}$. Time se sprečava ključanje u samim dovodnim kanalima, već se ono odigrava tek kad terme izadu na morsko dno. U manjim dubinama se formiraju fino uslojena ili lamelirana rudna tijela tipa Rammelsberg, zbog lateralnog širenja »rising plumes«. E. Horikoshi (1969) povezuje formiranje rudnih tijela na fazu koja slijedi eksploziju para na bokovima riolitskih doma. A. H. G. Mitchell & M. S. Garson (1984) su mišljenja da su submarinske vulkanske erupcije i postmagmatska submarinska hidrotermalna djelatnost vezane najvjerojatnije na vremenski vrlo kratkotrajne epizode riftovanja unutar vulkanskog luka.

PALEOGEOGRAFSKI UVJETI ZA MINEROGENEZU U PALEOZOIKU TRGOVSKE GORE I UNSKO-SANSKE OBLASTI

Precipitacija siderita može se odvijati uz određene uvjete Eh, pH, saliniteta, $t^{\circ}\text{C}$ i stanja sistema $\text{O}_2\text{-CO}_2\text{-SiO}_2\text{-S}$. Po W. C. Krumbein-Garrels (1952) uz normalne PT uvjete siderit je stabilan kod pH od 7,0 do 7,8 i Eh od 0,0 do -0,2 eV. Uz siderit se uz te uvjete mogu ta-

ložiti šamozit, glaukonit, SiO_2 i organska materija. R. L. Stanton (1972) navodi dijagram R. M. Garrelsa (1960) iz kojeg proizlazi da se stabilitet FeCO_3 u značajnoj mjeri preklapa sa stabilitetom FeS_2 . Uz $t = 25^\circ\text{C}$ i pritisak od jednog bara polje stabiliteta se nalazi između pH 6,5 do 10 s težištem pH 7-8, te $E_h = 0,0$ do $-0,6$ eV s težištem od $E_h = -0,1$ do $-0,4$ eV. Pošto su u blizini eruptivnih centara sredine s pH manjim od 7 to tamo ne dolazi do precipitacije siderita te zbog toga možemo ležišta u Trgovskoj gori i Ljubiji smatrati distalnim iako ne predaleko od izvora hidrotermi, barem ne za ona koja su u relativnoj blizini submarinske magmatske djelatnosti, koja su značajnijih dimenzija i koja sadrže albite.

Da je doista postojala reduktivna sredina pri precipitaciji siderita dokazuju: (a) nalaz orudnjenih piritiziranih bakterija i njihovih kolonija u sideritu podinskih dijelova ležišta Brdo, Nova Litica Gornja, (b) kemijski i optički dokazana organska materija u istim dijelovima sideritskih ležišta, (c) nalaz grafitita (antracitu sličnog) nastalog metamorfom iz organske materije. Slični dokaz i identično tumačenje daje W. Tufar (1972) identifikacijom grafitita u ležištima siderita i magnezita u Istočnim Alpama.

Uvjerljiv dokaz dali su L. Marić & B. Crnković (1961) kemijskom analizom te preračunavanjem na normativni sastav podinskih glinenih škriljaca ležišta Brdo i Kozina. To su jako sideritizirani glineni škriljci, gdje je količina siderita u škriljcu Brda 25 %, a Kozina 3,7 %. Siderit je normalna singenetska komponenta. E. Schroll et al. (1986) dokazali su izotopnom analizom C i O da su gusti sideriti Ljubije marinskog porijekla. Škriljci su taloženi u izrazito euksiničkim uvjetima, jer imaju obilje organske materije. Preračunavanjem na normativni sastav navedeni autori su dobili značajne količine Mg- i Fe-klorita, odnosno indikaciju da su možda u primarnoj fazi taloženi i željezno-magnezijski kloriti, odnosno šamozit i turingit, koji su kasnijom dijagenozom karbonatizirani.

Poseban problem je postanak dolomita i ankerita u istraživanom području. Za dolomite je opredjeljenje da se radi o kasnodijagenetskim dolomitima, što s jedne strane dokazujemo pomanjkanjem hipersalinih uvjeta, a s druge strane značajnom varijacijom sadržaja Ca i Mg koju su utvrdili S. Milivojević et al. (1986). Vrijeme dolomitizacije za sada ne možemo utvrditi. Ankeriti pokazuju vrlo veliko rasipanje odnosa svojih komponentata, naročito Ca, Fe i Mg te su na temelju trokomponentnog sistema dobiveni osim ankerita i ferodolomiti i paraankeriti. U najmanju ruku to bi upućivalo barem na ranodijagenetski karakter ankerita, ali za preciznije izjašnjavanje nema dovoljno podataka.

Vrlo raširenu pojavu kriptokristalastog hematitskog praha u mnogim sideritima (krupniježrnim) poznatog pod nazivom »Braunspat« tumačimo kasnijim metamornim procesima za vrijeme laramijske ili piri-nejske orogene faze. Već je H. Schneiderhöhn (1923) takve siderite iz žica Siegerlanda tumačio pirometamorfomom, a H. J. Mauritsch (1980) je hematitski prah u magnezitima Entachena (Ist. Alpe) podvrgnuo paleomagnetnim mjerenjima i utvrdio za pojavu hematita starost identičnu kredno-eocenskom metamorfizmu Alpi.

REFERENCES

- Amstutz, G. C., Ramdohr, P., El Baz, F. & Park, W. C. (1964): Diagenetic behaviour of sulphides. In: Amstutz, G. C., ed.: *Sedimentology and ore genesis. Development in sedimentology 2*, 184 p. Elsevier, Amsterdam.
- Amstutz, G. C. (1972): Observational Criteria for the Classification of Mississippi Valley-Bleiberg-Silesia Type of Deposits. — Proceedings of the second International Symposium on the Mineral Deposits of the Alps. *Geologija — razprave in poročila*, 15, Ljubljana.
- Andrian, v. F. (1868): Die Erzlagerstätten bei Tergovi in der croat. Militär-grenze. — *Verhandl. geol. Reichsanstalt*, Wien.
- Čissarz, A. (1956): Lagerstätten und Lagerstättenbildung in Jugoslawien und ihre Beziehungen zu Vulkanismus und Geotektonik. — *Mem. Serv. geol. geophys. Serb.* 6, 152 p. Belgrade.
- Devidé-Neděla, D. (1953): Tumač geološke karte Trgovske gore. — Arhiv Zavoda za geološka istraživanja, Zagreb.
- Đurđanović, Z. (1966): Coniconchia in Croatia. — *Bull. Scient., Cons. Acad. Youg. (A)*, 11/7—9, 174, Zagreb.
- Đurđanović, Z. (1968): Konodonti donjeg devona i donjeg karbona zapadno od Dvora na Uni (Hrvatska — Jugoslavija). — *Geol. Vjesnik*, 21, 93—102, Zagreb.
- Đurđanović, Z. (1973): O paleozoiku i trijasu Medvednice (Zagrebačka gora) i područja Dvora na Uni na temelju konodonta. — *Geol. Vjesnik*, 25, 29—46, Zagreb.
- Engelhardt, v. W. (1973): Die Bildung von Sedimenten und Sedimentgesteinen. — *Sediment-Petrologie*, Teil III, 378 p. Schweizerbart, Stuttgart.
- Füchtbauer, H. & Müller, G. (1970): Sedimente und Sedimentgesteine, *Sediment-Petrologie*, Teil II, 726 p. Schweizerbart., Stuttgart.
- Finlow-Bates, T. & Large, D. (1978): Water depth as a major control on the formation of submarine exhalative ore deposits. — *Geol. Jb. D.* 36 27—39 (In: Mitchell, A. G. H. & Garson, M. S., 1984).
- Geinitz, H. B. (1868): Ueber die fossilen Pflanzenreste aus den Schiefergebirge von Tergove in Croaticen. — *Verh. geol. R. A.*, 165 p. Wien.
- Geološka karta Jugoslavije (1970) u mjerilu 1:500.000, Savezni geološki zavod, Beograd.
- Guilbert, J. M. & Park, Ch. F. Jr. (1986): *The Geology of Ore Deposits*. W. H. Freeman and Company, 985 p. New York.
- Hacquet, B. (1789): *Oryctographia carniolica, oder physikalische Erdbeschreibung des Herzogthumes Krains, Istrien und zum Teil der benachbarten Länder*. Theil IV, Leipzig.
- Hauer, F. (1867/71): *Geologische Uebersichtskarte der Oesterreichischen Monarchie*, 1: 576.000, Blatt VI, X, Kais. Königl. R. A., Wien.
- Hauer, v. Ritter, K. (1870): Izvještaj o rudnim pojavama u Trgovskoj gori (prijevod s njemačkog jezika). — Arhiv Zavoda za geološka istraživanja, Zagreb.
- Herak, M. (1987): Trijas Dinarida na prijelazu hercinske i alpske orogeneze. — Poseban otisak iz Zbornika radova posvećen akademiku Zariji M. Bešiću, CANU, 34—38, Titograd.
- Horikoshi, E. (1969): Volcanic activity related to the formation of the Kuroko-type deposits in the Kosaka District, Japan. — *Mineralium Deposita* 4, 321—345.
- Howell, W., Turner, J. & Gilbert, Ch. M. (1982): *Petrography*, second edition, 626 p. New York.
- Janković, S. (1987): Mineral Deposits of the Tethyan Eurasian Metallogenic Belt between the Alps and the Pamirs (selected examples). — UNESCO/IGCP Project No 169, 182 p. Belgrade.
- Jurić, M. (1971): Geologija područja Sanskog paleozoika u sjeverozapadnoj Bosni. — Posebno izdanje Geološkog Glasnika, knj. XI, 146 str. Sarajevo.
- Jurić, M. (1975): Tumač osnovne geološke karte 1:100.000 L 33-118 Prijedor, Savezni geološki zavod, Beograd.
- Jurković, I. (1953): Rudno područje Bešlinac. — Arhiv Zavoda za geološka istraživanja, Zagreb.
- Jurković, I. (1957): The basic characteristics of the metallogenic region of the Mid-Bosnian ore Mountains. — II Kongres geologa Jugoslavije, 504—519, Sarajevo.

- Jurković, I. (1958): Metalogenija Petrove gore u jugozapadnoj Hrvatskoj. — *Geol. Vjesnik*, 11, 143—204, Zagreb.
- Jurković, I. (1959): Komparativna studija metalogenih oblasti u paleozoiku Gorskog Kotara, Like, Petrove gore i Trgovske gore u Hrvatskoj, te unskog, sanskog, srednjobosanskog i pračanskog paleozoika u Bosni. — III Kongres geol. Jugoslavije, Budva.
- Jurković, I. (1960): Polymetal parageneses of the ore occurrences in the catchment area of the Srebrenjak brook south of the town Dvor na Uni in Croatia. — *Geol. Vjesnik*, 13, 149—161, Zagreb.
- Jurković, I. (1961): Minerali željeznih ležišta Ljubije kod Prijedora. — *Geol. Vjesnik*, 14, 161—220, Zagreb.
- Jurković, I. (1962a): Studija metalogene oblasti Trgovske gore. Dio II. — Arhiv Zavoda za geološka istraživanja, Zagreb.
- Jurković, I. (1962b): Rezultati naučnih istraživanja rudnih ležišta u NR Hrvatskoj. — *Geol. Vjesnik*, 15/1, 249—294, Zagreb.
- Jurković, I. & Sinkovec, B. (1978): Razvoj geologije rudnih ležišta u SR Hrvatskoj u proteklih 25 godina (1951—1976). — *Geol. Vjesnik*, 30/2, 649—655, Zagreb.
- Jurković, I. & Durn, G. (1988): Lead Deposits in the Zrin District of Trgovska gora in Croatia. — *Geološki vjesnik*, 41, 317—339, Zagreb.
- Korolija, B., Živaljević, T. & Šimunić, An. (1978): Tumač osnovne geološke karte, 1:100.000 list Slunj, Savezni geološki zavod, Beograd.
- Kostić-Podgorska, V. (1956): Gornjokarbonski korali iz Trgovske gore (Banija). — *Geol. Vjesnik*, 8—9, 115—122, Zagreb.
- Krumbein, W. C. & Garrels, R. M. (1952): Origin and classification of chemical sediments in terms of pH and oxidation-reduction potentials. — *J. Geol.* 60, 1—33.
- Labas, V., Krulc, Z., Aljinović, B., Brdarević, N. & Lovrić, D. (1986): Rezultati dosadašnjih geofizičkih istraživanja »Pregibne zone«. — *Nafta*, 32/10, 487—497, Zagreb.
- Large, D. (1979): Proximal and distal stratabound ore deposits: A discussion of the paper by I. R. Plimer. — *Mineralium Deposita*, 14, 123—124.
- Lipold, V. M. (1856): Die Erzlagerstätten nächst Trgove im zweiten Banat-Regimente der kroatischen Militärgrenze. — *Jahrb. geol. Reichsanst.* 7, 484—850, Wien.
- Majer, V. (1962): Studija metalogene oblasti Trgovske gore, dio I. — Arhiv Zavoda za geološka istraživanja, Zagreb.
- Majer, V. (1964): Petrografija paleozojskih sedimenata sjeveroistočnog dijela Trgovske gore. — *Geol. Vjesnik*, 17, 79—92, Zagreb.
- Marić, L. (1937): Rudrastvo i talioništvo u Petrovoj i Trgovskoj gori u Banovini. — *Priroda*, 27, 6, Zagreb.
- Marić, L. & Crnković, B. (1961): Sedimentne stijene sanskog paleozoika u rudnoj oblasti Ljubije. — *Geol. Vjesnik*, 14, 143—160, Zagreb.
- Mauritsch, H. J. (1980): Paläomagnetische Untersuchungen an einige Magnetites aus der westlichen Grauwackenzone. — *Mittlg. Oesterr. Geol. Ges.* 73, 1—4, Wien.
- Mikolji, V. (1969): Povijest željeza i željeznog obrta u Bosni. — Izdanje Metalurškog instituta »Hasan Brkić«, 155 str, Zenica.
- Milanović, M. (1982): Carboniferous microfossil associations from Gorski Kotar, Hrvatsko Zagorje and Banija. — *Paleontologia Jugoslavica*, 28, 1—34, JAZU, Zagreb.
- Milivojević, S., Zumberković, Đ. & Zadić, M. (1986): Mineraloško-hemijska proučavanja bazičnih ruda Ljubije. — XI Kongres geol. Jugosl., knj. 4, Mineralne sirovine, 141—158.
- Mitchell, A. H. G. & Garson, M. S. (1984): Mineral Deposits and Global Tectonic Settings, Third printing, 405 p. London.
- Mojićević, M., Pamić, J., Maksimčev, S. & Papeš, J. (1979): Tumač osnovne geološke karte 1:100.000 L 33-117, list Bosanska Krupa, 50 str., Savezni geološki zavod, Beograd.
- Mojisovičs, E., Tietze, E. & Bittner, A. (1880): Grundlinien der Geologie von Bosnien und der Herzegovina, mit geologischer Uebersichtskarte 1:576.000, *Jahrb. geol. R. A.*, Wien.

- Nöth, L. (1952): Die Eisenerzlagerstätten Jugoslawiens. — Symp. sur les gisements d. fer d. Mond, 2, Alger.
- Olučić, M. (1975): Glavne karakteristike tektonskog sklopa jednog dijela Unutrašnjih Dinarida (područje Zrinske i Trgovske gore). — II geol. znanstveni skup Znanstvenog Savjeta za naftu JAZU, (A), 5, 152—163.
- Osnovna geološka karta 1:100.000 list Bosanska Krupa, L 33-117, Savezni geološki zavod, Beograd.
- Osnovna geološka karta 1:100.000 list Prijedor, L 33-118, Savezni geološki zavod, Beograd.
- Osnovna geološka karta 1:100.000 list Slunj, Savezni geološki zavod, Beograd.
- Palinkaš, L. (1985): Lead Isotope Patterns in Galenas from some Selected Ore Deposits in Croatia and NW Bosnia. — *Geol. Vjesnik*, 38, 175—189, Zagreb.
- Pamić, J. & Lovrić, A. (1980): Geološka i izotopna starost riftnog magmatizma mezozojskog Vilsonovog ciklusa. — Simpozijum iz regionalne geologije i paleontologije. Rud.-geol. Fak., 251—259, Beograd.
- Papp, v. K. (1919): Die Eisenerz- und Kohlenvorräte des ungarischen Reiches. 544—573 p. Budapest.
- Plimer, I. R. (1978): Proximal and distal stratabound ore deposits. — *Mineralium Deposita*, 13, 345—353.
- Podubsky, V. (1968): Litostratigrafski razvitak paleozoika u sjeverozapadnoj Bosni. — *Geol. Glasnik*, 12, Sarajevo.
- Podubsky, V. & Pamić, J. (1969): Vulkanske stijene u paleozoiku Sane i njihov položaj u geološkom stupu. — *Acta geologica* 6, JAZU, Zagreb.
- Raffaelli, P. & Ščavničar, B. (1968): Sedimentološka i geokemijska korelacija paleozojskih naslaga Dinarida, IV dio, 94 str. Arhiv Geološkog zavoda u Zagrebu.
- Ramdohr, P. (1955, 1960): Die Erzminerale und ihre Verwachsungen, 875 p. Berlin.
- Ramović, M. (1957): Pregled nalazišta minerala cinka i olova u BiH. *Geol. Glasnik*, 3, 3—121, Sarajevo.
- Reuter, K. (1910): Die Bešlinacer Bergbauverhältnisse, Bešlinac (In: Papp's: Die Eisenerz- und Kohlenvorräte des ung. Reiches).
- Rösler, H. J. (1981): Lehrbuch der Mineralogie, 2. überarbeitete Auflage, 833 p. Leipzig.
- Sato, T. (1977): Kuroko-deposits: their geology, geochemistry and origin. In: *Volcanic Processes in Ore Genesis*, 153—161. Instn. Min. Metall. and Geol. Soc. Lond. Spec. Publ., No 7 (In: Mitchell-Garson, 1984).
- Schneiderhöhn, H. (1923): Vorläufige Mitteilungen über pyrometamorphe Paragenesen in der Siegerländer Spateisensteingängen. — *Zeit. f. Krist.* 58.
- Schroll, E., Papesch, W. & Dolezel, P. (1986): Beitrag der C- und O-Isotopenanalyse zur Genese ostalpiner Sideritvorkommen. — *Mitt. oesterr. Geol. Ges.* 78 (1985), *Festschrift W. E. Petrascheck*, 181—191, Wien.
- Sheppard, S. M. F. (1977): Identification of the origin of ore-forming solutions by the use of stable isotopes. In: *Volcanic Processes in Ore Genesis*, 25—41, Instn. Min. Metall. and Geol. Soc. Lond., Spec. Publ. No 7 (In: Mitchell-Garson, 1984).
- Simić, V. (1951): Istorijski razvoj našeg rudarstva, Beograd.
- Stahl, W. (1971): Isotopen-Analysen an Carbonaten und Kohlendioxid-Proben aus dem Einflussbereich und der weiteren Umgebung des Bramscher Intrusivs und an hydrothermalen Carbonaten aus dem Siegerland. — *Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf.*, 18, 429—438 (in: E. Schroll et al. 1986).
- Stanton, R. L. (1972): *Ore Petrology*, 713 p. — Mc Graw-Hill Book Company, USA.
- Stur, D. (1863): Bericht über die geologische Unbersichts-Aufnahme im mittleren Theile Croatiens. *Jahrb. geol. R. A.*, Bd. XIII, Heft 4, Jahrg. 1863, 485—523, Wien.
- Stur, D. (1868): Fossile Pflanzenreste aus den Schifergebirge von Tergove in Croatien. — *Jahrb. Geol. R. A.* (18), p. 131, Wien.
- Suess, E. (1868): Ueber das Schiefergebirge von Tergove und die geologischen Verhältnisse von Raibl. — *Verhdl. Geol. R. A.*, p. 169, Wien.
- Szedelmy, J. (1845): Karta rudarskih istraga kraj Trgova iz god. 1845.

- Sparica, M. (1981): Meozoik Banije, Korduna i dodirnog područja Bosne. — Posebno izdanje časopisa Nafta, 245 str., Zagreb.
- Tietze, E. (1871): Die Umgebung von Zirovac in Croatien. — *Verh. Geol. R. A.*, 221 p., Wien.
- Tietze, E. (1872): Das Gebirgsland südlich Glina in Croatien, ein geologischer Bericht. — *Jahrb. geol. R. A.*, Bd. XXVII, Jahrg. 1872, 253—278, Wien.
- Tišljar, J. (1987): Petrologija sedimentnih stijena, 242 str., Zagreb.
- Tučan, F. (1907): Sideriti Samoborske, Petrove i Trgovske gore. — *Nastavni Vjesnik, knj. XVII, sv. 1*, Zagreb.
- Tučan, F. (1941): Mineraloško-petrografsko istraživanje Trgovske gore. — *Ljetopis JAZU*, 53, Zagreb.
- Tufar, W. (1972): New Views on the Problem of the Siderite-Magnesite Deposits of the Eastern Alps Shown by Example of some Parageneses from the Eastern Border of the Alps, — Proceedings of the second Inter. Symp. on the Mineral Deposits of the Alps. — *Geologija — razprave in poročila*, 15, 230—235, Ljubljana.
- Urabe, T. & Sato, T. (1978): Kuroko Deposits of the Kosaka Mine, Northeast Honshu, Japan, products of submarine hot springs on Miocene sea floor. — *Econ. Geology*, 73, 161—179.
- Wojtanek, N. (1772): Karta rudarskih istraga kraj Trgova iz god. 1772.

The hercynian metallogenesis of the ore deposits of Trgovska gora in Croatia

I. Jurković

Tectonic settings

The Paleozoic of Trgovska gora and of the Una-Sana Paleozoic consists of rocks typical of a eugeosynclinal evolution. They are predominantly rocks of a graywacke type with alternations of shales, slates, siltites and graywackes, and also, to a subordinate extent, organogenic limestones (more so in the Sana Paleozoic than in Trgovska gora). The flysch, turbiditic character of the sedimentation is evident. The material derives not only from the continental mass but also from the basin itself, which suggests elevations in Cordillera form. There is evidence of the existence of a relatively deep basin in the Devonian (considerable elements of shales, slates and siltites, and fine-grained subgraywackes, with a basin of more pronounced euxinic character) and of its gradual elevation or shelving (increasingly coarse-grained types of graywackes, a reduction in the proportion of shales, more pronounced presence of organogenic limestones).

The eugeosynclinal character of the sedimentation basin emphasises still further the appearance in the Ljubija basin, albeit on a modest scale, of submarine volcanic activity in the mid-Carboniferous period, during the asturian orogenic phase. Concordantly deposited crystal tuffs and tuffites (pyroclastites) were formed, along with larger or smaller magmatic bodies of spilite, spilite-diabases (metadiabases), quartz-metadiabases, rhyolite, metarhyolite, quartz keratophyre of holocrystalline, weakly porphyric and predominantly coarse-grained structure. They are distinctly modified by autometamorphic and metasomatic processes. Albitisation is very prevalent. The albite, which is widely distributed, is low-temperature albite with the anomalous values of the optic axial angle, $2V = 90-95^\circ$ (albitites of this kind are found in the siderites and ankerites of the ore deposits at Kozin, Bjeljevac and Paljevina, which indicates a common genetic bond).

Rhyolites, keratophyres, spilites and diabases are rocks typical of the eugeosynclinal, or else typical of mobile belts of ocean island arcs or the margins of mobile continents in the sense of global tectonic settings (W. Howel et al., 1982; A. H. G. Mitchell & M. S. Garson, 1984; J. M. Gilbert & Ch. F. Jr. Park, 1986).

The region examined once represented from the Devonian to the Permian a eugeosynclinal area characteristic for the subduction of the ocean floor. The subduction processes brought about a constant raising of the sedimentation area, increasing compression forces, an interruption of sedimentation, and orogenesis in the salian phase of the Permian era.

Volcanites in the asturian phase generated ore deposits of ferrous carbonates with some metallic sulfides of Cu, Fe, Pb, Zn, Ni (Co). To the same, but in part more younger phase of the same cycle also belong the barite deposits with a little sulfide. R. L. Stanton's already published statement (1972) concerning the quantitative relationship between the metals of this tectonic setting: $Fe > Zn > Pb > Cu > Ag(Au) \pm BaSO_4 \pm CaSO_4$ is confirmed here, and an explanation also given as to why these Paleozoic metallogenous regions, as well as others in the Dinaric area, are characterised by Fe as the principal element, with other metals playing a subsidiary part, and why Cu is a secondary metal throughout the entire Dinaric province. Fe is followed by Ba in quantitative terms, but a large part of barite deposits and occurrences is linked to the synorogenous and postorogenous phase of the hercynian metallogenesis.

Genesis of ore deposits

Volcanogenic-exhalative deposits are reckoned to be those which arose when mineralizing fluids issued from vents and either poured out upon the sea-floor or rose to different levels in the sea to permit the dispersion of ore-forming components in the sea-water medium prior to their precipitation on the sea-floor.

Apart from massive sulfide deposits, this group of deposits in the wider sense also includes oxides, carbonates and the sulfates of various metals. Nowadays all these deposits are considered to be »strata bound« and in close genetic association with volcanism, particularly with the formation of rhyolites and rhyolite domes. Metallic sulfides will be precipitated in the vicinity of hot brines, partly in conduits because they are least soluble, while iron will remain dissolved in the form of hydroxides and hydrocarbonates, either in ionic or colloidal state (fine suspension), be dispersed in the water and precipitated on a distal pattern.

Distal deposits are accordingly the lateral faces of massive sulfide deposits. T. Finlow-Bates & D. Large (1978) are of the opinion that major ore bodies lacking finer stratification arose at depths greater than 800 m., with salinity less than 10‰, and at $t = 300^\circ C$. In this way boiling is inhibited in the vents themselves, but takes place only when the hot springs emerge on the ocean floor. At lesser depths finely stratified or lamellate ore bodies of the Rammelsberg type are formed on account of the lateral spreading of »rising plumes«.

Paleogeographic conditions for the formation of ore deposits in the Paleozoic of Trgovska gora and the Una-Sana region

Precipitation of siderite may take place in certain conditions of Eh, pH, salinity, $t^\circ C$ and the state of the $O_2-CO_2-SiO_2-S$ system. According to W. C. Krumbein-Garrels (1952), given normal pT conditions, siderite is stable at pH 7.0 to 7.8 and Eh from 0.0 to -0.2 eV. In these conditions chamosite, glauconite, SiO_2 and organic material may form sediments along with siderite. R. L. Stanton (1972) reproduces a diagram by R. M. Garrels (1960), from which it appears that the stability of $FeCO_3$ coincides to a considerable extent with the stability of FeS_2 . Since there are environments with pH less than 7 in the vicinity of eruptive centres siderite precipitation does not ensue there, so that we can regard the occurrences at Trgovska gora and Ljubija as distal.

E. Schroll et al. (1986) have shown by isotopic analysis of C and O that the Ljubija siderites are of marine origin.

That reductive environments in fact existed prior to siderite precipitation is demonstrated by: (a) the occurrence of mineralised pyritised bacteria and their colonies in the siderite of the lower parts of the Brdo and Nova Litica Gornja deposit, (b) chemically and optically identified organic material in the same parts of the siderite deposits, (c) the finding of graphitites (similar to anthracite) formed by metamorphosis from organic material.

L. Marić & B. Crnković (1961) have given convincing evidence for the formation in the reductive environments of the footwall beds in the Brdo and Kozin deposits. These are strongly sideritised — shales with 25% siderite in the Brdo deposit and with 3.7% in the Kozin deposit. By recomputation to a normative composition the above-mentioned authors obtained considerable quantities of Mg and Fe chlorite, or else indications that iron-magnesium chlorites were possibly deposited in the primary phase, or, alternatively, chamosite and thuringite, which were later converted to siderite by diagenesis.

A particular problem is the formation of dolomite and ankerite in the area under investigation. As far as dolomite goes, it has been established that we are dealing with late diagenetic dolomites, which we can demonstrate, on the one hand, by the absence of hypersaline conditions, and, on the other, by the considerable variation in Ca and Mg content detected by S. Miliwojević et al. (1986). The ankerites display a high degree of dispersion in the relationships of their components, particularly Ca, Fe and Mg, and apart from ankerite, ferro-dolomites and para-ankerites are obtained on the basis of a three-component system. This would at least indicate the early diagenetic character of ankerite, but there is not sufficient evidence to warrant a more precise statement.

The very prevalent phenomenon of cryptocrystalline hematite dust in many (more coarsely grained) siderites known under the term »Braunspat« we explain by later metamorphic processes at the time of the Iaramian or Pyrenean orogenic phase.