

VLOGA KRAŠKIH PROCESOV PRI  
NASTANKU SEVERNO  
KARAVANŠKIH Pb - Zn RUDIŠČ

THE IMPORTANCE OF KARST PROCESSES AT ORIGIN  
OF NORTH KARAVANKE Pb - Zn ORE DEPOSITS

IVO ŠTRUCL

**Izvleček**

UDK 551.44(234.323.61):553.44.068

**Štruel, Ivo: Vloga kraških procesov pri nastanku severno karavanških Pb-Zn rudišč**

Severno karavanška Pb rudišča se pojavljajo v različnih nivojih triasne skladovnice. Vertikalna litostratigrafska razdalja med najnižjim in najvišjim orudnim nivojem znaša 1500 m. Orudene so anizijske, ladinijske in karnijske plitvovodne karbonatne kamenine sub-, intra- in supratidalnega območja sedimentacije. Pb-Zn orudjenja so sedimentogenega porekla, vključno seveda z vsemi naknadnimi diagenetskimi procesi. Paleogeografske razmere so pri nastanku rude in kamenin igrale pomembno vlogo. Ob občasnih prekinitvah v sedimentaciji so se oblikovale površinske in podzemeljske kraške strukture. Kraških procesov pri nastanku Pb-Zn orudnenj ni možno zanikati, vprašanje pa je, ali jih lahko poplošimo v smislu emerzijsko kraške hipoteze na vsa severno karavanška rudišča.

Ključne besede: kraški procesi, rudišče, Karavanke, Slovenija

**Abstract**

UDK 551.44(234.323.61):553.44.068

**Štruel, Ivo: The Importance of Karst Processes at Origin of North Karavanke Pb-Zn Ore Deposits**

Northern Kravanke Pb-Zn ore deposits appear in different levels of Triassic block. The vertical lithostratigraphic distance between the lowest and the highest mineralised level is 1500 m. Anisian, Ladinian and Karnian shallow water carbonate rocks of sub-, intra- and supratidal area of sedimentation are mineralised. Pb-Zn ore deposits in them have sedimentogene origin including all the subsequent processes during the sediments diagenesis. Paleogeographic conditions have played an important role at ore deposit and rocks development. Periodically the sedimentation was interrupted and the conditions for karst processes were given, for transformation of superficial and underground karst structures respectively. The role of karst processes during the Pb-Zn mineralisation cannot be denied but the question remains could it be generalized in the sense of emersion karst hypothesis to all Karavanke ore deposits.

Key words: karst processes, ore deposit, Karavanke Mt, Slovenia

Naslov - Address

dr. Ivo Štruel, znan. svetnik, dipl.ing.geol.

Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU

Titov trg 2

YU - 66230 Postojna

## UVOD

Vse bolj pogosto se v zvezi z metalogenetsko problematiko svinčevo cinkovih rudišč v karbonatnih kameninah omenja tudi vloga kraških procesov. Da je z njimi povezan nastanek boksitnih rudišč, danes nihče ne dvomi, da pa so s kraškimi procesi lahko nastala tudi svinčevo cinkova rudišča in to celo sulfidna, pa je še vedno precej sporno vprašanje. Sem sodijo tudi severno karavanska rudišča. Najbolj znano in raziskano med njimi je mežiško rudišče, v katerem so kraški procesi pri nastanku nekaterih orudnenj imeli gotovo zelo pomembno vlogo, toda to še ne pomeni, da lahko to brez zadržkov posplošimo na celotno rudišče ali skupino rudišč (n.pr. na vsa vzhodnoalpska rudišča itd).

Kljub velikim napredkom je na področju metalogenetske problematike še vedno dosti ugibanj in različnih razlag o enem in istem problemu, najsi bo to o poteku nastanka rude in prikamenine, izvoru rudnih komponent, kakor tudi o naknadnih spremembah v rudi in prikamenini.

## PREGLED DOSEDANJIH RAZISKAV KRAŠKIH POJAVOV

Čeravno so se v mežiškem rudniku s kraškimi problemi (vodami, razpokami, ilovicami, gruščem itd.) soočali že od samega začetka rudarjenja, je o njih sorazmerno malo napisanega. Zaradi narave problemov je razumljivo, da so o njih v prvi vrsti poročali rudarski strokovnjaki (A. Bertapelle, 1954; A. Zorc, 1955; S. Grafenauer, 1959), vendar pa so se prav ti tudi dosti ukvarjali z geološko problematiko rudišča, zlasti slednja dva. Precej bolj podrobno pa poroča o kraških pojavih v mežiškem rudišču in okolici D. Novak (1962; 1974), ki podobno kot P. Habič (v R. Gospodarič in sodelavci, 1989) opisuje Peco in okoliški gorski svet med osamljenimi kraškimi predeli Slovenije. Slednji meni, da so kraške globeli, vrtače in doli nastali najmanj pred zadnjo glaciacijo, če ne celo v zvezi z najstarejšo generacijo reliefnih oblik. Primerja jih z vršnimi enotami v Savinjskih Alpah, ki jih geomorfologi uvrščajo med pliocenske ali celo še starejše oblike.

Najbolj podrobne raziskave so bile opravljene v letih 1980–81, ko je na Peci mednarodna delovna skupina, sestavljena iz strokovnjakov Inštituta za hidrogeologijo iz Gradca (H. Zojer in P. Ramspacher), Inštituta za raziskovanje krasa iz Postojne (R. Gospodarič in P. Habič), Ekonomskega centra z Raven na Koroškem (I. Štruel), po obsežnih vsestranskih predhodnih raziskavah izvedla kombiniran sledilni poskus z osmimi sledilnimi sredstvi (R. Gospodarič in sodelavci, 1989). Pred tem sta kraške pojave na Peci raziskovala tudi A. Brandt in C. Hütschler (1980).

Vsi navedeni raziskovalci (razen avtorja) so kraške pojave raziskovali v okviru hidrogeo-

loških raziskav, to pomeni, da so vso pozornost posvetili v glavnem le recentnim kraškimi oblikam, toda na območju severnih Karavank so tudi zanesljiva znamenja triasnih paleokraških procesov, ki jim T. Bechstädt (1975; 1978) in I. Štrucl (1981; 1984) pripisujeta pomembno vlogo pri nastanku svinčevo–cinkovih orudenenj.

Nekaj povsem drugega so seveda razlage o "hidrotermalnem krasu" S. Dzulynskega in M. Sass–Gustkiewiczze (1977), ki vnašata v kraško terminologijo morda določeno zmedo, saj gre pri njuni razlagi pravzaprav le za posebno varianto hidrotermalne teorije.

## LITOSTRATIGRAFSKA RAZPOREDITEV SVINČEVO-CINKOVIH ORUDENENJ

Svinčevo cinkova rudišča se na območju severnih Karavank pojavljajo v različnih nivojih litostratigrafskega zaporedja triasnih kamenin in sicer:

- v anizijskem dolomitu (Topla)
  - v ladinijsko–karnijskem apnencu ali dolomitu oziroma v takoimenovanem wettersteinskem apnencu ali dolomitu (centralno rudišče mežiškega rudnika)
  - v karnijskem dolomitu med 1. in 2. rabeljskim skrilavcem (Graben ter rudni pojavi na Pristavi, Marholčah, na Platu in Uršlji gori) ter
  - v karnijskem apnencu med 3. rabeljskim skrilavcem (rudni pojavi na Uršlji gori).
- Največ in tudi najbolj bogata orudenenja so v wettersteinskih plasteh. Med orudenenji navedenih nivojev ni nobene povezave, med seboj so celo ločeni z vodoneprepustnimi glinovci ali laporji. Vertikalna litostratigrafska razdalja med najnižjo in najvišjo rudo je okoli 1500 m. Z vidika singenetsko–sedimentne teorije pomeni to tudi relativno veliko razliko v starosti nastanka rude najnižjega in najvišjega nivoja. Da je paleogeografski relief pri nastanku orudnenih nivojev odigral zelo pomembno vlogo skorajda ni nobenega dvoma, zato je tudi eden glavnih argumentov singenetsko sedimentne teorije. Vprašanje je le, kakšni so bili še drugi pogoji, da so se nakopičile tako velike količine kovin.

Če primerjamo interstratificirana orudjenja, ki se pojavljajo v wettersteinskih plasteh v glavnem v zgornjih 140 metrih, toda v različnih in med seboj ločenih nivojih, lahko ugotovljamo v pogojih nastanka določene razlike. V nekaterih nivojih se ruda pojavlja v precej čistih apnencih (n.pr. v Srednji coni), v drugih pa v dolomitih (Navršnik, Triurno rudišče). Enako velja za oblike rudnih teles, ki kažejo določene značilnosti kraških struktur, bodisi površinskih ali podzemeljskih.

## LITOSTRATIGRAFSKI RAZVOJ RUDONOSNIH KAMENIN

Anizijske plasti delimo po litofacialnih značilnostih na tri različna zaporedja kamenin. Paleontološko dokazana je edinole starost zgornjega zaporedja. Z amonitno in konodontno favno je ugotovljen zgornji anizij oziroma ilirij.

**Spodnje zaporedje** kamenin sestoji pretežno iz mikritnega in biomikritnega apnenca, to pomeni iz subtidalnih (podplimskih) sedimentov.

**Srednje zaporedje** sestoji bodisi iz dolomita (pretežno dolosparita) ali iz raznovrstnih alokemičnih kamenin (apnencev in dolomitnih apnencev) s krinoidi. Sedimenti tega zaporedja so nastali v plitvodnih okoliščinah plimskega (tidalnega) in nadplimskega (supratidalnega) pasu, kar pomeni, da je lahko občasno prišlo tudi do prekinitve v sedimentaciji, s tem pa tudi do kraških procesov oziroma do oblikovanja kraških struktur, če že ne podzemeljskih pa vsaj površinskih.

**Zgornje zaporedje** sestavljajo v glavnem globlje morski pelagični sedimenti – mikritni ali biomikritni apnenci z radiolarijami in roženci. Posebnost tega zaporedja so tudi tufske plasti iz lito- in kristaloklastičnega tufa srednje kisle vulkanske kamenine.

**Skladovnica wettersteinskih plasti**, pretežno ladinijske, deloma pa karnijske starosti, sestoji v glavnem iz plitvodnih lagunskih sedimentov (apnencev in dolomitov). Njena debelina znaša prek tisoč metrov. Spodnja polovica sestoji iz dolomita, zgornja pa pretežno iz apnenca in delno iz dolomita. Wettersteinski apnenci prehajajo proti jugu v grebenski apnec, za katerega pa še nismo ugotovili, kdaj se je začel in kdaj je nehal njegov razvoj. Lagunske apnence ločimo od grebenskih v glavnem po fosilnem inventarju, po mikro in makrostrukturnih elementih, predvsem pa seveda po sedimentoloških značilnostih karbonatnih kamenin. Južno od grebenskega pasu se namesto apnencev in dolomitov pojavljajo glinovci in laporji, ekvivalent takoimenovanih partnaških skladov.

Wettersteinski apnenci so na prvi pogled zelo enolični, toda z malo večjo pozornostjo lahko kmalu ugotovimo, da se med seboj menjavajo raznovrstni apnenci (mikritni, dismikritni in sparitni) z in brez mikro- in makrofavne, makro- in mikrobreče, stromatolitine in onkoidne plasti ter dolomiti različne kemične sestave in zrnivosti, kar pomeni, da imamo opravka s podplimskimi, plimskimi in nadplimskimi sedimenti. Razen čistih karbonatnih kamenin s povprečno 0,16 % netopnih snovi pa se v zaporedju tu in tam pojavljajo tanke laporne plasti. T. Bechstädt (1973, 1975) je v wettersteinskih plasteh v Bleibergu ugotovil vrsto ciklotem iz regresivnih in transgresivnih sedimentov. Po njegovem vzoru smo podobne raziskave izvedli tudi v mežiškem rudniku in ugotovili povsem podobne sekvence in to celo v približno enakih razdaljah do 1. rabeljskega skrilavca, kakor v Bleibergu. V vsaki sekvenci je navadno tudi tanka laporna plast, za katero Bechstädt meni, da gre za rezidualne sedimente iz dolomita (74–85 %), illita in zelo malo kremenca. Debelina lapornih vložkov se navadno giblje v milimetrskem območju, včasih pa so celo komajda vidni. Najdemo pa tudi primere, ko lapor zapolnjuje manjše vdolbine v apnencu. Če izhajamo iz domneve, da predstavljajo laporne plasti rezidualne sedimente in ne tufite, kot to marsikdo domneva, je v zgornjem delu skladovnice rudonosnih wettersteinskih plasti osem do dvanajst nivojev, v katerih je med sedimentacijo prišlo do daljših prekinitvev.

Med najbolj značilne plasti ciklotem pa sodijo takoimenovane črne breče, ki se v mežiškem rudišču pojavljajo zlasti v nivojih 12, 25 in 60 m pod 1. rabeljskim skrilavcem. Kljub neznatni debelini, od 5 do največ 15 cm, izkazujejo breče izredno veliko regionalno razprostranjenost, saj jih najdemo v približno enakih nivojih od Uršlje gore do Bleiberga v Ziljskih Alpah.

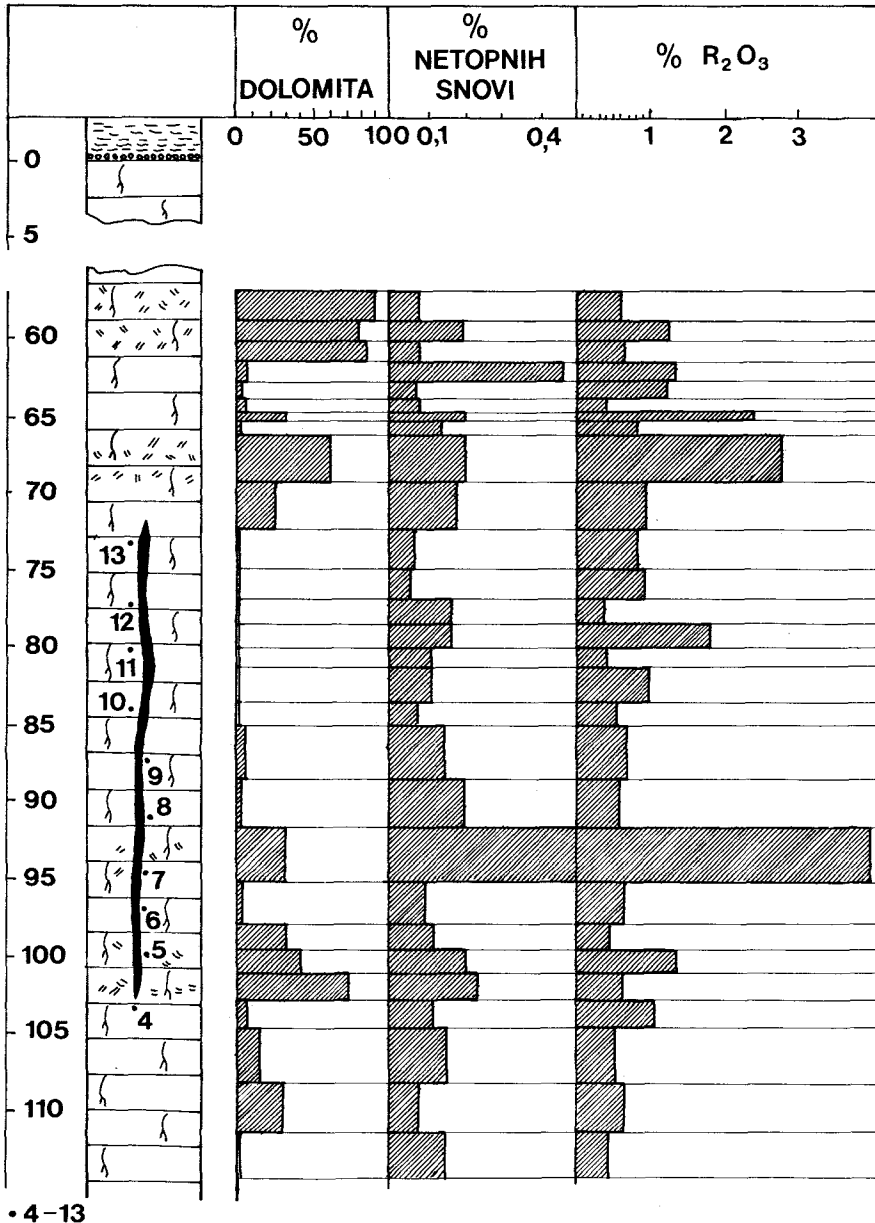
## Pb-Zn ORUDENJA TER NJIHOVA POVEZAVA S PALEOKRAŠKIMI STRUKTURAMI

Dejstvo, da se velik del svinčevo cinkovih orudenenj v wettersteinskem apnencu pojavlja ob črni breči, ki v ciklotemu označuje začetek transgresije, pomeni, da je njihov nastanek povezan s paleoreliefom. Ob prekinitvi sedimentacije so v apnencu nastajale razpoke in kotanje, tu in tam morda tudi votline. Črne breče smo v mežiškem rudniku okrog leta 1960 uvedli kot vodilo pri iskanju medplastovnih orudenenj, zlasti v Navršnikovem revirju. Tloris sistema medplastovnih orudenenj je podoben tlorisu kraških jam in tudi njihovo obliko je možno primerjati z njimi. Določena dejstva dopuščajo, da tudi njihov nastanek istovetimo, druga pa govorijo proti temu ali vsaj niso tako prepričljiva. V medplastovnih orudenenjih praviloma ne zasledimo korodiranih ali ostro začrtanih bočnih sten, kot to lahko opazujemo v recentnih jamah. So pa seveda tudi izjeme. Sem spadajo na primer cevasta orudenenja v Igrčevem revirju, imenovana Formoza. Povečini je lateralni prehod iz orudenega dela v neorudeni del postopen in ne kaže na tipične zapolnitve, kakršne na primer najdemo v osemurnih razpokah, imenovanih po starem rudarskem načinu označevanja smeri slemenitve ( $\delta^n=120^\circ$ ). Njihov nastanek lahko s precejšnjo verjetnostjo pripišemo triasnim paleokraškim procesom. Bolj ostro začrtana je navadno le talnina rudnega telesa. Tu se praviloma pojavljajo tudi raznovrstni rudni ritmiti, ki sestojijo iz karbonatnih, glinenih in sulfidnih mineralov (podroben opis ritmitov glej O. Schulz, 1964 in I. Štrucl, 1984). Da imamo večidel opravka s površinskimi oblikami korodiranega reliefa in ne s sistemom kraških jam, sklepamo tudi po fosilnih ostankih, ki smo jih tu in tam našli sredi medplastovitih rudnih teles. V Navršniku smo na primer na 10. obzorju našli celo grobišče polžev iz rodu *Chemnitzia* sp.

S. Dzulyński in M. Sass-Gustkiewicz (1977) sta sicer mnenja, da je močno mineralizirane fosile, kakršne smo na primer našli v Topli (I. Štrucl, 1974) interpretirati tudi z metasomatskimi procesi. Poleg tega pravita, da se zbruski ne nanašajo na prikamnino, kar je sicer res, vendar s tem ničesar ne dokazujeta. Prikazani fosili (krinoidi in foraminifere) ležijo namreč v rudi z vsemi značilnostmi sedimenta in ne v metasomatski rudi. Fosile lahko sicer najdemo tudi v jamskih sedimentih, če so jame bile povezane z morjem, v nobenem primeru pa si jih ne moremo predstavljati v precipitatih iz "hidrotermalnih" kraških raztopin.

V prid eksterni (površinski) sedimentaciji, vsaj za velik del medplastovnih orudenenj, govori tudi dejstvo, da so črne breče in stromatolitne plasti sestavni del orudenele prikamenine. Eksterna sedimentacija pa seveda ne izključuje interne sedimentacije, vsaj ne z vidika singenetsko-sedimentne teorije.

Precej bolj jasna je situacija, kar zadeva osemurna orudenenja. To so razpoke ali po kraški terminologiji špranjasta brezna, ki so bila z rudo zapolnjena v triasu, ali bolj rečeno v času, ko je nastal emerzijski nivo s črno brečo, ki je od 1. rabeljskega skrilavca oddaljena 50–60 m. Na ta nivo je namreč vezan večji del osemurnih orudenenj. So pa seveda enako stara kakor medplastovna orudjenja tega nivoja. Tudi v Bleibergu spada ta nivo med najbolj pomembne nosilce medplastovnih orudenenj in ga imenujejo Hauptsüdschlagfläche (H. Hol-



• 4-13

Sl.1. Shematski prikaz osemurne orudenele razpoke iz 14. obzorja revirja Navršnik

Fig.1. Schematic cross section of the so-called 8 hour or 120° (NW-SE) mineralized fissure on the level 14 in the Navršnik district of the Mežica mines

ler, 1960). Že to dejstvo nam pove, da imamo opravka s paleogeografskimi nivoji velikega prostranstva. Medplastovne rude zavzemajo v skladovnici wettersteinskega apnenca z oziroma na lego plasti sorazmerno majhno debelino, 1–4 m, razpoke pa segajo pod brečo 30–40 m, včasih pa tudi več. Izjema je morda veliko "osemurno rudišče" v Navršniku, za katerega si nikoli nismo bili povsem na jasnem, kateremu sistemu orudenenj pripada. Po obliki in debelini (pravokotno na plastovitost) kaže značilnosti osemurnih orudenenj, po mineralni sestavi in strukturnih značilnostih mineralnih komponent pa medplastovnim orudenenjem. Medplastovne rude tega nivoja so praviloma v dolomitu, osemurne pa v apnencu.

Ruda osemurnih orudenenj sestoji povečini iz galenita, cerusita in limonita, ki je nastal pretežno iz markazita. Širina orudenedih razpok variira od 1 cm do 3 m. Ruda se pogosto pojavlja le v obliki nepravilnih gnezdstih zapolnitev. Ker se je po oblikovanju današnje geološke zgradbe po osemurnih razpokah pretakala podtalnica, je marsikatera razpoka zapolnjena z recentno kraško glino ali ilovico, v kateri najdemo samo še ostanke rude. Pomembna značilnost rude je izredno visoka stopnja oksidacije, ne glede na globino, v kateri se ruda nahaja.

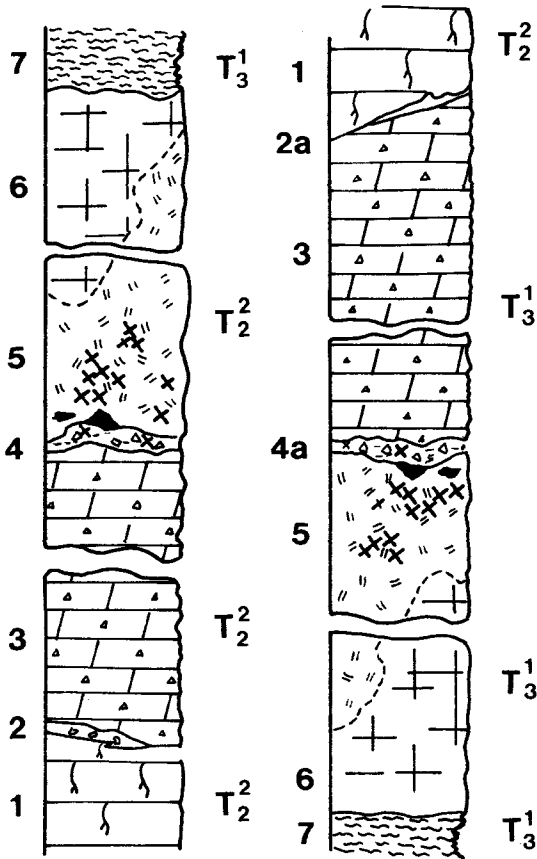
O nastanku osemurnih razpok so različna mnenja. Eni menijo, da gre za tektonske razpoke, drugi za netektonske. Večina znamenj govori v prid slednji ugotovitvi. Razpoke so lahko nastale že na morskem dnu, zaradi dehidracije ali diagenese sedimentov. Takšne razpoke so praviloma nepravilnih oblik in povečini tudi pravokotne na plastovitost. Morda so nekatere nekoliko preširoke, toda iz sedimentoloških in paleogeografskih raziskav sledi, da lahko nepravilne razširitve, obliko razpok in bočne korozijske pojave razlagamo s kraškimi procesi. Del kraških elementov je nastal v bližnji preteklosti, tode pretežen del jih pripisujemo paleokraškim procesom.

Na prvi pogled nam kombinacija osemurnih in medplastovnih orudenenj skorajda vsiljuje razlago o dovajanju ascendentnih rudnih raztopin. Toda osemurne razpoke zanesljivo niso imele te vloge, čeravno bi od vseh diskordantnih epigenetskih orudenenj še najprej in edine prišle v poštev. To sodimo predvsem po kraškem značaju razpok, po mineralni paragenezi ter popolni odsotnosti kakršnihkoli hidrotermalno–metasomatskih sprememb v prikamenini. V vzorcih 4–13 na sliki 1 smo namreč našli dokaj dobro ohranjene alge in foraminifere.

Znamenja paleokraških procesov kažejo tudi grebenski apnenci karnijske starosti grebenskega rudišča v jugovzhodnem delu mežiškega rudnika. Pridevek "grebenski" morda ni povsem upravičen, ker ni ves apnenc biogenega porekla. Pretežen del sestoji namreč iz drobnega intraklastičnega in bioklastičnega materiala, toda fosilni inventar kaže v glavnem na tipično grebensko favno. Zaradi korale *Tecosmilia badiotica* Volz (I. Štrucl, 1970) smo grebenski apnenc uvrščali v ladinijsko stopnjo, toda po najdbi fosilov *Oppelismilia sp.* in *Mikrotubus communis* Flügel sodimo, da je grebenski apnenc karnijske starosti in da ga lahko morda le vzporejamo s psevdowettersteinskim apnencem med 1. in 2. rabeljskim skrilavcem. Sem ga je uvrščal tudi A. Zorc (1957), vendar brez fosilnih dokazov, zgolj s primerjavo z rudiščem Kreuth v Ziljskih Alpah in to zaradi prevladujočih količin cinka v obeh rudiščih. Grebenski apnenc prehaja navzgor (glej sl. 2a) v bituminozni dolomit, med obema pa je praviloma različno debel (širok) vložek z raznovrstnimi orudenedimi ali neorudenedimi brečami. V krovinskem



delu grebenskega apnenca najdemo tu in tam erozijske ali korozijske kotanje in vdolbine, še bolj pogosto pa votline, zapolnjene z rudnimi ritmiti, kar pomeni soseščino eksternih in internih rudnih sedimentov.



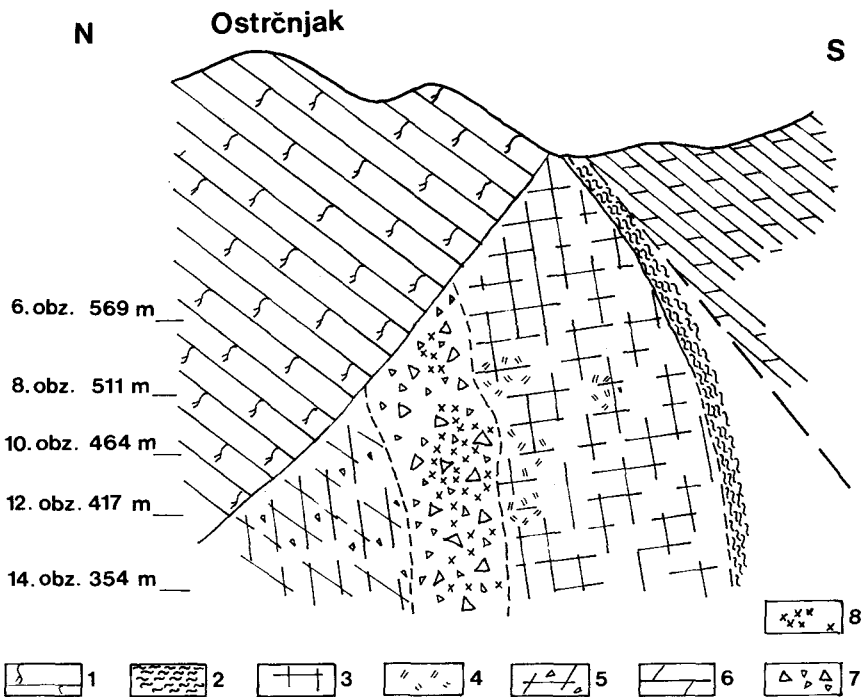
Sl.2 Dve različni razlagi o zaporedju kamnin v grabenskem rudišču

1 - wettersteinski apnenec, 2 - regresijska breča, 2a - tektonska breča, 3 - bituminozni dolomit, 4 - transgresijska breča, 4a - intraformacijska (deformacijska) breča, 5 - dolomitizirani grebenški apnenec, 6 - grebenški apnenec, 7 - 1. rabeljski skrilavec, 8 - Pb-Zn mineralizacije, 9 - sedimentne rude,  $T^2_2$  - ladinij,  $T^1_3$  - karnij

Fig.2 Two different interpretations of the depositional succession in the Graben district of the Mežica mines

1 - Wetterstein limestone, 2 - regressive breccia, 2a - tectonic breccia, 3 - bituminous limestone, 4 - transgressive breccia, 4a - intraformational (deformational) breccia, 5 - dolomitized reef limestone, 6 - reef limestone, 7 - 1. Raibl shale, 8 - Pb-Zn mineralizations, 9 - ore sediments,  $T^2_2$  - Ladinian,  $T^1_3$  - Carnian

Toda z rudo niso bile zapolnjene le kotanje in votline, s kovinami bogatejše porne vode so pronicale tudi v porozen grebenski apnenec in ga sčasoma nadomeščale z dolomitom in sulfidnimi minerali. Dolomitiziran rudonosni grebenski apnenec vsebuje tudi do desetkrat več  $\text{SiO}_2$  kakor nespremenjen apnenec. V kontaktni coni paleogeografskega nivoja med dolomitiziranim grebenskim apnenecem in bituminoznim dolomitom se srečujemo z raznovrstnimi brečami, katerih nastanek pa je še zelo sporen. Obstajajo različne in zelo si nasprotujoče razlage. Nasprotja izhajajo med drugim tudi iz različnih tolmačenj litostratigrafskega zaporedja obeh enot. Po eni razlagi je bituminozni dolomit namreč starejši od grebenskega apnenca,



Sl.3 Geološki presek skozi zapadni del grabenskega rudišča (po  $y = 4620$ )

1 - wettersteinski apnenec (ladinij), 2 - 1. rabeljski skrilavec (karnij), 3 - grebenski apnenec (karnij), 4 - dolomitizirani grebenski apnenec, 5 - bituminozni dolomit (karnij), 6 - glavni dolomit (nori), 7 - brečasta cona, 8 - Pb-Zn mineralizacije

Fig.3 Geological cross-section through the west part of the Graben ore deposit

1 - Wetterstein limestone (Ladinian), 2 - 1. Raibl shale (Carnian), 3 - reef limestone (Carnian), 4 - dolomitized reef limestone, 5 - bituminous dolomite (Carnian), 6 - Norian dolomite, 7 - breccias zone, 8 - Pb-Zn mineralizations

breča pa transgresijske narave. Iz doslej objavljenih pogledov avtorja (I. Štrucl, 1970; 1984) in predhodne razlage pa sledi ravno obratno zaporedje. Obe varianti sta razvidni iz slike 2.

Prva razlaga zahteva manj komplicirano tektonsko interpretacijo in normalno lego plasti, druga pa se oslanja na gravitacijske strukture v rudnih sedimentih, ki kažejo na prevrnjeno lego plasti (gl.sl. 3). Nastanka breč verjetno ne moremo posplošiti in pripisati enemu samemu procesu (n.pr. kraškemu ali hidrotermalno kraškemu procesu, sedimentaciji, tektoniki itd.), temveč različnim procesom, ki se mestoma med seboj tudi dopolnjujejo. V petrološki sestavi breč odseva namreč v večini primerov neposredna okolica, to pomeni, da je njihov nastanek več ali manj povezan z naknadnimi geološkimi procesi znotraj obeh enot, toda v nekaterih primerih ne moremo povsem izključiti eksogenih procesov na morskem dnu.

Nastanek orudenih breč je povezan s postsedimentacijskimi deformacijskimi in disolucijskimi procesi, vendar ne v smislu hidrotermalnih kraških procesov S. Dzulynskega in M. Sass-Gustkiewiczzeve (1977), temveč z descendntnimi hidatogenimi raztopinami.

G. Perna (1973) opisuje breče in sedimentno rudo v kotanjah grebenskega apnenca kot tipične kraške zapolnitve v smislu emerzijsko kraške hipoteze, kar je sicer možno, toda z ozirom na sedimentacijsko okolje, ki je sledilo grebenskemu razvoju, vendarle precej vprašljivo. Zaradi evksinskega okolja z močno slano morsko vodo (lahko bi jo morda celo imenovali slanico) je bila prekinjena ali lateralno prestavljena nadaljnja rast grebena. Voda je bila obogatena s kovinami, zato je bil na grebenski apnenec, deloma pa tudi v votlinah znotraj njega, najprej odložen rudni mulj, potem pa različne količine gline in dolomita, ki za gotovo tudi niso bile brez kovinskih primesi. Mestoma sta bila odložena tudi sadra in anhidrit, ki samo še potrjujeta domnevo o močno slani naravi morske vode. Vse te kamenine najdemo v različnih razmerjih nakopičene v polimiktih in monomiktih brečah.

Poraja pa se seveda vprašanje odkod tako nagle spremembe v sedimentacijskih pogojih, ki so omogočale nastanek triasnih svinčevo-cinkovih orudenenj. Problematika o izvoru rudnih komponent je še vedno precej zamegljena. O njej sem pisal že v razpravi o anizijskem rudišču v Topli (I. Štrucl, 1974), v razpravi o mežiškem rudišču pa ni nobenih novih bolj oprijemljivih dokazov, zato sem ostal tudi pri istih ugibanjih. Ostajata dve možnosti: prvič, da so kovine prispele v zelo plitvovodne bazene z ascendentnimi (hidrotermalnimi) raztopinami, ali drugič, da so kovine supergenetskega porekla. Ker sem o teh možnostih že večkrat razpravljal ter navedel tudi dejstva za in proti prvi ali drugi možnosti (I. Štrucl, 1971; 1974; 1981), bi se tu omejil le na pripombo M. Drovenika (1988), ki pravi:

*"Teško je razumljivo, da bi se zaradi preperevanja na kopnem morska voda bistveno obogatila z obema kovinama, še posebno, če upoštevamo, da je bilo območje Tople oddaljeno od Vindelijskega praga, odkoder naj bi po Štruclu prihajali obe kovini, kar okrog 200 km."*

Današnja razdalja je resda 200 km, toda severna karavanška rudišča so nastala v istem bazenu (enako velja seveda tudi za rudišča v Ziljskih Alpah), kot rudišča in kamenine v Severnih apneniških Alpah. O tem problemu smo razpravljali že leta 1970 v Bleibergu, kjer sem med drugim dejal:

*"Where can the native area of the Northern Drau chain be located? One possibility would be*

*to seek for it along the Periadriatic line, that is approximately in the area South of Innsbruck (I. Štruel, 1971)."*

Po Bechstädt-ovi (1978; 1979) rekonstrukciji pa Dravski niz predstavlja celo zahodni podaljšek Severnih apneniških Alp, to pomeni, da so Pb-Zn rudišča nastala med odprtim morjem na jugu in jugovzhodu ter bližnjo celino na severu.

## POSTTEKTONSKI KRAŠKI PROCESI IN NJIHOVA VLOGA PRI NASTANKU IN PREOBRAZBI Pb-Zn ORUDENENJ

Brečasta orudjenja se pojavljajo tudi v wettersteinskem apnencu. Najbolj pogosto so vezana na sistem unionskih prelomnic, ki pa so zagotovo dosti mlažje od predhodno opisanih. Starost orudenelih unionskih prelomnic je bila kar precej časa predmet polemike (M. Fabjančič, 1965). Ne samo med epigenetiki in singenetiki, temveč tudi znotraj posameznih struj so bila mnjenja deljena in dileme še tudi danes niso povsem odpravljene. Nekateri so videli v teh prelomnicah dovodne kanale za singenetska sedimentna rudišča (L. Kostelka, 1965), osebno pa jih že od vsega začetka smatram za mlažje od interstratificiranih orudenenj (I. Štruel, 1965; 1971; 1984).

Prostor za orudjenja je bil ustvarjen s tektonskimi procesi, toda ruda je tudi še pozneje utrpela vrsto tektonskih sprememb. Ostalo so seveda opravile hidatogene raztopine oziroma kraške vode.

Od drugih orudenenj se unionska orudenenja razlikujejo zlasti po velikih količinah kalcita. V pretežnem delu medplastovnih orudenenj (izjema so orudjenja v Srednji coni) sestoji žilnina 90–95 % iz dolomita in le 5–10 % iz kalcita, v unionski rudi pa je to razmerje ravno obratno.

Kalcit je povečini mlečno bel, lahko pa je tudi različno obarvan, odvisno od količine in vrste tujih vključkov. V razpokah, geodah in večjih votlinah najdemo včasih tudi lepe kristalne kopuče kalcita, včasih pa tudi aragonita. Najbolj iskane in dragocene so kristalne kopuče vulfenita. Nastanek orudenenj unionskega sistema je povezan s kraškimi procesi, kar pomeni z epigenetsko mobilizacijo svinca, cinka, železa in molibdena iz okolnih kamenin ali starejših orudenenj. Ob tem se seveda sprašujemo, kdaj se je vse to dogajalo, pred ali po pliocenu. Z ozirom na dejstvo, da so unionska orudenenja kljub temu, da so najmlajša, tektonsko precej prizadeta, je velika verjetnost, da je velik del teh orudenenj nastal pred pliocenom, na primer v oligo–miocenu. S tem bi lahko razložili tudi nekoliko višje, z izotopnimi analizami ugotovljene temperature vode (T. Dolenc in sodelavci, 1981). V oligo–miocenu namreč ni prišlo le do največjih dvigov karbonatne skladovnice, temveč tudi do pomembnih magmatskih procesov vzdolž bližnjega periadriatskega šiva (E. Faninger in I. Štruel, 1978). Temperaturni gradient je bil prav gotovo precej višji od današnjega. Kraški procesi so se seveda nadaljevali vse do današnjega dne, toda od pliocena naprej vse bolj z razgrajevalnimi učinki, povezanimi z oksidacijskimi procesi.

## LITERATURA

- Bechstädt, T., 1973: ZyklotHEME im hangenden Wettersteinkalk von Bleiberg-Kreuth (Kärnten, Österreich). Festschrift Heissel, Veröffentl. Univ. Innsbruck, 86, 25-55, Innsbruck
- Bechstädt, T., 1975: Lead-Zinc Ores Dependent on Cyclic Sedimentation (Wetterstein-Limestone of Bleiberg-Kreuth, Carinthia, Austria). Mineral. Deposita, 10, 234-248, Berlin
- Bechstädt, T., 1978: The Lead-Zinc Deposit of Bleiberg-Kreuth (Carinthia, Austria): Palinspatic situation, Paleogeography and Ore Mineralisation. Verh. Geol. B-A. 3, 221-235, Wien
- Bechstädt, T., 1978: Faziesanalyse permischer und triadischer Sedimente des Drauzuges als Hinweis auf eine grossräumige Lateralverschiebung innerhalb des Ostalpins. Jahrb. Geol. B. A., Bd. 121, H 1, 1-121, Wien
- Bertapelle, A., 1954: Probleme und Erfolge in der Wasserhaltungsfrage in Mežica. Montan-Rundschau, 2
- Brandt, A. und Hütschler, C., 1980: Karsthydrologische Kartierung der Petzen, Kärnten, Österreich. Carinthia II, 170/ 90, 161-180, Klagenfurt
- Dolenc, T., Kušej, J., Pezdič, J., 1981: The Isotopic Composition of Oxygen and Carbon in Lead and Zinc Deposits from Northern Karavanke. Mineral Deposits of the Alps, Proceedings of the IV. ISMIDA, Springer Verlag, Special Publication No 3, 176-189, Berlin ...
- Drovenik, M., Pungartnik, M., 1987: Nastanek cinkovo-svinčevega rudišča Topla in njegove značilnosti. Geologija 30, 245-314, Ljubljana
- Dzulynski, S., Sass-Gustkiewicz, M., 1977: Comments on the Genesis of the Eastern-Alpine Zn-Pb Deposits. Mineral Deposita, 12, 219-233, Berlin
- Fabjančič, M., 1965: Razprave na mednarodnem posvetovanju v Mežici 17.11.1964. Rudarsko-metalurški zbornik, 2, 181-184, Ljubljana
- Faninger, E., Štrucl, I., 1978: Plutonic emplacement in the Eastern Karavanke Alps. Geologija 21, 81-87, Ljubljana
- Grafenauer, S., 1959: Hidrogeologija in njena uporaba v rudniku Mežici. Rudarsko-metalurški zbornik, 3, 259-288, Ljubljana
- Gospodarič, R., Habič, P., Herzog, U., Ramsbacher, P., Štrucl, I., Zojer, H., 1989: Hydrogeologische Untersuchungen im Petzenmassiv. Carinthia II, Sonderheft, Klagenfurt (v tisku)
- Holler, H., 1960: Zur Stratigraphie des Ladin im östlichen Drauzug und in den Nordkarawanen. Carinthia II, 150, 63-75, Klagenfurt
- Kostelka, L., 1965: Opažanja in misli o svinčevo-cinkovih orudnenjih v Apneniških Alpah južno od Drave. Rudarsko-metalurški zbornik, 2, 173-180, Ljubljana
- Novak, D., 1962: Kraške pojave v porečju Meže. Geografski glasnik 21, 39-50, Zagreb
- Novak, D., 1974: Osameli kras v podravskem delu SR Slovenije. Acta carsologica 6, 57-78, Ljubljana
- Perna, G., 1973: Fenomeni carsici e giacimenti minerari. Le Grotte d'Italia 4, Vol. IV, 1-72, Bologna
- Schulz, O., 1964: Mechanische Erzanlagerungs-Gefüge in den Pb-Zn Lagerstätten Mežica und Cave del Predil. Berg- und Hüttenm. Mh., 109, 12, 385-389, Wien
- Štrucl, I., 1965: Nekaj misli o nastanku karavanških svinčevo cinkovih rudišč s posebnim ozirom na rudišče Mežice. Rudarsko-metalurški zbornik 2, 155-164, Ljubljana
- Štrucl, I., 1970: Poseben tip mežiškega svinčevo cinkovega orudnenja v rudišču Graben. Geologija 13, 21-34, Ljubljana

- Štruel, I., 1971: On the geology of the Eastern Part of the Northern Karawankes with Special Regard to the triassic Lead-Zinc-Deposits. *Sedimentology of parts of central Europe*, Guide book, VII, Int. Sediment. Congress, 285-301, Heidelberg
- Štruel, I., 1974: Nastanek karbonatnih kamenin in cinkovo svinčeve rude v anizičnih plasteh Tople. *Geologija* 17, 299-397, Ljubljana
- Štruel, I., 1981: Die Schichtgebundenen Blei-Zinc-Lagerstätten Jugoslawiens. *Mitt. österr. geol. Ges.*, 74/75, 307-322, Wien
- Štruel, I., 1984: Geološke, geokemične in mineraloške značilnosti rude in prikamenine svinčevo-cinkovih orudenenj mežiškega rudišča. *Geologija* 27, 215-327, Ljubljana
- Tufar, W., 1980: Ore Deposits of the Eastern Alps. 8th Internat. Geochemical Explor. Symp., Bundesanst. für Geowissenschaften und Rohstoffe, Excursion Guide, C 6, 1-78, Hannover
- Zorc, A., 1955: Rudarsko geološka karakteristika rudnika Mežica. *Geologija* 3, 24-80, Ljubljana
- Zorc, A., 1957: Diskussionsbeitrag in: Entstehung von Blei-Zinc-erzlagerstätten in Karbonatgesteinen. *Berg- und Hüttenm. Mh* 9, 235, Wien

## THE IMPORTANCE OF KARST PROCESSES AT ORIGIN OF NORTH KARAVANKE PB-ZN ORE DEPOSITS

### Summary

More and more frequently the role of karst processes is connected to metalogenetic problematics of Pb-Zn orebodies in carbonate rocks. The North Karavanke Mt. ore deposits belong within this frame. The best known and the best explored is Mežica ore deposit where karst processes have played without doubt an important part during the mineralisation but it does not mean that this importance could be generalized to the entire ore deposit or group of them without hindrance.

In the Yugoslav region of northern Karavanke Mt. the Pb-Zn ore deposits appear in different levels of lithostratigraphical sequences of Triassic rocks, namely:

- in Anisian dolomite (Topla)
- in Ladinian-Carnian limestone and dolomite, in so called Wetterstein limestone and dolomite respectively (the main ore deposit of the Mežica mine)
- in Carnian dolomite between 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> Rabelj shale (Graben [?] and ore phenomena on Prištava, Marholče on Plat and on Uršlja gora) and
- in Carnian limestone above the 3<sup>rd</sup> Rabelj shale (ore phenomena on Uršlja gora)

There is no connection among the orebodies of cited levels, they are separated by impermeable mudstone and marls even. Lithostratigraphic vertical distance between the lowest and the highest orebody is about 1500 m. The rocks in mentioned levels are shallow water sediments.

The fact, that a big part of Pb-Zn orebodies in Wetterstein limestone occurs along the black breccia, designing in the sedimentation cyclotheme the start of transgression, evidences that the origin is connected to paleorelief. In Mežica mine the black breccias appear 12 - 25 and about 60 m below the first Rabelj shale. During the sedimentation interruptions the cracks and hollows, here and there holes even, appear in the limestone.

The ground plan of stratabound orebodies is similar to ground plan of karst caves and even their

shape could be compared. Some facts enable to identify their origin, while there are some other facts speaking against but they are not so cogent. In stratabound ore deposits the corroded or clearly drawn surfaces of lateral walls as are seen in recent caves are usually not found. The lateral transition from mineralised part to non-mineralised part is usually gradual and does not show typical sediments as are found in 8 hours fissures, as are called according to old way of description of dip direction ( $8^{\text{h}} = 120^{\circ}$ ). Fissures (fissured potholes) were filled up by ore in Triassic, or better in the time when the emersion level with black breccia evolved, distant from the 1<sup>st</sup> Rabelj shale about 50 - 60 m. Obviously both mineralised systems are approximatively equally old. According to the beds position in the Wetterstein limestone the stratabound ore occupies relatively small thickness of 1 - 4 m, while the fissures extend below breccia for 30 - 40 m, sometimes even more. Stratabound orebodies of this level are usually in dolomite, the 8 hours ones in limestone.

As usually there are different opinions regarding the origin of 8 hours fissures. Some think that they are tectonic and some that they are not. Most of evidences confirm the last statement. A part of karst elements has developed in the recent past but the predominant part is contributed to paleokarst processes.

The reef limestone of Carnian age in Graben mine show the traces of paleokarst processes. In the contact zone of paleogeographic level between the dolomitized reef limestone and bituminous limestone we meet all sorts of mineralized and non-mineralized breccias which origin remains discutable. Different opinions result from different explanation of lithostratigraphic sequences of both units (compare the sketches 2 a and 2 b). The author thinks that the breccias origin could not be generalized on one process only (f.e. karst or hydrothermal karst process, sedimentation, tectonics etc.) but on different processes which are partly complemented. G.Perna (1973) describes the breccias and the sedimentary ore in the hollows of the reef limestone as typical karst sediments, which is quite possible, but according to sedimentation environment, following the reef development, rather questionable. Because of euxinic environment of sea water with high salinity the further reef uplifting was interrupted or laterally displaced. Above the reef limestone, and partly in the hollows within it, mud, different quantities of clay and dolomite, having surely the mineralised impurities, were deposited. On some parts gypsum and anhydrite are found confirming high water salinity. All these rocks could be found in different proportions accumulated in polymictic and monomictic breccias.

Breccia mineralisations appear in Wetterstein limestone too. The most frequently they are bound to the system of Union fault lines and are surely a lot younger than the previously described. The space for mineralisation was created by tectonic processes but later too the ore underwent drastic tectonic changes. The rest was done by hydrothermal solutions, karst water respectively. From other orebodies the Union system (called after the Union mine district) differs after big quantities of calcite in particular. In predominant part of stratabound ore deposits there is a vein composed by 90-95% of dolomite and 5-10% of calcite only, in Union system the relation is just the opposite. The origin of ore deposit in Union system is connected to karst processes, which means the epigenetic mobilisation of lead, zinc, iron and molybdenum from the near rocks or older ore deposits. According to the fact that the Union ore deposit, in spite of being the youngest, have tectonically suffered a lot there is a great possibility that big part of these ore deposits had developed before Pliocene, f.e. in Oligo-Miocene. Thus a little higher water temperatures, evidenced by isotope analyses (T.Dolenc et al., 1981) could be explained. Oligo-Miocene is namely the epoch with the strongest magmatic activity along the near Periadriatic Lincament therefore the temperature gradient was without doubt a lot higher than the actual one.

The karst processes have continued till today, but from Pliocene onwards with more weathering effects because of oxidation processes.