

Hydrotermálna polymetalická mineralizácia na lokalite Velčice-Horné štôlne v Tribeči

FRANTIŠEK BAKOS¹, ŠTEFAN FERENC² a PETER ŽITŇAN¹

¹Eastern Mediterranean Resources – Slovakia, s. r. o., A. Kmeťa 8, 969 01 Banská Štiavnica,
fbakoss@yahoo.com, pzitnan@gmail.com

²Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, RC, Kynceľovská 10, 974 01 Banská Bystrica,
stefan.ferenc@geology.sk

Hydrothermal base-metal mineralization at Velčice-Horné štôlne locality in Tribeč Mts.

Velčice-Horné štôlne locality represents the most important occurrence of hydrothermal mineralization within granitoids of basement Tatric Unit in Tribeč Mts. This study describes basic mineralogical features of the mineralization from waste material of historical small scale mining works. The main vein forming minerals are older metamorphic quartz, younger galena and pyrite. Rare siderite – smithsonite, associated with cerussite and anglesite, originated in final hypergene stage. Zn content in siderite varies between 8.36 – 26.53 wt.%. Zn : Fe ratio varies from 4.3 : 1 up to 1 : 1.2. Only secondary fluid inclusions were identified in metamorphic quartz. These were divided into 2 groups based on salinity and homogenization temperatures. Higher temperature and lower saline (cca 20 wt.% NaCl eq.) fluid inclusions homogenized in 212 – 265 °C range, higher saline (cca 25 wt.% NaCl eq.) and lower temperature inclusions homogenized in 175 – 209 °C range. The mineralization is most likely of Upper Cretaceous (or younger) age and is considered to be a part of the base-metal mineralization occurrences in basement rocks of the Western Carpathians Tatric unit.

Key words: base-metal mineralization, siderite, smithsonite, fluid inclusions, Tribeč Mts., Tatric Unit, Western Carpathians

Úvod

Tribeč patrí z hľadiska metalogenézy medzi najchudobnejšie a najmenej preskúmané pohoria v Západných Karpatoch. Banické aktivity v zoborskej časti Tribeča sa týkajú predovšetkým získavania zlata. O ťažbe zlata v okolí Zlatna svedčia rozsiahle stredoveké a pravdepodobne aj laténske ryžoviská, ktoré znovuobjavil Polák (1971a). Menej významné ryžoviská a miesta kutacích prác sa nachádzajú aj zo severnej strany hrebeňa pri Klížskom Hradišti (Bakos a Žitňan, 2001). Písomné údaje o ryžovaní sú známe už z roku 1438, keď majitelia Topolčianok dostali kráľovské povolenie na ryžovanie zlata na potokoch Leveš a Topolnica. Novšie výsledky orientačného prieskumu zameraného na výskyt impregnačných typov Au zrudnenia v mezozoických sedimentoch obalovej série zoborskej časti Tribeča boli negatívne (Knésl a Knéslóvá, 2002).

Prvou a zároveň jedinou zmienkou o študovanej lokalite je archívna správa v ŠÚBA v Banskej Štiavnici o kutacích prácach na olovené rudy v chotári obce Velčice pochádzajúca z rokov 1835 – 1854. Správu sa podarilo zistiť Polákovi (1971a), ale lokalitu sa mu v teréne identifikovať nepodarilo. Staré banské práce na lokalite v chotári Velčíc s názvom Horné štôlne presne lokalizoval až Jahn (2005).

O mineralizácii na lokalite doteraz neboli známe žiadne bližšie údaje. Cieľom tohto príspevku je opísať nepreskú-

maný a jediný doteraz známy výskyt polymetalickej mineralizácie v zoborskej časti Tribeča. Jej komplexným opisom sa rozšíria chudobné údaje o mineralizáciách v Tribeči a získajú sa nové poznatky o metalogenéze polymetalickej mineralizácie v tatriku Západných Karpát.

Metodika práce

Povrchová situácia starých banských prác sa zamerala pomocou geologického kompasu. Vzorky na mineralogické a chemické štúdium sa odobrali z hald štôlní, píng a dobývok. Kvantitatívne stanovenie obsahu Au vo vybraných vzorkách sa urobilo metódou AAS (fire assay) s detekčným limitom 0,01 ppm v laboratóriu v ALS CHEMEX Rosia Montana v Rumunsku. Ostatné prvky sa stanovili metódou ICP MS (four acid digestion) v laboratóriu ALS CHEMEX Perth v Austrálii. Chemické zloženie minerálov sa študovalo vlnovodisperznou metódou (WDS) na prístroji CAMECA SX 100 v Štátnom geologickom ústave Dionýza Štúra v Bratislave. Podmienky merania: merací prúd 20 nA, urýchľovacie napätie 20 kV, priemer lúča 1 až 5 µm. Použité štandardy a spektrálne čiary: Ag (AgL α), Au (AuL α), Bi (BiL α), HgS (HgL α), CuFeS₂ (CuK α , SK α), FeAsS (AsK α), NaCl (ClK α), Sb₂S₃ (SbL β), Bi₂Te₃ (TeL α), PbS (PbL α), ZnS (ZnL α). Fotodokumentácia minerálov sa robila v spätne rozptýlených elektrónoch (BSE)

na tom istom prístroji. Fluidné inklúzie sa študovali na mikroskope NIKON Optinhot s objektívom so zväčšením 100x. Mikrotermometrické merania sa robili na zariadení LINKAM THM 600 (Štátny geologický ústav D. Štúra Bratislava). Presnosť merania sa odhaduje na $\pm 0,3$ °C pre teplotu okolo mínus 50 °C a ± 3 °C pre teploty okolo 350 °C. Zariadenie bolo kalibrované štandardnými metódami pomocou syntetických materiálov a prírodných fluidných inklúzií ako štandardov. Salinita fluidných inklúzií sa vypočítala z teploty topenia ľadu podľa Bodnara (1993).

Geologická stavba

Kryštalinikum Tribeča je zložené z dvoch rozdielnych blokov – južného, tribečsko-zoborského bloku patriaceho k tatickej geotektonickej jednotke Západných Karpát a severného, rázdielskeho bloku patriaceho do veporika (Ivanička et al., 1998). Bloky sú od seba oddelené terciárnym skýcovským zlomom sv.-jv. smeru. Južný blok, kde sa nachádza študovaná lokalita, budujú dominantné vrchnokarbónske postkinematické intrúzie granitoidov (granodiority, tonality a kremenné diority) so zriedkavými xenolitmi pararúl. Centrálnu časť plutónu tvoria hrubozrné biotitické granodiority až tonality, ktoré smerom do okrajových častí prechádzajú do stredozrnných až jemnozrnných biotitických granodioritov, biotiticko-muskovitických monzogranitov až granitov. Záverečné diferenciačné procesy v plutóne viedli k oddeleniu kyslých tavenín, z ktorých vznikli početné telesá a dajky muskovitických granitov, aplitov a pegmatitov. Okrajové časti pohoria sú tvorené sedimentárnymi sekvenciami obalu s dominantnými spodnotriasovými kremencami, v ktorých je regionálne rozšírená kremeno-baritovo-lazulitová mineralizácia (Uher et al., 1997). Horniny kryštalinika aj obalových sekvencií sú silne postihnuté

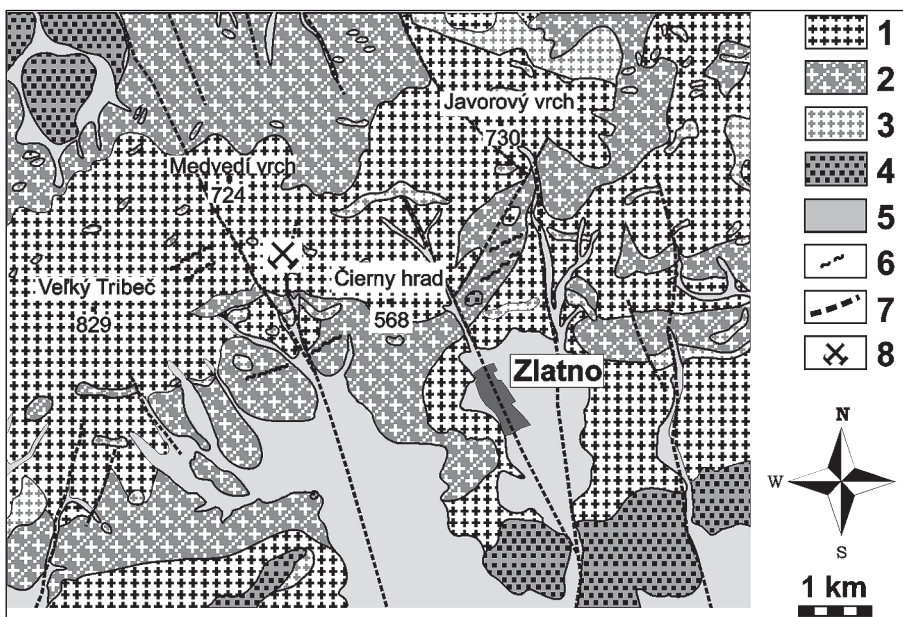
neoalpínskou tektonikou. Produktom týchto procesov bol aj vznik mylonitových zón, ktoré vznikali v transpresnom režime v hĺbke okolo 10 km pri teplote do 250 °C. Výstup kryštalického jadra pohoria do dnešnej erozívnej úrovne kontrolovali zlomy sv.-jz. smeru. Podľa FT veku zirkónu a apatitu sa výzdvih Tribeča začal pred 53 ± 12 Ma z hĺbky okolo 10 – 11 km (225 °C) a hĺbku okolo 5 km (asi 100 °C) dosiahol pred 28 ± 1 Ma (Kováč et al., 1994).

Výsledky

Lokalizácia a opis mineralizácie

Lokalita sa nachádza asi 7 km na SSZ v katastri obce Veľčice a 3,5 km na ZSZ od Zlatna (obr. 1) v pramennej oblasti Čerešňového potoka. Staré banské práce sa nachádzajú priamo v údolí na oboch stranách potoka a rozprestierajú sa na ploche 200 x 50 m (obr. 2). Banské pole sa v južnej časti začína haldou prieskumnej štôlne veľkou 30 x 15 m (WGS84: 298523 E, 5373144 N, JTSK: 484159 Y, 1251719 X) a končí sa pingou na severe (WGS84: 298574 E, 5373535 N, JTSK: 484088, 1251409). V strednej časti banského poľa dominujú povrchové dobývky a prieskumné odkopy, ktorými sa sledovali mineralizované štruktúry v ľavej časti údolia. Táto časť lokality je najbohatšia na rudné vzorky. V severnej časti lokality, kde sa zrudnenie sledovalo len systémom plytkých ping, rýh a odkopov, sme zistili len chudobnú mineralizáciu.

Pri charakteristike výskytu sa opierame o hojné nálezy kremennej žiloviny s rudnou mineralizáciou z materiálu hald a z rozsahu a rozmiestnenia starých banských prác. V odkryve v južnej časti banského poľa na ľavej strane doliny vystupuje tektonicky porušený granitoid prestúpený systémom puklín, drobných mylonitových zón a šoškovkovitou kremennou žilou sv.-jz. až vsv.-zjz. smeru so sklonom



Obr. 1. Geologická mapa okolia Zlatna (upravené podľa Ivaničku et al., 1998). 1 – biotitické granodiority až tonality, resp. kremenné diority; 2 – tektonodeformačne prepracované biotitické granodiority až tonality, resp. kremenné diority; 3 – leukokratické biotiticko-muskovitické až muskovitické granity; 4 – spodnotriasové kremence, pieskovce a konglomeráty; 5 – aluviálne až deluviálne sedimenty (kvartér); 6 – výrazné mylonitové zóny; 7 – zlomy; 8 – študovaná lokalita.

Fig. 1. Geological map of Zlatno area (modified after Ivanička et al., 1998). 1 – biotitic granodiorites to tonalites, respectively quartzose diorites; 2 – tectonodeformationally overprinted biotitic granodiorites to tonalites, respectively quartzose diorites; 3 – leucocratic biotite-muscovite to muscovite granites; 4 – Lower Triassic quartzites, sandstones, conglomerates; 5 – alluvial to deluvial sediments (Quaternary); 6 – distinct mylonite zones; 7 – faults; 8 – studied locality.

65 – 85° na JV až JJV (obr. 2). Na základe tejto skutočnosti a podľa priebehu starých banských prác predpokladáme, že mineralizáciu reprezentujú subparalelné šošovkovité kremenné žily vyvinuté v oslabených mylonitových zónach granitoidov. Viazže sa na štruktúry sv.-jz. smeru s podobným sklonom ako analogické tektonodeformačné štruktúry v odkryve. Úlomky žiloviny dosahujú veľkosť 20 až 50 cm. Ich smerná dĺžka podľa rozsahu starých banských prác nepresahuje 20 – 30 m, maximálne je do 50 m.

Zrudnenie tvorí niekoľko typov paragenetických asociácií minerálov, ktoré sú zoradené podľa sukcesie od najstaršieho po najmladšie:

1. tzv. kremenné žily alpského typu predstavujú hlavnú masu kremeňa, ktorý vytvára šošovkovité žily a je na lokalite najhojnejší;

2. sulfidická Fe, Co a As mineralizácia reprezentovaná kremennými žilkami s hojným pyritom (I) a zriedkavým löllingitom, kobaltitom a arzenopyritom;

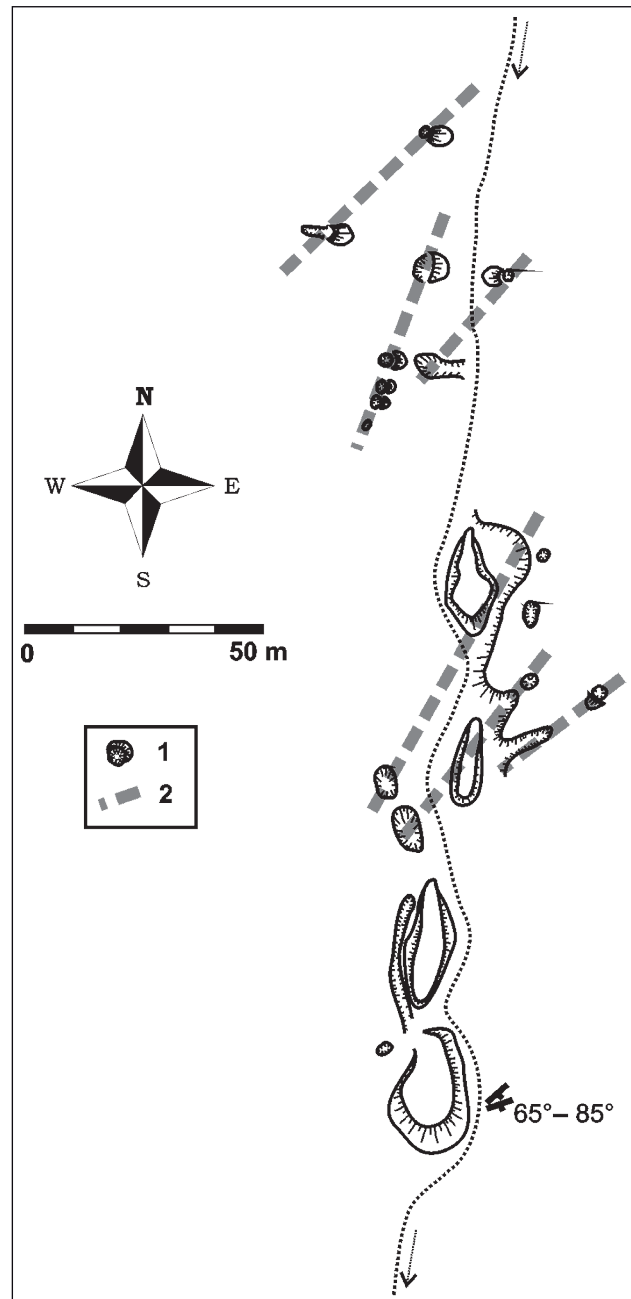
3. polymetalická mineralizácia tvoriaca výplne puklín, samostatné hniezda a „tmel“ rudných brekcií v staršom kremeň I; z rudných minerálov sa zistil galenit, sfalerit, chalkopyrit, pyrit II a markazit, z nerudných minerálov sporadicky vystupuje kremeň II, barit a muskovit;

4. supergénnu mineralizáciu reprezentujú produkty zvetrávania sulfidických minerálov: goethit, ceruzit, anglesit, Zn siderit, covellit a Mn sekundárny minerál.

Obsah prvkov vo vzorkách kremennej žiloviny s makroskopickým galenitom dokumentuje pozitívnu koreláciu Pb s Ag a Bi (tab. 1). Zn je viazaný v siderite, ktorý vystupuje nezávisle od galenitu. Velmi nízky obsah Au, Cu, Sb, ako aj ostatných prvkov potvrdzuje, že rudnú

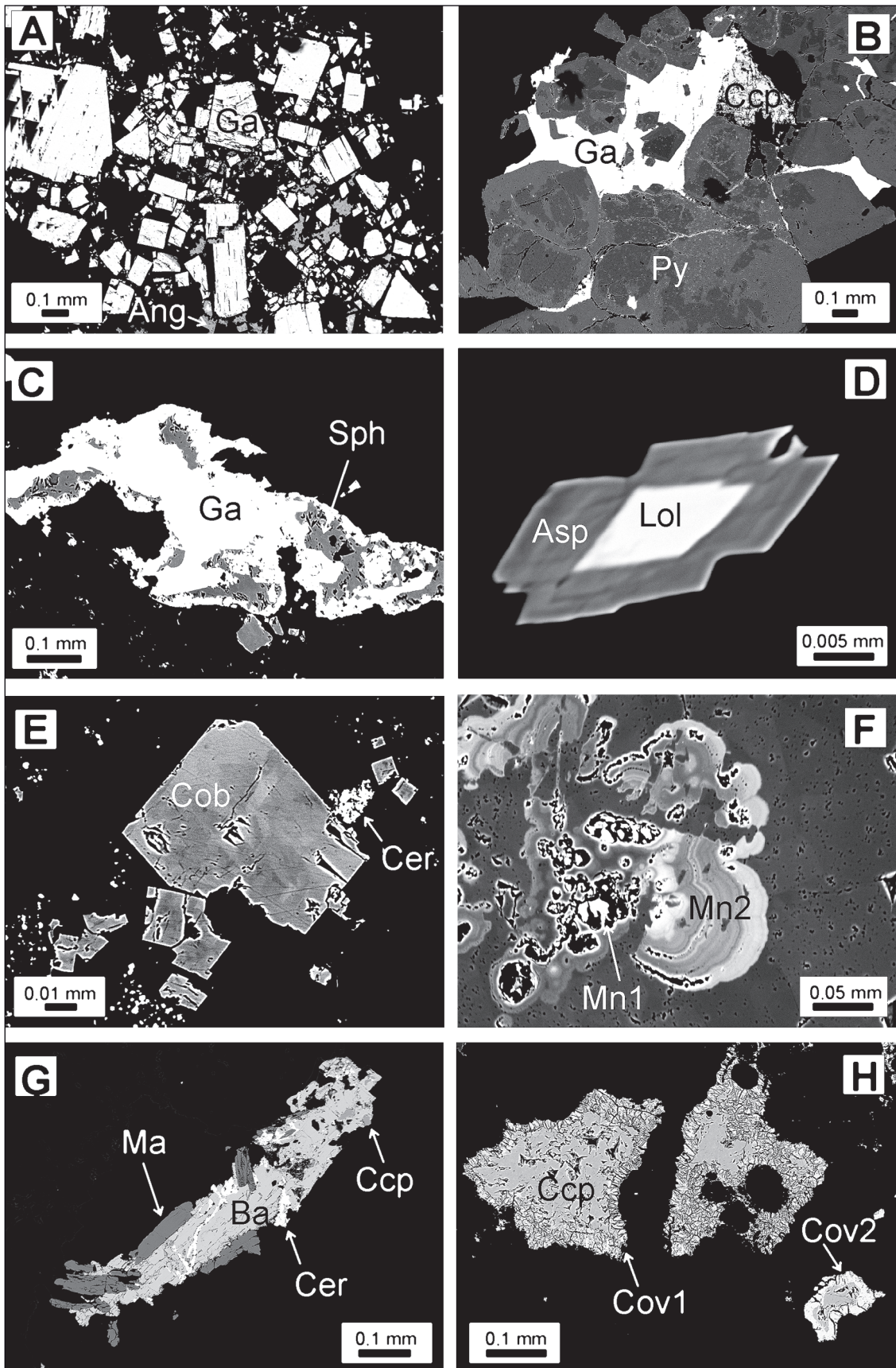
Tab. 1
Obsah vybraných prvkov (ppm) v žilovine
z lokality Veľčice-Horné štôľne
Chemical assays (ppm) of vein material
from Veľčice-Horné štôľne locality

	ZL-1	ZL-2	ZL-3
Au	0,07	0,06	0,03
Ag	137	82	40
Pb	63 700	44 300	21 800
Zn	101	528	319
Cu	147	147	152
Sb	121	65	93
Bi	55	23	11
Cd	5,6	6,7	3
As	271	83	1 050
S	11 000	11 100	8 400
Fe	11 080	16 300	13 900
Co	5	7	11
Ni	6	12	18
Cr	49	61	80
Mn	51	91	59
Mo	12	2	3
W	10	10	10
V	9	11	8
U	<10	<10	20
Ti	200	200	300
Sr	10	9	13
Ca	300	500	400
Al	4 900	4 700	5 500
Mg	300	600	500
Na	200	200	200
K	3 000	2 200	3 400
P	120	80	100
Ce	<50	<50	<50
La	<10	<10	<10
Be	<0,5	<0,5	<0,5
Ba	80	80	100



Obr. 2. Situačná mapa starých banských prác na lokalite Veľčice-Horné štôľne (1 – staré banské práce; 2 – predpokladaný priebeh kremenných žíl).

Fig. 2. Map of old mining works at the Veľčice-Horné štôľne locality (1 – old mining works; 2 – assumed location of quartz veins).



Tab. 2
Chemické zloženie galenitu
Chemical composition of galena

	Pb	Ag	Cd	Cu	In	Zn	Fe	Bi	As	Sb	Cl	S	Σ hm. (wt.) %
ZL-4/1	85,72	0,03	0,00	0,03	0,19	0,00	0,02	0,00	0,00	0,13	0,10	13,64	99,87
ZL-3/2	86,04	0,11	0,03	0,00	0,18	0,00	0,01	0,57	0,00	0,25	0,05	13,60	100,84
ZL-3/3	86,75	0,06	0,00	0,00	0,19	0,02	0,01	0,11	0,00	0,24	0,06	13,64	101,08
ZL-10/4	85,81	0,00	0,00	0,01	–	0,04	0,00	0,30	0,00	0,00	0,06	13,42	99,64
atóm. koef. (prepočítané na základ 2 atómov) – atom. coef. (recalculated on 2 atoms basis)													
	Pb	Ag	Cd	Cu	In	Zn	Fe	Bi	As	Sb	Cl	S	
ZL-4/1	0,98	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,01	
ZL-3/2	0,98	–	–	–	–	–	–	0,01	–	0,01	–	1,00	
ZL-3/3	0,98	–	–	–	–	–	–	–	–	0,01	–	1,00	
ZL-10/4	0,99	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,00	

Tab. 3
Chemické zloženie sfaleritu
Chemical composition of sphalerite

	Zn	Fe	Cd	In	Mn	Pb	Cu	Hg	Ag	Cl	S	Σ hm. (wt.) %
ZL-10/1	63,47	1,29	0,15	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	33,04	98,04
atóm. koef. (prepočítané na základ 2 atómov) – atom. coef. (recalculated on 2 atoms basis)												
	Zn	Fe	Cd	In	Mn	Pb	Cu	Hg	Ag	Cl	S	
ZL-10/1	0,96	0,02	–	–	–	–	–	–	–	–	1,02	

mineralizáciu na lokalite charakterizuje predovšetkým dominantným galenit.

Opis primárnych minerálov

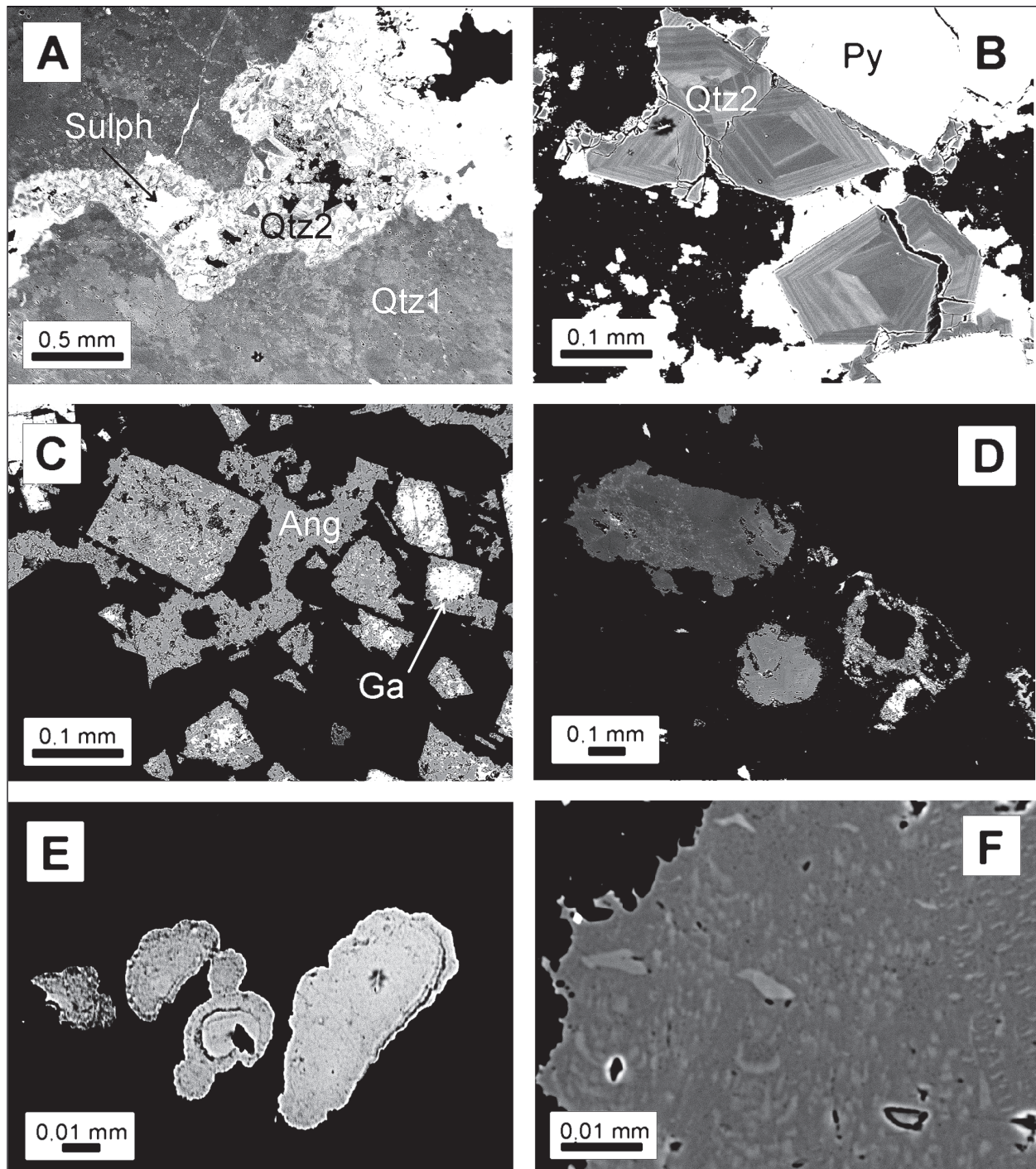
Arzenopyrit. – Zistil sa iba veľmi vzácné. V hrubozrnnom kmeni I tvorí prizmatické kryštáliky (max. 0,1 x 0,02 mm). Arzenopyrit vystupuje buď samostatne, alebo tvorí akumulácie na plochách do 0,4 x 0,1 mm. V jednom prípade sme pozorovali narastanie arzenopyritu na kryštál löllingitu (obr. 3d). Chemické zloženie arzenopyritu ilustruje tab. 4 (an. č. 6).

Barit. – Zistil sa iba ojedinele. Tvorí žilku (dĺžka asi 1 mm) v kmeni I. Uzaviera drobné zrná chalkopyritu a narastá na kataklázované markazitové zrná. Drobné kataklázy v baritovej žilke vyplňa ceruzit (obr. 3g).

Galenit. – Predstavuje najhojnejší rudný minerál na lokalite. Vytvára masívne monominerálne hniezda sa veľkosťou do 5 cm alebo vtúseniny a drobné žilky (mm rozmery) v kmennej žilovine. V kmeni II sa pomerne často zistili zhluky kataklázovaného galenitu (obr. 3a), pričom pôvodné kryštály dosahovali veľkosť 0,4 – 0,6 mm. Pozorovali sme aj agregáty veľké 4 x 1 mm, zatlačujúce zrná pyritu I (obr. 3b). V kmeni I vytvára impregnácie

◀ **Obr. 3. A** – Rozdrvené kryštály galenitu (Ga) v kmeni II (čierny). Tmavosivé agregáty obrastajúce galenit alebo vyplňajúce puklinky, v jednotlivých zrnách je anglesit (Ang); BSE. **B** – Agregát zonálnych hypidiomorfných kryštálov pyritu (Py), pyrit je zatlačený galenitom (Ga). Galenit tiež narastá na nepravidelné zrná chalkopyritu (Ccp); BSE. **C** – Zrná sfaleritu (Sph) zatlačené galenitom (Ga). Okolitém minerálom je kremeň (čierny); BSE. **D** – Jadro agregátu tvorené löllingitom (Lol), na ktorý narastá arzenopyrit (Asp). Okolie tvorí kremeň (čierny); BSE. **E** – Drobné, mierne kataklázované zonálne kryštáliky kobaltitu (Cob) v kmeni (čierny). Biele zrná v kmeni reprezentujú zrníčka ceruzitu (Cer); BSE. **F** – Zrníčka Mn sulfidu (Mn1) sa nachádzajú v centrálnych častiach koloformných agregátov oxidu Mn (Mn2). Okolie (tmavosivé) tvorí kremeň; BSE. **G** – Barit (Ba) v kmeni (čierny) narastá na markazitové zrná (Ma), resp. uzaviera zrníčka chalkopyritu (Ccp). Drobné puklinky v barite sú vyplnené ceruzitom (Cer); BSE. **H** – Zrná chalkopyritu (Ccp) sú lemované covellitom (Cov1). Biely lem covellitu (Cov2) má mierne zvýšený obsah Ag a Bi; BSE.

Fig. 3. A – Clasts of galena crystals (Ga) in quartz II (black). Dark grey aggregates growing on galena, or filling cracks in individual aggregates is anglesite (Ang); BSE. **B** – Aggregate of zonal hypidiomorphic pyrite crystals (Py) is replaced by galena (Ga). Galena also grows on irregular chalcopyrite aggregate (Ccp); BSE. **C** – Sphalerite aggregates (Sph) replaced by galena (Ga) in quartz (black); BSE. **D** – Core of aggregate consists of löllingite (Lol), growing on arsenopyrite (Asp) in quartz (black); BSE. **E** – Tiny, moderately cataclased zoned crystals of cobaltite (Cob) in quartz (black). White aggregates in quartz is cerussite (Cer); BSE. **F** – Aggregates of Mn-sulphide (Mn1) occur in central parts of Mn oxide coliform aggregates (Mn2). Dark grey mineral is quartz; BSE. **G** – Barite (Ba) in quartz (black) grows on marcasite aggregates (Ma), respectively encloses chalcopyrite aggregates (Ccp). Tiny cracks in barite are filled with cerussite (Cer); BSE. **H** – Covellite (Cov1) forming rims around chalcopyrite aggregates (Ccp). White covellite rim (Cov2) is slightly enriched with Ag and Bi; BSE.



Obr. 4. **A** – Cez základný minerál žiloviny, kremeň I (Qtz1), preráža žilka kremeňa II (Qtz2), na ktorý sa viaže sulfidická mineralizácia (Sulph). CL. **B** – Kryštály kremeňa II (Qtz2) s výraznou prírastkovou zonalitou sú uzatvorené v pyrite II (Py). Okolie (čierne) tvorí balsam na leštenom výbruse; BSE. **C** – Anglesit (Ang) vytvára pseudomorfozy po kryštáloch galenitu (Ga). Okolie tvorí kremeň; BSE. **D** – Zn siderit (zonálny) v podobe samostatných oválnych zŕn v kremeni; BSE. **E** – Agregáty Zn sideritu s koloformnou štruktúrou v kremeni; BSE. **F** – Zn siderit – detail štruktúry jednotlivých zŕn. Písmenkové prerastanie fázy bohatšej na Zn (svetlosivá) a fázy chudobnejšej na Zn (tmavšie sivá); BSE. Obr. 4B je urobený v režime CL.

Fig. 4. **A** – Most abundant vein forming mineral, quartz I (Qtz1), cut by quartz II (Qtz2) veinlet, hosting sulphidic mineralization (Sulph). CL. **B** – Crystals of quartz II (Qtz2) with distinct growth zonation are enclosed in pyrite II (Py). Black phase is balsamic on polished thin section; BSE. **C** – Anglesite (Ang) forming pseudomorphosis after galena crystals (Ga) in quartz; BSE. **D** – Zn-siderite (zonal) forming individual oval aggregates in quartz; BSE. **E** – Zn-siderite aggregates with coloform texture in quartz; BSE. **F** – Zn-siderite – detail of structure of individual aggregates. Microlithic overgrowth of Zn-rich phase (light grey) and Zn-poor phase (dark grey); BSE. Fig. 4B made by cathodoluminescence method.

spolu s goethitom, anglesitom a ceruzitom. Lokálne býva úplne zatlačený anglesitom. Jeho mikroskopické zrná bývajú tiež roztrúsené v kremeni spolu s bohatým výskytom neznámeho oxidu Mn. Chemické zloženie galenitu ilustruje tab. 1. Jeho zloženie je pomerne monotónne, charakteristický je stabilne zvýšený obsah In (0,18 – 0,19 hm. %), Bi (do 0,57 hm. %) a Sb (do 0,25 hm. %).

Chalkopyrit. – Oproti galenitu je zastúpený oveľa menej. Tvorí agregáty (0,3 x 0,2 mm) narastajúce na zrná pyritu, pričom sám je zatlačený galenitom (obr. 3b) alebo goethitom. Viazá sa na žilky jemnozrnného kremeňa II, pričom vytvára aj nepravidelné akumulácie (0,3 x 0,1 mm) v priestorovej asociácii s markazitom. Zistili sa aj jeho drobné zrná (do 0,02 mm) viazané na agregáty slúď v žilkách kremeňa II, ojedinele sú jeho drobné zrná uzatvorené baritom (obr. 3g). V chalkopyrite sa zistil iba mierne zvýšený obsah Bi (0,24 hm. %) a As (0,17 hm. %; tab. 4)

Kobaltit. – Veľmi vzácné vytvára idiomorné kataklázované kryštály (veľkosť max. 0,1 mm) v kremeni I (obr. 3e). Jeho zloženie dokumentuje analýza č. 5 v tab. 4.

Kremeň. – Na základe sukcesívnych vzťahov vystupuje v dvoch generáciách (obr. 8). Kremenná žilovina so zrudnením predstavuje hydrotermálnu mikrobekciu. Tvorí ju ostrohranné úlomky kremeňa I (veľkosť jednotlivých zrn 2 – 5 mm), ktoré sú stmelené jemnozrnným kremeňom II

(zrná 0,04 – 0,2 mm). Kremeň II vytvára aj žilky (hrúbka okolo 0,1 mm) prerážajúce cez úlomky staršieho kremeňa alebo lemujú agregáty pyritových zrn. Oproti kremeňu I je charakteristický svojou výraznou prírastkovou zonalitou (obr. 9).

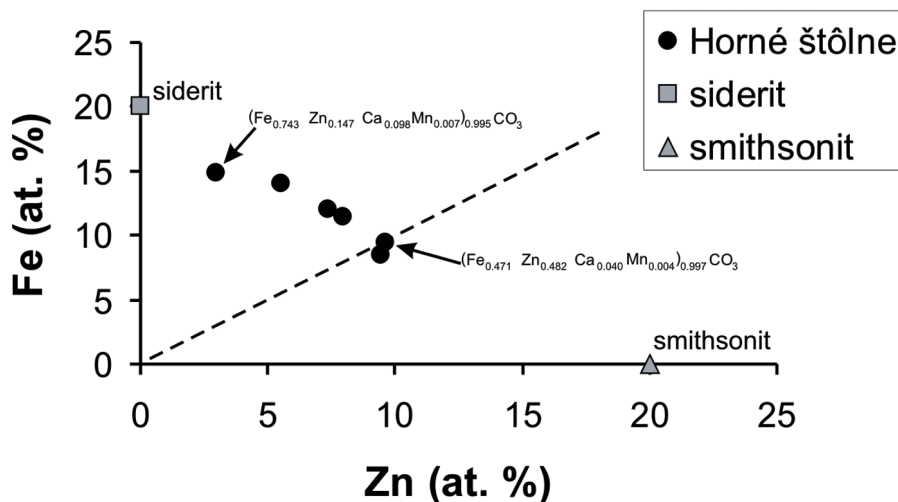
Löllingit. – Je veľmi vzácny. Vyskytuje sa v tesnej priestorovej asociácii s arzenopyritom. Vystupuje v centrálnej časti arzenopyritovo-löllingitového „zrastu“ (obr. 3d). Kryštalizoval pravdepodobne v rámci jedného mineralizačného štádia spolu s arzenopyritom, ale v iniciálnej fáze. Obrastanie löllingitu arzenopyritom môže indikovať prudký pokles aktivity As v rudonosnom roztoku alebo zvýšenie fugacity S. Chemické zloženie löllingitu je uvedené v tab. 4 (an. č. 7, 8).

Markazit. – Vytvára agregáty (0,8 x 0,12 mm) narastajúce na pyritové agregáty. Je intenzívne zatlačený goethitom. Zistil sa aj vo výplni drvených zón v pyritových agregátoch (veľkosť zón aj 5 x 4 mm). Pyritovo-markazitové agregáty sú lokálne zatlačené bližšie neurčeným produktom rozpadu Fe-S fáz, ktorý obyčajne vystupuje v asociácii s goethitom a covellitom. Lokálne vystupuje v mikroskopických žilkách v kremeni I spolu s chalkopyritom a pyritom II, alebo sú jeho zrná obrastané baritom (obr. 3g). Bol identifikovaný opticky v odrazenom svetle a pomocou neštandardizovanej analýzy EDS.

Pyrit. – V rámci zrudnenia predstavuje bežný minerál. Pyrit I tvorí agregáty veľké 2 – 3 mm, ktoré pozostávajú

Tab. 4
Chemické zloženie chalkopyritu
Chemical composition of chalcopyrite

	Cu	Fe	Zn	Pb	Cd	In	Bi	As	Sb	Te	Sn	Cl	S	Σ hm. (wt.) %
ZL-1/1	34,16	30,11	0,06	0,1	0,03	0,06	0,24	0,17	0,03	0,06	0	0,01	34,75	99,78
atóm. koef. (prepočítané na základ 2 atómov) – atom. coef. (recalculated on 2 atoms basis)														
	Cu	Fe	Zn	Pb	Cd	In	Bi	As	Sb	Te	Sn	Cl	S	
ZL-1/1	0,99	1,00	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2,000	



Obr. 5. Diagram závislosti obsahu Zn/Fe v Zn siderite a Fe smithsonite z lokality Horné štôľne.

Fig. 5. Plot of Zn/Fe ratio in Zn-siderite and Fe-smithsonite from Horné štôľne locality.

Tab. 7
Elektrónové mikroanalýzy Zn sideritu a Fe smithsonitu (analýzy 4 a 5)
Microprobe analyses of siderite and smithsonite

	Zn	Fe	Pb	Ca	Mg	Mn	Sr	Ba	C	O	Σ hm. (wt.) %
ZL-3/1	19,77	27,67	0,57	0,45	0,00	0,57	0,00	0,00	9,88	39,47	98,37
ZL-3/2	21,44	26,30	0,72	0,53	0,00	0,54	0,00	0,00	9,91	39,62	99,07
ZL-3/3	15,00	32,61	0,36	0,54	0,00	0,20	0,00	0,01	10,00	39,96	98,67
ZL-3/4	26,52	22,12	0,52	1,34	0,00	0,19	0,01	0,00	10,10	40,38	101,19
ZL-3/5	25,78	19,89	0,94	1,53	0,06	2,20	0,04	0,00	10,04	40,14	100,63
ZL-3/6	8,36	36,09	0,29	3,43	0,06	0,34	0,03	0,01	10,45	41,77	100,85

kryštalochemický vzorec prepočítaný na 2 atómy – crystallochemical formula recalculated for 2 atoms

	Zn	Fe	Pb	Ca	Mg	Mn	Sr	Ba	C	O
ZL-3/1	0,37	0,60	–	0,01	–	0,01	–	–	1,00	3,00
ZL-3/2	0,40	0,57	–	0,02	–	0,01	–	–	1,00	3,00
ZL-3/3	0,28	0,70	–	0,02	–	–	–	–	1,00	3,00
ZL-3/4	0,48	0,47	–	0,04	–	–	–	–	1,00	3,00
ZL-3/5	0,47	0,43	0,01	0,05	–	0,05	–	–	1,00	3,00
ZL-3/6	0,15	0,74	–	0,10	–	0,01	–	–	1,00	3,00

Opis sekundárnych minerálov

Anglesit. – Je hojne rozšírený v malých množstvách. Predstavuje primárny produkt premeny galenitu v supergénnej zóne. V kremennej žilovine tvorí nepravidelné agregáty veľké do 0,4 mm. Intenzívne zatláča zrná galenitu, a to buď po plochách štiepatelnosti (sieť pravouhlo orientovaných žiliek s hrúbkou okolo 0,02 mm), alebo po ich okrajoch, lokálne do vytvorenia úplných pseudomorfóz (obr. 3a, 4c). Bol identifikovaný pomocou neštandardizovanej analýzy EDS.

Ceruzit. – Vytvára samostatné agregáty (veľkosť 0,5 x 0,1 mm) alebo vystupuje spolu s inými minerálmi (obr. 3e, g). Často vystupuje v asociácii so sideritom. Oproti anglesitu (z ktorého vzniká) je zastúpený menej, pričom

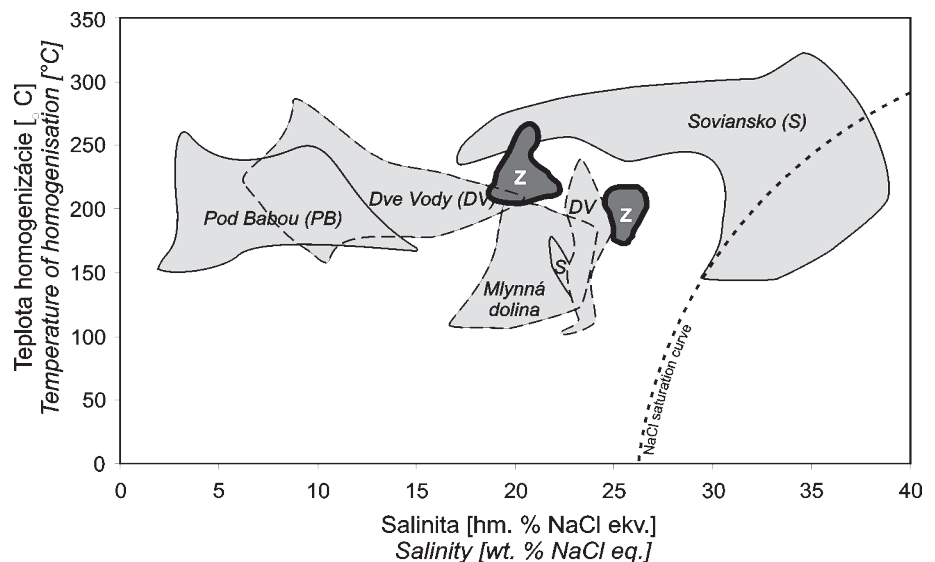
jeho vznik dokumentuje pokročilejšiu fázu supergénnych procesov.

Covellit. – Niekedy takmer úplne zatláča drobnejšie zrná chalkopyritu (do 0,05 mm). Na väčších chalkopyritových zrnách tvorí tenké lemy hrubé 0,01 – 0,015 mm (obr. 3h). Covellit zo študovanej lokality dobre korešponduje s ideálnym chemickým zložením. V niektorých prípadoch sa v covellite zistil zvýšený obsah Ag (do 1 hm. %) a jemne zvýšený (do 0,5 hm. %) obsah Bi a As (tab. 5). Covellit obsahujúci Ag a Bi sa pri pozorovaní v odrazených elektrónoch javí výrazne svetlejší a mladší ako covellit bez prímiesí (obr. 3h).

Goethit. – Hojne vyplňa puklinky v jednotlivých pyritových zrnách alebo zatláča agregáty pyritu. Vyplňa vlásočnicové pukliny (hrúbka <0,01 mm, dĺžka niekoľko

Obr. 6. Porovnanie salinity a homogenizačnej teploty fluidných inklúzií zo študovanej lokality (Z) s inými výskytmi polymetalickej mineralizácie v tatriku Západných Karpát (upravené podľa Luptákovvej a Chovana, 2006).

Fig. 6. Comparison of salinity and homogenization temperatures of fluid inclusions from the locality (Z) with other occurrences of polymetallic mineralization in Tatric Unit of Western Carpathians Mts. (modified after Luptáková and Chovan, 2006).



mm) v kremennej žilovine. Často vystupuje v asociácii s ceruzitom alebo oxidom Mn(?).

Siderit a smithsonit. – Mineralogickou zvláštnosťou lokality je výskyt sideritu – smithsonitu (Zn siderit – dominantný, Fe smithsonit – zriedkavejší). V kremennej žilovine vytvára oválne zrná s veľkosťou do 1 mm (obr. 4d) alebo agregáty s koloformnou štruktúrou (obr. 4e). V rámci jednotlivých zŕn sme pozorovali submikroskopické domény obohatené o Zn, pričom „základ“ zrna tvorí fáza chudobnejšia na Zn (obr. 4f). Obrastá jednotlivé zrná kremeňa II a lokálne aj galenitu.

Zinok v štruktúre týchto karbonátov izomorfne zastupuje železo, pričom študované fázy veľmi dobre zodpovedajú fázam medzi koncovými členmi siderit-smithsonit. Zistený obsah zinku v karbonátoch kolíše v rozmedzí 0,15 až 0,48 at. % (tab. 7, obr. 5). Pomer Fe : Zn (hm. %) kolíše v rozsahu od 4,3 : 1 až do 1 : 1,2. V skúmanom Zn siderite je charakteristická stabilná prítomnosť Pb (0,29 – 0,94 hm. %), Ca (0,45 – 3,43 hm. %) a Mn (0,20 – 2,20 hm. %).

X minerál (oxid? Mn). – Zistil sa v kremennej žilovine, kde tvorí výplne drobných pukliniek v asociácii s goethitom. V prechádzajúcom svetle je polopriehľadný a má hrdzavohnedé sfarbenie. Vystupuje v podobe koloformných útvarov (priemer okolo 0,07 mm; obr. 3f), ktoré sú zoskupené do väčších nepravidelných útvarov s veľkosťou do 0,3 x 0,15 mm. Chemické zloženie minerálu sa zisťovalo iba orientačne (EDAX). Okrem dominantného Si (ktorý pochádza zo žilného kremeňa) sa ukázal iba zvýšený obsah Mn a nízky obsah Pb. Kolomorfné oxidy Mn pravdepodobne predstavujú produkt oxidácie opísaného sulfidu Mn. Zvýšený obsah Pb svedčí o zvetrávaní galenitu, ktorého drobné zrná sú roztrúsené v žilovine.

Štúdium fluidných inklúzií

Fluidné inklúzie (23 meraní) sa študovali vo vzorke kremeňa s makroskopickým galenitom a pyritom. Kremeň I je väčšinou pomerne hrubozrnný, silne rekryštalizovaný a preniknutý hustou sieťou mikroskopických trhlín s veľkým množstvom sekundárnych fluidných inklúzií. Primárne inklúzie sa nezistili, a preto predmetom mikrotomografického štúdia boli sekundárne fluidné inklúzie. Sekundárne inklúzie obsahovali najčastejšie vodný roztok solí a plynnú fázu. Zriedkavo sa zistili aj trojfázové inklúzie s malým kryštálom halitu. Pri zahrievaní niektorých vymrazených, pôvodne dvojfázových inklúzií sa vytváral halit, ktorý sa však topil pri nízkej teplote do 50 °C. Pri opakovanom pokuse sa proces už nezopakoval. Podobne pri homogenizácii pôvodne trojfázovej inklúzie s halitom sa po zohrievaní vymrazenej inklúzie už halit nevytvoril. Objem plynnej fázy vo všetkých inklúziách predstavoval okolo 15 – 20 %. Maximálna veľkosť inklúzií dosahovala 21 μm, priemerne okolo 9 μm. Eutektická teplota (Te) sa pohybovala od –54,7 do –61,7 °C a teplota topenia ľadu ($T_{m_{\text{ľad}}}$) od –15,3 do –25,6 °C. Veľmi nízka Te nasvedčuje tomu, že na zložení solí rozpustených vo vodnom roztoku sa vo veľkej miere podieľa pravdepodobne CaCl_2 . Podľa salinity a homogenizačnej teploty tieto inklúzie vytvárajú 2 typy, ktoré sa však parageneticky nepodarilo navzájom

odlíšiť. Vyššieteplotné a nižšiesalinické inklúzie (priemerná salinita okolo 20 hm. % NaCl ekv.) homogenizovali pri teplote od 212 do 265 °C (obr. 6A). Druhý, vyššiesalinický a nižšieteplotný typ inklúzií (okolo 25 hm. % NaCl ekv.) homogenizoval pri teplote od 175 do 209 °C. Halit sa vyskytoval len v nižšieteplotnom a vyššiesalinickom type inklúzií a topil sa pri teplote 149 a 153 °C. Aj teplotu topenia hydrohalitu sa podarilo zaznamenať len v nižšieteplotnom a vyššiesalinickom type inklúzií. Topenie prebiehalo metastabilne v rozmedzí 13,9 – 23,4 °C.

Diskusia

Vzhľadom na to, že primárny zdroj zlata v rozsypoch v zoborskej časti Tribeča nie je známy, študovaná lokalita v kryštaliniku predstavuje najvýznamnejší výskyt hydrotermálnej rudnej mineralizácie. Dominantný galenit vo výplni žíl, sukcesívne a paragenetické vzťahy, ako aj merania fluidných inklúzií naznačujú podobný charakter, ako má hydrotermálna polymetalická mineralizácia vyvinutá na niekoľkých známych lokalitách v kryštaliniku tatrika Západných Karpát.

Na základe ložiskového a geologického postavenia v rámci Tribeča je študovaná lokalita podobná Fe-karbonátovo-kremeňovo-sulfidickým žilám v Jedľových Kostolanoch, ktoré vystupujú vo variských, silne mylonitizovaných granodioritoch veporika (Ivanička et al., 1998). Zrudnenie tvorí niekoľko šošoviek zjz.-vsv. smeru s malým smerným a vertikálnym dosahom (Polák, 1957). V zrudnení v Jedľových Kostolanoch dominuje karbonátová a metamorfno-hydrotermálna mineralizácia. Odlišnosti v porovnaní s Jedľovými Kostolanmi spočívajú v absencii staršej, Fe-karbonátovej mineralizácie s chudobnejším minerálnym zložením. Sulfidickú mineralizáciu v Jedľových Kostolanoch reprezentuje staršie, Ni-Co štádium, Cu-sulfidické štádium a najmladšie, Bi-sulfosolové štádium (Chovan et al., 2006; Ozdín, 2008). Na mineralizácii, ktorú opisujeme, tiež vystupuje staršie, Ni-Co štádium, Cu-sulfidické štádium a dominantná galenitová mineralizácia. Ďalšia polymetalická mineralizácia je vyvinutá v permských horninách hronika v Kuliarovej doline, kde prevažuje Cu zrudnenie (najmä chalkopyrit). Mineralizáciu v doline Maras pri Píle (niekedy aj dolina Moras) predstavuje charakteristická asociácia sulfidov zastúpená pyritom, chalkopyritom, galenitom a sfaleritom. Všetky porovnané výskyty však vystupujú v rázdielskej časti Tribeča a okrem lokality v Jedľových Kostolanoch sú z hľadiska metalogenézy na nízkej úrovni poznania.

Lokalita svojím jednoduchým zložením primárnej mineralizácie je porovnateľná aj s polymetalickou mineralizáciou Ján Baptista v Považskom Inovci. Tam však hojnejšie vystupuje chalkopyrit a sfalerit (Polák, 1971b). Sfalerit aj chalkopyrit na lokalite Veľčice-Horné štólne vystupujú iba ojedinele. Ostatné lokality polymetalickej mineralizácie ako Jasenie-Soviansko (Luptáková, 2007), Vyšná Boca-Bruchatý grúnik, Chopec (Ozdín a Chovan, 1999) a Mlynná dolina (Majzlan et al., 2002) v Nízkych Tatrách, Čavojs (Mikuš et al., 2003) v Strážovských vrchoch a Pod Babou (Luptáková et al., 2006) v Malých

Karpatoch sú v niektorých metalogenetických aspektoch odlišné. Kokardové a páskované textúry rúd napr. v Jasení-Soviarsku (Luptáková, 2007) svedčia o komplikovanom fluidnom režime. Bohatý výskyt sfaleritu a sulfosolí a vystupovanie Ag minerálov na opísaných lokalitách svedčí o pestrom zložení rudonosných roztokov, kým minerálne zloženie Pb-Zn mineralizačného štádia na študovanej lokalite je pomerne jednoduché.

Zaradenie staršieho kremeňa I do sukcesívnej schémy vývoja študovanej mineralizácie je pre nedostatok dôkazov problematické. Napriek tomu, že sa kremeň I nepodarilo bližšie špecifikovať ani mikrotermometrickým štúdiom, ani vystupovaním sprievodných minerálov, predpokladáme, že je predstaviteľom alpinskej metamorfo-hydrotermálnej mineralizácie (tzv. žily alpského typu) známej aj z kryštalika veporika (Ferenc a Bakos, 2006).

Pre lokalitu je charakteristické aj hojné vystupovanie Fe-Zn karbonátov. Substitúcia Fe/Zn v mineráloch smithsonitovo-sideritového radu je známa z viacerých lokalít na svete. Monheimit je definovaný ako smithsonit bohatý na Fe, s pomerom Fe : Zn = 1 : 1,59 (Dana et al., 1951). Ježek (1932) pod označením monheimit uvádza siderit bohatý na Zn z ložiska Altenberg (Nemecko). Výskyt smithsonitu s obsahom Fe až 26,6 hm. % opisujú z ložiskovej oblasti Olkusz v Poľsku Baĸ a Nieć (1978). Smithsonit tu vystupuje v rámci sfaleritovo-markazitovej periódy (záver sideritovej mineralizácie) v kavernóznych dolomitoch. Na základe jeho prítomnosti mimo dosahu oxidačnej zóny sa autori prikláňajú k jeho primárnemu pôvodu. V rámci Slovenska sa doteraz smithsonit so zvýšeným obsahom Fe zistil iba v rámci Pb-Zn zrudnenia na lokalite Ochtinská Dúbrava (Beňo, 1957). Hoci dosiaľ nie je známy supergénny pôvod sideritu, na základe charakteru vystupovania, ako aj paragenézy s ceruzitom sa prikláňame k supergénnemu vzniku smithsonitu a sideritu na študovanej lokalite. Tvorba pomerne nerozpustných uhličitanov – ceruzitu, smithsonitu a sideritu – naznačuje finálnu fázu pôsobenia hypergénnych procesov na rudnú mineralizáciu.

Sekundárne fluidné inklúzie na puklinách v staršom (metamorfo-hydrotermálnom?) kremeňi, pre ktoré je typická vysoká salinita v rozmedzí 20 – 25 hm. % NaCl ekv. a teplota homogenizácie medzi 200 až 250 °C, sprevádzané žilkami mladšieho kremeňa a hniezdami galenitu na puklinách, sú nápadne podobné fluidám zisteným na lokalitách polymetalickej mineralizácie, napríklad na lokalitách Jasenie-Soviarsko, Mlynná dolina atď. (Luptáková a Chovan, 2006). Charakter týchto inklúzií zodpovedá aj fluidám, ktoré sú na ložiskách v tatriku typické pre karbonátovú, sulfidickú, baritovú a hematitovú asociáciu (Chovan et al., l. c.). Vyznačujú sa strednou až vysokou salinitou, ktorá kolíše v pomerne širokom rozmedzí, od 10 do 35 hm. % NaCl. Inklúzie sa vyznačujú aj vysokým obsahom chloridov dvojmocných katiónov, ktoré často prevládajú nad NaCl.

Datovanie hydrotermálneho monazitu z lokality Jedľové Kostolany poukazuje na vrchnokriedový vek (83 ± 9 mil. r.) mineralizácie (Ozdín, 2008). Ak tzv. žily alpského typu na študovanej lokalite vznikli počas rovnakých metalogenetických procesov ako v Jedľových Kostolanoch,

tak polymetalická mineralizácia, ktorá je v rámci sukcesie mladšia, bude s veľkou pravdepodobnosťou tiež vrchnokriedového alebo mladšieho veku. Izotopové pomery Pb z Jasenia-Soviarska však podporujú mladovariský až paleoalpínsky vek galenitovo-sfaleritovej etapy (Chovan et al., l. c.).

Podakovanie. Ďakujeme Dr. J. Jahnovi za upozornenie na výskyt starých banských prác na opisovanej lokalite a za konzultáciu. Ďakujeme spoločnosti Eastern Mediterranean Resources – Slovakia, s. r. o., za financovanie analýz rudných vzoriek. Elektronové mikroanalýzy a mikrotermometrické štúdium boli financované z úlohy č. 0503 *Zdroje fluid v metalogenéze Západných Karpát.*

Literatúra

- BAĸ, B. & NIEĆ, M., 1978: O występowaniu monheimitu w złożu rud Zn-Pb Boleslaw kolo Olkusza. In: *Mineral. Pol. (Kraków)*, roč. 9, č. 1, s. 123 – 130.
- BAKOS, F. & ŽITŇAN, P., 2001: Supergénne obohatené zóny – možný zdroj zlata v rozsypoch oblasti Tribeča. In: *Miner. Slov. (Bratislava)*, roč. 33, s. 453 – 458.
- BEŇO, J., 1957: K mineralógii Pb-Zn zrudnenia pri Ochtinej. In: *Čas. Miner. Geol. (Praha)*, s. 1 – 13.
- BODNAR, R., 1993: Revised equation and table for determining the freezing point depression of H₂O–NaCl solutions. In: *Geochim. cosmochim. Acta (Oxford)*, 57, pp. 683 – 684.
- DANA, J. D., DANA, E. S., PALACHE, Ch., BERMAN, H. & FRONDELL, C., 1951: The system of mineralogy, Vol. II, halides, nitrates, borates, carbonates, sulphates, phosphates, arsenates, tungstates, molybdates etc. 7th ed. New York, J. Willey and sons, 773 p.
- FERENC, Š. & BAKOS, F., 2006: Au, Bi, Te mineralizácia v sineckej strižnej zóne (Kokava nad Rimavicou) – nový typ mineralizácie v Západných Karpatoch. In: *Miner. Slov. (Bratislava)*, roč. 38, č. 3, s. 223 – 240.
- CHOVAN, M., HURAI, V., PUTIŠ, M., OZDÍN, D., PRŠEK, J., MORAVANSKÝ, D., LUPTÁKOVÁ, J., ZAHRADNÍKOVÁ, J., KRÁL, J. & KONEČNÝ, P., 2006: Zdroje fluid a genéza mineralizácií tatrika a severného veporika. Čiastk. záver. správa. *Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra*, 254 s.
- IVANIČKA, J., HÓK, J., POLÁK, M., HATÁR, J., VOZÁR, J., NAGY, A., FORDINÁL, K., PRISTAŠ, J., KONEČNÝ, V., ŠIMON, L., KOVÁČIK, M., VOZÁROVÁ, A., FEJDIOVÁ, O., MARCIN, D., LIŠČÁK, P., MACKO, A., LANC, J., ŠANTAVÝ, J. & SZALAIOVÁ, V., 1998: Vysvetlivky ku geologickej mape Tribeča 1 : 50 000. *Bratislava, GS SR, Vyd. D. Štúra*, 247 s.
- JAHN, J., 2005: Zhodnotenie antropogénno-litologických vplyvov na vybrané prvky krajinej štruktúry v chránenej krajinej oblasti Ponitrie. [Dizertačná práca.] *Manuskript. Nitra, archív Kat. ekológie a environm., FVP UKF*, 149 s.
- JEŽEK, B., 1932: Mineralogie. In: *Janda et al.: Velký ilustrovaný přírodopis všech tří říší. Praha*, s. 549 – 1 368.
- KNĚSL, J. & KNĚSLOVÁ, A., 2002: Zlatá mineralizácia v Tribečskom rudnom rajóne. In: *Miner. Slov. (Bratislava)*, roč. 34, č. 3 – 4, s. 181 – 190.
- KOVÁČ, M., KRÁL, J., MÁRTON, E., PLAŠIENKA, D. & UHER, P., 1994: Alpine uplift history of the Central Western Carpathians: Geochronological, paleomagnetic, sedimentary and structural data. In: *Geol. Carpath. (Bratislava)*, Vol. 45, No. 2, pp. 83 – 96.
- LUPTÁKOVÁ, J. & CHOVAN, M., 2006: Character of hydrothermal fluids in Pb-Zn vein mineralization in the Tatric Unit of the Western Carpathians. Abstract. In: *Mineral. Pol. (Kraków)*, spec. pap., 28, pp. 136 – 138.
- LUPTÁKOVÁ, J., CHOVAN, M. & ANDRÁŠ, P., 2006: Mineralogical study of hydrothermal vein Pb-Zn deposit Pod Babou (Malé Karpaty Mts., Slovakia). *Abstract. Acta mineral. petrogr., Ser. 5*, p. 68.

- LUPTÁKOVÁ, J., 2007: Hydrotermálna Pb-Zn mineralizácia v tatrickej tektonickej jednotke Západných Karpát. [Dizertačná práca.] *Manuskript. Bratislava, archív Kat. mineral. a petrol., PriF UK, 162 s.*
- OZDÍN, D. & CHOVAN, M., 1999: New mineralogical and paragenetic knowledge about siderite veins in the vicinity of Vyšná Boca, Nízke Tatry Mts. *In: Slovak Geol. Mag. (Bratislava), Vol. 5, No. 4, pp. 255 – 271.*
- OZDÍN, D., 2008: Mineralogy and genetical study of hydrothermal siderite-quartz-sulphidic veins in Jedlové Kostolany, the Tribeč Mts. (Slovak Republic). *In: Mineralogia, spec. pap., 32, pp. 122 – 123.*
- POLÁK, S., 1957: Žilná fluor-apatit-sideritová paragenéza z Jedlových Kostolian, okr. Zlaté Moravce. *In: Geol. Práce, Zpr. (Bratislava), č. 11, s. 76 – 88.*
- POLÁK, S., 1971a: Zlatá mineralizácia pri Skýcovskom zlome na SZ svahoch Tribeča v Klížskom Hradišti. *In: Miner. Slov. (Bratislava), roč. 3, č. 9, s. 63 – 65.*
- POLÁK, S., 1971b: Príspevok k metalogenéze Považského Inovca. *In: Miner. Slov. (Bratislava), roč. 3, č. 11, s. 237 – 242.*
- UHER, P., JAHN, J. & ANTALA, M., 1997: Chemické zloženie hydrotermálneho lazulitu a gorceixitu v kremencoch Tribeča. *In: Miner. Slov. (Bratislava), roč. 29, s. 240 – 241.*

Rukopis doručený 9. 2. 2009

Rukopis akceptovaný r. r. 30. 6. 2009

Revidovaná verzia doručená 26. 3. 2009