ISSN 1211–8796

Acta Mus. Moraviae, Sci. geol.
CIII (2018): 2, 17–37, 2018

HYDROTERMÁLNÍ STŘÍBRONOSNÁ Pb-Zn MINERALIZACE V MOLDANUBICKÉM PLUTONU V OKOLÍ DAČIC A SLAVONIC

HYDROTHERMAL SILVER-BEARNING Pb-Zn MINERALIZATION OF MOLDANUBIAN PLUTON NEAR DAČICE AND SLAVONICE

VLADIMÍR HRAZDIL, STANISLAV HOUZAR & EVA VÍŠKOVÁ

Abstract

Hrazdil, V., Houzar, S., Víšková, E., 2018: Hydrotermální stříbronosná Pb-Zn mineralizace v moldanubickém plutonu v okolí Dačic a Slavonic. – Acta Mus. Moraviae, Sci. geol., 103, 2, 17–37.

Hydrothermal silver-bearing Pb-Zn mineralization in Moldanubian Pluton near Dačice and Slavonice

Small deposits of silver-bearing base-metal ores have been mined in the past along the eastern margin of Central Moldanubian Pluton, especially in the 16th century. However, their production was insignificant, and there was not much information about mining at that time. The source of the ore mineralization are quartz veins of NW-SE direction of Variscan age, deposited in Číměř type granite.

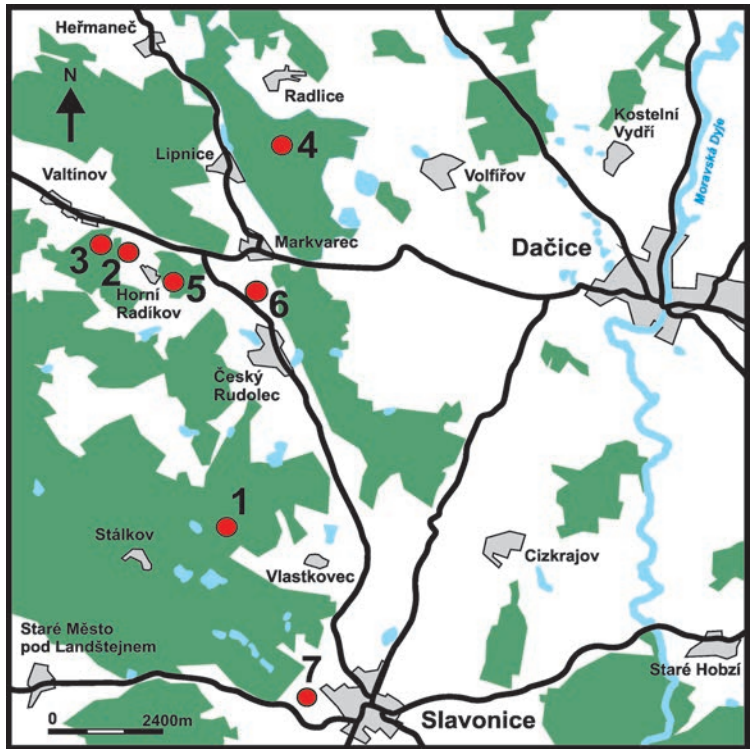
The mineral assemblage is simple, consisting of sulphides: galena, sphalerite, pyrite, arsenopyrite and chalcopyrite. In addition to galena, also chalcopyrite was a carrier of silver. Upon its supergene alteration, a mixture of covellite and acanthite was formed, native silver is rare. The maximum silver content in ore is around 2000 ppm and the gold content is ≤ 4 ppm. In the oxidation zone, abundant but very thin coatings and tiny aggregates of Fe-Cu-Pb-S-P supergene minerals (goethite, pyromorphite, corkite, malachite, native sulphur, destinezite) were formed in cavities and fissures in quartz.

Key words: silver, acanthite, chalcopyrite, covellite, base-metals, hydrothermal quartz veins, Central Moldanubian Pluton, Czech Republic

Vladimír Hrazdil, Stanislav Houzar, Eva Víšková, Department of Mineralogy and Petrography, Moravian Museum, Zelný Trh 6, 659 37 Brno, e-mail: vhrazdil@mzm.cz

ÚVOD

O rudním revíru dačicko-slavonickém, který snad mohl mít lokálně větší význam v 16. století, neexistují takřka žádné historické zprávy. Pouze krátká zmínka v díle Peithnera z Liechtenfelsu (1780) odkazuje na dvě hornické listiny Ferdinanda I z let 1542 a 1549, týkajících se mj. stříbrných a zlatých dolů slavonických. Pozůstatky po těžbě stříbra, včetně nálezů hornických želízek s unikátními značkami (Hrazdil *et al.* 2008), jsou v současnosti dochovány pouze nedaleko Radlic u Dačic, u Horního Radíkova-Valtínova a Vlastkovce, kterým jsme při revizi pozůstatků po dolování drahých kovů na Vysočině věnovali určitou pozornost (obr. 1).



Obr. 1. Lokalizace studovaných stříbronosných ložisek (1–5) a historických dobývek na křemenných žilách (6–7). 1 – Vlastkovec-Grázlova sluj; 2 – Horní Radíkov, 3 – Valtínov-Havlovy hory; 4 – Radlice-Havíře; 5. Horní Radíkov-Hadí jámy; 6 – Markvarec; 7 – Slavonice.

Fig. 1. Localization of the studied silver bearing deposits (1–5) and historical pits at quartz veins (6–7). 1 – Vlastkovec-Grázlova sluj; 2 – Horní Radíkov, 3 – Valtínov-Havlovy hory; 4 – Radlice-Havíře; 5 – Horní Radíkov-Hadí jámy Pit; 6 - Markvarec; 7 – Slavonice.

Na historické dolování v oblasti upozorňují také stará toponyma, jako např. u Českého Rudolce „Schmelzhütten“ a „Silberberg Äcker“, u Radíkova a Stálkova „Bergwerk Äcker a Wolfsgruben nebo u Vlastkovce „SilberBerg“. Další zmínky o údajné těžbě Ag-Pb-Zn rud a zlata (ale možná jen po exploataci pyritu pro cizkrajovskou továrnu nebo jen sklářského křemene) jsou dochovány u Slavonic, Cizkrajova a Dačic-Hradišťka, příp. u Chvaletína a Markvarce (Luna 2005).

Pozn.: *Roku 1806 vznikl u Cizkrajova průmyslový podnik, který Razumowští pronajali Eleonoře von Flick, majitelce Starého Hobzí (Althart), která v tzv. zámečku v roce 1834 zřídila „olověné komory (Bleikammer)“ na výrobu kyseliny sírové, první podnik tohoto druhu na území Rakouského císařství. Svou činnost závod ukončil roku 1847. Jako surovina byl částečně využíván místní pyrit. Jeho těžba na místních lokalitách byla nepatrného rozsahu, šlo spíše jen o krátkodobé práce (Chlupáček 1992a, b), např. v Cizkrajově a v Hradišťku u Dačic (Chlupáček P. nepublikováno, rukopis Mineral. Petr. odd. MZM, Brno).*

Od roku 1808 existovala u Rožnova při novobystřické silnici sklárna a v roce 1810 zahájila na potoce (am Kräuteringbache) u Dolního Bolíkova (Wölkingsthal) provoz železárna. (http://rodopisna-revue-online.tode.cz/2013-2_soubory/03-05-rudolec.pdf přístup 2. 8. 2018)

HISTORIE MINERALOGICKÝCH VÝZKUMŮ

Nehledíme-li na poznámku D'ELVERTA (1866) o galenitu, resp. stříbrných a zlatých dolech u Slavonic, první a nezřídka dodnes jediné informace o minerálech zdejších lokalit pocházejí až od brněnského sběratele P. Chlupáčka, který na lokalitách sbíral minerály ve čtyřicátých letech 20. století (CHLUPÁČEK 1992a, b). V řadě případů však jeho vzorky, uchovávané např. ve sbírce Moravského zemského muzea v Brně, nevzbuzují důvěru, neboť docházelo k záměnám mezi různými lokalitami nebo dokonce k záměrnému upravování některých vzorků (vlepení stříbra) a minerály nebyly vesměs určeny exaktními metodami.

Až o mnoho let později byly identifikovány další minerály, v roce 1965 destinezit (J. Luna) a po roce 2000 mikroskopický selenid Ag naumannit (K. Malý), oba z Vlastkovce; všechny zdejší historické doly této oblasti byly také přehledně popsány (LUNA 2005). MALÝ a DOLNÍČEK (2005) stručně charakterizovali zdejší mineralizace v rámci studia hydrotermálních rudních asociací Českomoravské vrchoviny včetně výzkumu některých stabilních izotopů a přiřazují je k mesotermální asociaci bez karbonátů a barytu. Některé topograficko-mineralogické poznatky obsahuje také studie HRAZDILA *et al.* (2008), prioritně věnovaná nálezům hornických želízek. Práce STRÁNSKÉHO *et al.* (2004, 2008, 2009) o Radlicích, Horním Radíkově a Valtínovu přinášejí sice některé zajímavosti, avšak z mineralogického hlediska takřka žádný význam nemají.

Vedle výše uvedených faktorů také v důsledku postupného zániku některých lokalit zůstávají v současnosti některé starší nálezy minerálů nepotvrzené. Z Radlic nemáme doložen arzenopyrit, azurit, chalkozín, jarosit, plumbojarosit, pochybnosti existují také u stříbra. Z Valtínova chybí veškerý rudní materiál a z Horního Radíkova všechny rudní minerály z lokality u „Hadích jam".

CHARAKTERISTIKA LOKALIT

Vlastkovec-Grázlova sluj

Lokalita Vlastkovec ležící asi 1,5 km severozápadně od stejnojmenné obce, se nachází v lese na „Stříbrném kopci" (Silberberg). Jde o pozůstatky po dolech založených na několika křemenných žilách přibližně směru SZ–JV prorážejících granit centrálního plutonu. Mělké jámy s patrnými obvaly kopírují směr žíly a táhnou se v délce cca 200 m. U samotných dolů je umístěna informační tabule s životopisem známého loupežníka Jana Jiřího Grasela a místo je vedeno v turistických průvodcích pod jménem „Graselova sluj".

Z rudních minerálů je znám pouze sporadický pyrit, galenit a sfalerit v křemeni.

Dobu těžby na lokalitě nedokládají žádné historické prameny, dá se však předpokládat, že probíhala v 16. století, kdy k roku 1542 existuje zmínka o udělení práva na těžbu zlata a stříbra u Telče a Slavonic (PEITHNER 1780). Tři nalezená hornická želízka vykazují masivní provedení a značné opotřebení, což bylo při těžbě v pevném horninovém prostředí asi nezbytnou nutností (HRAZDIL *et al.* 2008, LUNA 2005).

Obr. 2. Pozůstatky historické těžby na zrudněné křemenné žíle v západní části lokality Vlastkovec-Grázlova sluj (foto V. Hrazdil, r. 2016).
Fig. 2. Remains of historical mining at the ore-bearing quartz vein in the western part of the locality Vlastkovec-Grázlova sluj (photo V. Hrazdil, 2016).

Horní Radíkov–Valtínov

V katastrálním území obce Horní Radíkov, která leží asi 2,5 km SZ od Českého Rudolce, jsou dnes známa dvě místa s pozůstatky po důlní činnosti. Obě jsou založena na křemenné žíle směru SZ–JV a od sebe jsou vzdálena cca 0,75 km. Pozůstatky starých dolů lze nalézt po pravé straně silnice z Českého Rudolce do H. Radíkova v tzv. „Hadích jámách“. Velké balvany a skaliska křemene ukazují, že v minulosti pravděpodobně došlo k novověkému přetěžení lokality za účelem získání suroviny pro nedaleké sklárny v Rožnově. Chlupáček (1992a) z těchto míst udává nálezy křemenné žiloviny s vtroušeninami drobně zrnitého galenitu, ojediněle i drobná zrnka „argentitu“ (= akantit) a povlaky druhotného žlutohnědého pyromorfitu. Křemen byl také dobýván asi 1 km na JV odtud (lokalita 6 na obr. 1), kde jsme rudní minerály ani na dočasně dobře odkryté žíle ani obvalech nezjistili.

Pokračování této mohutné křemenné žíly pronikající granity centrálního plutonu (landštejnský typ) se objevuje SZ od obce v trati s příznačným názvem „Kutiska“, místními též zvané „Vlčí jámy“. Při západním okraji lesa se nacházejí jámy s odvaly polozaházené balvany granitu a velká halda. Dále pak na SV, asi 100 m níže po svahu, je osamocená asi 4 m hluboká jáma (pozůstatek štoly) s haldou převážně hlušinového materiálu (obr. 3).

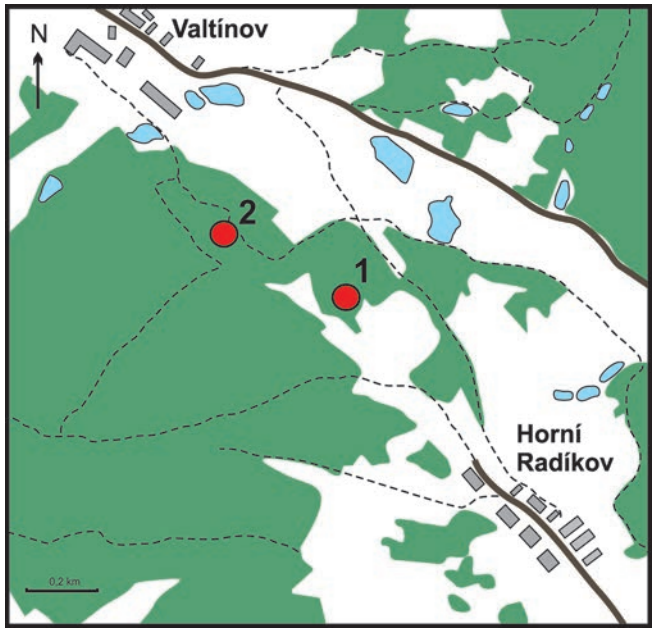
Obr. 3. Pozůstatky po historické těžbě stříbra sz. od Horního Radíkova: (a) odval hlavní šachty, (b) zaniklé ústí štoly (foto V. Hrazdil r. 2017).

Fig. 3. Remains of historical mining of silver NW from Horní Radíkov: (a) Tailings of the main shafts, (b) abandoned mouth of the gallery (photo V. Hrazdil in 2017).

Z primárních rudních minerálů je z těchto míst uváděn drobně zrnitý galenit zarostlý v křemeni, sfalerit, pyrit a arzenopyrit. Dolování zde mohlo probíhat už v 15. nebo 16. století, což je doloženo i nálezem početního penízku z doby Vladislava Jagelonského na přilehlém poli, které mohlo být aplanovanou haldou (CHLUPÁČEK 1992a). Nalezený keramický materiál lze datovat od 2. pol. 15. do počátku 17. století. Hornická želízka pocházející z této lokality jsou význačná svojí velikostí a štíhlým dlouhým tvarem. Mezi unikátní se řadí zejména díky velmi dobře dochovaným a po konzervaci objeveným kovářským značkám (HRAZDIL *et al.* 2008).

Na katastru obce Valtínov vystupuje výše popsaná křemenná žíla jižně od obce, na severním svahu kopce v místech nazývaných „Havlovy hory". Na této lokalitě je dnes patrný výrazný pinkový tah sz.–jv. směru. Celá lokalita je však zarostlá ostružiním a její přístupnost je značně omezená. Asi 100 m od těchto prací, níže po svahu směrem k Valtínovu je zasutá a balvany granitu zasypaná šachtice s výrazným odvalem. Haldový materiál je tvořen pouze hlušinou. Z lokality jsou uváděna jen drobná zrnka galenitu, sfaleritu, pyritu a arzenopyritu (CHLUPÁČEK 1992b). V případě ojedinělých hornických želízek se jedná o nástroje štíhlého, protaženého tvaru, v jednom případě s kovářskou značkou totožnou s výše uvedenou lokalitou u Horního Radíkova.

Historické údaje o obou lokalitách s dochovanými zbytky starých důlních prací nejsou zatím publikované (HRAZDIL *et al.* 2008). Na zveřejnění čeká bohatý archivní materiál o těžbě stříbra v 16. století v těchto místech teprve nedávno zjištěný J. Doleželem z Archeologického ústavu AV ČR v Brně (ústní sdělení 2010).



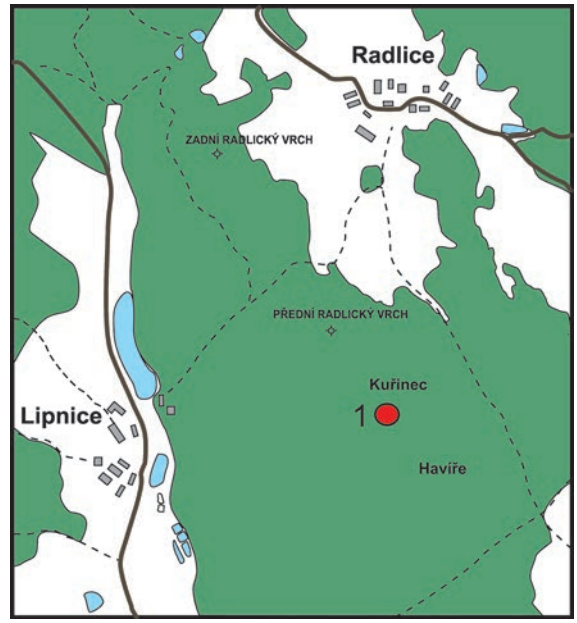
Obr. 4. Topografická situace opuštěných dolů u Horního Radíkova (1) a Valtínova-Havlovy hory (2).

Fig. 4. Topographic situation of abandoned mines near Horní Radíkov (2) and Valtínov-Havlovy Hory (2).

Obr. 5. Pozůstatky po historické šachtě u Valtínova (foto V. Hrazdil r. 2017).
Fig. 5. Residues after the historical shaft near Valtínov (photo V. Hrazdil in 2017).

Radlice – Havíře

Směrem na SV, na protější straně Rudoleckého prolomu, se na Radlickém vrchu v místech zvaných „Havíře“ nachází výrazné pozůstatky po dolování stříbronosných rud. Geologicky jde opět o mocnou křemennou žílu, vystupující nad okolní terén ve formě křemenného valu a prorážející granit centrálního plutonu (číměřský typ).



Obr. 6. Topografická situace opuštěných dolů u Radlic.
Fig. 6. Topographic situation of abandoned mines near Radlice.

Obr. 7. Pozůstatky po historických šachtách u Radlic (foto V. Hrazdil r. 2017).
Fig. 7. Remains after historical shafts near Radlice (photo V. Hrazdil in 2017).

Jde z velké části o nezrudněnou a místy i drúzovitou křemennou žilovinu, která však vykazuje na několika místech nabohacení rudními minerály. Těžbu křemene samotného dokládá dnes opuštěný kamenolom v trati „Kuřinec“ vzdálený od pozůstatků důlní činnosti asi 200 m na SZ (obr. 6). Samotná lokalita se nachází v zalesněné části na hřebeni a úbočí kopce a je reprezentována několika menšími pinkami a dvěma výraznými zčásti zasutěnými šachticemi s výchozy křemenných žil. Největší jáma (obr. 7a) byla ještě na přelomu 19. a 20. století značně hluboká a z této doby je udávána i zachovaná výdřeva tvořená trámy a sloupy (Chlupáček 1992a), dnes je průměr jámy kolem 10 m a její hloubka dosahuje 5 m. Viditelná část křemenné žíly směru přibližně SZ–JV zde dosahuje mocnosti až 2 m. Níže po svahu se nachází ještě jáma hluboká asi 4 m (obr. 7b). Z rudních minerálů převládají galenit, sfalerit a covellín, dále je popisován pyrit a chalkopyrit. Zmiňuje se také výskyt ryzího stříbra, které doprovází černošedé povlaky „argentitu“ (Chlupáček 1992a).

Historické písemné doklady o těžbě chybí, ale můžeme předpokládat těžební činnost v 16. století, kdy území Radlic náleželo po krátkou dobu pánům z Hradce a Krajku, kteří též spravovali doly v okolí Dobré Vody u Mrákotína (Chlupáček 1992a). Hornická želízka se z velké části vyznačují svou masivností. Stejně jako na dvou předešlých lokalitách byla i zde hornická želízka někdy označována výrobcem a to formou vyražení kovářské značky (Hrazdil *et al.* 2008).

GEOLOGICKÁ SITUACE

Oblast, označovaná jako Dačicko-slavonický revír historické těžby stříbrných rud se nachází v moldanubiku západní Moravy. Rudní žíly vystupují v dvojslídných granitech až monzogranitech centrálního moldanubického plutonu (typ Eisgarn, u nás označovaný jako číměřský, místy i landštejnský typ) variského stáří, který pronikl do cordierit-biotitických migmatitů monotónní jednotky moldanubika. Migmatity byly postiženy variskou metamorfózou za T 650–700 °C a P > 4,5 kbar (Liner 1994, 1996), která předcházela intruzi granitů stáří okolo 235 miliónů let (René 2012).

Křemenné žíly, lokálně obsahující vtroušenou Ag-Pb-Zn-Cu-As mineralizaci, vyplňují významné tektonické poruchy převážně ssz.–sz. – jjv.–jv. směru ve středně zrnitých až hrubozrnných granitech. Jde převážně o monominerální, z tektonického hlediska komplikované brekciovité žíly o délce stovek metrů, s mocností až přes 10 m. Rozsah zrudněných úseků těchto žil je výrazně menší, směrově patrně nepřesahují několik desítek m a mocnost většinou nepřevyšuje 1 m. Granity na jejich kontaktu jsou často alterované hydrotermálními fluidy (sericitizace, kaolinitizace). S křemennými žilami jsou prostorově sdruženy někdy žíly pegmatitů (Vlastkovec, Slavonice), žulových porfyrů a dioritových porfyritů (u Valtínova).

Křemenné žíly bývaly často zřetelné morfologicky (v současnosti jsou vesměs již odtěženy), u Radlic mají dosud charakter geomorfologicky význačných křemenných valů až 250 m dlouhých (Zadní a Přední Radlický vrch); celková délka žilného systému je tu okolo 3 km (Luna 2005). Podobný směr jako křemenné žíly má i geomorfologicky patrný Rudolecký prolom, nejspíše produkt „neotektonických“ radiálních pohybů (Votýpka 1967).

METODIKA

Uváděné poznatky vycházejí zejména z terénních výzkumů historických odvalů, z vlastních vzorků i z revize věrohodných starších ukázek deponovaných ve studijní sbírce Mineralogicko-petrografického odd. Moravského zemského muzea v Brně. Bylo využito rovněž pozorování několika výbrusů v procházejícím i odraženém světle.

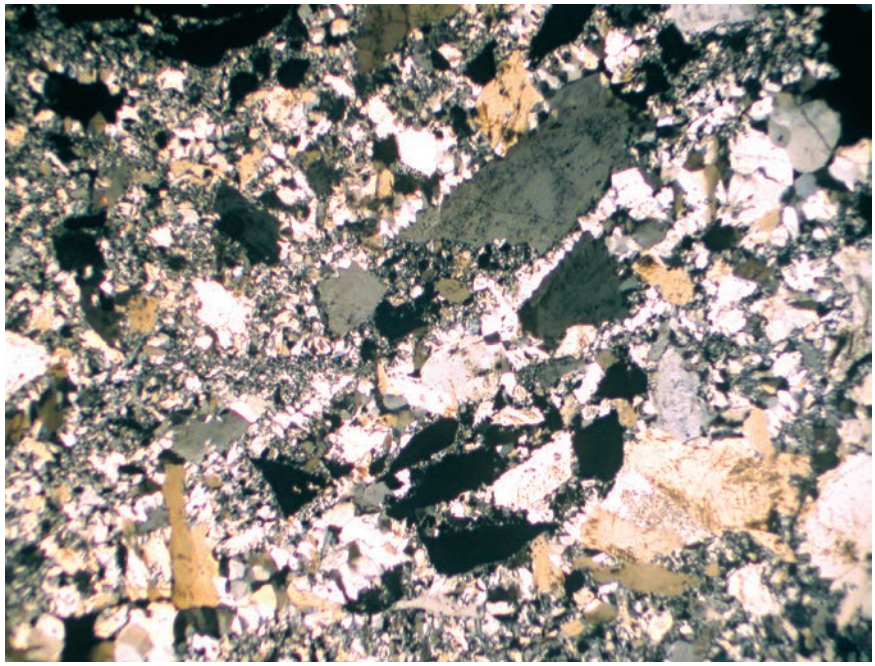
Chemické analýzy minerálů byly zhotoveny na elektronové mikrosondě Cameca SX 100 na společném pracovišti elektronové mikroskopie a mikroanalýzy UGV PřF MU a ČGS v Brně (analytik J. Haifler). Měření probíhalo za těchto podmínek: vlnově disperzní

mód (WDX), urychlovací napětí 25 kV, proud svazku 20 nA, velikost svazku 1 μm (pro supergenní Pb-fáze 15 keV, 10 nA a 5 μm). Jako standardy byly použity dobře definované přírodní a syntetické minerální fáze: Cu (Cu), pararammelsbergit (Ni, As), FeS2 (Fe, S), Co (Co), ZnS (Zn), PbSe (Pb, Se), HgTe (Hg), Cd (Cd), Bi (Bi), Ag (Ag), Sb (Sb) a Au (Au). Pro supergenní Pb-fáze lammerit (As, Cu), Si (sanidin), vanadinit (Pb, Cl, V) fluorapatit (P) wollastonit (Ca), gahnit (Zn), almandin (Fe) a topaz (F). Získaná data byla zpracována pomocí korekce PAP (POUCHOU a PICHOIR 1985). Hodnota *apfu* udává počet atomů na vzorcovou jednotku.

VÝSLEDKY

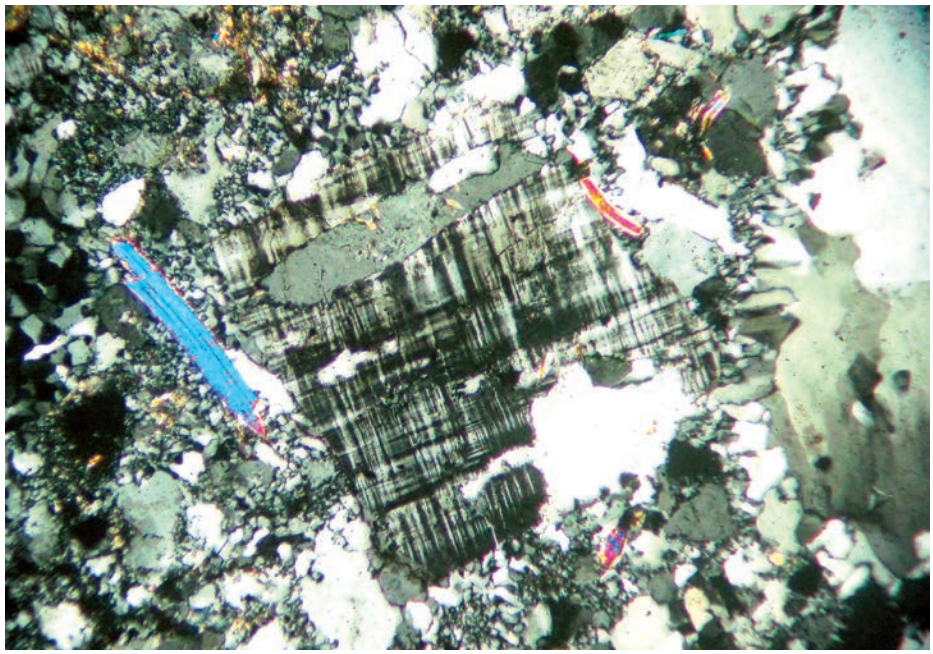
Charakteristika zrudnění

Stříbronosné zrudnění je vázáno na vícegenerační křemen bělošedé barvy několika typů, často brekciovitý, s kokardovou texturou nebo masivní až drúzovitý. Tmavý jemnozrnný křemen I s vrostlicemi rudních minerálů v podobě ostrohranných „klastů“ (obr. 8) je obrůstán světlejším křemenem II (+ III?). Poslední generace náleží bílému drúzovému zonálnímu křemeni III s krystaly velikosti cca < 1 cm a přecházejícího v dutinách do křišťálu. Na křemen narůstá místy drobně ledvinitý chalcedon. Zcela výjimečně byl v Horním Radíkově součástí zrudněné žiloviny muskovit a draselný živec (obr. 9) a vzácně mladší bílý fluorit.



Obr. 8. Rozlámaný sfalerit (černý) v komplikované křemenné brekcii; Radlice (foto J. Toman, zkřížené nikoly, šířka záběru 6 mm).

Fig. 8. Broken sphalerite (black) in a quartz breccia; Radlice (photo by J. Toman, crossed polaroids, width 5 mm).



Obr. 9. Draselný živec (mikroklin) s muskovitem ve zrudněné křemenné žíle; Horní Radíkov (foto J. Toman, zkřížené nikoly, šířka záběru 5 mm).
Fig. 9. Potassium feldspar (microcline) and muscovite within ore-bearing quartz vein; Horní Radíkov (photo J. Toman, crossed polaroids, width 5 mm).

Žilovina je na výchozech (přímý výchoz rudní žíly je v historické jámě u Radlic) vesměs silně kavernózní, s nepatrnými relikty sulfidů a alterovaných granitů. V Radlicích je součástí nepravidelných dutin po téměř vyvětralých sulfidech hojný covellín s akantitem. Část vyloužených dutin po uzavřeninách granitu vyplňuje směs křemene se sericitem, s relikty živců, a hlavně jílové minerály.

MINERALOGIE

Dosavadní mineralogické výzkumy napovídají existenci poměrně jednoduché sulfidické mineralizace křemenných žil (bez karbonátů a barytu), v nichž rudní minerály reprezentují pouze vtroušeniny sfaleritu a pyritu, lokálně také arzenopyritu, galenitu a chalkopyritu. Stříbrná mineralizace je reprezentována akantitem (= argentit starších autorů) s ojedinělými inkluzemi naumannitu (Malý a Dolníček 2005) a výjimečně drátky ryzího stříbra. Ze supergenních minerálů lze uvést covellín, dále byl identifikován místy hojný malachit a cerusit, corkit, ojedinělý pyromorfit, příp. zmíněný destinezit (Luna 2005); další podobné minerály zůstávají zatím pro nepatrnou velikost neurčeny.

PŘEHLED MINERÁLŮ

Pyrit

představuje nejhojnější minerál zdejšího zrudnění. Tvoří jemně zrnité agregáty a křehce deformované anhedrální až euhedrální krystaly v křemeni, který společně s arzenopyritem a sfaleritem barví tmavošedě. Vyskytuje se na všech lokalitách a náleží ke starším minerá-

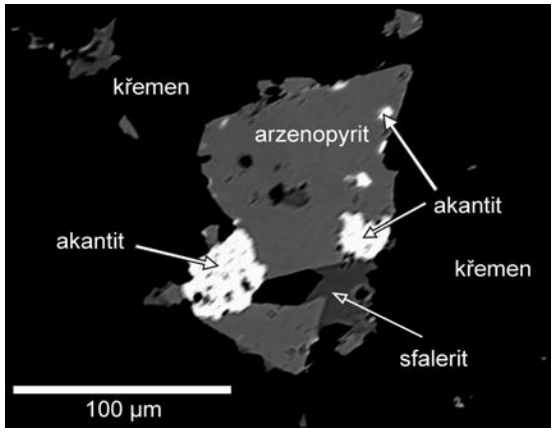
lům, v Radlicích je vzácnější. Obsahy stříbra jsou na hranici detekce (<0,02 hm. %), převážně nulové (tab. 1).

Tabulka 1. Reprezentativní složení pyritu.
Table 1. Representative composition of pyrite.

	Radlice 1	H. Radíkov 2	H. Radíkov 3
		hm. % – wt. %	
Cu	0,01	0,33	0,01
Fe	47,28	47,13	47,24
Zn	0,07	0,01	0,04
Pb	0,21	0,17	0,42
Cd	0,16	0,04	0,04
As	0,44	0,01	0,03
S	52,58	53,02	52,83
total	100,75	100,71	100,61
Cu	0,000	0,006	0,000
Fe	1,017	1,011	1,016
Zn	0,001	0,000	0,001
Pb	0,001	0,001	0,002
Cd	0,002	0,000	0,000
∑	1,021	1,018	1,020
As	0,007	0,000	0,000
S	1,971	1,981	1,979
∑	1,978	1,981	1,980

Arzenopyrit

ve srovnání s pyritem je relativně vzácný u Horního Radíkova, kde jeho anhedrální až subhedrální krystaly velikosti až 2 mm srůstají kromě pyritu také s mladším sfaleritem a vzácně i s „argentitem“ (obr. 10, tab. 2).



Obr. 10. Arzenopyrit se sfaleritem a „argentitem“ v křemeni; Horní Radíkov (BSE foto P. Gadas).
Fig. 10. Arsenopyrite with sphalerite and “argentite“ within quartz; Horní Radíkov (BSE photo P. Gadas).

Sfalerit

kromě pyritu jde o další hojný sulfid ve zdejší mineralizaci. Hnědý sfalerit I je mladší než pyrit a tvoří anhedrální zrna velikosti 3–4 mm s pyritem a arzenopyritem v H. Radíkově (≤1,93 hm. %; ≤0,004 apfu Fe) a s galenitem v křemeni ve Vlastkovci (tab. 3). Podobný tmavě hnědý sfalerit v zrnech cca < 1 cm velkých je znám s galenitem a chalkopyritem z Radlic. Byl tam však vzácněji nalezen i světlý, zelenavě žlutý typ sfaleritu chudého železem, v zrnech velikosti až několik cm (≤0,18 hm. %; 0,003 apfu Fe). Místy obsahuje nepatrný podíl stříbra při hranici detekce mikrosondou (Ag <0.01 hm. %). Zrna sfaleritu jeví znaky silné kataklázy až rozlámání a jsou tmelena křemenem II a III (obr. 8). Ojedinělý mladší sfalerit II tvoří někdy nesouvislé mikroskopické žilky v dutinách křemene, protínající hranice staršího sfaleritu a křemene.

Tabulka 2. Reprezentativní složení arzenopyritu.
Table 2. Representative composition of arsenopyrite.

	H. Radíkov 1	H. Radíkov 2	H. Radíkov 3
		hm. % – wt. %	
Fe	35,66	35,24	36,01
Zn	0,00	0,05	0,06
Pb	0,11	0,11	0,06
Ag	0,00	0,04	0,06
Sb	0,01	0,05	0,06
As	41,54	42,62	39,90
S	23,06	22,22	24,42
Total	100,38	100,33	100,57
Fe	1,001	0,999	0,996
Zn	0,000	0,001	0,001
Pb	0,001	0,001	0,000
Ag	0,000	0,001	0,001
Sb	0,000	0,001	0,001
As	0,869	0,901	0,823
∑ As+Sb	0,869	0,902	0,824
S	1,128	1,097	1,177
(As+Sb)/S	0,770	0,822	0,700

Tabulka 3. Reprezentativní složení sfaleritu.
Table 3. Representative composition of sphalerite.

	Radlice 1	Radlice 2	H. Radíkov 3	H. Radíkov 4
		hm. % – wt. %		
Cu	0,10	0,16	0,27	0,14
Fe	0,18	0,14	1,93	0,32
Zn	65,28	65,83	63,61	64,51
Pb	0,10	0,11	0,08	0,07
Cd	0,37	0,08	0,08	0,19
Bi	0,24	0,11	0,08	0,00
S	32,46	33,48	33,20	33,66
As	0,00	0,06	0,00	0,03
total	98,73	99,97	99,25	98,92
Cu	0,002	0,002	0,004	0,002
Fe	0,003	0,002	0,034	0,006
Zn	0,988	0,978	0,950	0,964
Pb	0,000	0,001	0,000	0,000
Cd	0,003	0,001	0,001	0,002
Bi	0,001	0,000	0,000	0,000
∑	0,997	0,984	0,989	0,974
S	1,002	1,015	1,011	1,026
As	0,000	0,001	0,000	0,000
∑	1,002	1,016	1,011	1,026

Galenit

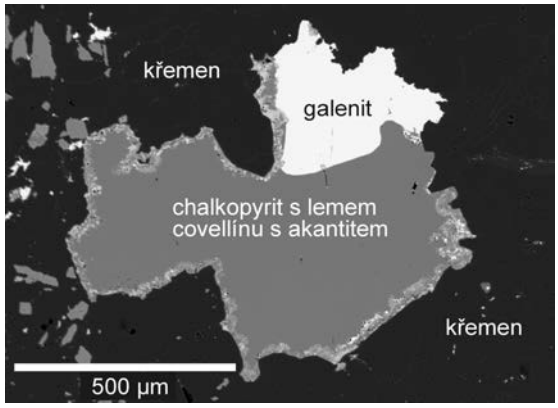
ve srovnání s jinak podobnými výskyty v okolí Telče (Houzar a Gregor 2017) je na zdejších lokalitách poněkud méně hojný (může však jít o zkreslení vlivem jeho separace z rudniny). Vyskytuje se společně se sfaleritem poměrně hojně v H. Radíkově, avšak jen ve velmi drobných zrnech (< 2–3 mm), v Radlicích se vyskytl v zrnech velikosti až 1 cm. Analyzované galenity neobsahovaly stříbro nad hranicí stanovení mikrosondou, za zmínku stojí pouze nepatrné podíly Bi ≤0,33 (hm. %), tab. 4. V oxidační zóně je takřka úplně zatlačován cerusitem a anglesitem.

Tabulka 4. Reprezentativní složení galenitu.
Table 4. Representative composition of galena.

	Radlice 1	H. Radíkov 2	H. Radíkov 3	H. Radíkov 4	H. Radíkov 5
			hm. % - wt. %		
Zn	0,01	0,16	0,00	0,08	0,00
Pb	86,95	87,35	87,20	85,41	87,89
As	0,06	0,07	0,06	0,12	0,07
Se	0,01	0,00	0,09	0,00	0,00
S	13,53	13,52	13,62	13,29	13,67
Cd	0,04	0,00	0,00	0,11	0,05
Bi	0,11	0,00	0,00	0,00	0,33
Sb	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00
total	100,71	100,13	100,97	99,01	102,01
Zn	0,000	0,006	0,000	0,003	0,000
Pb	0,995	0,995	0,993	0,993	0,994
∑	0,995	1,001	0,0993	0,996	0,994
As	0,002	0,002	0,002	0,004	0,002
Se	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000
S	1,000	0,996	1,002	0,998	0,999
Cd	0,001	0,000	0,000	0,002	0,001
Bi	0,001	0,000	0,000	0,000	0,004
Sb	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000
∑	1,004	0,999	1,007	1,004	1,006

Chalkopyrit

pravidelně rozšířený akcesorický minerál je pravděpodobně významným primárním nositelem Ag na zdejších lokalitách, kterého obsahuje až 1000 ppm. Tvoří anhedrální zrna obvykle jen milimetrové velikosti (≤10 mm) a srůstá s galenitem a sfaleritem. Velmi často je zatlačován covellínem ± akantitem (obr 11; tab. 5) a zvětrává v malachit, příp. další neurčené Cu-supergenní fáze.



Obr. 11. Chalkopyrit s galenitem v křemeni s lemem covellínu srůstajícím s akantitem (BSE foto P. Gadas).
Fig. 11. Chalcopyrite and galena in quartz with the rim of covellite-acanthite intergrowth (BSE photo by P. Gadas).

Covellín

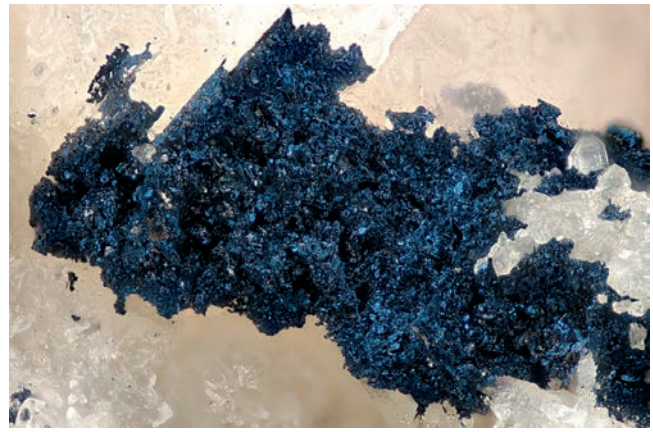
supergenní („cementační“) covellín je typický hlavně pro lokalitu Radlice, kde tvoří tenké kovově modré, vzácněji fialové povlaky na chalkopyritu, který zatlačuje po intergranulárách; některá zrna chalkopyritu o velikosti až 1 cm jsou covellínem zatlačená úplně (obr. 12). Vykazuje pravidelně nízký podíl Ag (tab. 6).

Tabulka 5. Reprezentativní složení chalkopyritu.
Table 5. Representative composition of chalcopyrite.

	Radlice 1	H. Radíkov 2	H. Radíkov 3	H. Radíkov 4
		hm. % - wt. %		
Cu	35,00	34,87	34,93	34,97
Fe	30,54	30,13	30,60	30,52
Zn	0,00	0,01	0,04	0,02
Pb	0,08	0,16	0,10	0,13
Cd	0,03	0,06	0,03	0,02
Bi	0,01	0,01	0,08	0,00
Ag	0,09	0,00	0,05	0,00
S	35,06	35,81	35,57	35,47
total	100,81	101,05	101,40	101,13
Cu	1,005	0,995	0,995	0,999
Fe	0,998	0,978	0,992	0,992
Zn	0,000	0,000	0,001	0,001
Pb	0,001	0,001	0,001	0,001
Cd	0,001	0,001	0,000	0,000
Bi	0,000	0,000	0,001	0,000
Ag	0,001	0,000	0,001	0,000
∑ cat	2,006	1,975	1,991	1,993
S	1,995	2,025	2,009	2,007

Tabulka 6. Reprezentativní složení Ag-covellínu.
Table 6. Representative composition of Ag-covellite.

	Radlice 1
	hm. % – wt. %
Cu	62,99
Fe	0,09
Zn	0,05
Ag	3,37
S	32,72
total	99,22
Cu	0,969
Fe	0,002
Zn	0,001
Ag	0,031
∑	1,003
S	0,998

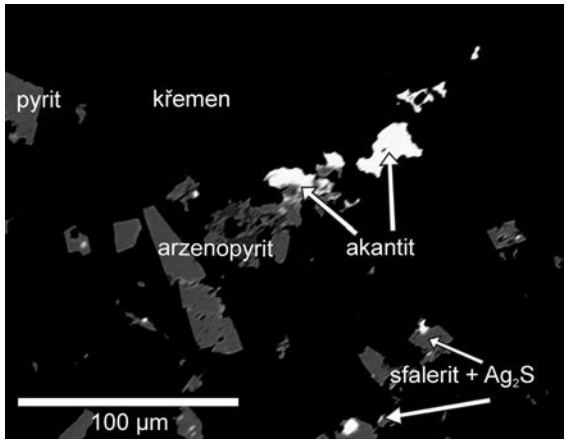


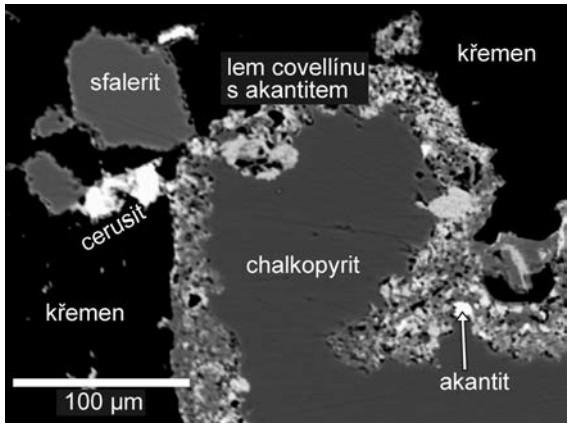
Obr. 12. Covellín s drobnými inkluzemi akantitu v dutině křemene, Radlice (Foto R. Kummer, šířka záběru 2,4 mm).
Fig. 12. Covellite with small inclusions of acanthite in the quartz cavity, Radlice (Photo R. Kummer, width 2.4 mm).

Akantit (argentit)

představuje nejzajímavější rudní minerál zdejšího revíru. První zmínky o výskytu „argentitu“ pocházejí od P. Chlupáčka, který jej nalezl na několika zdejších lokalitách. Tvořil celistvé povlaky na křemeni, jen při okrajích měl náznak jehlicovitých krystalků (akantit). Tyto originální nálezy určili J. Sekanina a J. Pelíšek na základě chemického složení, akantit na základě bodové analýzy uvádějí také STRÁNSKÝ *et. al.* (2004).

Při našem studiu byl zjištěn v poněkud odlišných asociacích na dvou lokalitách, v Horním Radíkově a v Radlicích u Dačic.





Obr. 13. Minerální asociace s akantitem (nahoře. H. Radíkov, dole Radlice), (BSE foto P. Gadas).

Fig. 13. Acanthite-bearing mineral assemblage (above H. Radíkov, bottom Radlice), (BSE photo P. Gadas).

U Horního Radíkova se v křemeni vyskytují anhedrální až téměř izometrická zrna sulfidu Ag o velikosti 10–30 µm (tab. 7) v asociaci s arzenopyritem a sfaleritem, příp. pyritem. Vzhledem k této asociaci a textuře zrudnění mohlo jít původně o argentit, který byl stabilní za T>173 °C (obr. 10).

Zajímavější je výskyt akantitu vzniklého v supergenních podmínkách přeměny Ag-chalkopyritu na covellín. Jeho nepravidelná zrna s převažující velikostí pod 5–10 µm intimně srůstají s hojnějším covellínem o stejné velikosti. Jsou situována částečně pouze na styk reliktů (?) zrn chalkopyritu s křemenem (obr. 13). Nelze vyloučit, že takto původně vzni-

kalo ryzí Ag, které bylo následně v podmínkách vyšší aktivity S přeměněno za nízké teploty na akantit. Ten obsahuje pouze Ag a S, nepatrný je pravidelný podíl As, ostatní prvky pocházejí nejspíše z příměsi okolních minerálů (tab. 7). Ojedinělé srůsty jehlicovitých krystalů akantitu narůstající na stříbro jsou zřetelně (sub)recentního původu.

Tabulka 7. Reprezentativní složení akantitu.
Table 7. Representative composition of acanthite.

	Radlice	H. Radíkov	H. Radíkov
	1	2	3
		hm. % - wt. %	
Cu	1,85	0,11	0,13
Fe	0,30	3,41	0,04
Zn	0,02	0,28	0,03
Pb	1,05	0,07	0,02
Cd	0,06	0,09	0,05
Ag	81,82	81,58	82,39
As	0,27	0,54	0,28
S	13,98	13,88	13,82
total	99,35	99,96	96,76
Cu	0,065	0,004	0,005
Fe	0,012	0,145	0,002
Zn	0,001	0,010	0,001
Pb	0,011	0,001	0,000
Cd	0,001	0,002	0,001
Ag	1,701	1,794	1,906
∑	1,791	1,956	1,915
As	0,008	0,017	0,009
S	0,978	1,027	1,075
∑	0,986	1,044	1,084

Stříbro

náleží k nejvzácnějším zdejším minerálům a novými nálezy nebylo potvrzeno. Jeho výskyt je však velmi pravděpodobný (viz argentit-akantit). Může snadno unikat pozornosti vzhledem ke své přeměně ve zmíněný černý nenápadný akantit podobný k nerozeznání např. běžnějším oxidům Mn.

Ve sbírce MZM se zachovaly pouze tři vzorky drátkovitého stříbra porostlého akantitem ze starších sběrů P. Chlupáčka z Radlic, dva z nich však byly zřetelně dolepeny do křemenné žiloviny. Těžko lze prokázat, zda šlo pouze o fixaci radlického stříbra nebo o montáž místního křemene a stříbra, pocházejícího z jiných lokalit. Třetí vzorek stříbra působí věrohodněji. Sám Chlupáček zmiňuje nález plíšků stříbra, které však nejsou dokladovány.

Minerály oxidační zóny

Malachit je vedle rezavých povlaků „limonitu“ nejhojnějším supergenním minerálem oxidační zóny. Tvoří nepatrné povlaky a drobné ledvinité agregáty v dutinách křemene. ***Goethit*** tvoří místy pseudomorfózy po pyritu. Tenké červené povlaky ***hematitu*** souvisejí nejspíše s metodou dobývání zrudněných žil „sázením ohně“ (Radlice), neboť mimo historic-

ké dobývky se nevyskytuje. ***Cerusit*** je společně s vzácnějším ***anglesitem*** poměrně hojným produktem zvětrávání galenitu, který obvykle částečně zatlačuje. Měl se vyskytnout i v podobě drobně jehličkovitých krystalů. Žlutozelené až nažloutlé povlaky supergenních minerálů Pb se vyskytly místy hojně jen u Radlic. Chemické složení odpovídá v některých případech ***pyromorfitu*** (tab. 8), na který narůstá mladší ***corkit*** (obr. 14), patrně hojnější v podobě tenkých krystalických povlaků na krystalech křemene (obr. 15a).

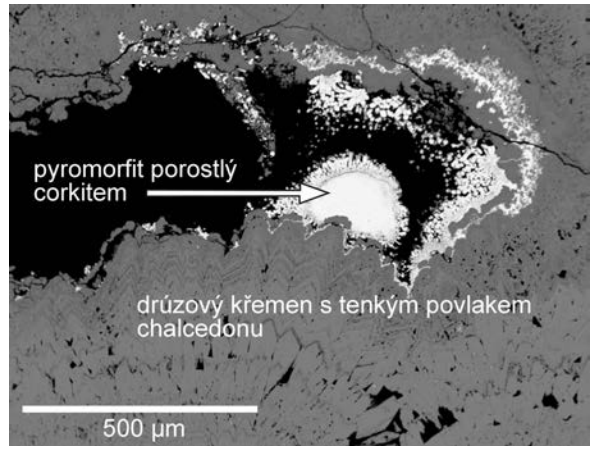
Tabulka 8. Reprezentativní složení pyromorfitu a corkitu, Radlice.
Table 8. Representative composition of pyromorphite and corkite, Radlice.

hm. % – wt. %	pyromorfit *	corkit **
PbO	81,65	33,88
CaO	0,03	b. d. l.
BaO	0,02	0,10
ZnO	0,02	0,76
FeO	0,01	-
Fe_2O_3	-	31,93
Al_2O_3	0,44	0,42
P_2O_5	14,80	13,95
SiO_2	0,47	0,07
V_2O_5	0,04	b. d. l.
SO_3	b. d. l.	6,55
Cl	2,47	b. d. l.
Cl=O	-0,56	-
F	0,31	0,11
F=O	-0,13	-0,05
H_2O	b. d. l.	7,65
total	99,57	95,37
Pb^{2+}	4,871	1,065
Ca^{2+}	0,007	-
Ba^{2+}	0,002	0,005
Zn^{2+}	0,003	0,066
Fe^{2+}	0,002	-
Fe^{3+}	-	2,807
Al^{3+}	0,115	0,058
P^{5+}	2,777	1,380
Si^{4+}	0,104	0,008
V^{5+}	0,006	-
S^{6+}	-	0,574
Cl^-	0,928	-
F^-	0,217	0,041
H^+	-	5,959
O^{2-}	11,650	13,579
CATSUM	7,887	5,963
AN SUM	12,795	13,620

* přepočítáno na ΣA = 5/calculated on ΣA = 5

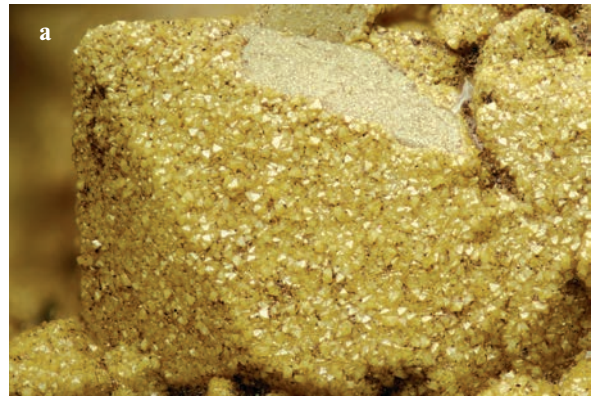
** přepočítáno na ΣAB = 4/ calculated on ΣAB = 4

Obr. 14. Pyromorfit s corkitem na křemeni (BSE foto P. Gadas).
Fig. 14. Pyromorphite with corkite on quartz (BSE photo P. Gadas).



Na jediném vzorku s rozvětralými sulfidy byla zjištěná i supergenní ryzí ***síra***. Rovněž na základě RTG-určení jediného vzorku uvádí Luna (2005) ***destinezit***; nalezl jej u Vlastkovce v roce 1965. Na jeho vzorku ve sbírce MZM tvoří běložluté kuličkovité agregáty velikosti < 2 mm v dutinách bílého křemene a nenápadné povlaky (obr. 15b).

Obr. 15. (a) Povlaky corkitu na křemeni, Radlice; (b) destinezit v dutině křemene, Vlastkovec, původní vzorek J. Luny (foto R. Kummer, šířka záběru 2,4 mm).
Fig. 15. (a) Coatings of corkite on quartz; (b) destinezite in the cavity of quartz, Vlastkovec, original J. Luna's sample (photo by R. Kummer, width 2.4 mm).



Jak již bylo zmíněno, zdejší oblast rudních mineralizací byla studována spíše jen omezeně a nelze pochybovat o tom, že eventuální podrobnější výzkumy v budoucnu přinesou jistě nové informace.

DISKUSE A ZÁVĚR

Stříbronosná rudní mineralizace v širším okolí Dačic a Slavonic je charakteristická jednoduchou paragenezí sulfidických minerálů s dominujícím pyritem, hnědým sfaleritem, galenitem a chalkopyritem, místy i s arzenopyritem v křemenné žilovině (Malý a Dolníček 2005).

Rudní mineralizace představovala pravděpodobně jen jeden z produktů multifázového vývoje texturně a geneticky složitého komplexu hydrotermálních žil variského stáří. Jde o mohutné žíly typu křemenných valů o délce až několik km a mocnosti i přes 10 m, které jsou výrazně mladší než granity. Tento vývoj nebyl nikdy studován po genetické stránce (charakter fluid, teploty vzniku apod.) a ani rozsah žil není zaznamenán na většině geologických map. Granity v žilách tvoří rovněž časté, hydrotermálně muskovitizované (sericitizované) až kaolinizované uzavřeniny. Jednotlivé žíly se vyznačují rovněž projevy intramineralizační křehké tektoniky. Zrudnění je vyvinuto pouze v nepatrných částech těchto žil; patrně bylo vázáno pouze na určitou etapu v jejich složitém vývoji.

Rudní minerály jsou obsaženy převážně ve velmi jemnozrnném šedém křemeni, částečně charakteru „krušku“. V něm převažuje pyrit a vzácnější arzenopyrit. Častý je hnědý sfalerit I s velmi nízkým obsahem stříbra (<0,01 hm. % Ag), zatímco v galenitu, který je společně se hnědožlutým až velmi světlým sfaleritem II mladším minerálem, je obsah Ag převážně nulový.

Stříbro a částečně i Au je vázáno na zmíněnou žilovinu. Obsah Ag a Au byl v ní zjišťován v H. Radíkově (720 ppm Ag a 0,02 ppm Au) a Radlicích (104 ppm Ag); radlický vzorek obsahoval rovněž až 4 ppm Au (Hrazdil a Houzar 2013). ***Hlavním nositelem stříbra mohl být akcesorický chalkopyrit*** (≤ 0,10 hm. % Ag), nebyly však v něm zjištěny inkluze samostatných minerálů Ag. Vedle chemických analýz (tab. 5) je zřetelným důkazem přítomnosti Ag v chalkopyritu jeho supergenní rozklad na směs covellínu a akantitu, příp. stříbra (obr. 11 a 13) na lokalitě Radlice (tato práce). Podobný zvýšený obsah Ag v chalkopyritu neobsahujícím inkluze Ag-minerálů, popsal Malý (1993) ve Štěpánově-Borovci, kde tamní chalkopyrit obsahoval až 349 ppm Ag (Houzar a Malý 2002). Není bez zajímavosti, že právě desulfurizací chalkopyritu (nízce hydrotermální až supergenní fáze vývoje žil) vznikly borovecké ryzí mědi s odpovídajícím (nízkým) podílem inkluzí ryzího stříbra a stopovým podílem zlata (Hrazdil a Houzar 2011). Část chalkopyritu z Radlic má však velmi nízký obsah Ag (na a pod hranicí stanovení) a asociace covellín+akantit je obsažena i mimo zrna chalkopyritu. Je proto pravděpodobné, že stříbrná mineralizace (původně patrně ryzí Ag a argentit) mohla vzniknout primárně a to mladším nízkoteplotním hydrotermálním procesem.

Vazba nízkých, ale pravidelných obsahů Ag na Cu-sulfidy, zejména na chalkopyrit, ale i další Cu-S fáze, jako digenit, bornit a covellín (nikoliv však na viditelné mikroskopické inkluze Ag-minerálů v nich) byla, vzhledem k praktickému ložiskovému významu, předmětem různých výzkumů, není však dosud vyřešena. Předpokládá se přímý vstup Ag (příp. Au) do jejich struktury nebo existence nanoinkluzí, důležitou roli při tom může hrát i podíl As ve fluidech (Reich *et al.* 2013).

PODĚKOVÁNÍ

Předložená práce vznikla za finanční podpory Ministerstva kultury v rámci institucionálního financování na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace Moravské zemské muzeum (DKRVO, MK000094862) Děkujeme rovněž Stanislavu Postbieglovi za

část studijního materiálu a další podnětné informace o lokalitě Radlice, dr. K. Malému (Muzeum Vysočiny Jihlava) za informace o možné genezi Ag-asociace a v neposlední řadě také Radkovi Kummerovi za kvalitní mikrofotografie. Anonymním recenzentům jsme vděčni za poznámky, které rovněž přispěly ke zkvalitnění práce.

LITERATURA

d'Elvert, CH., 1866: Zur Geschichte des Bergbaues und Hüttenwesens in Mähren und Oest. Schlesien. – Schriften der stat.-hist. Section der mähr.-schles. Gesellschaft, Bd. 15, Brünn, 438 p.

Houzar, S., Gregor, F., 2017: Stříbronosná Pb-Zn mineralizace při východním okraji moldanubického plutonu v okolí Telče. – Acta Mus. Morav., Sci. geol., 102, 1–2, 79–97.

Houzar, S., Malý, K., 2002: Přehled mineralogie, ložiskových poměrů a historie štěpánovského rudního revíru na západní Moravě. – Acta Mus. Morav., Sci. geol., 87, 51–59.

Hrazdil, V., Houzar, S., 2011: Stříbro z Borovce. – Acta Mus. Morav. Sci. geol. 96, 1, 11–18.

Hrazdil, V., Houzar, S., 2013: Stříbro a zlato v galenitových rudách historicky těžených lokalit na Českomoravské vrchovině. – Acta Musei Moraviae, Sci. geol., 98, 2, 3–23.

Hrazdil, V., Dočkal, P., Vokáč, M., 2008: Rudní lokality na Českomoravské vrchovině s nálezy hornických nástrojů. – Stříbrná Jihlava, 2007, 282–305.

Chlupáček, P., 1992a: O nových nerostech Dačicka a Slavonicka. – Morion, 1, 1, 12–16.

Chlupáček, P., 1992b: O nových nerostech Dačicka a Slavonicka. – Morion, 1, 2, 23–25.

Linner, M., 1994: Metamorphism and migmatization of the paragneisses of the Monotonous group, SE Moldanubicum. – Mitt. Österr. Mineral. Gesellsch., 139, 83–84.

Linner, M., 1996: Metamorphism and partial melting of paragneisses of the Monotonous group, SE Moldanubicum/Austria. – Mineral. Petrol., 58, 215–234.

Luna, J., 2005: Geologická stavba, těžba nerostných surovin, mineralogické poměry. – In: Nekuda, V. (ed.) Vlastivěda Moravská, Dačicko, Slavonicko, Telčsko, 11–26.

Malý, K., 1993: Mineralogická charakteristika rudních výskytů u Štěpánova nad Svratkou a Rozseče nad Kunštátem. – MS, Diplomová práce, Přírod. fak. MU v Brně, 50 p.

Malý, K., Dolníček, Z., 2005: Pb-Zn-Ag vein mineralization of the central part of the Českomoravská vrchovina Upland (Czech Republic): S, C and O stable isotope study. – Bull. Geoscience, 80, 4, 307–319, Praha.

Peithner von Lichtenfels, J. T. A., 1780: Versuch über die natürliche und politische Geschichte der böhmischen und mährischen Bergwerke. – Wien, 464 p.

Pouchou, J. L., Pichoir, F., 1985: "PAP" procedure for improved quantitative microanalysis. – Microbeam Analysis, 20, 104–105.

Reich, M., Palacios, C., Barra, F., Chryssoulis, S., 2013: "Invisible" silver in chalkopyrite and bornite from the Mantos Blancos Cu deposit, northern Chile. – Eur. J. Mineral. 25, 453–460.

René, M., 2012: Dvojslídné granity moldanubického batolitu. – Sbor. Jihočes. muzea v Čes. Budějovicích, Přírodní vědy, 52, 5–25.

Stránský, K., Jandová, D., Buchval, A. 2004: Přední Radlický vrch zsz. od Dačic. – stopy po těžbě stříbra. – Rozpr. Nár. techn. muzea v Praze, 188, Z dějin hutnictví 34, NTM Praha, 37–45.

Stránský, K., Jandová, D., Křížek, K. 2008: Valtínov – sonda do historie těžby olovnato stříbrných rud. – Rozpr. Nár. techn. muzea v Praze, 207, Z dějin hutnictví 37, NTM Praha, 27–36.

Stránský, K., Jandová, D., Křížek, K., Stránský, L., Pospíšilová, S. 2009: Stopy po těžbě Pb-Ag rud v Horním Radíkově západně od Dačic. – Rozpr. Nár. techn. muzea v Praze, Z dějin hutnictví 38, 209, 11–18.

Votýpka, J., 1967: Morfologie zlomové linie mezi Českým Rudolcem a Brandlínem. – Sbor. Jihočes. muz v Čes. Budějovicích. – Vědy přír., 7, 1–6.

INTERNETOVÉ ZDROJE

http://rodopisna-revue-online.tode.cz/2013-2_soubory/03-05-rudolec.pdf přístup 2. 8. 2018