ISSN 1211–8796

*Acta Mus. Moraviae, Sci. geol.*
CVIII (2023): 1, 17–28, 2023

# ZLATO A DOPROVODNÉ MINERÁLY ZE ŠTOLY MÍR A ZE ŠTOLY NA BARYTĚ U ŠTĚPÁNOVA NAD SVRATKOU (ŠTĚPÁNOVSKÝ RUDNÍ REVÍR, ČESKÁ REPUBLIKA)

## GOLD AND ASSOCIATED MINERALS FROM THE MÍR AND NA BARYTĚ ADITS NEAR ŠTĚPÁNOV NAD SVRATKOU (ŠTĚPÁNOV ORE DISTRICT, CZECH REPUBLIC)

ZDENĚK DOLNÍČEK, MICHAELA KREJČÍ KOTLÁNOVÁ, ROSTISLAV KOUTŇÁK, JANA ULMANOVÁ, KAREL MALÝ

*Abstract*

Dolníček, Z., Krejčí Kotlánová, M., Koutňák, R., Ulmanová, J., Malý, K., 2023: Zlato a doprovodné minerály ze štoly Mír a ze štoly Na barytě u Štěpánova nad Svratkou (štěpánovský rudní revír, Česká republika). – Acta Musei Moraviae, Scientiae geologicae, 108, 1, 17–28 (with Czech summary).

*Gold and associated minerals from the Mír and Na barytě adits near Štěpánov nad Svratkou (Štěpánov Ore District, Czech Republic)*

A mineralogical study of newly collected samples of Cu-Pb(-Zn) ore mineralization from the Mír and Na barytě adits in the Štěpánov Ore District (Czech Republic) clarified of elevated contents of Au, which were encountered in previous chemical analyses of the bulk ore. Small inclusions of Au-Ag alloys were found to be enclosed in early quartz and associated chalcopyrite. Some gold grains are zoned. The cores are formed by gold (50.1–74.2 at. % Au), whereas the rarely found rims have composition of Au-rich silver (47.9–22.8 at. % Au). In addition, pyrite, galena and sphalerite are minor ore minerals in the studied samples. The supergene phases are represented by *stilpnosiderite*, *limonite*, malachite, brochantite, and Cu-sulphides (chalcocite, djurleite, digenite/roxbyite, anilite, geerite). The origin of Ag,Sb-rich rims of gold grains could be related to activity Ag,Sb-bearing fluids, which operated during crystallization of late mineral assemblage of the same vein containing calcite, baryte, galena and tetrahedrite-group minerals. The new compositional data collected from accompanying minerals are partly different from published data and point out that a detailed revision of mineralogy of hypogene mineralization of this ore vein is necessary.

*Key words:* Štěpánov Ore District, Mír adit, ore veins, gold, silver, hydrothermal alteration.

Zdeněk Dolníček, Department of Mineralogy and Petrology, National Museum, Cirkusová 1740, 193 00 Praha 9-Horní Počernice; Vysočina Museum, Masaryk Square 55, 586 01 Jihlava; e-mail: zdenek.dolnicek@nm.cz

Michaela Krejčí Kotlánová, Research Institute for Building Materials, Hněvkovského 30/65, 617 00 Brno; Institute of Geological Sciences, Masaryk University, Kotlářská 267/2, 611 37 Brno

Rostislav Koutňák, Bezručova 1168, 765 02 Otrokovice

Jana Ulmanová, Department of Mineralogy and Petrology, National Museum, Cirkusová 1740, 193 00 Praha 9-Horní Počernice

Karel Malý, Vysočina Museum, Masaryk Square 55, 586 01 Jihlava

## 1. ÚVOD

Štěpánovský rudní revír, ležící na západní Moravě sz. od Tišnova, je znám výskytem dvou hlavních typů sulfidického zrudnění – Pb-Zn(-Sb) a Cu-Pb(-Zn) (Malý 2000; Houzar a Malý 2002). Mineralizace jsou vázány zejména na pravé či ložní rudní žíly, vzácně-

ji tvoří rudní minerály metasomatické vtroušeniny v hydrotermálně alterovaných mramorech (Mátl 1965). Geologicky je revír situován v parametamorfitech olešnické skupiny, méně i v ortorulách bítešské skupiny svratecké klenby moravika. Oba výše zmíněné typy rudní mineralizace se liší i podmínkami vzniku – Pb-Zn(-Sb) zrudnění vznikalo za vyšších teplot a tlaků než Cu-Pb(-Zn) mineralizace (Malý 2000; Malý a Dobeš 2001). Mineralogicky je revír znám zejména bohatým vývojem supergenních minerálů mědi (Houzar a Malý 2002; Velebil a Kráčmar 2002; Houzar *et al.* 2021).

Celkové chemické analýzy rudnin ze štěpánovského revíru ukázaly i lokálně zvýšené obsahy zlata (obvykle kolem 1 ppm, maximální zjištěný obsah 44 ppm; Houzar a Malý 2002; Hrazdil a Houzar 2013; Houzar *et al.* 2021). Povaha mineralogické vazby Au ve zdejších rudninách však až na výjimky nebyla blíže doložena. Z revíru je znám výskyt zlatem slabě obohaceného ryzího stříbra a akantitu (analýzy L. Kráčmara in Malý 2000). V databázi Mindat je zmíněn údajný výskyt aurikupridu (http://www.mindat.org/min-423.html), v odkazované práci Velebila a Kráčmara (2002) však tato informace není obsažena. Výskyt ryzího zlata s příměsí stříbra uvádí ze štol na Bukovské Pelz (2000), avšak všechny odtud dochované vzorky se zlatem ze sbírky tohoto autora se ukázaly být falzy (J. Toman, osobní sdělení 2023).

Zvýšené obsahy Au byly místy zaznamenány i v chemických analýzách rudnin odebraných z nejvýznamnějšího novodobého průzkumného důlního díla v revíru – štoly Mír u Štěpánova nad Svratkou. Houzar a Malý (2002) uvádějí ve dvou vzorcích chalkopyritem bohatých rudnin obsahy 1,2 a 2,4 ppm Au, avšak žádná z dosavadních mineralogických studií z této lokality přítomnost nějakého samostatného Au minerálu (nebo alespoň minerálu s větší příměsí Au) nedoložila. Houzar a Malý (2002) proto uvažují o vazbě zlata na submikroskopické akcesorie. V tomto příspěvku přinášíme bližší informaci o výskytu slitin Au-Ag v rudninách ze štoly Mír a také z nedaleké štoly Na barytě. Stručná zmínka o našich nových nálezech ze štoly Mír je již obsažena v monografii Houzara *et al.* (2021).

Štola Mír i štola Na barytě se nacházejí v centrální části štěpánovského rudního revíru v katastru Štěpánova n. Svratkou (Houzar a Malý 2002; Houzar *et al.* 2021). Ústí štoly Mír leží v prudkém svahu asi 300 m vsv. od mostu přes řeku Svratku v Borovci. Štola sleduje pravou křemen-kalcit-barytovou žílu až žilník, protínající metamorfity olešnické skupiny (krystalické vápence, ruly, kvarcity). Sulfidická mineralizace této žíly je typickým reprezentantem Cu-Pb(-Zn) zrudnění štěpánovského revíru (Malý 2000). Hlavním primárním rudním minerálem je zde chalkopyrit, podřízeně vystupují pyrit, galenit, sfalerit a tetraedrit-tennantit (Malý 2000; Houzar a Malý 2002; Velebil a Kráčmar 2002). Štola Na barytě je situována na stejné žilné struktuře jako štola Mír a její ústí leží asi 50 m pod ústím štoly Mír, těsně nad hladinou řeky Svratky.

## 2. METODIKA VÝZKUMU

Vzorky studované v této práci byly odebrány autory přímo v důlních dílech (v r. 2020 odběr MKK ve štole Mír, v r. 2022 odběr ZD, MKK a RK ve štole Mír a ve štole Na barytě). Vybrané reprezentativní vzorky byly řezány diamantovou pilou a z vhodných partií byly zhotoveny standardní zalévané naleštěné preparáty (nábrusy) o průměru 2,5 cm (P. Sečkár, Komenského univerzita Bratislava). Dokumentace zhotovených preparátů v odraženém polarizovaném světle byla provedena na polarizačním mikroskopu Nikon Eclipse ME600 vybaveném digitální kamerou Nikon DXM1200F.

Následně byly nábrusy vakuově napařeny uhlíkovou vrstvou o tloušťce 30 nm a studovány na elektronové mikrosondě Cameca SX-100 (Národní muzeum, Praha). Na přístroji byly pořízeny snímky ve zpětně odražených elektronech (BSE), provedena identifikace jednotlivých fází pomocí energiově disperzních (EDS) spekter a kvantitativně měřeno chemické složení vybraných fází ve vlnově disperzním (WDS) modu. Při bodových analýzách

bylo použito urychlovací napětí 25 kV, proud svazkem 20 nA a průměr elektronového svazku 0,7 μm. Ve *slitinách Au-Ag* byly měřeny obsahy Ag, As, Au, Bi, Br, Cd, Cl, Cu, Fe, Ga, Ge, Hg, I, Ni, Pb, S, Sb, Se, Sn, Te a Zn, zatímco v *sulfidických minerálech* byly stanovovány Ag, As, Au, Ba, Bi, Ca, Cd, Cl, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, Ge, Hg, In, K, Mn, Na, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Sn, Te, Tl, V a Zn. Použité standardy a analytické čáry: Ag (Ag*Lα*), albit (Na*Kα*), Au (Au*Mα*), baryt (Ba*Lα*), $Bi_2Se_3$ (Bi*Mβ*), CdTe (Cd*Lα*), Co (Co*Kα*), Cr (Cr*Kα*), $CuFeS_2$ (Cu*Kα*, S*Kα*), $FeS_2$ (Fe*Kα*), fluorapatit (Ca*Kα*, P*Kα*), GaAs (Ga*Lα*), Ge (Ge*Lα*), HgTe (Hg*Lα*), InAs (In*Lα*), Mn (Mn*Kα*), NaCl (Cl*Kα*), NiAs (As*Lβ*), Ni (Ni*Kα*), PbS (Pb*Mα*), PbSe (Se*Lβ*), PbTe (Te*Lα*), sanidin (K*Kα*), $Sb_2S_3$ (Sb*Lα*), Sn (Sn*Lα*), Tl(Br,I) (Br*Lα*, I*Lβ*, Tl*Lα*), V (V*Kα*) a ZnS (Zn*Kα*). Měřící časy na píku se pohybovaly obvykle mezi 10 a 30 s, měřící čas každého pozadí trval polovinu času měření na píku. Načtená data byla přepočítána na obsahy prvků vyjádřené v hm. %, s použitím standardní PAP korekce (Pouchou a Pichoir, 1985). Obsahy výše uvedených prvků, které nejsou uvedeny v tabulkách minerálních analýz, byly ve všech případech pod mezí stanovitelnosti (obvykle mezi 0,05 a 0,1 hm. %, v případě Tl a Hg kolem 0,2 hm. %).

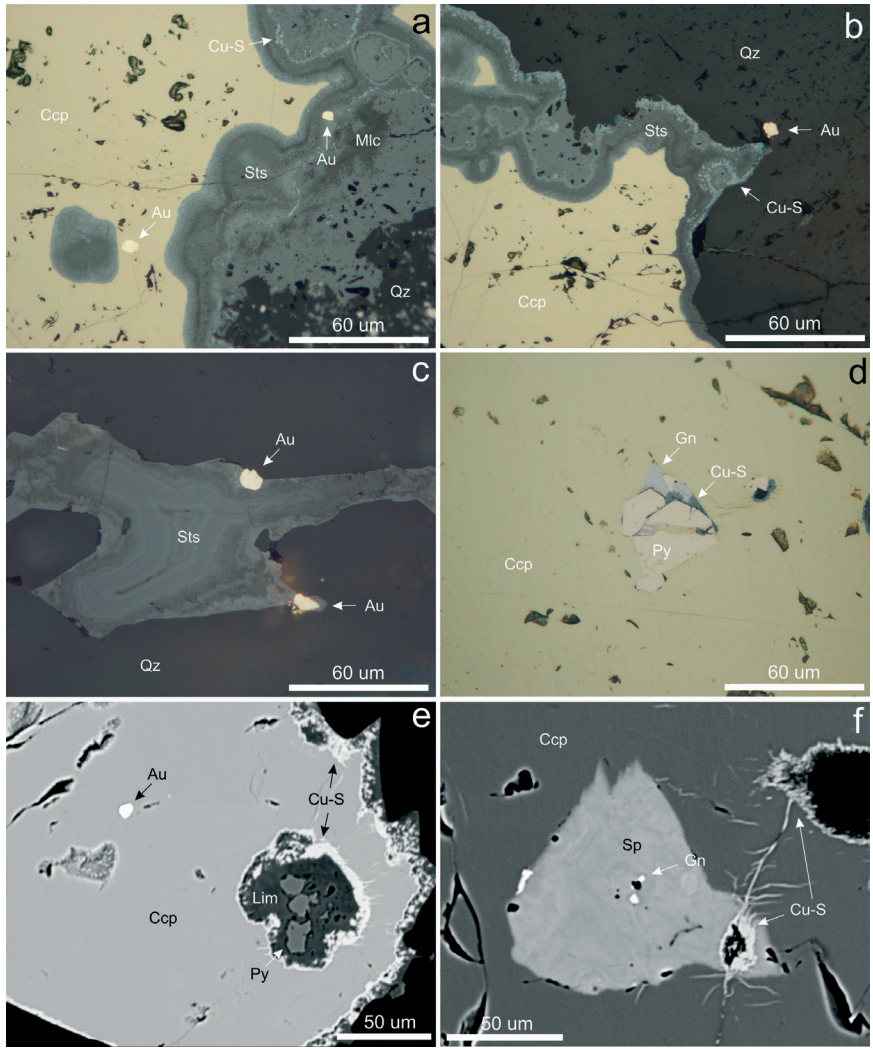
## 3. VÝSLEDKY

Výskyt Au-Ag slitin byl v obou štolách zaznamenán výhradně ve vzorcích křemenné žiloviny s makroskopicky patrným chalkopyritovým zrudněním, nikdy v mladších partiích žiloviny bohatých na karbonáty a baryt a eventuelně i s obsahem galenitu a tetraedritu. Vedle křemene, chalkopyritu a Au-Ag slitin se v daných partiích žiloviny vyskytuje z hypogenních fází také pyrit, sfalerit a galenit. Supergenní minerály nebyly (s výjimkou Cu-S fází) podrobněji studovány; na základě EDS spekter lze usuzovat na přítomnost malachitu, brochantitu, *limonitu* a *stilpnosideritu*.

**Křemen** je dominantní složkou žiloviny. Je typicky vyvinut v podobě šedobílých drobně stébelnatých agregátů s více či méně naznačenou vějířovitou stavbou, které narůstají na alterovanou hostitelskou horninu. Do relativně častých dutin jsou stébla ukončena klencovými krystalovými plochami. Poměrně hojně bývají v křemeni uzavírány drobné útržky silicifikovaných okolních hornin. Drúzové dutiny bývají vyplněny buď sulfidy nebo supergenními produkty (malachit, *limonit*).

**Chalkopyrit** je nejhojněji zastoupeným rudním minerálem (obr. 1). Vytváří obvykle vtroušeniny v křemeni o velikosti zlomku mm až několika mm, které jsou od okrajů více nebo méně zatlačovány supergenními produkty (*stilpnosideritem*, malachitem, *limonitem*), jež mají často zonální stavbu (obr. 1a–c). V řadě případů chalkopyrit představuje mladší výplně drobných drúzových dutin v křemeni (obr. 1b–c), u části agregátů chalkopyritu je však sousedící křemen omezen xenomorfně (obr. 1a). Chalkopyrit běžně obsahuje uzavřeniny pyritu, místy i Au-Ag slitin, vzácně i galenitu a sfaleritu (obr. 1a–f). V odraženém světle nevykazuje optickou anizotropii a v obraze BSE je homogenní. WDS analýzy (n = 22) ukázaly velmi jednoduché složení, vedle Cu, Fe a S byly zaznamenány na obou lokalitách pouze průběžné malé obsahy Pb (0,001 *apfu*; báze přepočtu 4 *apfu*).

**Pyrit** je běžnou vedlejší rudní složkou studovaných vzorků. Vytváří mikroskopické automorfně až hypautomorfně omezené izolované krystaly, téměř vždy zcela uzavírané v chalkopyritu (obr. 1d-e). Většinou je značně postižen přeměnou v *limonit*, přičemž původní sulfid bývá někdy zachován v drobných reliktech (obr. 1e). V BSE obraze je nezonální. Chemické složení pyritu (18 WDS analýz) z obou lokalit je charakterizováno ve většině analýz zvýšenými obsahy Cu (až 0,018 *apfu*; báze přepočtu 3 *apfu*) a malými obsahy Pb (až 0,001 *apfu*). Několik analýz vykázalo i malé obsahy Co (štola Mír – max. 0,001 *apfu*; štola Na barytě – 0,003 a 0,004 *apfu*).




Obr. 1. Asociace a vývin minerálů studované mineralizace se zlatem ze štoly Mír. a, b) Zatlačování chalkopyritu (Ccp) nehomogenním *stilpnosideritem* (Sts) s inkluzemi Cu sulfidů (Cu-S). V okolním křemeni (Qz) i rudních minerálech jsou přítomny drobné zlatinky (Au). Mlc – malachit. c) Drúzová dutinka v křemeni vyplněná pseudomorfózou *stilpnosideritu* po chalkopyritu. Na křemen narůstají dvě individua zlata. d) Automorfní pyrit (Py), pronikaný a obrůstaný galenitem (Gn), chalkopyritem a Cu-S fází. e) Krystal pyritu téměř zcela zatlačený *limonitem* (Lim) a Cu-sulfidy, uzavřený v chalkopyritu v sousedství inkluze zlata. f) Zonální sfalerit (Sp) uzavřený v chalkopyritu slabě zatlačovaném Cu-sulfidy. Snímky a–d v odraženém světle, e–f snímky BSE. Foto Z. Dolníček.

Fig. 1. Assemblage and development of minerals of the studied gold-bearing mineralization from the Mír adit. a, b) Replacement of chalcopyrite (Ccp) by heterogeneous *stilpnosiderite* (Sts) containing inclusions of Cu sulphides (Cu-S). The surrounding quartz (Qz) as well as ore minerals contain small gold grains (Au). Mlc – malachite. c) A drusy cavity in quartz filled up by *stilpnosiderite* after chalcopyrite. Two grains of gold grow over quartz. d) Idiomorphic pyrite (Py), crosscut and surrounded by galena (Gn), chalcopyrite and a Cu-S phase. e) A crystal of pyrite almost completely replaced by *limonite* (Lim) and Cu-sulphides, enclosed in chalcopyrite with a gold inclusion. f) Zoned sphalerite (Sp) hosted by chalcopyrite which is weakly replaced by Cu-sulphides. Photographs a–d are in reflected light, e–f are BSE images. All photographs made by Z. Dolníček.

Tabulka 1. Chemické složení galenitu (Gn) a sfaleritu (Sp) ze studované mineralizace se zlatem ze štoly Mír. Obsahy v hm. %, hodnoty *apfu* jsou vypočítány na bázi 2 atomů na vzorcovou jednotku. b.d. – pod mezí stanovitelnosti.

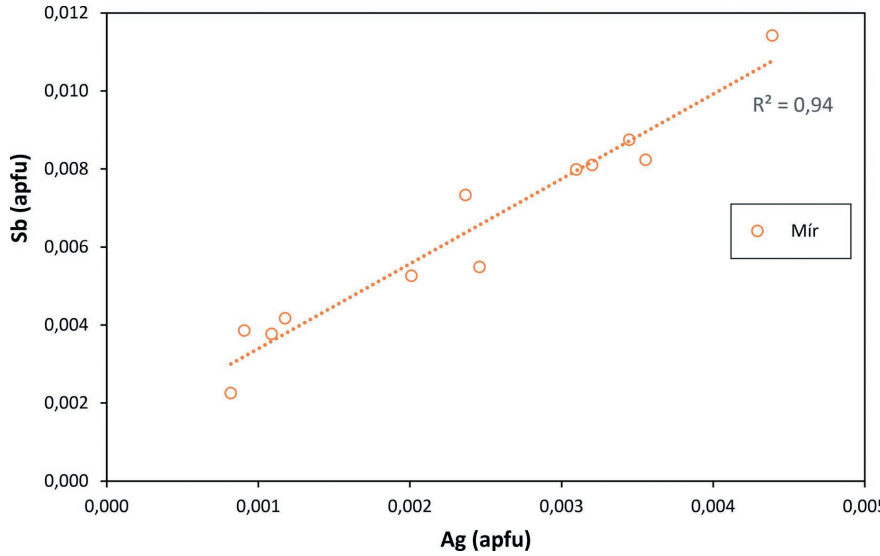
Table 1. Chemical composition of galena (Gn) and sphalerite (Sp) from the studied gold-bearing mineralization of the Mír adit. Contents in wt. %, *apfu* values are based on 2 atoms per formula unit. b.d. – below detection limit.

| An. č. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Minerál | Gn | Gn | Sp | Sp | Sp | Sp | Sp | Sp | Sp | Sp | Sp | Sp | Sp | Sp |
| Ag | b.d. | b.d. | 0,09 | 0,10 | 0,12 | 0,13 | 0,22 | 0,26 | 0,27 | 0,34 | 0,35 | 0,37 | 0,39 | 0,48 |
| Pb | 85,70 | 85,31 | 0,17 | 0,13 | 0,16 | 0,20 | 0,19 | 0,33 | 0,25 | 0,34 | 0,39 | 0,33 | 0,26 | 0,46 |
| Cu | 2,09 | 1,53 | 0,91 | 1,03 | 1,12 | 1,39 | 1,62 | 1,81 | 1,12 | 1,76 | 1,72 | 1,90 | 1,48 | 2,04 |
| Fe | 1,56 | 1,29 | 1,38 | 1,21 | 1,31 | 1,61 | 1,90 | 1,89 | 1,16 | 1,87 | 1,61 | 1,90 | 1,05 | 1,36 |
| Zn | b.d. | b.d. | 62,58 | 62,91 | 62,86 | 62,36 | 60,89 | 61,67 | 62,83 | 60,85 | 61,53 | 59,30 | 62,60 | 60,98 |
| Cd | b.d. | b.d. | 1,20 | 0,82 | 0,90 | 0,88 | 1,30 | 0,28 | 0,61 | 0,81 | 0,35 | 1,03 | 0,28 | 0,19 |
| In | 0,05 | 0,05 | b.d. | b.d. | 0,05 | 0,03 | b.d. | 0,05 | 0,05 | b.d. | b.d. | 0,04 | b.d. | 0,04 |
| Sb | 0,13 | 0,17 | 0,28 | 0,48 | 0,47 | 0,52 | 0,65 | 0,91 | 0,68 | 0,99 | 1,00 | 1,06 | 1,02 | 1,41 |
| S | 13,98 | 13,94 | 32,92 | 32,99 | 33,03 | 32,98 | 32,67 | 32,62 | 32,74 | 32,80 | 32,50 | 31,95 | 32,68 | 32,64 |
| Celkem | 103,51 | 102,29 | 99,53 | 99,67 | 100,02 | 100,10 | 99,44 | 99,82 | 99,71 | 99,76 | 99,45 | 97,88 | 99,76 | 99,60 |
| Ag | b.d. | b.d. | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,004 | 0,004 |
| Pb | 0,907 | 0,920 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,002 | 0,001 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,001 | 0,002 |
| Cu | 0,072 | 0,054 | 0,014 | 0,016 | 0,017 | 0,021 | 0,025 | 0,028 | 0,017 | 0,027 | 0,027 | 0,030 | 0,023 | 0,032 |
| Fe | 0,061 | 0,052 | 0,024 | 0,021 | 0,023 | 0,028 | 0,034 | 0,033 | 0,020 | 0,033 | 0,028 | 0,034 | 0,018 | 0,024 |
| Zn | b.d. | b.d. | 0,939 | 0,942 | 0,939 | 0,932 | 0,918 | 0,926 | 0,944 | 0,915 | 0,928 | 0,911 | 0,941 | 0,920 |
| Cd | b.d. | b.d. | 0,010 | 0,007 | 0,008 | 0,008 | 0,011 | 0,002 | 0,005 | 0,007 | 0,003 | 0,009 | 0,002 | 0,002 |
| In | 0,001 | 0,001 | b.d. | b.d. | 0,000 | 0,000 | b.d. | 0,000 | 0,000 | b.d. | b.d. | 0,000 | b.d. | 0,000 |
| Sb | 0,002 | 0,003 | 0,002 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,005 | 0,007 | 0,005 | 0,008 | 0,008 | 0,009 | 0,008 | 0,011 |
| Celkem | 1,044 | 1,029 | 0,992 | 0,992 | 0,993 | 0,995 | 0,996 | 1,001 | 0,997 | 0,995 | 1,000 | 0,999 | 0,998 | 0,996 |
| S | 0,956 | 0,971 | 1,008 | 1,008 | 1,007 | 1,005 | 1,004 | 0,999 | 1,003 | 1,005 | 1,000 | 1,001 | 1,002 | 1,004 |

**Galenit** byl zaznamenán v nepatrném množství v jediném nábrusu ze štoly Mír. Obrůstá a spolu s chalkopyritem proniká automorfně omezený krystal pyritu uzavřený v chalkopyritu (obr. 1d) a jeho nepatrná zrnka jsou uzavírána i ve sfaleritu (obr. 1f). Dvě WDS analýzy (tab. 1) vykázaly zvýšené obsahy Cu a Fe, které jsou důsledkem ovlivnění analýzy okolními fázemi, jak naznačují jak nevyhovující stechiometrie vychýlená ve prospěch kovových prvků oproti S, tak vysoké analytické sumy (tab. 1). Na galenit jsou však vázány těmito analýzami zjištěné příměsi In (0,001 *apfu*) a Sb (0,002 a 0,003 *apfu*), jejichž mikrosondou měřitelné koncentrace nebyly nikdy zastiženy ani v pyritu, ani v chalkopyritu.

**Sfalerit** byl zjištěn jen v jediném individuu o velikosti 100 µm uzavřeném v chalkopyritu ze štoly Mír (obr. 1f). V BSE obraze vykazuje slabou oscilační zonalitu. Bodové WDS analýzy (n = 12; tab. 1) ukázaly pozoruhodný chemismus se zvýšenými obsahy Fe (0,018–0,034 *apfu*), Cu (0,014–0,032 *apfu*), Cd (0,002–0,011 *apfu*), Sb (0,002–0,011 *apfu*), Ag (0,001–0,004 *apfu*), stopami Pb a v části analýz i stopami In. Výborná stechiometrie analýz (0,999–1,008 *apfu* kovů) i analytické sumy blízké 100 hm. % nenasvědčují, že by mohly být zvýšené obsahy pro sfalerit „neobvyklých" prvků (např. Ag, Sb) vázány na submikroskopické inkluze jiných minerálů. Mezi obsahy Ag a Sb je statisticky velmi významná pozitivní korelace ($R^2$ = 0,94; obr. 2), což by mohlo nasvědčovat heterovalentní substituci $Ag^{+} + Sb^{3+} \leftrightarrow 2\ Zn^{2+}$. Obsahy Ag jsou však oproti Sb zhruba poloviční, než by odpovídalo stechiometrii uvedeného jednoduchého substitučního vektoru.

**Cu-sulfidy** jsou v malém množství běžně přítomny v supergenních lemech kolem navětralých zrn chalkopyritu, případně se podílejí na složení úplných pseudomorfóz po tomto sulfidu. Vytváří xenomorfně omezená drobná zrna nebo větší „lité" agregáty, často koncentrované do určitých růstových zón supergenních lemů (obr. 1a,b, 3a–c). V odraženém světle mají modrošedou barvu a vykazují různě intenzivní projevy anizotropie jak s jedním nikolem (obr. 2a,c), tak při mírně rozkřížených nikolech. WDS analýzy (n = 16; tab. 2) uká-




Obr. 2. Diagram Sb – Ag (*apfu*) pro sfalerit ze štoly Mír.
Fig. 2. Plot Sb – Ag (*apfu*) for sphalerite from the Mír adit.

Tabulka 2. Příklady chemického složení Cu-S fází (Cc – chalkozín, Dju – djurleit, Dg – digenit/roxbyit, Ani – anilit, Gee – geerit) ze studované mineralizace se zlatem ze štoly Na barytě (NB) a štoly Mír (Mír). Obsahy v hm. %, hodnoty *apfu* jsou vypočítány na uvedenou sumu *apfu*. b.d. – pod mezí stanovitelnosti.

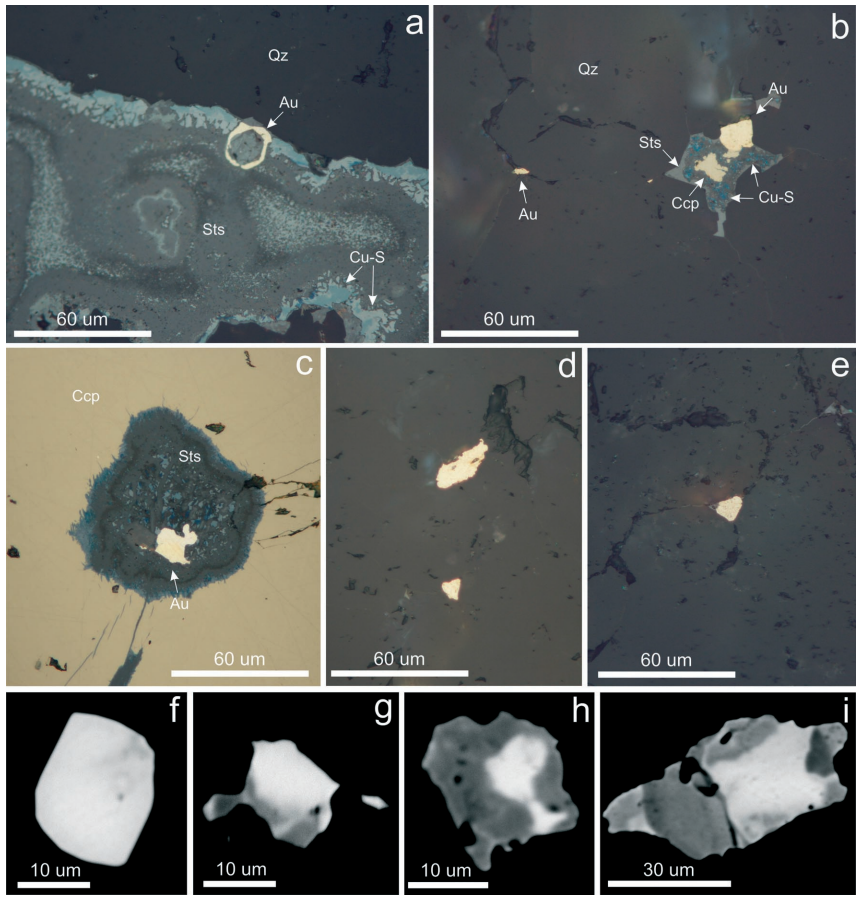
Table 2. Examples of chemical composition of Cu-S phases (Cc – chalcocite, Dju – djurleite, Dg – digenite/roxbyite, Ani – anilite, Gee – geerite) from the studied gold-bearing mineralization from the adits Na barytě (NB) and Mír (Mír). Contents in wt. %, *apfu* values are based on given value of *apfu*. b.d. – below detection limit.

| An. č. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Lokalita | NB | NB | NB | NB | Mír | Mír | Mír | Mír | Mír | Mír | Mír | Mír | Mír | Mír |
| Minerál | Cc | Dju | Dju | Dju | Dju | Dju | Dju | Dju/Dg | Dg | Dg | Dg/Ani | Dg/Ani | Ani | Gee |
| Ag | 0,10 | 0,06 | b.d. | b.d. | 0,32 | 0,15 | 0,25 | 0,44 | 0,75 | 0,41 | 0,06 | 0,08 | 0,08 | b.d. |
| Pb | b.d. | 0,12 | b.d. | b.d. | 0,12 | b.d. | b.d. | b.d. | b.d. | b.d. | 0,11 | b.d. | b.d. | b.d. |
| Cu | 75,76 | 77,36 | 78,31 | 77,80 | 74,30 | 75,16 | 76,15 | 76,73 | 71,92 | 77,02 | 75,11 | 75,60 | 72,62 | 73,79 |
| Fe | 2,25 | 2,29 | 1,55 | 1,73 | 4,12 | 3,83 | 3,04 | 1,77 | 5,14 | 0,71 | 2,52 | 2,47 | 4,86 | 2,28 |
| In | 0,05 | b.d. | b.d. | 0,05 | 0,05 | b.d. | b.d. | b.d. | b.d. | 0,05 | b.d. | b.d. | b.d. | b.d. |
| S | 20,01 | 20,88 | 21,01 | 20,96 | 21,00 | 21,19 | 21,45 | 21,62 | 21,66 | 22,05 | 22,22 | 22,45 | 23,12 | 23,89 |
| Celkem | 98,17 | 100,71 | 100,87 | 100,54 | 99,90 | 100,33 | 100,89 | 100,55 | 99,47 | 100,24 | 100,01 | 100,59 | 100,67 | 99,97 |
| Ag | 0,001 | 0,014 | b.d. | b.d. | 0,073 | 0,034 | 0,057 | 0,030 | 0,051 | 0,028 | 0,003 | 0,004 | 0,004 | b.d. |
| Pb | b.d. | 0,014 | b.d. | b.d. | 0,014 | b.d. | b.d. | b.d. | b.d. | b.d. | 0,003 | b.d. | b.d. | b.d. |
| Cu | 1,925 | 29,945 | 30,240 | 30,136 | 28,894 | 29,050 | 29,272 | 8,816 | 8,312 | 8,853 | 6,768 | 6,764 | 6,441 | 7,753 |
| Fe | 0,065 | 1,008 | 0,681 | 0,762 | 1,823 | 1,684 | 1,329 | 0,231 | 0,676 | 0,093 | 0,258 | 0,251 | 0,490 | 0,273 |
| In | 0,001 | b.d. | b.d. | 0,011 | 0,011 | b.d. | b.d. | b.d. | b.d. | 0,003 | b.d. | b.d. | b.d. | b.d. |
| Catsum | 1,992 | 30,981 | 30,921 | 30,909 | 30,815 | 30,768 | 30,658 | 9,077 | 9,039 | 8,977 | 7,032 | 7,019 | 6,936 | 8,025 |
| S | 1,008 | 16,019 | 16,079 | 16,091 | 16,185 | 16,232 | 16,342 | 4,923 | 4,961 | 5,023 | 3,968 | 3,981 | 4,064 | 4,975 |
| Apfu | 3 | 47 | 47 | 47 | 47 | 47 | 47 | 14 | 14 | 14 | 11 | 11 | 11 | 13 |
| Me/S | 1,98 | 1,93 | 1,92 | 1,92 | 1,90 | 1,90 | 1,88 | 1,84 | 1,82 | 1,79 | 1,77 | 1,76 | 1,71 | 1,61 |

zaly vedle Cu a S i variabilní příměs Fe (1,26–5,92 hm. %), méně i Ag (do 0,75 hm. %) a ojediněle i Pb (do 0,12 hm. %) a In (max. 0,05 hm. %). Celý získaný analytický soubor vykázal značnou variabilitu atomových poměrů sumy kovů k síře (Me/S = 1,61 až 1,98; tab. 2), což nasvědčuje přítomnosti několika fází. Ve štole Na barytě mají Cu-S fáze v průměru vyšší poměry Me/S než ve štole Mír. Ze štoly Na barytě byly zjištěny **chalkozín** (n = 1) a **djurleit** (n = 3), zatímco ve štole Mír **djurleit** (n = 3), fáze se složením na pomezí digenitu/roxbyitu a djurleitu (n = 1), **digenit/roxbyit** (n = 4), fáze na pomezí digenitu/roxbyitu a anilitu (n = 2), **anilit** (n = 1) a **geerit** (n = 1).

**Slitina Au-Ag** byla zjištěna v akcesorickém množství ve většině nábrusů zhotovených z křemen-chalkopyritové mineralizace. V odraženém světle se vyznačuje nápadně vysokou odrazností (obr. 1a–c, 3a–e). Výskyt Au-Ag slitiny je velmi nepravidelný jak co se týká různých vzorků/nábrusů (obvykle první jednotky kusů, ve dvou nejbohatších vzorcích bylo v rovině nábrusu zastiženo 12 a 15 zlatinek), tak pokud jde o distribuci v jednotlivých nábrusech. V obou „bohatých“ nábrusech jsou zlatinky koncentrovány hlavně v určité partii vzorku, zatímco ostatní části nábrusu je nemusí obsahovat vůbec, i když jsou minerální složení i stavba rudniny jinak zcela srovnatelné. Au-Ag slitina vytváří jednotlivá zrna, obvykle izometrického či mírně protaženého tvaru (obr. 1a–c, 3a–i), v prvním případě někdy s náznakem krystalového omezení (obr. 3f). Zlatinky jsou téměř vždy izolovaně vtroušené v rudnině, jen ojediněle se vyskytují dvě individua natolik blízko sebe, že je možno uvažovat, že by mohly náležet jednomu objektu. V jednom případě byla nábrusem zachycena i perimorfóza zlata kolem izometrického zrna neznámé fáze se šestiúhelníkovým obrysem, která zcela podlehla *limonitizaci* (obr. 3a; snad šlo o pyrit). Zlatinky dosahují velikosti obvykle v rozmezí 5–20 μm, zcela výjimečně až 60 μm (obr. 3i). Pokud jde o jejich vztah k ostatním minerálům, nejčastěji byl výskyt zlatinek zaznamenán při okraji chalkopyritových „vtroušenin“; vzhledem k supergenní přeměně většiny okrajů chalkopyritových zrn jsou však tyto zlatinky dnes většinou obklopeny supergenními produkty, hlavně *stilpnosideritem*, někdy ve směsi s Cu-sulfidy (obr. 1a–c, 3a–b). Méně často byly zlatinky zaznamenány ve vnitřních partiích chalkopyritových zrn (obr. 1e) anebo v okolním křemeni (obr. 3d,e), zcela ojediněle i v pseudomorfóze *limonitu* po pyritu, uzavřené v chalkopyritu (obr. 3c). Zlatinky uzavřené v křemeni se charakteristicky vyskytují v intergranulárách křemenných zrn (obr. 3d,e). V BSE obraze je většina přítomných zlatinek homogenní (obr. 3f), menší část je zonální (obr. 3g–i). Zonalita je obvykle charakterizována přítomností vnějšího tmavšího (v BSE obraze) objemově nevýznamného okraje, který je zpravidla přítomen jen na jedné straně zlatinky (obr. 3g). Výjimečně lze pozorovat i pokročilejší zatlačování více ryzího jádra méně ryzím okrajovým lemem, který již bývá vyvinut kontinuálně kolem celé zlatinky (obr. 3h–i); lem mívá vyvinutou slabou difuzní zonálnost, přičemž ryzost klesá směrem k okraji zlatinky. Největší nalezená zlatinka se vyznačuje nehomogenním lemem s přítomností nepravidelných domén s různou ryzostí (obr. 3i).

Podrobně bylo studováno chemické složení zlatinek – celkem bylo v šesti nábrusech analyzováno 35 zlatinek, z nichž bylo získáno celkem 60 bodových WDS analýz. Z homogenních zlatinek byla pořízena vždy 1 analýza, z malých jednoduše zonálních zlatinek 2 analýzy a z největší texturně nejsložitější zlatinky (obr. 3i) 10 analýz. Většina analyzovaných objektů pochází ze štoly Mír, v materiálu ze štoly Na barytě byly nalezeny jen dvě homogenní měřitelné zlatinky. S výjimkou obsahů Cu a Fe nebyly zjištěny výraznější rozdíly v chemismu zlatinek situovaných v různém hostitelském prostředí (v chalkopyritu, ve stilpnosideritu, v křemeni). U zlatinek uzavřených v křemeni dosahují naměřené obsahy Cu a Fe jen do cca 0,2 hm. %, zatímco u zlatinek zejména menších rozměrů uzavíraných jak ve *stilpnosideritu*, tak v chalkopyritu jsou obsahy obou zmiňovaných prvků výrazně vyšší, až první jednotky hm. % (tab. 3). Tyto zvýšené obsahy Cu a Fe jsou doprovázeny i zvýšenými analytickými sumami (až přes 104 hm. %), což jasně indikuje, že jde o kontaminaci hostitelskými minerálními fázemi. Z toho důvodu jsme obsahy Fe a Cu vyloučili při výpočtu hodnot *apfu* i at. %. Analýzy potvrdily vyšší ryzost jader (50,1–74,2 at. % Au) nežli okrajů




Obr. 3. Minerální asociace a vývin Au-Ag slitin ze studované mineralizace ze štoly Mír. a) Perimorfóza zlata (Au) kolem pseudomorfózy *limonitu* s pravidelným šestibokým obrysem, uzavřené ve směsi *stilpnosideritu* (Sts) a Cu-sulfidů (Cu-S) po chalkopyritu. b) Relikt chalkopyritu (Ccp), spolu se zlatem původně vyplňující drúzovou dutinku v křemeni (Qz), zčásti zatlačený *stilpnosideritem* a Cu-sulfidy. Inkluze zlata je i v okolním křemeni. c) Zonální zlatinka uzavřená v pseudomorfóze *stilpnosideritu* a Cu-sulfidů (snad po pyritu?), uzavřená v chalkopyritu. d, e) Zlatinky uzavřené v křemeni. f–i) Příklady vnitřní stavby zlatinek. Tmavší partie jsou bohatší Ag a Sb, světlé jsou naopak bohatší Au. Snímky a–e v odraženém světle, f–i snímky BSE. Foto Z. Dolníček.

Fig. 3. Mineral assemblage and development of Au-Ag alloys from the studied mineralization from the Mír adit. a) Perimorphosis of gold (Au) around a *limonite* pseudomorphosis with regular hexagonal outline, enclosed in a mixture of *stilpnosiderite* (Sts) and Cu-sulphides (Cu-S) formed after chalcopyrite. b) Relict of chalcopyrite (Ccp), together with gold filling up a former drusy cavity in quartz (Qz), partly replaced by *stilpnosiderite* and Cu-sulphides. A gold inclusion is also present in surrounding quartz. c) A zoned gold grain enclosed in a pseudomorphosis of *stilpnosiderite* and Cu-sulphides (perhaps after pyrite?), enclosed in chalcopyrite. d, e) Gold grains enclosed in quartz. f–i) Examples of internal fabric of gold grains. The darker parts are richer in Ag and Sb, whereas the lighter ones are richer in Au. Photographs a–e are in reflected light, f–i are BSE images. All photographs made by Z. Dolníček.

(47,9–22,8 at. % Au) zlatinek. Jádra jsou tedy z pohledu klasifikace minerálů tvořeny **zlatem**, okraje **stříbrem** (obr. 4a). Pokud jde o další komponenty, jádra i okraje obsahují místy malé obsahy Cl (max. 0,003 *apfu*; báze přepočtu 1 *apfu* kovů), ojediněle i Te (max. 0,003 *apfu*) a pouze 4 analýzy vykázaly zvýšené obsahy Hg (0,002–0,009 *apfu*). V jádrech jinak žádné další příměsi nebyly zjištěny, na rozdíl od lemů, v nichž byly naměřeny i obsahy Sb (0,001–0,032 *apfu*), které rostou s klesajícími obsahy Au (obr. 4b).

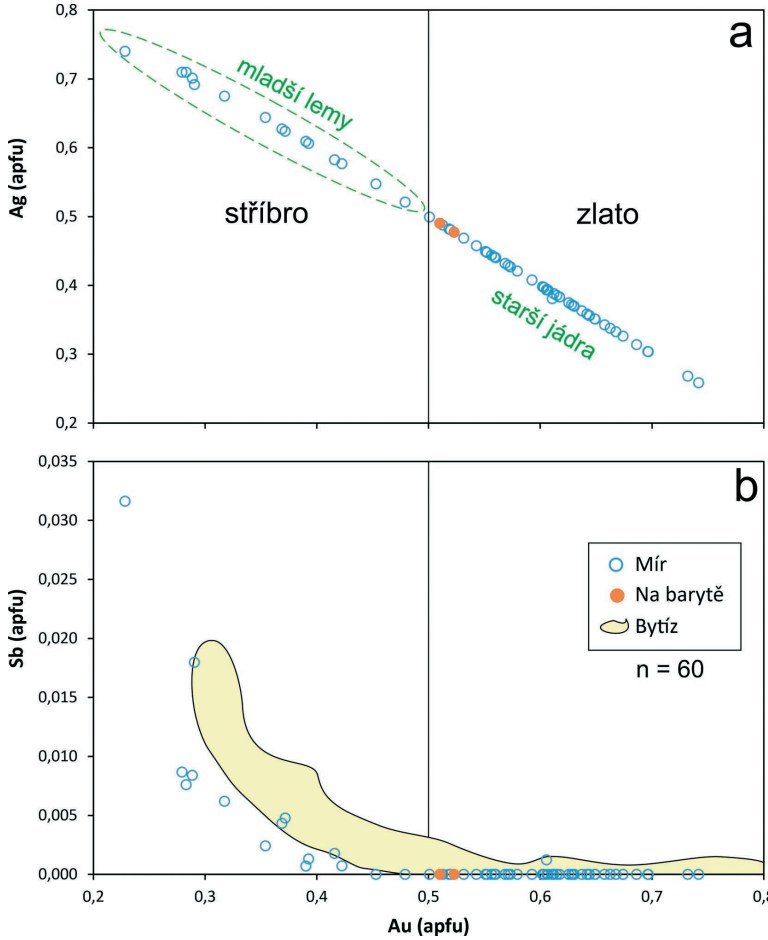
## 4. DISKUSE

Mikroskopické studium nábrusů žiloviny jasně ukázalo, že zlato je na studované žíle vázáno na ranou etapu vývoje mineralizace, kdy vznikala hlavní generace křemene (křemen I ve smyslu MALÉHO 2000) a chalkopyritu. Většina zlatinek je vázána na rozhraní křemene a chalkopyritu; v případě, kdy chalkopyrit vyplňuje drobné reziduální drúzové dutinky v křemeni, je zřejmé, že zlato krystalizovalo po křemeni a před chalkopyritem (obr. 1c, 3b). Rovněž vazba zlatinek na intergranuláry křemene (obr. 3d,e) ukazuje, že k vyloučení zlata došlo až po krystalizaci křemene. Vztah zlata k pyritu není jasný vzhledem k intenzivnímu zatlačení tohoto sulfidu supergenními produkty. Pokud byly skutečně obě výše zmíněné izometrické pseudomorfózy Cu-chudého *limonitu* v kontaktu se zlatem (obr. 3a,c) původně tvořeny pyritem, lze usuzovat na zhruba současnou krystalizaci zlata a pyritu (zlato je uzavíráno v pyritu i jej obrůstá). Celková sukcese vzniku studované mineralizace by pak byla následující: křemen – zlato + pyrit / galenit – chalkopyrit (+ značí současnou krystalizaci, – růstovou hranici a / tektonickou hranici). Pozice sfaleritu v sukcesi není zcela jasná vzhledem k absenci jeho kontaktu s pyritem i zlatem. Průběh růstových zón sfaleritu v levé části obr. 1f však naznačuje, že by sfalerit mohl být mladší než okolní chalkopyrit.

Tabulka 3. Příklady chemického složení Au-Ag slitin ze studované mineralizace ze štoly Na barytě (NB) a ze štoly Mír (Mír). Obsahy v hm. %, hodnoty *apfu* jsou vypočítány na 1 *apfu* Au + Ag + Hg + Sb, obsahy Cu a Fe byly při výpočtu hodnot *apfu* ignorovány. r – v obraze BSE tmavší okraj, b.d. – pod mezí stanovitelnosti.

Table 3. Examples of chemical composition of Au-Ag alloys from the studied mineralization from the adits Na barytě (NB) and Mír (Mír). Contents in wt. %, *apfu* values are based on 1 *apfu* Au + Ag + Hg + Sb, contents of Cu and Fe were ignored during *apfu* calculations. r – in BSE darker rim, b.d. – below detection limit.

| An. č. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8-r | 9-r | 10-r | 11-r | 12-r | 13-r | 14-r |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Lokalita | Mír | Mír | Mír | Mír | Mír | Mír | NB | Mír | Mír | Mír | Mír | Mír | Mír | Mír |
| Au | 84,33 | 80,24 | 77,86 | 73,28 | 69,79 | 67,98 | 64,25 | 56,77 | 51,66 | 45,49 | 42,62 | 40,36 | 41,10 | 34,67 |
| Ag | 16,08 | 19,13 | 21,24 | 25,02 | 29,02 | 32,82 | 32,12 | 42,45 | 47,49 | 53,00 | 55,60 | 55,44 | 57,20 | 61,57 |
| Hg | b.d. | b.d. | b.d. | 1,07 | b.d. | b.d. | b.d. | b.d. | b.d. | 0,23 | b.d. | b.d. | 0,40 | b.d. |
| Cu | 0,26 | 0,07 | 0,74 | 0,14 | 0,89 | 1,77 | 4,13 | 0,57 | 0,25 | 0,34 | 0,21 | 3,24 | 0,43 | 0,26 |
| Fe | 0,15 | b.d. | 1,23 | 0,34 | 0,37 | 1,70 | 1,11 | 0,28 | 0,09 | 0,17 | 0,06 | 1,78 | 0,07 | 0,07 |
| Sb | b.d. | b.d. | b.d. | b.d. | b.d. | b.d. | b.d. | 0,06 | 0,41 | 0,55 | 1,63 | 0,67 | 0,79 | 2,97 |
| S | b.d. | b.d. | b.d. | b.d. | b.d. | b.d. | 0,18 | b.d. | b.d. | b.d. | b.d. | 0,16 | b.d. | b.d. |
| Te | b.d. | b.d. | b.d. | 0,06 | b.d. | b.d. | b.d. | b.d. | b.d. | 0,07 | b.d. | b.d. | 0,07 | b.d. |
| Cl | b.d. | 0,04 | b.d. | 0,04 | 0,04 | 0,05 | b.d. | 0,05 | 0,05 | 0,04 | 0,06 | 0,05 | 0,06 | 0,05 |
| Celkem | 100,82 | 99,48 | 101,07 | 99,95 | 100,11 | 104,32 | 101,79 | 100,18 | 99,95 | 99,89 | 100,18 | 101,70 | 100,12 | 99,59 |
| Au | 0,742 | 0,697 | 0,668 | 0,611 | 0,568 | 0,531 | 0,523 | 0,422 | 0,372 | 0,317 | 0,290 | 0,283 | 0,279 | 0,228 |
| Ag | 0,258 | 0,303 | 0,332 | 0,381 | 0,432 | 0,469 | 0,477 | 0,577 | 0,624 | 0,675 | 0,692 | 0,710 | 0,709 | 0,740 |
| Hg | b.d. | b.d. | b.d. | 0,009 | b.d. | b.d. | b.d. | b.d. | b.d. | 0,002 | b.d. | b.d. | 0,003 | b.d. |
| Sb | b.d. | b.d. | b.d. | b.d. | b.d. | b.d. | b.d. | 0,001 | 0,005 | 0,006 | 0,018 | 0,008 | 0,009 | 0,032 |
| S | b.d. | b.d. | b.d. | b.d. | b.d. | b.d. | 0,009 | b.d. | b.d. | b.d. | b.d. | 0,007 | b.d. | b.d. |
| Te | b.d. | b.d. | b.d. | 0,001 | b.d. | b.d. | b.d. | b.d. | b.d. | 0,001 | b.d. | b.d. | 0,001 | b.d. |
| Cl | b.d. | 0,002 | b.d. | 0,002 | 0,002 | 0,002 | b.d. | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 |




Obr. 4. Chemické složení studovaných Au-Ag slitin. a – diagram Au – Ag (*apfu*), b – diagram Au – Sb (*apfu*). Srovnávací data pro lokalitu Bytíz (příbramský uranový revír) převzata z práce SEJKORY *et al.* (2022).

Fig. 4. Chemical composition of the studied Au-Ag alloys. a – plot Au – Ag (*apfu*), b – plot Au – Sb (*apfu*). The comparative data for the Bytíz locality (Příbram uranium district) are from SEJKORA *et al.* (2022).

Lokálně vyvinuté vnější lemy zlatinek, zatlačující starší zlato (obr. 3g–i) a tvořené Au bohatým stříbrem, nasvědčují tomu, že vykrystalované zlato zčásti podlehlo alteraci mladšími hydrotermálními roztoky, které do systému přinášely stříbro a antimon. Uvedený proces lze s největší pravděpodobností geneticky vztáhnout k mladší etapě vývoje téže rudní žíly, při níž vznikala převážně kalcitová a barytová žilovina s vtroušeninami galenitu a sporadicky i minerálů tetraedritové skupiny (MALÝ 2000). Zatímco galenity štoly Mír se vyznačují velmi nízkými obsahy Sb i Ag (HOUZAR a MALÝ 2002), vysoké obsahy Sb a místy i Ag charakterizují chemismus minerálů tetraedritové skupiny ze štoly Mír (nepublikovaná data autorů); HOUZAR a MALÝ (2002) zmiňují naproti tomu úplnou absenci Ag ve zdejších minerálech tetraedritové skupiny na základě bližšího studia vzorků pocházejících ze sbírek Moravského zemského muzea.

Zcela obdobný charakter alterace primárního vysoce ryzího zlata za vzniku lemů bohatých Ag a Sb zjistili také SEJKORA *et al.* (2022) z ložiska Bytíz v příbramském uranovém

revíru. Daný jev citovaní autoři popisují z místa křížení zlatonosné křemenné žíly s mladší polymetalickou žilou. Na lokalitě Bytíz byla alterace zlata způsobena mladšími fluidy bohatými na Ag a Sb, z nichž vznikla klasická polymetalická Pb-Zn-Ag mineralizace (Sejkora *et al.* 2022). Není bez zajímavosti, že trend vývoje chemismu Au-Ag slitin na lokalitě Bytíz je kvalitativně a téměř i kvantitativně zcela identický s distribucí dat zjištěnou v této práci (obr. 4b). Má-li uvedený vývoj obecnější platnost, mohou však ukázat až budoucí podrobné výzkumy na dalších „geochemicky vhodných" lokalitách.

Nové údaje získané v rámci této práce dokreslují potřebu provedení podrobné mineralogické revize tohoto zajímavého zrudnění. Moderních *in situ* analytických dat k chemismu jednotlivých hypogenních minerálů je totiž z dané mineralogicky významné lokality publikováno naprosté minimum a zjevně nelze vyloučit další překvapení, jak bylo již výše naznačeno na příkladu minerálů tetraedritové skupiny. Stejně tak přinášejí nové otázky i některá další zjištění učiněná v rámci této práce, která příliš nekorespondují s dosud publikovanými údaji. Chemismus námi analyzovaného sfaleritu je, pokud jde o obsahy Fe a Cd, dobře srovnatelný s dříve publikovanými analýzami (Malý 2000; Houzar a Malý 2002), avšak zjištěné zvýšené obsahy Ag, Cu a Sb jsou obecně ve sfaleritech pocházejících z prostředí nízkoteplotních rudních žil zcela výjimečné (srov. Kučera *et al.* 2004) a zůstává otázkou, zdali jde o lokální výkyv v chemismu nebo zda jde o jinou, dřívějšími výzkumy nepodchycenou generaci sfaleritu. Podobně anomální chemismus vykázal i galenit, v němž obsah Sb dosahující koncentrace měřitelné na elektronové mikrosondě dosud ze štoly Mír nebyl uváděn (Houzar a Malý 2002).

## 5. ZÁVĚR

Mineralogické studium nově odebraných vzorků rudní mineralizace s chalkopyritem ze štoly Mír a ze štoly Na barytě ve štěpánovském rudním revíru objasnilo povahu mineralogické vazby zlata, jehož zvýšené obsahy byly již dříve zjištěny chemickými analýzami celých rudnin. Ve starším křemeni a chalkopyritu byla zjištěna přítomnost drobných inkluzí ryzího zlata. Některé z nich jsou zonální. Jádra zlatinek klasifikačně odpovídají zlatu (50,1–74,2 at. % Au), zatímco ojediněle zjištěné lemy odpovídají Au bohatému stříbru (47,9–22,8 at. % Au). V minerální asociaci studovaných vzorků byla dále zjištěna přítomnost pyritu, galenitu a sfaleritu. Supergenní fáze jsou zastoupeny *stilpnosideritem*, *limonitem*, malachitem, brochantitem a Cu-sulfidy (chalkozín, djurleit, digenit/roxbyit, anilit, geerit). Vznik Ag,Sb-bohatých lemů zlatinek vysvětlujeme působením mladších fluid s obsahem Ag a Sb, které s největší pravděpodobností souviselo s formováním mladší nerostné asociace studované žíly s obsahem kalcitu, barytu, galenitu a minerálů tetraedritové skupiny. Geochemicky zcela analogický proces alterace staršího zlata mladšími Ag, Sb-bohatými fluidy byl popsán i z ložiska Bytíz v příbramském uranovém revíru. Nová chemická data získaná z doprovodných minerálních fází se zčásti liší od dosud publikovaných údajů a poukazují na nutnost podrobné mineralogické revize zdejší hypogenní mineralizace.

## PODĚKOVÁNÍ

Výzkum byl realizován za finanční podpory Ministerstva kultury ČR v rámci programu NAKI III, reg. č. projektu DH23P03OVV057 „Historická důlní díla na Vysočině" a institucionálního financování dlouhodobého koncepčního rozvoje výzkumné organizace Národní muzeum (DKRVO 2019-2023/1.II.e, 00023272). Recenzentům J. Tomanovi a M. Slobodníkovi děkujeme za připomínky, které přispěly k vylepšení prvotní verze rukopisu.

## LITERATURA


Houzar, S., Hrazdil, V., Hršelová, P., Toman J., Buřivalová, L., Grossmannová, D., Hladišová, T., Litochleb, J., Malý, K., Škrdla, P., Šmerda J., Vedra, P., Víšková, E., Vokáč, M., 2021: Historické dolování drahých kovů na Českomoravské vrchovině. – Moravské zemské muzeum, Brno. 476 p.

Houzar, S., Malý, K., 2002: Přehled mineralogie a ložiskových poměrů štěpánovského rudního revíru na západní Moravě. – Acta Musei Moraviae, Scientia geologicae, 87, 1–2, 5–60.

Hrazdil, V., Houzar, S., 2013: Stříbro a zlato v galenitových rudách z žilných polymetalických ložisek Českomoravské vrchoviny. – Acta Musei Moraviae, Scientia geologicae, 98, 2, 3–23.

Kučera, J., Slobodník, M., Sulovský, P., 2004: Chemické složení sfaleritů z hydrotermálních žil v horninách spodního karbonu Nízkého Jeseníku a kry Maleníku. – Acta Musei Moraviae, Scientia geologicae, 89, 113–119.

Malý, K., 2000: Mineralogie polymetalických rudních výskytů ve svratecké klenbě moravika. – MS, disertační práce, PřF MU Brno.

Malý, K., Dobeš, P., 2001: Stable isotope and fluid inclusion study of epithermal polymetallic mineralization near Štěpánov nad Svratkou (Svratka Dome, Moravicum). – Věstník Českého geologického ústavu, 76, 1, 15–21.

Mátl, V., 1965: Vyhledávací průzkum Pb, Zn (Cu) rud, Borovec u Štěpánova. 1959–1963. – MS Geofond. Praha.

Pelz, J., 2000: Borovec – několik poznámek k mineralogii lokality. – Minerál, 8, 1, 20–26.

Pouchou, J. L., Pichoir, F., 1985: "PAP" (ϕρZ) procedure for improved quantitative microanalysis. – In: Armstrong, J. T. (ed.): Microbeam Analysis, 104–106. San Francisco Press, San Francisco.

Sejkora, J., Dolníček, Z., Zachariáš, J., Ulmanová, J., Šrein, V., Škácha, P., 2022: Mineralogical and fluid inclusion evidence for reworking of Au mineralization by Ag-Sb-base metal-rich fluids from the Bytíz deposit, Příbram uranium and base-metal ore district, Czech Republic. – Minerals, 12, 1539.

Velebil, D., Kráčmar, L., 2002: Ložisko Borovec u Štěpánova (štěpánovský revír). – Minerál, 10, 3, 163–181.


## INTERNETOVÉ ZDROJE


Auricupride – Přístup 28. 3. 2023 na adrese: https://www.mindat.org/min-423.html