

<https://doi.org/10.46861/bmp.31.025>

PŮVODNÍ PRÁCE/ORIGINAL PAPER

Sulfidická mineralizace s Au-bohatým stříbrem z Utína v havlíčkobrodském rudním revíru (Česká republika)

Sulphide mineralization with Au-rich silver from Utín in the Havlíčkův Brod ore district (Czech Republic)

PETR PAULIŠ^{1,2)*}, STANISLAV KOPECKÝ³⁾, ZDENĚK DOLNÍČEK²⁾ A JIŘÍ SEJKORA²⁾¹⁾Smíškova 564, 284 01 Kutná Hora; *e-mail: petr.paulis@post.cz²⁾Mineralogicko-petrologické oddělení, Národní muzeum, Cirkusová 1740, 193 00 Praha 9 - Horní Počernice³⁾Žižkov II/1294, 580 01 Havlíčkův Brod

PAULIŠ P, KOPECKÝ S, DOLNÍČEK Z, SEJKORA J (2023) Sulfidická mineralizace s Au-bohatým stříbrem z Utína v havlíčkobrodském rudním revíru (Česká republika). Bull Mineral Petrolog 31(1): 25-34 ISSN 2570-7337

Abstract

Sulphide mineralization was found in relics of mine dumps from medieval mining near Utín, at SE part of the Havlíčkův Brod ore district (Bohemian-Moravian Highlands, Czech Republic). It is represented by pyrite, Fe-rich sphalerite, chalcopyrite, arsenopyrite, galena (with chemical compositions corresponding to other occurrences of this ore district) and more rare jamesonite and boulangerite. The main Ag ore was probably Ag-rich member of tetrahedrite group - kenoargentotetrahedrite-(Fe) with empirical formula $(\text{Ag}_{5.45}\text{Cu}_{4.48}\text{Sb}_{9.93})(\text{Fe}_{1.75}\text{Zn}_{0.32}\text{Mn}_{0.01}\text{Sb}_{2.08}\text{S}_{12.05})$. Another interesting mineral found in this association is Au-rich silver with Au contents in the range 53.35 - 56.40 wt. % and average empirical formula $\text{Ag}_{0.60}\text{Au}_{0.39}$. Schultenite, minerals of the pharmacosiderite group and inhomogeneous Fe-arsenates were detected from the rarely represented supergene mineralization.

Key words: sulphidic mineralization, Au-rich silver, chemical composition, base-metal district Havlíčkův Brod, Utín, Czech Republic

Obdrženo 10. 3. 2023; přijato 16. 6. 2023

Úvod

Havlíčkobrodský polymetalický revír se nachází v sv. části Českomoravské vrchoviny a zahrnuje území o rozloze cca 200 km². Jedná se o historickou oblast exploatace Ag-Pb-Zn-(Cu) ložisek. V celém revíru je řada lokalit, na kterých se v minulosti těžily polymetalické rudy nebo na nich probíhal průzkum. Přestože první listinný doklad existence zdejších stříbrných dolů pochází až z roku 1257, je pravděpodobné, že počátky dolování lze hledat již ve třicátých letech 13. století (Hrubý 2014).

Havlíčkobrodský rudní revír je složen téměř ze stovek rudních žil a žilných pásem, které se vyskytují zhruba mezi obcemi Počátky, Jitkov, Hosov, Šlapánov, Květnov, Koječín, Věž, Michalovice, Havlíčkův Brod a Krátká Ves. Žilné výskyty nejsou rozmístěny rovnoměrně, ale shlukují se do několika skupin, dílčích rudních okrsků. Rudní pole stříbrnohorského-utínského se nachází v jv. části revíru. Tato oblast představuje poměrně velké soustředění historické těžby stříbrných rud havlíčkobrodského revíru s doloženým středověkým osídlením, existencí úpravárenských objektů i s pozůstatky důlních děl a mohutných obvalů. Charakteristická je zdejší značná hustota rudních žil, soustředěných zejména do těsné blízkosti Stříbrných Hor a dále do východního okolí Utína (poperecká žilná pásma) (Houzar et al. 2021).

Geologické a mineralogické poměry revíru

Geologicky patří celé území k severozápadní části strážeckého moldanubika a sv. okraji českého moldanubika, vesměs budovaného pestrou skupinou. Moldanubikum pestré skupiny je reprezentováno především sillimaniticko-biotitickými pararulami a migmatity. Moldanubický pluton je zastoupen muskoviticko-biotitickým adamelitem mrákotínského typu. V revíru se významně uplatňuje disjunktivní tektonika tří směrů. Jedná se o systém přibyslavsko-dačického mylonitového pásma ssz.-jv. až ssv.-jjz. směru, systém sázavského zlomu sz.-jv. směru a systém křídelské dislokace z.-v. směru. Tyto systémy vtiskují charakteristiku rozšíření a morfologii polymetalického zrudnění (Králik et al. 1985).

Převládající směr žil je SZ - JV a S - J. Žíly nemají velkou směrnou délku, známá hloubka zrudnění nepřesahuje 500 m. Mocnost žil vzácně nadřuže na 0.5 až 1 m, výjimečná jsou několik metrů mocná impregnační pásma (Dlouhá Ves). Největší nahromadění bývá v rudních sloupech při křížení dvou nebo více dislokací. Jedná se o klasický revír s kyzovou polymetalickou asociací (*k-pol*) ve smyslu klasifikace Bernarda (1967). Žíly jsou křemenné s podřadným zastoupením Fe-Mg-Mn karbonátů a s obsahem Fe-sulfidů (pyrit, pyrhotin), černého Fe-bohatého sfaleritu, méně je v nich galenitu. Ostatní nerosty (arsenopyrit, tetraedrit, markazit, chalkopyrit, stanin aj.) jsou řídké (Bernard, Poucha et al. 1986; Malý, Dolníček 2005).

Moderních informací o mineralogii zdejších žil je poměrně málo (např. Koutek 1960; Kudělášková 1960; Němec 1965; Blüml, Hak 1968; Hak, Novák 1973; Hrazdil 2012; Scharmová 1995, 2000; Dobeš, Malý 2001; Mastíková 2011; Malý, Dolníček 2005). Mineralogie rudních výskytů v okolí Stříbrných Hor byla tématem diplomových prací Imramovského (1955) a Petroše (1958). Novější údaje o primární mineralizaci revíru uvádějí Sejkora et al. (2015) a Dolníček et al. (2021), další historické a geologicko-mineralogické informace pak shrnuje monografická práce Houzara et al. (2021).

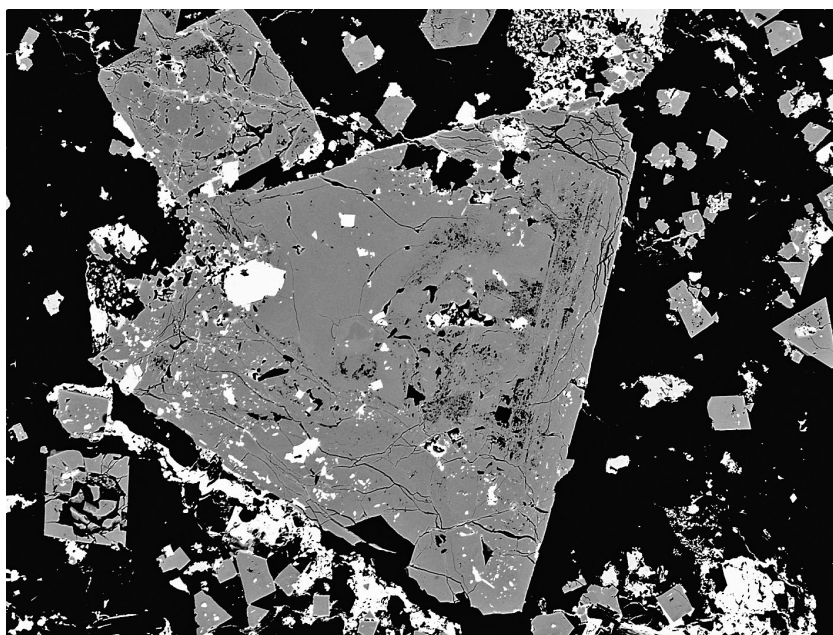
Metodika výzkumu

Povrchová morfologie vzorků byla sledována v dopadajícím světle pomocí optického mikroskopu Nikon SMZ1500. Nábrusy studovaných vzorků byly pro výzkum v odraženém světle a následně chemické analýzy připraveny standardním leštěním pomocí diamantové suspenze. Optické vlastnosti v odraženém světle byly studovány pomocí mikroskopu Nikon Eclipse ME600.

Chemické složení studovaných minerálních fází bylo kvantitativně studováno pomocí elektronového mikroana-



Obr. 1 Lokalizace studované lokality; upraveno podle www.mapy.cz.



Obr. 2 Krystaly pyritu (šedý) s inkluzemi galenitu (bílý) v křemenu z Utína; šířka záběru 1100 μm , BSE foto Z. Dolníček.

lyzátoru Cameca SX100 (Národní muzeum, Praha) za podmínek: *primární minerály*: WD analýza, 25 kV, 20 nA, průměr svazku elektronů 0.75 μm , použité standardy: Ag (AgLa), albit (NaKa), apatit (PKa), baryt (BaLa), Bi_2Se_3 (BiL β), CdTe (CdLa), Sn (SnLa), Co (CoKa), Cr (CrKa), CuFeS_2 (CuKa, SKa), GaAs (GaLa), Ge (GeLa), FeS_2 (FeKa), HgTe (HgMa), InAs (InLa), Mn (MnKa), Ni (NiKa), NaCl (ClKa), NiAs (AsL β), PbS (PbMa), PbSe (SeL β), sanidin (KKa), Sb_2S_3 (SbLa), PbTe (TeLa), TlBr (TlLa), V (VKa), wollastonit (CaKa), ZnS (ZnKa) a Au (AuMa). *Supergenní minerály*: vlnově disperzní analýza, napětí 15 kV, proud 5 nA, průměr svazku 5 μm , použité standardy a vlnové délky: albit (NaKa), apatit (PKa, CaKa), klinoklas (AsLa), baryt (BaL β), Bi (BiMa), celestin (SKa, SrL β), Co (CoKa), diopsid (MgKa), hematit (FeKa), halit (ClKa), chalkopyrit (CuKa), LiF (FKa), rodonit (MnKa), sanidin (SiKa, KKa, AlKa), vanadinit (PbMa, VKa), ZnO (ZnKa) a BN (NKa). Obsahy výše uvedených prvků, které nejsou zahrnuty v tabulkách, byly kvantitativně analyzovány, ale zjištěné obsahy byly pod detekčním limitem (cca 0.03 - 0.15 hm. % pro jednotlivé prvky). Získaná data byla korigována za použití algoritmu PAP (Pouchou, Pichoir 1985).

Charakteristika sulfidické mineralizace z okolí Utína

Rudy Pb-Zn-Ag jsou v oblasti Stříbrných Hor a Utína vázány na rudní žíly a dislokační pásma převážně směru SZ - JV v migmatitech a migmatizovaných rulách moldanubika. Zrudnělé struktury mají většinou velmi strmé uložení, mocnost dnes patrných žil se obvykle pohybuje v několika cm, celková mocnost zrudněných dislokačních zón může být až v prvních metrech. Rudní tělesa jsou tvořena hlavně křemenem, z rudních minerálů převládá pyrit a černý sfalerit s 11 - 14 % Fe a vysokými obsahy In. Makroskopicky lze

zjistit galenit, pyrrhotin a arsenopyrit, mikroskopicky pak chalkopyrit, tetradrit, markazit, argentit, pyrargyrit, kassiterit a stanin. Karbonáty jsou vzácné, mají vysoké obsahy Mn. Dosud byly identifikovány Mn-bohatý dolomit, Mg-bohatý kutnohorit a rodochrozit (Hrubý, Malý 2019). Z okolí Utína popisují Dobeš, Malý (2001) hydrotermální mineralizaci v migmatitech z opuštěného kamenolomu u silnice ze Stříbrných Hor do Utína. Vedle pyritu zde zjistili černý sfalerit s obsahem Fe (13.5 - 14.4 %), Cd (kolem 0.3 %) a Mn (cca 0.5 %) a stříbrnosný galenit s 6938 ppm Ag.

Nejvýznamnějším centrem historického dolování u Utína bylo okolí návrší Poperek (Buchberg) jižně od řeky Sázavy a východně od Utína (dříve Uttendorf) směrem k Hesovu a Keřkovu, kde se mělo nacházet sídliště a kaple, zasvěcené snad sv. Barboře (Rous in Hrubý 2019). Obvaly na návrší Poperku jsou unikátní rozsahem i hloubkou. Dolovalo se tu už ve středověku (Rous 2001, 2004). Zmínky pocházejí již z druhé poloviny 13. století. V roce 1258 je z Poperku zmiňováno třináct důlních polí a předpokládá se, že od 15. století zde již žádná důlní činnost neprobíhala. Těženy byly hlavně dvě rudní struktury orientované ve směru SSZ - JJV. Jedna má délku přes 700 m, menší východnější pak minimálně 400 m (Hrubý, Malý 2019). Vyhloubeno tu bylo přes 100 jam různé velikosti a účelu, od menších prospekčních šachtic až k několika těžním šachtám o průměru přes 10 m. Hloubka jam tak mohla dosáhnout přes 50 m. Rudnina i žilovina jsou v haldovině poměrně řídké, kromě obvyklého pyritu a černého sfaleritu se v karbonát-křemenné žilovině objevuje drobně zrnitý stříbrnosný galenit (Houzar et al. 2021). Pod Buchberg bylo raženo po zrudněných

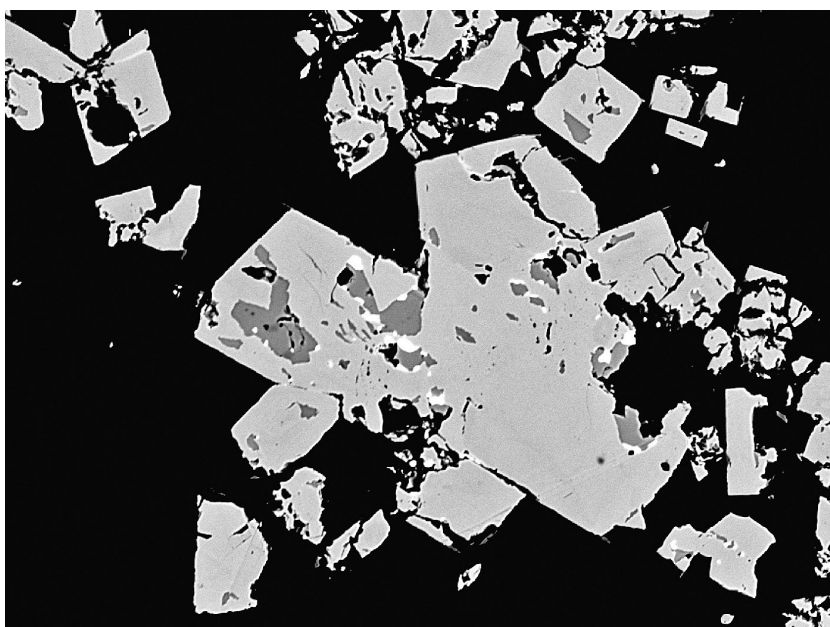
zónách od severozápadu až severu a od východu několik štol (Červená, Nebeská, Bílý vůl, „Ag-štola“).

V meandru Sázavy, nedaleko Štukhejského mlýna, byla v nivě Sázavy povrchovým archeologickým průzkumem

Tabulka 1 Chemické složení pyritu z Utína (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5
Pb	0.17	0.20	0.17	0.12	0.16	0.20
Fe	46.15	46.30	46.16	46.49	45.87	45.94
As	1.00	0.60	0.99	0.00	2.45	1.28
S	52.85	53.35	52.70	53.70	51.70	52.80
total	100.17	100.45	100.02	100.31	100.18	100.22
Pb	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Fe	0.996	0.994	0.998	0.996	0.999	0.992
As	0.016	0.010	0.016	0.000	0.040	0.021
S	1.987	1.995	1.985	2.003	1.961	1.986

Mean - průměr pěti bodových analýz; koeficienty empirického vzorce počítány na bázi 3 *apfu*.

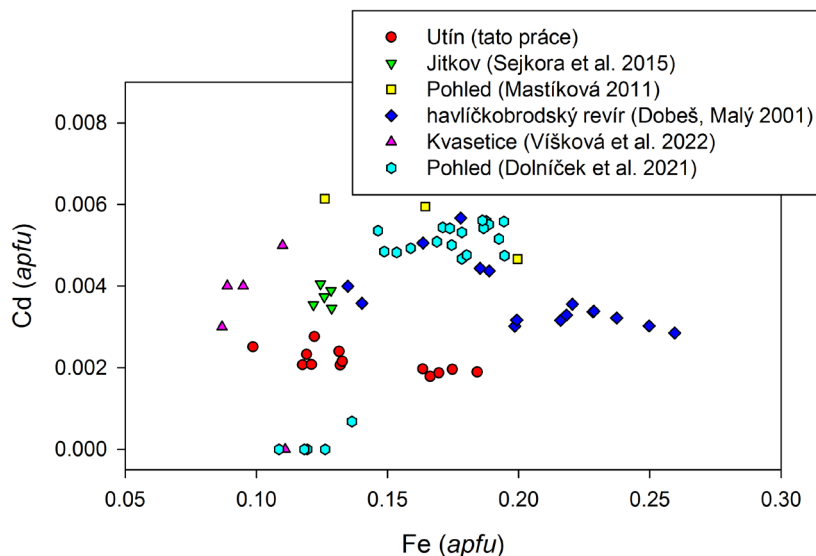


Obr. 3 Krystaly arsenopyritu (světle šedý) s inkluzemi sfaleritu (tmavošedý) a kenoargentotetradritu-(Fe) (bílý) v křemenu z Utína; šířka záběru 615 μm , BSE foto Z. Dolníček.

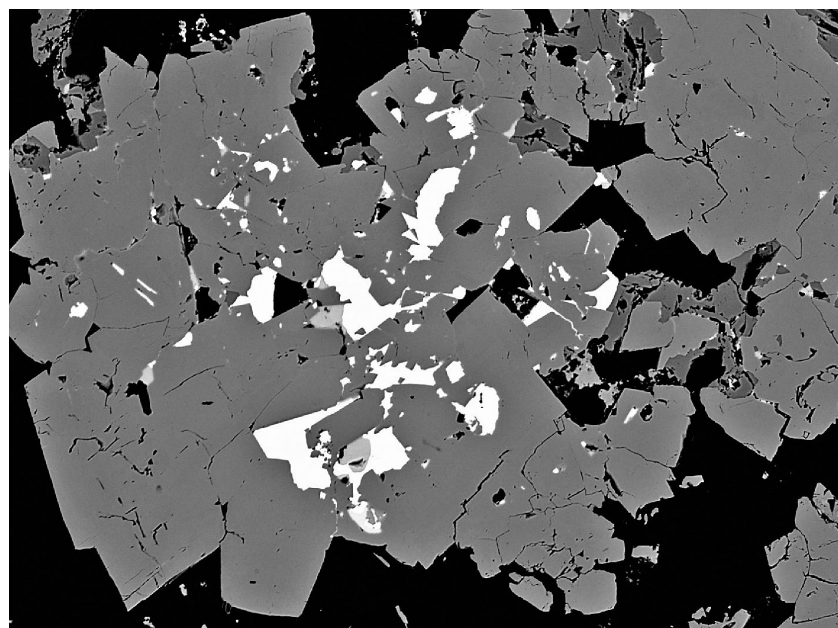
Tabulka 2 Chemické složení sfaleritu z Utína (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Fe	8.16	5.67	6.77	6.87	6.94	7.03	7.63	7.63	7.66	9.48	9.72	9.89	10.19	10.63
Cd	0.25	0.29	0.24	0.27	0.24	0.32	0.28	0.24	0.25	0.23	0.21	0.22	0.23	0.22
Mn	0.72	0.25	0.29	0.13	0.30	0.13	0.36	0.41	0.81	1.09	1.32	1.33	1.32	1.58
Zn	56.31	59.59	57.94	58.32	57.54	58.00	57.40	57.28	55.94	54.77	54.48	54.25	53.92	52.55
Cu	0.15	0.18	0.46	0.00	0.14	0.00	0.07	0.30	0.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
S	33.54	33.13	33.30	33.49	33.33	33.44	33.75	33.44	33.44	33.62	34.00	33.84	33.83	33.41
total	99.13	99.11	99.00	99.08	98.49	98.92	99.49	99.30	98.94	99.19	99.73	99.53	99.49	98.39
Fe	0.141	0.099	0.118	0.119	0.121	0.122	0.132	0.132	0.133	0.163	0.166	0.170	0.175	0.184
Cd	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
Mn	0.013	0.004	0.005	0.002	0.005	0.002	0.006	0.007	0.014	0.019	0.023	0.023	0.023	0.028
Zn	0.832	0.887	0.860	0.864	0.857	0.861	0.845	0.847	0.828	0.806	0.796	0.795	0.790	0.778
Cu	0.002	0.003	0.007	0.000	0.002	0.000	0.001	0.005	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Σ	0.990	0.995	0.992	0.988	0.988	0.988	0.987	0.992	0.990	0.991	0.987	0.989	0.990	0.992
S	1.010	1.005	1.008	1.012	1.012	1.012	1.013	1.008	1.010	1.009	1.013	1.011	1.010	1.008

Mean - průměr 13 bodových analýz; koeficienty empirického vzorce počítány na bázi 2 *apfu*.



Obr. 4 Graf Fe vs. Cd (apfu) pro sfalerit z havlíčkovbrodského rudního revíru; údaje Dobeše, Malého (2001) jsou pro lokality Utín, Pekelská štola a Pohled.



Obr. 5 Srostlice krystalů arsenopyritu (šedý) s inkluzemi elektrů (bílý), sfaleritu (tmavošedý) a kenoargentotetraedritu-(Fe) (světle šedý) v křemenu z Utína; šířka záběru 890 μm , BSE foto Z. Dolníček.

mem zjištěna vrstva hutnické strusky a nalezeny doklady úpravy rud. V kontaktu se struskovištěm a stopou po náhonu, respektive kanálu, se našla nevelká plocha s výskytem pozdně středověké keramiky, kterou lze považovat za doklad existence provozního a obytného objektu, což je na Havlíčkovbrodsku zatím ojedinělý nález. Získané poznatky nasvědčují tomu, že zde byla na přelomu středověku a novověku činná huť, která zpracovávala stříbrnou rudu dováženou nejspíš z prostoru nejbližšího známého areálu těžby, tedy ze vzdálenosti minimálně 300 - 400 metrů jihovýchodně od místa zpracování (Rous 2007).

Nově zjištěné poznatky o rudní mineralizaci

Studované vzorky zrudněné žiloviny byly získány druhým z autorů v rámci sledování polymetalické mineralizace z historických děl havlíčkovbrodského revíru. Materiál byl nalezen v roce 2019 nedaleko Štukhejlského mlýna, v meandru Sázavy, při jejím levém břehu, cca 1 km severně od Utína (GPS: 49°35'41.5"N, 15°41'20.1"E; obr. 1). Vzorky pocházejí pravděpodobně z rozvlečeného materiálu z nedaleké Bělovolské štoly (Weisser Ochsen Stollen), kterou zmiňují již Helmhacker (1876) a Petr (1897). V minulosti tu byla řada propadů a obvalů, dnes je toto území zemědělsky využíváno (pole).

V ornici se objevuje větší množství křemenné žiloviny s typickým polymetalickým zrudněním (pyrit, sfalerit, galenit, arsenopyrit), které tvoří až několik cm velké zrnité agregáty. Řídce se na několika vzorcích vyskytly partie jehličkovitých „plstnatých“ rud na plochách do cca 10 mm². Spolu s tím se zde nacházejí četné úlomky strusky, potvrzující výsledky archeologického průzkumu.

Tabulka 3 Chemické složení arsenopyritu z Utína (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Fe	34.87	35.04	35.24	34.90	35.22	34.66	35.11	34.42	34.72	34.54
Sb	0.34	1.93	0.21	0.04	0.07	0.21	0.04	0.22	0.26	0.08
As	42.61	39.59	40.98	41.47	42.19	43.64	43.72	43.75	43.83	44.29
S	21.50	22.70	22.57	22.49	22.05	20.94	21.16	20.65	20.58	20.36
total	99.32	99.26	99.00	98.90	99.53	99.45	100.03	99.04	99.39	99.27
Fe	1.004	1.001	1.005	0.997	1.005	1.002	1.007	1.002	1.008	1.006
Sb	0.004	0.025	0.003	0.001	0.001	0.003	0.001	0.003	0.003	0.001
As	0.914	0.843	0.871	0.883	0.898	0.941	0.935	0.949	0.948	0.961
S	1.078	1.130	1.121	1.119	1.096	1.055	1.057	1.047	1.040	1.032
(As+Sb)/S	0.85	0.77	0.78	0.79	0.82	0.89	0.88	0.91	0.91	0.93

Mean - průměr devíti bodových analýz; koeficienty empirického vzorce počítány na bázi 3 apfu.

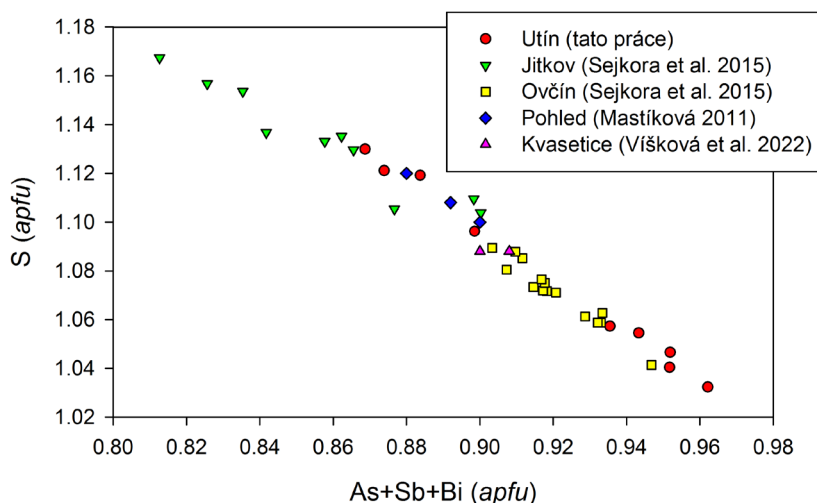
Studované vzorky jsou tvořené křemennou žilovinou, která obsahuje drobné drůzovité dutiny s krystaly křemene o délce do 2 mm. Makroskopicky lze v křemenné žilovině identifikovat vzájemně prorostlé, jemně zrnité agregáty a až 3 mm velké krystaly pyritu, zrnité agregáty arsenopyritu a sfalerit.

Ve studovaných nábrusech tvoří **pyrit** až 1 mm velké krystaly (obr. 2) a kolem 0.3 mm velká zrna obsahující inkluze sfaleritu s chalkopyritem, galenit a kenoargentotetraedrit-(Fe). Pro jeho chemické složení jsou charakteristické minoritní obsahy As do 0.04 *apfu*, obdobné obsahy byly zjištěny v pyritu z Jitkova (Sejkora et al. 2015), Kvasetic (Víšková et al. 2022) či z Pohledu (0.01 - 0.03 *apfu*) (Mastíková 2011). Chemické složení pyritu z Utína (průměr pěti bodových analýz - tab. 1) je možno na bázi 3 *apfu* vyjádřit empirickým vzorcem $Fe_{1.00}As_{0.02}S_{1.99}$.

Sfalerit tvoří ve studovaném materiálu až několik mm velká černohnědá nepravidelná zrna, která jsou často korodovaná, s hojnými inkluzemi galenitu, kenoargentotetraedritu-(Fe) a chalkopyritu. Až 100 μ m velká nepravidelná zrna byla zjištěna i v arsenopyritu (obr. 3), se kterým na jiných místech srůstá. Při studiu jeho chemického složení (tab. 2) byly zjištěny zvýšené obsahy Fe (0.10-0.18 *apfu*) a v menším rozsahu Mn (do 0.03 *apfu*), Cu (do 0.01 *apfu*) a Cd (do 0.003 *apfu*); jeho empirický vzorec (průměr 13 bodových analýz) je možno na bázi 2 *apfu* vyjádřit jako $(Zn_{0.83}Fe_{0.14}Mn_{0.01})_{\Sigma 0.98}S_{1.01}$. V porovnání s publikovanými analýzami z dalších lokalit havlíčkobrodského revíru (Dobeš, Malý 2001; Mastíková 2011; Sejkora et al. 2015; Dolníček et al. 2021; Víšková et al. 2022) vykazuje sfalerit z Utína srovnatelné či nižší obsahy Fe a Cd (obr. 4).

Hojnou rudní fází ve studovaném materiálu je **arsenopyrit**, který tvoří v ploše nábrusů až 0.8 mm velké idiomorfne omezené krystaly uzavírající sfalerit s inkluzemi chalkopyritu, galenitu, chalkopyritu, kenoargentotetraedritu-(Fe) (obr. 3) a *elektra* (obr. 5). Jeho chemické složení (tab. 3) většinou odpovídá publikovaným analýzám z havlíčkobrodského revíru (Mastíková 2011; Sejkora et al. 2015; Víšková et al. 2022); vedle minoritních obsahů Sb (do 0.03 *apfu*) je pro všechny vzorky charakteristické nestechiometrické zastoupení As+Sb+Bi a S (obr. 6), náleží tak k As-chudým arsenopyritům (poměr (As+Sb)/S se pohybuje mezi 0.77 a 0.93; tab. 3). Naproti tomu z pegmatitů z lomu Pohled byly popsány As-bohaté arsenopyrity (navíc i se zvýšenými obsahy

Co a Ni; Dolníček et al. 2021). Zjištěná úroveň nestechiometrie však nevybočuje z obvyklých mezí; poměry As/S jsou pro arsenopyrit uváděny v rozmezí 0.82 - 1.22 (Morimoto, Clark 1961), respektive 0.69 - 1.20 (Kerestedjian 1997). Průměrné chemické složení arsenopyritu z Utína (devět bodových analýz) je možno vyjádřit na bázi 3 *apfu* empirickým vzorcem $Fe_{1.00}As_{0.91}S_{1.08}$.

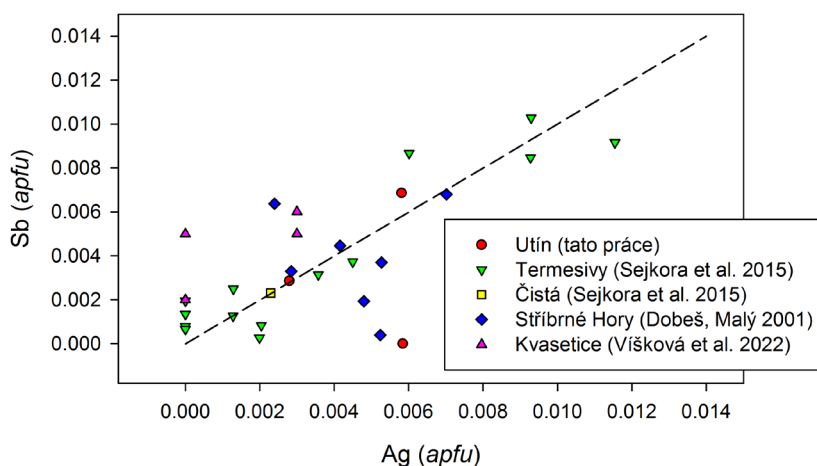


Obr. 6 Graf (As+Sb+Bi) vs. S (*apfu*) pro arsenopyrit z havlíčkobrodského rudního revíru.

Tabulka 4 Chemické složení galenitu z Utína (hm. %)

	mean	1	2	3	4
Ag	0.18	0.13	0.27	0.27	0.05
Pb	85.38	84.98	85.28	85.57	85.70
Fe	0.43	0.26	0.61	0.75	0.09
Sb	0.25	0.15	0.37	0.36	0.12
S	13.72	13.67	13.84	13.77	13.58
total	99.54	99.19	101.42	100.82	101.69
Ag	0.004	0.003	0.006	0.006	0.001
Pb	0.968	0.972	0.957	0.959	0.985
Fe	0.018	0.011	0.025	0.031	0.004
Sb	0.005	0.003	0.007	0.007	0.001
S	1.005	1.011	1.004	0.997	1.008

Mean - průměr čtyř bodových analýz; koeficienty empirického vzorce počítány na bázi 2 *apfu*.



Obr. 7 Graf Ag vs. Sb pro galenit z havlíčkobrodského rudního revíru; přerušovaná linie znázorňuje ideální substituci $Ag+Sb \rightarrow 2Pb$.

Tabulka 5 Chemické složení chalkopyritu z Utína (hm. %)

	mean	1	2	3		mean	1	2	3
Pb	0.10	0.12	0.08	0.11	Pb	0.001	0.001	0.001	0.001
Cu	34.19	34.24	34.05	34.27	Cu	0.996	0.990	0.989	1.009
Fe	29.42	29.42	29.48	29.35	Fe	0.975	0.968	0.974	0.984
Zn	0.66	1.03	0.86	0.08	Zn	0.019	0.029	0.024	0.002
S	34.80	35.11	34.95	34.33	S	2.009	2.012	2.012	2.004
total	99.17	99.92	99.42	98.14					

Mean - průměr tří bodových analýz; koeficienty empirického vzorce počítány na bázi 4 *apfu*.

Tabulka 6 Chemické složení kenoargentotetraedritu-(Fe) z Utína (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ag	31.42	26.77	28.41	31.01	30.90	31.47	32.15	31.72	32.27	32.84	33.14	33.26	33.88	34.14
Fe	5.22	4.56	5.28	5.92	5.78	5.02	5.25	5.85	5.42	5.21	4.76	5.03	5.68	4.87
Pb	0.03	0.00	0.00	0.00	0.22	0.00	0.14	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00
Mn	0.01	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Zn	1.10	1.59	0.73	1.06	0.96	2.71	2.51	1.07	0.99	0.74	1.10	0.83	0.24	0.83
Cu	15.21	18.39	17.37	15.72	15.47	14.88	14.62	15.11	14.63	14.40	13.94	13.83	13.48	13.53
Sb	25.99	26.81	26.32	25.39	25.18	25.77	25.64	25.06	25.55	26.25	26.24	26.34	25.87	26.17
S	20.65	21.31	21.30	21.25	21.35	20.80	20.61	20.83	20.62	20.45	19.84	19.94	20.16	20.06
total	99.63	99.43	99.41	100.40	99.86	100.65	100.92	99.69	99.48	100.00	99.02	99.23	99.31	99.60
Ag	5.451	4.597	4.908	5.308	5.355	5.372	5.470	5.473	5.622	5.719	5.823	5.838	5.954	5.998
Fe	1.749	1.513	1.762	1.957	1.935	1.655	1.725	1.950	1.824	1.752	1.615	1.705	1.928	1.653
Pb	0.003	0.000	0.000	0.000	0.020	0.000	0.012	0.000	0.000	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000
Mn	0.005	0.000	0.000	0.017	0.000	0.000	0.000	0.017	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	0.316	0.451	0.208	0.299	0.275	0.763	0.705	0.305	0.285	0.213	0.319	0.240	0.070	0.241
Cu	4.480	5.361	5.094	4.568	4.551	4.312	4.222	4.425	4.326	4.257	4.158	4.121	4.021	4.035
Sb	3.995	4.079	4.028	3.851	3.866	3.898	3.865	3.831	3.944	4.050	4.085	4.096	4.028	4.074
S	12.052	12.311	12.379	12.237	12.446	11.945	11.797	12.090	12.085	11.980	11.728	11.774	11.918	11.856

Mean - průměr 21 bodových analýz, 1 - 13 reprezentativní bodové analýzy; koeficienty empirického vzorce počítány na bázi $\Sigma Me = 16$ *apfu*.

Tabulka 7 Chemické složení Au-bohatého stříbra (elektra) z Utína (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5	6	7	8
Ag	46.21	45.96	46.94	48.06	44.35	46.23	45.60	47.13	45.42
Au	55.05	55.66	54.76	53.35	56.40	55.16	55.66	53.48	55.95
Fe	0.13	0.15	0.27	0.12	0.06	0.05	0.06	0.08	0.13
Sb	0.10	0.08	0.13	0.14	0.10	0.06	0.10	0.13	0.09
total	101.49	101.85	102.10	101.67	100.91	101.50	101.42	100.82	102.00
Ag	0.602	0.598	0.605	0.619	0.588	0.604	0.598	0.615	0.593
Au	0.394	0.397	0.387	0.376	0.403	0.394	0.400	0.394	0.400
Fe	0.003	0.004	0.007	0.003	0.002	0.001	0.002	0.002	0.006
Sb	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001

Mean - průměr osmi bodových analýz; koeficienty empirického vzorce počítány na bázi 1 *apfu*.

Tabulka 8 Chemické složení jamesonitu z Utína (hm. %)

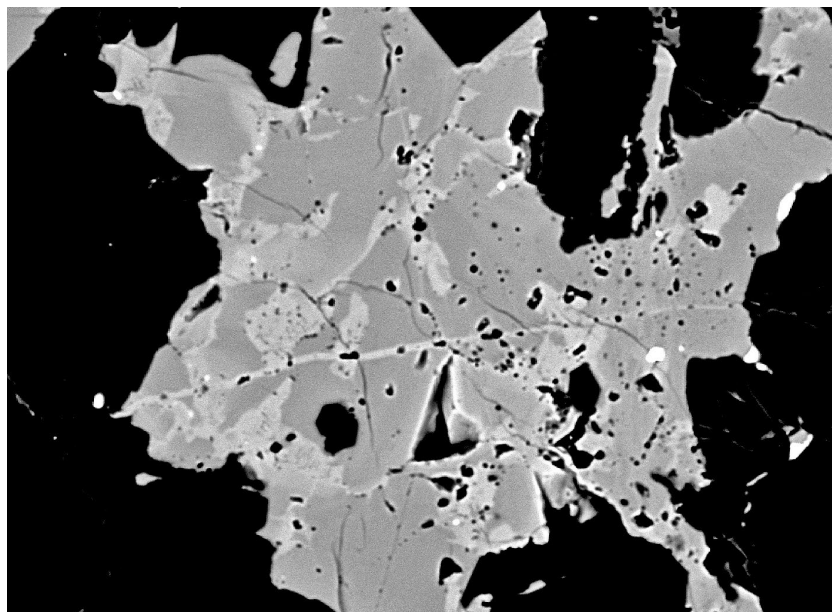
	mean	1	2	3	4	5	6	7	8
Fe	2.56	2.60	2.53	2.56	2.59	2.59	2.52	2.54	2.56
Sb	35.96	35.88	35.95	35.91	36.11	35.92	35.97	35.99	35.92
Pb	39.46	39.36	39.19	39.69	39.55	39.53	39.51	39.69	39.18
S	21.72	21.68	21.57	21.62	21.90	21.79	21.66	21.76	21.75
total	99.70	99.52	99.24	99.78	100.15	99.83	99.66	99.98	99.41
Fe	0.948	0.964	0.942	0.950	0.952	0.957	0.935	0.939	0.948
Sb	6.107	6.102	6.139	6.111	6.093	6.087	6.120	6.101	6.104
Pb	3.938	3.933	3.933	3.969	3.922	3.936	3.950	3.954	3.912
S	14.007	14.000	13.986	13.970	14.032	14.020	13.994	14.007	14.035

Mean - průměr osmi bodových analýz; koeficienty empirického vzorce počítány na bázi 25 *apfu*.

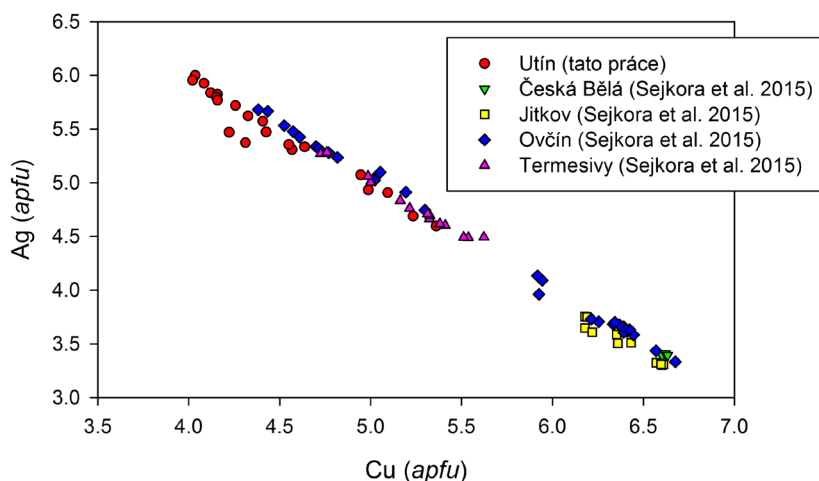
V menší míře je v rudnině zastoupen **galenit**, tvořící až 0.5 mm velká izolovaná nepravidelná zrna v křemeni, vzácnější jsou jeho srůsty s kenoargentotetraedritem-(Fe) v arsenopyritu o rozměrech kolem 0.1 mm a jeho inkluze v pyritu (obr. 2). Při studiu chemického složení galenitu (tab. 4) byly zjištěny minoritní obsahy Fe (až 0.03 *apfu*), Sb a Ag (do 0.01 *apfu*). Rozsah zjištěné Ag+Sb→2Pb substituce odpovídá publikovaným údajům pro galenity havlíckobrodského revíru (obr. 7); galenity z lomu Pohled s obsahy Ag do 0.05 *apfu* (Mastíková 2011; Dolníček et al. 2021), neuvedené v grafu, se od ostatních lokalit revíru odlišují obsahy Bi a substitucí typu Ag+Bi→2Pb. Chemické složení galenitu z Utína (průměr čtyř bodových analýz) je možno na bázi 2 *apfu* vyjádřit empirickým vzorcem $Pb_{0.97}Fe_{0.02}S_{1.01}$.

V malém množství byl v nábrusích zachycen **chalkopyrit** v podobě nepravidelných zrn o velikosti do 80 μm srůstající s arsenopyritem, sfaleritem a kenoargentotetraedritem-(Fe). Kolem 10 μm velká inkluze byla pozorována i ve sfaleritu. Při studiu jeho chemického složení byly zjištěny minoritní obsahy Zn (až 0.03 *apfu*) a stopy Pb (0.001 *apfu*). Jeho chemické složení (průměr tří bodových analýz - tab. 5) je možno na bázi 4 *apfu* vyjádřit empirickým vzorcem $Cu_{1.00}Fe_{0.98}Zn_{0.02}S_{2.01}$.

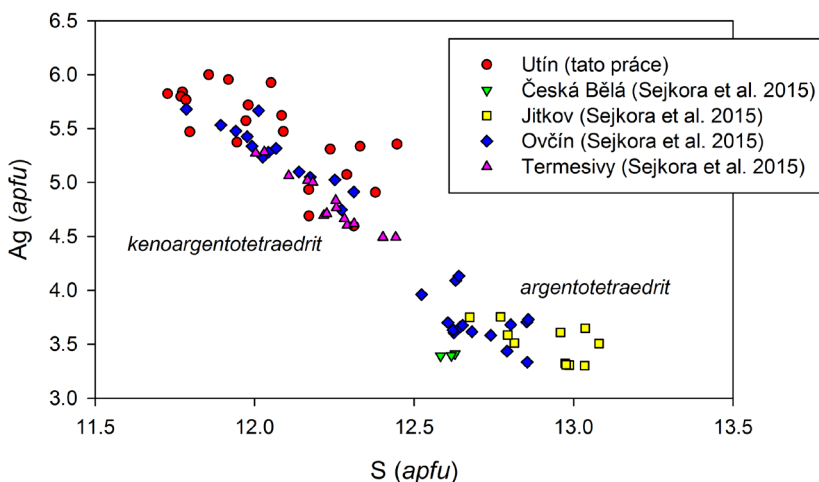
Poměrně častý je Ag-bohatý člen skupiny tetraedritu, který tvoří nepravidelná, často zonální zrna o velikosti do 0.2 mm (obr. 6). Zarůstá do pyritu, sfaleritu a arsenopyritu (obr. 3), srůstá s chalkopyritem, někdy obsahuje vrostlice galenitu. Jeho chemické složení (tab. 6) odpovídá dříve definovanému *freibergitu* (obr. 9). Nová nomenklatura minerálů skupiny tetraedritu (Biagioni et al. 2020) situaci zkomplikovala, protože arbitrární hranici 12.5 *apfu* S (při přepočtu vzorce na bázi $\Sigma Me = 16$ *apfu* - tj. všech komponent mimo S+Se) mezi argentotetraedritem a kenoargentotetraedritem musíme považovat pouze za orientační vzhledem k zatížení výsledků možnými nepřesnostmi ve stanovení síry pomocí EPMA (± 0.3 *apfu* S). Nicméně i s přihlédnutím k tomuto rozptylu je zřejmé, že minerál z Utína (obr. 10) odpovídá **kenoargentotetraedritu-(Fe)** (Biagioni et al. 2020; Shu et al. 2022). Ve všech bodových analýzách Fe výrazně převládá nad Zn (obr. 11) a obsahy As jsou pod detekčním limitem. Jeho empirický vzorec (průměr 21 bodových



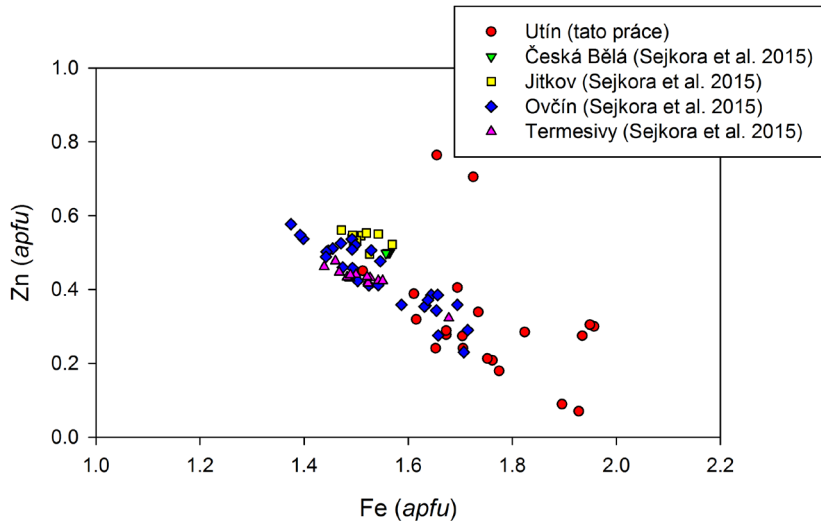
Obr. 8 Zonální zrno kenoargentotetraedritu-(Fe) (světlešedý a šedý) s drobnými inkluzemi galenitu (bílý) v pyritu a sfaleritu (černý) z Utína; šířka záběru 300 μm , BSE foto Z. Dolníček.



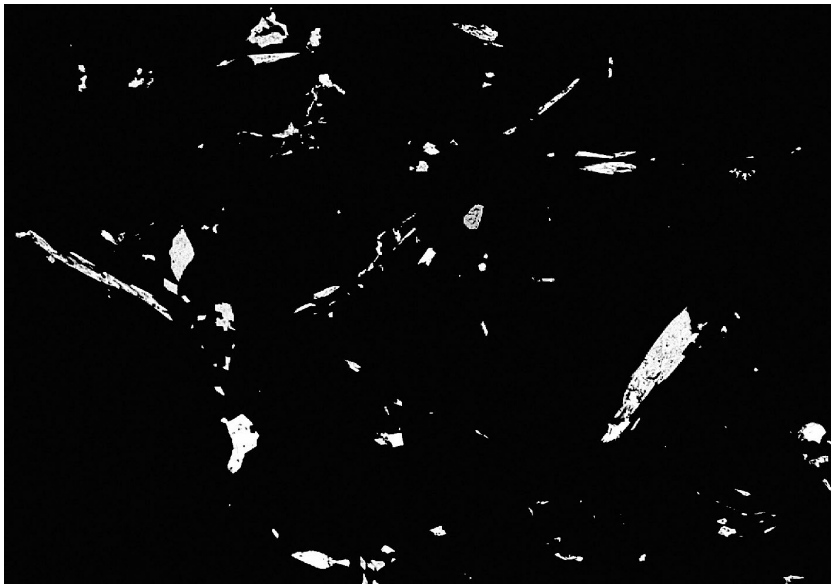
Obr. 9 Chemické složení minerálů skupiny tetraedritu z havlíckobrodského rudního revíru v grafu Cu vs. Ag (*apfu*); minimální obsah 3 Ag *apfu* pro členy série *freibergitu* splňují všechny prezentované analýzy.



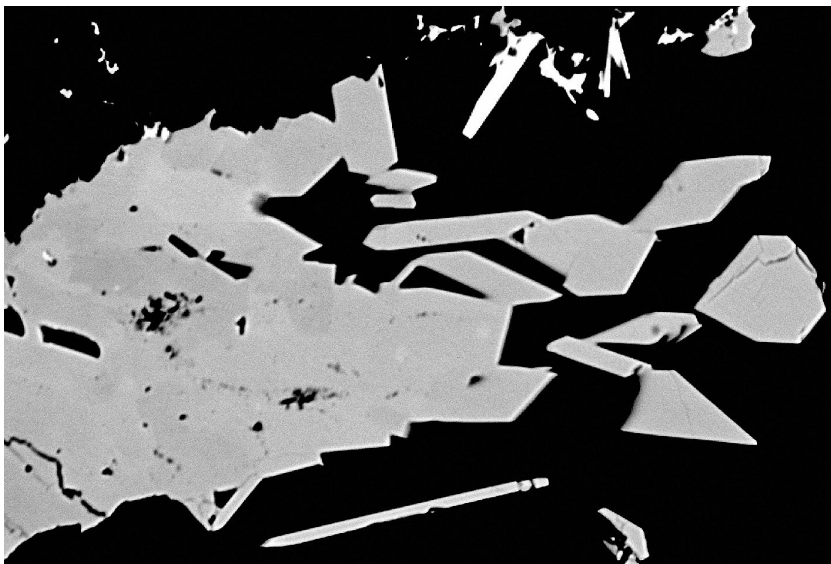
Obr. 10 Chemické složení minerálů skupiny tetraedritu z havlíckobrodského rudního revíru v grafu S vs. Ag (*apfu*); arbitrární hranice mezi argentotetraedritem a kenoargentotetraedritem je 12.5 *apfu* S.



Obr. 11 Chemické složení minerálů skupiny tetradritu z havlíčkovbrodského rudního revíru v grafu Fe vs. Zn (apfu).



Obr. 12 Různě orientované řezy jehlicemi boulangeritu spolu s drobnými zrny galenitu v křemeni z Utína; šířka záběru 600 μm , BSE foto Z. Dolníček.



Obr. 13 Krystaly schultenitu v puklině křemene z Utína; šířka záběru 300 μm , BSE foto Z. Dolníček.

analýz) je možno na bázi $\Sigma\text{Me} = 16$ apfu vyjádřit jako $(\text{Ag}_{5.45}\text{Cu}_{4.48})_{\Sigma 9.93}(\text{Fe}_{1.75}\text{Zn}_{0.32}\text{Mn}_{0.01})_{\Sigma 2.08}\text{Sb}_{4.00}\text{S}_{12.05}$. V porovnání s Ag-bohatými tetradrity z dalších lokalit havlíčkovbrodského revíru (Sejkora et al. 2015) je kenoargentotetradrit-(Fe) z Utína blízky vzorkům z Termesiv a části analýz z Ovčína, naproti tomu vzorky z České Bělé, Jitkova a druhá část analýz z Ovčína (obr. 9-11) odpovídají argentotetradritu-(Fe).

Nejzajímavějším minerálem studované asociace je **stříbro** s vysokým podílem zlata (*elektrum*), které tvoří nepravidelná, až 20 μm velká izolovaná zrna zarostlá v křemeni a až 100 μm velká zrna asociující úzce s galenitem, někdy zarůstající do arsenopyritu (obr. 5) či srůstající s kenoargentotetradritem-(Fe). Obsahy Ag se pohybují od 44.35 do 48.06 hm. % (0.59 - 0.62 apfu) a Au od 53.35 do 56.40 hm. % (0.38 - 0.40 apfu), v malém množství byly detekovány příměsi Fe a Sb (tab. 7). Jeho chemické složení (průměr osmi bodových analýz) je možno na bázi 1 apfu vyjádřit empirickým vzorcem $\text{Ag}_{0.60}\text{Au}_{0.39}$. Tento typ stříbra s vysokými obsahy Au nad 50 hm. % byl zjištěn na stříbronosných kyzově polymetalických žilách například v Dobré Vodě u Rudolfova, Horách Matky Boží, Brodu u Příbrami a v havlíčkovbrodském revíru v rozsypu u České Bělé (Morávek et al. 1992). Výskyt zlatem bohatého stříbra v Utíně je jeho prvním zjištěným primárním výskytem vázaným na sulfidickou mineralizaci v havlíčkovbrodském revíru. Geneticky odlišný charakter mělo zlato zjištěné na Vysoké u Havlíčkova Brodu, které obsahovalo kolem 18 hm. % Ag a bylo provázáno Bi-Te a W mineralizací (Kopecký et al. 2015).

Nehojně zastoupený je **jamesonit**, který tvoří v křemenné žilovině až 0.2 mm dlouhé jehlicovité agregáty a až 50 μm velká idiomorfne omezená zrna v asociaci s galenitem a boulangeritem. Jeho empirický vzorec (průměr osmi bodových analýz - tab. 8) je možno na bázi 25 apfu vyjádřit jako $\text{Pb}_{3.94}\text{Fe}_{0.95}\text{Sb}_{6.11}\text{S}_{14.01}$. V havlíčkovbrodském revíru byl jamesonit popsán z Jitkova (Sejkora et al. 2015) s minoritními obsahy Ag (0.09 apfu) a Bi (0.02 apfu). Spolu s jamesonitem byl v nábrusu zjištěn **boulangerit**, tvořící v křemenné žilovině až 0.1 mm dlouhá jehlicovitá, idiomorfne omezená individua v těsné asociaci s až 15 μm velkými zrny galenitu (obr. 12). Jeho empirický vzorec (průměr osmi bodových analýz - tab. 9) je možno na bázi

20 *apfu* vyjádřit jako $Pb_{4.92}Sb_{4.09}S_{10.99}$. V havlíčkobrodském revíru byl tento minerál zjištěn v České Bělé, Čisté a Termesivech (Sejkora et al. 2015). Z Utína ho bez bližších údajů zmiňují Houzar et al. (2021).

Ze supergenní mineralizace byl v nábrusech zjištěn Pb-arsenát **schultenit**, tvořící částečně výplně drobných trhlin v křemenné žilovině s obsahem galenitu. Jeho agregáty jsou až kolem 0.5 mm dlouhé a 20 μ m široké a nezdědká se vyskytují i jednotlivé až 0.2 mm velké idiomorfne vyvinuté krystaly (obr. 13). Jeho chemické složení (tab. 10) velmi dobře odpovídá ideální stechiometrii, zjištěny byly jen minoritní obsahy Fe nepřevyšující 0.02 *apfu*. Empirický vzorec schultenitu (průměr devíti bodových analýz) je možno na bázi 1 As *apfu* vyjádřit jako $(Pb_{0.98}Fe_{0.01})_{\Sigma 0.99}(AsO_3OH)$. Schultenit je poměrně vzácný supergenní minerál, který byl v ČR dosud zjištěn na čtyřech lokalitách - na dolech Eliáš v Jáchymově, Jeroným v Abertamech, č. 8 v Horním Slavkově a Antonín u Chodové Plané (Pauliš 2021). Z dalších supergenních minerálů byl identifikován výskyt pravděpodobného **farmakosideritu** až **natrofarmakosideritu** tvořícího agregáty do 50 μ m a nepravidelných výrazně **nehomogenních Fe-arsenátů** s proměnlivými obsahy Fe_2O_3 (30.2 - 49.0 hm. %), As_2O_5 (17.8 - 42.3 hm. %), dále i SiO_2 (do 11 hm. %), PbO (do 6 hm. %), Al_2O_3 (do 5 hm. %) a lokálně i se zvýšenými obsahy MnO v rozmezí 10 - 40 hm. %. Zjištěné obsahy SO_3 nepřevyšují 1.8 hm. %. Vzhledem k nehomogenitě těchto agregátů není možné zjistit jejich minerální složení; pravděpodobně se jedná o fáze v literatuře označované jako HFA (hydratované železité arsenáty), případně AFA (amorfní Fe-arsenáty), jejichž vznik je vázán na silně acidní prostředí s pH < 4 (Ma et al. 2021; Víšková et al. 2022).

Závěr

Rudní pole stříbrnohorského-utínského, které se nachází v jv. části havlíčkobrodského revíru, představuje poměrně velké soustředění historické těžby stříbrných rud s doloženým středověkým osídlením, existencí úpravárenských objektů i s pozůstatky důlních děl a mohutných obvalů. Rudní materiál pocházející z utínských starých důlních děl nebyl dosud předmětem bližšího mineralogického výzkumu. V nově nalezeném materiálu byly zjištěny především běžné sulfidické minerály se složením charakteristickým pro zdejší revír (pyrit, Fe-bohatý sfalerit, arsenopyrit, galenit) v doprovodu s méně hojným chalkopyritem, jamesonitem a boulangeritem. Poměrně často zastoupený je ve studovaných nábrusech stříbrem bohatý člen skupiny tetraedritu - kenoargentotetraedrit -(Fe), který tu byl patrně hlavní těžbou rudou stříbra. Nejzajímavějším minerálem ve studované sulfidické asociaci je stříbro s vysokým podílem zlata (*elektrum*), které je jeho prvním zjištěným primárním výskytem vázaným na sulfidickou mineralizaci v havlíčkobrodském revíru. Ze vzácně zastoupené supergenní mineralizace byl zjištěn ojedinělý schultenit, minerály skupiny farmakosideritu a nehomogenní Fe-arsenáty.

Poděkování

Předložená práce vznikla za finanční podpory Ministerstva kultury ČR v rámci institucionálního financování dlouhodobého koncepčního rozvoje výzkumné organizace Národní muzeum (00023272 - cíl DKRVO 2019/2023 1.1.e). Za recenzní připomínky, které přispěly k vylepšení rukopisu, autoři děkují K. Malému (Jihlava) a E. Víškové (Brno).

Tabulka 9 Chemické složení boulangeritu z Utína (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5	6	7	8
Sb	26.72	26.91	26.99	26.53	26.67	26.61	26.56	26.87	26.59
Pb	54.73	55.24	55.60	54.25	54.67	54.52	54.37	54.79	54.42
S	18.92	18.96	19.03	18.56	18.79	19.06	18.85	19.02	19.05
total	100.37	101.11	101.62	99.34	100.13	100.19	99.78	100.68	100.06
Sb	4.088	4.097	4.092	4.117	4.099	4.062	4.083	4.093	4.062
Pb	4.920	4.942	4.953	4.947	4.937	4.890	4.912	4.905	4.886
S	10.991	10.961	10.954	10.936	10.964	11.047	11.004	11.002	11.052

Mean - průměr osmi bodových analýz; koeficienty empirického vzorce počítány na bázi 20 *apfu*.

Tabulka 10 Chemické složení schultenitu z Utína (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5	6	7	8	9
FeO	0.14	0.00	0.18	0.00	0.06	0.22	0.17	0.20	0.10	0.31
PbO	64.78	63.85	64.64	64.79	64.95	64.80	65.32	64.94	64.77	64.94
As_2O_5	33.95	33.76	33.89	34.06	33.94	34.03	33.62	33.99	34.27	34.01
H_2O^*	2.66	2.65	2.66	2.67	2.66	2.67	2.64	2.66	2.69	2.67
total	101.53	100.26	101.37	101.52	101.61	101.72	101.75	101.79	101.83	101.93
Fe	0.006	0.000	0.008	0.000	0.003	0.010	0.008	0.009	0.005	0.015
Pb	0.982	0.974	0.982	0.979	0.985	0.980	1.000	0.984	0.973	0.983
Σ	0.989	0.974	0.991	0.979	0.988	0.991	1.008	0.993	0.978	0.998
As	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
H	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Mean - průměr devíti bodových analýz; koeficienty empirického vzorce počítány na bázi 1 As *apfu*; H_2O^* obsah vypočtený na základě ideální stechiometrie vzorce $Pb(AsO_3OH)$.

Literatura

- BERNARD JH (1967) Kurze Übersicht der isogenetischen erzlagerbildenden Mineralassoziationen hydrothermalen Ursprungs im tschechoslowakischen Teil der Böhmisches Masse. *Čas Mineral Geol* 12: 13-20
- BERNARD JH, POUBA Z ET AL. (1986) Rudní ložiska a metalogeneze československé části Českého masívu. ÚÚG Praha
- BIAGIONI C, LUKE LG, NIGEL JC, MAKOVICKY E, MOÉLO Y, PASERO M, SEJKORA J, STANLEY CHJ, WELCH MD, BOSI F (2020) The tetrahedrite group: Nomenclature and classification. *Am Mineral* 105: 109-122
- BLÜML A, HAK J (1968) Vazba vizmutu v polymetalických rudách ložiska Dlouhá Ves u Havlíčkova Brodu. *Čas Mineral Geol* 13, 3: 279-284
- DOBEŠ P, MALÝ K (2001) Mineralogie polymetalických rudních výskytů ve střední části havlíčkovobrodského revíru. *Vlast sborn Vysoč* 15: 51-85
- DOLNÍČEK Z, ULMANOVÁ J, MALÝ K, HAVLÍČEK J, SEJKORA J (2021) Minerály kontaminovaných granitových pegmatitů z lomu Pohled u Havlíčkova Brodu (moldanubikum), část II: prvky a sulfidy. *Bull Mineral Petrolog* 29(1): 90-107
- HAK J, NOVÁK F (1973) Mineralogie a geochemie ložiska Dlouhá Ves u Havlíčkova Brodu. *Hornická Příbram ve vědě a technice, sekce Geologie ložisek nerostných surovin G* 17: 247-262
- HELMHACKER R (1876) Ueber den gegenwärtigen Stand des Bergbaues bei Deutschbrod in Böhmen. *Z berg- u hüttenmänn Ver Steiermark u Kärnten* 17-18: 257-272
- HOUZAR S, HRAZDIL V, HRŠELOVÁ P, TOMAN J, BUŘIVALOVÁ L, GROSSMANNOVÁ D, HLADIŠOVÁ T, LITOCHEB J, MALÝ K, ŠKRDLA P, ŠMERDA J, VEDRA P, VIŠKOVÁ E, VOKÁČ M (2021) Historické dolování drahých kovů na Českomoravské vrchovině. *Moravské zemské muzeum Brno*
- HRAZDIL V (2012) Minerální asociace s berthieritem v polymetalickém zrudnění u Jitkova nedaleko České Bělé (havlíčkovobrodský rudní revír), moldanubikum. *Acta Mus Moraviae, Sci geol* 97, 1: 39-45
- HRUBÝ P (2014) K periodizaci počátku rané exploatace drahých kovů na Českomoravské vrchovině. *ArchaeoMontan 2013, Arbeits- und Forschungsberichte zur sächsischen Bodendenkmalpflege* 28: 147-155
- HRUBÝ P (2019) Metalurgická produkční sféra na Českomoravské vrchovině v závěru přemyslovské éry. *Spisy Filozofické fakulty Masarykovy univerzity* 482, 260 p
- HRUBÝ P, MALÝ K (2019) Utín (okr. Havlíčkův Brod) důlní středisko Buchberg (Mons Fagus). *Exkurzní průvodce semináře „Stříbrná Jihlava 2019“*, 3 str
- IMRAMOVSKÝ L (1955) Geologie širšího okolí Stříbrných Hor. MS, dipl. práce, Geofond Praha
- KERESTÉDJIAN T (1997) Chemical and morphological features of arsenopyrite, concerning its use as a geothermometer. *Mineral Petrol* 60: 231-243
- KOPECKÝ S, PAULIŠ P, POUR O (2015) Zlato z Vysoké u Havlíčkova Brodu (Česká republika). *Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha)* 23, 2: 218-220
- KOUTEK J (1960) Rudní ložiska v okolí České Bělé na Českomoravské vrchovině. *Čas Nár Muz, Odd přírodověd* 79: 135-143
- KRÁLÍK M A KOLEKTIV (1985) Zhodnocení prognózních zdrojů Ag v Českém masívu. MS, Geindustria Praha
- KUDĚLÁSKOVÁ S (1960) Mineralogické poměry na ložisku barevných kovů u Dlouhé Vsi na Havlíčkobrodsku. *Sbor věd Prací Vys Šk báň (Ostrava), Ř horn-geol* 3-4: 399-406
- MA X, SU R, ZHAO X, LIU S, WU X, WANG S, JIA Y (2021) Phase transformation of hydrous ferric arsenate in the presence of Fe(II) under anaerobic conditions: Implications for arsenic mobility and fate in natural and anthropogenic environments. *Chem Geol* 578: 120321
- 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 Geosci* 80, 4: 307-319
- MASTÍKOVÁ E (2011) Mineralogie a podmínky vzniku vybraných mineralizací v lomu Pohled (moldanubikum). MS, dipl práce, Universita Palackého Olomouc
- MORÁVEK P, AICHLER J, DOŠKÁŘ Z, DUDA J, DURIŠOVÁ J, HAUK J, JANATKA J, KALENDA F, KLOMÍNSKÝ J, KVĚŇ P, LITOCHEB J, MALEC J, MRÁZEK I, NOVÁK F, POUBA Z, PUNČOCHÁŘ M, SKÁCEL J, SOUKUP B, STUDNÍČNÁ B, SZTACHO P, SPONAR P, TÁSLER R., VAŇA T, VANĚČEK M, VESELÝ J (1992) Zlato v Českém masívu. 1-245 ČGS, Praha
- MORIMOTO N, CLARK LA (1961) Arsenopyrite crystal-chemical relations. *Am Mineral* 46: 1448-1469
- NĚMEC D (1965) Geologické a paragenetické poměry ložiska formace Pb-Zn-Ag u Bartoušova na Havlíčkovobrodsku. *Sbor geol Věd, ložisk Geol* 6: 47-86
- PAULIŠ P (2021) Nový přehled minerálů České republiky a jejich lokalit. *Kuttna, Kutná Hora*
- PETR F (1897) Stříbrné doly v okolí Německého Brodu. *Výroční zpráva c. k. státního vyššího gymnasia v Německém Brodě za školní rok 1897*: 3-24
- PETROŠ R (1958) Předběžná zpráva o geologickém mapování ve starém rudním revíru utínském a okolí. MS, Geindustria Praha
- POUCHOU JL, PICOIR F (1985) "PAP" (φρΖ) procedure for improved quantitative microanalysis. In: ARMSTRONG JT (ed): *Microbeam Analysis*. San Francisco Press, San Francisco: 104-106
- ROUS P (2001) K závěrečné fázi vrcholně středověkého hornictví na Havlíčkovobrodsku. *In: Stříbrná Jihlava*: 66-81
- ROUS P (2004) Stříbrnorudné hornictví na Havlíčkovobrodsku od 13. do 17. století. *Archeol techn* 15: 49-58
- ROUS P (2007) Povrchové stopy zpracování stříbrné rudy v poloze V Groubu na katastru obce Utín. *In: Stříbrná Jihlava 2007. Studie k dějinám hornictví a důlních prací*: 216-221
- SEJKORA J, KOPECKÝ S, PAULIŠ P, KOPECKÝ S JUN (2015) Nové poznatky o primární mineralizaci v havlíčkovobrodském rudním revíru (Česká republika). *Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha)* 23, 2: 277-296
- SHU Z, SHEN C, LU A, GU X (2022) Chemical composition and crystal structure of kenoargentotetrahedrite-(Fe), $Ag_6Cu_4Fe_2Sb_4S_{12}$, from the Bajiazhi Pb-Zn deposit, Liaoning, China. *Crystals* 12: 1-8
- SCHARMOVÁ M (1995) Nové mineralogické poznatky z havlíčkovobrodského rudního revíru. *In: Symposium Hornická Příbram ve vědě a technice, T18 Příbram*
- SCHARMOVÁ M (2000) Polymetalické zrudnění od Svaté Anny u Havlíčkova Brodu. *Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha)* 8: 165-169
- VIŠKOVÁ E, HOUZAR S, ŠKODA R, KOPECKÝ S, TOMAN J, PAULIŠ P (2022) Olovem bohatá oxidační zóna polymetalické mineralizace na lokalitě Kvasetice u Havlíčkova Brodu: distribuce minerálních asociací s pyromoritem a arzenáty. *Bull Mineral Petrolog* 30(2): 171-187