

<https://doi.org/10.46861/bmp.33.081>

PŮVODNÍ PRÁCE/ORIGINAL PAPER

Hg-bohaté stříbro a doprovodná mineralizace z Kostelních Střimelic u Stříbrné Skalice (Česká republika)

Mercury-rich silver and associated mineralization from Kostelní Střimelice near Stříbrná Skalice (Czech Republic)

JIŘÍ SEJKORA^{1)*}, PETR PAULIŠ^{1,2)} A MIROSLAV ŠEDINA³⁾¹⁾Mineralogicko-petrologické oddělení, Národní muzeum, Cirkusová 1740, 193 00 Praha 9 - Horní Počernice;*e-mail jiri.sejkora@nm.cz²⁾Smišková 564, 284 01 Kutná Hora³⁾Oleška-Brník 34, 281 63 Kostelec nad Černými lesy

SEJKORA J, PAULIŠ P, ŠEDINA M (2025) Hg-bohaté stříbro a doprovodná mineralizace z Kostelních Střimelic u Stříbrné Skalice (Česká republika). Bull Mineral Petrolog 33(1): 81-89. ISSN 2570-7337

Abstract

An interesting occurrence of Hg-rich silver was found in samples from the shaft Jan at the northern margin of the Kostelní Střimelice village (ore district Stříbrná Skalice), central Bohemia (Czech Republic). The mercury-rich silver forms strips up to 2.5 mm in size, tiny veinlets and irregular to lobe-like aggregates in sulfide (tetrahedrite-(Fe), tetrahedrite-(Zn), chalcopyrite) - quartz - calcite veins with thickness up to 5 cm in Permian sediments (arkose). The observed Hg contents in silver range from 0.2 to 12.9 at. % (0.29 - 22.17 wt. %). The detailed description and quantitative chemical data for individual mineral phases are given. The succession of crystallization is as follows: *tetrahedrite I* (tetrahedrite-(Fe) with minor tetrahedrite-(Zn)) → chalcopyrite → *tetrahedrite II* (tetrahedrite-(Zn) with minor tetrahedrite-(Fe)) → Hg-rich silver.

Key words: Hg-rich silver, tetrahedrite group minerals, chemical composition, Kostelní Střimelice, Czech Republic

Obdrženo 9. 5. 2025; přijato 27. 6. 2025

Úvod

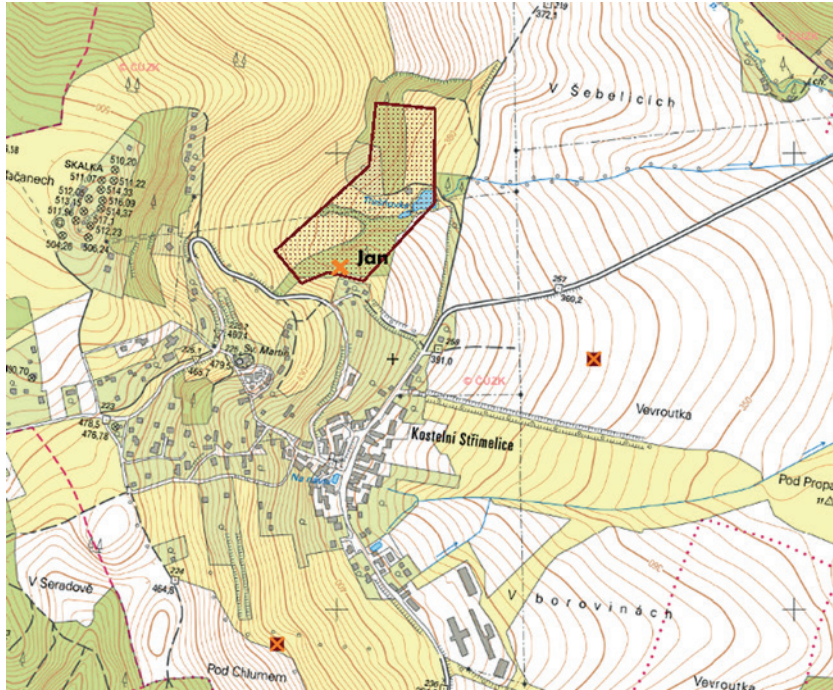
Nedaleko významné tektonické linie blanické brázdy, těsně při východním okraji středoevropského plutonu, cca 15 km sv. od Benešova, leží nevelký revír polymetalických rudních žil Stříbrná Skalice. Žíly vytvářejí několik km dlouhé pásmo směru SZ - JV, táhnoucí se od Kostelních Střimelic přes Hradové Střimelice do jižního a jihovýchodního okolí Stříbrné Skalice.

Obec Kostelní Střimelice leží přibližně 3 km sz. od Stříbrné Skalice a 1 km sv. od Ondřejova. Založena byla patrně ve vrcholném středověku (v průběhu 13. stol.) a na počátek jejího vzniku mohly být navázány i první pokusy o těžbu a zpracování polymetalických rud, což potvrzují i ojedinělé archeologické doklady (Hlavatý 2015). Studium strusek a geologických vzorků z archeologických nálezů v Kostelních Střimelicích, které pocházejí ze 13. století, se nověji zabývali Králová et al. (2017). Těžba stříbrné a zejména měděné rudy je ale písemně doložena až od roku 1542. Malá výnosnost však vedla k brzkému uzavření dolů. Již roku 1547 si havíři stěžovali, že nedostávají zaplacenou mzdu, a zřejmě záhy poté byly doly opuštěny. To dokládá i poslední zpráva z roku 1581. V roce 1568 již pracovaly doly se ztrátou. Těžební práce se soustředily v členitém terénu severně od kostela sv. Martina, kde probíhala průzkumná těžba ještě ve 20. století (Hlavatý 2015). Ve 40. letech minulého století studoval revír J. Koutek (Koutek 1942). Řadu průzkumných prací zde především v sz. části revíru prováděl po válce Geologický

průzkum n. p. Praha. Začátkem 60. let minulého století byla mezi jiným vyhloubena nová šachta Jan u Kostelních Střimelic. Detailnější informace o historii dolování v širším okolí Stříbrné Skalice uvádějí například Brůha (1935), Wurm (1957), Bufka (1996) a Velebil (1999).

Geologická a mineralogická situace rudního revíru

Okolí rudního revíru má velmi pestrou geologickou stavbu. Je budováno horninami choceradského metamorfovaného ostrova a moldanubika, kterými od jiho-východu prorážejí výběžky středoevropského plutonu. Na severu je revír překryt permokarbonskými sedimenty (Nouza 1988). Kostelní Střimelice se nacházejí na rozhraní uvedených geologických jednotek. Významnou jednotku tvoří permokarbon blanické brázdy, který je tektonicky oddělen od krystalinika a prevariského paleozoika zastoupeného středoevropským plutonem a ostrovní zónou středoevropského plutonu. Permokarbonské pískovce, prachovce a slepence s vložkami vápence, jílovce, rohovce, pelokarbonátu a uhelných slojek se nacházejí východně od obce a tektonická hranice těchto hornin sleduje od severu přibližně obce Černé Voděrady - Kostelní Střimelice - Hradové Střimelice a Stříbrnou Skalici. Středoevropský pluton zastoupený především granodioritem benešovského typu tvoří severně od obce Kostelní Střimelice sz. hranici blanické brázdy a směřuje dále k JZ. Významné zastoupení mají jižně od obce kvarcitické biotiticko-muskovitické fylity choceradského ostrova.



Severozápadně od granodioritu jsou slepence, pískovce, kvarcity, droby, břidlice a další horniny tehovského a voděradsko-zvánovického ostrova (Králová et al. 1917).

Mineralogicko-ložiskovými poměry revíru se zabývali Zelený (1919), Koutek (1942), Štemprok (1951) a Bernard (1961, 1965, 1967). Všechny výzkumy prokázaly dvě oddělené mineralizační etapy: starší polymetalickou baryt-sulfidickou mineralizaci ve starších horninách (předpermských) především v jz. okraji Stříbrné Skalice a mladší mineralizaci, která je vázána především na permské sedimenty v sz. části revíru. Velká část zrudnění, zejména měděných rud, je vázána na tektonické poruchy protínající permské sedimenty. Zjevně se jedná o zpeřené struktury nebo pokračování zlomové zrudnění tektoniky hornin krystalinika. Měděné zrudnění v litologicky příhodných horizontech pískovce, méně slepence, vytváří zejména pod jílovci bochníkovitá tělesa a je tvořené převážně bornitem, chalkozínem, covellinem a vzácně stříbrem (Trdlička, Janovský 1975). Vzácné jsou reliktův chalkopyritu, který je hojnější na přírodních žilkách, které ve větší hloubce dosahující mocnosti jen několik cm. V této hloubce jsou již nízké obsahy stříbra (Jindřich et al. 1963).

Pásma starších polymetalických rudních žil probíhá přibližně ve směru SZ - JV, a to od Stříbrné Skalice přes severní okolí Hradových Střimelic až ke Kostelním Střimelicím, kde probíhají žíly i směrem severojižním. Většina žil upadá prudce k severovýchodu, respektive východu. Žíly prostupují horninami krystalinika



Obr. 1 Poloha průzkumné jámy Jan u Kostelních Střimelic; upraveno podle mapy.geology.cz/dulni_dila_pod_dolovani/.

Obr. 2 Průzkumná jáma Jan u Kostelních Střimelic v roce 1963 (Jindřich et al. 1963).

Obr. 3 Žíla pestře nabíhajícího chalkopyritu s vtroušeními tetraedritu v hrubozrnné arkóze. Velikost ukázky 7 × 8 cm. Foto M. Šedina.

a částečně českobrodského permokarbonu. Jejich mocnost kolísá od několika cm do několika desítek cm. Z rudních minerálů jsou přítomny především galenit a sfalerit, oba ve dvou generacích, v menší míře se objevují minerály skupiny tetraedritu, pyrit, arsenopyrit a hematit; jalovina je představována křemenem několika generací a barytem, méně je ankeritu a kalcitu.

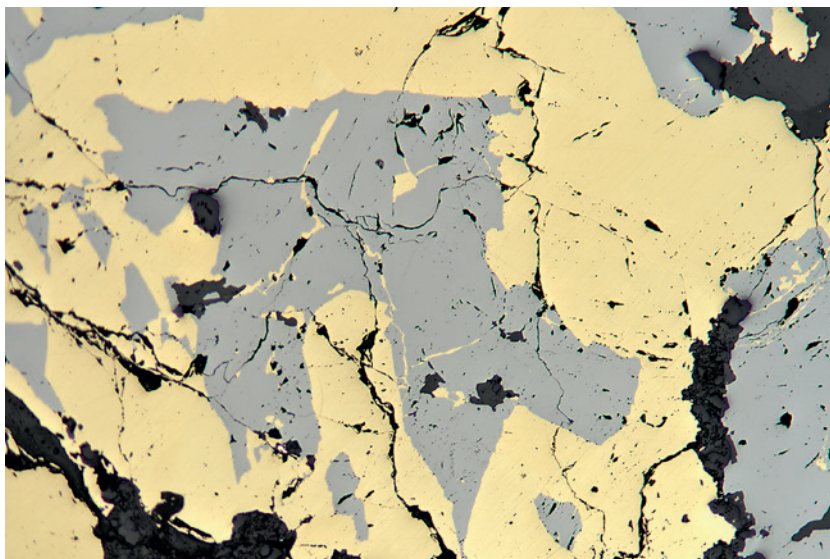
V sz. části revíru mezi Hradovými Střimelicemi, Kostelními Střimelicemi a Černými Voděradami výrazně převládají minerály mědi, chalkopyrit a tennantit nad galenitem a sfaleritem, v menší míře jsou zastoupeny pyrit, markazit, arsenopyrit aj. Zjednodušeně lze konstatovat, že směrem od JV k SZ v revíru ubývá barytu, galenitu a tetraedritu a přibývá křemene a chalkopyritu (Bernard 1961, 1965).

Měděné minerály, chalkopyrit a bornit, vzácné na žilách mezi Stříbrnou Skalicí a Hradovými Střimelicemi, se hojněji uplatňují na severojižních žilách, zvláště v Černých Voděradech, kde převládají nad Pb-Zn rudami. Bornit tvoří až několik cm velké, jemně zrnité agregáty obvykle tombakové barvy na čerstvém lomu, rychle nabíhající do modrofialových odstínů. Spolu s bornitem se v cementační zóně uplatňují namodralé šedý chalkozín, indigově modrý covellin a ryzí měď. Z haldy po kutacích pracích z let 1960-1963 situovaných cca 250 m s. od kostela v Kostelních Střimelicích (šachtice Jan) je popisováno ryzí stříbro, tvořící několik desetin mm mocné žilky v chalkopyritu (Trdlička, Janovský 1975).

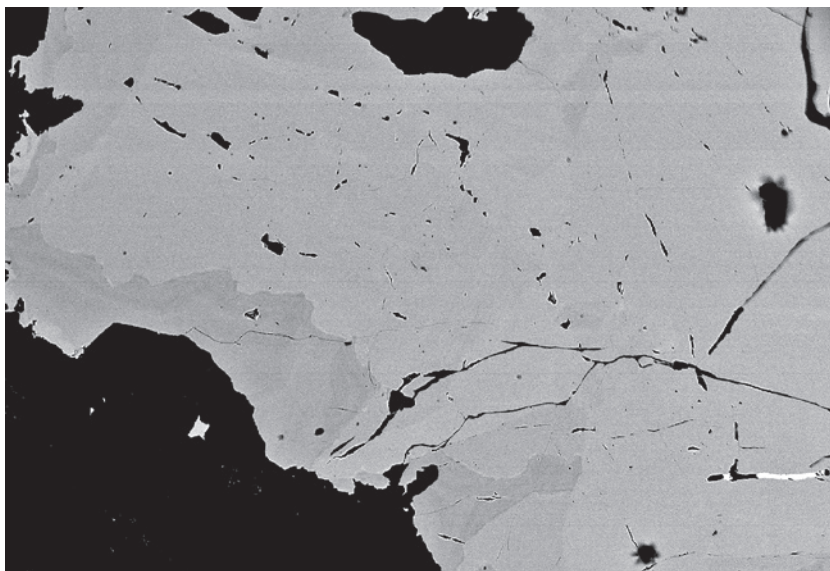
Supergenní nerosty jsou v revíru nepříliš rozšířené, jde především o drobné krystaly a povlaky malachitu, azuritu a hnědé agregáty limonitu. Z haldy v roklině nedaleko štoly za domem čp. 111 uvádějí Velebil, Sejkora (2007) až 1 mm velké krystaly azuritu a až 5 mm velké krystaly cerusitu. Nověji tu byly zjištěny linarit, mimetit a anglesit, u Hradových Střimelic pak hydrozinkit (Pauliš et al. 2020).

Metodika výzkumu

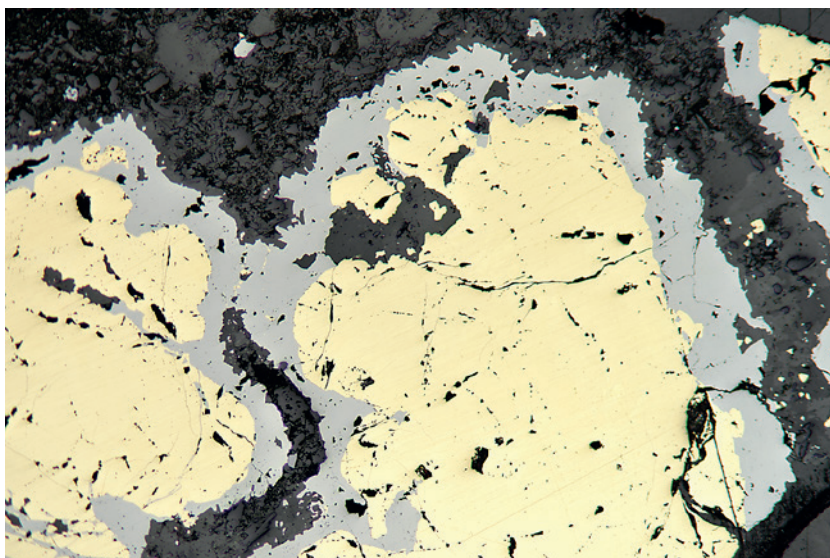
Vzorky pro detailní studium byly zality do epoxidové pryskyřice a leštěním pomocí diamantových suspenzí byly připraveny nábrusy o průměru 2.54 cm. Dokumentace zhotovených preparátů v odraženém polarizovaném světle byla provedena na polarizačním mikroskopu Nikon Eclipse ME600 vybaveném digitální kamerou



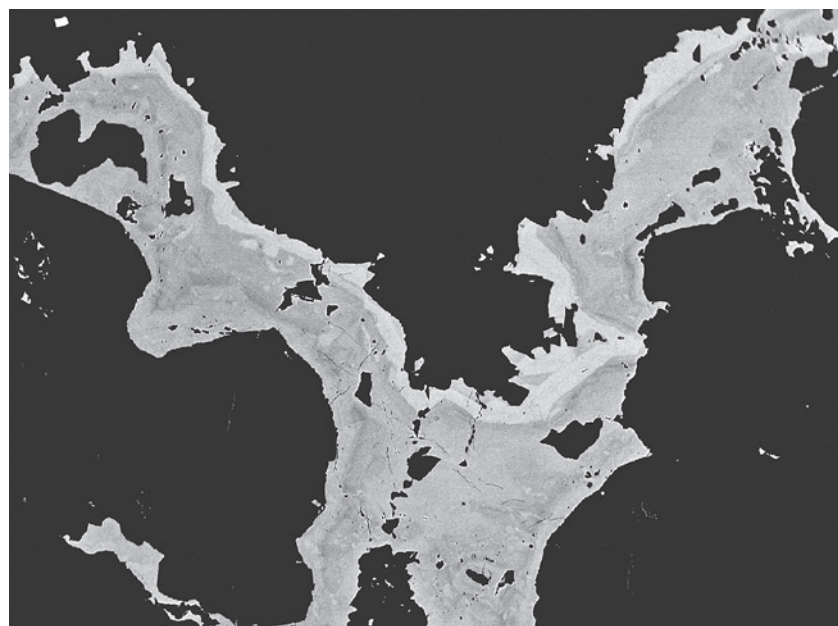
Obr. 4 Relikty tetraedritu I (tmavě šedý) zatlačované a prostupované mladším chalkopyritem (žlutý). Šířka záběru 3 mm, foto v odraženém světle J. Sejkora.



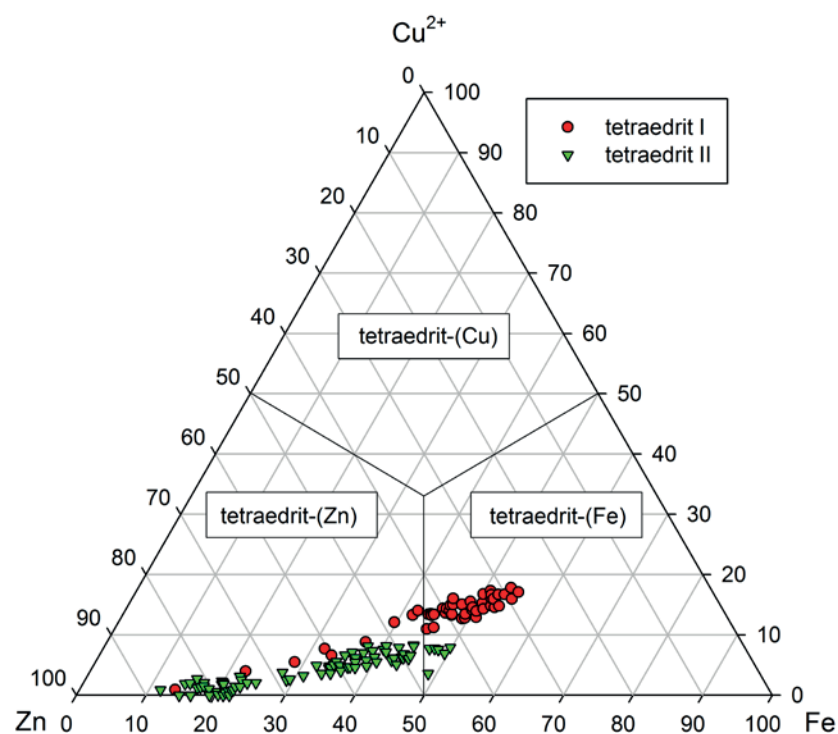
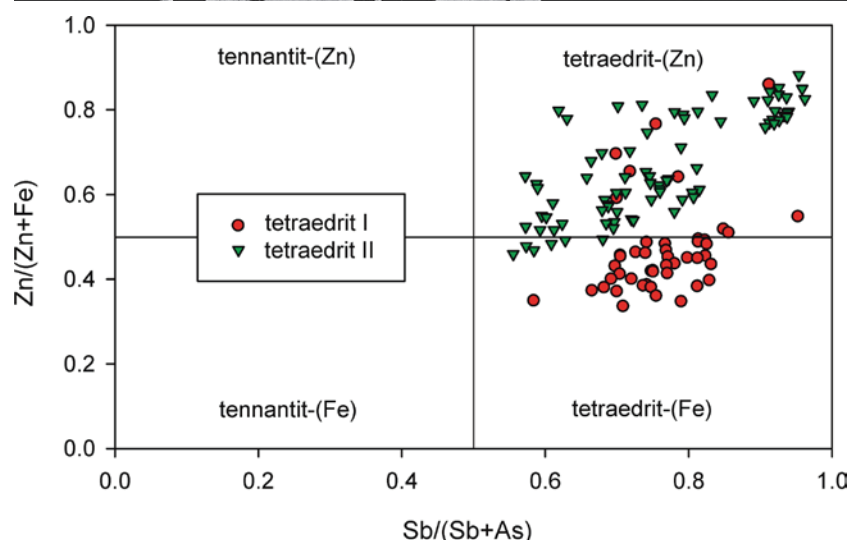
Obr. 5 Agregáty zonálního tetraedritu I (tmavě šedý) se žilkou stříbra (bílá). Šířka záběru 1300 μ m, BSE foto v odraženém světle J. Sejkora.



Obr. 6 Agregáty tetraedritu II (tmavě šedý) obrůstající a zatlačující starší chalkopyrit (žlutý). Šířka záběru 3 mm, foto v odraženém světle J. Sejkora.



Nikon DS-Ri2. Následně byly nábrusy vakuově napařeny uhlíkovou vrstvou o tloušťce 30 nm a studovány na elektronové mikrosondě Cameca SX-100 (Národní muzeum, Praha, operátor J. Sejkora). 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. Podmínky kvantitativních bodových analýz byly následující: urychlovací napětí 25 kV, proud svazku 20 nA a průměr elektronového svazku 0.7 μm . Použité standardy, měřené prvky a analytické čáry: albit (NaK α), Ag (AgL α), Au (AuM α), baryt (BaL α), Bi $_2$ S $_3$ (BiM β), CdTe (CdL α), Co (CoK α), Cr (CrK α), CuFeS $_2$ (CuK α , SK α), FeS (FeK α), fluorapatit (PK α), GaAs (GaL α), Ge (GeL α), HgTe (HgL α), InAs (InL α), Mn (MnK α), NaCl (ClK α), NiAs (AsL β), Ni (NiK α), PbS (PbM α), PbSe (SeL β), PbTe (TeL α), sandidin (KK α), Sb $_2$ S $_3$ (SbL α), Sn (SnL α), Tl(Br, I) (TlL α), V (VK α), wollastonit (CaK α) a ZnS (ZnK α). Měřicí časy na píku se pohybovaly obvykle mezi 10 a 30 s, měřicí časy pozadí trvaly polovinu času měření na píku. Získaná data byla korigována za použití algoritmu PAP (Pouchou, Pichoir 1985). Obsahy výše uvedených prvků, které nejsou uvedeny v tabulkách analýz, byly ve všech případech pod mezí stanovitelnosti.



Obr. 7 Zonální agregáty tetraedritu II; nejsvětlejší zóny jsou tvořeny tetraedritem-(Zn) s minimálními obsahy As, ostatní zóny pak převážujícím tetraedritem-(Zn) až tetraedritem-(Fe) s proměnlivými obsahy As. Šířka záběru 1200 μm , BSE foto J. Sejkora

Obr. 8 Graf Sb/(Sb+As) vs. Zn/(Zn+Fe) (at. jednotky) pro minerály skupiny tetraedritu z Kostelních Střimelic.

Obr. 9 Ternární graf Cu $^{2+}$ -Fe-Zn (at. jednotky) pro minerály skupiny tetraedritu z Kostelních Střimelic.

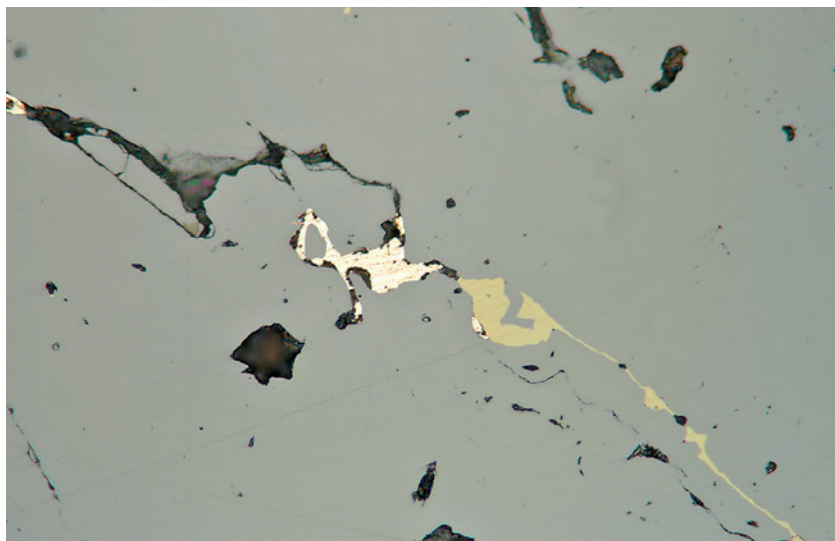
Tabulka 1 Reprezentativní chemické analýzy staršího tetraedritu I z Kostelních Střimelic (hm. %)

	Ttr-Fe	Ttr-Fe	Ttr-Fe	Ttr-Fe	Ttr-Fe	Ttr-Fe	Ttr-Fe	Ttr-Fe	Ttr-Fe	Ttr-Fe	Ttr-Fe	Ttr-Fe	Ttr-Zn	Ttr-Zn	Ttr-Zn
Ag	0.76	0.96	0.60	1.11	0.71	0.76	1.54	0.97	0.93	0.74	0.76	0.80	0.82	0.48	0.54
Fe	3.79	3.68	3.79	3.62	3.57	3.47	3.42	3.37	3.37	3.23	3.11	3.08	2.86	1.50	0.91
Cd	0.08	0.05	0.09	0.04	0.04	0.05	0.04	0.00	0.00	0.00	0.04	0.04	0.07	0.00	0.08
Co	0.00	0.00	0.07	0.00	0.05	0.09	0.00	0.00	0.00	0.12	0.00	0.10	0.00	0.11	0.09
Zn	2.25	2.30	2.39	2.51	2.58	2.72	2.88	2.87	3.07	3.15	3.05	3.18	3.49	5.79	6.61
Hg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00
Cu	40.34	39.87	40.94	39.95	39.93	40.25	39.41	39.81	39.36	40.13	39.47	39.89	39.42	38.82	38.19
Sb	21.39	23.97	18.04	21.42	22.40	21.02	22.69	22.61	23.53	21.27	24.35	22.96	25.55	22.41	26.68
As	5.42	3.94	7.92	5.66	4.66	5.77	4.65	4.64	4.08	5.49	3.22	4.26	2.66	4.50	1.59
S	26.28	25.69	26.48	26.07	26.01	26.03	25.87	25.92	25.60	26.13	25.71	25.76	25.46	25.72	25.13
total	100.31	100.46	100.32	100.38	100.18	100.16	100.50	100.19	99.94	100.26	99.97	100.07	100.33	99.33	99.82
Ag	0.114	0.144	0.088	0.166	0.107	0.113	0.231	0.146	0.140	0.110	0.116	0.120	0.124	0.073	0.083
Cu ⁺	9.890	9.813	9.890	9.786	9.902	9.875	9.748	9.841	9.828	9.900	9.898	9.899	9.864	9.928	9.936
Σ	10.003	9.957	9.979	9.952	10.009	9.989	9.979	9.987	9.968	10.010	10.013	10.019	9.988	10.001	10.019
Fe	1.094	1.068	1.075	1.043	1.036	0.998	0.991	0.978	0.982	0.931	0.914	0.895	0.837	0.440	0.270
Cd	0.011	0.007	0.013	0.006	0.006	0.007	0.006	0.000	0.000	0.000	0.006	0.006	0.010	0.000	0.012
Co	0.000	0.000	0.019	0.000	0.014	0.025	0.000	0.000	0.000	0.033	0.000	0.028	0.000	0.031	0.025
Zn	0.555	0.570	0.579	0.618	0.640	0.669	0.713	0.711	0.764	0.775	0.766	0.789	0.873	1.451	1.675
Hg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.019	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.021	0.000	0.000	0.000	0.000
Cu ²⁺	0.340	0.355	0.314	0.333	0.286	0.301	0.290	0.311	0.253	0.261	0.294	0.283	0.279	0.079	0.018
Σ	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Sb	2.831	3.191	2.347	2.832	2.983	2.774	3.016	3.009	3.146	2.811	3.282	3.059	3.431	3.015	3.630
As	1.166	0.852	1.674	1.216	1.008	1.237	1.005	1.004	0.886	1.179	0.705	0.922	0.581	0.984	0.352
Σ	3.997	4.043	4.021	4.048	3.991	4.011	4.021	4.013	4.032	3.990	3.987	3.981	4.012	3.999	3.981
S	13.208	12.984	13.081	13.087	13.152	13.044	13.059	13.100	12.995	13.112	13.156	13.031	12.983	13.140	12.981

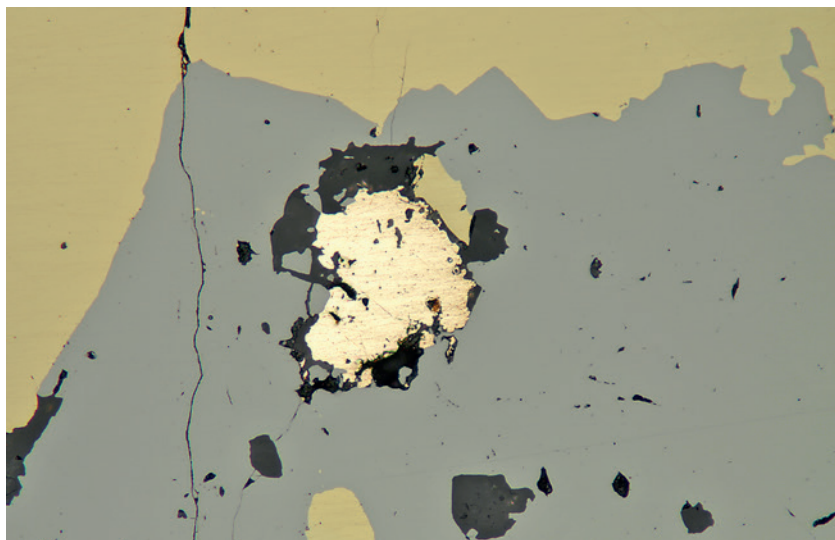
Koeficienty empirických vzorců počítány na bázi sumy kationtů = 16 *apfu*; Ttr-Fe - tetraedrit-(Fe), Ttr-Zn - tetraedrit-(Zn)**Tabulka 2** Reprezentativní chemické analýzy mladšího tetraedritu II z Kostelních Střimelic (hm. %)

	Ttr-Zn	Ttr-Zn	Ttr-Zn	Ttr-Zn	Ttr-Zn	Ttr-Zn	Ttr-Zn	Ttr-Zn	Ttr-Zn	Ttr-Zn	Ttr-Zn	Ttr-Zn	Ttr-Zn	Ttr-Fe	Ttr-Fe
Ag	0.70	0.55	0.59	0.80	0.69	0.97	0.60	0.51	0.72	0.64	0.45	0.63	0.55	0.66	0.57
Fe	0.77	0.99	0.97	1.35	1.45	1.49	1.94	2.32	2.53	2.56	2.68	2.71	3.07	3.24	3.48
Cd	0.05	0.00	0.12	0.07	0.12	0.24	0.10	0.10	0.12	0.07	0.00	0.16	0.09	0.07	0.08
Co	0.13	0.11	0.10	0.16	0.14	0.09	0.18	0.11	0.09	0.00	0.11	0.06	0.06	0.05	0.04
Zn	6.75	6.68	6.44	6.18	5.90	5.78	5.37	4.85	4.53	4.38	4.33	4.31	3.84	3.67	3.46
Cu	37.82	37.64	38.07	38.36	37.75	37.70	39.28	39.32	39.13	38.69	39.89	39.69	40.29	40.07	40.60
Sb	28.39	27.96	28.47	24.13	27.41	27.09	21.52	21.65	21.73	24.30	18.85	20.87	18.78	19.05	17.00
As	0.85	1.38	0.76	3.42	1.52	1.47	5.20	5.41	5.41	3.58	7.40	5.84	7.32	6.95	8.37
S	25.38	25.17	25.08	25.68	25.39	24.91	26.05	26.09	25.82	25.58	26.41	26.03	26.44	26.36	26.56
total	100.84	100.48	100.60	100.15	100.37	99.74	100.24	100.36	100.08	99.80	100.12	100.30	100.44	100.12	100.16
Ag	0.107	0.084	0.090	0.121	0.106	0.149	0.090	0.076	0.108	0.097	0.067	0.094	0.081	0.098	0.084
Cu ⁺	9.842	9.798	9.873	9.885	9.827	9.828	9.935	9.891	9.842	9.846	9.882	9.903	9.914	9.921	9.943
Σ	9.949	9.882	9.964	10.007	9.933	9.978	10.024	9.967	9.950	9.943	9.949	9.997	9.995	10.018	10.027
Fe	0.228	0.293	0.287	0.396	0.430	0.443	0.561	0.670	0.732	0.752	0.767	0.779	0.874	0.927	0.985
Cd	0.007	0.000	0.018	0.010	0.018	0.035	0.014	0.014	0.017	0.010	0.000	0.023	0.013	0.010	0.011
Co	0.037	0.031	0.028	0.044	0.039	0.025	0.049	0.030	0.025	0.000	0.030	0.016	0.016	0.014	0.011
Zn	1.711	1.690	1.630	1.548	1.496	1.469	1.327	1.197	1.120	1.099	1.058	1.058	0.934	0.897	0.837
Cu ²⁺	0.017	0.000	0.037	0.001	0.017	0.027	0.049	0.089	0.107	0.139	0.145	0.123	0.164	0.153	0.156
Σ	2.000	2.014	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Sb	3.863	3.799	3.868	3.246	3.731	3.696	2.855	2.868	2.884	3.273	2.473	2.752	2.452	2.500	2.207
As	0.188	0.305	0.168	0.748	0.336	0.326	1.121	1.165	1.167	0.784	1.578	1.251	1.553	1.482	1.766
Σ	4.051	4.103	4.036	3.993	4.067	4.022	3.976	4.033	4.050	4.057	4.051	4.003	4.005	3.982	3.973
S	13.112	12.985	12.939	13.117	13.122	12.906	13.121	13.124	13.010	13.083	13.158	13.032	13.107	13.133	13.094

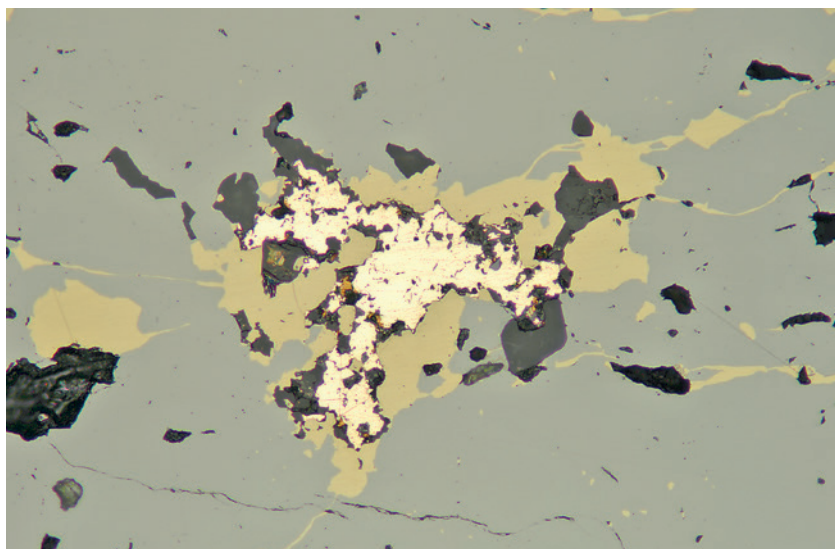
Koeficienty empirických vzorců počítány na bázi sumy kationtů = 16 *apfu*; Ttr-Fe - tetraedrit-(Fe), Ttr-Zn - tetraedrit-(Zn)



Obr. 10 Nepravidelné žilky stříbra (světle žluté) a chalkopyritu (žlutý) v tetraedritu I (šedý). Šířka záběru 300 μm , foto v odraženém světle J. Sejkora.



Obr. 11 Nepravidelné agregáty stříbra (světle žluté) zarůstající do tetraedritu I (šedý) a kalcitu (černošedý) v asociaci s chalkopyritem (žlutý). Šířka záběru 750 μm , foto v odraženém světle J. Sejkora.



Obr. 12 Laločnaté agregáty stříbra (světle žluté) zarůstající do chalkopyritu (žlutý) a křemene (tmavě šedý) obklopené tetraedritem I (šedý). Šířka záběru 750 μm , foto v odraženém světle J. Sejkora.

Charakteristika zjištěné mineralizace

Zkoumané rudní vzorky s ryzím stříbrem a *tetraedritem* byly nalezeny třetím z autorů (M.Š.) na počátku sedmdesátých let minulého století v rámci opakovaných návštěv haldy bývalé průzkumné jámy Jan (obr. 1), vyhloubené v rámci vyhledávacího průzkumu úkolu Českobrodsko-Sázava II, Surovina Cu, Pb, Zn (obr. 2), v roce 1962 (Jindřich et al. 1963). Lokalita se nachází na severním okraji Kostelních Střimelic (GPS: 49°55'8.42"N, 14°48'20.48"E). Podle registru důlních děl a poddolování ČGS-Geofundu (https://mapy.geology.cz/dulni_dila_poddolovani/) jde o opuštěné průzkumné dílo – jáma Jan, vzniklé po roce 1945 (č. 4441). Po šachtě dnes zůstala propadlina a zbytky betonových základů na ohlubení. Halda je zarostlá a sběr na ní předpokládá rozsáhlejší kopání.

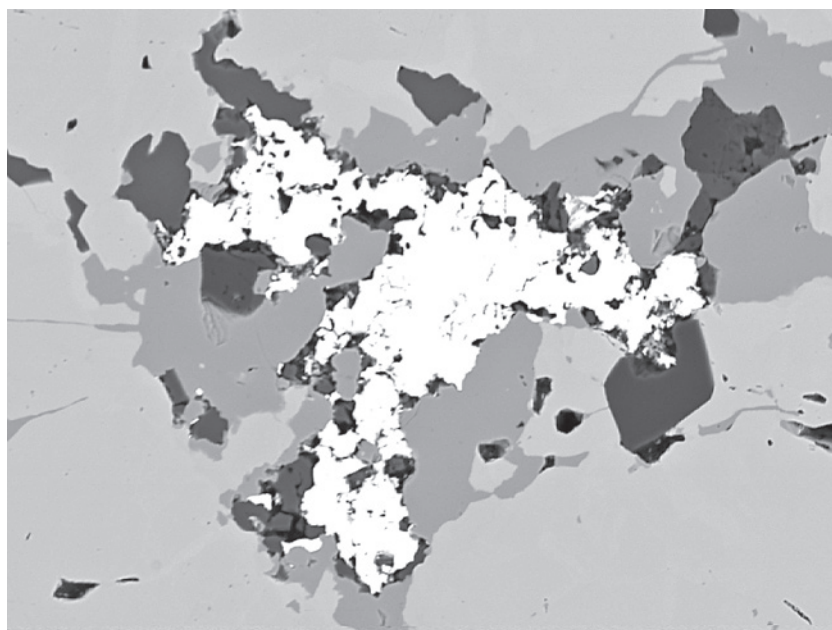
Vzorky měděných rud pochází výhradně ze štěrčíkovito-písčitých partií haldoviny, které vznikly zvětřáním nesoudržné, tektonicky porušené, hrubozrnné arkózy až arkózového slepence. Rozsypavý materiál, charakter horninových úlomků s podstatným podílem jílovité složky a tektonického jílu napovídal, že pocházel původně z poruchové zóny, která odděluje sedimenty českobrodského permokarbonu od metamorfik ostrovní zóny a granitoidů středočeského plutonu. Podle mapové důlní dokumentace se jednalo o materiál z chodby vyražené z průzkumné jámy v hloubce 50 m (první a jediné průzkumné patro), která sledovala výše zmíněnou mocnou tektonickou poruchu směru SSZ-JJV.

Rudní vzorky s Cu-mineralizací se v sytké haldovině nalézaly ve formě rozptýlených úlomků, závalků a hrud, o velikosti od prvních cm až do výjimečně 10 cm. Většinou byly již potaženy tenkými povlaky světle zelených supergenních minerálů mědi. Obvykle byly nalézány agregáty celistvé masivní rudniny, či segmenty úzkých, 2 - 5 cm širokých žil masivních sulfidů, na kterých byly jen zřídka zachovány zbytky arkózy, ve které se zrudnění vyskytovalo. Na vzorcích je patrná poměrně ostrá hranice mezi masivní rudní mineralizací a arkózou, respektive šířka rozhraní, kde rudní minerály začínají intenzivně prosycovat tmel arkózy a přecházejí v kompaktní rudu, nebývá širší než 0.5 cm. Někdy se na tomto rozhraní koncentruje tenká vrstva kalcitu. Samostatná

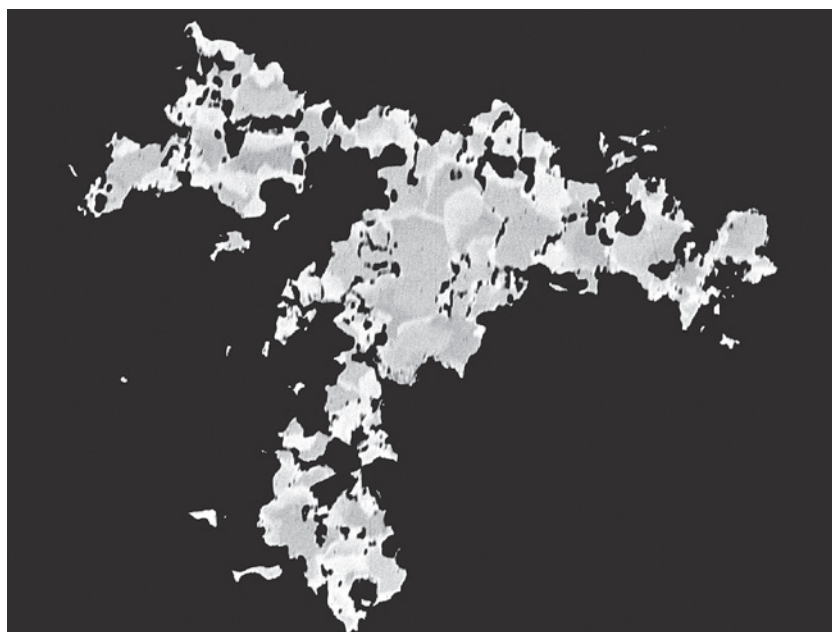
zrna chalkopyritu se v tmelu arkózy mimo agregátů celistvých rud vyskytla pouze ojediněle.

Z nalezených rud převládal masivní chalkopyrit a *tetraedrit*, místy se vzájemně intimně prorůstající (obr. 3). Celistvý až drobně zrnitý kalcit se společně s rudními minerály vyskytl pouze na některých vzorcích v podobě drobných žilek či výplní prasklin a mezizrnných prostor rudních minerálů. Někdy tvořil 1 - 2 mm širokou hranici oddělující celistvou rudu od okolní arkózy. V samostatných úlomcích se kalcit nevyskytoval.

Minerály skupiny *tetraedritu* (*tetraedrit*) lokálně vytvářejí tmavě šedé, kovově lesklé agregáty představující takřka monominerální výplň až 4 cm mocných žilek, výjimečně byly po odleptání kalcitu v žilovině pozorovány i jeho až 3 mm velké, šedé, kovově lesklé krystaly (*tetraedry*). Na základě pozice vůči chalkopyritu a částečně i chemického složení byly ve studovaném materiálu zjištěny dvě generace *tetraedritu*. Starší *tetraedrit I* vystupuje jako nepravidelné agregáty v žilovině, místy obrůstáné a až do reliktů zatlačované mladším chalkopyritem (obr. 4). V BSE obraze je zonální (obr. 5), zjištěná zonalita je vyvolána zejména SbAs_{-1} a v menší míře pak i ZnFe_{-1} substitucí. Jeho chemické složení odpovídá převládajícímu *tetraedritu*-(Fe) s lokálními zónami *tetraedritu*-(Zn) (obr. 8), obsahy As (tennantitové komponenty) se pohybují v rozmezí 0.19 - 1.67 apfu. Vedle dominantního Zn a Fe byly v *tetraedrické* Me^{2+} pozici zjištěny i nepravidelné minoritní obsahy Co (do 0.03 apfu), Cd (do 0.01 apfu) a ojediněle i Hg (do 0.03 apfu); dopočetné obsahy Cu^{2+} se pohybují v rozmezí 0.02 - 0.35 apfu (obr. 9). Mladší *tetraedrit II* obrůstá a zatlačuje agregáty chalkopyritu a vytváří v jeho trhlínách nepravidelné žilky (obr. 6). V BSE obraze je *tetraedrit II* výrazně zonální (obr. 7), pozorovaná zonalita je odrazem především SbAs_{-1} a v



Obr. 13 Laločnaté agregáty stříbra (bílé) zarůstající do chalkopyritu (šedý) a křemene (černošedý) obklopené *tetraedritem I* (světle šedý). Šířka záběru 420 μm , BSE foto J. Sejkora.



Obr. 14 Zonalita laločnatých agregátů stříbra vyvolaná obsahy Hg (nejsvětlejší zóny vykazují nejvyšší obsahy Hg). Šířka záběru 340 μm , BSE foto J. Sejkora.

Tabulka 3 Reprezentativní chemické analýzy chalkopyritu z Kostelních Strmilic (hm. %)

Fe	29.80	29.73	29.73	29.48	29.53	29.63	29.78	29.80	29.34	29.65
Cu	34.72	34.64	34.46	34.53	34.17	34.42	34.72	34.70	34.66	34.37
Sb	0.00	0.04	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00
S	34.89	35.03	35.08	35.02	34.84	35.05	35.32	35.46	35.21	35.44
total	99.41	99.44	99.27	99.14	98.54	99.10	99.82	99.96	99.30	99.46
Fe	0.984	0.981	0.982	0.976	0.982	0.980	0.978	0.977	0.969	0.975
Cu	1.008	1.005	1.000	1.004	0.999	1.001	1.002	0.999	1.006	0.994
Sb	0.000	0.001	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
S	2.008	2.014	2.018	2.019	2.019	2.019	2.020	2.024	2.025	2.031

Koeficienty empirických vzorců počítány na bázi 4 apfu

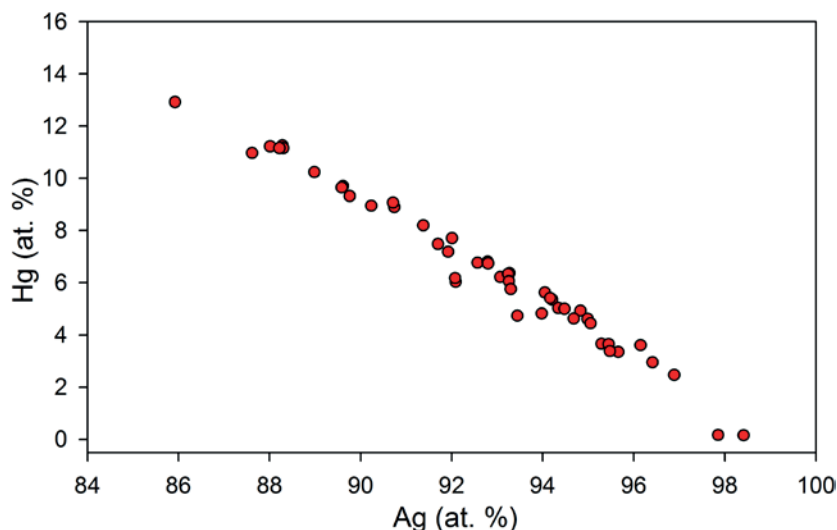
menší míře pak i ZnFe_{-1} substituce. Podle chemického složení většina *tetraedritu II* odpovídá **tetraedritu-(Zn)**, zóny **tetraedritu-(Fe)** byly pozorovány jen ojediněle (obr. 8), zjištěné obsahy As nepřevyšují 1.77 *apfu*. V tetraedrické Me^{2+} pozici zjištěny vedle dominantního Zn nebo případně Fe pravidelné minoritní obsahy Co (do 0.05 *apfu*) a Cd (do 0.04 *apfu*), tyto obsahy jsou zřetelně vyšší než v případě *tetraedritu I*. Naopak dopočtené obsahy Cu^{2+} (jen do 0.16 *apfu*) jsou zřetelně nižší a vykazují i odlišný trend (obr. 9). Obsahy Ag jsou v obou generacích *tetraedritu* nízké (do 0.23 a 0.12 *apfu*) a nekorelují s obsahy As nebo poměrem Zn/Fe. Zjištěné zastoupení S v obou generacích (12.91 - 13.23 *apfu*) se pohybuje kolem ideálního obsahu 13 *apfu*. Reprezentativní chemické analýzy a koeficienty empirických vzorců na bázi kationty = 16 *apfu* jsou uvedeny v tabulkách 1 a 2.

Hojný **chalkopyrit** tvoří žluté, na povrchu místy výrazně barevně nabíhající agregáty (obr. 3), místy představující prakticky monominerální výplň až 3 cm mocných žilek, častěji ale v žilkách srůstá s *tetraedritem*. Při mikroskopickém studiu bylo zjištěno, že chalkopyrit obrůstá a místy až do reliktů zatlačuje starší *tetraedrit I* (obr. 4) a sám je obrůstán a zatlačován mladším *tetraedritem II*, který také vytváří v trhlínách jeho agregátů nepravidelné žilky (obr. 6). V BSE obraze je homogenní a jeho chemické složení (tab. 3) se blíží ideálnímu vzorci tohoto minerálu, jen lokálně byly zjištěny zcela minoritní obsahy Sb nepřevyšující 0.002 *apfu*.

Ojediněle byly na vzorcích pozorovány plíšky **stříbra** o velikosti do 2.5 mm zarůstající do sulfidické rudniny. V nábrusech bylo stříbro zjištěno relativně často jako výplně drobných žilek v *tetraedritu I* (obr. 10) nebo nepravidelné až laločnaté agregáty o velikosti do 300 μm v *tetraedritu I* a kalcitu (obr. 11) nebo chalkopyritu a křemeni (obr. 12 a 13). Stříbro je nejmladším minerálem ve studované minerální asociaci a sulfidy ani kalcit v okolí jeho agregátů nevykazují žádné postižení alteračními (supergenními) procesy. V BSE obraze jsou všechny typy výskytu stříbra výrazně zonální (obr. 14), zjištěná zonalita je vyvolána obsahy Hg, které se pohybují v rozmezí 0.2 - 12.9 at. % (obr. 15). Dále byly zjištěny i minoritní obsahy Cu (do 1.2 at. %), Fe (do 0.7 at. %), Cl (do 0.5 at. %) a ojediněle i As (do 0.2 at. %). Reprezentativní chemické analýzy a koeficienty empirických vzorců na bázi 1 *apfu* jsou uvedeny v tabulce 4.

Diskuse a závěr

Nově studovaná minerální asociace je do značné míry analogická výskytu ryzího stříbra na stejné lokalitě (šachtice Jan) popisovaného Trdlíčkou, Janovským (1975), odlišuje se však absencí výskytu galenitu a chalkozínu v asociaci a zejména výraznými obsahy Hg v ryzím stříbre, které dosahují až 12.9 at. % (22.17 hm. %). Tak vysoké obsahy Hg byly dosud ve stříbre z lokalit v oblasti Blanické brázdy uváděny jen z kontaktně metasomatického rudního ložiska Malovidy u Českého Šternberka (0.2 - 24.7



Obr. 15 Graf Ag vs. Hg (at. %) pro rtuťnaté stříbro z Kostelních Střimelic.

Tabulka 4 Reprezentativní chemické analýzy Hg-bohatého stříbra z Kostelních Střimelic (hm. %)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Ag	98.72	95.43	93.93	92.42	92.13	91.60	89.43	89.82	89.06	87.53	85.31	84.03	82.18	82.08	79.32
Fe	0.21	0.04	0.15	0.00	0.12	0.00	0.23	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hg	0.29	5.42	6.70	8.34	8.78	9.68	10.90	11.20	12.10	13.63	15.73	16.91	19.30	19.46	22.17
Cu	0.30	0.17	0.30	0.09	0.40	0.11	0.65	0.71	0.10	0.00	0.33	0.24	0.14	0.11	0.49
As	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.10	0.09	0.08	0.08	0.09	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09	0.07	0.08	0.09	0.08	0.08
total	99.77	101.15	101.16	100.93	101.52	101.47	101.30	101.94	101.49	101.25	101.44	101.26	101.71	101.73	102.06
Ag	0.984	0.964	0.953	0.950	0.940	0.942	0.921	0.921	0.926	0.920	0.902	0.896	0.883	0.883	0.859
Fe	0.004	0.001	0.003	0.000	0.002	0.000	0.005	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Hg	0.002	0.029	0.037	0.046	0.048	0.054	0.060	0.062	0.068	0.077	0.089	0.097	0.112	0.113	0.129
Cu	0.005	0.003	0.005	0.002	0.007	0.002	0.011	0.012	0.002	0.000	0.006	0.004	0.003	0.002	0.009
As	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cl	0.003	0.003	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003

Koeficienty empirických vzorců počítány na bázi 1 *apfu*

hm. % Hg ve stříbře v asociaci s allargentem a dyskrazitem), tento výskyt je ale geneticky (Šrein et al. 2007) a pravděpodobně i dobou vzniku zcela odlišný. Obsahy Hg ve stříbře ze studované lokality jsou i srovnatelné s nejvyššími obsahy Hg ve stříbře z příbramské rudní oblasti - 16.7 hm. % ve stříbře z Ag-Bi-Hg mineralizace na ložisku Brod (Sejkora et al. 2019), až 18.1 hm. % ve stříbře z bonanz v oblasti ložiska Háje (Litochleb, Šrein 1994) nebo do 20.2 hm. % ve stříbře ze Řimbabské severozápadní žíly na ložisku Bohutín (Litochleb et al. 2000).

Chemické složení studovaných minerálů ze skupiny tetraedritu v principu odpovídá analýzám publikovaným pro tetraedrity z rudního revíru Stříbrná Skalice (Bernard 1965; Velebil et al. 2016; Kadlec, Vrtiška 2021), novinkou je zjištění tetraedritu-(Fe), který zde dosud nebyl uváděn a stanovení minoritních obsahů Co, které jsou v minerálech skupiny tetraedritu velmi neobvyklé (Biagioni et al. 2020).

Poděkování

Milou povinností autorů je poděkovat za konzultace při interpretaci vývoje mineralizace Z. Dolníčkovi (Praha). Tato práce vznikla za finanční podpory Ministerstva kultury ČR v rámci institucionálního financování dlouhodobého koncepčního rozvoje výzkumné organizace Národního muzea (DKRVO 2024-2028/1.II.b, 00023272)

Literatura

- BERNARD JH (1961) Mineralogie a geochemie rudních žil v okolí Stříbrné Skalice a Hradových Střimelic. Výroční zpráva úkolu III/14 za rok 1960. MS Geofond Praha, P 12174/5
- BERNARD JH (1965) Mineralogie polymetalických rudních žil ve Stříbrné Skalici a Hradových Střimelicích. Sbor geol Věd, Technol Geochem 5: 183-209
- BERNARD JH (1967) Závěrečná zpráva o základním geologickém výzkumu blanické brázdy a severovýchodní části středočeského plutonu. MS Geofond Praha P 19354
- BIAGIONI C, GEORGE LL, COOK NJ, MAKOVICKY E, MOĚLO Y, PASERO M, SEJKORA J, STANLEY CHJ, WELCH MD, BOSI F (2020) The tetrahedrite group: Nomenclature and classification. Am Mineral 105: 109-122
- BRŮHA F (1935) Dějiny Stříbrné Skalice. Stříbrná Skalice, Praha
- BUFKA A (1996) Revír Stříbrná skalice a jeho současný stav. Krasová deprese 3: 2-6
- HLAVATÝ J (2015) Kostelní Střimelice - historie. <http://www.hradec1.cz/kostelni-strimelice-historie-a-pamatky/>
- JINDŘICH J, NOVOTNÝ J, PIVEC E, ROESSLER J (1963) Českobrodsko-Sázava II, Surovina: Cu, Pb, Zn. Etapa průzkumu: vyhledávací, stav k 30.6.1963. MS, Geoindustria, archiv Geofond GF P020080
- KADLEC T, VRTIŠKA L (2021) Nález krystalů tetraedritu-(Zn) s tennantitem-(Zn) v kamenolomu Stříbrná Skalice. Minerál 29, 2: 107-112
- KOUTEK J (1942) Ag Cu Pb Stříbrná Skalice. MS Geofond Praha, P 2567
- KRÁLOVÁ J, ŠREINOVÁ B, SCHWEIGSTILLOVÁ J, ŠREIN V (2017) Výzkum strusek a geologických vzorků z archeologického nálezů v Kostelních Střimelicích. Bull Mineral Petrolog 25(2): 183-190
- LITOCHLEB J, ŠREIN V (1994) Minerály stříbra příbramského uranového ložiska. Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha) 2: 76-81
- LITOCHLEB J, ŠREIN V, JINDRA J, ŠREINOVÁ B, SEJKORA J (2000) Mineralogie komplexního Pb-Zn-Ni-As-Sb-U-Ag-Hg zrudnění z Řimbabské severozápadní žíly na ložisku Bohutín u Příbrami. Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha) 8: 145-156
- NOUZA R (1988) Prognózní ocenění Ag-Pb-Zn mineralizace blanické brázdy. MS Disertační práce, PŘF UK Praha, 143 str
- PAULÍŠ P, KADLEC T, MALÝ M (2020) Rudní revír Stříbrná Skalice, současné možnosti sběru a nové mineralogické nálezy. Minerál 28, 4: 291-305
- POUCHOU JL, PICHOR F (1985) "PAP" (φρΖ) procedure for improved quantitative microanalysis. In: Armstrong JT (Ed.): Microbeam Analysis, San Francisco Press, San Francisco: 104-106
- SEJKORA J, ŠKÁCHA P, DOLNÍČEK Z (2019) Ag-Bi-Hg mineralizace z ložiska Brod, příbramský uran-polymetalický revír (Česká republika). Bull Mineral Petrolog 27(2): 259-268
- ŠTEMPROK M (1951) Mineralogie rudního ložiska u Hradových Střimelic. Věst Čes spol nauk, tř MP 3: 1-14
- ŠREIN V, ŠREINOVÁ B, SEJKORA J, ŠTASTNÝ M, KOLMAN B (2007) Mineralogická charakteristika metasomatického rudního ložiska Malovidy u Českého Šternberka. Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha) 14-15: 149-158
- TRDLÍČKA Z, JANOVSKÝ Z (1975) Ryzí stříbro z Kostelních Střimelic. Čas Nár Muz, Odd přírodověd 144, 1-4: 70-72
- VELEBIL D (1999) Polymetalický rudní revír Stříbrná Skalice - Hradové a Kostelní Střimelice. Minerál 7(3): 214-220
- VELEBIL D, SEJKORA J (2007) Výskyty supergenních Cu-minerálů ve středních Čechách. Minerál 15(5): 404-409
- VELEBIL D, MACEK I, SOUMAR J (2016) Příspěvek k poznání chemismu tetraedritů z českých lokalit: Příbram, Obecnice, Zvěstov, Mníšek pod Brdy, Ratibořské Hory, Stará Vožice, Jáchymov, Kutná Hora a Stříbrná Skalice. Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha) 24(1): 132-143
- WURM V (1957) O skalickém dolování. Vlastivědný sborník Českobrodsko, díl 1. Muzeum v Čes. Brodě, KNV, Praha
- ZELENÝ J (1919) Střimelice - (Stříbrná Skalice) Ag - Pb - Cu rudy. Kutání prováděné ing. Zeleným, Praha XII. Situace a profily kutacích prací ve Střimelicích. MS Geofond P 2567