

# Freibergit a jamesonit z historického ložiska stříbra Šebestěnice u Čáslavi (Česká republika)

Freibergite and jamesonite from the historical silver deposit Šebestěnice near Čáslav, Czech Republic

JIŘÍ LITOCHEB, JIŘÍ SEJKORA A MILAN FIŠERA

Národní muzeum, Václavské náměstí 68, 115 79 Praha 1

LITOCHEB J., SEJKORA J., FIŠERA M. (2008): Freibergit a jamesonit z historického ložiska stříbra Šebestěnice u Čáslavi (Česká republika). - *Bull. mineral.-petrol. odd. Nár. Muz. (Praha)* **16/2**, 193-196, ISSN 1211-0329

## Abstract

Small Ag-bearing base metals ore deposit Šebestěnice (SSW near Čáslav, central Bohemia, Czech Republic) was last mined in 16th - 18th century and its mineralogy is not known in detail. The ore mineralization close to the Kutná Hora type is represented by quartz of two generations ( $\pm$  dolomitic carbonate) with disseminated aggregates of ore minerals: pyrite, sphalerite, galena, chalcopyrite (aggregates 0.X - 3 mm) and rare freibergite and jamesonite (up to 1 mm in size). The variable Ag contents are characteristic of Fe-dominant freibergite, its chemical composition on the basis 29 *apfu* can be expressed as  $(\text{Ag}_{5.94}\text{Cu}_{0.06})_{\Sigma 6.00}[\text{Cu}_{4.22}(\text{Fe}_{1.87}\text{Zn}_{0.22}\text{Cd}_{0.02})_{\Sigma 2.05}]_{\Sigma 6.27}(\text{Sb}_{4.17}\text{As}_{0.07}\text{Bi}_{0.01})_{\Sigma 4.25}(\text{S}_{12.45}\text{Cl}_{0.03})_{\Sigma 12.48}$  (Ag-rich) and  $(\text{Ag}_{3.46}\text{Cu}_{2.54})_{\Sigma 6.00}[\text{Cu}_{3.86}(\text{Fe}_{1.66}\text{Zn}_{0.37}\text{Cd}_{0.01})_{\Sigma 2.04}]_{\Sigma 5.90}(\text{Sb}_{4.14}\text{Bi}_{0.02})_{\Sigma 4.16}(\text{S}_{2.93}\text{Cl}_{0.02})_{\Sigma 2.95}$  (Ag-poor). Acicular jamesonite crystals are homogenous and its empirical formula on the basis 25 *apfu*  $(\text{Pb}_{3.78}\text{Ag}_{0.01})_{\Sigma 3.79}\text{Fe}_{0.95}(\text{Sb}_{6.09}\text{As}_{0.01})_{\Sigma 6.10}\text{S}_{14.15}$  is close to ideal composition of this mineral species.

**Key words:** silver-bearing base metals ore mineralization, freibergite, jamesonite, mineralogy, chemical composition, Šebestěnice near Čáslav, Czech Republic

## Úvod

Při revizi cca 0.8 m hlubokého výkopu pro telefonní kabel v jz. části obce Šebestěnice (cca 8 km jz. od Čáslavi, střední Čechy, Česká republika) byly nalezeny úlomky křemenné žiloviny s polymetalickým zrudněním, pocházející z aplanovaných obvalů po historické těžbě (obr. 1). Kromě studia chemického složení sfaleritu (Novák, Drábek 1965) nebyl na lokalitě dosud žádný mineralogický výzkum proveden. Cílem našeho studia proto bylo doplnit chybějící znalosti o mineralogické povaze v minulosti těžených stříbrnosných polymetalických rud.

## Charakteristika lokality

Historické malé rudní ložisko Šebestěnice je považováno za spojovací článek mezi kutnohorským rudním revírem na severu a ledečským revírem na jihu (Novák, Hak 1965) se zastoupením mladovariské kyzové stříbrnosné polymetalické mineralizace *k-pol* kutnohorského typu (Bernard et al. 1981; Bernard 1991).

Z geologického hlediska se ložisko nachází ve svorové zóně při tektonickém styku s rulovo-migmatitovou jednotkou moldanubika (pestrá šternbersko-čáslavská skupina) a kouřimského příkrovu kutnohorské oblasti (Synek, Oliveriová 1993; Kachlík 1999). Komplex dvojslídnych rul s vložkami amfibolitů a krystalických vápenců má v území



Obr. 1 Topografická situace rudního pásma s pozůstatky hornických prací na ložisku Šebestěnice (šipkou označeno místo odběru studovaných vzorků). Mapový podklad převzat ze serveru [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz).

mezi Opatovicemi (na JZ) a Šebestenicemi (na SV) směr SV - JZ s úklonem foliačních ploch cca 45° k SZ (Štěpánek 1992) a je porušen tektonickou strukturou směru SSV - JJZ, na kterou je strukturně vázáno Ag-Pb-Zn zrudnění.

Počátky těžby stříbrnosných rud nejsou známy. První dochované zprávy se vztahují k obnově dolování na „šebestěnických horách“ v 2. polovině 16. století, kdy podle relace Lazara Erckera z roku 1581 císaři byla vytěžena ruda dodávána k prodeji do Kutné Hory (Barviř 1903; Kratochvíl 1923; Novák 1947 - 1948; Kratochvíl 1963). Další pokus o obnovu dolů je zaznamenán v polovině 18. století (Schaller 1787). Hloubka dolování není v historických zprávách zmiňována. Pouze Bílek (2000) usuzuje podle rozsahu novodobých propadů v zástavbě obce na hloubku těžebních šachet až několik desítek metrů. Na období malém ložisku Hory u Vrbice se hloubka dolování pohybovala do 80 m (Barviř 1903; Starý et al. 2007).

Pozůstatky po důlní činnosti (zbytky hald, místa opakovaných propadů povrchu do stařin) se nacházejí v jz. části zástavby obce Šebestěnice a jz. od obce v lesíku při silnici do Zbýšova v poloze „V šachtách“ (Novák 1947 - 1948; Bílek 2000). Pásmo stařin o délce minimálně 500 m sleduje žilnou strukturu ssv. směru s křemennou výplní a vtroušeným stříbrnosným polymetalickým zrudněním.

### Popis studovaných vzorků

V materiálu z výkopu pro kabel byly zjištěny úlomky svoru, drobnozrnného šedého krystalického vápence a křemenné žiloviny se sulfidy. Šedobílý křemen starší generace (mocnost žil do 5 cm) uzavírá četné úlomky hydrotermálně alterovaného (sericitizace, kaolinizace) svoru. V mladším drobně drúzovitým až hřebenovitým křemeni, který proniká do starší podrcené výplně, jsou patrná drobná zrna pyritu, černého až černohnědého sfaleritu v doprovodu galenitu (velikost zrn 0.X - 3 mm), freibergitu s chalkopyritem (zrna do 0.5 mm) a místy i tmavě šedého tence jehličkovitého až zrnitého jamesonitu (do 1 mm). Rudní minerály jsou vtroušené v křemeni, tvoří protáhlé agregáty na styku individuí křemene v případě jeho hřebenovitého vývoje nebo výplně trhlin (polyminerální žilky). V drúzových dutinkách na křemen narůstá narůžovělý dolomitický karbonát.

Podle mikroskopického studia po pyritu nejstarší a nejhojněji zastoupený sfalerit je žilkovitě pronikán chalkopyritem a oba minerály uzavírá mladší galenit. Freibergit je od okrajů zrn zatlačován chalkopyritem s laločnatou hranicí. Vztah jamesonitu k uvedeným minerálům se nepodařilo zjistit.

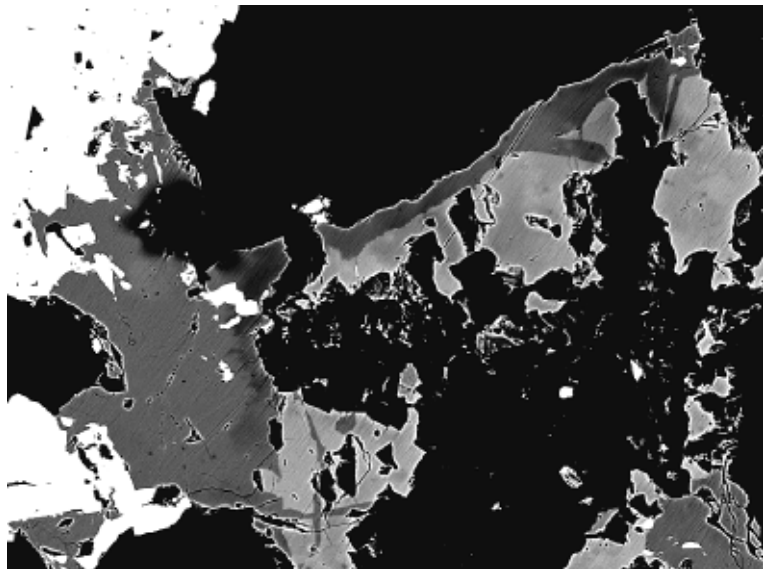
Mikrochemismem sfaleritu se zabývali Novák a Drábek (1965). Jedná se o sfalerit se středními obsahy Fe a Cd a s malým podílem Mn, Cu a Ag. V našem příspěvku jsme se zaměřili na studium nově zjištěných komplexních sulfidů - freibergitu a jamesonitu.

### Metodika výzkumu

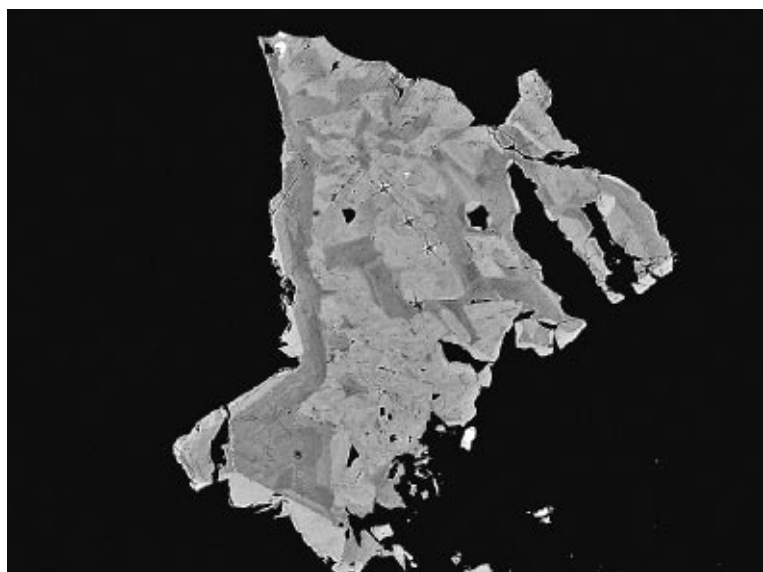
Povrchová morfologie vzorků byla sledována v dopadajícím světle pomocí optického

mikroskopu Nikon SMZ1500. Vedle mikroskopického studia vzorků v odraženém polarizovaném světle bylo provedeno i měření mikrotvrdosti freibergitu (mikrotvrdoměr PMT-3, měrný tlak 20 g, doba expozice indentoru 15 s, cejchováno na krystalu NaCl při 5 g).

Chemické složení freibergitu a jamesonitu ze Šebestenic bylo kvantitativně studováno pomocí elektronového mikroanalýzátoru Cameca SX100 (Přírodovědecká fakulta MU, Brno, analytik R. Škoda) za podmínek: WD analýza, 25 kV, 20 nA, průměr svazku elektronů 1 μm, použité standardy: Ag (AgLα), Bi (BiMβ), CdTe (CdLβ), chalkopyrit (CuKα), Co (CoKα) FeS<sub>2</sub> (FeKα, SKα), HgTe (HgMα), pararammelsbergit (NiKα, AsLβ), PbCl<sub>2</sub> (ClKα), PbS (PbMα), PbSe (SeLβ), Sb (SbLβ) a ZnS (ZnKα). Obsahy výše uvedených prvků, které nejsou zahrnuty v tabulkách, byly kvantitativně analyzovány, ale zjištěné obsahy byly pod detekčním limitem (cca 0.02 - 0.05 hm. % pro jednotlivé prvky). Získaná data byla korigována



Obr. 2 Agregát sfaleritu (světle šedý), chalkopyritu (tmavě šedý) a freibergitu (bílý) v křemeni (černý). BSE foto, J. Sejkora (šířka obrázku 450 μm).



Obr. 3 Dva typy oscilačně zonálního freibergitu s variabilním podílem stříbra (čím světlejší, tím vyšší obsah stříbra) ve srůstu s galenitem (bílý). BSE foto, J. Sejkora (šířka obrázku 650 μm).

za použití software PAP (Pouchou, Pichoir 1985).

### Freibergit

Freibergit se nachází v těsných srůsttech se sfaleritem a chalkopyritem (obr. 2). V odraženém světle je izotropní, světle šedý se slabým šedozeleným odstínem a vyznačuje se dobrou brusnou tvrdostí. Hodnota mikrotvrdosti zřetelně kolísá od 287 do 379  $\text{kp} \cdot \text{mm}^{-2}$ . V BSE obraze (obr. 3) jsou patrné dva typy oscilační zonality studovaného freibergitu odrážející výraznou Ag-Cu izomorfii.

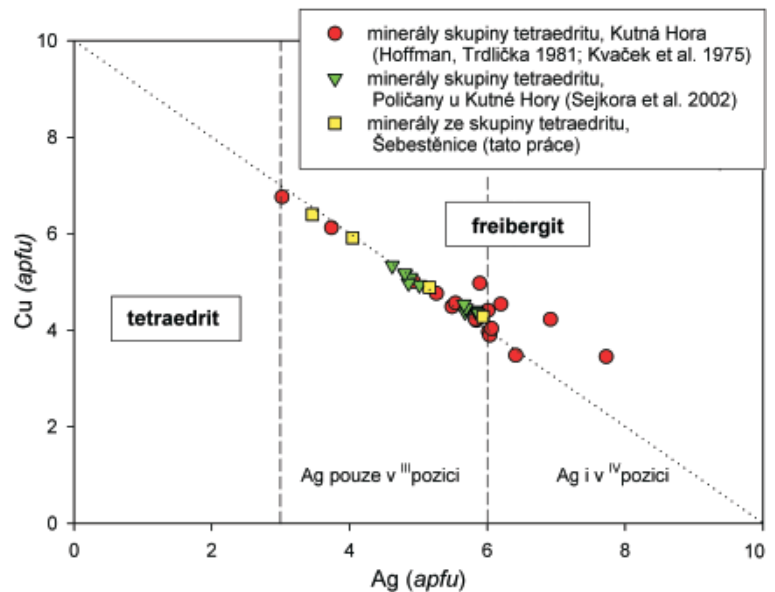
Při studiu chemického složení freibergitu (tab. 1) byly zjištěny majoritní obsahy Ag, Cu, Fe, Sb a S; obsahy Zn v rozmezí 0.76 - 1.34 hm. % a pouze minoritní zastoupení Cd, As a Bi. Podle Sacka a Louckse (1985), Johnsona et al. (1986), Lynche (1989) a Foita a Ulbrichta (2001) je možno (zjednodušeně) vyjádřit chemické složení Ag bohatých tetraedritů a freibergitů pomocí obecného vzorce  ${}^{\text{III}}(\text{Ag}, \text{Cu})_6[{}^{\text{IV}}(\text{Cu}, \text{Ag})_4(\text{Fe}, \text{Zn})_{2-3.6}(\text{Sb}, \text{As}, \text{Bi})_4(\text{S}, \text{Se})_{13}]$ . Pro hranici mezi Ag bohatým tetraedritem a freibergitem navrhuje Riley (1974) obsah cca 20 hm. % Ag; jestliže však vyjdeme z výše uvedeného obecného vzorce a podle současných platných pravidel mineralogické nomenklatury jako hranici vymežeme 3 *apfu* Ag, tak lze odvodit minimální obsah Ag v ideálním Fe-Sb freibergitu 18.14 hm. % Ag. Nová zjištění Foita a Ulbrichta (2001) ukazují, že Ag ve freibergitu může obsazovat nejen trigonální pozici (<sup>III</sup>), ale pravděpodobně může nahrazovat i prakticky veškerou Cu v tetraedrické pozici (<sup>IV</sup>) a tak maximální obsah Ag ve freibergitu může dosahovat až 10 *apfu*.

Zjištěné obsahy Ag a Cu ve freibergitu ze Šebestěnic vykazují zřetelnou negativní korelaci (obr. 4), což dobře odpovídá publikovaným údajům (např. Lynch 1989); současně je velmi bohatý Fe a chudý Zn (do cca 0.4 *apfu* - obr. 5). Chemické složení studovaného freibergitu je možno pro Ag nejbohatší a nejchudší člen vyjádřit na bázi 29 *apfu* následujícími empirickými vzorci: Ag bohatý freibergit:  $(\text{Ag}_{5.94}\text{Cu}_{0.06})_{\Sigma 6.00}[\text{Cu}_{4.22}(\text{Fe}_{1.81}\text{Zn}_{0.22}\text{Cd}_{0.02})_{\Sigma 2.05}\text{S}_{6.27}(\text{Sb}_{4.17}\text{As}_{0.07}\text{Bi}_{0.01})_{\Sigma 4.25}(\text{S}_{12.45}\text{Cl}_{0.03})_{\Sigma 12.48}]$ ; Ag chudý freibergit:  $(\text{Ag}_{3.46}\text{Cu}_{2.54})_{\Sigma 6.00}[\text{Cu}_{3.86}(\text{Fe}_{1.66}\text{Zn}_{0.37}\text{Cd}_{0.01})_{\Sigma 2.04}\text{S}_{5.90}(\text{Sb}_{4.14}\text{Bi}_{0.02})_{\Sigma 4.16}(\text{S}_{2.93}\text{Cl}_{0.02})_{\Sigma 2.95}]$ . Chemické složení studovaného freibergitu ze Šebestěnic (zejména atomární poměry Ag/Cu a Fe/Zn - obr. 4 - 5) velmi dobře odpovídá analýzám freibergitu z různých míst kutnohorského revíru (Kvaček et al. 1975; Hoffman, Trdlička 1981; Sejkora et al. 2002).

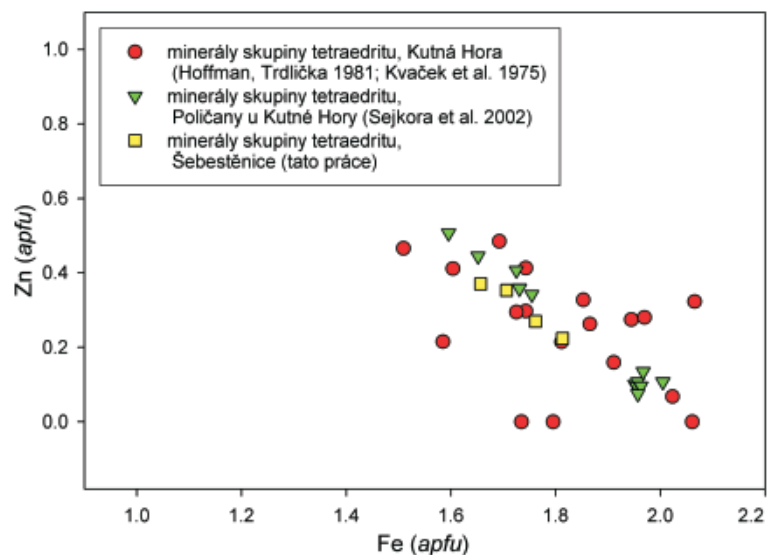
### Jamesonit

Jamesonit byl zjištěn ve formě většinou mikroskopických zrnitých a jehličkovitých agregátů o velikosti 3 - 5 x 10  $\mu\text{m}$  s dobře patrnou paralelní štěpností, vyplňujících trhliny v křemenu. V odraženém světle je alotriomorfní až hypidiomorfní, nažloutle bílý, zřetelně anizotropní a bireflexní (různé odstíny šedé barvy)

Podle obrazu z BSE je studovaná fáze ze Šebestěnic chemicky homogenní bez přítomnosti pozorovatelné



Obr. 4 Graf Ag vs. Cu (v *apfu*) pro minerály skupiny tetraedritu ze Šebestěnic a kutnohorského revíru.



Obr. 5 Graf Fe vs. Zn (v *apfu*) pro minerály skupiny tetraedritu ze Šebestěnic a kutnohorského revíru.

zonality, její chemické složení (tab. 2) odpovídá jamesonitu bez obsahu Bi a jen minoritním zastoupením As v rozmezí 0.01 - 0.02 *apfu*. Zjištěné obsahy Pb se pohybují v rozmezí 3.75 - 3.83 *apfu* a jsou mírně nižší než hodnota odvozená z ideálního vzorce (4 *apfu*), obsahy Ag a Cu jsou pouze minoritní a nepřevyšují 0.01 *apfu*. Empirický vzorec studovaného jamesonitu (průměr 3 bodových analýz) lze na bázi 25 *apfu* vyjádřit jako  $(\text{Pb}_{3.78}\text{Ag}_{0.01})_{\Sigma 3.79}\text{Fe}_{0.95}(\text{Sb}_{6.09}\text{As}_{0.01})_{\Sigma 6.10}\text{S}_{14.15}$ .

### Závěr

Mineralogickým výzkumem vzorků křemenné žiloviny s vtroušeným polymetalickým zrudněním, odebraných ze zbytku haldového materiálu ve výkopu pro telefonní kabel v obci Šebestěnice, byl kromě pyritu, sfaleritu, galenitu a chalkopyritu zjištěn zonalní freibergit s proměnlivým obsahem stříbra a jamesonit. Studované zrudnění je porovnatelné se stříbronosnou polymetalickou mineralizací kutnohorského rudního revíru.

Tabulka 1 Chemické složení freibergitu (v hm. %)

	1	2	3	4
Ag	20.61	23.97	29.44	33.01
Cu	22.46	20.65	16.43	14.02
Fe	5.11	5.41	5.04	5.22
Cd	0.09	0.10	0.10	0.09
Zn	1.34	0.97	1.22	0.76
Sb	27.83	27.24	27.07	26.15
Bi	0.21	0.29	0.24	0.05
As	0.00	0.85	0.23	0.28
S	22.90	22.33	21.30	20.58
Cl	0.03	0.03	0.04	0.06
total	100.59	101.84	101.11	100.22
Ag*	3.459	4.044	5.162	5.938
Cu*	6.396	5.914	4.889	4.281
Ag+Cu	9.856	9.958	10.051	10.219
Fe*	1.657	1.762	1.706	1.813
Cd*	0.014	0.016	0.016	0.016
Zn*	0.371	0.270	0.353	0.224
Fe+Cd+Zn	2.042	2.048	2.075	2.053
Sb*	4.137	4.072	4.205	4.166
Bi*	0.019	0.025	0.022	0.005
As*	0.000	0.208	0.059	0.073
Sb+Bi+As	4.156	4.305	4.286	4.245
S*	12.929	12.673	12.561	12.450
Cl*	0.017	0.017	0.022	0.033
S+Cl	12.947	12.689	12.583	12.483

\* koeficienty empirického vzorce na bázi 29 apfu

Tabulka 2 Chemické složení jamesonitu (v hm. %)

	mean	1	2	3
Ag	0.04	0.03	0.06	0.04
Fe	2.64	2.62	2.64	2.64
Pb	38.90	38.82	39.81	38.08
Cu	0.01	0.02	0.00	0.00
Sb	36.83	37.09	36.96	36.45
As	0.05	0.03	0.05	0.07
S	22.53	22.59	22.81	22.20
total	101.00	101.20	102.32	99.49
Ag*	0.008	0.005	0.010	0.008
Fe*	0.950	0.944	0.941	0.967
Pb*	3.781	3.764	3.826	3.753
Cu*	0.002	0.007	0.000	0.000
Sb*	6.092	6.119	6.045	6.114
As*	0.013	0.009	0.013	0.018
S*	14.153	14.152	14.165	14.140

\* koeficienty empirického vzorce na bázi 25 apfu

### Poděkování

Tato práce vznikla za finanční podpory Ministerstva kultury ČR v rámci projektů DE07P04OMG004 a MK00002327201. Za spolupráci při studiu chemického složení jamesonitu je nezbytné poděkovat R. Škodovi (Masarykova univerzita, Brno).

### Literatura

- Barvíř J. L. (1903): Přehledné zprávy o některých našich místech zlato- a stříbrnosných z poslední čtvrti 16. století. - *Horn. hutn. Listy* 4, 12, 184-186.
- Bernard J. H. (1991): Empirical types of ore mineralizations in the Bohemian Massif. - Geol. Survey, Prague.
- Bernard J. H. a kolektiv (1981): Mineralogie Československa. 2. vyd. - Nakl. Academia, Praha.
- Bílek J. (2000): Kutnohorské dolování. 6. Kutací a průzkumné práce v kutnohorském revíru a v jeho okolí.

- Šebestěnice. - Vyd. Kuttna, Kutná Hora.
- Foit F. F., Ulbricht M. E. (2001): Compositional variation in mercurian tetrahedrite-tennantite from the epithermal deposits of the Steeens and Pueblo Mountains, Harney County, Oregon. - *Can. Mineral.* 39, 819-830.
- Hoffman V., Trdlička Z. (1981): Mineralogicko-chemický charakter kutnohorských rudních žil. - *Sbor. geol. Věd, Ř. TG* 17, 63-101.
- Johnson N. E., Craig J. R., Rimstidt J. D. (1986): Compositional trends in tetrahedrite. - *Can. Mineral.* 24, 385-397.
- Kachlík V. (1999): Relationship between Moldanubicum, the Kutná Hora Crystalline Unit and Bohemium (Central Bohemia, Czech Republic): A result of the polyphase Variscan nappe tectonic. - *Journ. Czech Geol. Soc.* 44, 3-4, 201-291.
- Kvaček M., Novák F., Drábek M. (1975): Canfieldite and silver-rich tetrahedrite from the Kutná Hora ore district. - *N. Jb. Miner. Mh.*, 171-179.
- Kratochvíl J. (1923): Příspěvek k topografii a dějinám dolování v jihovýchodní části Čech. - *Knih. St. geol. Úst. Čs. Republ.* 7, 1-80.
- Kratochvíl J. (1963): Topografická mineralogie Čech, VI. - Nakl. ČSAV, Praha (heslo Šebestěnice).
- Lynch J. V. G. (1989): Large-scale hydrothermal zoning reflected in the tetrahedrite-freibergite solid solution, Keno hill Ag-Pb-Zn district, Yukon. - *Can. Mineral.* 27, 383-400.
- Novák F., Drábek M. (1965): Mikrochemismus některých sulfidů ze širšího okolí Čáslavi a Kutné Hory. - *Sbor. Obl. Muz. v Kutné Hoře, Ř. B geol.-báň.* 6, 5-36.
- Novák F., Hak J. (1965): Mikrochemismus sfaleritů české části Českomoravské vrchoviny. - *Sbor. geol. Věd, Ř. TG* 5, 7-44.
- Novák J. (1947-1948): Rudné bohatství jihozápadní části Čáslavska. - *Podoubraví, Vlastivěd. Sbor. Čáslavska* 16, 115-118, 135-136.
- Pouchou J. L., Pichoir F. (1985): „PAP“ (ppZ) procedure for improved quantitative microanalysis. - In: Armstrong J. T. (ed.): Microbeam Analysis, San Francisco Press, 104-106.
- Riley J. F. (1974): The tetrahedrite-freibergite series, with reference to the Mount Isa Pb-Zn-Ag orebody. - *Miner. Deposita* 9, 117-124.
- Sack R. O., Loucks R. R. (1985): Thermodynamic properties of tetrahedrite-tennantites: constraints on the interdependence of the Ag = Cu, Fe = Zn, Cu = Fe, and As = Sb exchange reactions. - *Am. Mineral.* 70, 1270-1289.
- Sejkora J., Litochleb J., Zemek V. (2002): Příspěvek k chemickému složení rudních minerálů jižní části kutnohorského rudního revíru. - *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha)* 10, 283-289.
- Schaller J. (1787): Topographie des Königreichs Böhmen, Bd. VI. - Prag.
- Starý J., Šanderová J., Tomášek M. (2007): Zaniklý těžební a zpracovatelský areál Hory u Vrbič. - In: Sbor. konf. Stříbrná Jihlava 2007, Studie k dějinám hornictví a důlních prací, 102-113. Vyd. Archaia Brno, o.p.s. a Muzeum Vysočiny Jihlava, p.o.
- Synek J., Oliveriová D. (1993): Terrane character of the north-east margin of the Moldanubian zone: The Kutná Hora Crystalline Complex, Bohemian Massif. - *Geol. Rundsch.* 82, 3, 566-582.
- Štěpánek P. (1992): Geologická mapa ČR. List 13-34. Zruč nad Sázavou. - Čes. geol. úst., Praha.