PŮVODNÍ PRÁCE/ORIGINAL PAPER

# Nové poznatky o primární mineralizaci v havlíčkobrodském rudním revíru (Česká republika)

## New knowledges of primary mineralization in the ore district Havlíčkův Brod (Czech Republic)

JIŘÍ SEJKORA[1)]*, STANISLAV KOPECKÝ[2)], PETR PAULIŠ[1,3)] A STANISLAV KOPECKÝ ML.[2)]

[1)] *Mineralogicko-petrologické oddělení, Národní muzeum, Cirkusová 1740, 193 00 Praha 9 - Horní Počernice; *e-mail: jiri_sejkora@nm.cz*
[2)] *Žižkov II/1294, 5880 01 Havlíčkův Brod*
[3)] *Smíškova 564, 284 01 Kutná Hora*

SEJKORA J., KOPECKÝ S., PAULIŠ P., KOPECKÝ S. ML., (2015) Nové poznatky o primární mineralizaci v havlíčkobrodském rudním revíru (Česká republika). *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha) 23, 2, 277-296.* ISSN: 1211-0239.

### Abstract

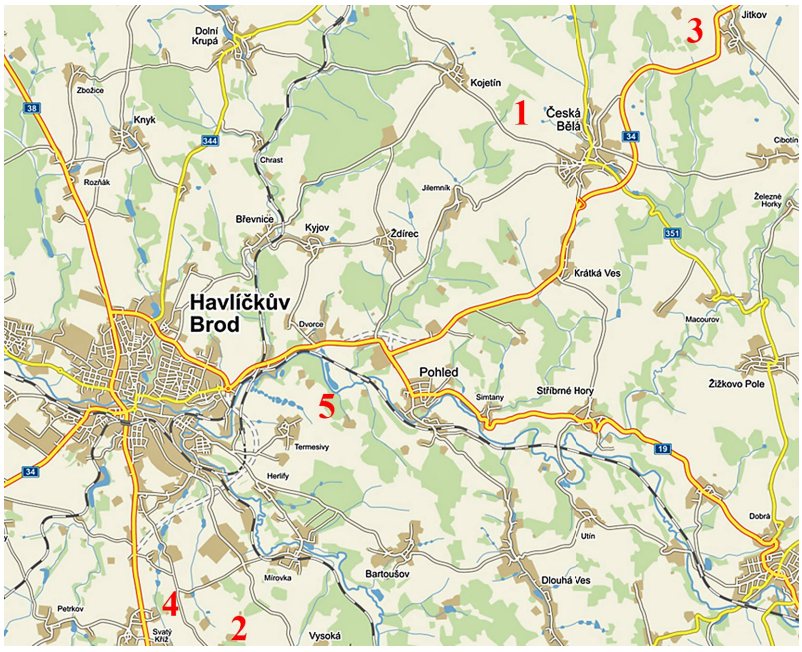
New finds of Ag, Pb and Sb mineralization in the Havlíčkův Brod ore district (Czech Republic) are described in the paper. At Česká Bělá (10 km NE of Havlíčkův Brod), the occurrence of boulangerite, bournonite, freibergite, pyrargyrite and miargyrite was determined. Boulangerite and galena were found at Čistá (6 km SE of Havlíčkův Brod). At Jitkov (13 km NE of Havlíčkův Brod), berthierite, jamesonite, andorite VI, miargyrite, freibergite, arsenopyrite, sphalerite and pyrite were found. The occurrence of freibergite, miargyrite, pyrargyrite, ramdohrite, unnamed $Ag_2Pb_5Sb_6S_{15}$, chlorargyrite, silver, acanthite and arsenopyrite was determined at Ovčín (4 km S of Havlíčkův Brod). At Termesivy (3 km E of Havlíčkův Brod), freibergite, boulangerite and galena were found. The descriptions and quantitative chemical compositon of individual mineral phases are given.

***Key words**: Ag-mineralization, chemical composition, base-metal district Havlíčkův Brod, Czech Republic*
*Obdrženo: 2. 11. 2015; přijato: 18. 1. 2016*

### Úvod

Přirozené zvětrávání Fe-sulfidů (zejména pyritu a markazitu) spojené s výraznou degradací až rozpadem vzorků představuje výrazný problém pro sbírky v oboru mineralogie, petrologie, ložiskové geologie a paleontologie. Při multioborovém výzkumu degradace Fe-sulfidů v rámci projektu NAKI-DF12P01OVV031 jsme se vedle sbírkových materiálů (Sejkora et al. 2014a; Sklenář et al. 2015) a experimentálního studia řízené alterace v laboratorních podmínkách (Sejkora et al. 2015) zaměřili i na výzkum zvětrávání Fe-sulfidů v přírodních podmínkách (Sejkora et al. 2014b; Pauliš et al. 2015, tato práce).

Oblast havlíčkobrodského rudního revíru byla vybrána pro výzkum zejména kvůli vysokému obsahu pyritu a arsenopyritu v haldovém materiálu, který vede k masívnímu zvětrávání a destrukci vzorků (Dokoupilová, Sulovský 2007; Havlíček, Malý 2008; Kocourková et al. 2008, 2011; Houzar et al. 2011; Pauliš et al. 2011; Hrazdil 2012). V rámci výzkumu primárního zdrojového zrudnění zde byla zjištěna dříve neznámá mineralizace s významným zastoupením Ag, Sb a Pb; výsledky jejího mineralogického studia na jednotlivých dílčích lokalitách (obr. 1) jsou předloženy v této práci.




**Obr. 1** *Topografické schéma jednotlivých studovaných lokalit; 1 Česká Bělá; 2 Čistá; 3 Jitkov; 4 Ovčín; 5 Termesivy; podle www.mapy.cz upravil P. Pauliš.*

**Obr. 2** *Pozůstatky po historické těžbě u České Bělé; foto P. Pauliš, 2014.*

**Obr. 3** *Pozůstatky po historické těžbě u České Bělé; foto P. Pauliš, 2014.*

**Tabulka 1** *Chemické složení boulangeritu z České Bělé (hm. %)*

| | mean | 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|---|---|
| Fe | 0.17 | 0.18 | 0.16 | 0.17 |
| Pb | 54.49 | 53.69 | 55.27 | 54.51 |
| Sb | 25.93 | 25.89 | 25.95 | 25.94 |
| S | 19.30 | 19.23 | 19.29 | 19.38 |
| total | 99.89 | 98.99 | 100.67 | 100.00 |
| Fe | 0.056 | 0.059 | 0.053 | 0.055 |
| Pb | 4.866 | 4.822 | 4.920 | 4.856 |
| Σ Pb+Fe | 4.922 | 4.882 | 4.974 | 4.911 |
| Sb | 3.940 | 3.956 | 3.932 | 3.932 |
| S | 11.138 | 11.162 | 11.094 | 11.157 |

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

**Tabulka 2** *Chemické složení bournonitu z České Bělé (hm. %)*

| | mean | 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|---|---|
| Pb | 41.90 | 41.61 | 42.23 | 41.85 |
| Cu | 13.59 | 13.64 | 13.58 | 13.53 |
| Sb | 24.17 | 23.26 | 24.54 | 24.70 |
| S | 19.52 | 19.38 | 19.68 | 19.50 |
| total | 99.17 | 97.90 | 100.03 | 99.59 |
| Pb | 0.992 | 0.995 | 0.992 | 0.988 |
| Cu | 1.049 | 1.064 | 1.040 | 1.042 |
| Sb | 0.973 | 0.947 | 0.981 | 0.993 |
| S | 2.986 | 2.995 | 2.987 | 2.977 |

Mean - průměr tří bodových analýz; koeficienty empirického vzorce počítány na bázi 6 *apfu*.

## Přehled historie revíru

Havlíčkobrodský polymetalický revír se nachází v sv. části Českomoravské vrchoviny a zahrnuje území o rozloze cca 200 km$^2$. Jedná se o historickou oblast exploatace Ag-Pb-Zn (Cu) ložisek. V celém revíru je mnoho lokalit, na kterých se v minulosti těžily polymetalické rudy, nebo na nich probíhal průzkum.

Báňská činnost na Českomoravské vysočině těsně před polovinou 13. století nezůstala omezena na Jihlavu a její okolí. Téměř současně s tímto hornickým střediskem vzniklo druhé významné středisko hornické, Brod - původně Smilův, od roku 1310 nazývaný Německý. Brod byl téměř do poloviny 13. století vesnicí při Haberské cestě. Ta se v polovině století velmi rychle rozrostla v důsledku hornického ruchu na město. 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). Brod nebyl královským městem jako Jihlava, ale poddanským, patřil Lichtenburkům. Smil z Lichtenburka měl vlastní báňskou správu a pravomoc královského mincmistra. Roku 1278 potvrdili jeho synové pro Brod městské a horní právo podle vzoru práva jihlavského, jímž se brodští řídili již před rokem 1269. V období hornické konjunktury Brod představoval sídlištní aglomeraci rozsáhlejší než vyměřený areál města později opevněný hradební zdí. O hornickém významu Brodu ve druhé polovině 13. století svědčí též městský znak s naším vůbec nejstarším vyobrazením hornických nástrojů (mlátek, želízko, motyka a klín), doprovázejících zkřížené ostrve - erbovní znamení Lichtenburků (Rous 2004). K brodskému revíru patřilo rozsáhlé území, rozdělené na čtyři báňské okrsky, v jejichž čele stály Brod, Šlapánov, Bělá, Přibyslav a později Chotěboř. Dolování u některých vsí máme písemně doloženo již ve 13. století. Nejstarší písemný doklad existuje o Buchberku (1258), druhou nejstarší lokalitou je Bartoušov (1281). Klíčovou úlohu v těžbě a zpracování stříbrné rudy ve 2. polovině 13. století sehrála na Brodsku hornická sídliště, vázaná na nejbohatší rudní ložiska. Například v brodském obvodu to byly Mittelberg, jehož jádro se nacházelo na katastru dnešní obce Suchá, a sídliště neznámého jména na katastru Termesiv (Rous 2001, 2004). Dle historických informací je zřejmé, že dolování na Brodsku nemělo dlouhého trvání, neboť v polovině 14. století se stávalo nevýnosným. Brod i s horním regálem prodali Lichtenburkové roku 1318 králi a ten je postoupil následujícího roku pánům z Lipé, kteří podrželi tento majetek do roku 1376. Nevalný stav báňského podnikání potvrzuje i královská listina z roku 1321, která konstatuje, že majitelé panství i město Brod měli z dolování škodu. Brodské dolování tedy skončilo jako jihlavské po polovině 14. století, kdy starci rychle prozkoumali revír a otevřeli všechny nadějné lokality a vyrubali jejich nabohacené svrchní zóny. Definitivní konec těžby pak způsobily husitské války. Tato první etapa dolování se vyznačuje těžbou zejména nejbohatších připovrchových rudních partií. Díla mají charakter nehlubokých (první desítky m) šachtic. K obnovovacím pokusům nepatrného rozsahu došlo v 16. století a

v druhé polovině 18. století (hlavně v letech 1774 - 1808). V 16. století se intenzivně pracuje zejména v okolí Stříbrných Hor. K největším aktivitám patřilo založení štoly Marie Terezie u Mírovky, která byla velkolepě koncipovanou dědičnou štolou, sledující otevření svatokřižsko-ovčínského revíru. Její ražba byla ukončena v 1000 m (Kembický 1984). Během druhé světové války byla vyzmáhána štola Růženina a Pekelná u Stříbrných Hor, štola Marie Terezie u Mírovky a založena šachtice u Ovčína. Poslední rozsáhlý průzkum probíhal v 50. a 60. letech minulého století (ložiska Dlouhá Ves a Bartoušov). Žádná z těchto pokusných otvírek však neměla ekonomický význam.

## Geologické a mineralogické poměry revíru

Geologicky patří území k severozápadní části strážeckého moldanubika a sv. okraji českého moldanubika, vesměs budovaného pestrou skupinou. Moldanubikum pestré skupiny je zastoupeno 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. - jjv. 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).

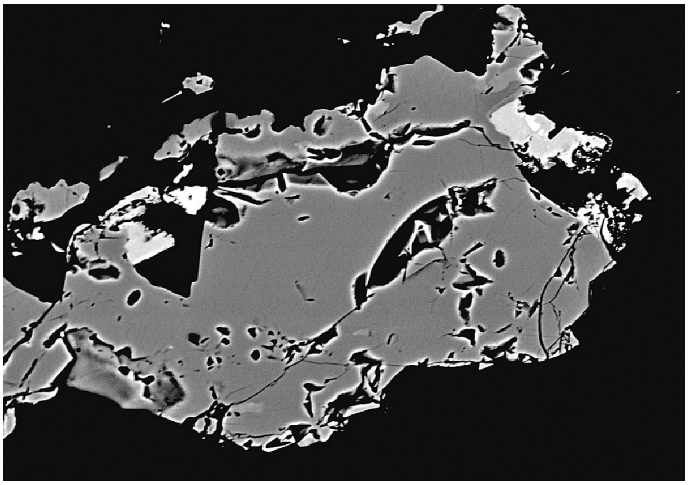
Havlíčkobrodský rudní revír představuje přes stovku rudních pásem, z nichž mnohé byly exploatačně ověřovány. Ověřená délka úseku zachovaných nebo prokazatelně aplanovaných hornických prací dosahuje 32 km (Králik et al. 1985). Převládající směr žil je SZ - JV a S - J. Žíly nemají velkou směrnou délku, známá hloubka zrudnění nepřesahuje 500 m. Mocnost žil vzácně naduřuje 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 klasický revír s kyzovou polymetalickou asociací (*k-pol*) ve smyslu klasifikace Bernarda (1967). Žíly jsou křemenné s podřadným zastoupením Fe-Mg-Mn karbonátů s obsahem Fe-kyzů (pyrit, pyrhotin), černého Fe-sfaleritu, méně je v nich galenitu. Ostatní nerosty (arsenopyrit, tetraedrit, markazit, chalkopyrit, stanin aj.) jsou řídké (Bernard, Pouba et al. 1986; Malý, Dolníček 2005). Pyrity obsahují až 340 ppm Ag (Pekelská štola), patrně vlivem mikroskopických inkluzí akantitu. V galenitu bylo zjištěno až 6938 ppm Ag, které je patrně vázáno na inkluze sulfidů či pevné roztoky $AgSbS_2$ (Dobeš, Malý 2001).

Havlíčkobrodský rudní revír je obvykle dělen do několika částí - od severu k jihu to jsou oblast Česká Bělá, Stříbrné Hory - Pohled, Dlouhá Ves - Bartoušov a oblast Svatého Kříže (Dobeš, Malý 2001). V celém revíru je celá řada lokalit, na kterých se v minulosti těžily polymetalické rudy, nebo na kterých probíhal průzkum. Moderních informací o jejich mineralogii je však málo. Nejvíce informací bylo získáno o lokalitě Dlouhá Ves (Kudělásková 1960; Blüml a Hak 1968; Hak a Novák 1973 a další). Geologicko-mineralogické poměry ložiska u Bartoušova shrnul Němec (1965). Mineralogií rudních výskytů

**Tabulka 3** *Chemické složení freibergitu z České Bělé (hm. %)*

| | mean | 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|---|---|
| Ag | 20.34 | 20.16 | 20.51 | 20.34 |
| Fe | 4.83 | 4.81 | 4.86 | 4.83 |
| Zn | 1.81 | 1.80 | 1.82 | 1.81 |
| Cu | 23.33 | 23.12 | 23.45 | 23.41 |
| Sb | 26.48 | 26.43 | 26.51 | 26.49 |
| S | 22.42 | 22.23 | 22.57 | 22.47 |
| total | 99.21 | 98.56 | 99.72 | 99.35 |
| Ag | 3.446 | 3.441 | 3.455 | 3.440 |
| Cu | 6.709 | 6.700 | 6.707 | 6.721 |
| Fe | 1.582 | 1.587 | 1.581 | 1.578 |
| Zn | 0.506 | 0.508 | 0.506 | 0.505 |
| Σ Fe+Zn | 2.089 | 2.095 | 2.088 | 2.083 |
| Sb | 3.975 | 3.997 | 3.958 | 3.970 |
| S | 12.782 | 12.767 | 12.792 | 12.786 |

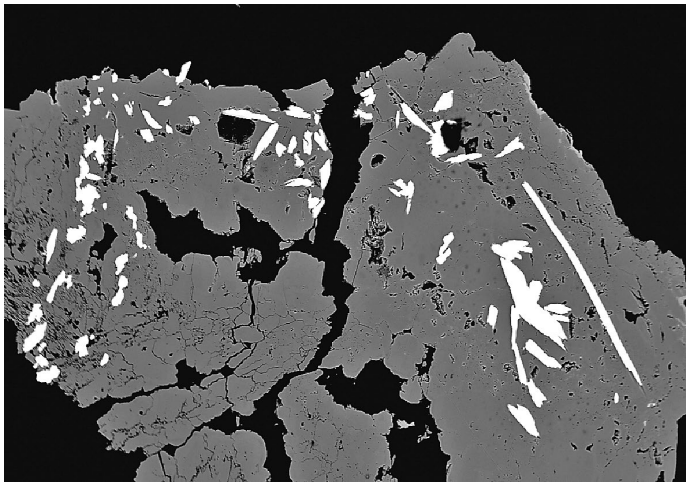
Mean - průměr tří bodových analýz; koeficienty empirického vzorce počítány na bázi 29 *apfu*.



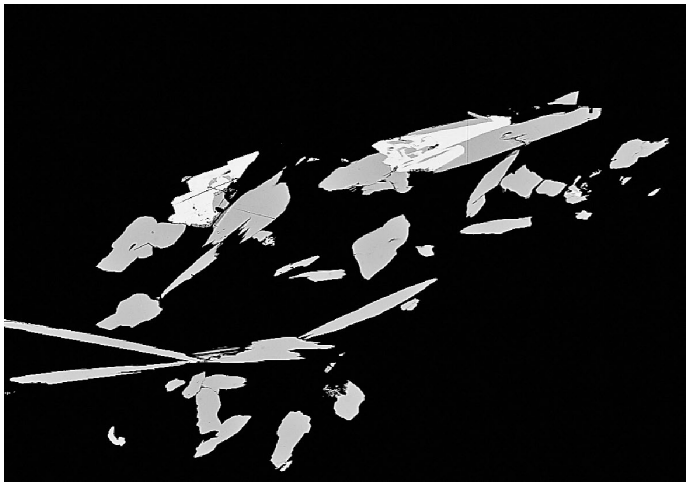
**Obr. 4** *Homogenní agregáty freibergitu (tmavě šedý) srůstající se zrny miargyritu (světle šedý) a pyrargyritu (bílý); Česká Bělá; šířka obrázku 200 μm; BSE foto J. Sejkora.*

**Obr. 5** *Pozůstatky po historické těžbě u Čisté; foto S. Kopecký, 2014.*

v okolí Stříbrných Hor bylo tématem diplomových prací Imramovského (1955) a Petroše (1958). Rudními ložisky v okolí České Bělé se zabýval Koutek (1960). Mineralizaci z průzkumných vrtů prováděných na lokalitě Svatá Anna popisuje Scharmová (1995, 2000). Informaci o mineralogii v oblasti Stříbrné Hory - Utín obsahuje práce Malého et al. (1998). Mineralogii rudních výskytů střední části havlíčkobrodského revíru se zabývají Dobeš a Malý (2001).



**Obr. 6** *Jehlicovité krystaly boulangeritu (bílý) zarůstající do sideritové žiloviny (tmavá); Čistá; šířka obrázku 1200 μm; BSE foto J. Sejkora.*



**Obr. 7** *Agregáty galenitu (bílý) srůstající s jehlicovitými krystaly boulangeritu (šedý) Čistá; šířka obrázku 1200 μm; BSE foto J. Sejkora.*

Z Ag-minerálů bylo z revíru dosud popsáno jen několik nálezů, navíc většinou jen v mikroskopických rozměrech. Z Bartoušova (5 km jv. od Havlíčkova Brodu) byly minerály stříbra určeny pouze na základě spektrální analýzy, jejich malé rozměry (do 0.1 - 0.2 mm) neumožnily rentgenovou analýzu. Tyto minerály jsou vázané na galenit, který obsahuje drobné inkluze tetraedritu, nejisté jsou pyrargyrit, stefanit a argentit. Pravděpodobný pyrargyrit tvoří drobná zrna o velikosti do 0.1 mm, zarůstající do galenitu (Němec 1965). Na ložisku Dlouhá Ves (6 km v. od Havlíčkova Brodu) byl jako jediný minerál stříbra zjištěn dyskrazit, který tvoří mikroskopické inkluze v galenitu (Hak, Novák 1973). Obdobně tak na lokalitě Pohled (6 km v. od Havlíčkova Brodu), kde byl též mikroskopický dyskrazit zjištěn v galenitu (Hak, Johan 1962). Mastíková (2011) tu navíc popisuje další Ag-mineralizaci vázanou na galenit, který obsahuje 0.22 - 2.20 hmot. % Ag. V galenitových zrnech se vyskytuje proměnlivé zastoupení mikroskopických inkluzí chalkopyritu, bismutu, gustavitu a joséitu A i B (Mastíková 2011). Mineralogicky pestré polymetalické zrudnění zjistila Scharmová (1995, 2000) v materiálu z vrtu na Svaté Anně u Simtan (6 km v. od Havlíčkova Brodu). Vedle pyritu, arsenopyritu, sfaleritu, chalkopyritu a galenitu se v něm uplatňují i minerály stříbra mikroskopických rozměrů (akantit, hessit, schirmerit, matildit a pravděpodobný gustavit). Mikroskopické inkluze pyrargyritu ve sfaleritu a galenitu uvádějí z odvalu tzv. Ag-štoly jv. od Stříbrných Hor Dobeš a Malý (2001). Tito autoři odtud zmiňují i výskyt argentitu v pyritu a nedokonale vyvinutý krystal pravděpodobného pyrargyritu o velikosti 0.X mm, který však nebyl exaktně určen. O tomto vzorku autoři hovoří jako o jediném dosud známém exempláři makroskopicky vyvinutého minerálu stříbra v revíru. Nově byl na starých odvalech sz. od Jitkova zjištěn v křemenné žilovině mikroskopický Ag-tetraedrit (17.35 hm. % Ag) v asociaci s berthieritem, jamesonitem a arsenopyritem (Hrazdil 2012). V po-

**Tabulka 4** *Chemické složení boulangeritu z Čisté (hm. %)*

| | mean | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Fe | 0.04 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.20 | 0.40 |
| Pb | 54.35 | 53.90 | 53.97 | 54.00 | 54.19 | 54.32 | 54.37 | 54.38 | 54.39 | 54.64 | 54.69 | 54.70 | 54.94 | 54.05 | 54.41 |
| Sb | 26.06 | 26.05 | 26.12 | 26.12 | 26.22 | 26.19 | 26.12 | 26.16 | 26.19 | 26.36 | 26.54 | 26.43 | 26.50 | 25.04 | 24.80 |
| Bi | 0.28 | 0.36 | 0.26 | 0.34 | 0.25 | 0.36 | 0.29 | 0.33 | 0.26 | 0.29 | 0.29 | 0.25 | 0.16 | 0.27 | 0.28 |
| S | 19.06 | 18.95 | 19.05 | 18.94 | 19.20 | 19.27 | 19.10 | 19.13 | 19.04 | 19.09 | 19.31 | 19.25 | 19.23 | 18.78 | 18.51 |
| total | 99.80 | 99.25 | 99.40 | 99.40 | 99.85 | 100.13 | 99.88 | 99.99 | 99.88 | 100.38 | 100.82 | 100.62 | 100.83 | 98.34 | 98.40 |
| Fe | 0.014 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.069 | 0.135 |
| Pb | 4.890 | 4.877 | 4.867 | 4.883 | 4.858 | 4.855 | 4.887 | 4.881 | 4.895 | 4.898 | 4.863 | 4.878 | 4.895 | 4.936 | 4.992 |
| Σ | 4.904 | 4.877 | 4.867 | 4.883 | 4.858 | 4.855 | 4.887 | 4.881 | 4.895 | 4.898 | 4.863 | 4.878 | 4.895 | 5.005 | 5.127 |
| Sb | 3.990 | 4.012 | 4.009 | 4.019 | 4.000 | 3.984 | 3.995 | 3.995 | 4.010 | 4.021 | 4.016 | 4.010 | 4.017 | 3.892 | 3.873 |
| Bi | 0.025 | 0.032 | 0.023 | 0.030 | 0.022 | 0.031 | 0.026 | 0.030 | 0.023 | 0.026 | 0.025 | 0.022 | 0.014 | 0.024 | 0.025 |
| Σ | 4.015 | 4.043 | 4.032 | 4.049 | 4.023 | 4.015 | 4.021 | 4.025 | 4.033 | 4.047 | 4.042 | 4.032 | 4.032 | 3.916 | 3.898 |
| S | 11.080 | 11.080 | 11.101 | 11.068 | 11.120 | 11.130 | 11.092 | 11.094 | 11.072 | 11.055 | 11.095 | 11.090 | 11.074 | 11.079 | 10.974 |

Mean - průměr 14 bodových analýz; koeficienty empirického vzorce počítány na bázi 20 *apfu*.

slední době byly v rámci zjišťování obsahů stříbra a zlata v galenitových rudách polymetalických ložisek Českomoravské vrchoviny analyzovány tři vzorky z havlíčkobrodského revíru. Jedná se o lokality Bartoušov (dva vzorky: 1247 ppm Ag a 0.05 ppm Au; 2600 ppm Ag a 0.20 ppm Au) a Česká Bělá - pod „Bídou“ 1125 ppm Ag a 0.43 ppm Au (Hrazdil, Houzar 2013).

## 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 následné 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 mikroanalyzátoru Cameca SX100 (Národní muzeum, Praha, analytik J. Sejkora) za podmínek: WD analýza, 25 kV, 20 nA, průměr svazku elektronů 2 μm, použité standardy: Ag (AgLα), Bi (BiLα), CdTe (CdLα), Co (CoKα), $CuFeS_2$ (CuKα), $FeS_2$ (FeKα, SKα), HgTe (HgMα), NiAs (NiKα, AsLβ), $PbCl_2$ (ClKα), PbS (PbMα), PbSe (SeLβ), $Sb_2S_3$ (SbLα) a ZnS (ZnKα). Obsahy výše uvedených prvků, které nejsou zahrnuty v tabulkách, byly kvantitativně analyzovány, ale zjištěné obsahy byly pod detekčním limitem (cca 0.03 - 0.08 hm. % pro jednotlivé prvky). Získaná data byla korigována za použití software PAP (Pouchou, Pichoir 1985).

Pro interpretaci dat minerálů skupiny tennantitu (v našem případě freibergit) vycházíme z obecného vzorce, který je podle podle Sacka, Louckse (1985), Johnsona et al. (1986), Lynche (1989), Foita, Ulbrichta (2001) nebo Moëla et al. (2008) možno (zjednodušeně) vyjádřit jako $^{III}(Cu,Ag)_6{}^{IV}[(Cu,Ag)_4(Fe,Zn,Cu,Hg,Cd)_2]_{\Sigma 6}(Sb,As,Bi,Te)_4(S,Se)_{13}$. 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 vymezíme 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 ve výjimečných případech obsazovat nejen trigonální pozici ($^{III}$), ale pravděpodobně může nahrazovat i prakticky veškerou Cu v tetraedrické pozici ($^{IV}$) a tak maximální obsah Ag ve freibergitu může dosahovat až 10 *apfu*.

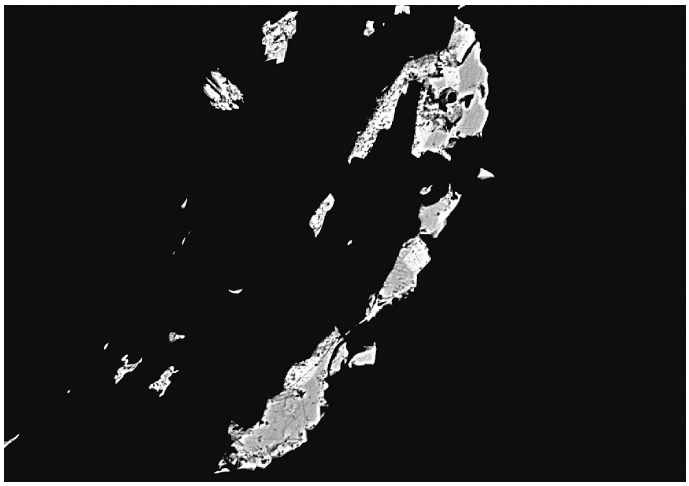
Pro interpretaci chemických analýz minerálů blízkých andoritu (obecně homologické série lillianitu) vycházíme z čísla homologu (N) a molárních procent andoritové složky (And%), které lze vypočítat na základě vzorců: $N = -1+(1/(Sb_i+(Pb_i/2)-0,5))$; resp. $\%And = 1-(2Sb_i-Pb_i-1)/6(Pb_i/2+Sb_i-5/6)$ (Makovicky, Karup-Møller 1977; Mozgova et al. 1983). Iniciální obsahy prvků se vypočtou pomocí vzorců: $Ag_i = (Ag+Cu)/\Sigma kat.$; $Pb_i = (Pb+Cd+Fe+Mn)/\Sigma kat.$; $Sb_i = (Sb+Bi)/\Sigma kat.$ jako poměr obsahu prvků (v atom. %) a sumy atomových % všech kationtů. Výpočet vychází ze základní substituce v andoritové sérii $2Pb^{2+} \leftrightarrow Ag^+ + Sb^{3+}$.

**Obr. 8** *Pozůstatky po historické těžbě u Jitkova; foto S. Kopecký, 2014.*

**Tabulka 5** *Chemické složení berthieritu z Jitkova (hm. %)*

| | mean | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Fe | 12.62 | 12.72 | 12.60 | 12.57 | 12.64 | 12.59 | 12.62 |
| Pb | 0.33 | 0.35 | 0.32 | 0.44 | 0.34 | 0.14 | 0.37 |
| Sb | 57.4 | 57.06 | 57.29 | 57.41 | 57.49 | 57.5 | 57.66 |
| S | 29.84 | 29.76 | 29.71 | 29.78 | 30.1 | 29.76 | 29.94 |
| total | 100.2 | 99.88 | 99.93 | 100.2 | 100.6 | 99.99 | 100.6 |
| Fe | 0.971 | 0.98 | 0.972 | 0.968 | 0.967 | 0.97 | 0.967 |
| Pb | 0.007 | 0.007 | 0.007 | 0.009 | 0.007 | 0.003 | 0.008 |
| Σ Fe+Pb | 0.978 | 0.987 | 0.979 | 0.977 | 0.974 | 0.973 | 0.975 |
| Sb | 2.025 | 2.017 | 2.028 | 2.028 | 2.017 | 2.033 | 2.028 |
| S | 3.997 | 3.995 | 3.993 | 3.995 | 4.009 | 3.994 | 3.998 |

Mean - průměr 6 bodových analýz; koeficienty empirického vzorce počítány na bázi 7 *apfu*.



**Obr. 9** *Agregáty andoritu VI (tmavěji šedý) srůstající s jamesonitem (světle šedý) Jitkov; šířka obrázku 220 μm; BSE foto J. Sejkora.*

## Charakteristika nově zjištěné sulfidické mineralizace jednotlivých lokalit v havlíčkobrodském revíru

### Česká Bělá (10 km sv. od Havlíčkova Brodu)

Oblast Bělé je obvykle řazena k severní části havlíčkobrodského rudního revíru. Zatímco střední části revíru (Stříbrné Hory - Pohled) byla v minulosti často věnována pozornost z geologického i historického hlediska, severní a jižní část nebyla dosud důkladněji zhodnocena. Z geologicko-montanistického hlediska se okolí České Bělé věnovali pouze Koutek (1960), Kembický (1984) a Malý (2001), který uvádí přehled pozůstatků po starém dolování.

Těžbu stříbrných rud u Bělé lze datovat obdobně, jako na jiných místech v okolí Havlíčkova Brodu. Lze předpokládat, že její vrchol spadá do druhé poloviny 13. století. Dochované pozůstatky po starém dolování jsou i dnes rozsáhlé. Na ploše kolem 21 km$^2$ bylo zjištěno 20 lokalit, které mají většinou charakter obvalových pásem (žíly byly otvírány a těženy systémem blízkých šachtic). Přístupná podzemní důlní díla se nezachovala. Celková délka žil či dislokačních pásem se zachovalými pozůstatky po těžbě je 3400 m, výrazně převažujícím směrem těchto struktur je SZ - JV až SSZ - JJV. Nejdelší jednotlivé hornicky sledované struktury (přes 800 m dlouhé) jsou v severním a sz. okolí České Bělé (Malý 2001).

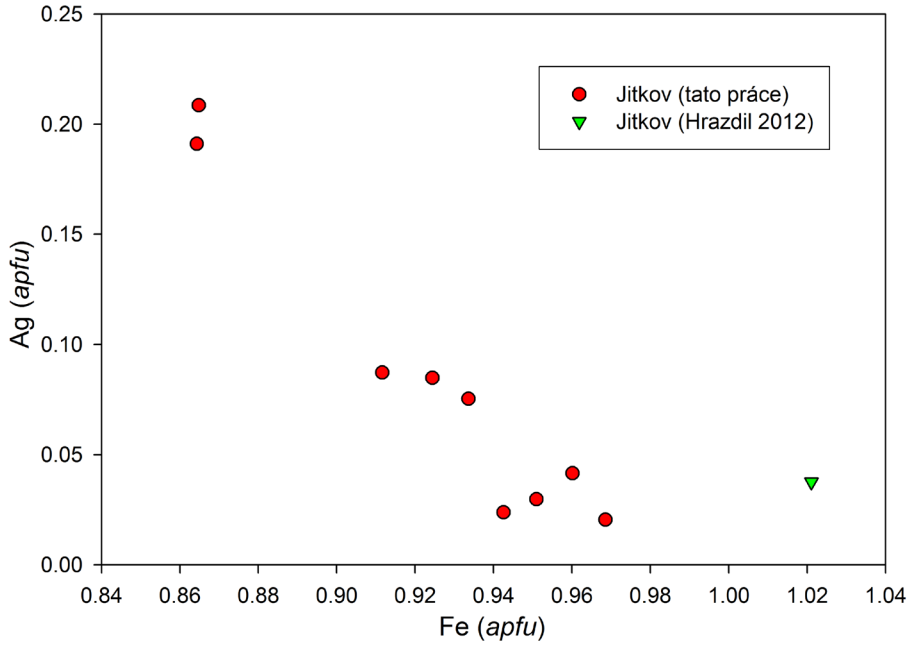
Z mineralogického hlediska jsou rudní výskyty obdobné výskytům v okolí Stříbrných Hor, které jsou řazeny k tzv. typu k-pol. Žilovinou je v naprosté většině křemen; karbonáty ankerit-dolomitového typu jsou méně běžné. Z rud převládá tmavý sfalerit a pyrit, makroskopicky jsou dále zastoupeny galenit, chalkopyrit, pyrhotin, arsenopyrit a jehličkovité, blíže neidentifikované sulfosoli (Koutek 1960; Malý 2001).

K nejvýznamnějším dochovaným lokalitám patří obvalové tahy rozkládající se 2.25 km sv. od České Bělé a 1.5 km jz. od Jitkova dlouhý cca 500 m; dále 1 km jv. od

**Tabulka 6** *Chemické složení jamesonitu z Jitkova (hm. %)*

| | mean | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ag | 0.44 | 0.13 | 1.09 | 0.39 | 0.21 | 0.45 | 1.01 | 0.16 | 0.11 |
| Fe | 2.50 | 2.60 | 2.33 | 2.51 | 2.56 | 2.44 | 2.37 | 2.58 | 2.59 |
| Pb | 39.70 | 40.07 | 39.49 | 39.91 | 39.74 | 39.71 | 39.92 | 39.59 | 39.14 |
| Sb | 35.47 | 36.55 | 35.13 | 34.64 | 34.89 | 35.25 | 36.26 | 35.80 | 35.28 |
| Bi | 0.18 | 0.00 | 0.27 | 0.26 | 0.09 | 0.19 | 0.19 | 0.25 | 0.18 |
| S | 21.72 | 22.24 | 21.67 | 21.66 | 21.40 | 21.41 | 21.94 | 21.88 | 21.53 |
| total | 100.01 | 101.58 | 99.98 | 99.38 | 98.89 | 99.46 | 101.69 | 100.26 | 98.83 |
| Ag | 0.085 | 0.024 | 0.209 | 0.075 | 0.042 | 0.087 | 0.191 | 0.030 | 0.020 |
| Fe | 0.924 | 0.943 | 0.865 | 0.934 | 0.960 | 0.912 | 0.864 | 0.951 | 0.969 |
| Σ Ag+Fe | 1.009 | 0.966 | 1.073 | 1.009 | 1.002 | 0.999 | 1.055 | 0.981 | 0.989 |
| Pb | 3.959 | 3.915 | 3.944 | 4.004 | 4.016 | 4.001 | 3.924 | 3.927 | 3.941 |
| Sb | 6.020 | 6.077 | 5.971 | 5.915 | 6.000 | 6.044 | 6.066 | 6.043 | 6.045 |
| Bi | 0.018 | 0.000 | 0.026 | 0.026 | 0.009 | 0.019 | 0.018 | 0.025 | 0.018 |
| Σ Sb+Bi | 6.038 | 6.077 | 5.997 | 5.941 | 6.009 | 6.063 | 6.084 | 6.068 | 6.062 |
| S | 13.994 | 14.042 | 13.985 | 14.046 | 13.974 | 13.938 | 13.936 | 14.025 | 14.008 |

Mean - průměr 8 bodových analýz; koeficienty empirického vzorce počítány na bázi 25 *apfu*.

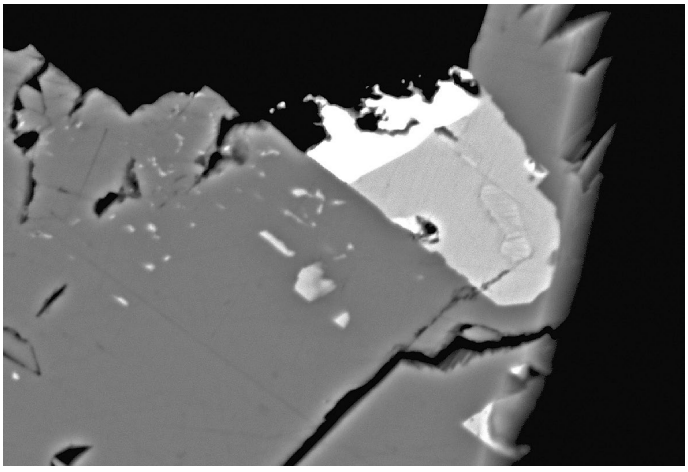



**Obr. 10** *Graf Fe vs. Ag (apfu) pro jamesonit z Jitkova.*

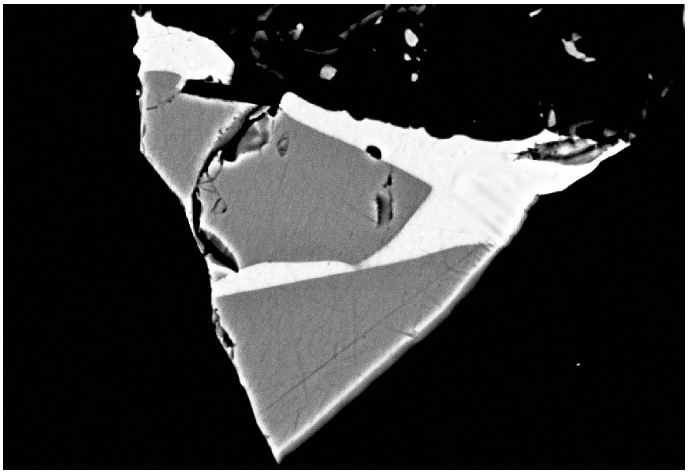
Počátek a 1.5 km vjv. od Střížova dlouhý 300 m. Nově byl proveden mineralogický průzkum materiálu z obvalového tahu, který se nachází 2 km ssv. od České Bělé a 600 m zjz. od kóty 604 (Bída). Jedná se o obvalový tah, kde jsou zachovány mohutné, na sebe navazující dobývky o průměru až 13 m a hloubce 7 m. Celková délka tahu je 820 m a směr SSZ - JJV. Sulfidická mineralizace pro výzkum byla odebrána na jjv. okraji tohoto tahu na poli u okraje lesa (obr 2 - 3; GPS: 49°39´37.960´´ N; 15°42´32.828´´ E).

Zjištěny zde byly lokálně bohaté výskyty jehličkovitých až plstnatých agregátů **boulangeritu** o velikosti do 1.5 cm v křemenné žilovině. Po chemické stránce (tab. 1) je blízký ideálnímu vzorci, zjištěny byly jen minoritní obsahy Fe do 0.06 *apfu*. Jeho chemické složení (průměr 3 bodových analýz) je možno vyjádřit na bázi 20 *apfu* empirickým vzorcem $(Pb_{4.87}Fe_{0.06})_{\Sigma 4.93}Sb_{3.97}S_{11.14}$. V asociaci s boulangeritem byla vzácně zjištěna nepravidelná mikroskopická zrna **bournonitu** o velikosti do 45 µm. Výsledky jeho chemických analýz (tab. 2) odpovídají empirickému vzorci $Pb_{0.99}Cu_{1.05}Sb_{0.97}S_{2.99}$ vypočtenému z průměru 3 bodových analýz na bázi 6 *apfu*.

**Freibergit** zde vytváří nepravidelná zrna o velikosti do 1 cm; lokálně srůstající (obr. 4) s mikroskopickými agregáty **pyrargyritu** (do 10 µm) a **miargyritu** (do 20 µm). Freibergit je podle BSE obrazu chemicky homogenní, Ag (3.44 - 3.46 *apfu*) a Fe (1.58 - 1.59 *apfu*) dominantní, bez přítomnosti As; jeho složení (průměr tří bodových analýz - tab. 3) je možno na bázi 29 *apfu* vyjádřit empirickým vzorcem $(Ag_{3.45}Cu_{2.55})_{\Sigma 6.00}Cu_{4.16}(Fe_{1.58}Zn_{0.51})_{\Sigma 2.09}Sb_{3.97}S_{12.78}$.



**Obr. 11** *Agregáty andoritu VI (bílý) srůstající s freibergitem (světle šedý); Jitkov; šířka obrázku 80 µm; BSE foto J. Sejkora.*



**Obr. 12** *Agregáty miargyritu (bílé) srůstající s freibergitem (šedý); Jitkov; šířka obrázku 150 µm; BSE foto J. Sejkora.*

**Tabulka 7** *Chemické složení andoritu VI (senandoritu) z Jitkova (hm. %)*

| | mean | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ag | 12.33 | 11.99 | 12.02 | 11.89 | 12.65 | 12.66 | 12.67 | 12.67 | 12.08 |
| Fe | 0.19 | 0.18 | 0.17 | 0.17 | 0.18 | 0.18 | 0.18 | 0.16 | 0.31 |
| Pb | 22.78 | 22.89 | 22.34 | 22.20 | 23.18 | 23.11 | 22.91 | 23.38 | 22.27 |
| Cd | 0.07 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.00 | 0.32 |
| Cu | 0.22 | 0.14 | 0.16 | 0.18 | 0.20 | 0.18 | 0.18 | 0.16 | 0.55 |
| Sb | 42.63 | 42.17 | 42.16 | 41.92 | 43.39 | 43.16 | 43.10 | 43.10 | 42.02 |
| Bi | 0.10 | 0.30 | 0.18 | 0.07 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.24 |
| S | 22.32 | 22.04 | 21.70 | 22.09 | 22.65 | 22.55 | 22.62 | 22.39 | 22.49 |
| total | 100.63 | 99.70 | 98.71 | 98.51 | 102.35 | 101.91 | 101.73 | 101.85 | 100.28 |
| Ag | 0.984 | 0.969 | 0.982 | 0.965 | 0.993 | 0.998 | 0.998 | 1.003 | 0.959 |
| Cu | 0.029 | 0.019 | 0.021 | 0.024 | 0.027 | 0.024 | 0.024 | 0.021 | 0.074 |
| Σ Ag+Cu | 1.013 | 0.987 | 1.003 | 0.989 | 1.020 | 1.022 | 1.022 | 1.024 | 1.033 |
| Fe | 0.029 | 0.029 | 0.027 | 0.026 | 0.028 | 0.027 | 0.028 | 0.024 | 0.047 |
| Pb | 0.946 | 0.963 | 0.950 | 0.938 | 0.947 | 0.949 | 0.940 | 0.964 | 0.921 |
| Cd | 0.005 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.006 | 0.006 | 0.006 | 0.000 | 0.024 |
| ΣPb+Fe+Cd | 0.981 | 0.991 | 0.976 | 0.964 | 0.981 | 0.981 | 0.974 | 0.988 | 0.992 |
| Sb | 3.013 | 3.019 | 3.051 | 3.013 | 3.017 | 3.015 | 3.009 | 3.023 | 2.957 |
| Bi | 0.004 | 0.013 | 0.007 | 0.003 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.010 |
| Σ Sb+Bi | 3.017 | 3.032 | 3.058 | 3.016 | 3.017 | 3.015 | 3.009 | 3.023 | 2.966 |
| S | 5.989 | 5.990 | 5.962 | 6.031 | 5.981 | 5.981 | 5.995 | 5.965 | 6.009 |
| N | 4.0 | 3.9 | 3.9 | 3.9 | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 4.2 |
| %and | 101.0 | 101.6 | 102.6 | 102.6 | 100.9 | 100.7 | 101.0 | 100.6 | 98.8 |

Mean - průměr 8 bodových analýz; koeficienty empirického vzorce počítány na bázi 11 *apfu*.

**Tabulka 8** *Chemické složení miargyritu z Jitkova (hm. %)*

| | mean | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ag | 36.82 | 36.80 | 37.07 | 37.30 | 36.35 | 36.59 |
| Pb | 0.03 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.08 | 0.07 |
| Cu | 0.50 | 0.50 | 0.35 | 0.49 | 0.45 | 0.70 |
| Sb | 41.71 | 41.94 | 41.78 | 42.09 | 41.06 | 41.70 |
| S | 21.94 | 22.00 | 21.99 | 22.02 | 21.64 | 22.06 |
| total | 101.01 | 101.24 | 101.19 | 101.90 | 99.57 | 101.13 |
| Ag | 0.992 | 0.989 | 0.998 | 0.998 | 0.994 | 0.983 |
| Pb | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.001 | 0.001 |
| Cu | 0.023 | 0.023 | 0.016 | 0.022 | 0.021 | 0.032 |
| Sb | 0.996 | 0.999 | 0.996 | 0.998 | 0.994 | 0.992 |
| S | 1.989 | 1.989 | 1.990 | 1.982 | 1.990 | 1.993 |

Mean - průměr 5 bodových analýz; koeficienty empirického vzorce počítány na bázi 4 *apfu*.

**Čistá (6 km jv. od Havlíčkova Brodu)**

Asi 300 m v. od osady Čistá se v remízku (obr. 5; GPS: 49°33´8.000´´ N; 15°36´41.660´´ E) nachází materiál ze štoly Císaře Josefa. V křemenné žilovině převažovaly masivní a hrubě zrnité agregáty a drobné krystaly arsenopyritu, zrna černého sfalerit a pyritu, řídký byl galenit. Ze supergenních minerálů je zajímavý výskyt plumbojarositu, tvořícího žlutohnědé jemnozrnné a práškovité agregáty porůstající až 5 mm velké krystaly křemene v drúzovité křemenné žilovině (Pauliš et al. 2011).

Nově zde byly zjištěny v sideritové žilovině výskyty **boulangeritu**, který vytváří dobře vyvinuté jehlicovité krystaly o délce do 0.5 mm (obr. 6). Při studiu jeho chemického složení (tab. 4) byly zjištěny v jednom krystalu zvýšené obsahy Fe (do 0.14 *apfu*) a ve všech analyzovaných bodech pravidelné

**Tabulka 9** *Chemické složení freibergitu z Jitkova (hm. %)*

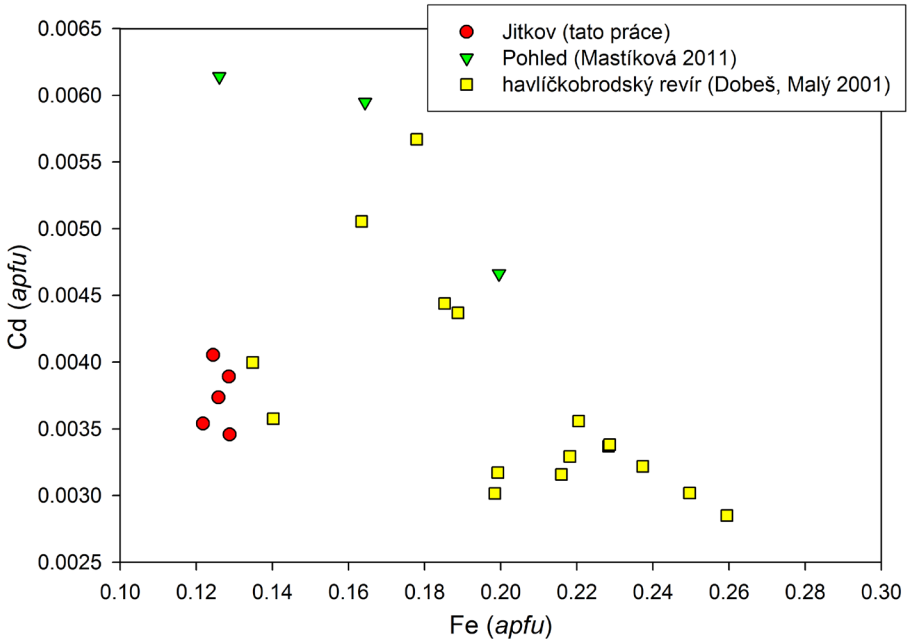
| | mean | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ag | 21.15 | 20.68 | 21.37 | 21.54 | 20.01 | 20.10 | 20.13 | 20.16 | 21.31 | 21.76 | 22.82 | 22.83 |
| Fe | 4.71 | 4.61 | 4.76 | 4.77 | 4.79 | 4.70 | 4.62 | 4.72 | 4.70 | 4.69 | 4.72 | 4.79 |
| Zn | 1.96 | 1.95 | 1.85 | 1.99 | 1.82 | 1.99 | 2.06 | 2.00 | 1.92 | 2.01 | 1.96 | 2.04 |
| Cu | 22.70 | 22.10 | 21.32 | 21.86 | 23.57 | 23.67 | 23.45 | 23.67 | 23.01 | 22.71 | 22.12 | 22.20 |
| Sb | 27.51 | 27.17 | 27.01 | 27.30 | 27.73 | 27.79 | 27.70 | 27.89 | 27.56 | 27.53 | 27.55 | 27.39 |
| As | 0.04 | 0.00 | 0.00 | 0.11 | 0.09 | 0.00 | 0.10 | 0.00 | 0.08 | 0.00 | 0.07 | 0.00 |
| S | 23.15 | 22.94 | 22.70 | 22.99 | 23.48 | 23.46 | 23.37 | 23.50 | 23.13 | 23.07 | 23.07 | 22.93 |
| total | 101.23 | 99.45 | 99.00 | 100.55 | 101.49 | 101.70 | 101.42 | 101.93 | 101.70 | 101.77 | 102.30 | 102.18 |
| Ag | 3.519 | 3.496 | 3.643 | 3.615 | 3.297 | 3.308 | 3.326 | 3.312 | 3.533 | 3.612 | 3.785 | 3.793 |
| Cu | 6.409 | 6.342 | 6.170 | 6.227 | 6.593 | 6.613 | 6.576 | 6.602 | 6.474 | 6.399 | 6.227 | 6.260 |
| Σ | 9.928 | 9.838 | 9.812 | 9.841 | 9.891 | 9.922 | 9.902 | 9.914 | 10.007 | 10.011 | 10.012 | 10.053 |
| Fe | 1.514 | 1.505 | 1.567 | 1.545 | 1.524 | 1.493 | 1.473 | 1.497 | 1.505 | 1.504 | 1.513 | 1.537 |
| Zn | 0.539 | 0.544 | 0.521 | 0.551 | 0.496 | 0.539 | 0.562 | 0.543 | 0.525 | 0.551 | 0.537 | 0.560 |
| Σ | 2.053 | 2.049 | 2.088 | 2.096 | 2.019 | 2.032 | 2.034 | 2.039 | 2.030 | 2.055 | 2.050 | 2.096 |
| Sb | 4.055 | 4.069 | 4.079 | 4.059 | 4.050 | 4.053 | 4.054 | 4.059 | 4.047 | 4.049 | 4.049 | 4.032 |
| As | 0.010 | 0.000 | 0.000 | 0.026 | 0.021 | 0.000 | 0.024 | 0.000 | 0.019 | 0.000 | 0.017 | 0.000 |
| Σ | 4.064 | 4.069 | 4.079 | 4.085 | 4.071 | 4.053 | 4.078 | 4.059 | 4.066 | 4.049 | 4.065 | 4.032 |
| S | 12.954 | 13.044 | 13.020 | 12.977 | 13.019 | 12.992 | 12.986 | 12.987 | 12.897 | 12.885 | 12.873 | 12.818 |

Mean - průměr 11 bodových analýz; koeficienty empirického vzorce počítány na bázi 29 *apfu*.

**Tabulka 10** *Chemické složení arsenopyritu z Jitkova (hm. %)*

| | mean | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Fe | 35.64 | 35.27 | 35.09 | 36.01 | 35.90 | 36.03 | 35.78 | 35.23 | 35.82 | 35.61 |
| Sb | 1.73 | 1.74 | 1.87 | 2.27 | 2.54 | 2.39 | 1.62 | 1.52 | 1.42 | 0.25 |
| Bi | 0.24 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.37 | 0.41 | 0.52 | 0.43 | 0.42 |
| As | 39.48 | 41.70 | 41.48 | 40.15 | 39.92 | 36.92 | 37.81 | 37.94 | 38.58 | 40.84 |
| S | 22.97 | 22.45 | 22.53 | 23.41 | 23.17 | 23.68 | 23.35 | 23.09 | 22.89 | 22.20 |
| total | 100.06 | 101.15 | 100.97 | 101.84 | 101.53 | 99.38 | 98.97 | 98.29 | 99.14 | 99.33 |
| Fe | 1.009 | 0.996 | 0.992 | 1.002 | 1.005 | 1.020 | 1.018 | 1.011 | 1.022 | 1.018 |
| Sb | 0.023 | 0.023 | 0.024 | 0.029 | 0.033 | 0.031 | 0.021 | 0.020 | 0.019 | 0.003 |
| Bi | 0.002 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.003 | 0.003 | 0.004 | 0.003 | 0.003 |
| As | 0.833 | 0.878 | 0.874 | 0.833 | 0.833 | 0.779 | 0.801 | 0.811 | 0.820 | 0.870 |
| Σ | 0.858 | 0.900 | 0.898 | 0.862 | 0.866 | 0.813 | 0.826 | 0.835 | 0.842 | 0.877 |
| S | 1.133 | 1.104 | 1.110 | 1.135 | 1.130 | 1.167 | 1.157 | 1.154 | 1.137 | 1.105 |
| (As+Sb+Bi)/S | 0.757 | 0.815 | 0.810 | 0.760 | 0.766 | 0.696 | 0.714 | 0.724 | 0.740 | 0.793 |

Mean - průměr 9 bodových analýz; koeficienty empirického vzorce počítány na bázi 3 *apfu.*




**Obr. 13** *Graf Fe vs. Cd (apfu) pro sfalerit z havlíčkobrodského rudního revíru; údaje Dobeše, Malého (2001) jsou pro lokality Utín, Pekelská štola a Pohled.*

minoritní obsahy Bi v rozmezí 0.01 - 0.03 *apfu*. Jeho empirický vzorec (průměr 14 bodových analýz) je možno na bázi 20 *apfu* vyjádřit jako $(Pb_{4.89}Fe_{0.01})_{\Sigma 4.90}(Sb_{3.99}Bi_{0.03})_{\Sigma 4.02}S_{11.08}$. V asociaci s boulangeritem byly vzácně zjištěny agregáty **galenitu** o velikosti do 100 μm (obr. 7) s minoritními obsahy Bi (do 0.41 hm. %), Sb (do 0.12 hm. %), Ag (do 0.10 hm. %) a empirickým vzorcem $(Pb_{0.99}Bi_{0.01})_{\Sigma 1.00}S_{1.00}$.

**Jitkov (13 km sv. od Havlíčkova Brodu)**

Lokalita je součástí severní části havlíčkobrodského rudního revíru, jehož centrem byla Česká Bělá. Obvalový tah Jitkov - Bída, kde byla popisovaná mineralizace zjištěna, se nachází na vrcholu kopce Bída nedaleko stejnojmenné samoty, vzdálené přibližně 1.25 km z. od obce Jitkov. Jedná se o mohutný obvalový tah o celkové délce 850 metrů ve směru SSZ - JJV, popř. SZ - JV. Největší dobývky se nalézají zhruba uprostřed tahu s průměrem jednotlivých zaniklých šachet okolo 10 metrů a hloubce přibližně 6 metrů (Malý 2001). Lokalita je zanesena na mapě horního inženýra J. Hönigera z druhé poloviny 19. století (Höniger 1880). Podrobně jsou však pozůstatky po dolování zakresleny až v mapě J. Koutka, který se zabýval rudními ložisky v okolí České Bělé (Koutek 1960). Ze starých odvalů z. a jz. od samoty Bída tento autor zmiňuje pouze hojnější výskyt arsenopyritu, menší množství pyritu, galenitu, tmavého sfaleritu a stop plstnatých rud. Nově se stavem lokalit po dolování stříbrných rud zabýval Malý (2001). Na obvalech je rudní materiál velmi vzácný. V rámci revizního průzkumu zdejších odvalů byl u Jitkova nalezen v prokřemenělé drúzovité žilovině s pyritem materiál s Ti-mineralizací - anatas a brookit (Pauliš et al. 2014).

Z lesíku 200 m v. od samoty popisuje Hrazdil (2012) tence jehlicovité krystaly berthieritu, mikroskopické jehlicovité krystaly a protáhlá zrna jamesonitu a vzácná mikroskopická zrna Ag-tetraedritu s obsahem 17.35 hm. % Ag v křemenné žilovině.

V nově studovaném materiálu z tohoto místa (obr. 8; GPS: 49°39´57.661´´ N; 15°42´59.710´´ E) byly zjištěny výskyty **berthieritu**, který vytváří agregáty jehlicovitých krystalů o délce do 1 mm zarostlé v křemenné žilovině; vzácněji pak i bohaté agregáty idiomorfních krystalů v drobných (do 3 mm) dutinách křemenné žiloviny. Po chemické stránce (tab. 5) je berthierit velmi blízký ideálnímu vzorci, zjištěny byly jen pravidelné minoritní obsahy Pb v rozmezí 0.003 - 0.009 *apfu*; obdobné obsahy Pb (do 0.017 *apfu*) uvádí pro tento minerál i Hrazdil (2012). Empirický vzorce berthieritu z Jitkova (průměr 6 bodových analýz) je možno na bázi 7 *apfu* vyjádřit jako $(Fe_{0.97}Pb_{0.01})_{\Sigma 0.98}Sb_{2.03}S_{4.00}$.

**Tabulka 11** *Chemické složení sfaleritu z Jitkova (hm. %)*

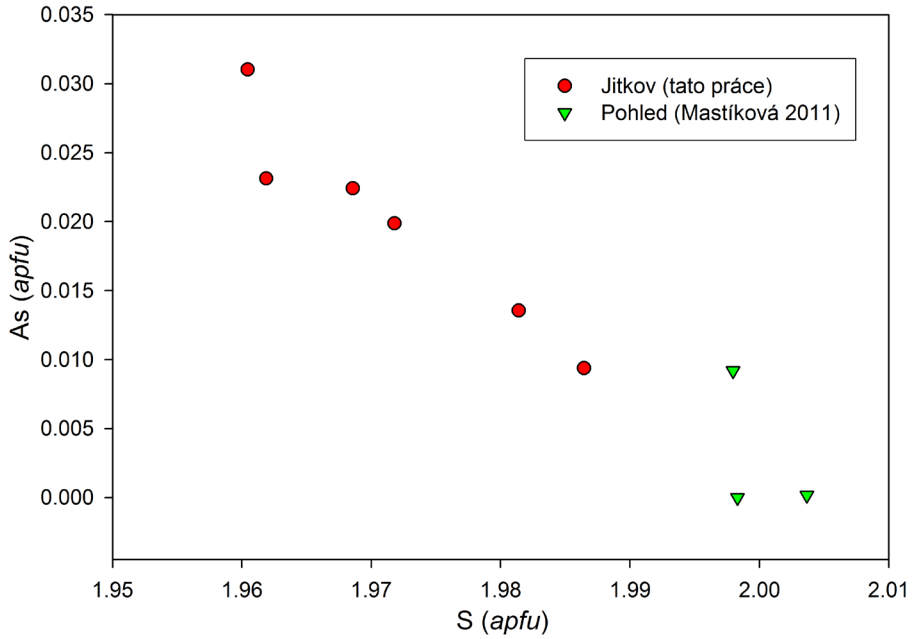
| | mean | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|---|
| Fe | 7.29 | 7.06 | 7.20 | 7.42 | 7.47 |
| Cd | 0.44 | 0.41 | 0.47 | 0.40 | 0.46 |
| Zn | 58.99 | 59.63 | 58.78 | 58.58 | 58.98 |
| Cu | 0.07 | 0.08 | 0.06 | 0.06 | 0.06 |
| S | 33.19 | 33.12 | 33.28 | 33.03 | 33.33 |
| total | 99.97 | 100.30 | 99.79 | 99.49 | 100.29 |
| Fe | 0.126 | 0.122 | 0.124 | 0.129 | 0.129 |
| Cd | 0.004 | 0.004 | 0.004 | 0.003 | 0.004 |
| Zn | 0.871 | 0.879 | 0.868 | 0.869 | 0.867 |
| Cu | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 |
| Σ | 1.001 | 1.005 | 0.998 | 1.002 | 1.001 |
| S | 0.999 | 0.995 | 1.002 | 0.998 | 0.999 |

Mean - průměr 4 bodových analýz; koeficienty empirického vzorce počítány na bázi 2 *apfu*.

**Tabulka 12** *Chemické složení pyritu z Jitkova (hm. %)*

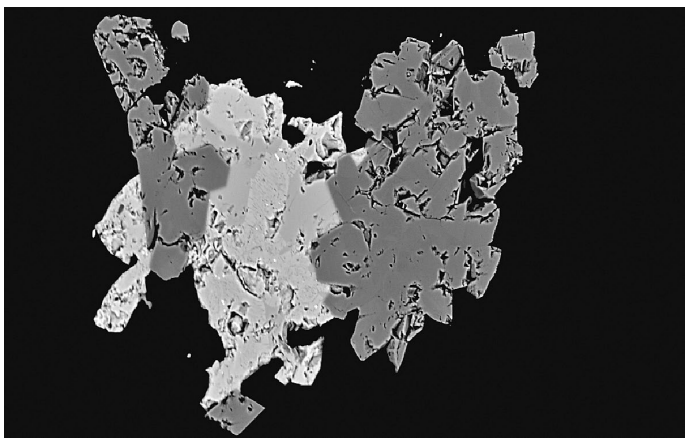
| | mean | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Fe | 46.92 | 46.75 | 46.84 | 46.85 | 47.00 | 47.17 |
| As | 1.24 | 1.93 | 1.43 | 0.59 | 0.85 | 1.41 |
| S | 52.68 | 52.18 | 51.98 | 53.20 | 53.20 | 52.84 |
| total | 100.84 | 100.86 | 100.25 | 100.64 | 101.05 | 101.41 |
| Fe | 1.008 | 1.009 | 1.015 | 1.004 | 1.005 | 1.009 |
| As | 0.020 | 0.031 | 0.023 | 0.009 | 0.014 | 0.022 |
| S | 1.972 | 1.960 | 1.962 | 1.986 | 1.981 | 1.969 |
| Σ S+As | 1.992 | 1.991 | 1.985 | 1.996 | 1.995 | 1.991 |

Mean - průměr 5 bodových analýz; koeficienty empirického vzorce počítány na bázi 3 *apfu*.



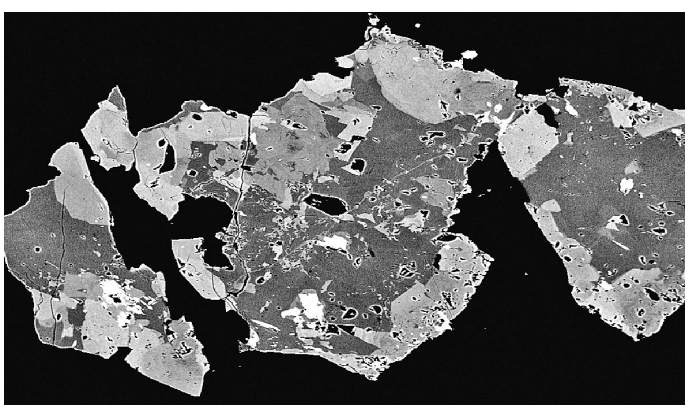

**Obr. 14** *Graf S vs. As (apfu) pro pyrit z havlíčkobrodského rudního revíru.*

**Obr. 15** *Pozůstatky po historické těžbě u Ovčína; foto P. Pauliš, 2014.*



**Obr. 16** *Zonální freibergit (odstíny světleji šedé) srůstající s arsenopyritem (tmavý); Ovčín; šířka obrázku 400 µm; BSE foto J. Sejkora.*

↓



**Obr. 17** *Velmi výrazně zonální freibergit (od velmi tmavé po světle šedou) srůstající s drobnými agregáty minerálů skupiny andoritu (bílé); Ovčín; šířka obrázku 600 µm; BSE foto J. Sejkora.*

↓
↓

**Jamesonit** je zde výrazně vzácnější, vytváří jehlicovité krystaly o délce do 120 µm zarůstající v asociaci s berthieritem do křemenné žiloviny. Ojediněle byl zjištěn i jako nepravidelná zrna o velikosti do 10 µm zarůstající do agregátů andoritu VI (obr. 9). Při studiu chemického složení jamesonitu (tab. 6) byly zjištěny minoritní obsahy Ag v rozmezí 0.02 - 0.21 *apfu*, které negativně korelují s obsahy Fe (obr. 10); Sb je v minimální míře (do 0.03 *apfu*) izomorfně zastupován Bi. Jeho chemické složení (průměr 8 bodových analýz) je možno na bázi 25 *apfu* vyjádřit empirickým vzorcem $Pb_{3.96}(Fe_{0.92}Ag_{0.08})_{\Sigma 1.00}(Sb_{6.02}Bi_{0.02})_{\Sigma 6.04}S_{13.99}$.

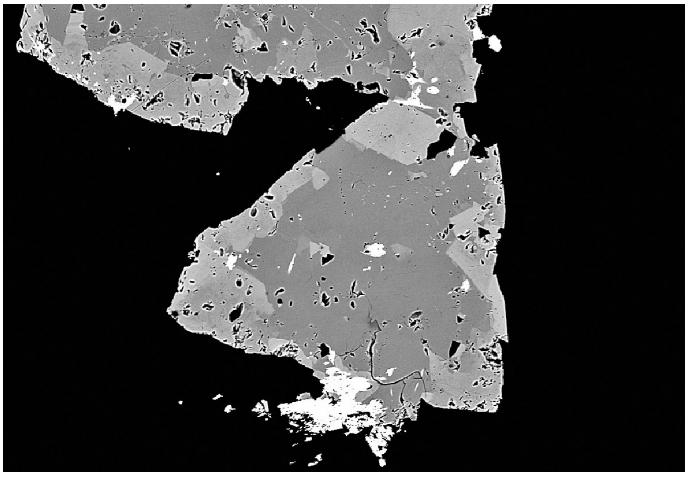
Vzácně byly ve studovaném materiálu zjištěny nepravidelné agregáty **andoritu VI** (senandorit) o velikosti do 20 x 60 µm, místy srůstající s jamesonitem (obr. 9) nebo freibergitem (obr. 11). Podle výsledků chemického studia (tab. 7), vypočtených hodnot N (rozmezí 3.9 - 4.2) a %And (98.8 - 102.6) se jednoznačně jedná o andorit VI (senandorit). Z minoritních prvků byly zjištěny obsahy Cu (do 0.07 *apfu*), Fe (do 0.05 *apfu*), Cd (do 0.02 *apfu*) a Bi (do 0.01 *apfu*). Empirický vzorec andoritu VI z Jitkova (průměr 8 bodových analýz) je možno na bázi 11 *apfu* vyjádřit následovně: $(Ag_{0.98}Cu_{0.03})_{\Sigma 1.01}(Pb_{0.95}Fe_{0.03}Cd_{0.01})_{\Sigma 0.99}Sb_{3.01}S_{5.99}$.

**Miargyrit** vytváří v Jitkově velmi drobné (do 100 μm) nepravidelné agregáty v křemenné žilovině, vzácně byl zjištěn i ve srůstech s freibergitem (obr. 12). Chemické složení miargyritu z Jitkova (tab. 8) je blízké ideálnímu vzorci tohoto minerálního druhu; zjištěny byly jen minoritní obsahy Cu nepřevyšující 0.03 *apfu*. Jeho chemické složení (průměr 5 bodových analýz) je možno na bázi 4 *apfu* vyjádřit empirickým vzorcem $(Ag_{0.99}Cu_{0.02})_{\Sigma 1.01}Sb_{1.00}S_{1.99}$.

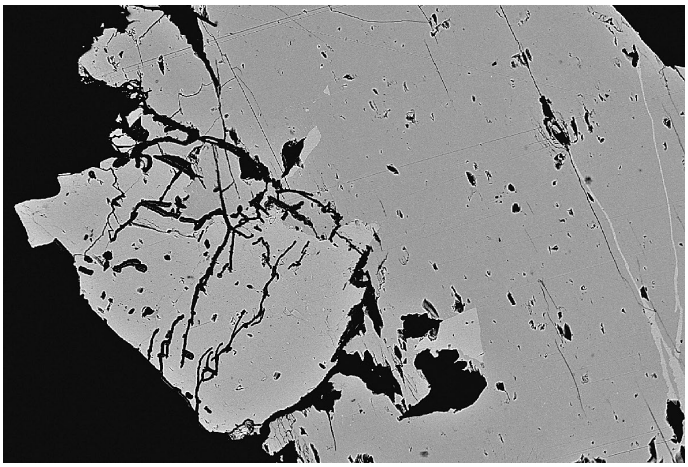
**Freibergit** byl zjištěn jako nepravidelná zrna až nedokonalé krystaly o velikosti do 2 mm, někdy srůstá s andoritem VI (obr. 11) nebo miargyritem (obr. 12). Podle výsledků chemických analýz (tab. 9) freibergit z Jitkova obsahuje 3.30 - 3.79 *apfu* Ag a Fe (1.47 - 1.57 *apfu*) zřetelně převažuje nad Zn; obsahy As byly zjištěny jen ojediněle a nepřesahují 0.03 *apfu*. Jeho empirický vzorec (průměr 11 bodových analýz) je možno na bázi 29 *apfu* vyjádřit jako $(Ag_{3.52}Cu_{2.48})_{\Sigma 6.00}Cu_{3.93}(Fe_{1.51}Zn_{0.54})_{\Sigma 2.05}(Sb_{4.05}As_{0.01})_{\Sigma 4.06}S_{12.95}$.

Z obecných sulfidů byl v křemenné žilovině relativně často zjištěn **arsenopyrit** vytvářející protažené krystaly o délce do 300 μm a zrnité agregáty o velikosti do 3 mm. Pro jeho chemické složení (tab. 10) je charakteristická výrazná nestechiometrie s poměrem (As+Sb+Bi)/S v rozmezí 0.70 - 0.82; náleží tak k výrazně As-chudým arsenopyritům (Morimoto, Clark 1961; Kerestedjian 1997). Z minoritních prvků byly v arsenopyritu z Jitkova zjištěny pravidelné obsahy Sb do 0.03 *apfu* a v některých krystalech i zastoupení Bi (do 0.004 *apfu*). Jeho průměrný (9 bodových analýz) empirický vzorec je možno na bázi 3 *apfu* vyjádřit následovně: $Fe_{1.01}(As_{0.83}Sb_{0.02})_{\Sigma 0.85}S_{1.13}$.

**Sfalerit** ve studovaném materiálu vytváří nepravidelná hnědá zrna o velikosti do 0.5 mm v asociaci s pyritem a arsenopyritem. Ve srovnání s ostatními lokalitami havlíčkobrodského revíru (obr. 13) má sfalerit z Jitkova nízké obsahy Fe (0.12 - 0.13 *apfu*) a nižší obsahy Cd (0.004 *apfu*). Jeho chemické slo-



**Obr. 18** *Výrazně zonální freibergit (od světle po tmavě šedou) srůstající s drobnými agregáty minerálů skupiny andoritu (bílé); Ovčín; šířka obrázku 500 μm; BSE foto J. Sejkora.*



**Obr. 19** *Převažující miargyrit (tmavěji šedý) srůstá a je po trhlinách zatlačován mladším pyrargyritem (světleji šedý); Ovčín; šířka obrázku 800 μm; BSE foto J. Sejkora.*

**Tabulka 13** *Chemické složení freibergitu z Ovčína (hm. %)*

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ag | 20.77 | 21.81 | 21.87 | 22.14 | 22.26 | 24.27 | 27.87 | 29.38 | 29.55 | 29.83 | 31.05 | 31.08 | 31.95 | 32.07 | 32.85 |
| Fe | 5.34 | 4.55 | 5.37 | 4.68 | 4.62 | 5.21 | 4.70 | 5.02 | 4.52 | 5.01 | 4.61 | 4.54 | 4.25 | 4.48 | 4.88 |
| Zn | 0.84 | 1.87 | 1.06 | 1.68 | 1.69 | 1.29 | 1.70 | 0.98 | 1.90 | 1.22 | 1.78 | 1.84 | 1.95 | 1.79 | 1.24 |
| Cu | 23.39 | 22.77 | 22.84 | 22.77 | 22.72 | 20.78 | 18.33 | 17.30 | 17.32 | 17.42 | 16.10 | 16.24 | 15.99 | 15.45 | 14.93 |
| Sb | 27.33 | 27.15 | 26.82 | 27.30 | 27.25 | 26.02 | 25.85 | 26.53 | 25.61 | 25.44 | 25.61 | 25.83 | 26.42 | 25.47 | 25.66 |
| As | 0.21 | 0.24 | 0.17 | 0.00 | 0.14 | 0.12 | 0.14 | 0.00 | 0.09 | 0.00 | 0.12 | 0.14 | 0.21 | 0.20 | 0.09 |
| S | 22.98 | 22.69 | 22.80 | 22.74 | 22.77 | 22.28 | 21.42 | 21.30 | 21.18 | 21.11 | 20.74 | 20.97 | 20.97 | 20.50 | 20.26 |
| total | 100.88 | 101.09 | 100.94 | 101.30 | 101.44 | 99.96 | 99.99 | 100.50 | 100.18 | 100.03 | 100.00 | 100.64 | 101.73 | 99.96 | 99.92 |
| Ag | 3.461 | 3.654 | 3.656 | 3.705 | 3.721 | 4.144 | 4.868 | 5.158 | 5.197 | 5.254 | 5.529 | 5.493 | 5.624 | 5.751 | 5.928 |
| Cu | 6.617 | 6.476 | 6.482 | 6.470 | 6.447 | 6.020 | 5.435 | 5.155 | 5.172 | 5.207 | 4.868 | 4.873 | 4.778 | 4.705 | 4.574 |
| Σ | 10.078 | 10.130 | 10.138 | 10.175 | 10.168 | 10.164 | 10.303 | 10.313 | 10.369 | 10.461 | 10.397 | 10.365 | 10.403 | 10.456 | 10.502 |
| Fe | 1.719 | 1.474 | 1.733 | 1.512 | 1.492 | 1.716 | 1.586 | 1.701 | 1.536 | 1.705 | 1.584 | 1.548 | 1.444 | 1.551 | 1.702 |
| Zn | 0.232 | 0.517 | 0.293 | 0.464 | 0.465 | 0.363 | 0.489 | 0.283 | 0.552 | 0.353 | 0.524 | 0.538 | 0.567 | 0.529 | 0.369 |
| Σ | 1.951 | 1.991 | 2.026 | 1.975 | 1.957 | 2.079 | 2.075 | 1.984 | 2.087 | 2.058 | 2.108 | 2.086 | 2.011 | 2.080 | 2.072 |
| Sb | 4.036 | 4.031 | 3.972 | 4.048 | 4.036 | 3.935 | 4.000 | 4.126 | 3.991 | 3.970 | 4.041 | 4.044 | 4.119 | 4.048 | 4.102 |
| As | 0.051 | 0.058 | 0.041 | 0.000 | 0.033 | 0.028 | 0.034 | 0.000 | 0.022 | 0.000 | 0.031 | 0.036 | 0.052 | 0.051 | 0.023 |
| Σ | 4.087 | 4.089 | 4.013 | 4.048 | 4.069 | 3.964 | 4.034 | 4.126 | 4.013 | 3.970 | 4.071 | 4.080 | 4.172 | 4.098 | 4.126 |
| S | 12.884 | 12.790 | 12.822 | 12.802 | 12.806 | 12.793 | 12.588 | 12.576 | 12.531 | 12.511 | 12.424 | 12.468 | 12.415 | 12.366 | 12.301 |

1 - 15 reprezentativní bodové analýzy; koeficienty empirického vzorce počítány na bázi 29 *apfu.*

**Tabulka 14** *Chemické složení miargyritu z Ovčína (hm. %)*

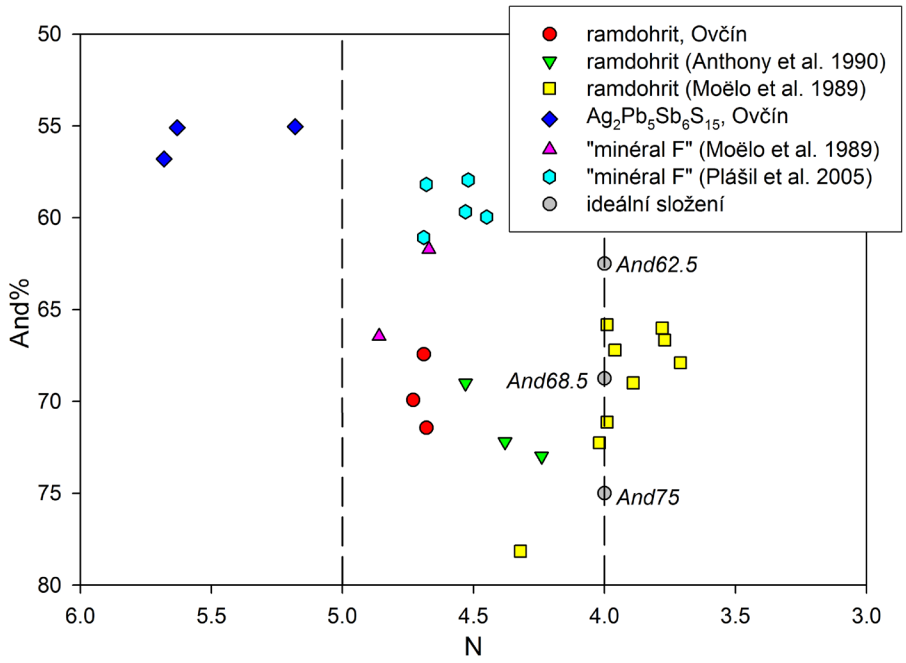
| | mean | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ag | 37.29 | 37.17 | 37.07 | 37.09 | 37.09 | 37.17 | 37.23 | 37.24 | 37.26 | 37.30 | 37.35 | 37.43 | 37.51 | 37.55 | 37.63 |
| Sb | 41.62 | 41.91 | 41.71 | 41.61 | 41.69 | 42.05 | 41.60 | 41.81 | 41.51 | 41.45 | 41.65 | 41.21 | 41.35 | 41.49 | 41.69 |
| As | 0.26 | 0.21 | 0.26 | 0.28 | 0.30 | 0.25 | 0.21 | 0.30 | 0.29 | 0.22 | 0.27 | 0.26 | 0.26 | 0.26 | 0.29 |
| S | 21.73 | 21.26 | 21.79 | 21.90 | 21.60 | 21.90 | 21.83 | 21.90 | 21.73 | 21.77 | 21.96 | 21.63 | 21.48 | 21.53 | 21.88 |
| total | 100.90 | 100.56 | 100.84 | 100.87 | 100.68 | 101.38 | 100.87 | 101.25 | 100.78 | 100.74 | 101.22 | 100.53 | 100.60 | 100.82 | 101.49 |
| Ag | 1.010 | 1.017 | 1.004 | 1.002 | 1.008 | 1.001 | 1.007 | 1.004 | 1.010 | 1.011 | 1.006 | 1.018 | 1.022 | 1.021 | 1.013 |
| Sb | 0.999 | 1.016 | 1.001 | 0.996 | 1.004 | 1.004 | 0.997 | 0.999 | 0.997 | 0.996 | 0.994 | 0.993 | 0.999 | 1.000 | 0.994 |
| As | 0.010 | 0.008 | 0.010 | 0.011 | 0.012 | 0.010 | 0.008 | 0.012 | 0.011 | 0.009 | 0.011 | 0.010 | 0.010 | 0.010 | 0.011 |
| Σ | 1.009 | 1.025 | 1.011 | 1.007 | 1.016 | 1.014 | 1.005 | 1.010 | 1.008 | 1.004 | 1.004 | 1.003 | 1.009 | 1.010 | 1.005 |
| S | 1.980 | 1.958 | 1.985 | 1.991 | 1.976 | 1.985 | 1.987 | 1.986 | 1.982 | 1.985 | 1.990 | 1.979 | 1.969 | 1.969 | 1.981 |

Mean - průměr 14 bodových analýz; koeficienty empirického vzorce počítány na bázi 4 *apfu.*

**Tabulka 15** *Chemické složení pyrargyritu z Ovčína (hm. %)*

| | mean | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ag | 60.88 | 59.29 | 60.16 | 60.58 | 60.64 | 60.65 | 60.67 | 60.71 | 60.94 | 61.03 | 61.07 | 61.14 | 61.31 | 61.40 | 61.48 |
| Cd | 0.05 | 0.00 | 0.00 | 0.06 | 0.09 | 0.07 | 0.08 | 0.10 | 0.06 | 0.11 | 0.07 | 0.00 | 0.06 | 0.07 | 0.00 |
| Sb | 22.21 | 23.27 | 22.22 | 22.06 | 22.12 | 22.19 | 21.92 | 22.29 | 21.96 | 22.11 | 22.06 | 21.05 | 22.03 | 22.04 | 22.72 |
| As | 0.25 | 0.16 | 0.26 | 0.24 | 0.25 | 0.25 | 0.28 | 0.20 | 0.20 | 0.25 | 0.27 | 0.28 | 0.29 | 0.32 | 0.26 |
| S | 17.39 | 17.32 | 17.45 | 17.35 | 17.42 | 17.66 | 17.61 | 17.54 | 17.40 | 17.17 | 17.64 | 17.41 | 17.53 | 17.35 | 17.20 |
| Cl | 0.06 | 0.06 | 0.05 | 0.06 | 0.06 | 0.05 | 0.06 | 0.05 | 0.07 | 0.07 | 0.06 | 0.07 | 0.05 | 0.08 | 0.08 |
| total | 100.84 | 100.09 | 100.13 | 100.35 | 100.58 | 100.86 | 100.63 | 100.89 | 100.62 | 100.74 | 101.16 | 99.95 | 101.28 | 101.25 | 101.74 |
| Ag | 3.051 | 2.995 | 3.028 | 3.049 | 3.044 | 3.026 | 3.033 | 3.036 | 3.059 | 3.072 | 3.041 | 3.079 | 3.056 | 3.069 | 3.072 |
| Cd | 0.002 | 0.000 | 0.000 | 0.003 | 0.004 | 0.003 | 0.004 | 0.005 | 0.003 | 0.005 | 0.003 | 0.000 | 0.003 | 0.003 | 0.000 |
| Sb | 0.986 | 1.041 | 0.991 | 0.984 | 0.983 | 0.981 | 0.971 | 0.988 | 0.977 | 0.986 | 0.973 | 0.940 | 0.973 | 0.976 | 1.006 |
| As | 0.018 | 0.011 | 0.019 | 0.018 | 0.018 | 0.018 | 0.020 | 0.014 | 0.014 | 0.018 | 0.019 | 0.020 | 0.020 | 0.023 | 0.019 |
| ΣSb+As | 1.004 | 1.053 | 1.009 | 1.001 | 1.002 | 0.999 | 0.991 | 1.002 | 0.991 | 1.004 | 0.992 | 0.960 | 0.993 | 0.999 | 1.024 |
| S | 2.933 | 2.943 | 2.955 | 2.937 | 2.941 | 2.964 | 2.963 | 2.950 | 2.938 | 2.908 | 2.955 | 2.950 | 2.940 | 2.917 | 2.891 |
| Cl | 0.010 | 0.009 | 0.008 | 0.009 | 0.009 | 0.008 | 0.009 | 0.008 | 0.010 | 0.011 | 0.009 | 0.011 | 0.008 | 0.011 | 0.012 |

Mean - průměr 20 bodových analýz; 1 - 14 reprezentativní bodové analýzy; koeficienty empirického vzorce počítány na bázi 7 *apfu.*




**Obr. 20** *Graf N vs. And% pro minerály skupiny andoritu z Ovčína.*

žení (průměr 4 bodových analýz - tab. 11) je možno na bázi 2 *apfu* vyjádřit empirickým vzorcem $(Zn_{0.87}Fe_{0.13})_{\Sigma 1.00}S_{1.00}$.

**Pyrit** byl zjištěn relativně často v asociaci s arsenopyritem a sfaleritem; pro jeho chemické složení (tab. 12) jsou charakteristické minoritní obsahy As v rozmezí 0.01 - 0.03 *apfu*, které jsou zřetelně vyšší než uvádí pro pyrit z Pohledu (obr. 14) Mastíková (2011). Průměrný (5 bodových analýz) empirický vzorec pyritu z Jitkova je možno na bázi 3 apfu vyjádřit jako $Fe_{1.01}(S_{1.97}As_{0.02})_{\Sigma 1.99}$.

**Ovčín (4 km j. od Havlíčkova Brodu)**

Východně od silnice Havlíčkův Brod - Jihlava při s. okraji Ovčína byly těženy mineralizované dislokace směru ZJZ - VJV. Pinky tvoří pásmo o délce 2500 m a šířce 400 m. V minulosti zde byla vyhloubena jáma a štola 1.5 km dlouhá. Podle Langhammera (1933) to byly nejstarší a nejbohatší doly revíru. Průzkum provedený u Ovčína za okupace byl zcela negativní (Kratochvíl 1962). Do oblasti této žilné akumulace směřovala jednak štola od potoka Žabince, toto ložisko také ověřovala štola Marie Terezie, založená u Mírovky (Kembický 1984). Ze sulfidů byl zjištěn galenit, sfalerit, bournonit a arsenopyrit (Králík et al. 1985). Ze supergenních minerálů byl na této lokalitě vedle hojných rezově hnědých povlaků a krust (hydro)oxidů $Fe^{3+}$ zjištěn i skorodit, který tvoří špinavě zelené povlaky, rozpraskané krusty a práškovité agregáty, které obalují křemennou žilovinu s relikty arsenopyritu, jehož přeměnou vzniká (Pauliš et al. 2011).

Rozsáhlý obvalový tah s výraznými pinkami se zachoval v lesíku sv. od Ovčína (cca 500 m sv. od Svatého Kříže). Tah má severojižní směr a délku cca 400 m. Na okraji jedné pinky (obr. 15; GPS: 49°34´15.942´´ N; 15°35´9.349´´ E) byla nově objevena zrudněná žilovina s relativně častou makroskopicky patrnou Ag-mineralizací.

Nejhojnějším zjištěným Ag-minerálem (několik set nalezených drobných vzorků) je **freibergit**, který vytváří v křemenné žilovině nepravidelná zrna o velikosti do 1 cm a vzácněji i až 1 mm velké idiomorfní krystaly v drobných dutinách. Podle BSE obrazu je freibergit z Ovčína velmi výrazně chemicky zonální (obr. 16 - 18); zonalita je vyvolána především změnami poměru Ag/Cu a v menší míře

**Tabulka 16** *Chemické složení minerálů skupiny andoritu z Ovčína (hm. %)*

| | ramdohrit | | | | $Ag_2Pb_5Sb_6S_{15}$ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | mean | 1 | 2 | 3 | mean | 4 | 5 | 5 |
| Ag | 8.19 | 8.40 | 7.90 | 8.26 | 7.51 | 7.67 | 7.52 | 7.35 |
| Fe | 0.41 | 0.37 | 0.41 | 0.44 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Pb | 32.81 | 32.50 | 33.83 | 32.10 | 42.15 | 42.22 | 42.74 | 41.49 |
| Cd | 0.75 | 0.62 | 0.86 | 0.77 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Cu | 0.83 | 0.88 | 0.82 | 0.79 | 0.50 | 0.14 | 0.56 | 0.80 |
| Sb | 33.66 | 34.26 | 33.41 | 33.31 | 28.70 | 29.24 | 28.45 | 28.42 |
| Bi | 0.37 | 0.38 | 0.37 | 0.37 | 0.32 | 0.22 | 0.34 | 0.41 |
| Se | 0.16 | 0.19 | 0.14 | 0.15 | 0.17 | 0.16 | 0.15 | 0.22 |
| S | 20.56 | 20.63 | 20.51 | 20.53 | 19.15 | 19.09 | 19.25 | 19.11 |
| total | 97.73 | 98.23 | 98.25 | 96.71 | 98.51 | 98.75 | 98.99 | 97.80 |
| Ag | 2.825 | 2.881 | 2.728 | 2.865 | 1.745 | 1.785 | 1.739 | 1.711 |
| Cu | 0.484 | 0.511 | 0.478 | 0.462 | 0.197 | 0.056 | 0.218 | 0.318 |
| Σ | 3.309 | 3.392 | 3.206 | 3.327 | 1.942 | 1.841 | 1.957 | 2.029 |
| Fe | 0.271 | 0.246 | 0.271 | 0.296 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Pb | 5.892 | 5.802 | 6.079 | 5.797 | 5.096 | 5.114 | 5.146 | 5.028 |
| Cd | 0.249 | 0.205 | 0.285 | 0.256 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Σ | 6.412 | 6.253 | 6.635 | 6.349 | 5.096 | 5.114 | 5.146 | 5.028 |
| Sb | 10.286 | 10.409 | 10.216 | 10.234 | 5.906 | 6.026 | 5.830 | 5.862 |
| Bi | 0.066 | 0.067 | 0.066 | 0.066 | 0.039 | 0.027 | 0.040 | 0.049 |
| Σ | 10.353 | 10.475 | 10.282 | 10.299 | 5.945 | 6.053 | 5.870 | 5.911 |
| Se | 0.074 | 0.088 | 0.066 | 0.070 | 0.055 | 0.050 | 0.046 | 0.069 |
| S | 23.852 | 23.792 | 23.811 | 23.955 | 14.962 | 14.943 | 14.980 | 14.963 |
| Σ | 23.927 | 23.880 | 23.877 | 24.024 | 15.017 | 14.992 | 15.026 | 15.032 |
| N | 4.7 | 4.7 | 4.7 | 4.7 | 5.5 | 5.2 | 5.6 | 5.7 |
| %And | 69.6 | 71.4 | 67.4 | 69.9 | 55.7 | 55.0 | 55.1 | 56.8 |

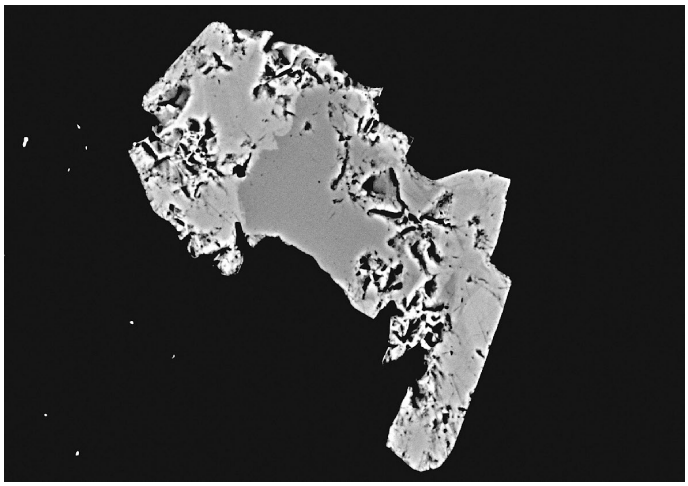
Mean - průměr 3 bodových analýz; 1 - 3 bodové analýzy ramdohritu (báze přepočtu 44 *apfu*); 4 - 6 bodové analýzy fáze $Ag_2Pb_5Sb_6S_{15}$ (báze přepočtu 28 *apfu*).

**Tabulka 17** *Chemické složení arsenopyritu z Ovčína (hm. %)*

| | mean | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Fe | 34.97 | 34.71 | 34.75 | 34.98 | 35.03 | 35.06 | 35.22 | 35.14 | 35.02 | 34.85 | 34.86 | 35.11 | 34.95 | 34.97 | 34.89 |
| Sb | 1.21 | 0.12 | 0.09 | 0.07 | 0.10 | 0.12 | 0.18 | 0.19 | 0.22 | 1.99 | 2.35 | 2.36 | 2.58 | 2.82 | 3.76 |
| As | 42.10 | 43.24 | 42.32 | 43.38 | 43.35 | 42.68 | 42.75 | 43.24 | 43.82 | 41.03 | 40.50 | 40.76 | 40.97 | 41.01 | 40.32 |
| S | 21.33 | 21.10 | 21.59 | 21.09 | 21.10 | 21.35 | 21.44 | 21.20 | 20.69 | 21.22 | 21.65 | 21.51 | 21.78 | 21.43 | 21.42 |
| total | 99.60 | 99.17 | 98.74 | 99.52 | 99.58 | 99.21 | 99.59 | 99.77 | 99.75 | 99.09 | 99.36 | 99.74 | 100.27 | 100.24 | 100.40 |
| Fe | 1.008 | 1.004 | 1.003 | 1.008 | 1.009 | 1.010 | 1.011 | 1.010 | 1.012 | 1.012 | 1.007 | 1.012 | 1.002 | 1.007 | 1.007 |
| Sb | 0.016 | 0.002 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.003 | 0.027 | 0.031 | 0.031 | 0.034 | 0.037 | 0.050 |
| As | 0.905 | 0.932 | 0.910 | 0.932 | 0.931 | 0.917 | 0.915 | 0.926 | 0.944 | 0.888 | 0.872 | 0.876 | 0.876 | 0.880 | 0.867 |
| Σ | 0.921 | 0.933 | 0.912 | 0.933 | 0.932 | 0.918 | 0.917 | 0.929 | 0.947 | 0.915 | 0.903 | 0.907 | 0.910 | 0.918 | 0.917 |
| S | 1.071 | 1.063 | 1.085 | 1.059 | 1.059 | 1.072 | 1.072 | 1.061 | 1.041 | 1.073 | 1.089 | 1.080 | 1.088 | 1.075 | 1.077 |
| (As+Sb)/S | 0.86 | 0.88 | 0.84 | 0.88 | 0.88 | 0.86 | 0.86 | 0.88 | 0.91 | 0.85 | 0.83 | 0.84 | 0.84 | 0.85 | 0.85 |

Mean - průměr 14 bodových analýz; koeficienty empirického vzorce počítány na bázi 3 *apfu.*

**Obr. 21** *Pozůstatky po historické těžbě u Termesiv; foto S. Kopecký, 2014.*



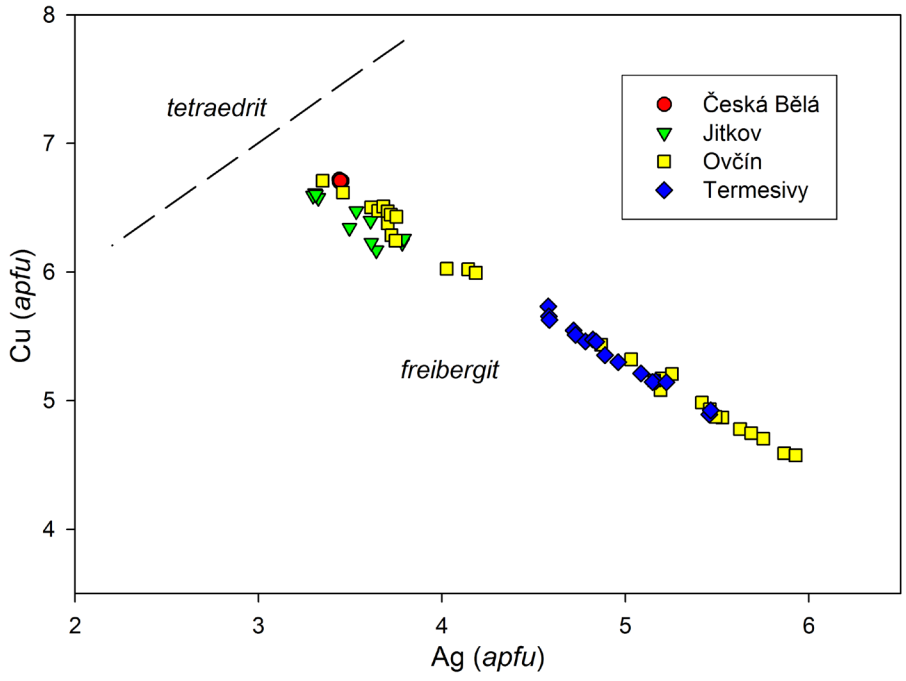
**Obr. 22** *Zonální freibergit (různé odstíny šedé) zarůstající do křemenné žiloviny (černá); Termesivy; šířka obrázku 180 μm; BSE foto J. Sejkora.*

i Fe/Zn, které navzájem nekorelují. Obsahy Ag byly zjištěny v širokém rozmezí od 3.35 do 5.93 *apfu*; Fe (1.43 - 1.73 *apfu*) vždy zřetelně převažuje nad Zn; minoritní obsahy As se pohybují do 0.06 *apfu*. Reprezentativní chemické analýzy freibergitu z Ovčína, stejně jako koeficienty empirických vzorců jsou uvedeny v tabulce 13.

Dalším hojným Ag-minerálem je **miargyrit**, který byl zjištěn jako nepravidelná zrna o velikosti do 1 cm a vzácněji i jako srostlice idiomorfních krystalů o velikosti do 5 mm. Místy srůstá a je zatlačován mladším vzácnějším pyrargyritem (obr. 19). Chemické složení miargyritu (tab. 14) se blíží ideálnímu vzorci, zjištěny byly jen minoritní obsahy As do 0.01 *apfu*. Jeho empirický vzorec (průměr 14 bodových analýz) je možno vyjádřit na bázi 4 *apfu* jako $Ag_{1.01}(S_{1.00}As_{0.01})_{\Sigma 1.01}S_{1.98}$.

**Pyrargyrit** je ve studovaném materiálu výrazně vzácnější, obvykle tvoří nepravidelné agregáty o velikosti do 300 μm nebo podle trhlin zatlačuje starší miargyrit (obr. 19). Po chemické stránce je pyrargyrit z Ovčína blízký ideálnímu vzorci (tab. 15); zjištěny byly minoritní obsahy Cd do 0.01 *apfu* a As v rozmezí 0.01 - 0.02 *apfu*. Pozoruhodné jsou zjištěné obsahy Cl (0.05 - 0.08 hm. %, cca 0.01 *apfu*), které pro tento minerální druh nebyly udávány. Jeho chemické složení (průměr 20 bodových analýz) je možno na bázi 7 *apfu* vyjádřit empirickým vzorcem $Ag_{3.05}(Sb_{0.99}As_{0.02})_{\Sigma 1.01}S_{2.93}Cl_{0.01}$.

Minerály skupiny **andoritu** byly zjištěny jen velmi vzácně jako nepravidelná zrna o velikosti do 20 μm zarůstající do agregátů výrazně zonálního freibergitu (obr. 17 - 18). Při studiu jejich chemického složení (tab. 16) byly zjištěny dvě skupiny odlišných analýz (obr. 20). První skupina s vypočtenými hodnotami N v rozmezí 4.68 - 4.73 a 67 - 71 %And náleží nejspíše **ramdohritu**; této interpretaci nasvědčují i zjištěné minoritní obsahy Cd a Fe, které jsou pravděpodobně pro tento minerální druh charakteristické (Moëlo et al. 2008). Druhá skupina analýz s vypočtenými hodnotami N v rozmezí 5.18




**Obr. 23** *Graf Ag vs. Cu (apfu) pro freibergit ze studovaných lokalit; přerušovanou linií vyznačena hranice 3 apfu Ag mezi tetraedritem a freibergitem.*

**Tabulka 18** *Chemické složení freibergitu z Termesiv (hm. %)*

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ag | 26.54 | 26.68 | 26.70 | 27.12 | 27.47 | 27.56 | 27.62 | 27.76 | 28.21 | 28.60 | 29.54 | 29.56 | 29.95 | 31.04 | 31.14 |
| Fe | 5.13 | 4.69 | 4.69 | 4.66 | 4.62 | 4.72 | 4.73 | 4.64 | 4.56 | 4.55 | 4.52 | 4.55 | 4.50 | 4.45 | 4.39 |
| Cd | 0.00 | 0.12 | 0.14 | 0.10 | 0.14 | 0.12 | 0.08 | 0.07 | 0.17 | 0.11 | 0.09 | 0.13 | 0.22 | 0.14 | 0.11 |
| Zn | 1.15 | 1.52 | 1.50 | 1.54 | 1.59 | 1.52 | 1.51 | 1.55 | 1.55 | 1.55 | 1.55 | 1.57 | 1.60 | 1.70 | 1.65 |
| Cu | 19.56 | 19.39 | 19.30 | 18.78 | 18.86 | 18.53 | 18.46 | 18.44 | 18.19 | 18.00 | 17.35 | 17.40 | 17.38 | 16.39 | 16.53 |
| Sb | 25.90 | 26.92 | 27.08 | 26.67 | 27.01 | 26.65 | 26.52 | 26.65 | 26.89 | 26.88 | 26.90 | 26.80 | 26.73 | 26.71 | 26.59 |
| As | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.07 | 0.11 | 0.00 | 0.00 | 0.22 | 0.18 | 0.00 | 0.11 | 0.00 | 0.11 | 0.18 |
| S | 21.84 | 21.92 | 21.92 | 21.52 | 21.77 | 21.57 | 21.37 | 21.41 | 21.58 | 21.55 | 21.29 | 21.39 | 21.29 | 21.01 | 21.08 |
| total | 100.12 | 101.23 | 101.34 | 100.40 | 101.52 | 100.78 | 100.29 | 100.51 | 101.37 | 101.42 | 101.24 | 101.53 | 101.66 | 101.56 | 101.66 |
| Ag | 4.581 | 4.582 | 4.586 | 4.718 | 4.729 | 4.783 | 4.824 | 4.841 | 4.888 | 4.961 | 5.167 | 5.149 | 5.223 | 5.458 | 5.465 |
| Cu | 5.733 | 5.654 | 5.627 | 5.546 | 5.512 | 5.460 | 5.474 | 5.459 | 5.352 | 5.299 | 5.151 | 5.145 | 5.144 | 4.893 | 4.924 |
| Σ | 10.314 | 10.236 | 10.213 | 10.264 | 10.241 | 10.243 | 10.298 | 10.300 | 10.240 | 10.260 | 10.318 | 10.294 | 10.367 | 10.351 | 10.388 |
| Fe | 1.711 | 1.554 | 1.555 | 1.565 | 1.536 | 1.582 | 1.594 | 1.563 | 1.527 | 1.526 | 1.526 | 1.532 | 1.514 | 1.512 | 1.488 |
| Cd | 0.000 | 0.020 | 0.023 | 0.017 | 0.022 | 0.020 | 0.013 | 0.011 | 0.028 | 0.018 | 0.016 | 0.022 | 0.036 | 0.024 | 0.019 |
| Zn | 0.329 | 0.429 | 0.426 | 0.443 | 0.452 | 0.435 | 0.435 | 0.446 | 0.442 | 0.443 | 0.446 | 0.452 | 0.460 | 0.494 | 0.478 |
| Σ | 2.040 | 2.003 | 2.003 | 2.025 | 2.010 | 2.037 | 2.042 | 2.020 | 1.997 | 1.986 | 1.989 | 2.005 | 2.011 | 2.030 | 1.985 |
| Sb | 3.961 | 4.097 | 4.121 | 4.112 | 4.121 | 4.098 | 4.104 | 4.119 | 4.128 | 4.130 | 4.167 | 4.136 | 4.131 | 4.161 | 4.134 |
| As | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.017 | 0.028 | 0.000 | 0.000 | 0.056 | 0.046 | 0.000 | 0.029 | 0.000 | 0.027 | 0.046 |
| Σ | 3.961 | 4.097 | 4.121 | 4.112 | 4.138 | 4.126 | 4.104 | 4.119 | 4.184 | 4.176 | 4.167 | 4.165 | 4.131 | 4.188 | 4.181 |
| S | 12.686 | 12.664 | 12.663 | 12.599 | 12.611 | 12.594 | 12.556 | 12.561 | 12.579 | 12.578 | 12.526 | 12.536 | 12.492 | 12.431 | 12.447 |

1 - 15 reprezentativní bodové analýzy; koeficienty empirického vzorce počítány na bázi 29 *apfu.*

**Tabulka 19** *Chemické složení boulangeritu z Termesiv (hm. %)*

| | mean | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pb | 54.17 | 53.56 | 53.69 | 54.52 | 54.11 | 54.16 | 54.25 | 53.94 | 54.69 | 54.69 | 54.64 | 52.98 | 53.49 | 54.70 | 54.91 |
| Sb | 26.20 | 26.24 | 26.40 | 26.06 | 25.98 | 26.51 | 26.34 | 25.95 | 26.31 | 26.43 | 26.74 | 25.83 | 25.78 | 25.96 | 26.28 |
| Bi | 0.08 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.38 | 0.37 | 0.38 | 0.00 | 0.00 |
| S | 18.78 | 18.70 | 18.70 | 18.98 | 18.75 | 18.84 | 18.82 | 18.51 | 19.23 | 19.04 | 19.44 | 18.39 | 18.42 | 18.40 | 18.68 |
| total | 99.23 | 98.50 | 98.79 | 99.56 | 98.83 | 99.51 | 99.41 | 98.40 | 100.22 | 100.16 | 101.21 | 97.56 | 98.08 | 99.06 | 99.88 |
| Pb | 4.920 | 4.890 | 4.893 | 4.922 | 4.931 | 4.900 | 4.917 | 4.956 | 4.889 | 4.912 | 4.832 | 4.903 | 4.935 | 5.024 | 4.984 |
| Sb | 4.050 | 4.077 | 4.094 | 4.005 | 4.029 | 4.082 | 4.063 | 4.057 | 4.003 | 4.039 | 4.025 | 4.069 | 4.048 | 4.058 | 4.059 |
| Bi | 0.007 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.033 | 0.034 | 0.035 | 0.000 | 0.000 |
| Σ | 4.058 | 4.077 | 4.094 | 4.005 | 4.029 | 4.082 | 4.063 | 4.057 | 4.003 | 4.039 | 4.058 | 4.102 | 4.083 | 4.058 | 4.059 |
| S | 11.022 | 11.033 | 11.013 | 11.073 | 11.039 | 11.018 | 11.020 | 10.986 | 11.107 | 11.049 | 11.109 | 10.995 | 10.982 | 10.918 | 10.957 |

Mean - průměr 14 bodových analýz; koeficienty empirického vzorce počítány na bázi 20 *apfu*.

**Tabulka 20** *Chemické složení galenitu z Termesiv (hm. %)*

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ag | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.06 | 0.06 | 0.09 | 0.10 | 0.17 | 0.21 | 0.27 | 0.43 | 0.43 | 0.53 |
| Pb | 86.12 | 86.69 | 85.75 | 85.99 | 86.11 | 86.55 | 85.14 | 87.30 | 86.42 | 86.37 | 84.52 | 84.76 | 85.11 | 85.39 |
| Sb | 0.10 | 0.07 | 0.04 | 0.03 | 0.13 | 0.07 | 0.01 | 0.04 | 0.16 | 0.19 | 0.44 | 0.53 | 0.44 | 0.48 |
| Se | 0.00 | 0.00 | 0.12 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.05 | 0.07 | 0.07 | 0.13 | 0.09 | 0.00 | 0.00 | 0.12 |
| S | 13.86 | 13.97 | 13.79 | 13.77 | 13.81 | 13.92 | 13.64 | 14.09 | 13.96 | 13.70 | 13.18 | 13.81 | 13.89 | 13.95 |
| total | 100.08 | 100.72 | 99.69 | 99.79 | 100.11 | 100.60 | 98.93 | 101.59 | 100.78 | 100.60 | 98.49 | 99.53 | 99.87 | 100.46 |
| Ag | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.001 | 0.001 | 0.002 | 0.002 | 0.004 | 0.004 | 0.006 | 0.009 | 0.009 | 0.012 |
| Pb | 0.980 | 0.979 | 0.979 | 0.983 | 0.980 | 0.980 | 0.981 | 0.977 | 0.974 | 0.982 | 0.988 | 0.965 | 0.965 | 0.961 |
| Sb | 0.002 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.002 | 0.001 | 0.000 | 0.001 | 0.003 | 0.004 | 0.009 | 0.010 | 0.008 | 0.009 |
| Se | 0.000 | 0.000 | 0.004 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.004 | 0.003 | 0.000 | 0.000 | 0.003 |
| S | 1.018 | 1.019 | 1.017 | 1.017 | 1.016 | 1.018 | 1.016 | 1.018 | 1.017 | 1.006 | 0.995 | 1.016 | 1.017 | 1.015 |

1 - 14 reprezentativní bodové analýzy; koeficienty empirického vzorce počítány na bázi 2 *apfu.*

až 5.68 a 55 - 57 % And se zřetelně odlišuje od známých minerálních druhů v této skupině (Moëlo et al. 2008) i od nepojmenované fáze „*minéral F*“ (Moëlo et al. 1989, Plášil et al. 2005). Její složení se blíží **ideálnímu vzorci $Ag_2Pb_5Sb_6S_{15}$** (s N = 5.5 a 57.1 = And). Podrobný výzkum minerálních druhů této skupiny bude pokračovat.

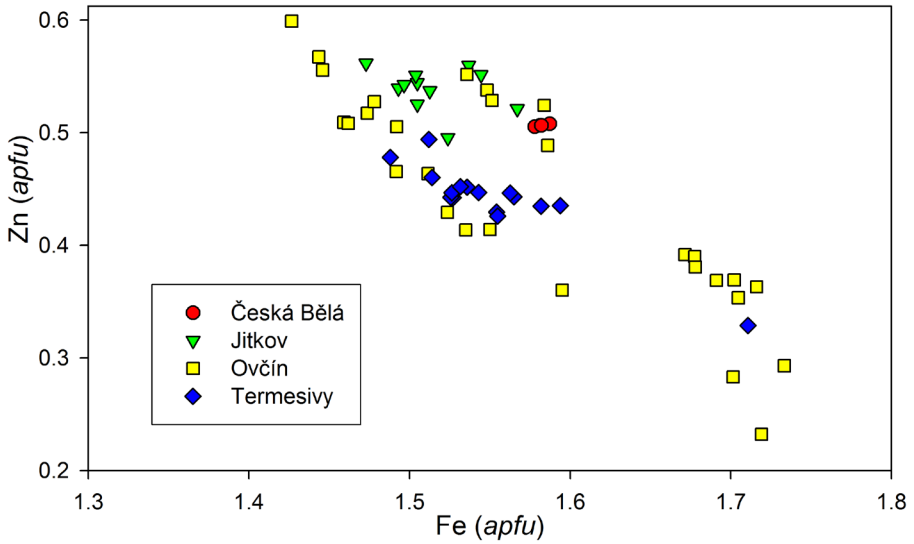
Na několika vzorcích s miargyritem, stříbrem a akantitem byly zjištěny hroznovité kůry hnědočerveného a nafialovělého **chlorargyritu** o velikosti do 2 mm; vzhledem k jeho nestabilitě byl potvrzen jen pomocí energiově disperzní analýzy (podstatné obsahy Ag a Cl). Pomocí stejné metody byly ověřeny i plíškovité až houbovité agregáty **ryzího Ag** o velikosti do 1 mm, které se v poměrně krátké době pokrývá černými jehličkovitými krystaly (sub) recentního **akantitu**.

Nejhojnější rudní fází ve studovaném materiálu je **arsenopyrit**, který vytváří jemně zrnité agregáty o velikosti do 1 cm nebo zarostlé prizmatické až jehličkovité krystaly o délce do 2 mm. Při studiu jeho chemického složení (tab. 17) byly zjištěny poměry (As+Sb)/S v rozmezí 0.83 - 0.91, patří tak As-chudším arsenopyritům (Morimoto, Clark 1961; Kerestedjian 1997). Z minoritních prvků byly v arsenopyritu z Ovčína zjištěny pravidelné obsahy Sb do 0.05 *apfu*. Jeho průměrný (14 bodových analýz) empirický vzorec je možno na bázi 3 *apfu* vyjádřit následovně: $Fe_{1.01}(As_{0.90}Sb_{0.02})_{\Sigma 0.92}S_{1.07}$.

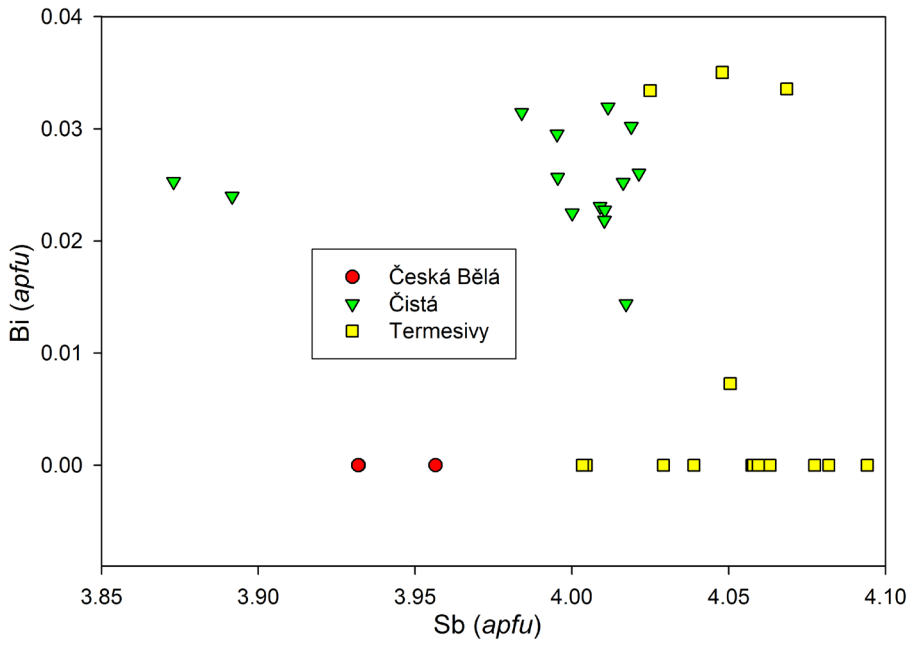
**Termesivy (3 km v. od Havlíčkova Brodu)**

Asi 600 - 700 m s. od obce byly v minulosti těženy mineralizované dislokace směru ZSZ - VJV a Z - V. Na křemenných žilách byly zjištěny pyrit a galenit (Králik et al. 1985). Ze supergenních minerálů byly nově identifikovány cerusit a pyromorfit, jako nový minerál pro revír, tvořící zelenavá a nažloutlá zrna a velmi drobné nedokonale vyvinuté sloupečkovité krystaly (Pauliš et al. 2011). Pozůstatky po historické těžbě se nacházejí v těsné blízkosti samoty U Zelingrů (obr. 21; GPS: 49°36´23.839´´ N; 15°37´25.691´´ E).

Na lokalitě byly nově nalezeny v křemenné žilovině až 2 cm velká, ocelově šedá, kovově lesklá zrna **freibergitu**; podle BSE obrazu (obr. 22) je freibergit zřetelně chemicky zonální; zonalita je vyvolána především změnami poměru Ag/Cu a v menší míře i Fe/Zn. Obsahy Ag se pohybují v rozmezí 4.86 až 5.46 *apfu*; mezi dvojmocnými kationty převládá Fe (1.49 - 1.71 *apfu*) nad Zn, zjištěno bylo i minoritní zastoupení Cd (do 0.04 *apfu*). Obsahy As ne-




**Obr. 24** *Graf Fe vs. Zn (apfu) pro freibergit ze studovaných lokalit.*




**Obr. 25** *Graf Sb vs. Bi (apfu) pro boulangerit ze studovaných lokalit.*

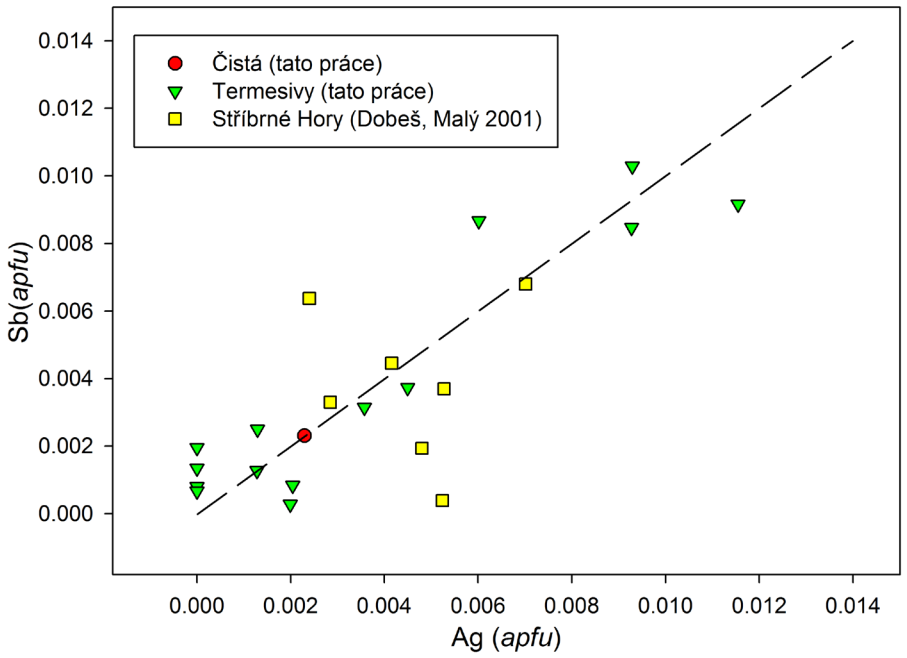
převyšují 0.06 *apfu*. Reprezentativní chemické analýzy freibergitu z Termesiv, stejně jako koeficienty empirických vzorců jsou uvedeny v tabulce 18.

**Boulangerit** zde vytváří jehličkovité až plstnaté agregáty o velikosti do 4 mm zarůstající do křemenné žiloviny. Po chemické stránce (tab. 19) je blízký ideálnímu vzorci, jen v některých krystalech byly zjištěny minoritní obsahy Bi do 0.04 *apfu*. Jeho chemické složení (průměr 14 bodových analýz) je možno vyjádřit na bázi 20 *apfu* empirickým vzorcem $Pb_{4.92}(Sb_{4.05}Bi_{0.01})_{\Sigma 4.06}S_{11.02}$.

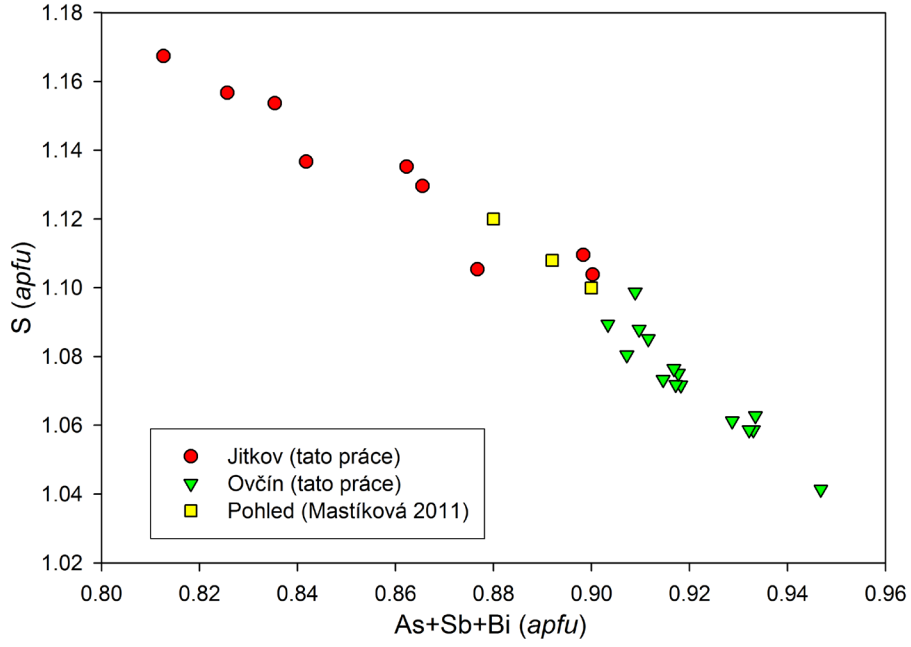
**Galenit** se ve studovaném materiálu vyskytuje relativně často jako nepravidelné jemnozrnné agregáty o velikosti do 5 mm, vzácněji byl pozorován i ve srůstech s agregáty boulangeritu. Při studiu chemického složení byly zjištěny minoritní obsahy Ag a Sb do 0.01 *apfu* a lokálně i Se (do 0.004 *apfu*). Reprezentativní chemické analýzy galenitu z Termesiv, stejně jako koeficienty empirických vzorců jsou uvedeny v tabulce 20.

## Diskuse a závěr

V charakteru a chemickém složení jednotlivých minerálních fází na studovaných lokalitách jsou zřetelné společné rysy i rozdíly. **Freibergit** z lokalit Česká Bělá a Jitkov je relativně homogenní s obsahy Ag v rozmezích 3.44 - 3.46 a 3.30 - 3.79 *apfu*. Naopak vzorky freibergitu z Ovčína jsou velmi výrazně zonální a byly zde zjištěny obsahy Ag od 3.35 až do 5.93 *apfu*; zonální vzorky z lokality Termesivy pak mají obsahy Ag 4.86 - 5.46 *apfu* (obr. 23). Obdobné charakteristiky platí, i když méně výrazně, i pro zastoupení Fe a Zn v pozici dvojmocných kationtů (obr. 24). Poměry Ag/Cu a Fe/Zn ve studovaných vzorcích z havlíčkobrodského revíru navzájem nekorelují. Vzorky **miargyritu** z Jitkova mají pravidelné minoritní obsahy Cu (do 0.03 *apfu*), naopak miargyrit z Ovčína je bez Cu, ale s pravidelným zastoupením As kolem 0.01 *apfu*. **Boulangerit** z České Bělé vykazuje pravidelné minoritní



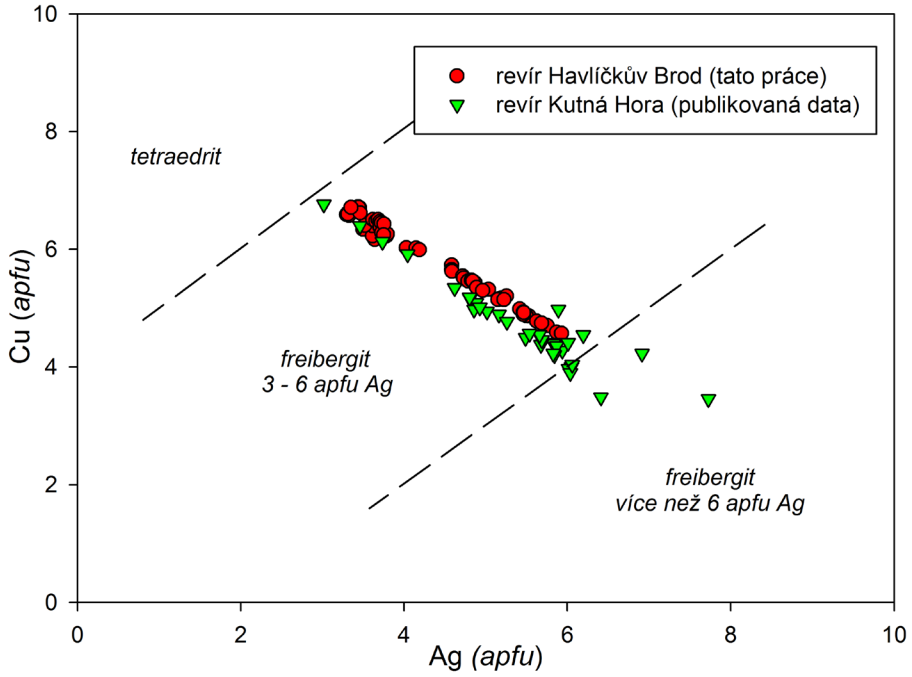

**Obr. 26** *Graf Ag vs Sb pro galenit z havlíčkobrodského rudního revíru; přerušovaná linie znázorňuje ideální substituci Ag+Sb→2Pb.*



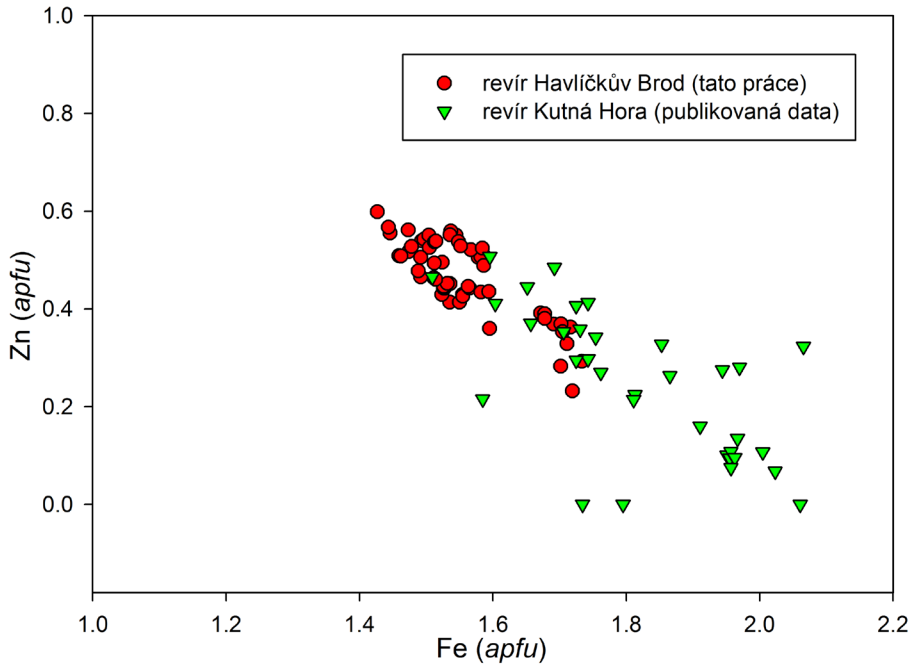

**Obr. 27** *Graf (As+Sb+Bi) vs. S (apfu) pro arsenopyrit z havlíčkobrodského rudního revíru.*

obsahy Fe (do 0.06 *apfu*), vzorky z Čisté Fe obsahují jen lokálně (do 0.14 *apfu*) a ve vzorcích z Termesiv Fe zastoupeno není. Na lokalitě Čistá byly v boulangeritu zjištěny pravidelné minoritní obsahy Bi do 0.03 *apfu* (obr. 25), u vzorků z Termesiv bylo pozorováno zastoupení Bi (do 0.04 *apfu*) jen v malé části agregátů a vzorky z České Bělé Bi neobsahují vůbec. V podrobněji studovaném **galenitu** z lokality Termesivy byly zjištěny zejména minoritní obsahy Ag a Sb (obr. 26), které ve struktuře izomorfně zastupují Pb podle schématu Ag+Sb→2Pb; obdobné zastoupení Ag a Sb bylo zjištěno i v galenitu ze Stříbrných Hor (Dobeš, Malý 2001). Naopak galenity z lomů v Utíně (Dobeš, Malý 2001) a v Pohledu (Mastíková 2011) mají vedle Ag minoritní obsahy Bi. Pro **arsenopyrit** z Jitkova a Ovčína je charakteristické nestechiometrické zastoupení As a S (obr. 27); zjištěny byly poměry (As+Sb+Bi)/S v rozmezí 0.70 - 0.82 (Jitkov) a 0.83 - 0.91 (Ovčín). Studované vzorky z havlíčkobrodského revíru tak náleží k As-chudým arsenopyritům; poměry As/S jsou pro arsenopyrit uváděny v rozmezí 0.82 - 1.22 (Morimoto, Clark 1961) nebo 0.69 - 1.20 (Kerestedjian 1997). Pozoruhodné jsou i lokálně zjištěné minoritní obsahy Se v minerálech skupiny andoritu z Ovčína a v galenitu z Termesiv a neobvyklé minoritní zastoupení Cl v pyrargyritu z Ovčína.

Nově zjištěné výskyty makroskopických vzorků Ag-mineralizace na lokalitách havlíčkobrodského rudního revíru naskýtají možnost přehodnotit představy o hlavním zdroji stříbra v tomto revíru, za který byly dříve považovány především stříbronosné sulfidy (pyrit, arsenopyrit, galenit). Přítomnost freibergitu, miargyritu a v menší míře i pyrargyritu, ryzího Ag a minerálů skupiny andoritu nasvědčují podobnosti studované mineralizace havlíčkobrodského revíru s rudními pásmy kutnohorského revíru. Této teorii nasvědčuje i velmi blízké chemické složení freibergitu z obou rudních revírů (obr. 28 - 29).




**Obr. 28** *Graf Ag vs. Cu (apfu) pro freibergit ze studovaných lokalit havlíčkobrodského revíru v porovnání s publikovanými daty z kutnohorského revíru (Hoffman, Trdlička 1981; Kvaček et al. 1975; Sejkora et al. 2002; Litochleb et al. 2008).*




**Obr. 29** *Graf Fe vs. Zn (apfu) pro freibergit ze studovaných lokalit havlíčkobrodského revíru v porovnání s publikovanými daty z kutnohorského revíru (Hoffman, Trdlička 1981; Kvaček et al. 1975; Sejkora et al. 2002; Litochleb et al. 2008).*

***Poděkování***

*Milou povinností autorů je poděkovat I. Mackovi a R. Malíkové (Národní muzeum, Praha) za spolupráci při laboratorním výzkumu. Předložená práce vznikla za finanční podpory Ministerstva kultury ČR v rámci projektu NAKI-DF12P01OVV031.*

## Literatura

Anthony J. W., Bideaux R. A., Bladh K. W., Nichols M. C. (1990) Handbook of Mineralogy. Volume I Elements, Sulfides, Sulfosalts. *588 s., Mineral Data Publishing, Tucson.*

Bernard J. H. (1967) Kurze Übersicht der isogenetischen erzlagerbildenden Mineralassoziationen hydrothermalen Ursprung im tschechoslowakischen Teil der Böhmischen Masse. *Čas. Mineral. Geol. 12, 13-20.*

Bernard J. H., Pouba Z. a kolektiv (1986) Rudní ložiska a metalogeneze československé části Českého masívu. *ÚÚG Praha.*

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 havlíčkobrodského revíru. *Vlastivědný sborník Vysočiny 15, 51-85.*

Dokoupilová P., Sulovský P. (2007) Minerály skupiny jarositu ze sulfidických paragenezí východní části Českého masivu. *Acta Mus. Moraviae, Sci. geol. 92, 75-91.*

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.

Hak J., Johan Z. (1962) Mineralogicko-geochemický výzkum indiové anomálie Pohled u Havlíčkova Brodu. *Sbor. geol. Věd, Technol. Geochem. 2, 77-106.*

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. Příbram.*

Havlíček J., Malý K. (2008) Kaňkit ze Stříbrných Hor u Havlíčkova Brodu. *Acta rerum naturalium, 5, 113-114.*

Hoffman V., Trdlička Z. (1981) Mineralogicko-chemický charakter kutnohorských rudních žil. *Sbor. geol. Věd, Ř. Technol. Geochem. 17, 63-101.*

Höniger J. (1880) General Übersichtskarte des von alten Zeiten auf Silber, Blei betriebenen sehr ergiebigen Bergbau-Terrains bei Deutschbrod, Schlappenz, Přibyslaw, Běla etc. im Czaslauer Kreis Böhmens. *Geofond Praha.*

Houzar S., Kocourková E., Sejkora J., Hrazdil V. (2011) Recentni výkvěty Fe sulfátů na odvalech po těžbě polymetalických rud v Dlouhé Vsi u Havličkova Brodu. *Acta Mus. Moraviae, Sci. geol. 96, 2, 53-67.*

Hrazdil V. (2012) Minerální asociace s berthieritem v polymetalickém zrudnění u Jitkova nedaleko České Bělé (havlíčkobrodský rudní revír), moldanubikum. *Acta Mus. Moraviae, Sci. geol. 97, 1, 39-45.*

Hrazdil V., Houzar S. (2013) Stříbro a zlato v galenitových rudách z žilných polymetalických ložisek Českomoravské vrchoviny. *Acta Mus. Moraviae, Sci. geol. 98, 2, 3-23.*

Hrubý P. (2014) K periodizaci počátku rané exploatace drahých kovů na Českomoravské vrchovině. *ArchaeoMontan 2013, Arbeits- und Forschungsberichte zur sächsischen Bodendenkmalpflege 28, 147-155. Dresden.*

Imramovský L. (1955) Geologie širšího okolí Stříbrných Hor. *MS, dipl. práce, Geofond Praha.*

Johnson N. E., Craig J. R., Rimstidt J. D. (1986) Compositional trends in tetrahedrite. *Can. Mineral. 24, 385-397.*

Kembický O. (1984) Ložiskově geologické zhodnocení havlíčkobrodského rudního revíru. *MS, dipl. Práce, PřF KU Praha.*

Kerestedjian T. (1997) Chemical and morphological features of arsenopyrite, concerning its use as a geothermometer. *Mineral. Petrol. 60, 231-243.*

Kocourková E., Cempírek J., Losos Z. (2008) Kaňkit z Dlouhé Vsi u Havlíčkova Brodu. *Acta rerum naturalium, 4, 7-12.*

Kocourková E., Šráček O., Houzar S., Cempírek J., Losos Z., Filip J., Hršelová P. (2011) Geochemical and mineralogical control on the mobility of arsenic in a waste rock pile at Dlouhá Ves, Czech Republic. *J. Geochem. Explor. 110, 61-73.*

Koutek J. (1960) Rudní ložiska v okolí České Bělé na Českomoravské vrchovině. *Čas. Nár. Muz., Odd. přírodověd. 79, 135-143.*

Králik M. et al. (1985) Zhodnocení prognózních zdrojů Ag v Českém masivu. *MS, Geoindustria Praha.*

Kratochvíl F. (1962) Legenda k mapě nerostných surovin ČSSR 1:200 000. List M-33-XXII, list Jihlava. *ÚÚG, Praha, 19-20.*

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.*

Kvaček M., Novák F., Drábek M. (1975) Canfieldite and silver-rich tetrahedrite from the Kutná Hora ore district. *N. Jb. Mineral. Mh*., *171-179.*

Langhammer O. (1933) Doly u Německého Brodu a v jeho okolí. *Hornický věstník 15, 8, 171.*

Litochleb J., Sejkora J., Fišera M. (2008) Freibergit a jamesonit z historického ložiska stříbra Šebestěnice u Čáslavi (Česká republika). *Bull. mineral.-petrolog. odd. Nár. Muz. (Praha*) *16, 2, 193-196.*

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.*

Makovicky E., Karup-Møller S. (1977) Chemistry and crystallography of the lillianite homologous series. Part I. General properties and definitions. *N. Jb. Mineral. Abh. 130, 264-287.*

Malý K. (2001) Současný stav lokalit starého dolování v okolí České Bělé (okr. Havlíčkův Brod). *In: Stříbrná Jihlava, 61-65. Jihlava.*

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. Geosc. 80, 4, 307-319.*

Malý K., Prokop J., Rous P. (1998) Stříbrná Jihlava 1998, exkurzní průvodce semináře. *Muzeum Vysočiny, Jihlava.*

Mastíková E. (2011) Mineralogie a podmínky vzniku vybraných mineralizací v lomu Pohled (moldanubikum). *MS, dipl. práce, Universita Palackého Olomouc.*

Moëlo Y., Makovicky E., Karup-Moller S. (1989) Sulfures complexes plombo-argentifères: minéralogie et cristallochimie de la série andorite-fizelyite. *Documents du BRGM 167, 1-107.*

Moëlo Y., Makovicky E., Mozgova N. N., Jambor J. L., Cook N., Pring A., Paar W., Nickel E. H., Graeser S., Karup-Møller S., Balić-Žunić T., Mumme W. G., Vurro F., Topa D., Bindi L., Bente K., Shimizu M. (2008) Sulfosalt Systematics: A Review Report of the Sulfosalt Sub-Committee of the IMA Commission on Ore Mineralogy. *Eur. J. Mineral. 20, 1, 7-46.*

Morimoto N., Clark L. A. (1961) Arsenopyrite crystal-chemical relations. *Am. Mineral. 46, 1448-1469.*

Mozgova N. N., Bortnikov N. S., Organova N. I., Cepin A. I., Kuzmina O. V., Nekrasov I. J. (1983) Novyje dannyje o gomologičeskoj serii andorita. *Mineral. Žurnal 5, 17-33.*

Němec D. (1965) Geologické a parageneticképoměry ložiska formace Pb-Zn-Ag u Bartoušova na Havlíčkobrodsku. *Sbor. geol. Věd, ložisk. Geol. 6, 47-86.*

Pauliš P., Havlíček J., Kopecký S., Pour O. (2014) Anatas a brookit ze středověkého důlního tahu nedaleko Jitkova u Havlíčkova Brodu. *Minerál 22, 6, 494-497.*

Pauliš P., Kopecký S., Jebavá I. (2011) Nové nálezy supergenní mineralizace v havlíčkobrodském rudním revíru (Česká republika). *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha) 19, 1, 76-82.*

Pauliš P., Venclík V., Malíková R., Pour O., Sejkora J. (2015) Fosfosiderit ze Zdechovic a Chvaletic u Přelouče v Železných horách (Česká republika). *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha) 23, 2, 208-213.*

Petroš R. (1958) Předběžná zpráva o geologickém mapování ve starém rudním revíru utínském a okolí. *MS, Geoindustria Praha.*

Plášil J., Sejkora J., Litochleb J., Goliáš V. (2005) Nález minerálu blízkého andoritu (tzv. „minéral F“) v asociaci s diaforitem a dalšími minerály Pb-Ag-Sb na haldě dolu Lill (černojamské ložisko), Příbram. *Bull. mineral. -petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha) 13, 187-192.*

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

Riley J. F. (1974) The tetrahedrite-freibergite series, with reference to the Mount Isa Pb-Zn-Ag orebody. *Mineral. Deposita 9, 117-124.*

Rous P. (2001) K závěrečné fázi vrcholně středověkého hornictví na Havlíčkobrodsku. In: *Stříbrná Jihlava, 66-81. Jihlava*

Rous P. (2004) Stříbrnorudné hornictví na Havlíčkobrodsku od 13. do 17. století. *Archeologia technica 15, 49-58.*

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.*

Scharmová M. (1995) Nové mineralogické poznatky z havlíčkobrodského rudního revíru. *In: Sympozium 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.*

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.*

Sejkora J., Malíková R., Novák M. (2015) Alterační produkty z experimentů řízené alterace pyritu a markazitu. *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha) 23, 2, 261-270.*

Sejkora J., Sklenář J., Ekrt B., Macek I. (2014a) Recentní vznik rozenitu na fosilní uhelné hmotě z lokality Pecínov u Nového Strašecí (Česká republika). *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha) 22, 2, 356-362.*

Sejkora J., Špalek J., Macek I., Malíková R. (2014b) Fibroferrit z historické lokality Valachov (Skřivaň) u Rakovníka (Česká republika). *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha) 22, 2, 371-375.*

Sklenář J., Ekrt B., Sejkora J., Kolesar P., Gazdová Z., Malíková R., Nohejlová M., Kotlík P. Novák M., Ďurovič M., Říhová Ambrožová J. (2015) Metodika preventivní a sanační konzervace sbírkových předmětů z oblasti paleontologie a mineralogie ohrožených produkty degradace sulfidů. *Národní muzeum, Praha, 172 s.*