

# Mineralogie antimonitového ložiska Chříč u Rakovníka (Česká republika)

## Mineralogy of the stibnite deposit at Chříč near Rakovník (Czech Republic)

PETR PAULIŠ<sup>1,2)\*</sup>, ZDENĚK DOLNÍČEK<sup>2)</sup>, LUBOŠ VRTIŠKA<sup>2)</sup>, ONDŘEJ POUR<sup>3)</sup>, KAREL ŽÁK<sup>4)</sup>,  
LUKÁŠ ACKERMAN<sup>4)</sup>, FRANTIŠEK VESELOVSKÝ<sup>3)</sup>, JAN PAŠAVA<sup>3)</sup>, TOMÁŠ KADLEC<sup>5)</sup> A RADANA MALÍKOVÁ<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Smišková 564, 284 01 Kutná Hora; \*e-mail: petr.paulis@post.cz

<sup>2)</sup>Mineralogicko-petrologické oddělení, Národní muzeum, Cirkusová 1740, 193 00 Praha 9 - Horní Počernice

<sup>3)</sup>Česká geologická služba, Geologická 6, 152 00 Praha 5

<sup>4)</sup>Geologický ústav AV ČR, Rozvojová 269, 165 00 Praha 6

<sup>5)</sup>Stínadla 1045, 584 01 Ledec nad Sázavou

PAULIŠ P, DOLNÍČEK Z, VRTIŠKA L, POUR O, ŽÁK K, ACKERMAN L, VESELOVSKÝ F, PAŠAVA J, KADLEC T, MALÍKOVÁ R (2019) Mineralogie antimonitového ložiska Chříč u Rakovníka. Bull Mineral Petrolog 27(1): 148-166 ISSN 2570-7337

### Abstract

A small abandoned Sb-deposit at Chříč near Rakovník (Central Bohemia, Czech Republic) is represented by hydrothermal veins hosted by metagreywackes and metasiltstones of the Barrandian Neoproterozoic, which were contactly metamorphosed by dyke intrusion of a Paleozoic lamprophyre (spessartite). A rich sulphidic association containing together with stibnite, pyrite and arsenopyrite also nineteen subordinate or accessory ore minerals (sphalerite, berthierite, galena, tetrahedrite, freibergite, chalcopyrite, ullmannite, jamesonite, boulangerite, cobaltite, costibite, gersdorffite, bournonite, greenockite, native silver and native antimony) was found during our study of dump and museum material. Very interesting is especially the presence of Ag- and Se-rich minerals including Ag-rich tetrahedrite, freibergite, naumannite, clausthalite and Se-rich stephanite. The gangue is formed mainly by quartz, but in a lesser amount there occur also either older and younger carbonates (dolomite-ankerite), in places together with illite-muscovite and rare barite. Rare microscopic grains of fluorapatite, rutile, zircon and monazite-(Ce) were also found. Origin of kermesite is probably related to the low-temperature hydrothermal processes; chapmanite was probably formed by weathering of primary stibnite. The youngest phases are clearly supergene minerals including jarosite, cerusite, anglesite, valentinite and very abundant *limonite*.

**Key words:** antimony deposit, sulphidic and selenide mineralization, chemical composition, Chříč near Rakovník, Czech Republic

Obdrženo 27. 3. 2019; přijato 16. 5. 2019

### Úvod

Drobné antimonitové ložisko Chříč (dříve Křic, Křič či Křitz; 16 km jz. od Rakovníka) se nachází cca 500 m j. od středu obce v údolí Chříčského potoka (souřadnice: 49°58'6.5"N, 13°39'7.8"E) (obr. 1).

Antimonit tu byl nalezen v roce 1856 v balvanech v korytě Chříčského potoka při jižním okraji obce. V roce 1858 byla nedaleko místa nálezů, na pravém břehu potoka, odkryta několika zářezy a mělkou šachtíčkou nehluboko pod povrchem rudní žíla. Tyto práce financované továrníkem Fischlem však nedosáhly větších rozměrů a byly záhy přerušeny. Popis tehdejších odkrytí uvádějí ve svých zprávách Reuss (1858) a Feistmantel (1858). Průzkumné práce byly obnoveny až koncem 19. století, kdy byla vyhloubena 16 m hluboká šachta Josefi (Katzner 1904; Irmeler 1915), ze které byla ražena směrná, asi 15 m dlouhá chodba východním směrem. V hloubce 6 m se žíla rozvětvovala, vedlejší odžilek byl sledován krátkým, k jihu hnaným překopem. Stav těchto prací zachycuje zpráva Gröglera (1891). Tyto práce prováděla firma Stark a spol. v Břasech, pracovalo tu cca osm lidí a práce byly

pro finanční potíže a slabý výsledek brzo přerušeny (Katzner 1904). Důlní majetek pozůstal ze čtyř důlních měř, asi 12 m hluboké šachty a směrné chodby s rozrážkami, která vyřizovala ložisko ve východním směru na vzdálenost 20 m. Na počátku 20. století došlo k propůjčce zdejších dolových měř hornímu inženýru J. Šebkovi z Plzně, k větší činnosti však nedošlo. V horní knize plzeňského okresního soudu jsou míry zapsány pod označením „Josefi Gold und Antimonit-Zeche in Křitz“. Velká poptávka po antimonu za první světové války vedla v roce 1915 ke znovuootevření dolu společností Pilsen-Křitzer Gold und Antimonit-Erzbergbaugewerkschaft. Při obnovovacích pracích bylo vytěženo 6 - 7 t rudy s obsahem 60 - 87 % (uvádí ředitelství těžarstva) či 42 % (uvádí závodní správa) antimonitu. Pro nedostatek pracovních sil nebyl důl příliš rozšířen a v roce 1917 byly práce ukončeny. Drobnou zajímavostí týkající se tohoto výskytu je dopis horníka Blažeje Jabornického z Kralovic z 5. 5. 1920 adresovaný Ministerstvu veřejných prací ČR, který se dochoval v archivu ČGS-Geofondu. Vedle servilně a zveličeně podané informace o zásobách zdejších antimonových rud je v do-



okolních hornin barrandienského neoproterozoika a alterace, včetně intruze bazické horninové žíly a jejího kontaktního účinku na okolní horniny. Charakterizoval také vlastní hydrotermální rudní žílu s odžilkou a zónu alterací a silicifikace, které horninovou žílu těsně sledují. Z lokality nově popsal minerál který nazval *höferit* (dnes synonymum pro chapmanit; Katzer 1894, 1904), řadil ho ale chybně do skupiny nontronitu. Z dalších prací je nejpodrobnější příspěvek Irmlera (1915), který ale v geologickém, petrografickém a mineralogickém popisu velkou měrou vyšel z Katzera (1904).

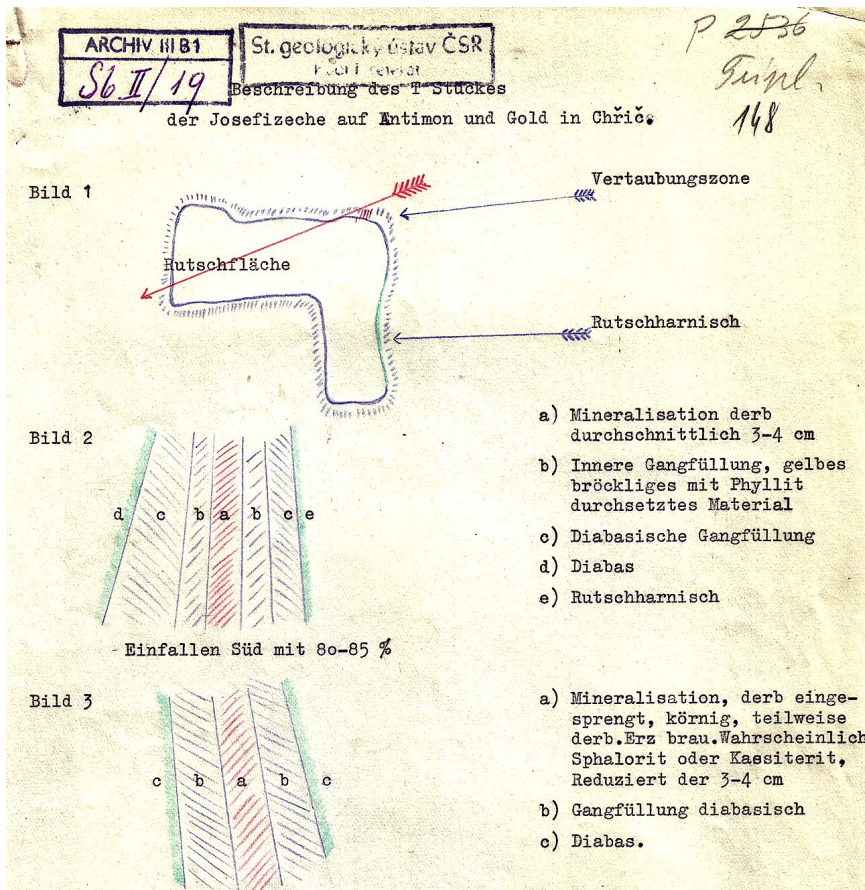
Oživení výzkumných prací v 30. a 40. letech dvacátého století shrnul Svoboda (1942). V poválečném období již důlní dílo nebylo přístupné, takže další autoři byli odkázáni na výzkum nehojného haldového, respektive muzejního materiálu. Tuček (in Kratochvíl 1958) z Chříče dále popisuje jemně paprscitě vláknité rudohnědé agregáty *pyrantimonitu* (= kermesit) narůstající na jemnozrnný antimonit.

Nověji uvádí Sobotka (1965a) z žiloviny drobné idiomorfí krystaly arsenopyritu; studoval také (Sobotka 1965b) zdejší *höferit* a prokázal jeho identitu s chapmanitem, který byl již předtím v ČR zjištěn ve Smilkově u Votic a v Boněnově u Mariánských Lázní. Chapmanit tu tvoří jablečně až

trávnově zelené zemité a práškovité agregáty v okolí alterované žiloviny. Bernard et al. (1981) vedle antimonitu, pyritu, arsenopyritu a kalcitu popisuje také drobná zrna hnědočerveného sfaleritu, galenit a lesklý neštěpný bournonit.

Nehojný výskyt (20 ks) zlatinek v rozsypu potoka těsně pod výskytem antimonitu zjistili Malec a Novák (1982). Podle EDS analýz těchto autorů jde o tři typy zlaty s obsahy 24 %, 9 % a 0.X % Ag. Část zlatinek o rozměrech do 0.7 mm, které mají tvary okrouhlých placiček, pochází podle jejich interpretace patrně z rozplavených okolních permokarbonských sedimentů. Prakticky neopracované dendritické a plíškovité agregáty, srůstající někdy s křemenem, jsou místní proveniencí. Problematice zlaty se věnoval ve své diplomové práci zaměřené do širší oblasti i Zimmerhakl (1982).

Ve sbírkách Národního muzea v Praze je z Chříče uloženo pouze několik vzorků, vedle kermesitu, o kterém bude ještě v dalším textu pojednáno, jde o celistvý jemnozrnný antimonit (obr. 5), ankerit (obr. 6) a chapmanit (obr. 7). Vzorek antimonitu ze studované lokality má ve sbírkách také Muzeum T. G. M. v Rakovníku (vzorek P 730, st. 594/1155).



**Obr. 3** Geologické schéma rudní polohy od Hiekeho z roku 1937, archiv ČGS-Geofond Praha.

**Obr. 4** Pozůstatky po bývalém dolování u Chříče. Foto K. Žák, 2018.

### Geologická pozice lokality

Malé hydrotermální žilné antimonitové ložisko Chříč se nachází v horninách neoproterozoika tepelsko-barrandienské jednotky (bohemika), v úseku, kde horninovou sekvenci se střídáním slabě metamorfovaných drob, prachovců, alterovaných submarinních bazaltů (spilitů) občasné prorážejí paleozoické magmatické žíly různého typu. V současných geotektonických modelech je tato část tepelsko-barrandienské jednotky označována jako blovícký akreční klín či komplex, vytvořený během subdukce oceánské desky v předpolí severního okraje Gondwany během pozdního neoproterozoika až časného kambria (Hajná et al. 2013, 2017, 2018, 2019). Skládá se z několika strukturních pásů siliciklastických hlubokovodních sekvencí, odvozených převážně z materiálu ostrovního oblouku, ofiolitické melanže sedimentů mořského dna a bazických vulkanických hornin. Lokalita leží v litologicky pestrém pásu vyznačujícím se kromě hojné přítomnosti submarinních bazických vulkanitů přítomností poloh černých pyritických břidlic ale i čoček silicitů (bulžníků) a nečistých vápenců, nedaleko tektonické hranice s litologicky více homogenním pásem ležícím dále na SZ.

Co se týče paleozoických magmatických hornin, okraj nejbližšího plutonického tělesa, čistecko-jesenického masivu s granitoidními intruzemi kambrického a devonského stáří, je od lokality vzdálen 9.5 km sv. směrem. Bazické horninové žíly prorážejí neoproterozoickou sekvenci na více místech v širším okolí Zvíkovce i Chříče, menší žíla granitového por-



**Obr. 5** Antimonit z Chříče, velikost 10 × 7 cm, sbírka Národního muzea v Praze, inv. č. 110180. Foto D. Velebil.

**Obr. 6** Ankerit z Chříče, velikost 8 × 6 cm, sbírka Národního muzea v Praze, inv. č. 14616. Foto D. Velebil.

**Obr. 7** Chapmanit z Chříče, velikost 6 × 3 cm, sbírka Národního muzea v Praze, inv. č. 61037. Foto D. Velebil.

fyru byla zachycena geologickým mapováním zhruba 2.2 km j. od popisované lokality u Dolan.

V samotném údolí Chříčského potoka vystupují metadroby a metaprachovce, metabazalty (spility) a černé pyritické břidlice neoproterozoika. Tyto pyritem bohaté kamenečné břidlice byly v širším okolí popisované lokality v době rozkvětu průmyslové výroby české dýmavé kyseliny sírové (vitriolu) dobývány na řadě míst. Po jejich těžbě a zpracování zůstala v oblasti řada štol a hald, někde i ruiny zpracovatelských objektů. Kromě samotného údolí Chříčského potoka zhruba 200 - 300 m po proudu od popisovaného antimonitového ložiska, se nacházejí také například v Dubensku, v údolí Javornice u hájovny Čertovec. Větším dolem byly pyritické břidlice těženy výše proti proudu Javornice v levostranné boční rokli u Modřejovic. U Dolan, necelé 2 km j. od studované lokality, je v neoproterozoické sekvenci vložena čočka nečistých vápen-

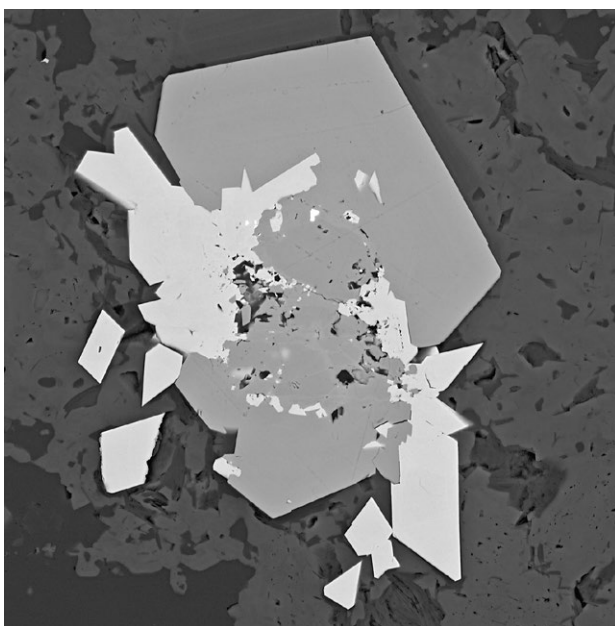
ců, těžená zde dříve malým jámovým lomem a využívaná v místní vápence.

Žíla s antimonitem u Chříče je vázána na kontaktně metamorfovanou a silicifikovanou drobu až prachovec v blízkosti bazické magmatické žíly v prostoru silně porušeném jak tektonicky, tak i hydrotermálními alteracemi (Katzner 1904). V dnešní terminologii by byla bazická žilná hornina vzhledem ke složení plagioklasu (střední oligoklas) řazena k spessartitu. Hornina je makroskopicky šedočerná, obsahuje lištovité plagioklasy, černý amfibol, biotit, ilmenit, rozpraskaná zrna pyroxenu a pseudomorfózy po olivínu tvořené serpentinovými minerály. Místa jsou poměrně hojná zrna titanitu, někdy leukoxenizovaného. Matrice je tvořena jemnou směsí Fe-chloritu, aktinolitu a epidotu. Horninu brekciovité povahy v bezprostředním okolí rudní žíly považoval Katzner (1904) spíše za druhotnou brekcii, zatímco Zimmerhakl (1982) ji označil za metabazalt povahy granulátu.

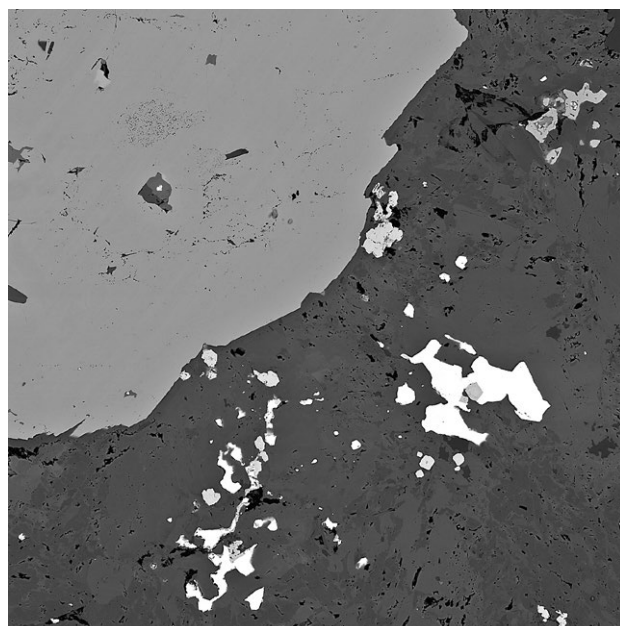
**Tabulka 1** Chemické složení antimonitu z Chříče (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pb	0.21	0.15	0.17	0.11	0.15	0.12	0.45	0.48	0.14	0.17	0.11
Hg	0.17	0.15	0	0.06	0.30	0.42	0.31	0.14	0	0.27	0
Sb	71.76	71.58	71.86	71.50	71.39	71.61	71.78	71.84	72.04	71.94	72.03
Se	0.06	0	0	0.01	0	0.01	0.14	0.16	0.10	0.09	0.07
S	27.69	27.84	27.73	27.64	27.68	27.52	27.54	27.70	27.75	27.79	27.70
Total	99.89	99.72	99.76	99.32	99.52	99.68	100.22	100.32	100.03	100.26	99.91
Pb	0.003	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002	0.007	0.008	0.002	0.003	0.002
Hg	0.003	0.003	0	0.001	0.005	0.007	0.005	0.002	0	0.005	0
Sb	2.025	2.017	2.027	2.025	2.019	2.029	2.027	2.022	2.028	2.022	2.030
Catsum	2.031	2.022	2.030	2.028	2.026	2.038	2.039	2.032	2.030	2.030	2.032
Se	0.003	0	0	0	0	0	0.006	0.007	0.004	0.004	0.003
S	2.966	2.954	2.956	2.947	2.958	2.955	2.954	2.961	2.966	2.966	2.965
Ansum	2.969	2.954	2.956	2.947	2.958	2.955	2.960	2.968	2.970	2.970	2.968

Mean - průměr z 10 bodových analýz; koeficienty empirických vzorců počítány na bázi 5 *apfu*.



**Obr. 8** Srostlice krystalu pyritu (světle šedé) a arsenopyritu (bílé) v dolomitu; Chříč; šířka obrázku 0.1 mm; BSE foto O. Pour.



**Obr. 9** Zrno pyritu (šedé) s laločnatě členitými agregáty ve kterých srůstá ullmannit (bílý) s drobnými zrny Co-gersdorffitu (světle šedá) v křemenu; Chříč; šířka obrázku 0.35 mm; BSE foto O. Pour.

Informace o charakteru žilné mineralizace máme jen zprostředkované a lze je korigovat jedině studiem haldového materiálu, který je ale v blízkosti bývalé šachty nehojný - zřejmě byla většina rubaniny rozvezena. Ložisko tvoří žíla křemene s antimonitem, pyritem a karbonáty směru 90° až 105° (zhruba V - Z) se strmým úklonem okolo 80° k S. Žíla se místy rozmršťuje v žilník. Byla sledována hornickými pracemi od šachty směrem na východ, kde měla mocnost kolem 80 cm. Od hlavní žíly byl asi 1.5 m mocnou polohou prokřemenělého metasedimentu a lamprofyrovou žilou oddělený odžilek cca 50 cm mocný (Katzer 1904; Svoboda 1942).

Antimonit tvoří v žíle nepravidelné žilky a shluky, dosahující mocnosti do 6 - 10 cm. Jedná se o celistvý, jemnozrný, zčásti slabě paprscitý či stébelnatý antimonit, poměrně čistý. Ve zprávě vrchního komisaře Jůzla o

inspekci na dole z 3. 3. 1916 je udáván obsah 42 - 87 %  $Sb_2S_3$ . Ve vzorku křemene a arsenopyritu, odebraném z haldy, bylo zjištěno 36 g Ag a 16 g Au/t (Katzer 1904; Irmeler 1915; Svoboda 1942). V analýze z roku 1937 provedené v Příbrami však přítomnost Ag ani Au zjištěna nebyla, stanoven byl pouze obsah Sb (58.06 %) a Pb (0.14 %) (Svoboda 1942).

Podle Irmelera (1915) tvoří žilovinu bílý křemen, místy drúzovitý s krystaly potaženými limonitem. Spolu s ním se vyskytuje mladší šedý křemen, který při okraji žíly stmeluje úlomky bílého křemene, antimonitu a okoložilné horniny. Dutiny v křemeni vyplňuje žlutavý nakrit. Vedle antimonitu jsou v žilovině poměrně hojně vtroušené drobné krystaly i jemnozrné vtroušeniny pyritu. Mladší, až 1 cm mocné karbonátové žilky pronikají jak rudní žílu, tak i sousední horninu.

**Tabulka 2** Chemické složení pyritu z Chříče (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fe	45.58	45.57	44.50	46.52	45.13	45.25	45.74	45.36	46.03	45.98	45.76
Pb	0.12	0.16	0.10	0.12	0.12	0.12	0.17	0.10	0.12	0.09	0.12
Ni	0.09	0.28	0.06	0.06	0.26	0.03	0.02	0	0.01	0.05	0.10
Hg	0.06	0.11	0.01	0	0.33	0	0.13	0	0	0	0
Au	0.06	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.02	0.07	0.06	0.08	0.09
S	53.91	54.34	52.98	54.63	54.26	52.95	54.45	52.85	53.61	54.64	54.42
Total	99.82	100.50	97.69	101.38	100.15	98.40	100.53	98.38	99.83	100.84	100.49
Fe	0.979	0.973	0.975	0.984	0.967	0.987	0.975	0.990	0.990	0.977	0.976
Pb	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Ni	0.002	0.006	0.001	0.001	0.005	0.001	0	0	0	0.001	0.002
Hg	0	0.001	0.001	0	0.002	0	0.001	0	0	0	0
Au	0.0004	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0001	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005
Catsum	0.982	0.981	0.9978	0.986	0.975	0.989	0.977	0.991	0.991	0.979	0.979
S	2.017	2.020	2.023	2.013	2.025	2.011	2.022	2.009	2.009	2.021	2.021

Mean - průměr z 10 bodových analýz; koeficienty empirických vzorců počítány na bázi 3 *apfu*.

**Tabulka 3** Chemické složení arsenopyritu z Chříče (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Fe	34.17	34.17	34.36	34.21	34.33	34.38	33.32	34.01	33.51	34.19	34.80	34.50	34.31
Pb	0.06	0.03	0.09	0.04	0.08	0.06	0	0.03	0.09	0.07	0.09	0.07	0.04
Sb	0.10	0.03	0.03	0.07	0.05	0.07	0.18	0.05	0.07	0.03	0.27	0.30	0.09
Au	0.10	0.13	0.11	0.08	0.07	0.06	0.21	0.10	0.06	0.08	0.07	0.11	0.10
As	43.45	44.37	43.85	43.22	43.44	43.66	43.06	43.52	43.02	43.43	42.82	42.46	44.55
S	21.61	21.06	21.31	21.63	21.49	21.53	21.48	21.47	22.40	21.12	22.18	22.35	21.31
Total	99.49	99.79	99.75	99.25	99.46	99.76	98.25	99.18	99.15	98.92	100.22	99.79	100.40
Fe	0.983	0.986	0.989	0.985	0.988	0.987	0.971	0.982	0.960	0.992	0.989	0.983	0.983
Pb	0	0	0.001	0	0.001	0	0	0	0.001	0.001	0.001	0.001	0
Sb	0.001	0.001	0	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0	0.003	0.004	0.001
Au	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Catsum	0.985	0.988	0.991	0.987	0.991	0.989	0.975	0.984	0.963	0.994	0.994	0.989	0.985
As	0.932	0.954	0.941	0.928	0.932	0.934	0.935	0.937	0.919	0.939	0.908	0.902	0.951
S	1.083	1.058	1.068	1.085	1.077	1.077	1.090	1.080	1.118	1.067	1.099	1.109	1.063
Ansum	2.015	2.012	2.009	2.013	2.009	2.011	2.025	2.017	2.037	2.006	2.007	2.011	2.014

Mean - průměr z 12 bodových analýz; koeficienty empirických vzorců počítány na bázi 3 *apfu*.

## Metodika výzkumu

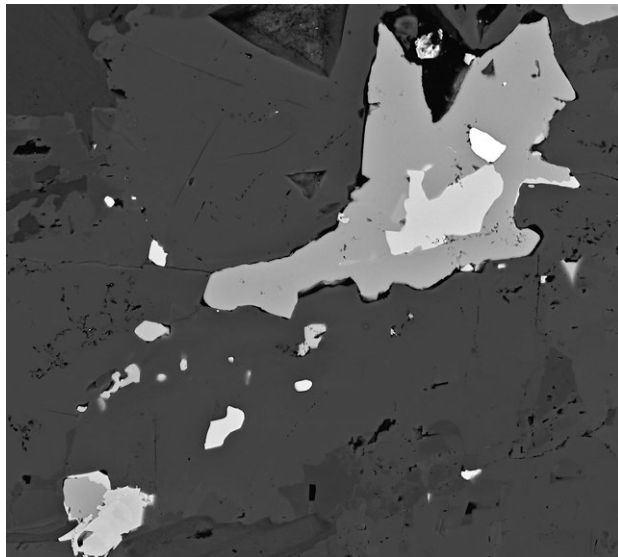
Rentgenová difrakční data kermesitu byla získána pomocí práškového difraktometru Bruker D8 Advance (Národní muzeum, Praha) s polovodičovým pozičně citlivým detektorem LynxEye za užití  $\text{CuK}\alpha$  záření (40 kV, 40 mA). Práškový preparát byl nanesen v acetonové suspenzi na nosič zhotovený z monokrystalu křemíku a následně pak byla pořízena difrakční data ve step-scanning režimu (krok  $0.01^\circ$ , načítací čas 8 s/krok detektoru, celkový čas experimentu cca 15 hodin). Pozice jednotlivých difrakčních maxim byly popsány profilovou funkcí Pseudo-Voigt a upřesněny profilovým fitováním v programu HighScore Plus. Mřížkové parametry byly vypřesněny metodou nejmenších čtverců pomocí programu Celref (Laugier, Bochu 2011).

Nábrusy vzorků byly studovány pomocí elektronové mikrosondy Cameca SX-100 v laboratoři Mineralogicko-petrologického oddělení Národního muzea v Praze (operátor Z. Dolníček). Na přístroji byly pořízeny fotografie ve

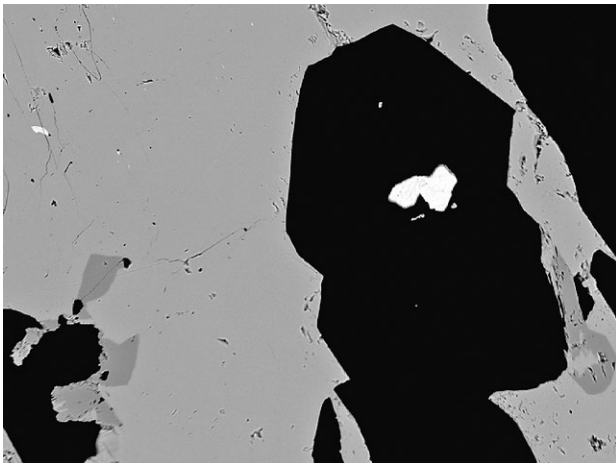
zpětně odražených elektronech (BSE) a měřeno chemické složení jednotlivých fází ve vlnově disperzním (WDS) modu. Při bodových analýzách karbonátů, apatitů a silikátů bylo použito urychlovací napětí 15 kV, proud svazkem 5 nA (karbonáty), respektive 10 nA (apatit, silikáty) a defokusaný elektronový svazek o průměru 5  $\mu\text{m}$  (karbonáty), respektive 2  $\mu\text{m}$  (apatit, silikáty). Ve všech analýzách silikátů byly měřeny obsahy Al, Ba, Ca, Co, Cu, Cl, Cr, Cs, F, Fe, K, Mg, Mn, N, Na, Ni, P, Pb, Rb, Si, Ti, V a Zn, v apatitech Al, Ba, Ca, Cl, F, Fe, Mg, Mn, Na, P, S, Si a Sr a v karbonátech Ba, Ca, Fe, Mg, Mn, Na, P, S, Si, Sr a Zn. Použité analytické čáry a standardy: albit ( $\text{NaK}\alpha$ ), almandin ( $\text{AlK}\alpha$ ,  $\text{FeK}\alpha$ ), apatit ( $\text{PK}\alpha$ ), baryt ( $\text{BaL}\beta$ ), BN ( $\text{NK}\alpha$ ), celestin ( $\text{SK}\alpha$ ,  $\text{SrL}\beta$ ), Co ( $\text{CoK}\alpha$ ),  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  ( $\text{CrK}\alpha$ ), Cs-sklo ( $\text{CsL}\alpha$ ), diopsid ( $\text{MgK}\alpha$ ), halit ( $\text{ClK}\alpha$ ), chalkopyrit ( $\text{CuK}\alpha$ ), LiF ( $\text{FK}\alpha$ ), Ni ( $\text{NiK}\alpha$ ), Rb-Ge-sklo ( $\text{RbL}\alpha$ ), rodonit ( $\text{MnK}\alpha$ ), sanidin ( $\text{KK}\alpha$ ),  $\text{TiO}_2$  ( $\text{TiK}\alpha$ ), V ( $\text{VK}\alpha$ ), vanadin ( $\text{PbM}\alpha$ ), wollastonit ( $\text{CaK}\alpha$ ,  $\text{SiK}\alpha$ ) a zinkit ( $\text{ZnK}\alpha$ ). Při bodových analýzách sulfidů, selenidů a ryzích kovů bylo



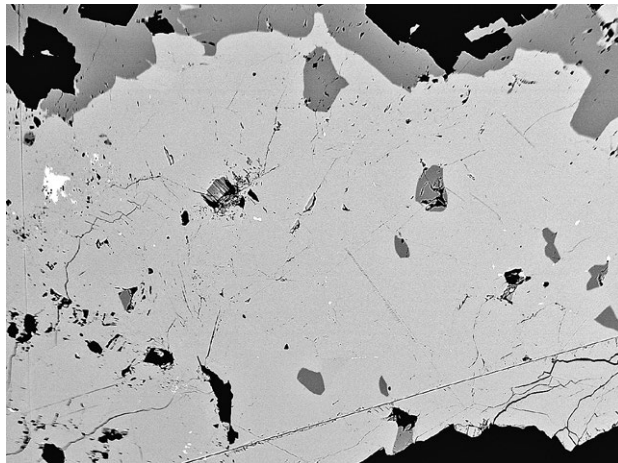
**Obr. 10** Nepravidelná zrna berthieritu (světlé) a idiomorfická zrna arsenopyritu (šedé) v křemeni; Chříč; šířka obrázku 0.8 mm; BSE foto Z. Dolníček.



**Obr. 11** Zrno chalkopyritu (šedé) obsahující inkluzi sfaleritu (světle šedá) a ullmannitu (bílá) v dolomitu; Chříč; šířka obrázku 0.13 mm; BSE foto O. Pour.



**Obr. 12** Nepravidelná zrna berthieritu (tmavošedá) srůstající s dominantní masou antimonitu (světle šedá) a zrno ryzího antimonu (bílé) v křemeni; Chříč; šířka obrázku 0.9 mm; BSE foto Z. Dolníček.



**Obr. 13** Nepravidelná zrna a lemy berthieritu (tmavošedá) kolem dominantní masy antimonitu (světle šedá) uzavírající nepravidelné zrno ryzího antimonu (bílé v levé části) a velmi malé inkluze jamesonitu (bílé); Chříč; šířka obrázku 1.2 mm; BSE foto Z. Dolníček.

**Tabulka 4** Chemické složení sfaleritu z Chříče (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fe	3.95	2.18	2.26	2.64	5.03	4.96	4.64	6.20	4.88	3.05	3.69
Zn	60.75	63.30	63.65	62.99	59.98	59.77	60.19	56.17	59.68	60.88	60.90
Cd	0.75	0.89	0.92	0.84	0.73	0.76	0.69	0.70	0.69	0.63	0.65
Cu	0.54	0.51	0.65	0.95	0.02	0.02	0.06	2.47	0.05	0.17	0.50
S	32.11	31.93	31.71	31.85	32.23	32.33	32.17	32.27	32.21	31.81	32.54
Total	98.10	98.81	99.19	99.27	97.99	97.84	97.75	97.81	97.51	96.54	98.28
Fe	0.070	0.039	0.040	0.047	0.089	0.088	0.082	0.110	0.087	0.055	0.065
Zn	0.922	0.959	0.963	0.951	0.909	0.906	0.914	0.850	0.908	0.938	0.920
Cd	0.007	0.008	0.008	0.007	0.006	0.007	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006
Cu	0.008	0.008	0.010	0.015	0.000	0.000	0.001	0.038	0.001	0.003	0.008
Catsum	1.007	1.014	1.021	1.020	1.004	1.001	1.003	1.004	1.002	1.002	0.999
S	0.993	0.986	0.978	0.980	0.995	0.999	0.996	0.996	0.999	0.999	1.002

Mean - průměr z 10 bodových analýz; koeficienty empirických vzorců počítány na bázi 2 apfu.

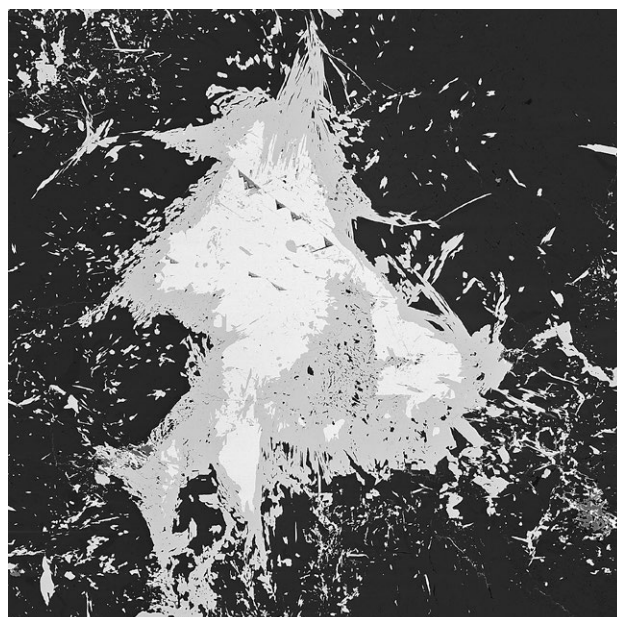
**Tabulka 5** Chemické složení berthieritu z Chříče (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fe	12.33	12.33	12.43	12.39	12.35	12.31	12.27	12.32	12.29	12.29	12.30
Pb	0.13	0.27	0.13	0.10	0.07	0.17	0.13	0.10	0.13	0.09	0.13
Sb	57.43	56.95	57.26	57.33	57.22	57.35	57.53	57.68	57.64	57.67	57.70
Hg	0.06	0	0.08	0.21	0.16	0	0	0.16	0.03	0	0.00
S	29.52	29.30	29.45	29.33	29.54	29.42	29.57	29.65	29.61	29.72	29.62
Total	99.47	98.85	99.35	99.36	99.34	99.25	99.50	99.91	99.70	99.77	99.75
Fe	0.957	0.964	0.966	0.965	0.959	0.958	0.952	0.953	0.952	0.950	0.952
Pb	0.003	0.006	0.003	0.002	0.001	0.004	0.003	0.002	0.003	0.002	0.002
Sb	2.046	2.042	2.042	2.049	2.039	2.048	2.048	2.047	2.049	2.045	2.050
Hg	0.001	0	0.002	0.005	0.003	0	0	0.003	0.001	0	0
Catsum	3.007	3.012	3.013	3.021	3.002	3.010	3.003	3.005	3.005	2.997	3.004
S	3.993	3.989	3.987	3.980	3.997	3.990	3.997	3.995	3.996	4.002	3.995

Mean - průměr z 10 bodových analýz; koeficienty empirických vzorců počítány na bázi 7 apfu.

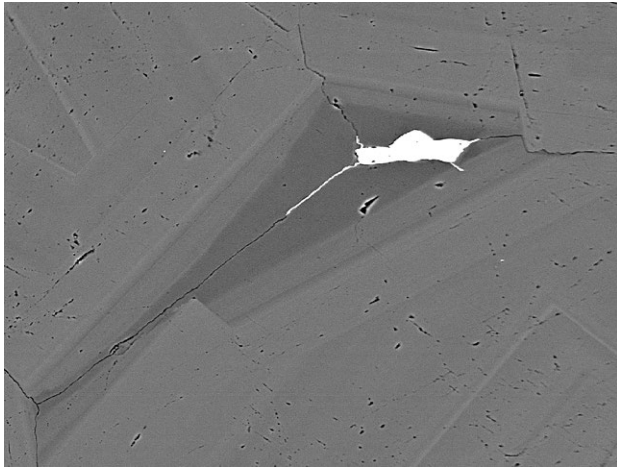
použito urychlovací napětí 25 kV, proud svazkem 20 nA (sulfidy, ryzí Sb), respektive 10 nA (selenidy) a průměr elektronového svazku 1  $\mu$ m. V sulfidech a ryzím Sb byly měřeny obsahy Ag, As, Au, Bi, Cd, Cl, Co, Cu, Fe, Ga, Ge, Hg, In, Mn, Ni, Pb, S, Sb, Se, Sn, Te a Zn. V analýzách selenidů byl navíc měřen i obsah Tl, ale nebyly měřeny obsahy In, Mn a Cl. Použité standardy a analytické čáry: Ag (AgLa), Au (AuMa), Bi<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> (BiM $\beta$ ), CdTe (CdLa), Co (CoKa), CuFeS<sub>2</sub> (CuKa, SKa), FeS<sub>2</sub> (FeKa), GaAs (GaLa), Ge (GeLa), HgTe (HgLa), InAs (InLa), Mn (MnKa), NaCl (ClKa), NiAs (AsL $\beta$ ), Ni (NiKa), PbS (PbMa), PbSe (SeL $\beta$ ), PbTe (TeLa), Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub> (SbLa), Sn (SnLa), Tl(Br,I) (TlLa) a ZnS (ZnKa). Načtená data byla přepočítána na hm. % s použitím standardní PAP korekce (Pouchou, Pichoir 1985). Obsahy prvků, které nejsou uvedeny v tabulkách, byly ve všech případech pod mezí stanovitelnosti.

Další nábrusy byly studovány mikroskopem Tescan Mira3 GMU s energiově disperzním spektrometrem Oxford Instruments X-Max 20 v laboratoři České geologické služby (operátor O. Pour). Kvalitativní energiově-disperzní (EDS) analýzy byly provedeny při urychlovacím napětí 15 kV, pracovní vzdálenost 15 mm, s využitím tovární standardizace na bázi čistých kovů. Fotografie mají rozlišení 2048  $\times$  2048, rychlost skenování 10 mikrosekund/pixel.

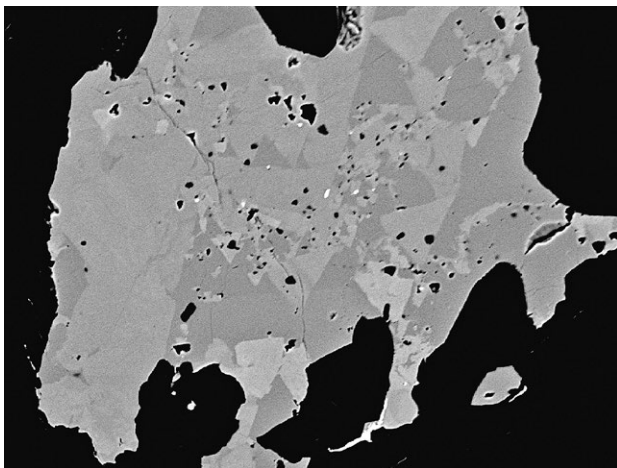


**Obr. 14** Agregát jehlicovitých krystalů boulangeritu (světlé šedý) lemuující galenit (bílý) v dolomitu; Chříč; šířka obrázku 0.1 mm; BSE foto O. Pour.





**Obr. 15** Nepravidelná srostlice galenitu a boulangeritu (bílá) s žilkou cerusitu (bílá) v zonálním ankeritu; Chříč; šířka obrázku 0.5 mm; BSE foto Z. Dolníček.



**Obr. 16** Zonální agregát Ag-bohatého tetradritu (tmavošedá zrna s tetraedrickým omezením) a freibergitu (světle šedý), s žilkovitým agregátem nannannitu (bílý v dolní části) a drobnými inkluzemi galenitu (bílý); Chříč; šířka obrázku 0.35 mm; BSE foto Z. Dolníček.

## Výsledky mineralogického výzkumu

Mineralogické složení žiloviny bylo studováno na nábrusech zhotovených ze vzorků nasbíraných v roce 2018 spoluautory publikace (FV, JP, KŽ a TK) na velmi skromných pozůstatcích, které se dochovaly po zdejších dolování. Jde o fragmenty především šedě zbarvené křemenné žiloviny s podřadným zastoupením karbonátů, ve které jsou makroskopicky patrné až přes 1 cm velké, jemně zrnité agregáty antimonitu, drobná zrna a idiomorfí krystaly pyritu a arsenopyritu o velikosti do 2 mm. Textura žilné výplně je masivní, nebyly zjištěny žádné dutiny ani žádné přednostní uspořádání jednotlivých minerálních fází žilné výplně.

## Primární mineralizace

Hlavním rudním minerálem této lokality je **antimonit**, který v nábrusech tvoří až několik mm velké jemnozrné agregáty, které v některých případech srůstají s berthieritem. Antimonit obsahuje vzácně inkluze ryzího antimonu a jamesonitu. Některá antimonitová zrna jsou lemována tenkou vrstvou Sb-oxidu, jehož stechiometrie odpovídá valentinitu. Při studiu chemického složení antimonitu (tab. 1) byly zjištěny pouze minoritní příměsi Pb, Hg a Se (0.003 *apfu*). Průměrný (10 bodových analýz) empirický vzorec antimonitu z Chříče je možno na bázi 5 *apfu* vyjádřit jako  $Sb_{2.02}S_{2.97}$ .

**Pyrit** tvoří časté zrnité agregáty i krystaly o rozměrech do 0.5 mm, které běžně srůstají s arsenopyritem (obr. 8) či se vyskytují samostatně v křemenné žilovině (obr. 9). Při studiu chemického složení pyritu (tab. 2) byly zjištěny pouze minoritní příměsi Pb, Ni, Hg a Au (do 0.002 *apfu*). Průměrný (10 bodových analýz) empirický vzorec pyritu z Chříče je možno na bázi 3 *apfu* vyjádřit jako  $Fe_{0.98}S_{2.02}$ .

**Arsenopyrit** tvoří hojně, dokonale omezené krystaly o velikosti do 0.5 mm (obr. 8, 10). Většinou úzce asociuje s pyritem, hlavně v brekciovitých partiích karbonatizovaného spessartitu, nebo je podřadně v křemenné žilovině. Některé větší krystaly arsenopyritu uzavírají zrna pyritu. Při studiu chemického složení arsenopyritu (tab. 3) byly zjištěny pouze minoritní příměsi Pb, Sb a Au (do 0.001 *apfu*). Průměrný (12 bodových analýz) empi-

**Tabulka 6** Chemické složení galenitu z Chříče (hm. %)

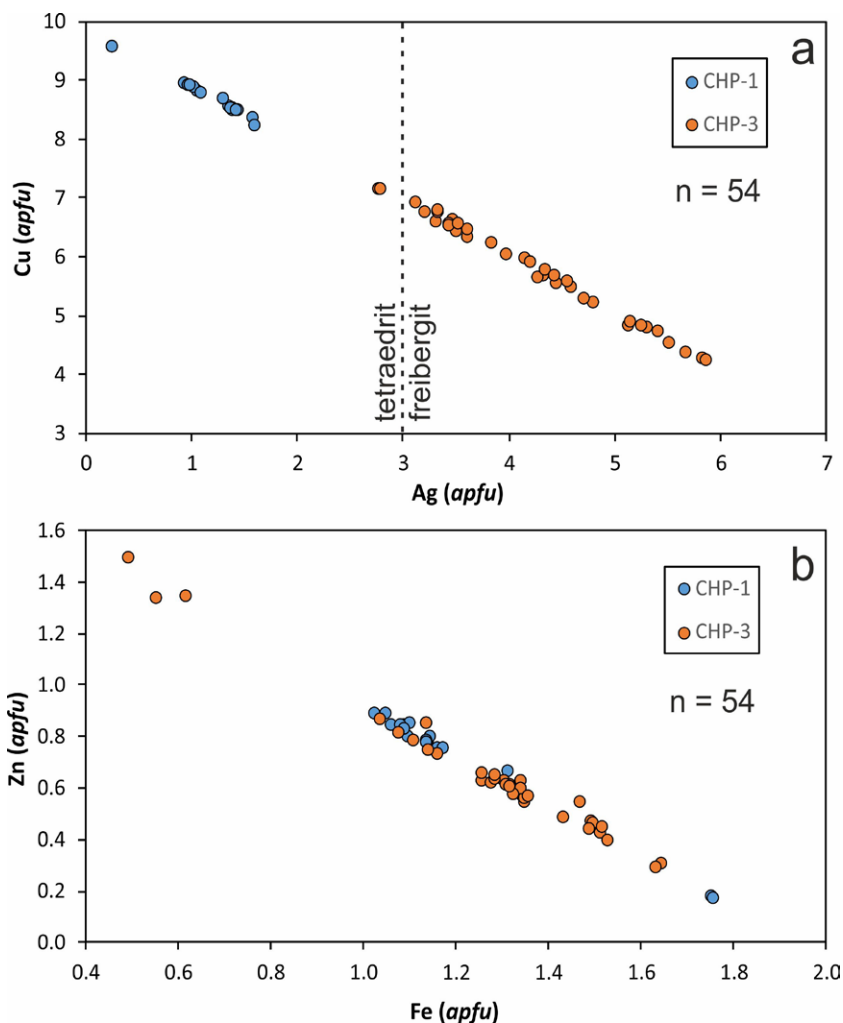
	mean	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ag	0.06	0	0.06	0.06	0	0.04	0.08	0.04	0.10	0.09	0.10
Pb	86.03	85.70	86.01	85.85	85.78	85.94	85.77	86.28	86.12	86.54	86.31
Sb	0.11	0.10	0.07	0.11	0.09	0.10	0.07	0.14	0.16	0.13	0.15
Hg	0.12	0	0.16	0.28	0.12	0.29	0.05	0.20	0.01	0.08	0
Se	0.63	0.68	0.70	0.67	0.67	0.55	0.36	0.57	0.66	0.71	0.77
S	13.31	13.38	13.26	13.19	13.17	13.29	13.39	13.36	13.33	13.37	13.38
Total	100.26	99.87	100.26	100.16	99.84	100.21	99.72	100.59	100.38	100.92	100.71
Ag	0.001	0	0.001	0.001	0	0.001	0.002	0.001	0.002	0.002	0.002
Pb	0.988	0.984	0.989	0.990	0.992	0.989	0.988	0.988	0.987	0.987	0.985
Sb	0.002	0.002	0.001	0.002	0.002	0.002	0.001	0.003	0.003	0.003	0.003
Hg	0.001	0	0.002	0.003	0.001	0.003	0.001	0.002	0	0.001	0
Catsum	0.992	0.986	0.993	0.996	0.995	0.995	0.992	0.994	0.992	0.993	0.990
Se	0.019	0.020	0.021	0.020	0.020	0.017	0.011	0.017	0.020	0.021	0.023
S	0.988	0.993	0.985	0.983	0.984	0.988	0.997	0.989	0.987	0.986	0.987
Ansum	1.007	1.013	1.006	1.003	1.004	1.005	1.008	1.006	1.007	1.007	1.010

Mean - průměr z 10 bodových analýz; koeficienty empirických vzorců počítány na bázi 2 *apfu*.

rický vzorec arsenopyritu z Chříče je možno na bázi 3 *apfu* vyjádřit jako  $\text{Fe}_{0.98}\text{As}_{0.93}\text{S}_{1.08}$ .

**Sfalerit** je v křemenné žilovině zastoupený v relativně menším množství než předešlé sulfidy. Tvoří členitá zrna i krystaly o velikosti do 0.5 mm. Vytváří i úzké lemy kolem zrn antimonitu nebo zrnité inkluze v chalkopyritu (obr. 11). Některá zrna sfaleritu obsahují drobné inkluze galenitu a Ag-bohatého tetraedritu. Při studiu chemického složení sfaleritu (tab. 4) byl zjištěn nízký obsah Fe (0.07 *apfu*) a minoritní obsahy Cd a Cu (0.007 a 0.008 *apfu*). Průměrný (10 bodových analýz) empirický vzorec sfaleritu z Chříče je možno na bázi 2 *apfu* vyjádřit jako  $(\text{Zn}_{0.92}\text{Fe}_{0.07}\text{Cd}_{0.01}\text{Cu}_{0.01})_{\Sigma 1.01}\text{S}_{0.99}$ .

V těsné asociaci s antimonitem se poměrně často objevuje **berthierit**, tvořící v křemenné žilovině podlouhlá i nepravidelně omezená zrna o velikosti do 0.3 mm. S antimonitem srůstá (obr. 12, 13), lemují jeho zrna (0.1 mm silné lemy) nebo se vyskytuje samostatně v křemenu. Někdy uzavírá drobná zrna pyritu či sfaleritu. Při studiu chemického složení berthieritu (tab. 5) byly zjištěny pouze nízké obsahy Pb a Hg (0.003 a 0.001 *apfu*). Průměrný (10 bodových analýz) empirický vzorec berthieritu z Chříče je možno na bázi 7 *apfu* vyjádřit jako  $\text{Fe}_{0.96}\text{Sb}_{2.05}\text{S}_{3.99}$ .



Obr. 17 Variabilita chemického složení minerálů tetraedritové skupiny z Chříče. a - graf Ag vs. Cu (*apfu*); přerušovanou linií je vyznačena hranice mezi tetraedritem a freibergitem; b - graf Fe vs. Zn (*apfu*).

Tabulka 7 Chemické složení minerálů tetraedritové skupiny z Chříče (hm. %)

Číslo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Vzorek	CHP-1	CHP-1	CHP-1	CHP-1	CHP-1	CHP-3	CHP-3	CHP-3	CHP-3	CHP-3	CHP-3	CHP-3	CHP-3	CHP-3
Ag	1.62	5.86	6.73	7.97	8.84	16.60	18.53	20.75	23.42	25.01	27.45	31.09	31.80	34.27
Cu	35.77	32.94	32.29	31.63	30.84	25.38	24.38	22.44	21.04	19.52	19.41	16.98	16.44	14.67
Fe	5.75	3.69	3.66	3.63	3.44	1.53	1.71	4.57	4.67	4.44	5.09	4.11	4.00	4.59
Zn	0.67	3.02	2.95	2.92	3.16	5.43	4.83	1.69	1.43	1.93	1.12	2.27	2.20	1.60
Cd	0	0	0.04	0.04	0	0	0.22	0	0	0.08	0	0.14	0.14	0.06
Sb	29.96	29.24	29.06	28.41	28.61	27.42	26.97	27.24	26.98	26.62	26.57	25.91	25.80	25.65
As	0	0	0.11	0	0.08	0	0	0	0	0	0	0	0	0.12
S	24.93	24.40	24.48	24.25	24.04	22.31	22.20	22.39	22.00	21.20	21.45	20.30	20.16	19.64
Total	98.69	99.14	99.31	98.85	99.01	98.68	98.84	99.07	99.54	98.81	101.10	100.80	100.55	100.60
Ag	0.256	0.939	1.083	1.292	1.436	2.770	3.111	3.510	3.969	4.276	4.593	5.254	5.409	5.856
Cu	9.611	8.966	8.822	8.704	8.503	7.189	6.950	6.443	6.053	5.667	5.514	4.871	4.748	4.256
Fe	1.758	1.142	1.138	1.137	1.079	0.493	0.554	1.493	1.529	1.466	1.645	1.341	1.314	1.515
Zn	0.175	0.798	0.783	0.781	0.847	1.495	1.338	0.472	0.400	0.544	0.309	0.633	0.617	0.451
Cd	0	0	0.006	0.006	0	0	0.035	0	0	0.014	0	0.023	0.023	0.009
Sb	4.201	4.153	4.143	4.080	4.116	4.053	4.012	4.083	4.050	4.033	3.939	3.879	3.889	3.883
As	0	0	0.025	0	0.019	0	0	0	0	0	0	0	0	0.029
S	13.275	13.163	13.254	13.226	13.137	12.524	12.542	12.742	12.543	12.196	12.077	11.541	11.539	11.292

Koeficienty empirických vzorců počítány na bázi Catsum = 16 *apfu*.

**Tabulka 8** Chemické složení chalkopyritu z Chříče (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fe	29.18	29.44	29.36	29.20	28.99	29.43	29.39	29.09	29.21	29.29	28.43
Pb	0.09	0.08	0.07	0.09	0.11	0.09	0.08	0.09	0.13	0.09	0.11
Cu	33.61	33.78	33.69	33.74	33.72	33.82	33.83	33.35	33.72	33.60	32.85
Hg	0.07	0.11	0	0	0.19	0.15	0	0.15	0.02	0	0.09
Au	0	0	0	0	0	0	0.11	0	0	0	0
S	34.51	34.45	34.51	34.64	34.61	34.69	34.59	34.55	34.56	34.61	33.96
Total	97.50	97.88	97.66	97.68	97.62	98.26	98.00	97.30	97.65	97.64	95.47
Fe	0.982	0.988	0.986	0.980	0.985	0.984	0.984	0.981	0.981	0.983	0.976
Pb	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Cu	0.994	0.996	0.994	0.995	0.996	0.993	0.996	0.988	0.995	0.991	0.991
Hg	0.001	0.001	0	0	0.002	0.001	0	0.001	0	0	0.001
Au	0	0	0	0	0	0	0.001	0	0	0	0
Catsum	1.978	1.986	1.981	1.976	1.984	1.979	1.982	1.971	1.977	1.975	1.969
S	2.022	2.014	2.019	2.024	2.026	2.020	2.018	2.029	2.022	2.024	2.031

Mean - průměr z 10 bodových analýz; koeficienty empirických vzorců počítány na bázi 4 *apfu*.

**Tabulka 9** Chemické složení ullmannitu z Chříče (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fe	0.47	0.62	0.57	0.87	0.30	0.39	0.74	0.31	0.26	0.25	0.35
Ni	26.37	26.00	26.04	24.10	26.20	26.00	27.00	27.10	27.10	27.20	27.00
Cu	0.24	0.43	0.37	0.16	0.06	0.28	0.54	0.09	0.14	0.12	0.19
Sb	57.27	57.65	58.00	56.82	58.06	56.77	57.15	56.96	57.11	57.03	57.11
As	0.12	0.08	0.04	0.17	0.14	0.12	0	0.24	0.12	0.12	0.15
Se	0.79	0.59	0.69	0.73	0.40	1.14	1.11	0.41	0.85	1.24	0.69
S	14.34	14.60	14.50	13.61	14.59	14.35	14.04	14.54	14.26	14.24	14.64
Total	99.60	99.97	100.21	96.46	99.75	99.05	100.59	99.65	99.84	100.20	100.13
Fe	0.018	0.024	0.022	0.035	0.012	0.015	0.028	0.011	0.010	0.010	0.013
Ni	0.969	0.950	0.952	0.925	0.962	0.960	0.983	0.990	0.993	0.993	0.982
Cu	0.008	0.015	0.013	0.006	0.002	0.010	0.018	0.003	0.005	0.004	0.006
Catsum	0.995	0.989	0.987	0.966	0.976	0.985	1.029	1.004	1.008	1.007	1.001
Sb	1.015	1.016	1.022	1.052	1.028	1.011	1.004	1.004	1.009	1.004	1.001
As	0.004	0.002	0.001	0.005	0.004	0.004	0	0.007	0.003	0.003	0.004
Se	0.022	0.016	0.019	0.021	0.011	0.031	0.030	0.011	0.023	0.034	0.019
S	0.965	0.977	0.971	0.957	0.981	0.970	0.936	0.973	0.957	0.952	0.975
Ansum	2.006	2.011	2.013	2.035	2.024	2.016	1.970	1.995	1.992	1.993	1.999

Mean - průměr z 10 bodových analýz; koeficienty empirických vzorců počítány na bázi 3 *apfu*.

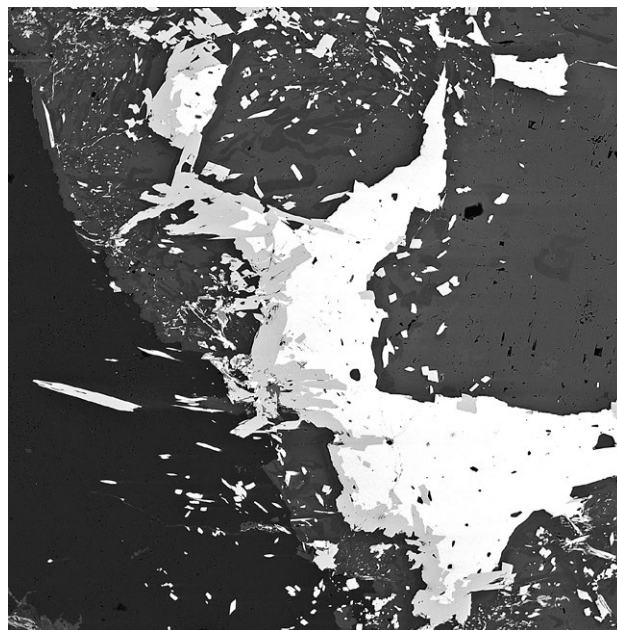
**Tabulka 10** Chemické složení jamesonitu z Chříče (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fe	2.86	2.46	2.49	2.54	4.98	3.08	2.79	2.83	2.44	2.49	2.52
Pb	38.66	38.86	39.50	38.83	36.67	38.66	38.35	39.48	37.71	39.26	39.25
Cu	0.07	0.08	0.06	0.07	0.04	0.08	0.07	0.06	0.08	0.06	0.05
Hg	0.13	0	0.31	0.26	0.15	0	0.06	0.30	0	0	0.18
Sb	35.87	36.47	36.13	35.57	34.17	35.77	36.25	35.74	37.02	35.70	35.86
S	21.80	22.14	22.36	21.79	20.67	21.80	21.84	21.93	21.90	21.72	21.89
Total	99.39	100.01	100.85	99.06	96.68	99.39	99.36	100.34	99.15	99.23	99.75
Fe	1.054	0.900	0.905	0.942	1.869	1.133	1.028	1.037	0.900	0.925	0.930
Pb	3.842	3.834	3.869	3.882	3.709	3.834	3.808	3.901	3.748	3.929	3.903
Cu	0.023	0.026	0.019	0.023	0.013	0.026	0.023	0.019	0.026	0.020	0.016
Hg	0.013	0	0.031	0.027	0.016	0	0.006	0.031	0	0	0.018
Catsum	4.932	4.760	4.824	4.874	5.607	4.993	4.865	4.988	4.674	4.874	4.867
Sb	6.066	6.124	6.023	6.051	5.882	6.037	6.125	6.010	6.261	6.080	6.068
S	14.000	14.116	14.153	14.075	13.511	13.970	14.011	14.002	14.065	14.046	14.065

Mean - průměr z 10 bodových analýz; koeficienty empirických vzorců počítány na bázi 25 *apfu*.

Až 1 mm velké kostrovité krystaly tvoří na lokalitě nehojný **galenit**. Srůstá s chalkopyritem, Ag-bohatým tetraedritem či boulangeritem (obr. 14), tvoří i výplň drobných trhlin žiloviny (obr. 15). Někdy jsou jeho zrna při okraji přeměněna v cerusit či ve směs cerusitu a anglesitu. Při studiu chemického složení galenitu (tab. 6) byla zjištěna příměs Se (0.02 *apfu*) a nízké obsahy Sb (0.002 *apfu*), Ag a Hg (do 0.001 *apfu*). Průměrný (10 bodových analýz) empirický vzorec galenitu z Chříče je možno na bázi 2 *apfu* vyjádřit jako  $Pb_{0.99}(S_{0.99}Se_{0.02})_{\Sigma 1.01}$ .

Poměrně často jsou v nábrusech zastoupeny minerály tetraedritové skupiny (**tetraedrit-freibergit**), tvořící nepravidelně omezená, často laločnatá či ostrohranná zrna o velikosti 10 - 50  $\mu m$  (obr. 16) zarůstající do pyritu a chalkopyritu v křemenu. V menší míře tvoří freibergit, případně i Ag-bohatý tetraedrit v křemenné žilovině ne-



**Obr. 18** Jehlicovitý agregát jamesonitu (světle šedý) srůstající s boulangeritem (bílý) v karbonátu; Chříč; šířka obrázku 0.8 mm; BSE foto O. Pour.

**Tabulka 11** Chemické složení boulangeritu z Chříče (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fe	0.45	0.40	0.50	0.44	0.46	0.42	0.49	0.53	0.46	0.40	0.40
Pb	54.95	54.64	54.70	54.51	55.85	54.86	55.28	54.98	55.18	55.08	54.44
Sb	26.46	26.72	26.69	26.67	26.54	25.97	26.59	26.41	26.33	26.29	26.42
Se	0.26	0.20	0.23	0.22	0.26	0.28	0.26	0.29	0.29	0.28	0.30
S	18.90	18.99	18.98	18.87	19.11	18.94	18.90	18.77	18.90	18.71	18.86
Total	101.02	100.95	101.10	100.71	102.22	100.47	101.52	100.98	101.16	100.76	100.42
Fe	0.149	0.132	0.165	0.146	0.150	0.139	0.161	0.176	0.152	0.133	0.133
Pb	4.896	4.861	4.857	4.866	4.923	4.904	4.910	4.910	4.914	4.941	4.870
Sb	4.012	4.045	4.033	4.052	3.981	3.951	4.019	4.014	3.990	4.014	4.023
Se	0.061	0.047	0.054	0.052	0.060	0.066	0.061	0.068	0.068	0.066	0.070
S	10.882	10.916	10.891	10.885	10.885	10.940	10.848	10.832	10.876	10.846	10.904

Mean - průměr z 10 bodových analýz; koeficienty empirických vzorců počítány na bázi 20 *apfu*.

**Tabulka 12** Chemické složení naumannitu z Chříče (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ag	74.56	71.74	73.33	74.80	74.00	75.01	74.53	75.50	75.45	75.63	75.60	75.59
Cu	0.22	0.24	0.47	0.36	0.33	0.38	0.26	0.04	0.06	0.04	0.03	0.05
Pb	0.12	0.39	0.08	0	0	0.04	0.59	0	0	0	0	0.03
Hg	0.07	0.08	0.08	0.14	0.15	0.08	0.11	0	0	0.05	0	0
Cd	0.07	0.01	0.06	0.09	0.06	0.07	0.06	0.12	0	0.10	0.11	0.10
Fe	0.60	0.44	0.47	0.55	0.49	0.50	0.55	0.83	0.77	0.72	0.68	0.84
Se	25.44	26.80	25.84	25.89	25.83	25.38	25.54	25.31	24.95	24.39	24.46	24.38
S	0.43	0.30	0.27	0.25	0.31	0.31	0.32	0.45	0.64	0.69	0.78	0.77
Total	101.51	100.00	100.60	102.10	101.19	101.77	101.96	102.25	101.89	101.64	101.66	101.76
Ag	1.989	1.941	1.975	1.988	1.982	2.001	1.989	1.998	1.998	2.010	2.005	2.001
Cu	0.010	0.011	0.021	0.016	0.015	0.017	0.018	0.002	0.003	0.002	0.001	0.002
Pb	0.002	0.005	0.001	0	0	0.001	0.008	0	0	0	0	0
Hg	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.001	0.002	0	0	0.001	0	0
Cd	0.002	0	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0	0.003	0.003	0.003
Fe	0.031	0.023	0.024	0.028	0.025	0.026	0.028	0.042	0.039	0.037	0.035	0.043
Catsum	2.035	1.981	2.024	2.036	2.026	2.048	2.047	2.045	2.040	2.053	2.044	2.049
Se	0.927	0.991	0.951	0.940	0.945	0.925	0.931	0.915	0.903	0.886	0.886	0.886
S	0.039	0.027	0.024	0.022	0.028	0.028	0.029	0.040	0.057	0.062	0.070	0.069
Ansum	0.966	1.018	0.975	0.962	0.973	0.953	0.960	0.955	0.960	0.948	0.956	0.955

Mean - průměr z 11 bodových analýz; koeficienty empirických vzorců počítány na bázi 3 *apfu*.

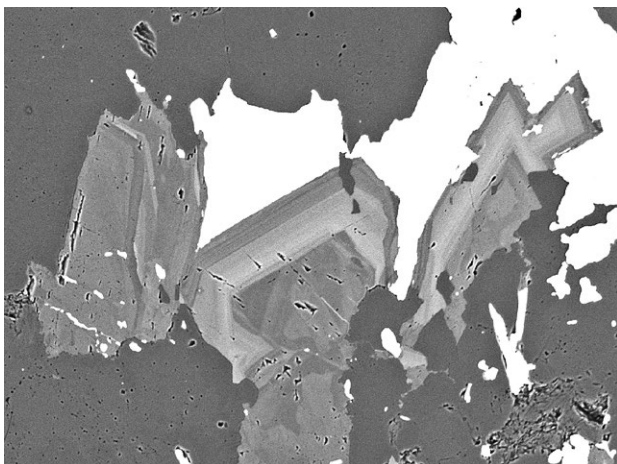
pravidelná zrna o velikosti do 0.5 mm či jejich agregáty a tenké žilky o rozměrech 20 × 1 μm. Často srůstají fáze stříbrem bohaté a chudé. Vzácněji tetraedrity srůstají se sfaleritem.

V BSE obraze jsou minerály tetraedritové skupiny výrazně zonální (obr. 16). Zonalita je vyvolána především změnami poměru Ag/Cu a v menší míře Zn/Fe, které navzájem nekorelují. Reprezentativní chemické analýzy minerálů tetraedritové skupiny z Chříče, stejně jako koeficienty empirických vzorců, jsou uvedeny v tabulce 7. Obsahy Ag byly zjištěny v širokém rozmezí od 0.26 do 5.86 apfu (obr. 17a); Fe (0.49 - 1.76 apfu) téměř vždy zřetelně

**Tabulka 13** Chemické složení clausthalitu, Se-bohatého stefanitu a stříbra z Chříče (hm. %)

Minerál	1 clausthalit	2	3	4	5	6
Ag	0	0.64	63.23	66.05	92.73	92.78
Cu	0.22	1.42	0.42	0.32	0.53	0.35
Pb	75.40	72.95	0	0	0	0
Hg	0	0	0	0.09	5.53	5.34
Cd	0	0	0	0	0.10	0.11
Fe	1.42	1.30	0.62	0.65	1.09	1.02
Sb	0	0	13.78	12.62	0.18	0.08
As	0	0	0	0	0.06	0.11
Se	16.56	23.87	7.97	8.01	0.20	0.89
S	5.49	2.24	10.19	9.64	0.22	0.07
Total	99.09	102.42	96.21	97.38	100.64	100.75
Ag	0	0.015	5.161	5.394	92.670	92.778
Cu	0.009	0.058	0.058	0.044	0.899	0.594
Pb	0.941	0.908	0	0	0	0
Hg	0	0	0	0.004	2.972	2.871
Cd	0	0	0	0	0.096	0.106
Fe	0.066	0.060	0.098	0.103	2.104	1.970
Sb	0	0	0.996	0.913	0.159	0.071
As	0	0	0	0	0.086	0.158
Catsum	1.016	1.041	6.313	6.458	98.986	98.548
Se	0.542	0.779	0.889	0.894	0.273	1.216
S	0.443	0.180	2.798	2.648	0.740	0.236
Ansum	0.985	0.959	3.687	3.542	1.013	1.452

Přepočet na bázi 2 apfu (clausthalit), 10 apfu (Se-bohatý stefanit), at. % (stříbro)



**Obr. 19** Zonální krystaly ankerit-dolomitu s antimonitem (bílý) a křemenem (černý); Chříč; šířka obrázku 0.4 mm; BSE foto Z. Dolníček.

převažuje nad Zn (pouze ve třech případech je Zn > Fe; obr. 17b); minoritní obsahy As se pohybují do 0.04 apfu. U části freibergit/tetraedritů byl zjištěn malý obsah Cd (max. 0.04 apfu). U většiny naměřených analýz je oproti ideální stechiometrii patrný deficit v obsahu síry, který roste se zvyšujícím se obsahem Ag (viz tab. 7). Přítomnost vakance v aniontové pozici je pro Ag-bohaté členy - freibergity - obvyklá (Moëlo et al. 2008). Z hlediska kvantitativního zastoupení byl v nábrusech přítomen v nejmenší míře tetraedrit s nízkým obsahem Ag (1.6 hm. % Ag), větší množství je Ag-bohatého tetraedritu (s obsahy do 10 hm. % Ag) a nejvíce je freibergitu (s 20 - 34.3 hm. % Ag).

Ojedinelá, až 1 mm velká nepravidelná zrna vytváří **chalkopyrit**, v němž bývají uzavřeny až 50 μm velké inkluze galenitu, Ag-bohatého tetraedritu či sfaleritu (obr. 11). Při studiu chemického složení chalkopyritu (tab. 8) byly zjištěny pouze minoritní obsahy Pb a Hg (0.001 apfu) a Au (0.0004 apfu). Průměrný (10 bodových analýz) empirický vzorec chalkopyritu z Chříče je možno na bázi 4 apfu vyjádřit jako  $Cu_{0.99}Fe_{0.98}S_{2.02}$ .

V poměrně malém množství jsou v arsenopyritu, Co-bohatém gersdorffitu či chalkopyritu (obr. 11) přítomna 10 - 20 μm velká zrna **ullmannitu**. Někdy ullmannit s Co-bohatým gersdorffitem srůstá (obr. 9). V křemenné žilovině bylo zjištěno jeho 0.1 mm velké zrno srůstající s chalkopyritem. Při studiu chemického složení ullmannitu (tab. 9) byly zjištěny malé příměsi Se a Fe (0.02 apfu), Cu (0.01 apfu) a As (0.004 apfu). Průměrný (10 bodových analýz) empirický vzorec ullmannitu z Chříče je možno na bázi 3 apfu vyjádřit jako  $Ni_{0.97}Sb_{1.01}S_{0.97}$ .

V podobě vzácných, nepravidelně omezených zrn o velikosti 5 - 30 μm, zarostlých v antimonitu, byl zjištěn **jamesonit** (obr. 13), jehož drobné jehlicovité krystaly též srůstají s boulangeritem v karbonátové žilovině (obr. 18). V jeho chemickém složení (tab. 10) se uplatňují malé příměsi Cu a Hg (0.02 a 0.01 apfu). Průměrný (10 bodových analýz) empirický vzorec jamesonitu z Chříče je možno na bázi 25 apfu vyjádřit jako  $Pb_{3.84}Cu_{0.02}Hg_{0.01}Fe_{1.05}Sb_{6.07}S_{14.00}$ .

Dalším ojedinělým rudním minerálem je **boulangerit** tvořící maximálně 0.3 mm dlouhé jehličky a podlouhlá zrna srůstající s galenitem (obr. 14), jamesonitem (obr. 18), či zarůstající samostatně do ankeritu (obr. 15). Drobnější zrna o velikosti 5 - 20 μm tvoří srůsty s arsenopyritem či tato zrna zarůstají do galenitu. Při studiu chemického složení boulangeritu (tab. 11) byly zjištěny pouze minoritní obsahy Fe (0.15 apfu) a Se (0.06 apfu). Průměrný (10 bodových analýz) empirický vzorec boulangeritu z Chříče je možno na bázi 20 apfu vyjádřit jako  $Pb_{4.90}Fe_{0.15}Sb_{4.01}(S_{10.88}Se_{0.06})_{10.94}$ .

V antimonitu se vzácně vyskytují 50 - 80 μm velká nepravidelně laločnatá zrna ryzího **antimonu** (obr. 12, 13), který obsahuje pouze nepatrné množství síry (0.10 hm. %), cínu (0.20 hm. %) a selenu (0.15 hm. %) (průměr osmi bodových měření na dvou zrnech).

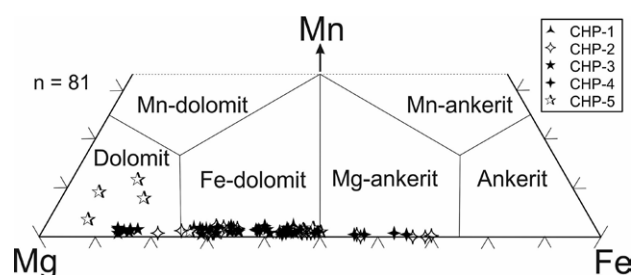
Dalším ryzím kovem je **stříbro**, tvořící ve studovaných nábrusech jedno velmi malé zrno (5 μm) zarostlé v karbonátu. V jeho chemismu (tab. 13) se vedle minoritních příměsí Fe, Se, As, Sb, Cd a S uplatňuje Hg (5.34 a 5.53 hm. %).

Vzácně byly v karbonátové žilovině z Chříče zjištěny i dva selenidy - naumannit a clausthalit. **Naumannit** tvoří několik drobných zrn o velikosti do 5 μm a žilkovitě agregát dlouhý 40 μm, srůstající s Ag-bohatým tetraedritem (obr. 16). Při studiu chemického složení naumannitu (tab. 12) byly zjištěny nepatrné obsahy Fe, Cu, Cd, Hg, Pb,

**Tabulka 14** Chemické složení karbonátů dolomit-ankeritové řady z Chříče (hm. %)

Číslo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
CaO	28.43	27.82	29.77	28.17	28.02	28.54	27.62	27.20	27.32	27.04	27.16	26.71	27.15	26.75
MgO	17.68	17.24	13.65	15.73	13.51	13.40	11.64	10.97	9.68	9.24	7.86	6.38	5.81	5.24
MnO	1.25	3.34	3.68	0.33	0.58	0.44	0.46	0.32	0.81	0.41	0.22	0.25	0.03	0.10
FeO	2.33	2.12	3.65	7.24	9.58	12.00	13.13	15.51	13.97	16.35	17.98	19.29	20.30	21.36
SO <sub>3</sub>	0	0.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.04	0	0
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0	0	0	0.07	0.14	0	0	0.16	0.29	0	0	0	0.19	0
Total	49.69	50.57	50.75	51.54	51.83	54.38	52.85	54.16	52.07	53.04	53.22	52.67	53.48	53.45
Ca <sup>2+</sup>	1.018	0.992	1.092	1.007	1.024	1.003	1.015	0.992	1.044	1.021	1.039	1.051	1.063	1.053
Mg <sup>2+</sup>	0.881	0.855	0.697	0.782	0.687	0.655	0.595	0.557	0.515	0.485	0.418	0.349	0.316	0.287
Mn <sup>2+</sup>	0.035	0.094	0.107	0.009	0.017	0.012	0.013	0.009	0.024	0.012	0.007	0.008	0.001	0.003
Fe <sup>2+</sup>	0.065	0.059	0.105	0.202	0.273	0.329	0.377	0.442	0.417	0.482	0.537	0.592	0.620	0.656
S <sup>6+</sup>	0	0.001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.001	0	0
P <sup>5+</sup>	0	0	0	0.002	0.004	0	0	0.005	0.009	0	0	0	0.006	0
Dol	89.8	84.8	76.7	78.7	70.3	65.7	60.4	55.3	53.8	49.6	43.5	36.8	33.7	30.3
Ktn	3.6	9.3	11.8	0.9	1.7	1.2	1.4	0.9	2.6	1.2	0.7	0.8	0.1	0.3
Ank	6.6	5.9	11.5	20.3	28.0	33.0	38.2	43.8	43.6	49.2	55.8	62.4	66.2	69.3

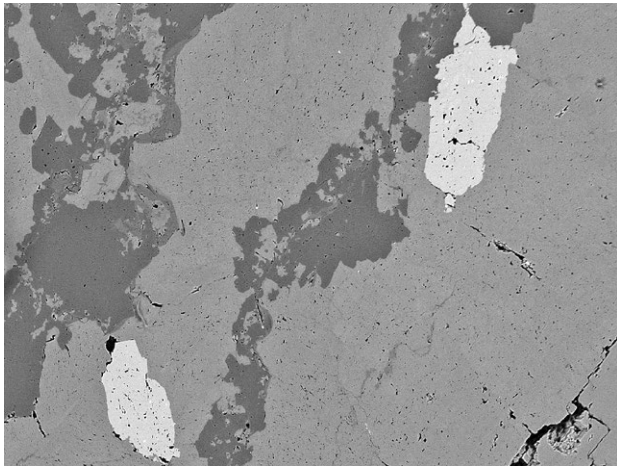
Normalizováno na Ca+Mg+Mn+Fe = 2, obsahy koncových členů v mol. %

**Obr. 20** Projekce chemického složení karbonátů dolomitové skupiny z Chříče v ternárním diagramu Trdličky a Hoffmana (1975).**Tabulka 15** Chemické složení muskovitu z Chříče (hm. %)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO <sub>2</sub>	51.65	50.55	49.26	48.12	50.55	50.82	50.35	49.56	49.50
TiO <sub>2</sub>	0.06	0.08	0	0	0.04	0	0.10	0.04	0
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0	0	0.38	0.11	0.13	0.12	0.10	0.13	0.26
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	29.10	32.17	33.79	33.73	33.99	28.10	28.40	34.12	33.37
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.05	0.10	0.16	0.16	0.15	0.09	0.09	0.19	0.17
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0	0	0	0.09	0	0.08	0	0
FeO	1.29	0.82	0.62	0.71	0.94	1.46	1.41	0.61	0.76
MgO	3.12	1.98	1.12	0.49	1.05	4.03	3.21	1.02	1.05
CaO	0.06	0.07	0.06	0.08	0.23	0.07	0.07	0.11	0.08
BaO	1.08	0.49	0	0	0.22	1.09	1.86	0	0
Na <sub>2</sub> O	0.10	0.11	0	0	0.15	0	0.15	1.72	1.27
K <sub>2</sub> O	7.44	7.44	9.14	9.45	7.30	7.41	7.87	8.78	9.34
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> O	0.50	0.37	0	0	0.48	1.00	0.70	0	0
Total	94.45	94.18	94.53	92.85	95.42	94.19	94.39	96.28	95.80
Si <sup>4+</sup>	3.412	3.322	3.238	3.233	3.269	3.382	3.373	3.218	3.237
Ti <sup>4+</sup>	0.003	0.004	0	0	0.002	0	0.005	0.002	0
P <sup>5+</sup>	0	0	0.021	0.006	0.013	0.007	0.006	0.007	0.014
Al <sup>3+</sup>	2.266	2.492	2.618	2.671	2.581	2.204	2.242	2.611	2.572
V <sup>3+</sup>	0.003	0.005	0.008	0.009	0.008	0.005	0.005	0.010	0.009
Cr <sup>3+</sup>	0	0	0	0	0.005	0	0.004	0	0
Fe <sup>2+</sup>	0.071	0.045	0.034	0.040	0.051	0.081	0.079	0.033	0.042
Mg <sup>2+</sup>	0.307	0.194	0.110	0.049	0.101	0.400	0.321	0.099	0.102
Ca <sup>2+</sup>	0.004	0.005	0.004	0.006	0.016	0.005	0.005	0.008	0.006
Ba <sup>2+</sup>	0.028	0.013	0	0	0.006	0.028	0.049	0	0
Na <sup>+</sup>	0.013	0.014	0	0	0.019	0	0.019	0.217	0.161
K <sup>+</sup>	0.627	0.624	0.767	0.810	0.602	0.629	0.673	0.727	0.779
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.076	0.056	0	0	0.072	0.154	0.108	0	0
Total	6.809	6.773	6.800	6.823	6.755	6.895	6.888	6.931	6.921

Normalizováno na 11 atomů kyslíku

Cu a S. Průměrný (10 bodových analýz) empirický vzorec naumannitu z Chříče je možno na bázi 3 *apfu* vyjádřit jako  $\text{Ag}_{1.99}\text{Fe}_{0.03}\text{Cu}_{0.01}(\text{Se}_{0.93}\text{S}_{0.04})_{\Sigma 0.97}$ . S naumannitem srůstá jedno 5  $\mu\text{m}$  velké zrno selenem bohatého **stefanitu**. Při studiu jeho chemického složení (tab. 13) byl zjištěn vedle minoritních obsahů Fe (0.10 *apfu*) a Cu (0.05 *apfu*) především zvýšený obsah Se (0.89 *apfu*). Průměrný (dvě bodové analýzy) empirický vzorec stefanitu z Chříče je možno na bázi 10 *apfu* vyjádřit jako  $\text{Ag}_{5.28}\text{Sb}_{0.95}\text{Cu}_{0.05}\text{Fe}_{0.10}(\text{S}_{2.72}\text{Se}_{0.89})_{\Sigma 3.61}$ .



**Obr. 21** Dvě zrna fluorapatitu (světle šedá) v ankeritu (tmavošedá) a křemenu (černá); Chříč; šířka obrázku 0.8 mm; BSE foto Z. Dolníček.

Spolu s naumannitem byl zjištěn **clausthalit**, tvořící v karbonátové žilovině cca 5  $\mu\text{m}$  velká zrna srůstající s chalkopyritem. Vedle minoritního obsahu Fe (0.06 *apfu*) obsahuje poměrně velký podíl S (0.18 a 0.44 *apfu*) (tab. 13).

Dalších několik ojedinělých sulfidických minerálů bylo identifikováno v nábrusech energiově disperzním spektrometrem. V agregátu jemně zrnitého pyritu v chloritu a albitu bylo zjištěno cca 30  $\mu\text{m}$  velké zrno **kobaltinu**, jehož průměrný (dvě bodové analýzy) empirický vzorec je možno vyjádřit jako  $(\text{Co}_{0.88}\text{Fe}_{0.07}\text{Ni}_{0.03})_{\Sigma 0.98}\text{As}_{0.99}\text{S}_{1.00}$ . V obdobné asociaci byla zjištěna drobná zrna, 5 - 30  $\mu\text{m}$  velká, **costibitu** s průměrným (dvě bodové analýzy) empirickým vzorcem  $(\text{Co}_{0.89}\text{Ni}_{0.11})_{\Sigma 1.00}\text{Sb}_{1.04}\text{S}_{1.00}$ . Tenký lem korodovaného 50  $\mu\text{m}$  velkého zrna pyritu a kolem 5  $\mu\text{m}$  velké kulovité agregáty tvoří **Co-bohatý gersdorffit**, který též srůstá s ullmannitem (obr. 9). Jeho průměrný (šest bodových stanovení) empirický vzorec je  $(\text{Ni}_{0.74}\text{Co}_{0.26})_{\Sigma 1.00}\text{As}_{1.06}\text{S}_{1.00}$ . Ojedinělé zrno o velikosti 5  $\mu\text{m}$ , které srůstá s pyritem a gersdorffitem, vytváří **bournonit** s empirickým vzorcem  $\text{Cu}_{1.03}\text{Pb}_{1.07}\text{Sb}_{1.09}\text{S}_3$ . Ojedinělým minerálem je i zinkem bohatý **greenockit**, tvořící 10  $\mu\text{m}$  velká zrna srůstající se sfaleritem v asociaci s boulangeritem. Jeho průměrný (tři bodové analýzy) empirický vzorec je  $(\text{Cd}_{0.68}\text{Zn}_{0.35})_{\Sigma 1.03}\text{S}_{1.00}$ .

Vedle hlavní křemenné složky žiloviny jsou ve studovaných vzorcích přítomny v menším množství i **karbonáty dolomitové skupiny**, které patří k vývojově mladší mineralizaci zdejších žil. Karbonáty tvoří v křemenu většinou drobná, maximálně několik mm velká zonální zrna (obr. 15) a žilkovité útvary. V ploše nábrusů byly též zjištěny kolem 0.1 mm velké zonální krystaly (obr. 19) v antimonitu s berthieritem. V obraze BSE je karbonát dolo-

**Tabulka 16** Chemické složení fluorapatitu z Chříče (hm. %)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO <sub>2</sub>	0.24	0	0.9	0	0	0	0	0	0	0
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	40.69	41.25	38.58	41.46	41.74	41.17	41.34	41.67	41.40	42.08
As <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0	0.97	0	0	0.99	0	0	0	0	0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.20	0.11	1.21	0.05	0	0	0.08	0.05	0.13	0.08
Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0.13	0.26	0	0.17	0	0.14	0	0	0
FeO	0.38	0.43	2.09	0.16	0.19	0.08	0.07	0.07	0.14	0.38
MgO	0.06	0	0.44	0	0	0	0	0	0	0
CaO	54.44	54.27	50.12	54.84	54.60	55.27	53.71	54.95	54.54	54.72
SrO	0	0.27	0.27	0.67	0.51	0.31	0.24	0.24	0.30	0.29
F	3.80	3.70	3.41	4.21	4.08	4.19	3.96	4.18	4.39	4.22
O=F	-1.60	-1.56	-1.44	-1.77	-1.72	-1.76	-1.67	-1.76	-1.85	-1.78
Total	98.21	99.57	95.84	99.62	100.56	99.26	97.87	99.40	99.05	99.99
Si <sup>4+</sup>	0.021	0	0.079	0	0	0	0	0	0	0
P <sup>5+</sup>	2.956	2.960	2.875	2.982	2.971	2.972	3.008	2.993	2.989	3.002
As <sup>5+</sup>	0	0.043	0	0	0.044	0	0	0	0	0
Subtotal	2.976	3.002	2.955	2.982	3.014	2.972	3.008	2.993	2.989	3.002
Al <sup>3+</sup>	0.020	0.011	0.126	0.005	0	0	0.008	0.005	0.013	0.008
Ce <sup>3+</sup>	0	0.004	0.008	0	0.005	0	0.004	0	0	0
Fe <sup>2+</sup>	0.027	0.030	0.154	0.011	0.013	0.006	0.005	0.005	0.010	0.027
Mg <sup>2+</sup>	0.008	0	0.058	0	0	0	0	0	0	0
Ca <sup>2+</sup>	5.004	4.927	4.727	4.992	4.918	5.049	4.945	4.994	4.983	4.941
Sr <sup>2+</sup>	0	0.013	0.014	0.033	0.025	0.015	0.012	0.012	0.015	0.014
Subtotal	5.060	4.986	5.086	5.042	4.961	5.070	4.975	5.016	5.021	4.990
F <sup>-</sup>	1.031	0.992	0.949	1.131	1.085	1.130	1.076	1.121	1.184	1.125

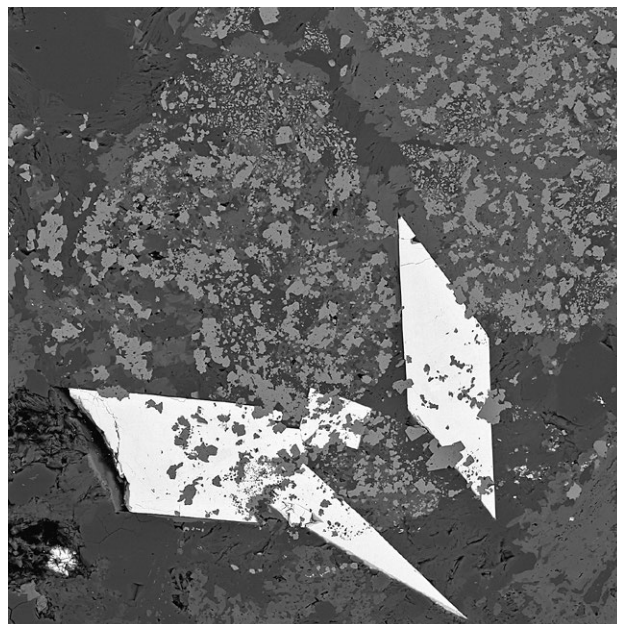
Normalizováno na 12.5 atomů kyslíku

mitové skupiny zonální: hořečnatější karbonát je tmavší, železnatější je světlejší. Hlavními složkami studovaných karbonátů jsou CaO (26.8 - 31.3 hm. %), FeO (2.1 - 21.2 hm. %) a MgO (5.2 - 17.7 hm. %), ve vedlejším množství se vyskytuje MnO (0.03 - 3.7 hm. %). U několika analýz byly zjištěny i nepatrně zvýšené obsahy  $P_2O_5$  (max. 1.34 hm. %) a  $SO_3$  (max. 0.09 hm. %). Obsah dolomitové molekuly ve studovaných karbonátech kolísá mezi 30.3 a 89.8 mol. %, obsah ankeritové molekuly mezi 5.9 a 69.3 mol. % a obsah kutnohoritové molekuly mezi 0.1 a 11.8 mol. %. Pokud bychom se přidrželi klasifikačního schématu Trdlíčky a Hoffmana (1975), můžeme konstatovat, že na studované lokalitě převažují Fe-bohaté dolomity nad dolomity a Mg-bohatými ankerity (tab. 14, obr. 20). Kalcit v žilovině nábrusů zjištěn nebyl.

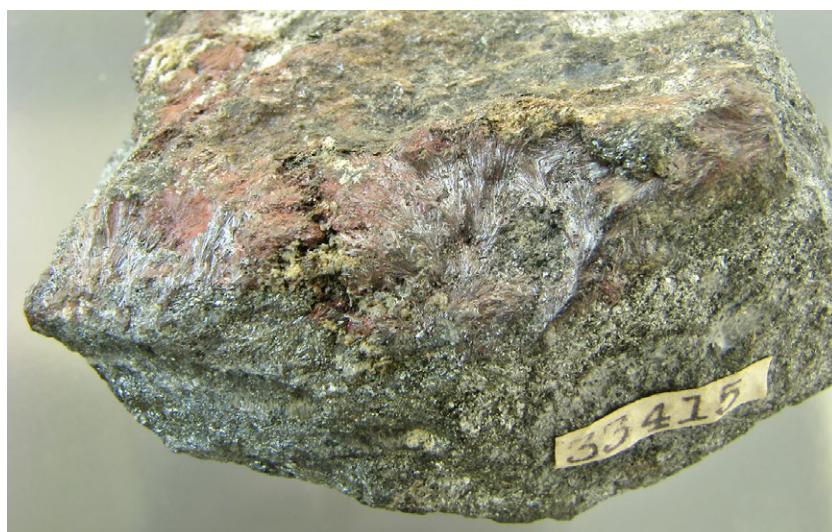
V malém množství se v karbonátech v asociaci s rutilem a fluorapatitem vyskytují hypautomorfně omezené šupinkovité agregáty **světlé slídy** o rozměrech do 0.1 mm. Po chemické stránce (tab. 15) jde podle klasifikace Riedera et al. (1998) o **muskovit** až **illit** (suma uvažovaných mezivrstevních kationtů se pohybuje mezi 0.73 a 0.96 *apfu*) s mírně zvýšeným obsahem V (0.05 - 0.19 hm. %  $V_2O_5$ ), Ba (max. 1.86 hm. % BaO) a v některých případech i  $NH_4$  (max. 0.11 *apfu*).

Poměrně častý je **fluorapatit**, který vytváří v karbonátech 5 - 200  $\mu m$  velká xenomorfní okrouhlá a podlouhlá individua (obr. 21), úzce asociující s muskovitem a rutilem. Obsahuje především zvýšenou příměs Fe (max. 2.09 hm. % FeO), Al (max. 1.25 hm. %  $Al_2O_3$ ), Sr (max. 0.67 hm. % SrO) a v jednotlivých případech i Ce (0.26 hm. %  $Ce_2O_3$ ), Mg (max. 0.44 hm. % MgO) a As (max. 0.99 hm. %  $As_2O_5$ ). Obsah P+As+Si se pohybuje mezi 2.98 a 3.01 *apfu*, takže nelze předpokládat významnější podíl karbonátapatitové molekuly (tab. 16).

Až 50 - 200  $\mu m$  velká xenomorfní okrouhlá zrna asociující s arsenopyritem, někdy i s muskovitem či fluorapatitem, tvoří **rutil**. Většinou jeho individua zarůstají do karbonátové žiloviny, vzácně byly zjištěny i jeho 5 - 10  $\mu m$  velké, tvarově členité vrostlice v pyritu či arsenopyritu (obr. 22). Jde o čistý  $TiO_2$  bez příměsí Fe či Mn. Poměrně vzácný je **baryt**, jehož 100  $\mu m$  velké zrno srůstá s berthieritem a antimonitem. Ojedinele bylo v křemenné matrici zjištěno 5  $\mu m$  velké okro-



Obr. 22 Jemnozrný agregát zrn rutilu (tmavě šedý) v karbonátové žilovině i ve starších krystalech arsenopyritu (bílý); Chříč; šířka obrázku 0.25 mm; BSE foto O. Pour.



Obr. 23 Kermesit z Chříče, velikost 8 × 6 cm, sbírka Národního muzea v Praze, inv. č. 33415. Foto D. Velebil.

Obr. 24 Kermesit z Chříče (detail), šířka záběru 3 mm, sbírka Národního muzea v Praze, inv. č. 33415. Foto L. Vrtiška.





uhlé zrno **zirkonu**. V malém množství byla zaznamenána i 5 - 10  $\mu\text{m}$  velká xenomorfní individua **monazitu-(Ce)**.

Nově byl analyzován **kermesit** z Chříče, který je uložen ve sbírkách Národního muzea v Praze pod evidenčním číslem P1N 33.415 (obr. 23, 24) a byl původně označen jako *pyrostibit*. Jde patrně o vzorek, o kterém se zmiňuje K. Tuček jako o *pyrantimonitu* z Chříče v To-

pografické mineralogii Čech (Kratochvíl 1958). Tento ojedinělý vzorek, který se z této lokality dochoval, tvoří kolem 1 cm dlouhé, jemně paprscitě vláknité rudohnědé agregáty narůstající na jemnozrnný antimonit. Vzorek o rozměrech 8  $\times$  6 cm pochází od J. Kratochvíla.

Rentgenová prášková data kermesitu z Chříče (tab. 17) dobře odpovídají publikovaným údajům. Zpřesněně

**Tabulka 17** Rentgenová prášková data kermesitu z Chříče

<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d</i> <sub>obs</sub>	<i>I</i> <sub>obs</sub>	<i>d</i> <sub>calc</sub>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d</i> <sub>obs</sub>	<i>I</i> <sub>obs</sub>	<i>d</i> <sub>calc</sub>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d</i> <sub>obs</sub>	<i>I</i> <sub>obs</sub>	<i>d</i> <sub>calc</sub>
0	-1	1	5.311	100	5.419	-2	3	1	2.5259	1	2.5288	-4	4	1	1.6923	2	1.6931
0	2	0	5.059	4	5.060	1	-2	2	2.4968	20	2.4876	3	0	2	1.6824	5	1.6822
1	-2	0	4.797	1	4.809	0	-3	2	2.4639	2	2.4714	-3	-2	3	1.6552	<1	1.6546
0	-2	1	4.332	34	4.336	1	-3	2	2.3221	<1	2.3258	-2	2	3	1.6430	<1	1.6434
1	0	1	4.085	26	4.066	-3	0	2	2.1640	2	2.1604	-4	3	2	1.6272	<1	1.6249
-2	0	0	3.881	<1	3.873	1	-4	2	2.0975	2	2.0959	-3	6	0	1.6021	<1	1.6028
-1	-2	1	3.809	<1	3.808	2	0	2	2.0132	1	2.0127	2	-6	2	1.5671	<1	1.5664
-2	-1	1	3.332	5	3.342	-4	1	0	1.9976	<1	1.9941	1	-5	3	1.5426	<1	1.5421
0	2	1	3.311	12	3.300	-4	0	1	1.9840	<1	1.9852	2	3	2	1.5244	<1	1.5248
1	-3	1	3.139	2	3.133	-1	-5	1	1.9420	<1	1.9407	0	6	1	1.5018	<1	1.5026
2	-1	1	2.995	1	3.002	-2	-4	0	1.9139	1	1.9147	-5	2	2	1.4905	<1	1.4909
2	-3	0	2.924	3	2.922	0	3	2	1.8924	3	1.8910	4	2	1	1.4847	<1	1.4829
-1	0	2	2.807	<1	2.803	-3	-3	0	1.8423	<1	1.8443	0	-6	3	1.4457	1	1.4454
-2	-2	0	2.764	1	2.766	-3	-3	2	1.8244	<1	1.8248	-1	-2	4	1.4423	1	1.4437
0	0	2	2.736	2	2.734	-1	-5	2	1.8065	4	1.8078	4	-6	1	1.4272	<1	1.4281
-1	3	1	2.706	64	2.705	-4	1	2	1.7909	2	1.7906	0	-2	4	1.4190	<1	1.4184
-1	-2	2	2.671	2	2.671	3	2	1	1.7832	4	1.7845	-2	4	3	1.3856	<1	1.3862
-3	1	0	2.652	18	2.663	0	5	1	1.7525	<1	1.7518	5	-5	1	1.3510	2	1.3509
-3	1	1	2.5889	2	2.5873	2	-5	2	1.7370	<1	1.7356	-2	-6	3	1.3489	<1	1.3476
0	-4	1	2.5732	3	2.5731	0	1	3	1.7150	2	1.7154						

**Tabulka 18** Parametry základní cely kermesitu (pro triklinickou prostorovou grupu P-1)

	tato práce	Hybler, Ďurovič (2013)
<i>a</i> [Å]	8.1411(8)	8.1416(3)
<i>b</i> [Å]	10.7001(10)	10.6968(3)
<i>c</i> [Å]	5.7823(5)	5.7840(1)
$\alpha$ [°]	102.740(5)	102.787(2)
$\beta$ [°]	101.100(6)	101.020(3)
$\gamma$ [°]	101.040(7)	100.983(2)
<i>V</i> [Å <sup>3</sup> ]	467.5(8)	497.69

**Tabulka 19** Chemické složení kermesitu z Chříče (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5	6	7
Sb	74.96	75.35	74.86	75.34	74.79	74.71	75.10	74.58
Pb	0.28	0	0	0.43	0.18	0.18	0.63	0.51
Fe	0.06	0	0.09	0	0.08	0.20	0	0.05
As	0.06	0.08	0.05	0.12	0.02	0.06	0.04	0.07
S	19.08	19.03	18.96	19.25	19.08	19.31	19.38	18.52
O*	5.33	5.38	5.35	5.32	5.28	5.21	5.19	5.54
Total	99.76	99.84	99.31	100.46	99.43	99.67	100.34	99.27
Sb	2.029	2.040	2.035	2.024	2.027	2.010	2.014	2.051
Pb	0.004	0	0	0.007	0.003	0.003	0.010	0.008
Fe	0.004	0	0.005	0	0.005	0.012	0	0.003
As	0.003	0.004	0.002	0.005	0.001	0.003	0.002	0.003
Total	2.040	2.044	2.043	2.036	2.036	2.027	2.026	2.066
S	1.960	1.956	1.957	1.964	1.964	1.973	1.974	1.934
O	1.097	1.109	1.107	1.087	1.089	1.067	1.060	1.160

Mean - průměr ze sedmi bodových analýz; normalizováno na bázi 4 *apfu* (bez O); \*O dopočten na základě vyrovnání nábojových bilancí

parametry jeho základní cely jsou v tabulce 18 porovnány s publikovanými údaji pro tento minerální druh. Při studiu chemického složení kermesitu (tab. 19) bylo v kationtové části vzorce vedle převládajícího Sb zjištěno i minoritní zastoupení Pb, Fe a As nepřevyšující v průměru 0.04 *apfu*. Empirický vzorec kermesitu z Chříče (průměr sedmi bodových analýz) je možno vyjádřit jako  $Sb_{2.03}S_{1.96}O_{1.10}$ . Charakter vzorku kermesitu (asociace se zvětráváním nenarušeným antimonitem) nasvědčuje vzniku tohoto minerálu v rámci nízkoteplotního závěru hydrotermálního procesu.

### Supergenní mineralizace

Vedle již dříve popsanych supergenních minerálů byly v nábrusech v asociaci s galenitem zjištěny povlaky **cerusitu** a **anglesitu**, které tvoří většinou směsné agregáty. Analyticky (EDS) byla též detekována až 0.5 mm velká zrna **pyromorfitu**, který obsahuje značný podíl Ca (max. 6 hm. % CaO). Dutiny celistvých agregátů antimonitu, vzácněji berthieritu, ojediněle vyplňují až 40  $\mu$ m velké agregáty čistého Sb-oxidu, pravděpodobně **valentinitu**. Dalším poměrně běžným minerálem je **jarosit**, který tvoří žluté práškovité agregáty na navětralé žilovině s pyritem. Identifikován byl EDS mikroanalýzou.

### Závěr

Na opuštěném ložisku antimonových rud Chříč u Rakovníka byla nově zjištěna bohatá sulfidická asociace zahrnující vedle antimonitu, pyritu a arsenopyritu i řadu dalších rudních minerálů, které se zde ale vyskytují většinou jen velmi řídko a v malých rozměrech. Pozoruhodná je přítomnost minerálů s vysokým obsahem stříbra a selenu (Ag-bohatý tetraedrit, freibergit, naumannit, clauthalit a Se-bohatý stefanit).

Nejstarším rudním minerálem na tomto ložisku je pyrit, který je ale přítomen jako součást spessartitu. Vzhledem k tomu, že se v této žilné hornině nacházejí i drobné útržky černých břidlic obsahující pyrit, není vyloučeno, že přinejmenším část pyritu v žilné hornině vznikla přepracováním tohoto materiálu. Z minerálů evidentně hydrotermálního původu je nejstarší arsenopyrit, který je většinou rozptýlený v hydrotermálně alterované (karbonatizované) žilné magmatické hornině. V sukcesi následuje zdejší hlavní rudní minerál - antimonit, doprovázený berthieritem, jamesonitem a antimonem. Tyto minerály jsou vždy spojeny se vznikem křemene. Následující etapa přínosu rudních minerálů je spjata se vznikem karbonátových žilek, ve kterých se vyskytují hlavně sfalerit, galenit, chalkopyrit a boulangerit. Sem je možné zařadit také všechny minerály obsahující Ag, Se i ostatní zjištěné rudní minerály. Vznik kermesitu je s největší pravděpodobností vázán na finální nízkoteplotní fázi hydrotermálního procesu. Naproti tomu je výskyt chapmanitu spíše produktem supergenního zvětrávání primární Sb mineralizace.

Jednoznačně nejmladšími minerály jsou pak produkty větrání rudních minerálů v povrchových podmínkách - jarosit, cerusit, anglesit, valentinit a samozřejmě všudypřítomný *limonit*.

### Poděkování

Autoři děkují za poskytnutí důležitých informací P. Jakubíčkoví a J. Kounovskému ze Chříče, D. Velebilovi z Národního muzea v Praze za pořízení fotografií minerálů, Karlu Babkovi z Prahy za pomoc při tvorbě tabulek chemických analýz, T. Vorlovi a Vl. Žáčkovi z ČGS za petrografii žilné horniny. Část výzkumných prací byla financována z projektu Grantové agentury ČR s číslem 17-15700S. Předložená práce vznikla za finanční podpory Ministerstva kultury v rámci institucionálního financování dlouhodobého koncepčního rozvoje výzkumné organizace Národní muzeum (DKRVO 2019-2023/1.II.a, 00023272). Účast K. Žáka a L. Ackermana byla dále podpořena financováním v rámci RVO67985831.

### Literatura

- BERNARD JH, ČECH F, DÁVIDOVÁ Š, DUDEK A, FEDIUK F, HOVORKA D, KETTNER R, KODĚRA M, KOPECKÝ L, NĚMEC D, PADĚRA K, PETRÁNEK J, SEKANINA J, STANĚK J, ŠIMOVA M (1981) Mineralogie Československa. Academia Praha
- FEISTMANTEL C (1858) Neues Vorkommen von Antimon-glanz in Böhmen. Lotos 8: 235
- GRÖGLER J (1891) Exposé vom Jahre 1891 über den Antimonbergbau bei dem Dorfe Křič (Böhmen). MS, Příbram
- HAJNÁ J, ŽÁK J, KACHLÍK V, DÖRR W, GERDES A (2013) Neoproterozoic to early Cambrian Franciscan-type mélanges in the Teplá-Barrandian unit, Bohemian Massif: evidence of modern-style accretionary processes along the Cadomian active margin of Gondwana? Precamb Res 224: 653-670
- HAJNÁ J, ŽÁK J, DÖRR W (2017) Time scales and mechanisms of growth of active margins of Gondwana: a model based on detrital zircon ages from the Neoproterozoic to Cambrian Blovice accretionary complex, Bohemian Massif. Gondw Res 42: 63-83
- HAJNÁ J, ŽÁK J, DÖRR W, KACHLÍK V, SLÁMA J (2018) New constraints from detrital zircon ages on prolonged, multiphase transition from the Cadomian accretionary orogen to a passive margin of Gondwana. Precamb Res 317: 159-178
- HAJNÁ J, ŽÁK J, ACKERMAN L, SVOJTKA M, PAŠAVA J (2019) A giant late Precambrian chert-bearing olistostrome discovered in the Bohemian Massif: A record of Ocean Plate Stratigraphy (OPS) disrupted by mass-wasting along an outer trench slope. Gondw Res, in press
- HYBLER J, DUROVIČ S (2013) Kermesite,  $Sb_2S_2O$ : crystal structure revision and order - disorder interpretation. Acta Crystallogr B 69
- IRMLER A (1915) Oblasti antimonových rudních výskytů v Čechách. Horn-hutn listy 10: 169-171
- KATZER F (1894) Hoferit, ein neues Mineral der Nontronitgruppe von Křitz bei Rakonitz. Tschermaks mineral petrogr Mitt 14(1): 519
- KATZER F (1904) Notizen zur Geologie von Böhmen. VI. Zur geologischen Kenntnis des Antimonitvorkommens von Křitz bei Rakonitz. Verhandl der k k geol Reichsanst 12: 263-268

- KRATOCHVÍL J (1958) Topografická mineralogie Čech II (H-Ch). NČSAV, Praha
- LAUGIER J, BOCHU B (2011) LMGP-Suite of Programs for the Interpretation of X-ray Experiments. <http://www.ccp14.ac.uk/tutorial/lmgp>, přístup duben 2011
- MALEC J, NOVÁK F (1982) Mineralogicko-geochemické studium těžkých minerálů pro úkol „Šlichová prospekce jz. části Českého masivu“. MS, Ústav nerostných surovin, Kutná Hora, archiv ČGS-Geofond GF P 111552
- MÓELO Y, MAKOVICKY E, MOZGOVA NN, JAMBOR JL, COOK N, PRING A, PAAR W, NICKEL E, GRAESER S, KARUP-MØLLER S, BALIČ-ŽUNIČ T, MUMME WG, 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: 7-46
- POUCHOU J, PICOIR F (1985) „PAP“ (ppz) procedure for improved quantitative microanalysis. In: Armstrong JT (ed): *Microbeam Analysis*: 104-106. San Francisco Press San Francisco
- REUSS AE (1858) *Mineralogische Notizen aus Böhmen*. *Lotos* 6: 258
- RIEDER M, CAVAZZINI G, D'YAKONOV YS, KAMENETSKII VAF, GOTTARDI G, GUGGENHEIM S, KOVAL' PV, MUELLER G, NEIVA AMR, RADOSLOVICH EW, ROBERT JL, SASSI FP, TAKEDA H, WEISS Z, WONES DR (1998) Nomenclature of micas. *Can Mineral* 36: 905-912
- SOBOTKA J (1965a) Doly na antimon v Čechách. Národní muzeum v Praze a Společnost Národního muzea 23 s
- SOBOTKA J (1965b) Die Identität des Hoferits mit dem Chapmanit und der Chapmanit aus Boněnov. *Acta Univ Carol Geol* 2: 129-140
- SVOBODA J (1942) Výskyt antimonitu u Chřiče na Rakovnicku. MS, Geofond Praha 1-13 GF P002536
- TRDLIČKA Z, HOFFMAN V (1975) Untersuchungen der chemischen Zusammensetzung der Gangkarbonate von Kutná Hora (ČSSR). *Freiberg Forschungshefte* 6: 29-81
- ZIMMERHAKL P (1982) Distribuce zlata a zhodnocení jeho akumulací v křivoklátsko-rokycanském pásmu a přilehlém proterozoiku. MS, diplomová práce, PŘF UK Praha