

Řepová u Mohelnice - mineralogicky nejpestřejší žilný rudní výskyt v moravskoslezském kulmu

Řepová near Mohelnice - mineralogically the most diverse ore vein mineralization in the Moravo-Silesian Culm

ZDENĚK DOLNÍČEK^{1)*}, MIROSLAV NEPEJCHAL²⁾ A JANA ULMANOVÁ¹⁾

¹⁾Mineralogicko-petrologické oddělení, Národní muzeum, Cirkusová 1740, 193 00 Praha 9 - Horní Počernice;

*e-mail: zdenek_dolnicek@nm.cz

²⁾Žižkova 8, 787 01 Šumperk

DOLNÍČEK Z, NEPEJCHAL M, ULMANOVÁ J (2019) Řepová u Mohelnice - mineralogicky nejpestřejší žilný rudní výskyt v moravskoslezském kulmu. Bull Mineral Petrolog 27(1): 109-135 ISSN 2570-7337

Abstract

The ore occurrence Řepová near Mohelnice is formed by NE-SW-trending hydrothermal ore veins, which are arranged concurrently with strata of the host greywackes and conglomerates of the Mírov „Culm“. Primary and secondary mineralizations were studied in terms of mineral and crystal-chemical compositions, resulting in discovery of 32 primary and 8 secondary phases. The gangue is formed by baryte (with up to 0.27 wt. % SrO), carbonates (Fe-rich dolomite to Mg-rich ankerite, siderite to Mg-rich siderite) and quartz. Ore minerals, locally disseminated in the gangue, are dominated by galena (containing up to 0.4 wt. % Ni, 1.4 wt. % Ag and 1.6 wt. % Sb) and sphalerite (with up to 1.2 wt. % Fe, 0.3 wt. % Cd and 2.4 wt. % Hg). Numerous other accessory ore minerals are mostly enclosed in galena, including millerite, gersdorffite, ullmannite, siegenite, cobaltite, arsenopyrite, pyrite, marcasite, chalcopyrite, tetrahedrite (with up to 16.4 wt. % Ag), freibergite, Ag-amalgams, bournonite, cinnabar, acanthite and gold (electrum with up to 2.9 wt. % Hg). Secondary minerals are represented by cerussite, anglesite, smithsonite, pyromorphite, covellite, *limonite* and *manganomelane*. In addition, four new mineral phases have been recognized, showing the following compositions: Ni₂S₃, Co₂S₃, (Ni, Cu, Fe, Zn)₁₄Sb₇S₂₇, and HgSO₄·~2.5 - 4.9 H₂O. The ore deposit Řepová is the mineralogically most diverse hydrothermal vein mineralization in the whole Moravo-Silesian Culm. In addition, the unique features include also the occurrence of numerous Co- and Ni-sulphides and minerals rich in As, Sb, Ag and Hg and also unusual chemical composition of some „common“ phases. The observed enrichment in Co and Ni can be associated with leaching of these elements by hydrothermal fluids from the underlying and neighbouring Zábřeh Crystalline Complex containing bodies of amphibolites and serpentinites. The textural features, mineral assemblage, chemical composition of individual minerals and character of fluid inclusions indicate low-temperature crystallization conditions, which are in accordance with presupposed origin of this mineralization during the Late Variscan metallogenic epoch.

Key words: baryte vein, sulphidic mineralization, galena, sphalerite, gold, Ni-Co sulphides, Řepová, Moravo-Silesian Culm

Obdrženo 20. 3. 2019; přijato 14. 6. 2019

Úvod

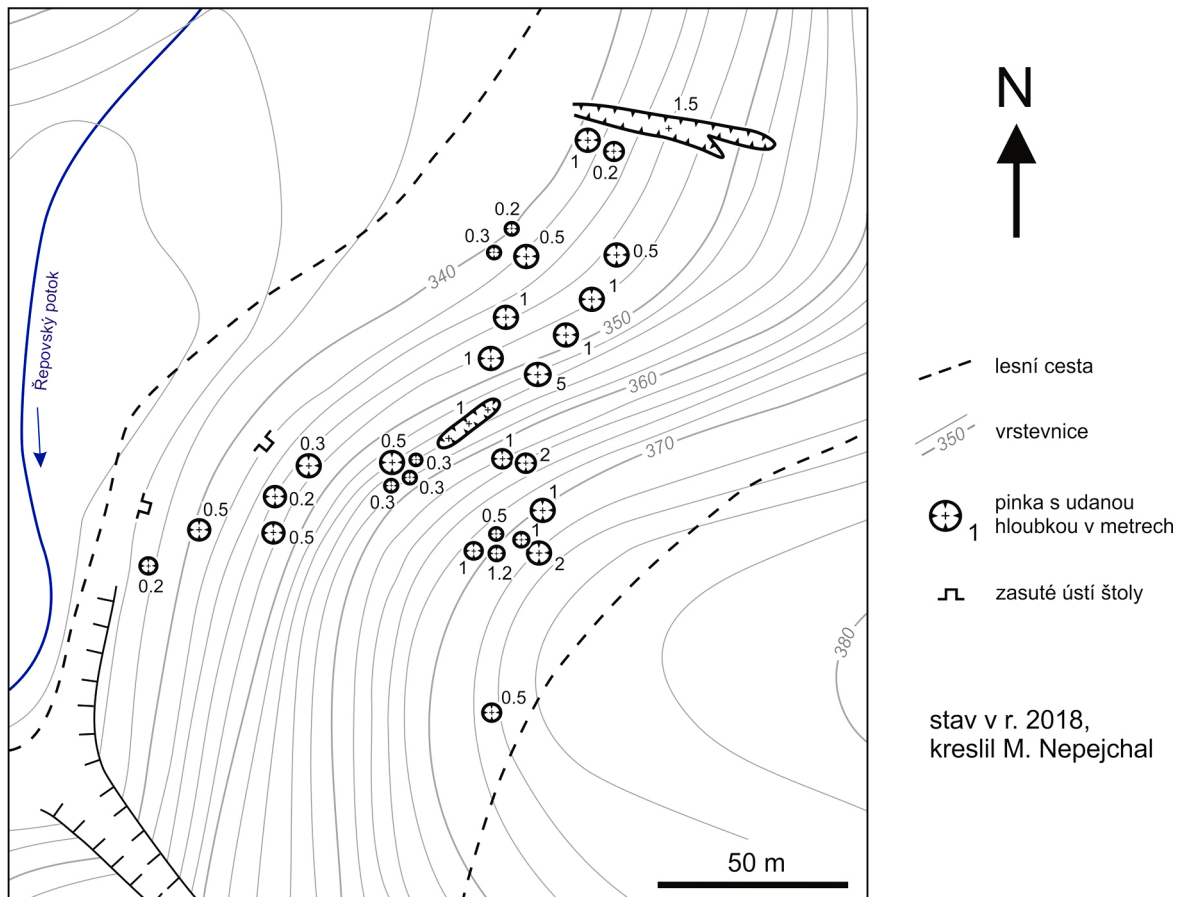
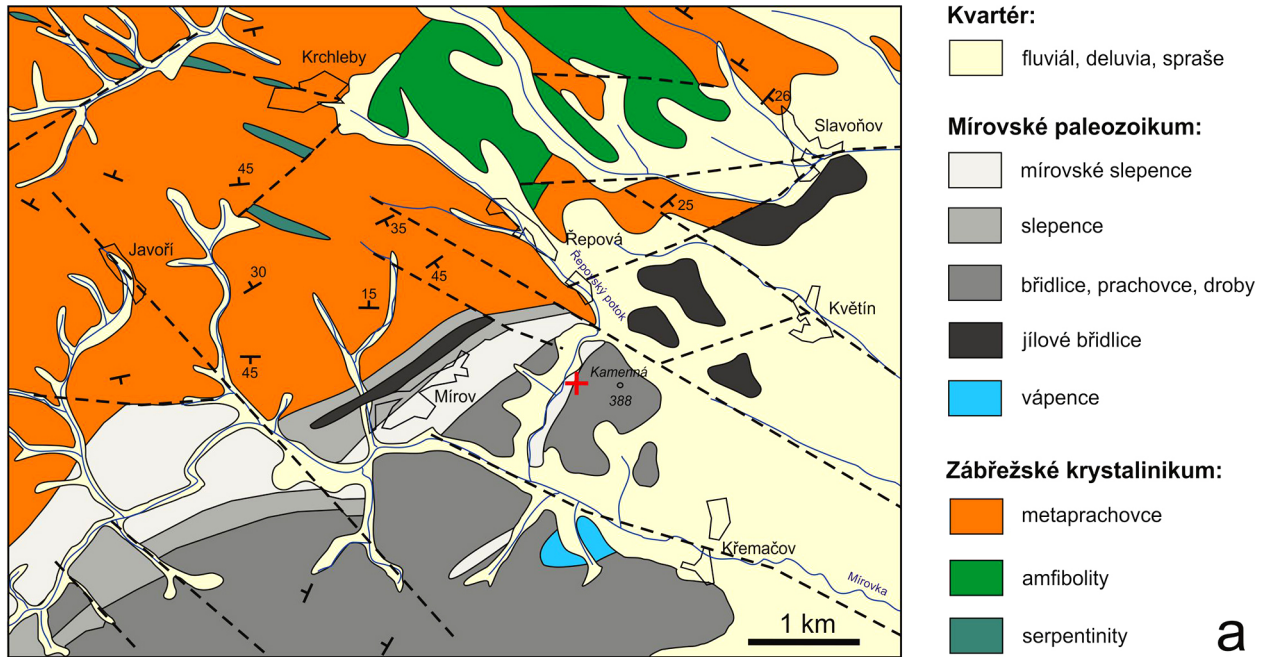
Plošně rozsáhlá oblast moravskoslezského kulmu tvoří geologické podloží Dražanské vrchoviny, Nížkého Jeseníku a Oderských vrchů a je budována mocnými sledy drob, jílových břidlic, prachovců a slepenců. Stáří těchto zvrásněných a variskou anchimetamorfózou konsolidovaných mořských, rytmicky zvrstvených uloženin je nejčastěji spodnokarbonské, vzácněji i devonské. Celá kulmská oblast je poměrně bohatá na výskyt žilných hydrotermálních mineralizací. Dřívější výzkumy (např. Zimák et al. 2002; Dolníček et al. 2003; Halavínová 2005) vyčlenily dvě základní genetické skupiny hydrotermálních žil: 1) syntektonické mineralizace variského stáří, geneticky vázané na variské deformace hostitelského horninového prostředí a 2) posttektonické žíly, vázané na pukliny vzniklé při povariských křehkých deformacích kulmských hornin. Syntektonické žíly mají obvykle jednoduché mi-

nerální složení s převahou křemene, kalcitu a chloritu, někdy se dále vyskytuje i albit či K-živec, akcesoricky byly vzácně zjištěny i sericit, rutil, REE-minerály (monazit, rabdofán), či obecné sulfidy (hlavně pyrit, sporadicky galenit). Mineralogicky pestřejší bývají posttektonické žíly, tvořené zpravidla karbonáty (dolomit-ankerit, kalcit, vzácně siderit), křemenem, místy i barytem. Typickou složkou jsou i sulfidy (hlavně galenit a sfalerit, méně chalcopyrit a pyrit, vzácně i markazit, bornit, arzenopyrit, minerály ze skupiny chalkozínu, raritně i cinabarit; moderně nepotvrzený je tetradrit). Dále se lokálně akcesoricky vyskytují anatas, hematit, dickit, minerály crandallitové skupiny a REE-minerály (calkinsit, rabdofán, synchyzit, florencit; Bernard et al. 1981; Zimák et al. 2002; Zimák, Novotný 2002; Halavínová 2005; Kučera 2009; Kotlánová 2015; aj.). S výjimkou lokality Zlatý důl u Hluboček, jež je s popsány 20 primárními a 17 sekundárními minerály

nejpestřejší lokalitou z pohledu počtu přítomných minerálních fází (Kotlánová 2015), však můžeme v kulmské oblasti obecně konstatovat značnou jednoduchost a řád-nost minerálních asociací rudních žil.

Novodobé regionální mineralogické práce až dosud opomíjely lokalitu Řepová u Mohelnice, která je situována v horninách mírovského „kulmu“ (obr. 1a) a byla dokonce

předmětem staré těžby či prospekce (obr. 1b). „Nezájem“ badatelů o tuto lokalitu je udivující i proto, že se zdejší mineralizace vyznačuje přítomností žiloviny s převahou barytu, což je v oblasti moravskoslezského kulmu vzácný jev. Navíc byl z lokality v minulosti popsán i výskyt milleritu (viz níže), který není z oblasti moravskoslezského kulmu odjinud uváděný. Zmíněnou mezeru v našem poznání



Obr. 1 a - geologická pozice studované lokality (upraveno z elektronické verze geologické mapy ČR 1:50 000); b - topografická situace dochovaných terénních pozůstatků po hornické činnosti na lokalitě.

se pokouší zaplnit předložená práce, která je založena na zpracování mineralogického materiálu, nově odebraného jedním z autorů (MN) z odvalů starých těžebních/průzkumných šachtic. Získané nové poznatky ukazují, že lokalita Řepová představuje nejen mineralogicky bezkonkurenčně nejpestřejší rudní výskyt v oblasti moravskoslezského kulmu, ale jde i o geochemicky velmi zajímavou mineralizaci, která na dalších lokalitách rudních žil v zájmové oblasti nemá analogii.

Topografická a geologická situace

Lokalita se nachází asi 0.5 km jižně od obce Řepová, přibližně 4.5 km sz. od Mohelnice. Pozůstatky po staré těžbě se nacházejí nad levým břehem Řepovského potoka, na západním svahu Kamenné (394 m n. m.), na ploše přibližně 100 × 150 m (obr. 1b). Ve starší, německy psané literatuře, je lokalita označována jako „Silbergruben“ (Burkart 1953; Skácel 1961; Kruťa 1966). V terénu je dodnes patrných 30 většinou kruhových, ojediněle i oválných pišek (patrně zasutých šachtic), většinou mělkých (s hloubkou do 1 m). Jen tři z nich jsou hlubší, s hloubkami 2, 2 a 5 m (obr. 1b). Dva hlavní pinkové tahy i celé pinkové pole jsou orientovány ve směru SV - JZ, tedy souhlasně se směry zdejších žil (Skácel et al. 1958 in Rezek 1984; Skácel 1961). V severním ukončení pinkového pole je ve svahu patrný zářez o délce cca 50 m a maximální hloubce 1.5 m, vedený po spádnici (obr. 1b). Na jihozápadním okraji pinkového pole se na úpatí svahu nacházejí poslední dva objekty, upomínající na zasutá ústí štól (obr. 1b).

Geologické podloží širší oblasti je budováno třemi geologickými jednotkami - zábřežským krystalinikem, mírovským paleozoikem a kvartérní výplní Hornomoravského úvalu (obr. 1a). Nejstarší horniny náleží zábřežskému krystaliniku, jež na povrch vystupuje v západním a severním okolí lokality (obr. 1a). Jde o metamorfovanou horninovou sekvenci, jejíž protolit má proterozoické stáří. Hlavním litotypem jsou metaprachovce, v nichž se vyskytují tělesa amfibolitů a serpentinitů (obr. 1a). Horniny zábřežského krystalinika tvořily podklad, na nějž se později ukládaly i sedimenty mírovského paleozoika a kvartéru.

Mírovské paleozoikum (ve starší literatuře označované i jako mírovský „kulm“) je tvořeno slabě metamorfovanými sedimenty mohelnického souvrství, reprezentovaných zejména břidlicemi, slepenci a drobami, podružně i vápenci. Ve spodní části vrstevního sledu (trnávecké břidlice) bylo paleontologicky doloženo devonské (givet) stáří (Zapletal 1994; Otava et al. 1994). Sedimentární sekvence spočívá diskordantně na metamorfitech zábřežského krystalinika. Významným litotypem jsou petromiktní mírovské slepence, jejichž valounový materiál (křemen, sericitické a sericiticko-chloritické kvarcitty, fylity, svory, ruly, kontaktní rohovce, diabasy, amfibolity) byl derivován zejména z podložního zábřežského krystalinika (Štelcl, Brothánek 1961). Slepence a droby mírovského paleozoika tvoří hostitelské prostředí vlastního rudního ložiska u Řepové (obr. 1a).

Nížina ve východní části zájmového území je vyplněna kvartérními sedimenty. Litologicky jde o fluvialní a lakustrinní sedimenty, ve vyšších částech svahů jsou hojně i eolické (spraše) a deluvioeolické sedimenty. Charakteristickým rysem je i hluboké zvětrání hornin mírovského paleozoika a zábřežského krystalinika, jehož intenzita narůstá směrem k východu - u Květína a Slavoňova bylo vrty ověřeno intenzivní zvětrání devonských břidlic až do hloubek 60 - 70 m (Skácel 1961).

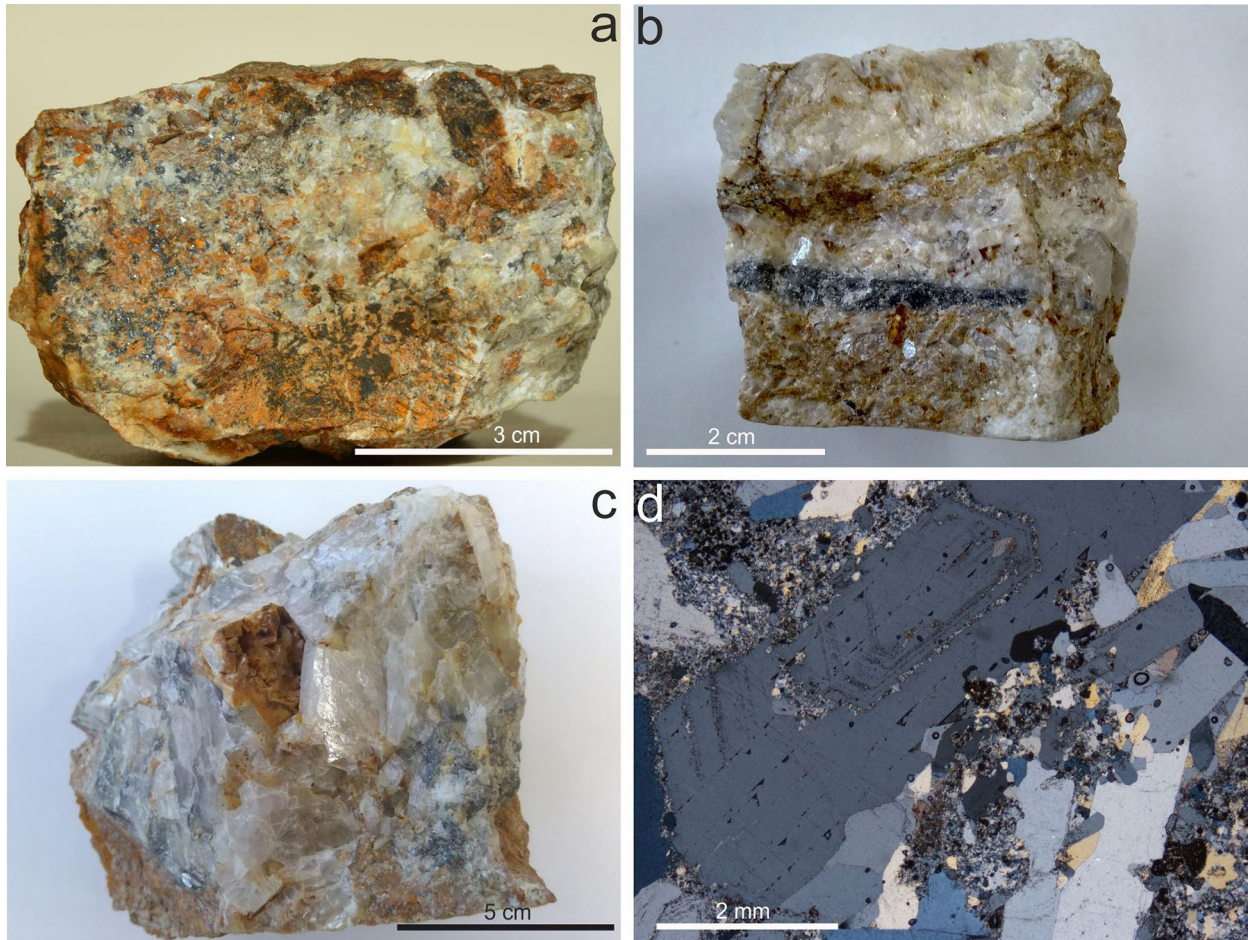
Stručný přehled historie těžby

O opuštěných dolech na stříbronosný galenit u Řepové jsou v historických pramenech jen kusé zprávy. Prvé pravděpodobné zmínky, z období kolem roku 1526, jsou v urbáři mírovského panství, kde se hovoří o hutí v blízkosti Řepové. Zda se jednalo o huť na zpracování stříbronosného galenitu nebo železné rudy těžené v okolí Květína, však není jasné (Štěpán 2004). Další zmínky pocházejí z let 1583 - 1585, kdy biskup Pavlovský vydává privilegium olomouckému zlatníku Davidu Ebertovi k hledání zlata a stříbra na biskupských statcích, hlavně na mírovském panství. Zpráva z roku 1584 zasláná biskupovi hovoří o tom, že nalezená ruda vypadá nadějně (Štěpán 2004). V další zprávě z roku 1585 se píše, že olomoučtí zlatníci splatili dlužnou částku havířům. To vše ukazuje na to, že v tomto období se v okolí Řepové těžila ruda obsahující drahé kovy. Pozdější zpráva z roku 1680, která byla vyhotovena pro olomouckého biskupa Karla z Liechtenštejna - Kastelkornu, hovoří o zaniklých dolech na drahé kovy v okolí Mírova. Píše se v ní, že v některých místech byly provedeny odběry rudy a následně zkoušky. O případné obnově dolů se hovoří v tom smyslu, že by byla příliš nákladná a zisk nejistý (Štěpán 2004). Kretschmer (1902) se domnívá, že nejstarší etapa těžby na lokalitě s největší pravděpodobností započala již v raném středověku. Při novém odběru vzorků, provedeném v letech 2017 - 2018 pro účely této práce, byly v materiálu haldy přílehlé k nejhlubší dodnes zachovalé šachtici (obr. 1b) nalezeny keramické střepy z nádoby. Ty byly předloženy k posouzení dr. V. Gošovi ze šumperského muzea. Dle jeho určení pocházejí střepy z 15. století. Na základě tohoto nálezu lze tedy usuzovat, že těžební aktivity na lokalitě musely probíhat již přibližně o sto let dříve, než se dosud předpokládalo. Je rovněž známo, že v roce 1424 byl nedaleký hrad Mírov dvakrát neúspěšně dobýván husity (Spurný et al. 1983). Z toho plyne i předpoklad, že blízké doly, které patřily církvi, mohly být v této neklidné době zrušeny. Ze všech uvedených poznatků můžeme vyvozovat, že aktivní těžba v Řepové probíhala koncem 14. a na počátku 15. století a později v průběhu 16. století. Snahy o obnovení těžby v 17. století se již neuskutečnily. V roce 1957 bylo realizováno novodobé hornické ověření ložiska (Skácel et al. 1958 in Rezek 1984). Průzkumná štola o délce 54 m zastihla dvě barytové žíly o mocnostech 0.2 - 0.3 m, které byly ověřeny krátkými rozrážkami. Zrudnění bylo vyhodnoceno jako nebilanční (Skácel et al. 1958 in Rezek 1984).

Některé zprávy rovněž naznačují, že na Řepovském potoce a Mírovce probíhaly pokusy s rýžováním zlata. Ve zprávě z roku 1594 se hovoří o havíři, který získával kovy na „wasswerke“, tedy propíráním říčních náplav (Štěpán 2004). Nakolik ale tato činnost byla úspěšná, není známo. Drobné zlatinky byly vyrýžovány z náplavů Řepovského potoka i během šlichovacích zkoušek ve 2. polovině 20. století (Malec et al. 1990).

Přehled dosavadních poznatků

Zaniklé doly po těžbě stříbra u Řepové detailněji popisuje F. Kretschmer ve své práci z roku 1902. Autor konstatuje, že zde našel malé výkopy, drobné šachtice a zasuté štoly. Zůstaly zde jen tři otevřené šachty, které byly ale nepřístupné. Autor uvádí i popisy nalezených minerálů (barytu, sideritu, křišťálu, kalcitu, galenitu, hematitu a limonitu). Kretschmerovy údaje přejímají ve svých souborných dílech i Burkart (1953) a Kruťa (1966). Stručná



Obr. 2 Makroskopický vzhled a texturní rysy studované mineralizace z Řepové. a - vtroušeniny galenitu v barytové žilovině, b - páskovaná textura barytové žiloviny s tmavou smouhou bohatou zrny sfaleritu; c - drúzová dutina mezi hrubými čírymi tabulkami barytu, vyplněná krystaly dolomitu a kalcitu; d - růstová zonálnost tabulky barytu, zvýrazněná přítomností fluidních inkluzí či křemenných inkluzí v určitých růstových zónách. Mezery mezi tabulkami barytu jsou vyplněny drobnozrnným křemem a karbonátem. Výbrus, procházející světlo, zkřížené nikoly. Všechny snímky M. Nepejchal, J. Ulmanová a Z. Dolníček.

Tabulka 1 Příklady chemického složení (hm. %) barytu (Ba), dolomitu (Dol) a sideritu (Sid) a koeficienty empirického vzorce, vypočítané na bázi 4 (baryt), 2 (dolomit), resp. 1 (siderit) atomu kyslíku. Obsahy SiO_2 byly při výpočtu hodnot apfu ignorovány.

An. č.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Minerál	Ba	Ba	Dol	Dol	Dol	Dol	Dol	Dol	Sid	Sid	Sid	Sid	Sid	Sid
SO_3	33.53	33.35	0	0	0	0	0	0	0	0	0.10	0	0	0
SiO_2	0	0	0	0	0	2.86	0	1.36	1.02	0.57	0.70	0.09	0.54	0.48
MgO	0	0	5.25	5.40	7.50	8.85	10.75	13.62	3.34	6.01	7.96	8.78	13.21	18.50
CaO	0	0	25.10	25.32	25.50	26.55	26.25	26.56	0.31	0.97	0.83	1.37	0.72	0.54
SrO	0.09	0.27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BaO	65.57	64.93	0	0	0	0	0.09	0	0	0.08	0	0.11	0	0.08
FeO	0	0	21.38	21.39	19.40	15.08	14.53	10.13	50.84	47.68	45.52	44.45	41.40	36.12
MnO	0	0	1.69	1.67	1.32	1.11	0.81	0.48	2.20	1.33	1.09	1.01	0.72	0.57
ZnO	0	0	0	0.05	0	0.32	0.09	0.09	0.10	0.34	0.94	0.30	0.29	0
Na_2O	0.14	0.19	0.07	0.09	0	0	0	0.11	0	0.08	0.09	0	0	0.26
Celkem	99.33	98.74	53.49	53.92	53.72	54.77	52.52	52.35	57.81	57.06	57.23	56.11	56.88	56.55
S^{6+}	0.993	0.993	0	0	0	0	0	0	0	0	0.001	0	0	0
Mg^{2+}	0	0	0.289	0.295	0.400	0.476	0.561	0.702	0.100	0.174	0.225	0.248	0.352	0.466
Ca^{2+}	0	0	0.994	0.994	0.979	1.026	0.985	0.985	0.007	0.020	0.017	0.028	0.014	0.010
Sr^{2+}	0.002	0.006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ba^{2+}	1.014	1.009	0	0	0	0	0.001	0	0	0.001	0	0.001	0	0.001
Fe^{2+}	0	0	0.661	0.655	0.581	0.455	0.426	0.293	0.854	0.776	0.722	0.703	0.619	0.511
Mn^{2+}	0	0	0.053	0.052	0.040	0.034	0.024	0.014	0.037	0.022	0.018	0.016	0.011	0.008
Zn^{2+}	0	0	0	0.001	0	0.009	0.002	0.002	0.001	0.005	0.013	0.004	0.004	0
Na^+	0.011	0.015	0.005	0.006	0	0	0	0.007	0	0.003	0.003	0	0	0.009
Celkem	2.019	2.022	2.003	2.003	2.000	2.000	2.000	2.004	1.000	1.002	0.999	1.000	1.000	1.004

zmínka o úložných poměrech řepovské mineralizace je v práci Skácela (1961). Autor shrnuje výsledky hornického ověření ložiska z roku 1957. Uvádí, že v překopu zastížené barytové žíly s vtroušeným galenitem měly mocnost maximálně 40 cm a směr SV - JZ, souhlasný se směrem vrstev okolních sedimentů mohelnického souvrství.

Dosud nejpodrobnější modernější mineralogicky zaměřenou práci představuje studie Rezka (1984). Autor mineralogicky a chemicky zpracoval odebrané vzorky žiloviny. Mineralogický výzkum prokázal z primárních minerálů přítomnost křemene, barytu, pyritu, galenitu, sfaleritu, chalkopyritu a blíže neurčeného jehličkovitého minerálu s vysokou odrazností, hojně uzavíraného v galenitu (autor uvažuje, že by mohlo jít o ullmannit). Baryt, sfalerit a galenit autor charakterizuje i z pohledu chemického složení na základě semikvantitativních a kvantitativních spektrálních analýz. Zvýšené obsahy Ni a Sb v galenitu autor vztahuje k jehličkovitým inkluzím minerálu, předběžně považovaného za ullmannit. Přítomnost sideritu, uváděného Kretschmerem (1902), autor nepotvrdil. Ze sekundárních fází popisuje Rezek (1984) anglesit, cerusit, supergenní kalcit a blíže neurčené Fe- a Mn-oxidy. Ze svahovin, odebraných na úpatí svahu pod polymetalickým ložiskem, autor vyrýžoval mj. i tři světle žluté zlatinky, v nichž byl semikvantitativní spektrální analýzou vedle zlata prokázán i vysoký obsah stříbra (X0 %). Za zdroj zlata autor považuje žilnou výplň rudního ložiska. Mineralizaci u Řepové autor hodnotí jako epigenetickou a cituje Skácelův (1961) názor o příslušnosti zrudnění v okolí Mohelnice k mladovariské metalogenetické epoše. V následném článku Rezka a Civiše (1987) byly pomocí energiově-disperzního mikroanalýzátoru a rentgenové difrakce identifikovány výše zmíněné jehličkovité uzavřeniny v galenitu jako millerit. Autoři zdůrazňují neobvyklost nerostné asociace galenit - millerit v přírodě a uvažují o zdrojích niklu v bazických horninách (amfibolitech, diabasech) z podloží mírovské série. Bernard et al. (1981) přiřazují řepovské zrudnění k mladovariské nekyzové polymetalické asociaci (*pol*).

Metodika

Vzorky pro tuto studii byly odebrány v letech 2017 - 2018 z odvalu u nejhlubší šachtice (obr. 1b). Vybrané vzorky byly rozřezány diamantovou pilou a vhodné partie byly vybrány pro zhotovení výbrusů a nábrusů. Malá část vzorků rudniny (vizuálně neobsahující žádnou okolní horninu) byla manuálně rozdrčena v ocelovém moždíři a vyrýžována na prospektorské pánvi. Získaný koncentrát s vysokým zastoupením galenitu byl prohlédnut pod binokulární lupou pro ověření přítomnosti zlata a následně byl využit pro vytvoření zalévaného preparátu. Nábrusy, leštěné výbrusy a zalévané zrnové preparáty ze studovaných vzorků zhotovil p. Letko (Diatech Praha) obvyklým postupem. Dokumentace preparátů v odraženém světle byla provedena na odrazovém polarizačním mikroskopu Nikon Eclipse ME 600 v Národním muzeu v Praze.

Následně byly vzorky potaženy uhlíkovým filmem o tloušťce 30 nm a studovány pomocí elektronové mikroskopy Cameca SX-100 v laboratoři Mineralogicko-petrologického oddělení Národního muzea v Praze. 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, barytu, apatitu a silikátů bylo použito urychlovací napětí 15 kV, proud svazkem 5 nA (karbonáty, sulfáty), respektive 10 nA (apatit, pyromorfit,

silikáty) a defokusevaný elektronový svazek o průměru 5 μm (karbonáty, sulfáty, pyromorfit), respektive 2 μm (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, v pyromorfitu Al, As, Ba, Ca, Cl, Cr, Cu, F, Fe, In, K, Mg, Mn, N, Na, Ni, P, Pb, S, Si, Sr, Th, U, V a Zn a v karbonátech a sulfátech Ba, Ca, Fe, Mg, Mn, Na, P, S, Si, Sr a Zn. Použité analytické čáry a standardy: albit (NaKα), almandin (AlKα, FeKα), apatit (PKα), baryt (BaLβ), BN (NKα), celestin (SKα, SrLβ), Co (CoKα), Cr₂O₃ (CrKα), Cs-sklo (CsLα), diopsid (MgKα), halit (ClKα), chalkopyrit (CuKα), InAs (InLβ), LiF (FKα), Ni (NiKα), Rb-Ge-sklo (RbLα), rodonit (MnKα), sanidin (KKα), Th (ThMa), TiO₂ (TiKα), U (UMα), V (VKα), vanadin (PbMa), wollastonit (CaKα, SiKα), zinkit (ZnKα). Při bodových analýzách sulfidů, ryzích kovů a minerálu „Z“ bylo použito urychlovací napětí 25 kV, proud svazkem 20 nA (sulfidy, Ag-amalgám), respektive 10 nA (zlato, minerál „Z“) a průměr elektronového svazku 0.7 μm. Ve většině analýz 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. U některých analýz byl analyzován i obsah Tl; v těchto případech ale nebyly měřeny obsahy In, Mn a Cl. Použité standardy a analytické čáry: Ag (AgLα), Au (AuMα), Bi₂Se₃ (BiMβ), CdTe (CdLα), Co (CoKα), CuFeS₂ (CuKα, SKα), FeS₂ (FeKα), GaAs (GaLα), Ge (GeLα), HgTe (HgLα), InAs (InLα), Mn (MnKα), NaCl (ClKα), NiAs (AsLβ), Ni (NiKα), PbS (PbMα), PbSe (SeLβ), PbTe (TeLα), Sb₂S₃ (SbLα), Sn (SnLα), Tl(Br,I) (TILα) a ZnS (ZnKα). Načtená data byla přepočítána na hm. % s použitím standardní PAP korekce (Pouchou, Pichoir 1985). Obsah kyslíku v kyslíkatých fázích byl dopočten ze stechiometrie. Obsahy prvků, které nejsou uvedeny v tabulkách, byly ve všech případech pod mezí stanovitelnosti.

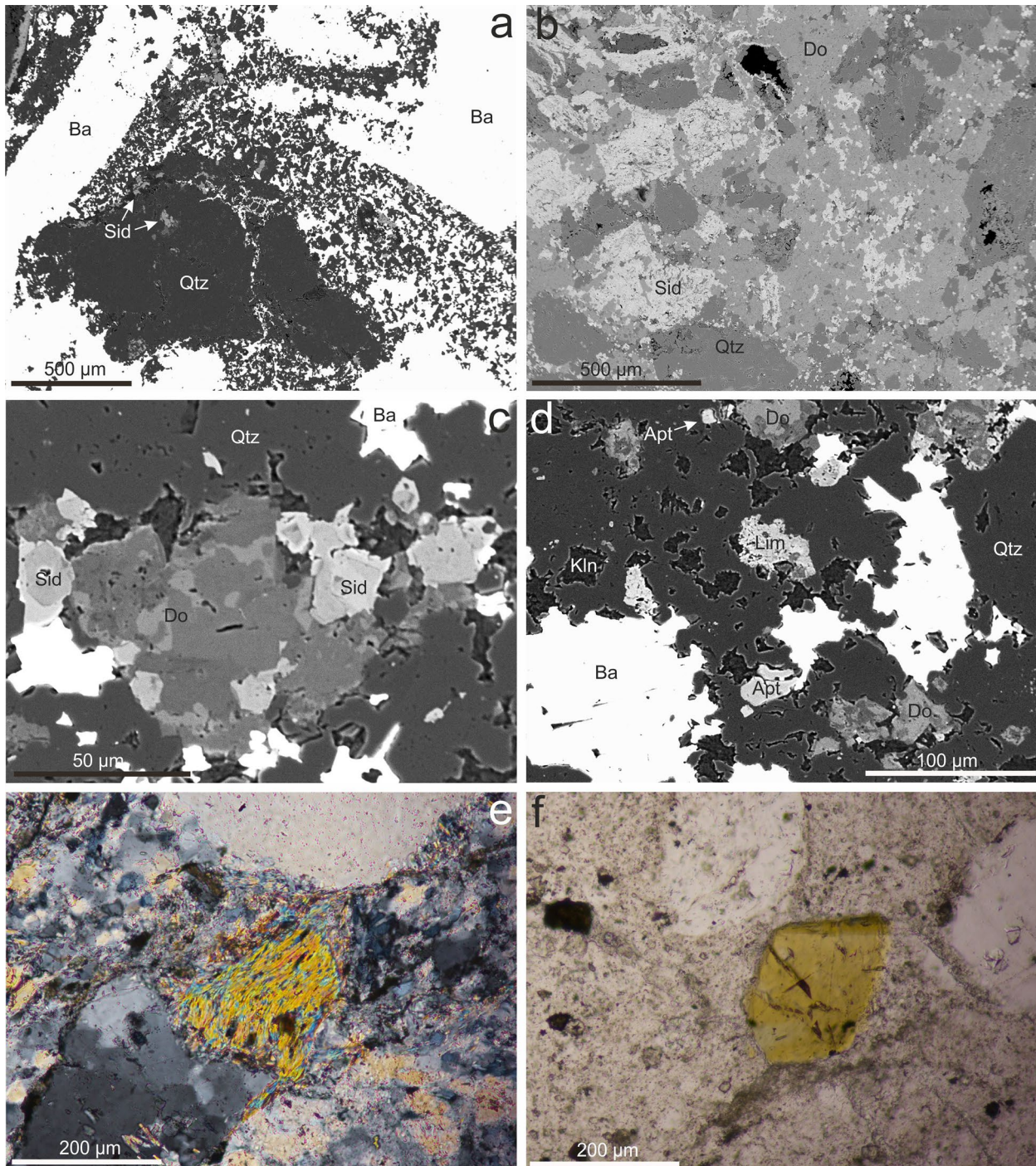
Primární mineralizace

Odebrané vzorky hydrotermální žiloviny dosahují velikosti až 10 cm. Mineralizace má nejčastěji masivní, páskovanou, či vtroušeninovou texturu (obr. 2a,b); zcela ojediněle byly pozorovány i drůzové dutinky centimetrové velikosti, vyplněné krystaly karbonátů (obr. 2c). Žilovina je tvořena zejména hrubě tabulkovitým až jemnozrnným bílým barytem. Mezery mezi barytovými zrny jsou zcela či zčásti vyplněny křemenem a karbonáty (obr. 2d). Jemnozrnnější partie žiloviny někdy obsahují tmavošedě zbarvené smouhy obsahující vtroušeniny rudních minerálů (zejména galenitu a sfaleritu). Rudní minerály obsahující smouhy, často silně protažené (obr. 2b), někdy makroskopicky působí dojmem, že byly vyvlečeny tektonickou deformací, avšak v mikroměřítku ve výbrusech žádnou výraznou deformaci nebo dokonce rekrystalizaci zrn minerálů nelze pozorovat. Na galenitová zrna je vázána většina níže charakterizovaných vzácnějších rudních minerálů.

Baryt je kvantitativně převažující složkou žiloviny. Makroskopicky má v nenavětralých partiích žiloviny bílou či našedlou barvu (obr. 2a-c), často je i zcela čirý. Zrnitost barytu výrazně kolísá, a to jak v rámci různých pásků na makrovzorku (obr. 2b), tak často i v rámci jednoho a téhož pásku. V nejhrubozrnnějších partiích mají jednotlivé tabulky velikost až několika centimetrů, zatímco ve výbrusech z jemnozrnnějších partií lze pozorovat drobná zrna o velikosti jen jednotek μm. Velká, tlustě tabulkovitá zrna (obr. 2c) mají velmi dobře patrnou štěpnost a skelný či perleťový lesk na štěpných plochách. Ve většině ode-

braných vzorků má baryt velikost izometrických individuí v řádu prvních mm; makroskopicky takové vzorky rudniny připomínají mramor (obr. 2a). Jednotlivé tabulky barytu jsou orientovány prostorově nahodile. Ve výbrusech je patrné automorfnní omezení většiny barytových tabulek (obr. 2d), které ovšem bývá mnohde modifikováno slabou korozi okrajů zrn na styku s křemenem za vzniku příznačných „jemně zubatých“ hranic obou fází (obr. 3a,d). Vzácněji vytváří baryt s křemenem i jemnozrnné „eutektické“ srůsty (obr. 3a). Někdy je velmi dobře patrná i růstová zo-

nálnost barytu, zvýrazněná drobnými xenomorfními inkluzemi křemene (obr. 2d) nebo fluidními inkluzemi (vyplněnými většinou jen vodným roztokem) v určitých růstových zónách. Baryt většinou nevykazuje žádné deformační postižení; ani velké tabulky barytu nemají undulózni zhášení (obr. 2d). Chemické složení barytu bylo studováno prostřednictvím 38 bodových analýz. Je velmi jednoduché, velmi blízké čisté fázi (tab. 1). Vedle BaO a SO₃ byly zjištěny jen malé příměsi SrO (0.06 - 0.27 hm. %) a někdy i CaO (max. 0.05 hm. %), ZnO (max. 0.5 hm. %), FeO

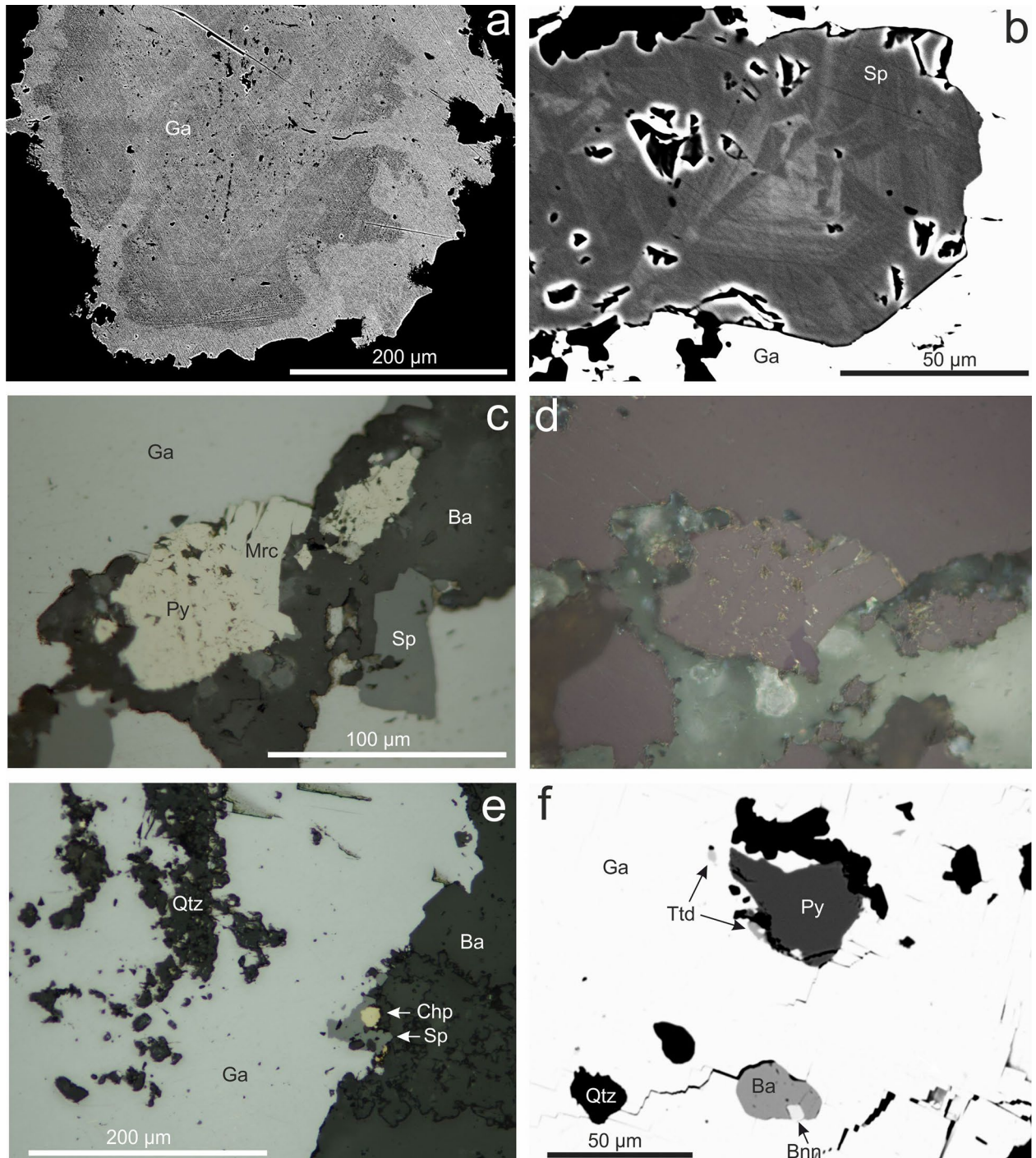


Obr. 3 a - jemnozrnný křemen-barytový agregát vyplňující mezery mezi velkými tabulkami barytu, BSE obraz; b - srůsty křemene, karbonátu z dolomitové skupiny a sideritu v karbonáty bohaté partii žiloviny, BSE obraz; c - růstová zónálnost karbonátu dolomitové skupiny a sideritu, BSE obraz; d - xenomorfní zrna apatitu v křemen-karbonátové žilovině, BSE obraz; e - agregát zprohýbaných šupin muskovitu uzavřený v křemeni, výbrus, procházející světlo, zkřížené nikoly; f - xenomorfně omezené zrna turmalínu uzavřený v křemeni, výbrus, procházející světlo. Všechny snímky Z. Dolníček.

(max. 0.13 hm. %), Na₂O (max. 0.20 hm. %) a SiO₂ (max. 0.19 hm. %). Baryt tedy obsahuje jen nepatrné podíly celestinové (0.1 - 0.6 mol. %) a anhydritové (≤ 0.1 mol. %) komponenty. Nebyla zjištěna žádná chemická zonálnost velkých barytových tabulek ani žádné systematické rozdíly mezi chemickým složením velkých barytových zrn a drobných zrněk.

Křemen je druhou nejhojnější složkou žiloviny. Spolu s karbonáty vyplňuje volné mezery mezi zrnky barytu (obr. 3a,d). Makroskopicky má většinou našedlou barvu.

Charakteristickým rysem je jeho jemnozrný vývoj, jednotlivá individua lze rozlišit až v mikroskopu. Izometrická, xenomorfně omezená zrna křemene mají obvykle velikost mezi 10 a 300 μm. Křemen je zřetelně starší než siderit (který křemenem i žilkovitě proniká) a sulfidy. Vůči barytu se z větší části jeví jako mladší, menší část křemene však prokazatelně krystalizovala zároveň s barytem (viz jemnozrné „eutektické“ srůsty obou fází a inkluze křemene zvýrazňující růstové zóny ve velkých tabulkách barytu; obr. 2d). Křemen obsahuje místy plynokapalné uzavře-



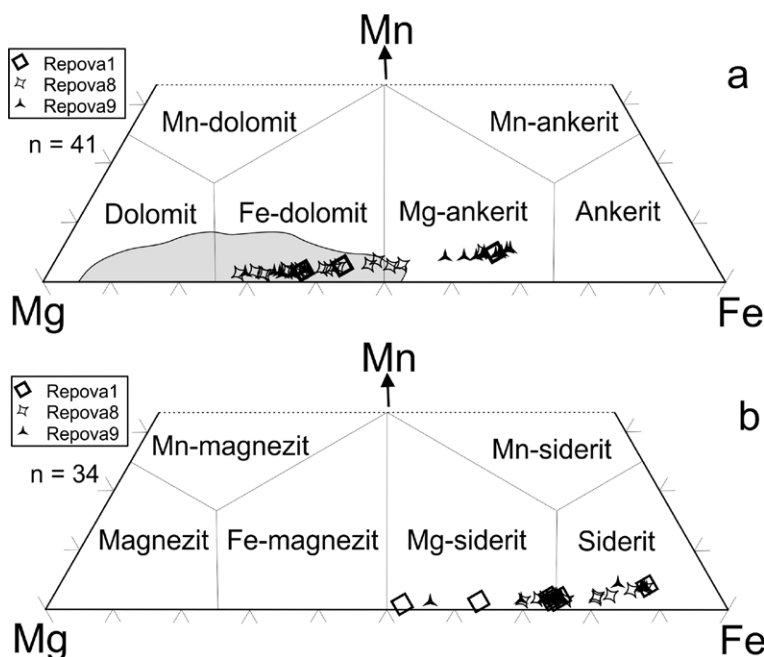
Obr. 4 a - zonální stavba xenomorfního zrna galenitu, BSE snímek; b - sfalerit se světlejšími partiemi bohatšími rtuť, BSE obraz; c - zrno pyritu s markazitovým nárůstem, odražené polarizované světlo; d - též záběr dokumentující anizotropii markazitu při mírně rozkřížených nikolech; e - galenit s křemenným „jádrem“, do okrajové části zrna galenitu zarůstá sfalerit s chalkopyritem, odražené polarizované světlo; f - inkluze pyritu, stříbrem bohatého tetradritu, barytu a bournonitu v galenitu, BSE obraz. Všechny snímky Z. Dolníček.

niny malých rozměrů (do 8 μm), které jsou většinou jednofázové, vyplněné pouze vodným roztokem. Zajímavým a poměrně častým texturním fenoménem jsou křemenná „jádra“ v zrnech galenitu. Jde o okrouhlé nebo nepravidelně tvarované shluky jemnozrnného křemene o velikosti až 0.5 mm, zcela uzavřené v galenitu (obr. 4e, 9d). Křemen těchto „jader“ je zřetelně starší než galenit: podél intergranulár je křemenný agregát galenitem pronikán a zatlačován. Tato křemenná „jádra“, případně jejich kontakt s okolním galenitem, často obsahují řadu vzácnějších rudních minerálů (millerit, kobaltin, gersdorffit, ullmannit).

Karbonát z dolomitové skupiny je vedlejší složkou žiloviny. Většinou se vyskytuje v těsné asociaci se sideritem (obr. 3b,c). Vytváří izometrická, xenomorfně omezená zrna o velikosti až 0.5 mm, uzavíraná většinou v křemenu (obr. 3b,c). V okrajových partiích zrn galenitu bývají uzavírány automorfně omezené krystalky klencového tvaru o velikosti do 10 μm . Automorfně omezené krystaly o velikosti prvních milimetrů (často částečně limonitizované) byly zjištěny i v drúzových dutinkách žiloviny (obr. 2c). Ojedinele byly v žilovině také pozorovány až 1 mm velké, ostře omezené a mírně protažené polykrystalické agregáty tvořené karbonáty dolomitové skupiny, kaolinitem a akcesorickým křemem. Ve výbruse je karbonát obvykle dobře průhledný, méně často zakalený, jen s minimálním množstvím dvojčatných lamel. V obraze BSE je karbonát dolomitové skupiny zonální: hořečnatější karbonát (v BSE obraze tmavší) vytváří drobná jádra obklopená objemově dominantním železnatějším (v BSE světlejším) karbonátem (obr. 3b,c). Chemické složení karbonátů dolomitové skupiny bylo studováno prostřednictvím 41 bodových WDS analýz, jejichž výběr je uveden v tabulce 1. Hlavními složkami jsou CaO (25.1 - 29.4 hm. %), FeO (9.4 - 21.4 hm. %) a MgO (5.3 - 13.6 hm. %), ve vedlejším množství se vyskytuje MnO (0.4 - 1.7 hm. %) a u části analýz i BaO (max. 0.8 hm. %), ZnO (max. 0.4 hm. %) a SrO (max. 0.3 hm. %). U několika analýz byly zjištěny i zvýšené obsahy SiO_2 (max. 4.1 hm. %), které lze vysvětlit příměsí křemene v analyzovaných bodech. Při přepočtu empirického vzorce na bázi dvou kyslíků vychází obsah Ca mezi 0.977 a 1.031 *apfu*, lze tedy konstatovat velmi dobrou stechiometrii bez výrazně-

šího obohacení o vápník. Obsah ankeritové molekuly ve studovaných karbonátech kolísá mezi 28.0 a 65.9 mol. %, obsah dolomitové molekuly mezi 28.8 a 70.7 mol. % a obsah kutnohoritové molekuly mezi 1.3 a 5.2 mol. %. S rostoucím obsahem ankeritové molekuly roste i obsah kutnohoritové složky (obr. 5a). Pokud bychom se přidrželi klasifikačního schématu Trdličky a Hoffmana (1976), chemismus analyzovaných karbonátů dolomitové skupiny se pohybuje mezi **Fe-bohatým dolomitem a Mg-bohatým ankeritem** (obr. 5a).

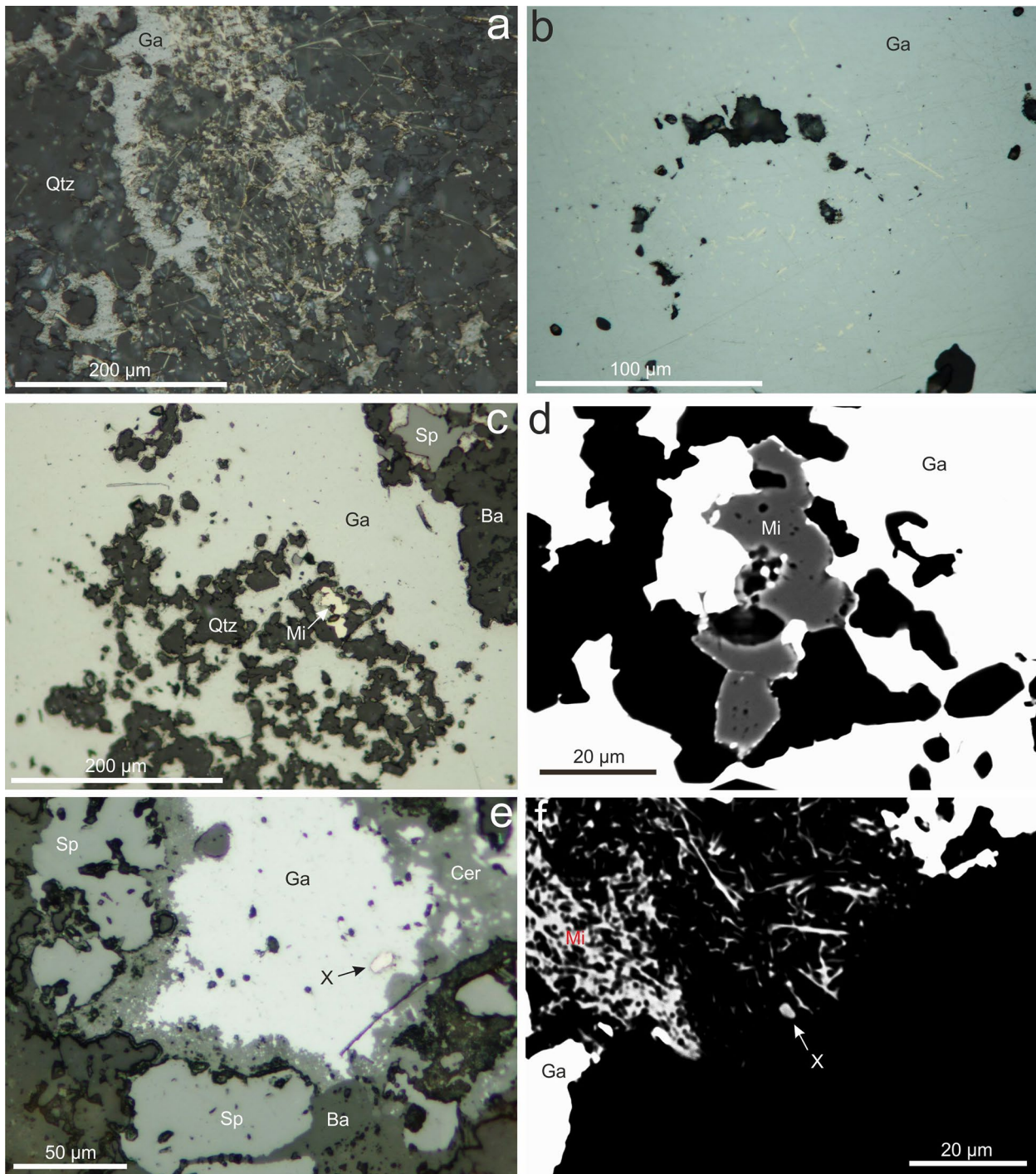
Siderit je podobně jako karbonáty dolomitové skupiny vedlejší složkou žiloviny, vyskytuje se však v poněkud menším množství. Vyskytuje se obvykle v těsné asociaci s karbonáty z dolomitové skupiny (obr. 3b,c). Vytváří izometrická, xenomorfně omezená zrna o velikosti až 50 μm , která jsou často situovaná podél kontaktu karbonátů dolomitové skupiny a okolního křemene (obr. 3c). Menší část zrn sideritu je uzavírána přímo v křemenu, bez patrné prostorové asociace s karbonáty z dolomitové skupiny. Siderit také vzácně vytváří i samostatné žilky o mocnosti do 50 μm , protínající křemen-barytovou žilovinu. V BSE obraze je část zrn sideritu bez patrné zonálnosti, zatímco druhá část má tmavší jádra, která jsou bohatší hořčíkem (obr. 3c). Chemické složení bylo studováno prostřednictvím 34 bodových WDS analýz. Hlavními složkami jsou FeO (36.1 - 51.7 hm. %) a MgO (3.3 - 18.5 hm. %; tab. 1), v menším množství se dále vyskytuje MnO (0.6 - 2.5 hm. %) a CaO (0.2 - 1.4 hm. %), u části analýz i ZnO (max. 0.9 hm. %) a BaO (max. 0.5 hm. %). U několika analýz jsou i zvýšené obsahy SiO_2 (max. 4.3 hm. %), které lze vysvětlit anizomimerální příměsí křemene v analyzovaných bodech. Obsah sideritové molekuly ve studovaných karbonátech kolísá mezi 51.3 a 85.3 mol. %, obsah magnezitové molekuly mezi 9.6 a 46.8 mol. %, obsah rodochrozitové molekuly mezi 0.8 a 4.1 mol. %, obsah kalcitové molekuly mezi 0.3 a 2.8 mol. % a obsah smithsonitové molekuly mezi 0.0 a 1.3 mol. %. Obsahy witheritové a stroncianitové složky nepřevyšují 0.2 mol. %. S rostoucím obsahem sideritové molekuly systematicky narůstá i obsah rodochrozitové složky (obr. 5b). V klasifikačním diagramu Trdličky a Hoffmana (1976) odpovídá chemické složení analyzovaných karbonátů **sideritu až Mg-bohatému sideritu** (obr. 5b).



Obr. 5 Projekce chemického složení karbonátů dolomitové skupiny (a) a sideritu (b) do klasifikačního diagramu Trdličky a Hoffmana (1976). Srovnávací data pro ostatní polymetalické mineralizace kulmu Nizkého Jeseniku a Drahanšké vrchoviny (šedé pole) byla převzata ze Zimáka et al. (2002), Kučery (2009) a Kotlánové (2015).

Minerál kaolinitové skupiny vytváří relativně hojně drobné uzavřeniny zejména v křemenu, méně často i v karbonátu; v barytu zjištěny nebyly. Uzavřeniny mají nepravidelný tvar, xenomorfní omezení a velikost maximálně 50 μm (obr. 3d). Jedna orientační WDS analýza ukázala podstatný obsah Al a Si s atomárním poměrem blízkým 1 : 1, nepatrné příměsi Fe a Ca (max. 0.36 hm. % oxidů) a analytickou sumu kolem 85 hm. % (tab. 2). Chemická data jsou zcela konzistentní s minerálem z kaolinitové skupiny.

Další dvě silikátové fáze byly zjištěny jen zcela ojediněle v jednom výbruse v křemenu bohaté zrudnělé partii žiloviny. **Světlá slída** vytváří dva izolované izometrické agregáty o velikostech 90 a 200 μm , složené z undulózně zhášejších, subparalelně uspořádaných, hypautomorfne omezených šupin (obr. 3e). Chemické složení bylo ověřeno prostřednictvím osmi bodových analýz (tab. 2). Obsahy Si jsou v dané fázi vysoké (3.16 - 3.29 *apfu*), obsahy Al naopak nízké (2.40 - 2.67 *apfu*), obsahy Mg a



Obr. 6 a - hojně jehličky milleritu v křemenném „jádře“ uzavřeném v galenitu, odražené polarizované světlo; b - inkluze milleritu zarostlé v centrální části zrna galenitu, odražené polarizované světlo; c - neobvyklý masivní agregát milleritu v křemenném „jádře“ galenitu, odražené polarizované světlo; d - též objekt v obraze BSE dokumentující chemickou homogenitu milleritu; e - inkluze kobalem bohatého minerálu „X“, uzavřená v galenitu, který je částečně zatlačován cerusitem, odražené polarizované světlo; f - drobné zrna niklem bohatého minerálu „X“, uzavřená v křemenném „jádře“ v sousedství hojných jehlic milleritu, BSE obraz. Všechny snímky Z. Dolníček.

Fe zvýšené (0.09 - 0.21, resp. 0.08 - 0.17 *apfu*). Obsahy mezivrstevních kationtů jsou mezi 0.86 a 0.97 *apfu*. Mezi mezivrstevními kationty převažuje draslík, zatímco sodík a baryum jsou jen minoritními komponentami (0.00 - 0.11 *apfu* Na, 0.00 - 0.01 *apfu* Ba). Ve všech případech jde tedy klasifikačně o „fengitické“ muskovity (tj. členy řady muskovit – (alumino)seladonit; Rieder et al. 1998). Turmalín byl zjištěn v podobě jediného příčného průřezu o velikosti 180 μm , uzavřeného v křemenu. V procházejícím světle má světle hnědou barvu (obr. 3f). V BSE obraze je patrné tmavší jádro a světlejší zóna na okraji zrna. Chemické složení bylo ověřeno pěti WDS analýzami (tab. 2). Turmalín prakticky neobsahuje Al v pozici Y (0.00-0.43 *apfu* $^{\text{Y}}\text{Al}$) a má vysoký poměr Mg/(Mg+Fe), který klesá směrem od jádra k okraji zrna (0.65 - 0.81). V X pozici značně převažuje o jádře zrna sodík (0.86 - 0.90 *apfu*), zatímco okraj zrna obsahuje jak výrazně více Ca (0.15 a 0.16 *apfu*), tak zejména vakancí, které dokonce v jedné analýze převažují (0.45 a 0.59 *apfu*). Jádro krystalu je tedy klasifikačně tvořeno dravitem, okrajová zóna pak dravitem až magneziofoititem.

Galenit je ve většině vzorků kvantitativně převažujícím sulfidem. Vytváří izometrická, xenomorfně omezená zrna o velikosti maximálně 3 mm, izolovaně vtoušená v baryt-křemen-karbonátové žilovině (obr. 2a, 4a). Galenit se jeví jako starší než sfalerit, cinabarit a akantit, ale mladší než minerály žiloviny, které často uzavírá (baryt, dolomit, křemen) nebo dokonce podél intergranulár zatlačuje (křemen). Větší zrna galenitu často obsahují jemnozrná křemenná „jádra“, na něž je vázána řada akcesorických rudních minerálů (obr. 6a,c). Akcesorické sulfidy však bývají velmi často uzavírány i v samotném galenitu (obr. 6b,e). Oblasti kolem středů galenitových zrn (často lemu-

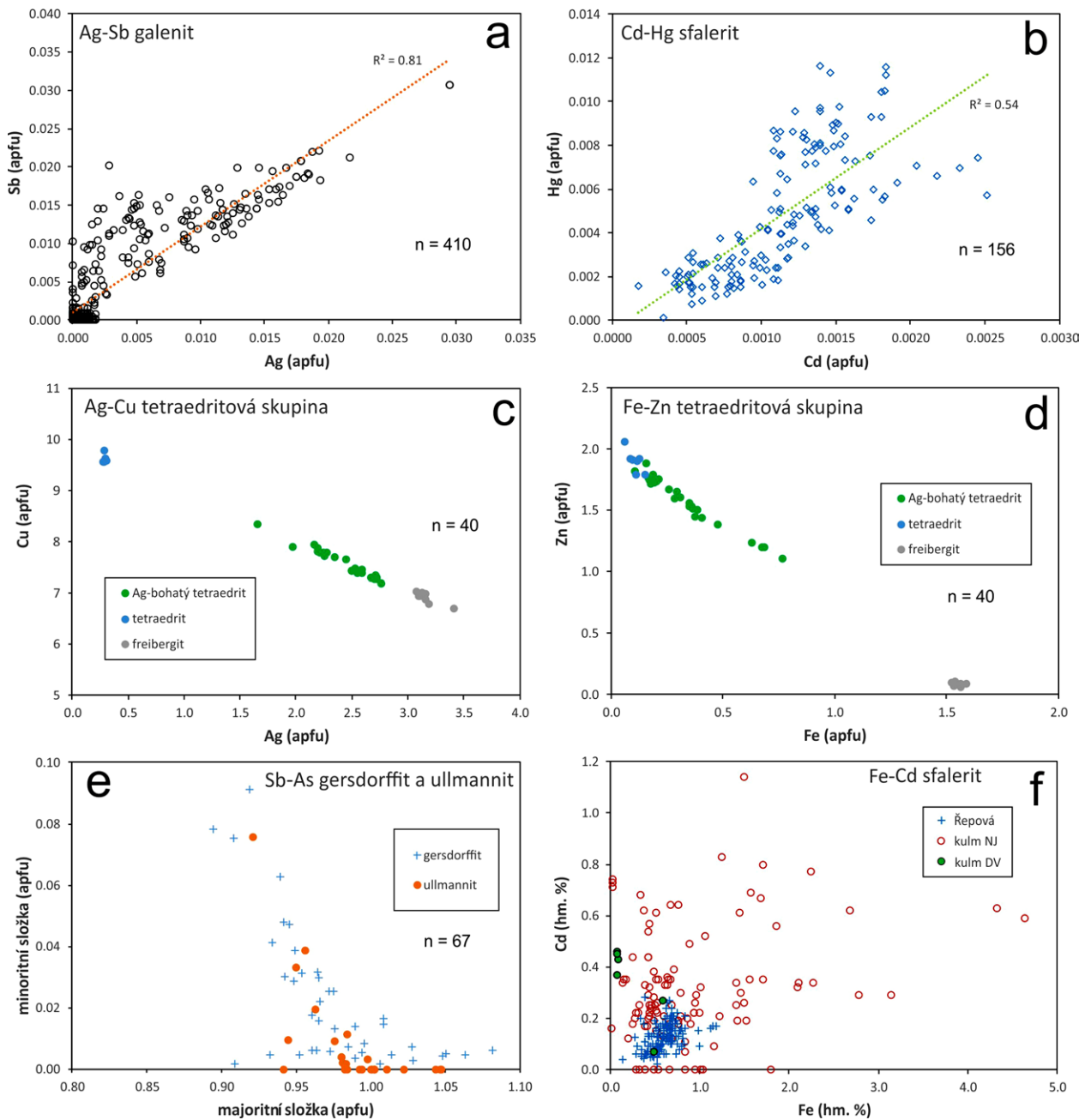
jících křemenná „jádra“) bývají velmi často bohatě prošípovány jehlicemi milleritu (obr. 6b). Partie bez obsahu milleritových jehlic mohou obsahovat hojné nepravidelné inkluze tetraedritu. Dále se porůznu v galenitu vyskytují i inkluze ullmannitu, arzenopyritu, chalkopyritu, pyritu, Ag-amalgámu a dvou dosud nepopsaných fází, pracovní označených jako fáze X a fáze Y. V odrazovém mikroskopu lze konstatovat jen minimální tlakové poškození galenitu, neboť štěpné trhliny, zvýrazněné často charakteristickými trojúhelníkovými vyštipnutinami, mají většinou přímý, nedeformovaný průběh. Od okrajů a podél štěpnosti bývá galenit různou měrou zatlačován jemnozrnými supergenními minerály Pb - cerusitem a anglesitem (obr. 6e). V BSE obraze mají galenitová zrna většinou nehomogenní stavbu - vnitřní části zrn jsou tmavší, okrajové partie světlejší (obr. 4a). Světlejší galenit též často nepravidelně proniká i do vnitřních partií galenitových individuí. Poznatky o chemickém složení galenitu jsou založeny na 410 bodových WDS analýzách. Reprezentativní příklady chemického složení galenitu jsou uvedeny v tabulce 3. Obsahy Au, Se, As, Co, Mn, Ge a většinou i Zn a Bi jsou pod mezí stanovitelnosti mikroanalýzátoru. Obsahy Hg, Cd, Cu, Cl, In a Te jsou v galenitu většinou lehce zvýšené (0.1 - 0.2 hm. % Hg, kolem 0.05 hm. % ostatních prvků) a jejich obsahy se nezdají korelovat s obsahy dalších prvků. Z pohledu obsahu dalších minoritních prvků (Ni, Ag, Sb) lze v získaném souboru analýz rozlišit tři skupiny dat: (1) Nejmladší galenit, který se v BSE obraze jeví jako nejsvětlejší, neobsahuje žádné další prvky. (2) Galenit, který je přítomen ve vnitřních, nejstarších částech galenitových zrn (drobné inkluze v křemenných „jádrech“ a je lemující partie galenitových zrn, obsahující hojné inkluze milleritu) má zvýšené obsahy Ni. Tento galenit se na BSE snímcích

Tabulka 3 Příklady chemického složení galenitu (hm. %) a koeficienty empirického vzorce, vypočítané na bázi 2 *apfu*.

An. č.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Pb	85.09	85.50	86.27	85.15	85.30	85.59	84.25	83.79	84.20	83.03	83.74	86.38	86.44	85.38
Ag	0	0	0.08	0	0	0.13	0.81	0.66	0.52	1.37	0.82	0	0	0
Sb	0	0	0.24	0.53	0.36	0.57	0.98	0.76	0.70	1.61	1.08	0	0	0
Ni	0.93	0.38	0.21	0.18	0.12	0	0	0	0	0	0	0.04	0	0.04
Hg	0.31	0	0.20	0.14	0.11	0	0.07	0	0	0	0.06	0.08	0.12	0.07
Cu	0.14	0.20	0	0	0	0	0	0.06	0.05	0.07	0.08	0	0	0
Cd	0.10	0.05	0	0.05	0	0.05	0	0.08	0	0	0.05	0	0.05	0
In	0.06	0.06	0.05	0.06	0	0.04	0.05	0	0.05	0.05	0.04	0.06	0.04	0
S	13.77	13.48	13.67	13.60	13.43	13.68	13.90	13.85	13.79	13.84	13.74	13.74	13.65	13.66
Te	0.04	0	0	0.05	0.05	0	0.06	0	0.04	0.04	0	0.04	0.06	0
Cl	0	0.07	0.09	0.05	0	0.04	0.05	0.08	0	0.05	0.04	0	0.05	0.05
Celkem	100.44	99.72	100.79	99.80	99.36	100.10	100.17	99.28	99.35	100.06	99.65	100.33	100.40	99.20
Pb	0.953	0.976	0.976	0.971	0.984	0.975	0.947	0.949	0.958	0.930	0.948	0.984	0.986	0.980
Ag	0	0	0.002	0	0	0.003	0.017	0.014	0.011	0.029	0.018	0	0	0
Sb	0	0	0.005	0.010	0.007	0.011	0.019	0.015	0.014	0.031	0.021	0	0	0
Ni	0.037	0.015	0.008	0.007	0.005	0	0	0	0	0	0	0.002	0	0.002
Hg	0.004	0	0.002	0.002	0.001	0	0.001	0	0	0	0.001	0.001	0.001	0.001
Cu	0.005	0.007	0	0	0	0	0	0.002	0.002	0.003	0.003	0	0	0
Cd	0.002	0.001	0	0.001	0	0.001	0	0.002	0	0	0.001	0	0.001	0
In	0.001	0.001	0.001	0.001	0	0.001	0.001	0	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0
Catsum	1.002	1.001	0.994	0.993	0.997	0.990	0.985	0.981	0.986	0.994	0.992	0.988	0.989	0.983
S	0.997	0.994	1.000	1.003	1.002	1.007	1.010	1.013	1.014	1.002	1.005	1.012	1.006	1.014
Te	0.001	0	0	0.001	0.001	0	0.001	0	0.001	0.001	0	0.001	0.001	0
Cl	0	0.005	0.006	0.003	0	0.003	0.003	0.005	0	0.003	0.003	0	0.003	0.003
Ansum	0.998	0.999	1.006	1.007	1.003	1.010	1.015	1.019	1.014	1.006	1.008	1.012	1.011	1.017

jeví jako tmavší v porovnání s výše uvedenou čistou fází (1). Naměřené koncentrace Ni se pohybují nejčastěji mezi 0.08 a 0.38 hm. %, ojediněle (5 případů) jsou i vyšší, až 0.93 hm. % (tab. 3). Je pravděpodobné, že tyto ojedinělé vyšší koncentrace byly ovlivněny okolními inkluzemi milleritu. (3) Některé galenity obsahují zvýšené koncentrace Ag a Sb. Na BSE snímcích se tyto partie jeví jako tmavší v porovnání s čistým galenitem typu (1) a bývají v zrnech situovány ve střední pozici mezi typy (1) a (2). Tyto partie galenitových zrn mohou obsahovat inkluze tetradritu. Obsahy stříbra se pohybují mezi 0.1 a 1.4 hm. %, obsahy Sb mezi 0.1 a 1.6 hm. % (tab. 3) a mezi obsahy obou prvků existuje statisticky významná přímo úměrná závislost ($R^2 = 0.81$; obr. 7a).

Sfalerit většinou doprovází hojnější galenit, v některých vzorcích je však výrazně převažujícím sulfidem rudních smouh (obr. 2b). Jeho izometrická zrna, izolovaně nebo v málo početných shlucích vtoušená v žilovině, bývají hypautomorfně až xenomorfně omezena. Zrna sfaleritu často obklopují individua galenitu (obr. 4e, 6e), někdy i částečně zarůstají do periferních partií galenitových zrn (obr. 4c) a jen zcela výjimečně jsou drobná zrna sfaleritu přítomna ve vnitřních částech galenitových zrn. Zrna sfaleritu obvykle nedosahují velikosti galenitových zrn, největší zjištěné individuum měřilo 0.5 mm. Do okrajových částí sfaleritových zrn mohou částečně zarůst drobná individua chalkopyritu. V procházejícím světle ve výbruse má sfalerit žlutohnědou barvu. Větší zrna mohou vyka-



Obr. 7 Variace v chemickém složení studovaných minerálních fází. a - diagram Ag vs. Sb v galenitu; b - diagram Cd vs. Hg ve sfaleritu; c - diagram Ag vs. Cu v minerálech tetradritové skupiny; d - diagram Fe vs. Zn v minerálech tetradritové skupiny; e - diagram Sb vs. As v gersdorffitu a ullmannitu; f - diagram Fe vs. Cd ve sfaleritu v porovnání s publikovanými údaji z kulmu Nížkého Jeseníku (Kučera 2005) a Dražanské vrchoviny (Halavínová 2009).

zovat zonálnost, charakterizovanou neostře omezeným, poněkud tmavším žlutohnědým středem a světlejším žlutým okrajem. Drobná zrna zpravidla zonální nejsou. V odraženém světle je sfalerit izotropní a velmi často jsou v něm při zkřížených nikolech pozorovatelné vnitřní reflexe žluté barvy. Přeměny nebyly zjištěny. V elektronovém mikroskopu jsou ve sfaleritech běžně viditelné světlejší, nepravidelně omezené domény bohatší rtuť, kumulující se v oblasti středu zrn (obr. 4b). Chemické složení sfaleritu bylo studováno pomocí 156 bodových analýz. Obsahy železa jsou nízké, mezi 0.1 a 1.2 hm. % (tab. 4), stejně jako obsahy Cd a In, které nepřevyšují 0.3 hm. %, respektive 0.06 hm. %. Pozoruhodné jsou zvýšené obsahy rtuť, které se pohybují mezi 0.3 a 2.4 hm. % (tab. 4). Mírně zvýšené jsou ve většině analýz i obsahy mědi (≤ 0.5 hm. %). Obsahy Sn, Te, Se, Mn, Ge, As, Bi, Co, Ni a Ag jsou většinou pod mezí stanovitelnosti mikroanalýzátoru. Obsahy Hg pozitivně korelují s obsahy Cd ($R^2 = 0.54$; obr. 7b), naproti tomu zřetelné korelace mezi obsahy Fe na jedné straně a obsahy Hg či Cd na straně druhé nejsou patrné. Obsahy In a Cu také nijak nekorelují s obsahy Hg, Cd ani Fe ($R^2 = \leq 0.41$).

Chalkopyrit je akcesorickou součástí žiloviny. Vyskytuje se nejčastěji spolu se sfaleritem (obr. 4e), někdy je uzavírán i samostatně v barytové žilovině, výjimečně tvoří inkluze i v centrálních částech galenitových zrn či v křemenných „jádrech“ obklopaných galenitem (obr. 9d,e). Vytváří izometrická, xenomorfně omezená zrna o velikosti do 20 μm . V odrazovém mikroskopu nejeví anizotropii ani dvojitě a většinou ani sekundární přeměny, pouze v jediném případě bylo zjištěno zatlačování chalkopyritu covellinem podél trhlin. Chemismus chalkopyritu byl zhodnocen prostřednictvím 26 WDS analýz. Chemické

složení je u poloviny získaných analýz velice jednoduché, byly zjištěny jen Cu, Fe a S v odpovídajícím poměru. U části analýz byly v chalkopyritech zjištěny zvýšené obsahy Ag (až 0.83 hm. %; tab. 4), Pb (max. 0.44 hm. %), Hg (až 0.39 hm. %), Ni (max. 0.18 hm. %) a Au (max. 0.15 hm. %). V několika analýzách byly zjištěny také výrazněji zvýšené obsahy Zn (až 5.8 hm. %), šlo však vždy o drobná ($\leq 10 \mu\text{m}$) zrna chalkopyritu srůstající se sfaleritem. Vyšší obsah Zn byl v těchto případech pravděpodobně ovlivněn okolním sfaleritem – tomu nasvědčuje i skutečnost, že větší analyzovaná chalkopyritová zrna, případně zrna která nejsou v kontaktu se sfaleritem, mají obsah Zn o 1 - 2 řády nižší (≤ 0.1 hm. %).

Pyrit se vyskytuje poměrně vzácně v izolovaných, xenomorfně omezených zrncích o velikosti do 70 μm . Bývá uzavírán v zrncích galenitu (obr. 4c,f) nebo přímo v křemennobarytové žilovině. V odraženém světle je krémově žlutý, s vysokou nábrusovou tvrdostí v porovnání s okolním galenitem, dokonale izotropní (obr. 4c,d). Ojedinele je od okrajů zatlačován limonitem. V BSE obraze nevykazují zrna pyritu žádnou zonalitu. Chemické složení bylo studováno pomocí 22 bodových WDS analýz. Obsahy příměsí jsou u většiny zrn pod mezí stanovitelnosti, menší část vykazovala nízké obsahy dalších prvků: maximálně 0.20 hm. % Au, 0.17 hm. % As, 0.41 hm. % Pb, 0.47 hm. % Ni, 0.41 hm. % Co (tab. 5).

Markazit byl nalezen jen sporadicky. Jeho hypauto-morfně až automorfně omezená zrna o velikosti maximálně 40 μm často narůstají na pyrit (obr. 4c). V odraženém světle je světle krémově žlutý, bledší než pyrit. Dvojdraz není patrný. Při zkřížených nikolech je zřetelně anizotropní (obr. 4d). Dvě WDS analýzy markazitu ukázaly jen obsahy Fe a S v odpovídajícím poměru.

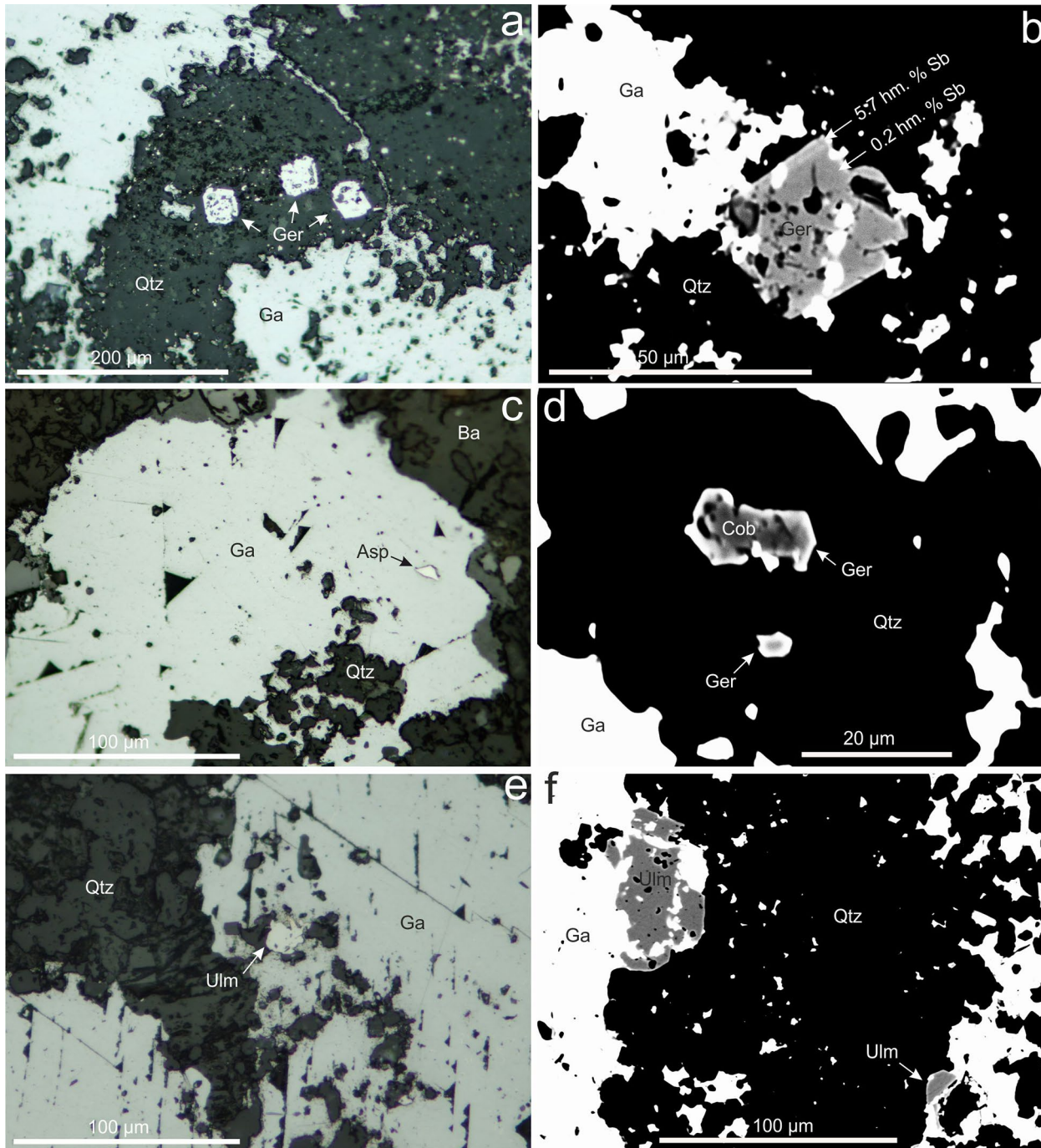
Tabulka 4 Příklady chemického složení (hm. %) sfaleritu (Sph) a chalkopyritu (Chp) a koeficienty empirického vzorce, vypočítané na bázi 2 apfu (sfalerit), resp. 4 apfu (chalkopyrit).

An. č.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Minerál	Sph	Sph	Sph	Sph	Sph	Sph	Sph	Sph	Sph	Sph	Chp	Chp	Chp	Chp
Zn	64.80	64.70	65.32	64.64	64.44	65.05	65.34	64.53	65.26	65.82	2.70	0.05	0	0.36
Cd	0.16	0.21	0.13	0.16	0.17	0.16	0.14	0.09	0.12	0.05	0	0	0	0
Hg	2.38	2.15	1.77	1.59	1.07	0.85	0.77	0.55	0.47	0.32	0	0	0.07	0
Fe	0.62	0.70	0.65	1.14	0.65	0.53	0.65	1.00	0.67	0.52	28.74	28.91	29.19	29.37
Cu	0.13	0.13	0.16	0.12	0.08	0.04	0.28	0.23	0.11	0.23	33.98	34.74	34.93	35.18
In	0.04	0	0.04	0	0.04	0	0	0.06	0.06	0	0	0	0	0
Ag	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.83	0.39	0.12
Sb	0	0	0	0	0	0	0.07	0.06	0	0.11	0	0	0	0
Au	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.12	0.10	0.09	0.15
Pb	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.09	0.44	0.09	0.10
S	32.59	32.74	32.65	32.83	32.65	32.51	33.45	32.75	33.08	32.93	35.25	34.80	34.78	34.76
Celkem	100.72	100.63	100.72	100.49	99.10	99.14	100.69	99.27	99.77	99.98	100.89	99.89	99.55	100.04
Zn	0.974	0.971	0.979	0.967	0.974	0.983	0.968	0.970	0.975	0.982	0.075	0.001	0	0.010
Cd	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0	0	0	0	0
Hg	0.012	0.011	0.009	0.008	0.005	0.004	0.004	0.003	0.002	0.002	0	0	0.001	0
Fe	0.011	0.012	0.011	0.020	0.011	0.009	0.011	0.018	0.012	0.009	0.939	0.958	0.967	0.969
Cu	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.004	0.004	0.002	0.004	0.976	1.012	1.017	1.020
In	0	0	0	0	0	0	0	0.001	0.001	0	0	0	0	0
Ag	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.014	0.007	0.002
Sb	0	0	0	0	0	0	0.001	0	0	0.001	0	0	0	0
Au	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.001	0.001	0.001	0.001
Pb	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.001	0.004	0.001	0.001
S	0.999	1.002	0.997	1.002	1.006	1.002	1.011	1.004	1.008	1.002	2.007	2.009	2.007	1.997
Catsum	1.001	0.998	1.003	0.998	0.994	0.998	0.989	0.996	0.992	0.998	1.993	1.991	1.993	2.003

Arzenopyrit byl zjištěn rovněž jen ve dvou zrnech. První představovalo xenomorfně omezenou uzavřenínu v galenitu o velikosti 20 μm (obr. 8c) a druhé tvořilo xenomorfně omezené jádro o velikosti $\sim 4 \mu\text{m}$ v krystalu gersdorffitu. V odraženém světle je arzenopyrit světle krémový, bez patrné anizotropie, s vysokou nábrusovou tvrdostí v porovnání s okolním galenitem (obr. 8c). Čtyři WDS analýzy inkluze v galenitu ukázaly vedle hlavních složek (Fe, As, S) i nepatrně zvýšené obsahy Au (max. 0.17 hm. %), Co (0.15 - 0.39 hm. %) a Hg (max. 0.19 hm. %). Atomový poměr As/S kolísá v intervalu 0.86 - 1.03.

Dvě analýzy z arzenopyritového jádra v gersdorffitu ukázaly výrazně zvýšený obsah Ni (4.0 a 7.9 hm. %; tab. 6), jenž však může být ovlivněn okolním gersdorffitem. Obsah Co (~ 0.25 hm. %) a atomový poměr As/S jsou zcela srovnatelné s arzenopyritovou inkluzí v galenitu.

Kobaltin byl zjištěn jen v jediném exempláři, uzavřeném v křemenném „jádře“ obrůstáném galenitem (obr. 8d). Kobaltin tvoří jádro automorfně omezeného, mírně protaženého krystalu o velikosti 15 μm , jehož okrajová zóna je tvořena gersdorffitem (obr. 8d). V odraženém světle je kobaltin bílý, izotropní. Čtyři WDS analýzy uká-



Obr. 8 a - automorfně omezené krystaly gersdorffitu v křemenném „jádře“ v galenitu, odražené polarizované světlo; b - antimonem bohatá okrajová zóna krystalu gersdorffitu, BSE obraz; c - inkluze arzenopyritu v galenitu, odražené polarizované světlo; d - automorfně omezený krystal kobaltinu vroubený tenkým světlejším lemem tvořeným gersdorffitem, BSE obraz; e - xenomorfně omezená inkluze ullmannitu v galenitu v blízkosti křemenného „jádra“, odražené polarizované světlo; f - kompozičně homogenní inkluze ullmannitu na kontaktu galenitu a křemenného „jádra“, BSE obraz. Všechny snímky Z. Dolníček.

zaly zvýšené obsahy Fe (4.1 - 6.2 hm. %), Ni (4.6 - 14.0 hm. %) a většinou i slabě zvýšené obsahy Sb (max. 0.64 hm. %; tab. 6). Kobalt je zastupován 11.9 - 17.8 at. % Fe a 8.8 - 38.5 at. % Ni. Převahu S nad As dokumentují atomové poměry As/S mezi 0.80 až 0.88.

Gersdorffit vytváří automorfně omezené, izolované izometrické krystaly o velikosti až 40 µm, zarostlé výhradně jen v křemeni křemenných „jader“ uzavřených v galenitu (obr. 8a, 9d). Často obsahuje drobné nepravidelné inkluze křemene či galenitu. Zatímco křemenné inkluze jsou v krystalech gersdorffitu rozmístěny nahodile, uzavřeniny galenitu bývají koncentrovány do jedné konkrétní růstové zóny (obr. 8a). V odraženém světle má gersdorffit bílou barvu (obr. 8a), vysoký reliéf vůči galenitu, je ve všech řezech izotropní a nemá vnitřní reflexy. Většina krystalů gersdorffitu nejeví z pohledu chemického složení žádnou zonalitu. Ve dvou případech bylo pozorováno, že gersdorffit vytváří mladší růstovou zónu kolem jádra, tvořeného v prvním případě kobaltinem (obr. 8d), v druhém arzenopyritem. V jednom případě byla také v BSE obraze pozorována zonální stavba samotného gersdorffitu: objemově převažující tmavé jádro, tvořené čistým gersdorffitem, je vroubeno tenkou světlejší okrajovou zónou, bohatší na Sb (obr. 8b). WDS analýzy (n = 41) ukázaly vedle hlavních komponent (Ni, As, S) i mírně variabilní zvýšené obsahy Sb (0.27 - 6.48 hm. %), Fe (max. 1.04

hm. %), Co (0.88 - 3.60 hm. %) a někdy i Hg (max. 0.16 hm. %) a Tl (max. 0.46 hm. %; tab. 6). Atomové poměry (As+Sb)/S v analyzovaných gersdorffitech kolísají mezi 0.85 až 1.12. Analytická data odpovídají maximálně 3.0 mol. % arzenopyritové, 2.6 - 11.1 mol. % kobaltinové a 0.2 - 9.1 mol. % ullmannitové molekuly v analyzovaných gersdorffitech.

Ullmannit je relativně hojnou akcesorií. Vyskytuje se výhradně v asociaci s galenitem. Vytváří izometrická či mírně protažená xenomorfně omezená zrna o velikosti maximálně 50 µm, uzavíraná v oblasti kontaktu galenitu s křemenným „jádem“ (obr. 8e,f). Větší individua obsahují drobné inkluze křemene či galenitu. V odraženém světle je bílý, s mírně vyšší odrazností i nábrusovou tvrdostí než má okolní galenit (obr. 8e), ale nižší nábrusovou tvrdostí, než má pyrit, arzenopyrit či gersdorffit. Při zkřížených nikolech je ve všech řezech izotropní a nemá vnitřní reflexy. V odrazovém mikroskopu ani v BSE obraze nevykazuje zonálnost. Chemické složení bylo studováno pomocí 26 bodových analýz. Polovina jich charakterizuje ullmannit jako čistou fázi s obsahy dalších prvků pod mezí postřehu mikroanalýzátoru. Menší část analýz ukázala zvýšený obsah As (max. 2.7 hm. %, odpovídající 7.6 mol. % gersdorffitové molekuly; obr. 7e) a někdy i stanovitelné obsahy Hg (max. 0.19 hm. %). V jednom zrně byly zjištěny i zvýšené koncentrace stříbra (0.7 - 2.0 hm. %; tab. 5)

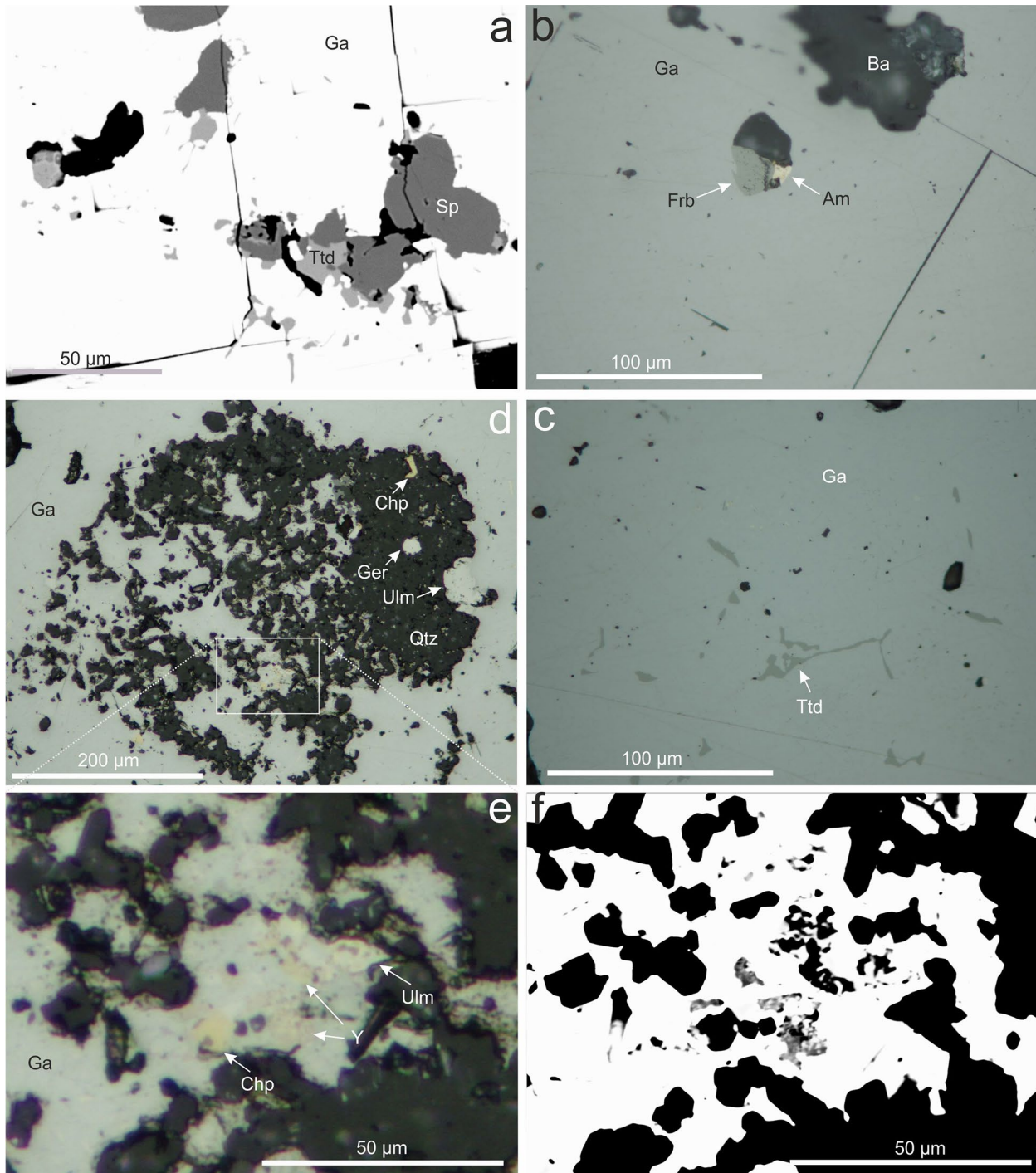
Tabulka 5 Příklady chemického složení (hm. %) pyritu (Py), milleritu (Mi) a ullmannitu (Ulm) a koeficienty empirického vzorce, vypočítané na bázi 3 apfu (pyrit, ullmannit) či 2 apfu (millerit).

An. č.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Minerál	Py	Py	Py	Py	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Ulm	Ulm	Ulm	Ulm	Ulm
Fe	46.42	46.80	45.75	44.99	0.25	0.23	0.31	0.13	0.21	0.14	0.15	0.12	0	0
Co	0	0.13	0.15	0.41	1.50	1.85	2.78	3.35	3.59	0	0	0	0	0
Ni	0.08	0.47	0.17	0.05	61.23	60.45	61.06	61.18	61.25	26.27	25.69	25.51	27.42	27.41
Cd	0	0	0	0	0	0.12	0	0	0	0	0	0	0	0
Ag	0	0.07	0	0	0	0.11	0	0	0	0.78	2.09	1.50	0	0
Pb	0	0.25	0.27	0.15	0	0	0	0.15	0.12	0	0	0	0.13	0.12
Cu	0	0.09	1.14	0	0.11	0	0	0	0.05	0	0.06	0.06		0
Hg	0	0	0	0	0.21	0.18	0.49	0.08	0	0.17	0	0.15	0.17	0.10
Zn	0	0	0	1.53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
In	0	0	0	0	0.05	0	0.20	0.04	0.04	0	0	0	0	0
Sb	0.19	0	0	0	0	0	0	0	0	55.14	54.62	55.14	53.71	55.22
As	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.33	0.68	2.72	1.19
Te	0	0	0	0	0	0.09	0.11	0.05	0.07	0	0	0	0	0
S	53.80	52.50	52.37	52.91	36.78	36.93	36.46	35.97	36.05	16.99	16.30	15.88	15.70	15.82
Celkem	100.48	100.32	99.85	100.05	100.12	99.96	101.40	100.95	101.38	99.49	99.24	99.04	99.85	99.86
Fe	0.992	1.010	0.992	0.971	0.004	0.004	0.005	0.002	0.003	0.005	0.006	0.005	0	0
Co	0	0.003	0.003	0.008	0.023	0.028	0.042	0.051	0.055	0	0	0	0	0
Ni	0.002	0.010	0.004	0.001	0.938	0.927	0.931	0.937	0.934	0.932	0.923	0.925	0.976	0.979
Cd	0	0	0	0	0	0.001	0	0	0	0	0	0	0	0
Ag	0	0.001	0	0	0	0.001	0	0	0	0.015	0.041	0.030	0	0
Pb	0	0.001	0.002	0.001	0	0	0	0.001	0.001	0	0	0	0.001	0.001
Cu	0	0.002	0.022	0	0.001	0	0	0	0.001	0	0.002	0.002	0	0
Hg	0	0	0	0	0.001	0.001	0.002	0.000	0	0.002	0	0.002	0.002	0.001
Zn	0	0	0	0.028	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
In	0	0	0	0	0	0	0.002	0	0	0	0	0	0	0
Catsum	0.994	1.026	1.022	1.010	0.968	0.962	0.982	0.991	0.993	0.954	0.972	0.962	0.979	0.981
Sb	0.002	0	0	0	0	0	0	0	0	0.943	0.946	0.964	0.922	0.951
As	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.009	0.019	0.076	0.033
Te	0	0	0	0	0	0.001	0.001	0	0	0	0	0	0	0
S	2.004	1.974	1.978	1.990	1.032	1.037	1.018	1.008	1.006	1.103	1.072	1.054	1.023	1.035
Ansum	2.006	1.974	1.978	1.990	1.032	1.038	1.018	1.009	1.007	2.046	2.028	2.038	2.021	2.019

a železa (0.1 - 0.2 hm. %). Atomový poměr (Sb+As)/S se pohybuje v rozmezí 0.85 až 1.06.

Millerit je nejhojnější akcesorií. Vyskytuje se výhradně v asociaci s galenitem, a to ve většině větších galenitových zrn, v nichž se kumuluje v oblasti jejich centra; je uzavírán jak v galenitu, tak v křemenných „jádrech“ (obr. 6a-d). Téměř výhradně vytváří hustě nahlučené, náhodně prostorově orientované, automorfně omezené tenké jehličky o šířce do 2 μm a délce až 50 μm (obr. 6a,b). Zcela ojediněle byl zjištěn i masivní, xenomorfně omezený ag-

regát milleritu o velikosti 50 μm (obr. 6c,d). V odraženém světle je millerit bronzově žlutý (obr. 6a-c), se srovnatelnou nábrusovou tvrdostí jako má galenit, při zkřížených nikolech zřetelně anizotropní, bez vnitřních reflexů. Většinu individuí není možno na mikrosondě pro jejich malou šířku bezchybně analyzovat, proto bylo získáno jen malé množství ($n = 9$) reprezentativních analýz. Z nich vyplývá, že millerit má malou průběžnou příměs Fe (0.1 - 0.5 hm. %) a zvýšený podíl Co (1.5 - 3.6 hm. %; tab. 5). V některých analýzách jsou i zvýšené obsahy Hg (max. 0.5 hm. %).



Obr. 9 a,b - nepravidelně omezené inkluze tetradritu (nejchudšího stříbrem) a sfaleritu v galenitu, odražené polarizované světlo; b - inkluze tvořená barytem, Ag-amalgámem a freibergitem uzavřená v galenitu, odražené polarizované světlo; c - hojně nepravidelné inkluze stříbrem bohatého tetradritu v galenitu, odražené polarizované světlo; d, e - pozice minerálu „Y“ v křemenném jádře v galenitu v asociaci s inkluzemi chalkopyritu, ullmannitu a gersdorffitu, odražené polarizované světlo; f - kompoziční nehomogenita minerálu „Y“ v BSE obraze. Všechny snímky Z. Dolníček.

Siegenit byl nalezen pouze v jediném xenomorfně omezeném exempláři okrouhlého tvaru o velikosti 5 μm , uzavřeném v galenitu. Dvě WDS analýzy ukázaly 39.1 a 39.4 hm. % S, 27.5 a 28.0 hm. % Ni, 23.9 a 24.2 hm. % Co, 3.5 a 3.9 hm. % Pb a 0.8 a 1.5 hm. % Fe (tab. 7). Celková stochio-

metrie (poměr kovů k síře blízký 3 : 4) a atomový poměr Ni/(Ni+Co) rovný 0.54 odpovídají siegenitu jako niklem bohatému přechodnému členu řady linnéit - polydymit. Vzhledem k malé velikosti analyzovaného zrna nelze vyloučit, že stanovené zvýšené obsahy olova pocházejí z okolního galenitu.

Tabulka 6 Příklady chemického složení (hm. %) arzenopyritu (Asp), kobaltinu (Cob) a gersdorffitu (Ger) a koeficienty empirického vzorce, vypočítané na bázi 3 apfu.

An. č.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Minerál	Asp	Asp	Asp	Cob	Cob	Cob	Ger	Ger	Ger	Ger	Ger	Ger	Ger	Ger
Fe	31.44	29.62	25.49	4.09	5.43	6.16	0.07	0.06	0.14	0.57	0.20	0.69	0.48	1.04
Co	0.39	0.24	0.27	27.64	22.07	14.98	1.00	1.43	1.23	0.88	2.47	3.60	2.94	2.84
Ni	0	3.98	7.90	3.18	7.49	14.01	31.81	32.25	32.40	32.96	31.63	27.99	30.06	32.97
Pb	0	0.19	0	0	0	0	0	0.23	0	0.20	0	0	0	0.18
Hg	0.15	0	0	0	0	0	0	0	0.16	0	0	0	0	0
Cu	0	0	0	0	0	0.06	0	0	0	0	0	0	0	0
Tl		0.20	0.32				0.24	0.46						0.32
Au	0.08	0.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
As	46.20	46.79	46.76	41.93	43.34	41.41	40.17	39.98	42.24	42.32	43.98	44.81	45.42	42.32
Sb	0.08	0	0.18	0.18	0.13	0.64	6.48	5.69	3.51	3.04	1.32	1.02	0.62	0.14
S	21.54	19.36	19.75	21.80	21.14	22.28	19.21	20.18	20.07	20.34	20.80	20.98	20.60	21.32
Celkem	99.89	100.55	100.67	98.82	99.60	99.53	98.98	100.28	99.74	100.31	100.39	99.10	100.12	101.13
Fe	0.908	0.868	0.745	0.119	0.159	0.178	0.002	0.002	0.004	0.017	0.006	0.021	0.014	0.030
Co	0.011	0.007	0.007	0.766	0.611	0.411	0.029	0.041	0.035	0.025	0.069	0.101	0.082	0.078
Ni	0	0.111	0.220	0.089	0.208	0.386	0.929	0.922	0.923	0.930	0.883	0.790	0.842	0.905
Pb	0	0.002	0	0	0	0	0	0.002	0	0.002	0	0	0	0.001
Hg	0.001	0	0	0	0	0	0	0	0.001	0	0	0	0	0
Cu	0	0	0	0	0	0.002	0	0	0	0	0	0	0	0
Tl		0.002	0.003				0.002	0.004						0.003
Au	0.001	0.001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Catsum	0.922	0.990	0.977	0.976	0.980	0.984	1.054	1.048	1.011	1.014	0.975	0.925	0.946	1.018
As	0.995	1.022	1.018	0.914	0.944	0.893	0.919	0.895	0.943	0.935	0.962	0.991	0.997	0.910
Sb	0.001	0	0.002	0.002	0.002	0.008	0.091	0.078	0.048	0.041	0.018	0.014	0.008	0.002
S	1.084	0.988	1.005	1.110	1.076	1.123	1.027	1.056	1.046	1.051	1.063	1.084	1.057	1.071
Ansum	2.078	2.010	2.023	2.024	2.020	2.016	1.946	1.952	1.989	1.986	2.025	2.075	2.054	1.982

Tabulka 7 Chemické složení (hm. %) siegenitu (Sg), minerálu X (X) a minerálu Y (Y). a - rekonstruovaná složení po odpočtu příměsi galenitu. Koeficienty empirického vzorce jsou vypočítány na bázi 7 apfu (siegenit), 5 apfu (minerál X), 29 apfu (minerál Y, včetně Pb) a 48 apfu (minerál Y, po odpočtu Pb).

An. č.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	7a	8a	9a	10a
Minerál	Sg	Sg	X	X	X	X	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Ni	27.53	27.96	25.87	25.90	24.19	34.44	12.40	12.40	12.97	11.70	14.12	13.98	13.86	14.63
Co	23.85	24.18	28.09	28.44	26.70	19.97	0.05	0.05	0	0	0.06	0.06	0	0
Fe	1.53	0.82	1.57	1.52	1.43	0.46	9.17	9.24	9.89	7.70	10.43	10.42	10.57	9.62
Cu	0.93	0.53	0.11	0.14	0.11	0	10.79	10.87	11.60	8.99	12.29	12.25	12.40	11.24
Ag	0.07	0.16	0.04	0	0	0	0.38	0.35	0.17	0.16	0.43	0.39	0.18	0.20
Hg	0	0.2	0	0	0	0	0	0.14	0.15	0.22	0	0.12	0.14	0.21
Zn	0	0	0	0	0	0	6.04	6.33	7.18	6.46	6.87	7.14	7.67	8.07
Pb	3.48	3.88	0.65	0.81	3.42	0.31	9.79	8.96	4.86	18.23	0	0	0	0
Sb	0.19	0	0	0	0	0	27.39	27.48	28.12	25.18	31.19	30.98	30.05	31.49
S	39.39	39.12	43.06	44.37	42.76	43.45	23.21	23.32	24.32	21.80	24.61	24.65	25.14	24.55
Celkem	96.97	96.85	99.40	101.20	98.61	98.65	99.21	99.13	99.26	100.42	100.00	100.00	100.00	100.00
Ni	1.518	1.550	0.961	0.942	0.919	1.281	3.740	3.723	3.756	3.717	6.581	6.514	6.398	6.842
Co	1.310	1.335	1.039	1.031	1.010	0.740	0.016	0.016	0	0	0.028	0.027	0	0
Fe	0.089	0.048	0.061	0.058	0.057	0.018	2.906	2.915	3.011	2.571	5.111	5.100	5.128	4.728
Cu	0.047	0.027	0.004	0.005	0.004	0	3.008	3.014	3.105	2.639	5.290	5.273	5.288	4.853
Ag	0.002	0.005	0.001	0	0	0	0.062	0.057	0.026	0.027	0.109	0.099	0.045	0.050
Hg	0	0.003	0	0	0	0	0	0.012	0.012	0.021	0	0.017	0.019	0.028
Zn	0	0	0	0	0	0	1.635	1.707	1.868	1.843	2.875	2.985	3.181	3.388
Pb	0.054	0.061	0.007	0.008	0.037	0.003	0.836	0.762	0.399	1.641	0	0	0	0
Sb	0.005	0	0	0	0	0	3.984	3.977	3.927	3.858	7.008	6.959	6.688	7.098
S	3.975	3.971	2.928	2.956	2.973	2.958	12.814	12.818	12.896	12.684	20.998	21.027	21.253	21.013
Catsum	3.025	3.029	2.072	2.044	2.027	2.042	16.186	16.182	16.104	16.316	27.002	26.973	26.747	26.987

Minerály tetraedritové skupiny se vyskytují výhradně v asociaci s galenitem. Vytvářejí xenomorfně omezené, izometrické či protažené inkluze, uzavírané zejména v mladších (vnějších) částech některých galenitových zrn. Inkluze jsou obvykle monominerální, výjimečně v nich minerály tetraedritové skupiny asociují i s barytem, sfaleritem či Ag-amalgámem (obr. 9a-c). Pokud se inkluze minerálů tetraedritové skupiny v daném galenitovém zrně vyskytují, vždy je jich přítomno větší množství, avšak nevykazují žádnou přednostní (krystalograficky podmíněnou) orientaci (obr. 9a,c). V odraženém světle jsou minerály tetraedritové skupiny šedé, tmavší než galenit, ale světlejší než sfalerit. Vůči galenitu jsou prakticky bez reliéfu (obr. 9b,c). Štěpnost není patrná, stejně jako přeměny. Jsou izotropní a bez vnitřních reflexů. Informace o chemickém složení jsou založeny na 40 bodových WDS analýzách, jejichž výběr je uveden v tab. 8. Společným znakem všech analýz je obsah arsenu a bismutu pod mezí stanovitelnosti. Z pohledu obsahů dalších prvků lze vyčlenit tři skupiny dat. Minerály tetraedritové skupiny, jež jsou v inkluzích v asociaci s křemenem a sfaleritem (obr. 9a), mají nejnižší zjištěné obsahy stříbra (1.8 - 2.0 hm. %), nejvyšší obsahy zinku (6.9 - 7.9 hm. %) a nejnižší obsahy železa (0.2 - 0.4 hm. %; tab. 8). Klasifikačně odpovídají **tetraedritu** a ve studovaném materiálu se vyskytují jen vzácně. Druhá skupina, svým výskytem v rámci lokality nejhojnější, vytváří monominerální inkluze v galenitu (obr. 9c). Má zvýšený obsah stříbra (10.2 - 16.4 hm. %; tab. 8) a ve většině analýz i mírně zvýšený obsah rtuti (0.1 až 0.6 hm. %). Obsah zinku (4.1 - 7.6 hm. %) výrazně převažuje nad železem (0.4 - 2.4 hm. %). Stříbro substituuje 16.6 - 27.8 at. % strukturální pozice mědi, klasifikačně jde tedy v těchto případech o **stříbrem bohaté tetraedritu**. Třetí skupina analýz má nejvyšší obsah stříbra (18.3 - 20.0 hm. %), železa (4.6 - 4.9 hm. %), kadmia (1.3 - 2.0 hm. %) a nejnižší zastoupení zinku (0.2 - 0.4 hm. %; tab. 8). Stanovené obsahy stříbra odpovídají 3.09 - 3.42 *apfu* Ag, klasifikačně jde tedy již o **freibergity**

(srov. Zakrzewski 1989; Števkó et al. 2018). Výskytem jde o velice vzácnou fázi, zjištěnou jen jedenkrát v asociaci s Ag-amalgámem a barytem (obr. 9b). Mezi obsahy Ag a Cu je pro všechna naměřená data patrná ideální nepřímá úměrnost ($R^2 = 1.00$), stejně jako mezi obsahy Fe a Zn ($R^2 = 1.00$; obr. 7c,d). Mezi obsahy Fe a Cd existuje přímá úměrnost s vysokým stupněm korelace ($R^2 = 0.92$), naproti tomu mezi obsahy Hg a Ag, Hg a Zn či Hg a Fe žádné statisticky významné korelace neexistují ($R^2 \leq 0.11$).

Amalgámy stříbra jsou relativně častou akcesorií. Jsou vždy asociovány s galenitem. Ve všech případech jde o drobná (obvykle do 5 - 10 μm , výjimečně až 40 μm velká), xenomorfně omezená izometrická či mírně protažená zrna s vysokou odrazností (obr. 9b, 10a,b). Odraznost je vyšší než u galenitu, barva odraženého světla je bílá až krémová a jde o fáze opticky izotropní. Výskyty mají různou paragenetickou pozici i chemické složení, Ag-amalgám se často vyskytuje v podobě inkluzí uzavíraných v různých částech galenitových zrn, v asociaci s barytem, dolomit, milleritem (obr. 10b), ullmannitem, výjimečně i freibergitem (obr. 9b). Nežádá se o dutiny v galenitu, které Ag-amalgám vyplňuje jen neúplně. Méně často se Ag-amalgám vyskytuje v blízkosti vnějšího okraje galenitových zrn, v asociaci s křemenem, barytem, cinabaritem a cerusitem (obr. 10a,c). V BSE obraze bývají větší individua zonální - tmavší (stříbrem bohatší) partie jsou typicky na styku s galenitem, zatímco světlejší (rtutí bohatší) jsou dále od kontaktu s galenitem. Chemické složení bylo studováno pomocí 46 WDS analýz - viz tab. 9. Hlavními komponentami jsou vždy jen stříbro a rtuť, jejichž obsahy vykazují poměrně značnou variabilitu (35.0 - 76.1 hm. % Ag, 24.2 - 64.9 hm. % Hg; tab. 9). Většina získaných analýz odpovídá **luanheitu** či přechodu mezi **luanheitem** a **paraschachneritem**, méně častá jsou pak složení mezi **luanheitem** a **eugenitem**. Jedna analýza je situována i v oblasti mezi **schachneritem** a **moschellandsbergitem** a poslední tři jsou mezi **eugenitem**

Tabulka 8 Příklady chemického složení (hm. %) tetraedritu (Ttd), stříbrem bohatého tetraedritu (Ag-ttd) a freibergitu (Frb) a koeficienty empirického vzorce, vypočítané na bázi 29 *apfu*.

An. č.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Minerál	Ttd	Ttd	Ttd	Ttd	Ag-ttd	Ag-ttd	Ag-ttd	Ag-ttd	Ag-ttd	Frb	Frb	Frb	Frb	Frb
Ag	1.76	1.85	1.92	1.98	10.39	11.92	13.58	14.99	16.33	18.38	18.50	18.72	18.89	20.03
Cu	35.62	35.62	35.68	35.99	30.70	28.10	27.60	26.21	25.01	24.11	24.17	23.74	23.64	23.08
Hg	0	0.09	0	0	0.37	0.10	0.38	0.29	0.55	0.15	0.18	0.27	0.10	0.27
Fe	0.20	0.38	0.32	0.38	0.36	0.49	2.11	0.55	0.55	4.88	4.80	4.72	4.87	4.63
Zn	7.87	7.28	7.34	6.89	6.88	6.90	4.37	6.33	6.15	0.28	0.36	0.24	0.31	0.35
Cd	0	0	0	0	0	0	0.20	0	0	1.79	1.79	1.99	1.57	1.33
Pb	0.24	0.26	0.36	0.23	0.14	0	0	0.88	0.78	0.19	0.11	0.27	0.13	0.16
Sb	28.75	28.84	28.85	29.00	28.30	27.73	27.34	27.27	26.70	27.12	26.84	26.62	26.74	26.67
S	24.41	24.45	24.52	24.89	24.20	23.34	23.26	23.15	22.90	22.95	22.92	22.74	22.94	22.64
Celkem	98.85	98.77	98.98	99.36	101.34	98.58	98.83	99.66	98.95	99.85	99.67	99.30	99.20	99.17
Ag	0.278	0.293	0.303	0.311	1.661	1.974	2.255	2.504	2.764	3.093	3.116	3.178	3.195	3.417
Cu	9.566	9.579	9.574	9.591	8.336	7.900	7.784	7.430	7.184	6.889	6.911	6.841	6.790	6.681
Hg	0	0.008	0	0	0.032	0.009	0.034	0.026	0.050	0.014	0.016	0.024	0.009	0.025
Fe	0.061	0.117	0.097	0.115	0.110	0.157	0.677	0.176	0.179	1.585	1.562	1.549	1.590	1.526
Zn	2.054	1.902	1.913	1.784	1.815	1.885	1.196	1.744	1.716	0.076	0.101	0.069	0.085	0.098
Cd	0	0	0	0	0	0	0.033	0	0	0.288	0.289	0.324	0.255	0.218
Pb	0.020	0.022	0.030	0.019	0.012	0	0	0.076	0.069	0.017	0.010	0.023	0.012	0.015
Sb	4.029	4.047	4.041	4.033	4.010	4.070	4.023	4.034	4.002	4.044	4.005	4.005	4.008	4.030
S	12.992	13.032	13.042	13.146	13.024	13.004	12.998	13.010	13.036	12.994	12.989	12.988	13.056	12.991
Catsum	16.008	15.968	15.958	15.854	15.976	15.996	16.002	15.990	15.964	16.006	16.011	16.012	15.944	16.009

a **stříbrem** a tedy blízké **rtuťnatému stříbru** (obr. 11). Vedle stříbra a rtuťi ukázaly některé analýzy i slabě zvýšené obsahy S (max. 0.2 hm. %), Pb (max. 0.5 hm. %), Ni (max. 0.2 hm. %), Tl (max. 0.3 hm. %), Te (max. 0.14 hm. %) a Ge (max. 0.05 hm. %; tab. 9). Nebyla zjištěna žádná zjevná závislost chemismu Ag-amalgámu na minerální asociaci s výjimkou stříbrem nejbohatší fáze, která byla v kontaktu s freibergitem (obr. 9b).

Bournonit byl zjištěn jen jedenkrát, v podobě drobného automorfně omezeného krystalu o velikosti 4 μm , uzavřeného v barytové inkluzi v galenitu (obr. 4f). Tři bodové WDS analýzy zjistily jen obsahy Pb, Cu, Sb a S v odpovídajícím poměru (tab. 9); v jednom případě byl zaznamenán i poněkud zvýšený obsah Tl (0.24 hm. %).

Cinabarit byl nalezen pouze v jediném vzorku, v dutině v galenitu ve společnosti křemene, luanheitu a cerusitu (obr. 10c). Vytváří nepravidelné agregáty o velikosti do 7 μm kolem luanheitu, obrůstané pak ještě mladším cerusitem. V odraženém světle je šedý, tmavší než galenit, ale s vyšší odrazností než má sfalerit, křemen a cerusit. V XPL jsou patrné červené vnitřní reflexy. Chemické složení je jednoduché, tři WDS analýzy ukázaly kromě Hg a S i slabě zvýšené obsahy Ag (max. 0.25 hm. %) a Pb (max. 0.17 hm. %; tab. 9).

Minerál blízký **akantitu** byl zjištěn pouze dvakrát, po každé v různých minerálních asociacích. Daný minerál v obou případech povléká a zatlačuje starší sulfidy, galenit či chalkopyrit, vždy od okraje zrna a po trhlinách. Vytváří malé domény o velikosti maximálně 5 μm v nejdelším rozměru (obr. 10d,e). Dvě WDS analýzy vykázaly vysoké

obsahy Ag a S a také zvýšené obsahy Hg (4.1 a 2.7 hm. %), Cu (2.0 a 4.2 hm. %), v jednotlivých případech i Zn (0.8 hm. %) a Fe (0.3 hm. %; tab. 9). Chemismus přibližně odpovídá akantitu, avšak vzhledem k vysokým obsahům dalších prvků a horší stechiometrii analýz je pravděpodobné, že obě analyzovaná místa obsahovala i příměsi dalších minerálních fází.

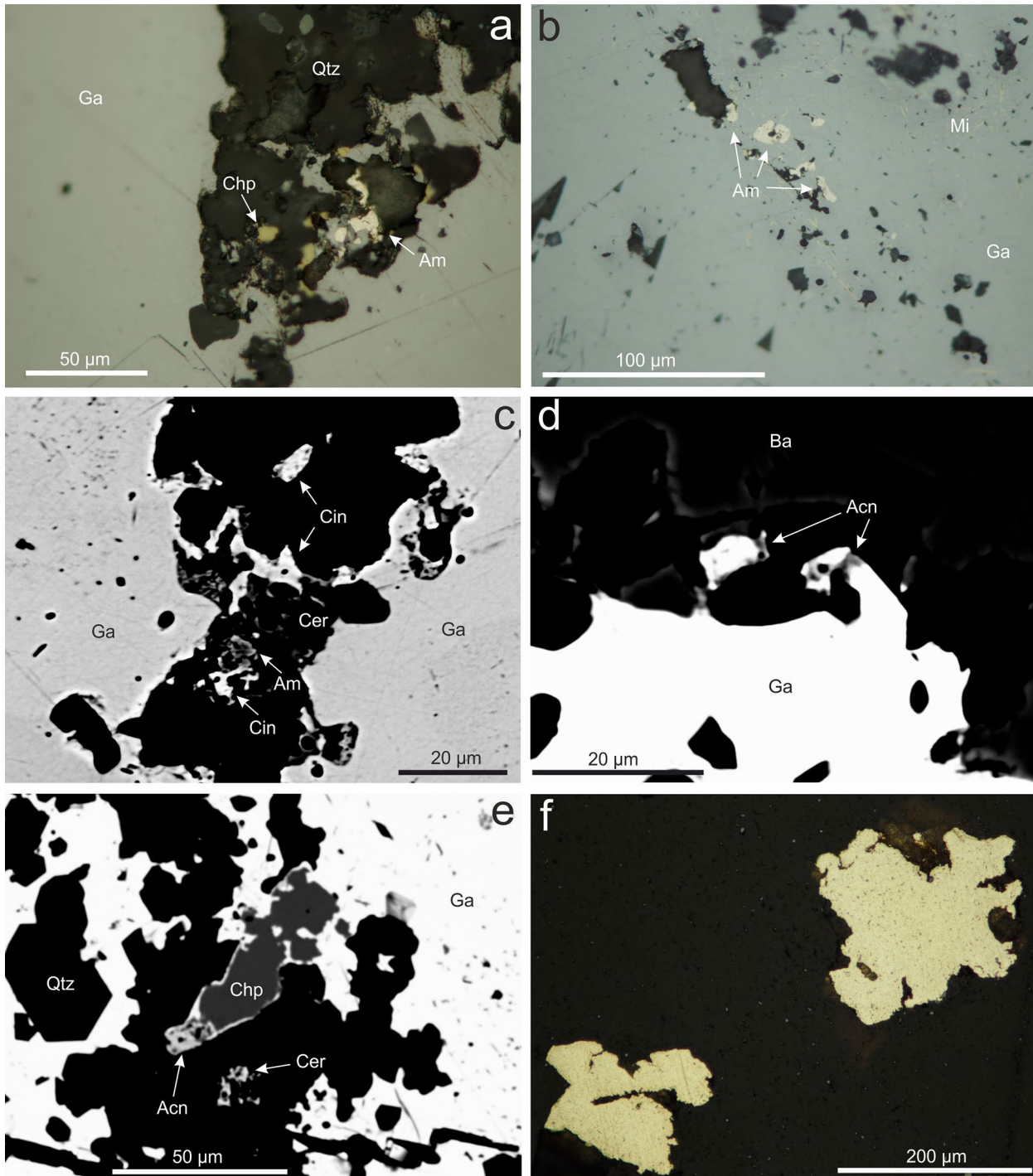
Zlato bylo ojediněle nalezeno pouze při studiu šlichů, vyrýžovaných z rozdrčené barytové žiloviny s obsahem tmavých rudními minerály bohatých smouh, nikdy nebylo nalezeno *in situ* ve výbrusech či nábrusech. Čtyři vyrýžované zlatinky dosahují velikosti maximálně 0.25 mm a mají makroskopicky světle žlutou barvu. V odrazovém mikroskopu i v BSE obraze je viditelná jemně porézní struktura kovu, není však patrná chemická zonalita jednotlivých zlatinek. Na snímcích jsou ale viditelné určité rozdíly mezi jednotlivými zlatinkami (obr. 10f). Při studiu tří zlatinek na elektronové mikrosondě bylo pořízeno celkem 12 WDS analýz (tab. 10). Obsahy Au kolísají mezi 65.7 - 77.0 hm. % a obsahy Ag mezi 20.3 - 35.7 hm. %. Žádná výrazná chemická zonalita není patrná ani ze získaných analýz, v rámci konkrétní zlatinky obsahy Au i Ag kolísají v intervalu maximálně 2 - 3 hm. %. Při přepočtu na atomová procenta mírně převažuje zlato nad stříbrem (50.1 - 65.9 at. % Au; tab. 10, obr. 7f) a podle nomenklatorických pravidel IMA jde tedy o **stříbrem bohaté zlato**. Pokud bychom se přidrželi staršího názvosloví, jde ve všech případech o typické **elektrum**. Jedna zlatinka měla zvýšený obsah rtuťi (1.5 - 2.9 hm. %; tab. 10). Obsahy dalších příměsí (Cd, Ga, Cl) nepřevyšují 0.2 hm. %.

Tabulka 9 Příklady chemického složení (hm. %) Ag-amalgámu (Am), bournonitu (Bnn), cinabaritu (Cin), akantitu (Acn) a covellinu (Cv) a koeficienty empirického vzorce vypočítané na bázi 1 apfu (Ag-amalgám), 6 apfu (bournonit), 2 apfu (cinabarit, covellin) a 3 apfu (akantit).

An. č.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Minerál	Am	Am	Am	Am	Am	Am	Am	Am	Bnn	Bnn	Cin	Cin	Acn	Cv
Cu	0	0	0.13	0	0	0	0	0.13	13.07	12.97	0	0	4.16	59.92
Pb	0.38	0.28	0	0	0	0	0.17	0	41.57	42.83	0	0.17	0	0.66
Sb	0	0	0	0	0	0	0	0	25.03	24.70	0	0	0	3.01
Ag	34.95	51.80	55.73	59.19	61.58	65.17	75.40	76.15	0	0	0	0.25	78.54	2.08
Hg	64.90	48.29	45.37	42.57	38.18	35.38	26.44	24.19	0	0	85.56	85.37	2.66	0
Ni	0	0.21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cd	0	0.07	0	0	0	0	0	0.06	0	0	0	0	0	0
Sn	0	0.29	0	0	0	0	0	0	0.08	0	0	0	0	0
In			0		0						0.05	0.10	0	
Tl	0.29	0.25		0.33		0	0	0.22	0.25	0				0.22
S	0.18	0.16	0.08	0.09	0.05	0.06	0.14	0.11	19.73	19.55	13.68	13.59	12.55	29.99
Te	0	0.09	0.06	0.12	0.05	0.13	0.09	0.14	0	0	0	0	0	0
Celkem	100.70	101.44	101.37	102.30	99.86	100.74	102.24	101.00	99.74	100.04	99.29	99.47	97.91	95.87
Cu	0	0	0.003	0	0	0	0	0.002	1.004	1.001	0	0	0.164	0.979
Pb	0.003	0.002	0	0	0	0	0.001	0	0.979	1.014	0	0.0019	0	0.003
Sb	0	0	0	0	0	0	0	0	1.004	0.995	0	0	0	0.026
Ag	0.494	0.653	0.691	0.716	0.748	0.771	0.835	0.846	0	0	0	0.005	1.823	0.020
Hg	0.493	0.327	0.302	0.277	0.249	0.225	0.158	0.144	0	0	0.999	0.997	0.033	0
Ni	0	0.005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cd	0	0.001	0	0	0	0	0	0.001	0	0	0	0	0	0
Sn	0	0.003	0	0	0	0	0	0	0.003	0	0	0	0	0
In			0		0						0.001	0.002	0	
Tl	0.002	0.002		0.002		0	0	0.001	0.006	0				0.001
Catsum	0.991	0.992	0.996	0.995	0.997	0.996	0.994	0.995	2.996	3.009	1.000	1.007	2.020	1.029
S	0.009	0.007	0.003	0.004	0.002	0.002	0.005	0.004	3.004	2.991	1.000	0.993	0.980	0.971
Te	0	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0	0	0	0	0	0
Ansum	0.009	0.008	0.004	0.005	0.003	0.004	0.006	0.005	3.004	2.991	1.000	0.993	0.980	0.971

Fáze X neodpovídá žádnému známému minerálnímu druhu. Byla zjištěna v podobě dvou xenomorfně omezených zrn o rozměrech cca $10 \times 6 \mu\text{m}$ a $3 \times 2 \mu\text{m}$. Větší zrn bylo uzavřené v galenitu (obr. 6e), menší v křemenu („křemenného jádra“ ve společnosti hojných jehlic milleritu (obr. 6f). Minerál má krémovou barvu, vyšší odraznost a zřetelně vyšší nábrusovou tvrdost než okolní galenit (obr. 6e). Vnitřní reflexy nejsou patrné. Chemické složení bylo ověřeno pomocí osmi bodových analýz (tab. 7). Hlavními

složkami jsou síra (42.8 - 44.6 hm. %), Co (20.0 - 28.4 hm. %) a Ni (24.2 - 34.4 hm. %). Dále byly zjištěny ještě zvýšené obsahy olova (0.3 - 3.4 hm. %), železa (0.5 - 1.6 hm. %) a v nepatrném množství i mědi (max. 0.3 hm. %). Celková stechiometrie nasvědčuje poměru kovů k síře v hodnotě 2 : 3, ideální vzorec této fáze tedy odpovídá formuli $(\text{Co,Ni})_2\text{S}_3$. Poměr Co/Ni je rozdílný v obou nalezených zrnech: v případě zrna uzavíraného v galenitu nepatrně převažuje kobalt nad niklem, v případě zrna uzavíraného

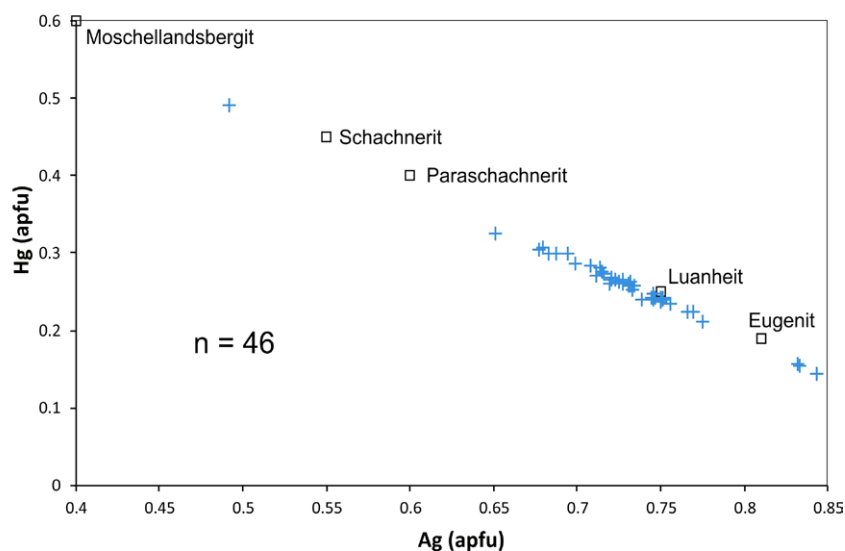


Obr. 10 a, b - nepravidelně omezené inkluze Ag-amalgámu v galenitu, odražené polarizované světlo; b - drobná zrna cinnabaritu v asociaci s Ag-amalgámem a cerusitem v okrajové části zrna galenitu, obraz BSE; c - hojně nepravidelné inkluze stříbrem bohatého tetraedritu v galenitu, odražené polarizované světlo; d - akantit zatlačující okraj galenitu, obraz BSE; e - akantit zatlačující okraj zrna chalkopyritu, obraz BSE; f - dvě zlatinky vyrýžované z rozdrčené žiloviny, odražené polarizované světlo. Všechny snímky Z. Dolníček a J. Ulmanová.

v křemeni lze konstatovat 1.7-násobnou převahu Ni nad Co (tab. 7). Podle nomenklatorických pravidel IMA by se tedy mělo jednat o dva samostatné minerály (s ideálními vzorci Co_2S_3 a Ni_2S_3), které spolu tvoří izomorfní řadu. V případě olova je pravděpodobné, že pochází z okolního galenitu (menší zrna uzavíraná v křemeni olovo téměř neobsahuje).

Fáze Y rovněž neodpovídá žádnému známému minerálnímu druhu. Byla zjištěna jen jedenkrát, v podobě shluku několika drobných, xenomorfně omezených zrn o velikosti do 6 μm , uzavřených v galenitu, který prorůstá křemenem křemenného „jádra“ obrůstaného galenitem (obr. 9d-f). Fáze je dále v asociaci s chalkopyritem a ullmannitem, které rovněž vytvářejí izolované inkluze v galenitu (obr. 9d). V odraženém světle má světle žlutou barvu, která je světlejší než u chalkopyritu (obr. 9e). V BSE obraze vykazuje nepravidelnou „skvrnitou“ zonalnost (obr. 9f). Čtyři WDS analýzy (tab. 7) ukázaly vysoké a variabilní obsahy Sb (25.2 - 28.1 hm. %), S (21.8 - 24.3 hm. %), Ni (11.7 - 13.0 hm. %), Pb (4.9 - 18.2 hm. %), Cu (9.0 - 11.6 hm. %), Fe (7.7 - 9.9 hm. %) a Zn (6.0 - 7.2 hm. %). Obsahy Ag a Hg nepřesahují 0.4, respektive 0.2 hm. %. Uvedené složení neodpovídá žádnému známému minerálu, poměr kationtů a aniontů však zhruba odpovídá minerálům ze skupiny tetradritu, poměr Sb/kovy však nikoliv (tab. 7). Je možné, že v daných analýzách nejvíce variabilní prvek - olovo - může pocházet z okolí dané fáze (tj. z galenitu). Pokud bychom provedli korekci na galenit tak, aby byl obsah olova nulový, získáme chemické složení, které opět neodpovídá žádné dosud známé fázi (tab. 7, složení označená písm. a). Ideální vzorec této fáze by pak byl při přepočtu na 48 apfu následující: $(\text{Ni}, \text{Cu}, \text{Fe}, \text{Zn})_{14}\text{Sb}_7\text{S}_{27}$.

Obr. 11 Variace v chemickém složení Ag-amalgámu v porovnání s teoretickým složením fází v systému Ag-Hg.



Sekundární minerály

Cerusit je nejhojnějším sekundárním minerálem. Obvykle zatlačuje od okrajů zrna galenitu (obr. 6e, 12b,c). Ojedinele byly pozorovány i téměř kompletní pseudomorfózy cerusitu po galenitu. V BSE obraze je cerusit obvykle zřetelně oscilačně zonalní (obr. 12c), přičemž tmavší zóny se vyznačují zvýšenou porozitou, projevující se sníženými analytickými sumami WDS analýz. Systematické rozdíly v prvkovém složení světlejších a tmavších partií nejsou patrné. Chemické složení cerusitu bylo sledováno prostřednictvím 21 bodových WDS analýz, jejichž výběr je uveden v tab. 11. Téměř všechny analýzy obsahují příměsi SO_3 (0.05 - 3.04 hm. %), které naznačují malou průběžnou příměs anglesitu, a CaO (0.05 - 0.47 hm. %). Třetina analýz má i zvýšené obsahy MgO (0.09 - 1.15 hm. %). Ojedinele byly ještě zaznamenány i zvýšené obsahy BaO (max. 0.27 hm. %), ZnO (max. 0.35 hm. %) a CuO (max. 0.22 hm. %).

Anglesit je vzácnější než cerusit. Představuje iniciální stádium supergenní přeměny galenitu, sám je pak zatlačován mladším cerusitem (obr. 12b). Na BSE snímcích má „kropenatý“ vzhled (obr. 12b), způsobený drobnými uzavřeními cerusitu a galenitu. Chemické složení bylo studováno pomocí pěti bodových analýz (tab. 11). Téměř všechny analýzy obsahují příměs cerusitu, jak naznačují

Tabulka 10 Chemické složení zlata (hm. %) a koeficienty empirického vzorce, vypočítané na bázi 1 atomu kovů.

An. č.	1-1	1-2	1-3	1-4	2-1	2-2	2-3	2-4	3-1	3-2	3-3	3-4
Au	67.44	67.55	66.08	65.69	71.93	70.42	68.70	69.64	76.48	77.04	76.65	76.02
Ag	32.86	32.95	34.19	35.65	29.52	31.18	31.74	31.26	21.67	20.77	20.75	20.41
Hg	0.14	0	0	0	0	0	0	0	1.54	1.56	2.01	2.89
Cd	0.05	0.07	0.09	0	0.07	0	0.06	0	0	0	0	0.07
Ga	0	0.07	0.08	0.08	0.06	0.06	0.10	0.09	0.19	0.16	0.15	0.12
Cl	0.07	0.05	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06	0.08	0.07	0.07	0	0.07
Celkem	100.56	100.69	100.50	101.48	101.64	101.73	100.65	101.07	99.95	99.60	99.56	99.58
Au	0.528	0.528	0.513	0.501	0.570	0.552	0.541	0.548	0.648	0.659	0.655	0.652
Ag	0.470	0.470	0.484	0.497	0.427	0.446	0.456	0.450	0.335	0.324	0.324	0.320
Hg	0.001	0	0	0	0	0	0	0	0.013	0.013	0.017	0.024
Cd	0.001	0.001	0.001	0	0.001	0	0.001	0	0	0	0	0.001
Ga	0	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.002	0.002	0.005	0.004	0.004	0.003
Celkem	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Cl	0.003	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0	0.003

je mírná převaha kationtů (1.03 - 1.13 *apfu*) nad anionty (0.95 - 0.99 *apfu*) i snížené analytické sumy WDS analýz (95 - 99 hm. %).

Smithsonit je mladší než cerusit, neboť vyplňuje pukliny a volné dutiny v tomto minerálu, někdy jeho klencové krystaly čnějí do volných prostor (obr. 12b). Část smithsonitu budí dokonce dojem primární fáze: vyplňuje mezery mezi zrny křemene, supergenními procesy nepostiženého galenitu, barytu a karbonátů dolomitové skupiny (obr. 12d). Chemické složení tohoto smithsonitu je však zcela srovnatelné s výše popsaným prokazatelně supergenním smithsonitem, což podtrhuje genetickou jednotu různých forem výskytu tohoto minerálu. Smithsonit se většinou nenachází v bezprostřední asociaci se sfaleritem, což nasvědčuje migraci Zn při supergenních procesech na větší vzdálenosti nežli například v případě olova. V BSE obraze vykazují agregáty smithsonitu nevýraznou růstovou či „skvrnitou“ zonalitu. Chemické složení bylo sledováno 38 WDS analýzami. Všechny získané analýzy mají zvýšené obsahy CaO (0.5 - 1.7 hm. %), MgO (0.3 - 4.2 hm. %), FeO (0.1 - 1.5 hm. %) a PbO (0.3 - 3.8 hm. %; tab. 11). Většina analýz má dále mírně zvýšené obsahy MnO (0.1 - 0.7 hm. %) a P₂O₅ (0.1 - 0.9 hm. %). Zhruba polovina analýz vykazovala i zvýšené obsahy SiO₂ (max. 0.7 hm. %) a BaO (max. 1.0 hm. %). Ve třech případech pak byly ještě zaznamenány výrazněji zvýšené obsahy CuO (1.3 - 1.5 hm. %; tab. 11). Analytická data odpovídají přítomnosti 82.0 - 96.4 mol. % smithsonitové, 0.6 - 13.1 mol. % magnezitové, 0.6 - 3.7 mol. % kalcitové, 0.2 - 2.9 mol. % sideritové, 0.2 - 2.4 mol. % cerusitové,

maximálně 1.2 mol. % rodochrozitové a maximálně 0.8 mol. % witheritové komponenty.

Covellin je velmi vzácný. Od okrajů a po trhlínách ojediněle zatlačuje zrna chalkopyritu, případně povléká drobné dutinky v cerusitu a vytváří agregáty o velikosti maximálně 10 μm. Jedna orientační WDS analýza (tab. 9) ukázala vedle Cu a S i zvýšené obsahy Ag (2.1 hm. %), Sb (3.0 hm. %), méně i Pb (0.7 hm. %) a Tl (0.22 hm. %). Atomový poměr kovů k síře má hodnotu 1.06.

Pyromorfit byl ojediněle zjištěn v podobě bohatých drúz skelně lesklých, světle zelených průhledných jehliček, povlékajících drobnou dutinu v žilovině (obr. 12a). Jehličky dosahují délky maximálně 0.4 mm a šířky maximálně 30 μm. Identita minerálu byla ověřena osmi bodovými WDS analýzami (tab. 12). Chemismus je velmi homogenní i v rámci různých jehlic. Kromě Pb, P a Cl byly v dané fázi zjištěny i mírně zvýšené obsahy As₂O₅ (2.2 - 2.8 hm. %, odpovídající 8.3 - 10.8 mol. % mimetezitové komponenty). Olovo je v malé míře zastupováno vápníkem, železem, zinkem a hliníkem; obsahy jejich oxidů nepřevyšují 0.7 hm. %, respektive 0.09 *apfu* (tab. 12).

Minerál Z byl nalezen pouze v jediném vzorku. Vytváří porézni agregáty, vyplňující spolu s cerusitem dutinky v okrajové části zrna galenitu (obr. 12e,f). Makroskopicky se jeví jako práškovitý a má cihlově červenou barvu a matný lesk. V odraženém světle vykazuje velmi nízkou odraznost, nižší než cerusit, a četné vnitřní reflexy hnědooranžové barvy (obr. 12a). V BSE obraze se jeví tmavší než cerusit (obr. 12f). Chemické složení bylo ověřeno čtyřmi WDS analýzami (tab. 12). Hlavními složkami jsou v dané fázi rtuť, síra a kyslík (pík kyslíku je

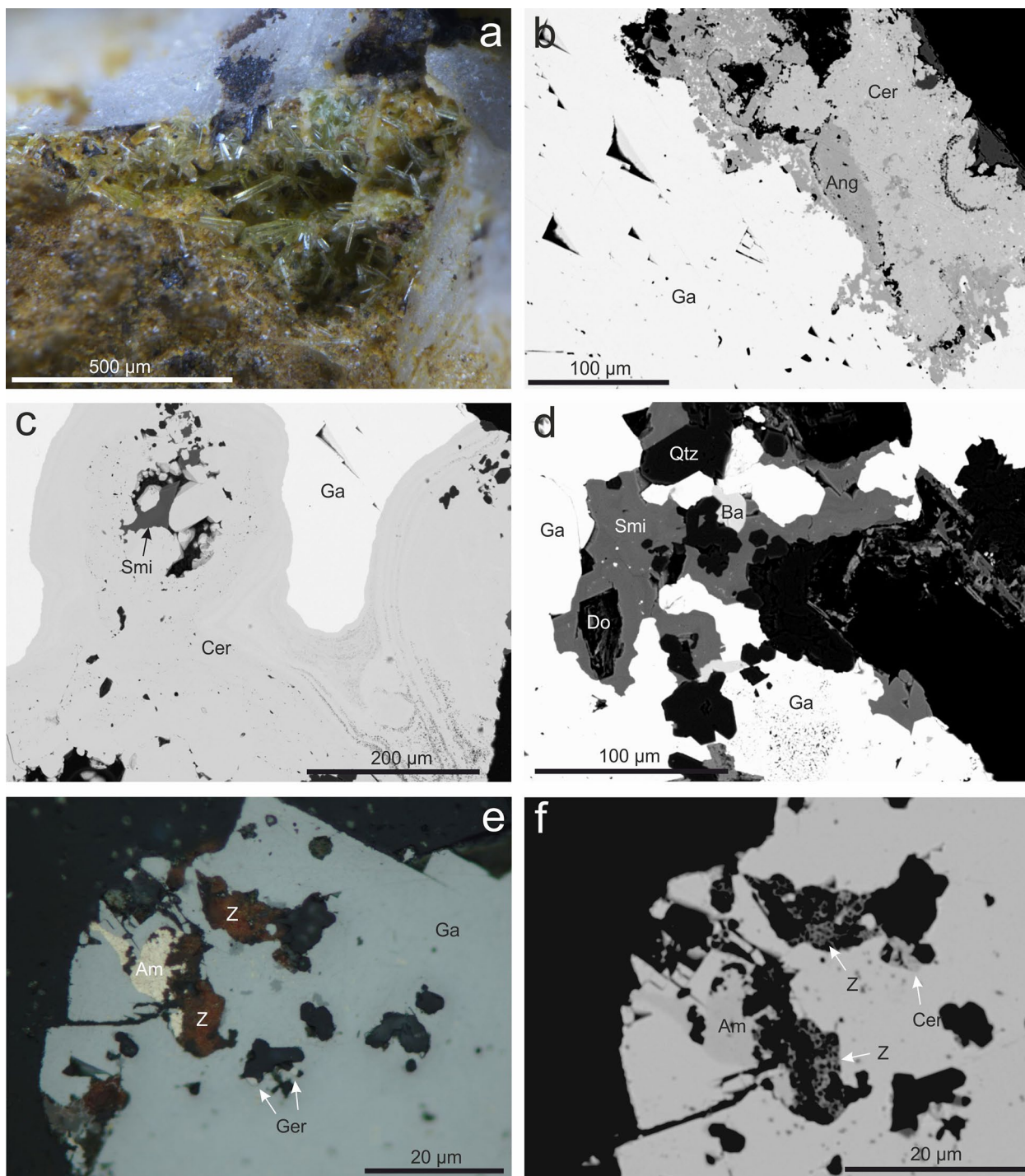
Tabulka 11 Příklady chemického složení (hm. %) cerusitu (*Cer*), anglesitu (*Ang*) a smithsonitu (*Smi*) a koeficienty empirického vzorce, vypočítané na bázi 1 (cerusit, smithsonit), resp. 4 atomů (anglesit) kyslíku.

An. č.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Minerál	Cer	Cer	Cer	Cer	Ang	Ang	Smi	Smi	Smi	Smi	Smi	Smi	Smi	Smi
SO ₃	0.10	3.03	0.09	0	24.99	25.22	0	0	0	0	0.08	0	0	0.06
P ₂ O ₅	0	0	0	0.12	0	0	0	0	0.07	0	0.54	0.34	0.19	0.12
SiO ₂	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.09	0.17	0	0.73	0.66
MgO	1.03	0.15	0	0	0.10	0.26	0.59	2.79	1.57	1.21	0.26	2.20	0.17	4.17
CaO	0.14	0.47	0.05	0.34	0	0	1.08	0.98	1.69	1.14	0.70	1.55	0.61	0.98
BaO	0	0	0	0	0	0	0	0	0.11	0	0	0	0	0.98
MnO	0	0	0	0	0	0	0	0.22	0.09	0	0.12	0.26	0.21	0.66
FeO	0	0	0	0	0	0	0.19	0.43	0.10	0.46	1.24	0.09	1.48	0.18
ZnO	0	0	0	0	0	0	53.20	53.97	54.15	53.94	55.10	53.25	54.55	52.65
CuO	0	0	0.13	0	0	0	1.33	0	0	0	0	0	0	0
PbO	81.06	80.97	81.36	80.81	72.32	73.57	1.54	0.61	1.12	1.12	0.69	0.96	0.66	0.60
Celkem	82.33	84.62	81.63	81.27	97.41	99.05	57.93	59.00	58.90	57.96	58.90	58.65	58.60	61.06
S ⁶⁺	0.003	0.077	0.003	0	0.989	0.984	0	0	0	0	0.001	0	0	0.001
P ⁵⁺	0	0	0	0.005	0	0	0	0	0.001	0	0.010	0.006	0.004	0.002
Si ⁴⁺	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.002	0.004	0	0.016	0.013
Subtot.	0.003	0.077	0.003	0.005	0.989	0.984	0	0	0.001	0.002	0.015	0.006	0.020	0.016
Mg ²⁺	0.065	0.008	0	0	0.008	0.020	0.021	0.091	0.052	0.041	0.009	0.072	0.006	0.127
Ca ²⁺	0.006	0.017	0.002	0.016	0	0	0.027	0.023	0.040	0.028	0.017	0.036	0.015	0.021
Ba ²⁺	0	0	0	0	0	0	0	0	0.001	0	0	0	0	0.008
Mn ²⁺	0	0	0	0	0	0	0	0.004	0.002	0	0.002	0.005	0.004	0.011
Fe ²⁺	0	0	0	0	0	0	0.004	0.008	0.002	0.009	0.023	0.002	0.028	0.003
Zn ²⁺	0	0	0	0	0	0	0.916	0.871	0.893	0.911	0.908	0.864	0.902	0.792
Cu ²⁺	0	0	0.004	0	0	0	0.023	0	0	0	0	0	0	0
Pb ²⁺	0.920	0.743	0.984	0.972	1.026	1.029	0.010	0.004	0.007	0.007	0.004	0.006	0.004	0.003
Subtot.	0.991	0.768	0.991	0.989	1.034	1.049	1.000	1.000	0.997	0.996	0.963	0.984	0.958	0.965

jasně patrný v EDS spektrech). Analytické sumy získaných WDS analýz jsou nízké, mezi 77 a 86 hm. % (tab. 12). Při přepočtu empirického vzorce na bázi čtyř atomů kyslíku je za předpokladu přítomnosti dvojjvalentní rtuti atomový poměr kovů k síře roven 1:1 (tab. 12). Minoritními komponentami jsou Ag, Fe a Pb, přičemž minimálně v případě Fe a Pb nelze zcela vyloučit možnou kontaminaci analýz okolními fázemi (cerusit a limonit). V EDS spektrech nebyl identifikován pík dusíku, jde tedy pravděpodobně o dosud nepopsaný síran rtuťnatý s variabil-

ním množstvím vody, $\text{HgSO}_4 \cdot n \text{H}_2\text{O}$. Dopočet vody na analytickou sumu 100 hm. % nasvědčuje hodnotě n mezi 2.5 a 4.9 (tab. 12).

Dalšími zjištěnými supergenními fázemi jsou *limonit* a *manganomelan*. *Limonit* vytváří všudypřítomné rezavé povlaky puklin a výplně dutin po vyvětralých karbonátech, zcela ojediněle bylo pozorováno zatlačování pyritu *limonitem*. *Manganomelan* vytváří charakteristické dendrity černé barvy na puklinách žiloviny. Tyto fáze nebyly blíže studovány.



Obr. 12 a - drúza jehlicovitých krystalů pyromorfitu v dutině barytové žiloviny; b - galenit zatlačovaný anglesitem a cerusitem, obraz BSE; c - zonální cerusit, v jehož dutině je krystal smithsonitu, obraz BSE; d - „primární“ smithsonit v křemenném „jádře“ v galenitu, obraz BSE; e - minerál „Z“ vyplňující spolu s cerusitem dutinky v okrajové partii zrna galenitu, odražené polarizované světlo; f - táž oblast, vzhled v BSE. Všechny snímky Z. Dolníček a J. Ulmanová.

Diskuse

Poznámky ke genezi žilné výplně

Turmalín a muskovit s největší pravděpodobností představují minerální fáze pocházející z okolních hornin, náhodně uzavřené v žilovině. Nasvědčoval by tomu i silně deformovaný tvar muskovitových šupin, ostře kontrastující s nepatrným tlakovým postižením ostatních minerálů žiloviny. V případě turmalínu lze navíc konstatovat nesoulad v texturním vývinu (na hydrotermálních/rudních žilách má zpravidla jehlicovitý vývoj; Bernard et al. 1981) i chemismu (vysoké X_{Mg} turmalínu v porovnání s nízkým X_{Mg} Fe-Mg karbonátů).

Nejstaršími hypogenními fázemi jsou hlavní nerudní složky žilné výplně – baryt, křemen, karbonáty dolomitové skupiny a siderit. Hlavní hmota minerálů žiloviny vznikala v pořadí, v jakém byly tyto minerály vyjmenovány; speciálně u křemene však lze předpokládat delší krystalizační interval, případně přítomnost vícero generací. Rudní přínos je sukcesně mladší, není však oddělen tektonickými hranicemi. Krystalizace většiny akcesorických sulfidů byla souběžná se vznikem galenitu. Nejstaršími rudními akcesoriemi jsou kobaltin a arzenopyrit, poněkud mladší je gersdorffit, pak následují ullmannit a millerit. Často jsou tyto minerály provázány/obkloповány galenitem se zvýšeným obsahem Ni. V mladších fázích pak vznikala galenit obohacený Ag a Sb, často s inkluzemi Ag-bohatého tetraedritu

a Ag-amalgámu. Chalkopyrit a sfalerit krystalizovaly až po hlavní části galenitu, stejně jako akantit a cinabarit.

Sledujeme-li vývoj uplatnění chemických prvků během vzniku rudní asociace, je zřejmé, že na samotném začátku rudotvorného procesu se uplatnily Co, Ni, As a Pb. Poměrně záhy však došlo k náhradě za asociaci Pb-Ag-Sb a po ukončení krystalizace galenitu následovala prvková asociace Zn-Cu-Hg-Ag.

Přítomnost jednofázových fluidních inkluzí, vyplněných pouze vodným roztokem, indikuje nízké teploty krystalizace hydrotermálních minerálů. Podle různých autorů teplota v takovém případě nepřesahovala 50 °C (Goldstein, Reynolds 1994), případně 100 °C (Kříbek et al. 2009). S nízkými teplotami vzniku koresponduje i zjištěná minerální asociace (převaha barytu, přítomnost milleritu a cinabaritu) i chemické složení minerálů (malý rozsah substituce Sb-As v gersdorffitech a ullmannitech, malý rozsah substituce Fe-Co-Ni v arzenopyritech, gersdorffitech a ullmannitech; Klemm 1965; Hem, Makovicky 2004; a přítomnost prvků jako je Hg či Tl, charakteristických pro nízkoteplotní hydrotermální aktivitu).

Přítomnost minerálů s různým poměrem kovů k síře svědčí o variacích fugacity síry během vzniku rudní asociace. Při uvažované teplotě vzniku kolem 100 °C se hodnota f_{S_2} mohla pohybovat mezi $10^{-23.5}$ bar (za nižších hodnot je již stabilní pyrhotin místo pyritu) a $10^{-17.5}$ bar (za vyšších hodnot je již stabilní vaesit místo polydymi-

Tabulka 12 Chemické složení (hm. %) pyromorfitu (Pyr) a fáze Z (Z) a koeficienty empirického vzorce, vypočítané na bázi 12.5 atomů kyslíku (pyromorfit), resp. na bezvodou bázi 4 atomů kyslíku (fáze Z). H_2O^* - obsah vody dopočten na analytickou sumu 100 %.

An. č.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Minerál	Pyr	Pyr	Pyr	Pyr	Pyr	Pyr	Pyr	Pyr	Z	Z	Z	Z
SO ₃	0	0.04	0.03	0	0.06	0	0.05	0	21.84	22.44	20.80	23.66
P ₂ O ₅	14.49	14.24	14.94	14.12	14.11	13.99	14.36	14.03				
As ₂ O ₅	2.61	2.38	2.18	2.37	2.79	2.53	2.48	2.69	0	0	0	0
Al ₂ O ₃	0.14	0.17	0.14	0.03	0.09	0.03	0.06	0				
CaO	0.33	0.30	0.32	0.26	0.30	0.26	0.30	0.35				
FeO	0.34	0.22	0.70	0.24	0.68	0.20	0.33	0.22	0.63	1.18	0.11	1.07
ZnO	0.49	0.23	0.33	0.13	0.16	0.08	0.12	0.22	0	0	0	0
PbO	79.56	79.40	80.29	79.31	78.90	79.64	80.56	79.80	0.97	0.85	2.47	2.19
HgO									59.13	57.38	53.49	59.50
Ag ₂ O									0.17	0.30	0.32	0.25
H ₂ O*									17.26	17.85	22.81	13.33
Cl	2.69	2.70	2.75	2.80	2.67	2.66	2.66	2.72				
O=Cl	-0.61	-0.61	-0.62	-0.63	-0.60	-0.60	-0.60	-0.61				
Celkem	100.04	99.07	101.06	98.62	99.16	98.78	100.32	99.42	100.00	100.00	100.00	100.00
S ⁶⁺	0	0.007	0.005	0	0.011	0	0.008	0	0.987	0.995	0.999	0.996
P ⁵⁺	2.702	2.706	2.746	2.719	2.664	2.696	2.703	2.679				
As ⁵⁺	0.301	0.279	0.247	0.282	0.325	0.301	0.288	0.317	0	0	0	0
Subtot.	3.003	2.992	2.999	3.001	2.999	2.997	2.999	2.997	0.987	0.995	0.999	0.996
Al ³⁺	0.036	0.045	0.036	0.008	0.025	0.008	0.016	0				
Ca ²⁺	0.078	0.072	0.074	0.064	0.071	0.064	0.071	0.085				
Fe ²⁺	0.063	0.041	0.127	0.046	0.126	0.039	0.061	0.041	0.032	0.058	0.006	0.050
Zn ²⁺	0.080	0.038	0.053	0.021	0.026	0.013	0.020	0.037	0	0	0	0
Pb ²⁺	4.718	4.798	4.693	4.856	4.736	4.880	4.821	4.846	0.016	0.014	0.043	0.033
Hg ²⁺									0.988	0.94	0.950	0.926
Ag ⁺									0.003	0.005	0.005	0.004
Subtot.	4.974	4.994	4.983	4.994	4.984	5.003	4.989	5.008	1.039	1.017	1.004	1.013
Cl	1.004	1.027	1.012	1.078	1.009	1.024	1.002	1.040				
H ₂ O									3.47	3.52	4.87	2.49

tu, resp. jeho Co-bohatšího analogu siegenitu). Uvedený rozsah hodnot f_{S_2} zahrnuje pole stability pyritu, chalkopyritu, galenitu, sfaleritu, milleritu, siegenitu, Ni_2S_3 , stříbra, rtuti, zlata, akantitu a cinabaritu (Simon, Essene 1996).

Porovnání s dalšími mineralizacemi

Studovaná mineralizace z lokality Řepová se vyznačuje řadou specifických znaků, jimiž se významně odlišuje od dalších žilných polymetalických mineralizací v oblasti moravskoslezského kulmu:

1. *Geologická pozice.* Hydrotermální žily v kulmu, bohaté na sulfidickou rudní mineralizaci, náleží prakticky vždy povariské mineralizaci, která vznikala na posttektonických zlomech, jež nerespektují vrstevnatost ani variskou vrásou stavbu. Naproti tomu mineralizace od Řepové tvoří žily, uložené konformně s vrstevnatostí hostitelských hornin (Skácel 1961; Rezek 1984). Přesto však mineralizace u Řepové nese zřetelné znaky krystalizace v otevřených trhlinách za nízkých teplot, prakticky bez významnějších naložených tlakových deformací, což je v souladu s již dříve opakovaně zdůrazňovanou příslušností této mineralizace k posttektonickým, pozdně variským mineralizacím (Skácel 1961; Bernard et al. 1981).
2. *Texturní rysy žilné výplně.* „Mramorový“ vzhled typické žiloviny od Řepové je důsledkem pro kulmskou oblast neobvyklého vývinu barytu jakožto dominantní minerální fáze, jenž je přítomen ve formě tlustě tabulkovitých až víceméně izometrických, prostorově náhodně orientovaných zrn s velmi variabilní velikostí zrna. Na ostatních lokalitách baryt vytváří charakteristické tenké tabulkovité, hypoparalelně srostlé či radiálně paprskovitě uspořádané agregáty s postejnou velikostí jednotlivých individuí (Losert 1957; Zimák 1995; Zimák 2002). Dalším specifickým zájmové lokality, které podle našich znalostí nemá na jiných rudních výskytech v kulmské oblasti obdoby, jsou křemenná „jádra“ v zrnech galenitu. Tyto objekty morfologicky upomínají na tzv. galenitové kroužkové rudy ze slabě metamorfovaných stratiformních rudnin Zn-Pb ložiska Horní Benešov, které jsou ovšem mineralogicky i geneticky výrazně odlišné (Fojt et al. 2010).
3. *Pestrost minerální asociace.* Pomineme-li muskovit a turmalín, jejichž genetická příslušnost k hydrotermální paragenézi je nejistá, z lokality Řepová bylo v této studii popsáno celkem 40 fází (32 primárních a osm sekundárních), které lze podle platných nomenklatorických pravidel IMA označit za samostatné minerální druhy. Ložisko Řepová je tedy aktuálně z pohledu celkového počtu přítomných minerálů i z pohledu počtu primárních (hypogenních) rudních minerálů nejbohatší lokalitou v celé oblasti moravskoslezského kulmu. Kobaltin, gersdorffit, ullmannit, siegenit, tetraedrit, freibergit, amalgámy Ag, bournonit, akantit, primární zlato, smithsonit a samozřejmě i čtyři dosud nepopsané fáze jsou v celé oblasti moravskoslezského kulmu zjištěny/analyticky doloženy vůbec poprvé.
4. *Posloupnost krystalizace minerálních fází.* Baryt je v moravskoslezském kulmu na rudních žilách obecně řídkým minerálem, jenž krystalizoval charakteristicky během pozdních/závěrečných fází jejich vývoje (Losert 1957; Kučera 2009). V Řepové je baryt naopak nejstarší složkou žilné výplně, jejíž vznik předcházela krystalizací hlavní masy křemene, karbonátů i sulfidů. Na rozdíl od Řepové krystalizace sfaleritu na rudních žilách v kulmu obvykle předcházela vzniku galenitu (Losert 1957; Kotlánová 2015).
5. *Chemické složení minerálů.* Baryt z Řepové se vyznačuje velmi nízkými obsahy Sr (max. 0.27 hm. % SrO) v porovnání s dalšími lokalitami v moravskoslezském kulmu (0.0 - 3.9 hm. % SrO; Zimák 1995; Zimák 2002; Halavínová 2005; Kučera 2009; Kotlánová 2015). Karbonáty dolomit-ankeritové řady z Řepové mají poměr Fe/(Fe+Mg) posunutý do výrazně vyšších hodnot nežli dolomit-ankerity z dalších lokalit v moravskoslezském kulmu (obr. 5a). Siderity z Řepové obsahují jen minimální množství Ca (max. 1.4 hm. % CaO), zatímco v sideritu z dalších výskytů povariských (a také neoideálních) mineralizací v kulmu je Ca druhou až třetí nejzastoupenější složkou (s obsahy mezi 4.2 a 7.8 hm. % CaO; Zimák et al. 2002; Halavínová 2005; Dolníček 2009; Dolníček 2010; Dolníček, Gadas 2011). Sfalerity z Řepové jsou v průměru mnohem chudší železem a kadmíem, ale podstatně bohatší rtutí, nežli sfalerity z polymetalických žil kulmu Nízkého Jeseníku a Dražanské vrchoviny. Obsahy Fe ve sfaleritech z lokalit moravskoslezského kulmu kolísají mezi 0.0 a 4.6 hm. % (průměr kolem 0.9 hm. %; Kučera et al. 2004; Halavínová 2005; Kučera 2009), zatímco v Řepové obsahy Fe nepřesahují 1.2 hm. %. Průměrná hodnota obsahu Cd ve sfaleritech z dalších lokalit v kulmu je shodná s maximem na Řepové (0.3 hm. %). Vzájemné srovnání obsahů obou prvků je znázorněno na obr. 7f. Rtuť ve sfaleritech z kulmu v dostupných mikrosondových analýzách (Kučera et al. 2004; Halavínová 2005; Kučera 2009) nebyla stanovována, příp. byla pod mezí stanovitelnosti v případě starších EDS analýz; starší spektrální analýzy sfaleritů indikují obsahy Hg v rozmezí pod mezí detekce až po cca stovky ppm (Losert 1957; Dolníček et al. 2001; nepublikovaná data prof. B. Fojta). Obsahy Hg naměřené ve sfaleritech z lokality Řepová (0.3 až 2.4 hm. %) lze tedy v tomto kontextu hodnotit jako anomálně zvýšené. K chemismu kulmských galenitů je publikováno jen malé množství moderních údajů. Podle mikrosondových analýz jsou v nich obsahy izominerálních prvků zpravidla pod mezí stanovitelnosti, ojediněle byly stanoveny jen nepatrně zvýšené obsahy Sb (max. 0.07 hm. %; Halavínová 2005). Obsahy stříbra podle starších spektrálních analýz nepřesahují cca 300 ppm; obsahy niklu a rtuti jsou obvykle pod mezí důkazu (nepubl. data prof. B. Fojta). Uvedenému chemismu jsou nejbližší nejmladší zóny galenitů z Řepové, zatímco starší Ni- a Ag-Sb-obohacené galenity nemají podle dosavadních znalostí v zájmové oblasti analogii.
6. *Uplatnění chemických prvků.* Mineralizace z Řepové je v rámci moravskoslezského kulmu výjimečná zejména zvýšeným uplatněním Co, Ni, As, Ag, Sb a Hg. Co, Ni a As byly fluidy přinášeny hlavně na začátku rudotvorného procesu. Pokud jde o jejich možný zdroj, přikládáme se k názoru Rezka, Civiše (1987), kteří uvažují o externím původu Ni v horninách zábržského krystalinika (amfibolity, serpentinity). Pokud jde o stříbro, antimon a rtuť, tyto prvky se uplatnily zejména v pozdějších fázích hydrotermální aktivity. Nelze vyloučit, že směna kovových prvků během hydrotermálního vývoje mohla být důsledkem postupně rostoucí aktivity fluid, pocházejících z odlišného zdroje. Podrobnější diskuse nastíněných hypotéz, naznačujících komplexní regionální charakter migrace matečných fluid, však naráží na velmi malou prozkoumanost této části Českého masivu z pohledu mineralogie, geochemie a genetických aspektů hydrotermálních mineralizací.

Mineralizace z lokality Řepová je v publikovaných pracích často přirovnávána k lokalitě Nectava (někdy označované i jako Biskupice u Jevíčka; Kühn, Kühn 1987; Bernard et al. 1981). Jde o barytovou žílu s vtroušenými obecnými sulfidy, uloženou v ortorulách nectavského krystalinika (Kühn, Kühn 1987). Společnými znaky obou lokalit je uložení žil konformně s vrstevnatostí/foliací hostitelských hornin a neobvyklý „mramorový“ vzhled typické žiloviny. Součástí nerostné asociace barytových žil i k nim přiléhajících okolních ortorul jsou na lokalitě Nectava i Ba-bohaté živce a slídy, jejichž přítomnost nasvědčuje metamorfismu přepracování zdejší mineralizace během variské orogeneze (Dolníček, Slobodník 2002). Z toho vyplývá, že nectavská mineralizace je výrazně starší nežli zrudnění u Řepové.

Závěr

Starými horníky těžený rudní výskyt u obce Řepová u Mohelnice je tvořen ložními hydrotermálními žilami směru SV - JZ, uloženými v devonských drobách a slepencích mírovského „kulmu“. Žíly jsou tvořeny zejména barytem, křemenem a karbonáty, lokálně se vyskytují i vtroušeniny rudních minerálů. Podrobné mineralogické studium ukázalo, že lokalita Řepová představuje se 40 primárními a sekundárními minerálními fázemi mineralogicky nejpestřejší rudní výskyt v celé oblasti moravskoslezského kulmu. V regionálním kontextu je ložisko unikátní zejména akcesorickým výskytem řady Co- a Ni-sulfidů, minerálů As, Sb, Ag a Hg a také chemickým složením některých „běžných“ fází. Pozorovaný postupný geochemický vývoj rudní asociace ($\text{Co}+\text{Ni}+\text{As} \rightarrow \text{Ag}+\text{Hg}+\text{Sb}+\text{Zn}$) je pravděpodobně důsledkem postupného vývoje hydrotermálního systému, spojeného s uplatněním fluid různého původu. Texturní vývin mineralizace, její minerální asociace, chemické složení jednotlivých minerálů, uplatnění chemických prvků i charakter fluidních inkluzí nasvědčují nízkoteplotnímu charakteru zdejší mineralizace. To je v souladu s dřívějšími názory o příslušnosti řepovské mineralizace k pozdně variským polymetalickým mineralizacím (Skácel 1961; Bernard et al. 1981).

Poděkování

Autoři děkují panu V. Flášarovi za pomoc při terénních pracích, dr. V. Gošovi za determinaci nálezů keramiky a prof. B. Fojtovi za nepublikovaná analytická data. Předložená práce vznikla za finanční podpory Ministerstva kultury v rámci institucionálního financování dlouhodobého koncepčního rozvoje výzkumné organizace Národního muzea (DKRVO 2019-2023/1.1.a, 00023272). Recenzentům P. Paulišovi a M. Števkovi děkujeme za vstřícné recenzní posouzení rukopisu.

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, ŠÍMOVÁ M (1981) Mineralogie Československa. Academia Praha
- BURKART E (1953) Mährens Minerale und ihre Literatur. Nakl. ČSAV Praha
- DOLNÍČEK Z (2009) Nález neobvyklé mladší sideritové výplně rudní žíly v Hrabůvce (kulm Nížkého Jeseníku). Geol Výzk Mor Slez 16: 86-89
- DOLNÍČEK Z (2010) Xenotim-(Y) z rudní žíly na lokalitě Zlatý důl u Hluboček (kulm Nížkého Jeseníku). Geol Výzk Mor Slez 17: 13-15
- DOLNÍČEK Z, GADAS P (2011) Krystalovaný siderit ze spodnokarbonských aleuropelitů v Hrabůvce (kulm Nížkého Jeseníku). Geol Výzk Mor Slez 18: 98-101
- DOLNÍČEK Z, FOJT B, SLOBODNÍK M (2001) Podmínky vzniku hydrotermální mineralizace z vrhu Janovice-9. Geol Výzk Mor Slez v r 2000, 8: 42-44
- DOLNÍČEK Z, SLOBODNÍK M (2002) Mineralogie a geneze rudního výskytu od Nectavy. Sborník „Mineralogie Českého masivu a Západních Karpat“: 9-13. PřF UP Olomouc
- DOLNÍČEK Z, ZIMÁK J, SLOBODNÍK M, MALÝ K (2003) Mineralogy and formation conditions of the four types of hydrothermal mineralization from the quarry in Hrubá Voda (Moravo-Silesian Culm). Acta Univ Palack Olom, Fac Res Nat, Geol 38: 7-22
- FOJT B, DOLNÍČEK Z, HLADÍKOVÁ J, ŠKODA R, ZEMAN J (2010) Paragenetická charakteristika ložisek Zn-Pb a Fe rud u Horního Benešova v Nížkém Jeseníku. – Část I.: Ložisko Zn-Pb rud. Čas Slez Muz Opava (A) 59, 1: 1-58
- GOLDSTEIN RH, REYNOLDS TJ (1994) Systematics of fluid inclusions in diagenetic minerals. Society for Sedimentary Geology Short Course 31, 199 pp
- HALAVÍNOVÁ M (2005) Genetická charakteristika hydrotermální mineralizace v klastických horninách spodního karbonu Drahanské a Zábřežské vrchoviny. MS, diplomová práce, PřF MU Brno
- HEM SR, MAKOVICKÝ E (2004) The system Fe-Co-Ni-As-S. I. Phase relations in the $(\text{Fe},\text{Co},\text{Ni})\text{As}_{0.5}\text{S}_{1.5}$ section at 650° and 500°C. Can Mineral 42: 43-62
- KLEMM DD (1965) Synthesen und Analysen in den Dreiecksdiagrammen FeAsS-CoAsS-NiAsS und $\text{FeS}_2\text{-CoS}_2\text{-NiS}_2$. N Jahrb Mineral Abh 103: 205-225
- KOTLÁNOVÁ M (2015) Mineralogie a podmínky vzniku rudních žil z vybraných lokalit jihozápadní části nízkoeisenického kulmu. MS, diplomová práce, PřF UP Olomouc
- KRETSCHMER F (1902) Die nutzbaren Minerallagerstätten der archaischen und devonischen Inseln Westmährens. Jahrbuch d k k geol Reichsanst 52: 3. u 4. Hft.
- KRUŽA T (1966) Moravské nerosty a jejich literatura 1940 – 1965. Moravské muzeum Brno
- KŘÍBEK B, ŽÁK K, DOBEŠ P, LEICHMANN J, PUDILOVÁ M, RENÉ M, SCHARM B, SCHARMOVÁ M, HÁJEK A, HOLECZY D, HEIN UF, LEHMANN B (2009) The Rožná uranium deposit (Bohemian Massif, Czech Republic): shear zone-hosted, late Variscan and post-Variscan hydrothermal mineralization. Miner Deposita 44: 99-128
- KUČERA J (2009) Povariské paleofluidní systémy v karbonových sedimentech Moravsko-slezského paleozoika. MS, disertační práce, PřF MU Brno
- KUČERA J, SLOBODNÍK M, SULOVSKÝ P (2004) Chemické složení sfaleritů z hydrotermálních žil v horninách spodního karbonu Nížkého Jeseníku a kry Maleniku. Acta Mus Moraviae, Sci geol 89: 113-119
- KÜHN J, KÜHN P (1987) Mineralogická a petrografická charakteristika zrudnění u Nectavy u Jevíčka. Acta Mus Moraviae, Sci Nat 72: 55-69
- LOSERT J (1957) Ložiska a výskyt oloveno-zinkových rud v severomoravském kulmu. Oderské vrchy – okolí Hrabůvky. Rozpr Čs akad věd, ř mat příř věd 67, 4: 1-53
- MALEC J, KAVALÍR J, JANSÁ J (1990) Zlato a doprovodné minerály z oblasti Jeseníků. MS, Ústav nerostných surovin Kutná Hora

- OTAVA J, MAŠTERA L, HANŽL P (1994) Nové poznatky o geologii jižní a střední části malonínské hrásti. *Geol Výzk Mor Slez v r 1993*, 1: 47-51
- 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
- REZEK K (1984): Mineralogicko-geochemická charakteristika zrudnění u Řepové. *Acta Mus Moraviae, Sci Geol* 69: 37-43
- REZEK K, CIVIŠ S (1987): Millerit z polymetalického zrudnění u Řepové. *Acta Mus Moraviae, Sci Geol* 72: 71-74
- 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
- SIMON G, ESSENE EJ (1996) Phase relations among selenides, sulfides, tellurides, and oxides; I. Thermodynamic properties and calculated equilibria. *Econ Geol* 91: 1183-1208
- SKÁČEL J (1961) Ke genesi rudních ložisek u Květína mezi Mohelnicí a Zábřehem na Moravě. *Čas Mor Muz v Brně, Vědy přír* 46: 27-32
- SPURNÝ F, KOPAČKA L, LOUDA J (1983) Hradý, zámky a tvrze v Čechách na Moravě a ve Slezsku, díl II, Severní Morava. Nakl. Svoboda, Praha
- ŠTELCL J, BROTHÁNEK J (1961) Zpráva o petrografickém výzkumu mírovských slepenců. *Čas Slez Muz Opava (A)* 10: 63-67
- ŠTEVKO M, SEJKORA J, DOLNÍČEK Z, ŠKÁCHA P (2018) Selenium-rich Ag–Au mineralization at the Kremnica Au–Ag epithermal deposit, Slovak Republic. *Minerals* 8: 572.
- ŠTĚPÁN J (2004) Získávání drahých kovů na státcích olomouckého biskupství za Stanislava Pavlovského z Pavlovic (1579-1598). *Acta Montan Slov* 9, 2: 141-144
- TRDLIČKA Z, HOFFMAN V (1975) Untersuchungen der chemischen Zusammensetzung der Gangkarbonate von Kutná Hora (ČSSR). *Freiberg Forschungshefte* 6: 29-81
- ZAKRZEWSKI MA (1989) Members of the freibergite–argentotennantite series and associated minerals from Silvermines, County Tipperary, Ireland. *Min Mag* 53: 293-298
- ZAPLETAL J (1994) Mírovské konglomeráty – nejstarší člen flyšových variscid na Moravě. *Geol Průzk* 34, 3: 180-183
- ZIMÁK J (1995) Výskyt křemen-kalcitových žil s barytem v Nové Vsi na Dražanské vrchovině. *Geol Výzk Mor Slez v r 1994*: 78
- ZIMÁK J (2002) Karbonátové žíly s barytem a markazitem z Bohučovic u Hradce nad Moravicí (moravskoslezský kulm). *Geol Výzk Mor Slez v r 2001*, 9: 68-69
- ZIMÁK J, LOSOS Z, NOVOTNÝ P, DOBEŠ P, HLADÍKOVÁ J (2002) Study of vein carbonates and notes to the genesis of the hydrothermal mineralization in the Moravo-Silesian Culm. *J Czech Geol Soc* 47, 3-4: 111-122
- ZIMÁK J, NOVOTNÝ P (2002) Minerály vzácných zemin na hydrotermálních žilách v kulmu Nížkého Jeseníku a Oderských vrchů. *Čas Slez Muz Opava (A)* 51: 179-182