

Celsian z Chvaletic u Přelouče (Česká republika)

Celsian from Chvaletice near Přelouč (Czech Republic)

Jiří SEJKORA^{1)*}, Petr PAULIŠ^{1,2)}, Zdeněk DOLNÍČEK¹⁾ a Ondřej POUR³⁾

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

*e-mail: jiri.sejkora@nm.cz

²⁾Smíškova 564, 284 01 Kutná Hora

³⁾Česká geologická služba, Geologická 6, 152 00 Praha 5

SEJKORA J, PAULIŠ P, DOLNÍČEK Z, POUR O (2025) Celsian z Chvaletic u Přelouče (Česká republika). Bull Mineral Petrolog 33(1): 120-127. ISSN 2570-7337

Abstract

The mineral association of Ba-rich feldspars, amphiboles, spessartine and pyrite in grey to greyish black matrix containing floating lenses of carbonates (rhodochrosite to siderite) was studied on historical samples from now abandoned deposit Chvaletice near Přelouč, central Bohemia (Czech Republic). The prevailing celsian forms dark grey aggregates up to 2 mm in size, which are distinctly zonal in BSE images due to variations in Ba contents in the range 0.48 - 1.05 *apfu*. Celsian is monoclinic, space group *I2/c*, with the unit-cell parameters refined from X-ray powder diffraction data: *a* 8.6326(18), *b* 13.0533(17), *c* 14.415(3) Å, β 115.151(13)° and *V* 1470.3(7) Å³. The less frequent *hyalophane* occurs as domains up to 50 µm in size in celsian aggregates and contains dominant K (0.47 - 0.55 *apfu*) accompanied by contents of Ba (0.33 - 0.43 *apfu*) and minor Na (up to 0.14 *apfu*). Amphiboles form fibrous aggregates up to few mm in size and their chemical composition corresponds to Mn-rich tremolite or actinolite and more rarely clino-suenoite. Non-zoned spessartine ($\text{Sps}_{78-83}\text{Grs}_{5-12}\text{Alm}_{4-5}\text{F-Kat}_{3-4}\text{Ti-Grs}_{0-2}\text{Prp}_{0-1}\text{Glm}_{0-1}$) occurs as euhedral to subhedral grains up to 100 µm (in celsian) or subhedral to anhedral grains and aggregates up to 500 µm (in amphiboles). The observed mineral association with celsian was formed during the metamorphic reworking of the original stratiform mineralization, the composition of which included baryte, Mn minerals, and sulfides in addition to siliciclastic material.

Key words: celsian, X-ray powder diffraction data, unit-cell parameters, chemical composition, Raman spectroscopy, Chvaletice, Czech Republic

Obdrženo 2. 5. 2025; přijato 26. 6. 2025

Úvod

Opuštěné ložisko pyritu a manganových rud Chvaletice se nachází východně od stejnojmenné obce, cca 10 km z. od Přelouče (střední Čechy). Z hlediska objemu manganových rud jde o jeho největší ložisko v České republice. Chvaletice také patří k významným nalezištím nerostů, popsáno odsud bylo více než 90 minerálních druhů. Mineralogickému studiu se zde věnoval především L. Žák (např. Žák 1972a,b,c, 1978, 1991; Žák, Obst 1989; Žák, Povondra 1981, 1984), v menší míře P. Povondra, F. Novák, F. Čech a další. Supergenní mineralizaci studovali Pašava et al. (1986a,b), kteří odtud publikovali nový minerál, hydratovaný sulfát manganu chvaleticeit. Z významných a hojných minerálů se v ložiskové výplni vyskytovaly především pyrit a rodochrozit, z dalších pak rodonit, neotokit, klino-suenoit, pyroxmangit, helvín, cronstedtit, pyrofanit, tefroit, vivianit a další (např. Žák 1978). Nově zde byly studovány ferrierit-Mg, Ba bohatý heulandit (Pauliš et al. 2022) a supergenní Mn sulfát smzikit (Pauliš et al. 2024). Toto široké druhové spektrum úzce souvisí se zdejší existencí řady minerálních asociací různé geneze (synsedimentární, regionální a kontaktní metamorfózy, žil alpského typu bohatých Mn, supergenní mineralizace).

Tento příspěvek je zaměřen na nové poznatky o Ba-živcové mineralizaci. Vedle dříve zjištěných a publikovaných výskytů *hyalofánu* (přechodný člen mezi celsianem

a ortoklasem) byly předmětem nového studia vzorky se zastoupením Ba-bohatých živců včetně koncového členu celsianu.

Charakteristika lokality

Informace o těžbě železných rud u Chvaletic se začínají objevovat koncem 18. století, kdy tu byla provozována drobná těžba limonitických rud z gosanu. Nevelké epizodní těžební aktivity pokračovaly i v 19. století, kdy se železné a manganové rudy využívaly při výrobě železa. Za první světové války a krátce po ní byly v okolí Chvaletic dobývány především manganové rudy pro válečné účely. K rozšíření těžby došlo po 1. světové válce. Pražská železářská společnost využívala zdejší rudy těžené v povrchovém lomu v kladenských železárnách až do roku 1945 (Kolektiv 2003).

Největší rozkvět zdejšího dolování nastal po 2. světové válce, kdy byl chvaletický závod začleněn do Středočeských uhelných a rudních dolů v Nučicích. V roce 1949 tu vznikl národní podnik Manganorudné a kyzové závody se zaměřením na těžbu pyritových břidelic. V letech 1951 - 1954 byla vybudována velká flotační úprava rud a zahájena povrchová etážová těžba pyritu, který sloužil pro výrobu síry pro chemický průmysl. Postupně zde vznikl velký jámový lom dlouhý 2.5 km s maximální šířkou 500 m a hloubkou 150 m (obr. 1). Těženy byly grafitické pyritové břidelice obsahující 5 - 8 hm. % síry, roční těžba

se pohybovala kolem 1.5 milionu tun. Vzhledem k objevu ložisek síry u polského Tarnobrzegu byla těžba ve Chvaleticích pro nerentabilitu v roce 1975 ukončena. Následně byl prostor lomu využíván jako úložiště popílku nedaleké tepelné elektrárny Chvaletice, která byla postavena ve druhé polovině 70. let 20. století (Kolektiv 2003; Hruška 2000; Švenek 1974). Perspektivním využitím zbylého flo- tačního odpadu s průměrným obsahem cca 8 hm. % Mn se v současnosti zabývá holdingová společnost Mangan Chvaletice.

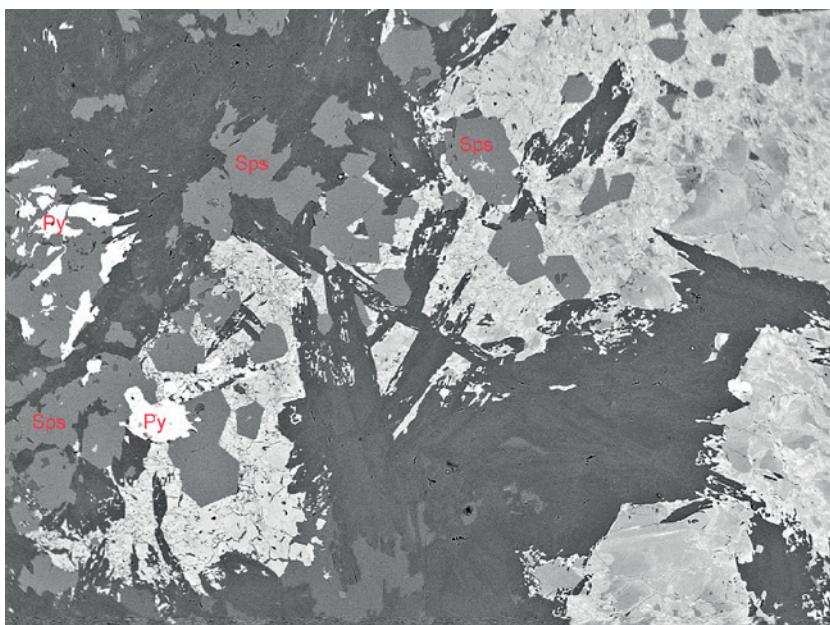
Z geologického hlediska se ložisko Chvaletice nachází na severním okraji železnohorského krystalinika, které je zde budováno horninami proterozoického stáří, řazenými do chvaletické skupiny. Petrograficky jde o fylitizované jílové břidlice, jílovito-grafitické břidlice a droby, které ve svých svrchních partiích zvětrávají v hlinité eluvium. Na tyto horniny je vázáno významné zrudnění, které bylo předmětem dřívější těžby. Jde o vulkano-sedimentární ložisko, které vzniklo v mořském prostředí, posléze byly horniny postiženy slabou regionální a kontaktní metamorfózou. Je tvořeno kyzovými břidlicemi a polohami Fe-Mn karbonátů v jeho podloží. Mocnost karbonátových vrstev kolísá od několika dm na jihovýchodě až do několika desítek metrů na severozápadě. Ruda obsahuje hlavně jemnozrnný železem bohatý rodochrozit. Na východě, kde bylo ložisko regionálně metamorfováno, se objevuje mineralizace se silikáty manganu. Jižní okolí lokality je tvořeno jemnozrnnými dvojslídny granity chvaletického masivu proterozoického stáří, odkrytými v činném lomu Chvaletice. Od severu nasedají na toto skalní podloží svrchnokřídové sedimenty, které se v prostoru ložiska vyskytovaly nepravidelně a v denudačních zbytcích. Stratigraficky jde o perucko-korycanské souvrství cenomanského stáří, petrograficky o jílovce, pískovce, slepence a vápnité pískovce (příbojová facie) (Douček 2012; Cháb et al. 1982).



Obr. 1 Chvaletice, celkový pohled na povrchový důl (1973). Foto archiv autorů.



Obr. 2 Celkový záběr studovaného vzorku o velikosti 5 × 4 cm, tmavé agregáty celsianu srůstajícího s amfiboly, spessartinem a pyritem v růžovém až šedorůžovém karbonátu (rodochrozit až siderit), lom Chvaletice - západ. Foto B. Bureš.



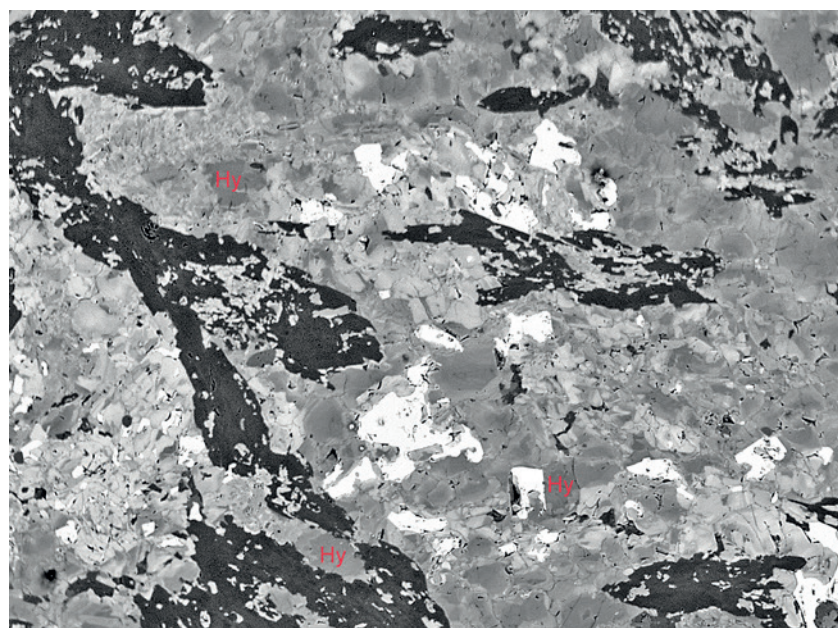
Obr. 3 Agregáty zonálního celsianu (světlé odstíny šedé) srůstající se spessartinem (Sps), pyritem (Py) a zonálními amfiboly - tremolitem, aktinolitem a klino-suenoitem (tmavé odstíny šedé). BSE foto J. Sejkora, šířka záběru 1250 μm.

Výskyty minerálů Ba na ložisku

Vedle širokého uplatnění Fe, Mn, S, Ca, Mg, P a dalších prvků se v mineralizaci významněji uplatňovalo i baryum. Žák (1978) zmiňuje výskyt až několikadecimetrových ložních poloh bílého jemnozrnného i hrubě zrnitého průhledného **barytu I** na styku podložních břidlic a fylitů předložiskového oddílu z 3. a 4. patra západní části lomu, severně od vyústění žulového lomu. Baryt doprovází hnědošedý Mn-bohatý siderit s pyritem, magnetitem a stilpnomelanem i dlouze vláknitým šedozeleným aktinolitickým amfibolem ve fylitu. O patrně dvou generacích barytu z oblasti Chvaletice – východ informují Novák, Jansa (1965). **Baryt I** tvoří bílé, nažloutlé středně zrnité

agregáty, **baryt II** tvoří až 1 cm velké čiré krystaly v drúzových dutinách. Baryt byl zjištěn i v nedalekých Litošicích (Novák, Hoffman 1956), kde tvoří asi 3 cm dlouhý krystal v křemeni.

Obsahy Ba byly zjištěny i v **muskovitu**, který tvoří drobně lupenité bezbarvé a slabě nazelenalé agregáty v asociaci s kutnohoritem v ložiskové oblasti Chvaletice-západ (Novák, Povondra 1976). Podrobněji ho studovali Žák et al. (1980), kteří stanovili obsah BaO na 3.07 hm. %. Mineralogickou pozoruhodností je vzácný **armenit**, alumosilikát Ca a Ba, zjištěný Žákem, Obstem (1989) v materiálu z odvalu uranové šachty 1.2 km západně od chvaletického lomu. Tvoří hrubozrnné, světle zelené, až několik cm velké agregáty provázené vláknitým Mg



Obr. 4 Agregáty výrazně zonálního celsianu (světlé odstíny šedé) až lokálně hyalofánu (Hy) srůstající s pyritem (bílý) a zonálními amfiboly - tremolitem a aktinolit (velmi tmavě šedé až černé). BSE foto J. Sejkora, šířka záběru 720 μm .

amfibolem, adulárem, křemenem a kalcitem. Dalším vzácným minerálem ložiska s vyššími obsahy Ba je **heulandit**, zjištěný ve východní části ložiska (Žák 1978). Ba-bohatý heulandit byl též zjištěn na třetím patře centrální části lomu v podobě až několikacentimetrových agregátů. Obsahy BaO v něm dosahují 5.43 - 8.07 hm. % (Pauliš et al. 2022).

Z **Ba-bohatých živců** byl z ložiskové oblasti znám dosud pouze **hyalofán** (Ba-bohatý mikroklin či ortoklas). Poprvé zde byl zjištěn na haldě šachty č. 10 v Litošicích (Žák 1957). Světle zelenošedé hrubozrnné agregáty **hyalofánu** v asociaci s tremolit-aktinolit, rodochroitem a pyritem se vyskytly v trhlínách silně hydrotermálně přeměněné vyvřeliny rázu gabrodiabas. Určen byl na základě rentgenových práškových dat a neúplné chemické analýzy. Žák (1991) studoval vzorky ze stejné lokality a popisuje paralelně vláknité až stébelnaté agregáty **hyalofánu** (6 - 7 mol. %

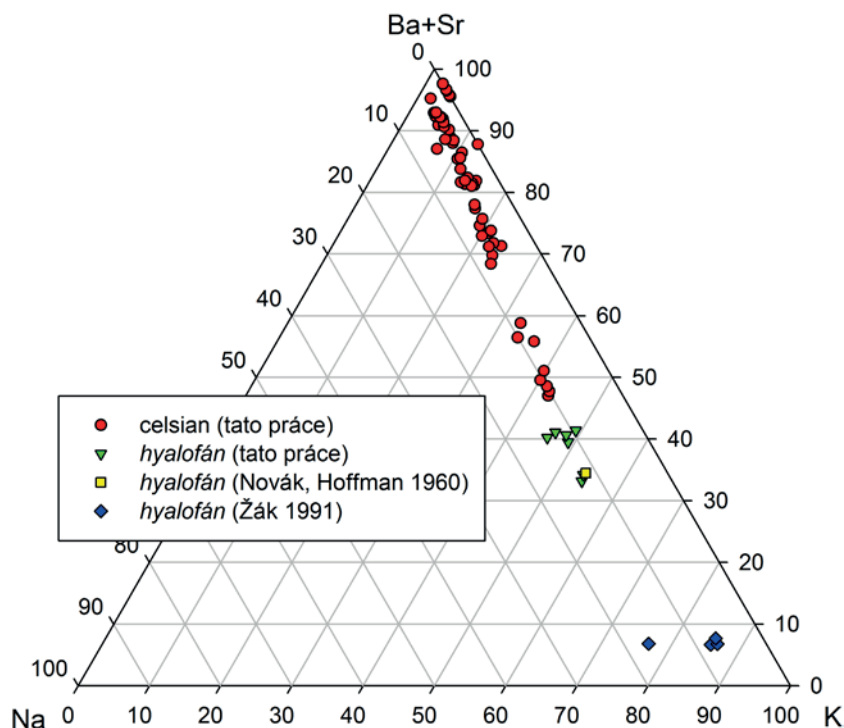
Tabulka 1 Reprezentativní chemické analýzy celsianu (Cls) a hyalofánu (Hya) z Chvaletic

	Cls	Cls	Cls	Cls	Cls	Cls	Cls	Cls	Cls	Cls	Cls	Cls	Cls	Hya	Hya	Hya
Na ₂ O	0.00	0.30	0.00	0.00	0.35	0.25	0.36	0.37	0.51	0.57	0.62	0.96	0.97	0.91	1.38	1.27
K ₂ O	0.31	0.50	0.55	0.55	0.69	0.94	1.43	1.85	2.37	2.62	3.10	4.86	6.27	7.21	6.83	8.23
FeO	0.00	0.09	0.11	0.00	0.49	0.00	0.09	0.18	0.10	0.57	0.00	0.08	0.00	0.00	0.11	0.00
BaO	40.99	40.48	40.39	40.42	39.57	39.37	37.70	36.38	35.06	33.32	32.56	26.43	23.02	19.76	19.56	16.43
SrO	0.00	0.16	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.10	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al ₂ O ₃	25.87	26.16	26.00	26.38	26.26	26.04	26.06	25.12	24.86	24.69	24.50	23.69	22.66	21.58	21.80	21.17
SiO ₂	30.44	31.34	31.21	31.40	32.10	32.27	33.30	35.04	36.24	37.23	38.59	43.99	46.09	48.41	48.92	51.80
total	97.61	99.03	98.26	98.75	99.65	99.00	98.94	99.13	99.24	99.21	99.37	100.18	99.01	97.87	98.60	98.90
Na	0.000	0.037	0.000	0.000	0.043	0.031	0.043	0.044	0.060	0.066	0.071	0.103	0.103	0.095	0.143	0.128
K	0.026	0.041	0.045	0.045	0.055	0.076	0.113	0.145	0.183	0.199	0.233	0.343	0.438	0.497	0.465	0.546
Fe	0.000	0.005	0.006	0.000	0.026	0.000	0.005	0.009	0.005	0.028	0.000	0.004	0.000	0.000	0.005	0.000
Ba	1.046	1.011	1.016	1.009	0.973	0.972	0.918	0.874	0.830	0.779	0.751	0.574	0.494	0.418	0.409	0.335
Sr	0.000	0.006	0.000	0.000	0.007	0.000	0.000	0.007	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.000	0.000	0.005	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al	1.985	1.964	1.967	1.980	1.943	1.934	1.908	1.814	1.771	1.737	1.701	1.547	1.461	1.373	1.372	1.297
Si	1.982	1.997	2.003	2.000	2.015	2.033	2.069	2.147	2.191	2.222	2.273	2.437	2.522	2.613	2.612	2.692

Obsahy oxidů v hm. %, hodnoty *apfu* jsou vypočítány na sumu 8 atomů kyslíku.

celsianové složky), albitu, tremolitu, zoisitu a pyritu s jemnozrnným rodochrozitem v metamorfovaných brekciovitých tufitických břidlicích s grafitem a pyritem.

Novák, Hoffman (1960) popisují z oblasti chvaletického lomu výskyt hrubozrnného bílého **hyalofánu** v asociaci s **apatitem**, pyritem a Mn-karbonáty v žilném křemenu. Určen byl na základě rentgenových práškových dat a kvantitativní chemické analýzy (31 mol. % celsianové složky). V případě dalších zmiňovaných nálezů nebyl **hyalofán** chemicky analyzován - bělošedé či bělozelené, až několik cm hypidiomorfní štěpné krystaly **hyalofánu** pocházely z rohovců podložních břidlic z 3. patra západní části ložiska. **Hyalofán** spolu s tmavě zeleným amfibolovým azbestem zde zarůstá do křemene s až 3 cm velkými zrny černého Mn-bohatého sfaleritu (Novák, Jansa 1973). Ze stejných míst pocházejí též vzorky křemene s nazelenalým **hyalofánem**, který srůstá s dlouze vláknitým bílým vláknitým dravitem (Novák, Žák 1970).



Obr. 5 Chemické složení Ba-obsahujících živců z chvaletické rudní oblasti v ternárním grafu Ba+Sr - K - Na (apfu).

Tabulka 2 Rentgenová prášková data celsianu z Chvaletic

<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>l_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>l_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>l_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>
0	2	0	6.535	45	6.527	3	1	0	2.555	5	2.554	2	2	4	2.0007	9	2.0014
0	0	2			6.524	-1	5	2	2.4265	18	2.4259	-3	3	6	1.9549	20	1.9551
-1	1	2	5.874	37	5.865	-3	3	2	2.4000	6	2.3995	4	0	0			1.9535
0	2	2	4.617	29	4.614	-1	1	6	2.3334	23	2.3333	-2	6	2	1.9360	10	1.9355
1	1	2	4.003	4	4.003	-3	3	4	2.2701	16	2.2695	3	3	2	1.9120	11	1.9113
2	0	0	3.910	18	3.907	1	3	4	2.2551	7	2.2558	1	1	6	1.8769	8	1.8774
1	3	0	3.804	48	3.801	3	3	0			2.2349	-3	5	4	1.8636	4	1.8632
-1	3	2	3.630	26	3.627	-2	2	6	2.2342	8	2.2339	1	5	4	1.8551	7	1.8556
-2	2	2	3.557	38	3.555	1	5	2	2.2178	15	2.2180	0	4	6	1.8096	16	1.8097
-1	1	4	3.476	100	3.474	0	6	0	2.1761	41	2.1756	-2	0	8	1.8017	22	1.8018
2	2	0	3.353	85	3.352	2	4	2	2.1506	9	2.1504	-3	5	6	1.6765	4	1.6772
-2	0	4	3.284	80	3.283	-4	0	2	2.1376	5	2.1377	-1	7	4	1.6559	16	1.6562
0	0	4	3.262	58	3.262	-4	0	4			2.1194	3	5	2	1.6494	5	1.6493
1	3	2	3.024	70	3.024	-1	5	4	2.1144	6	2.1142	0	8	0	1.6316	11	1.6317
0	4	2	2.918	46	2.919	3	1	2	2.1000	12	2.0999	-4	2	8	1.5924	4	1.5918
-1	3	4	2.776	57	2.775	-1	3	6	2.0823	3	2.0823	0	2	8	1.5823	16	1.5823
-3	1	4	2.607	76	2.606	0	6	2	2.0640	18	2.0638	-4	6	2	1.5243	4	1.5248
-2	4	2			2.586	-4	2	2	2.0319	7	2.0315	1	7	4	1.5221	2	1.5227
1	1	4	2.586	75	2.586	-4	2	4	2.0166	11	2.0158	2	8	0	1.5054	18	1.5056

Tabulka 3 Parametry základní cely celsianu pro monoklinickou prostorovou grupu I2/c

	Chvaletice	Zlaté Hory	Jakobsberg	Broken Hill	Jakobsberg
	tato práce	Sejkora et al. (2025)	Griffen, Ribbe (1976)	Newnham, Megaw (1960)	Curetti et al. (2017)
<i>a</i> [Å]	8.6326(18)	8.6391(13)	8.622(4)	8.627	8.628(9)
<i>b</i> [Å]	13.0533(17)	13.0558(12)	13.078(6)	13.045	13.0380(10)
<i>c</i> [Å]	14.415(3)	14.416(2)	14.411(8)	14.408	14.44(4)
β [°]	115.151(13)	115.158(9)	115.09(2)	115.2	115.1(2)
<i>V</i> [Å ³]	1470.3(7)	1471.8(4)	1471.6	1467.0	1471(4)

Metodika výzkumu

Rentgenová prášková difrakční data byla získána pomocí práškového difraktometru Bruker D8 Advance (Národní muzeum, Praha) s polovodičovým pozičně citlivým detektorem LynxEye za užití CuK α záření (40 kV, 40 mA). Práškové preparáty byly nanášeny v acetonové suspenzi na nosič zhotovený z monokrystalu křemíku a následně pak byla pořízena difrakční data ve step-scanning režimu (krok 0.01°, načítací čas 8 s/krok detektoru, celkový čas experimentu cca 15 hod). Experimentální data byla vyhodnocena pomocí softwaru ZDS pro DOS (Ondruš 1993) za použití profilové funkce Pearson VII. Mřížkové parametry byly zpřesněny metodou nejmenších čtverců pomocí programu Burnhama (1962).

Chemické složení minerálů bylo kvantitativně studováno pomocí vlnové disperzní analýzy (WDS) na elektronovém mikroanalýzátoru Cameca SX100 (Národní muzeum, Praha) za použití urychlovacího napětí 15 kV, proudu svazku 10 nA (živce, amfiboly, granát), respektive 20 nA (karbonáty) a průměru elektronového svazku 2 a 4 μ m. V živcích byly měřeny obsahy Al, Ba, Ca, Cs, Cu, Fe, K, Mg, Mn, N, Na, P, Rb, Si, Sr a Zn, v amfibolech a granátu obsahy Al, Ba, Ca, Cl, Co, Cr, F, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, P, S, Si, Ti, V, Y a Zn, v karbonátech Al, Ba, Ca, Co, Cu, Fe, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, S, Si, Sr a Zn. Při analýzách byly použity následující standardy a analytické čáry: albit (NaK α), almandin (AlK α , FeK α), apatit (PK α), baryt (BaL α), BN (NK α), celestin (SK α , SrL β), Co (CoK α), Cr₂O₃ (CrK α), Cs-sklo (CsL α), diopsid (MgK α), halit (ClK α), hematit (FeK α), chalkopyrit (CuK α), LiF (FK α), Ni (NiK α), Rb-Ge-sklo (RbL α), rodonit (MnK α), sanidin (KK α , SiK α ,

AlK α), TiO₂ (TiK α), V (VK α), wulfenit (PbM α), wollastonit (CaK α , SiK α), YVO₄ (YL α) a zinkit (ZnK α). Měřicí časy na píku se pohybovaly obvykle mezi 10 a 30 s (pro N 100 s), měřicí čas každého pozadí trval polovinu času měření na píku. Načtená data byla přepočítána na obsahy prvků vyjádřené v hm. % s použitím standardní PAP korekce (Pouchou, Pichoir 1985). Obsahy výše uvedených prvků, které nejsou uvedeny v tabulkách minerálních analýz, byly ve všech případech pod mezí stanovitelnosti (obvykle mezi 0.04 a 0.1 hm. %).

Výsledky mineralogického výzkumu

Studovaný materiál pochází z dokumentační kolekce RNDr. Františka Nováka z Kutné Hory a je lokalizován do oblasti lomu Chvaletice-západ (GPS souřadnice cca 50°1'45.9"N, 15°26'0.9"E). Odebrán byl v době těžby na dnes již opuštěném ložisku.

Vzorky jsou představovány drobnými čočkami růžového až šedorůžového karbonátu (rodochrozit až siderit), jež jsou obklopovány (v některých případech díky usměrnění amfibolů i zřetelně „obtékány“) až 2 cm mocnými šedými až šedočernými nepravidelnými polohami a agregáty tvořenými srůsty Ba-bohatých živců, amfibolů, spessartinu a pyritu (obr. 2).

Ba-bohaté živce vytvářejí tmavě šedé agregáty o velikosti do 2 mm srůstající s amfiboly, spessartinem a pyritem (obr. 3), v BSE obraze jsou výrazně zonální (obr. 4). Převážná část agregátů je tvořena **celsianem** s proměnlivým zastoupení Ba, **hyalofán** tvoří jen ojedinělá nepravidelná zrna o velikosti do 50 μ m uzavíraná v agregátech celsianu (obr. 4).

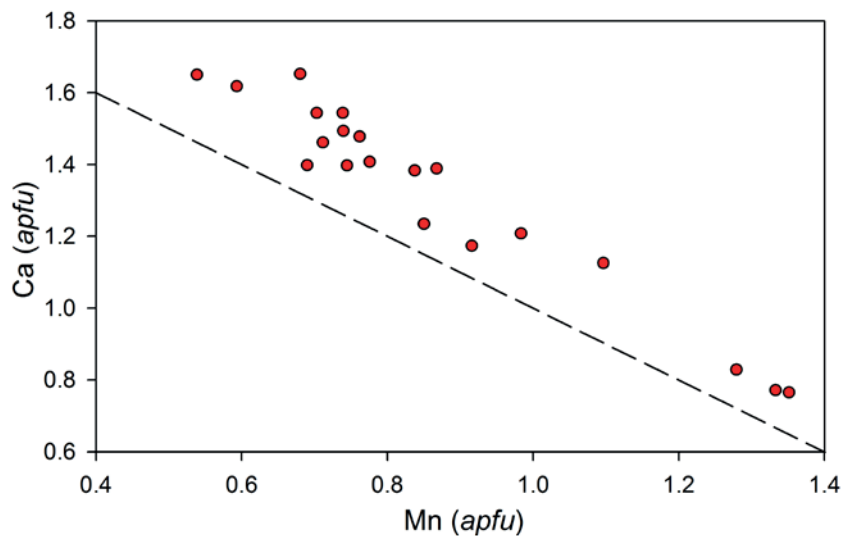
Tabulka 4 Reprezentativní chemické analýzy amfibolů - aktinolitů (Act), tremolitů (Tr) a klino-suenoitů (Csue) z Chvaletic

	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Csue	Csue	Csue
CaO	9.05	7.28	10.83	9.60	8.07	7.78	9.31	10.21	9.09	8.15	10.88	9.24	5.43	4.99	4.96
FeO	6.19	5.86	5.28	4.63	4.56	4.54	4.23	4.03	3.70	3.54	3.51	3.00	5.18	4.55	5.10
MgO	18.38	18.41	19.04	20.44	19.53	20.04	20.74	20.33	20.41	20.47	21.07	20.67	19.70	19.72	19.19
MnO	7.15	8.97	5.64	5.91	8.31	7.68	6.49	5.88	6.96	7.10	4.49	6.23	10.60	10.90	11.08
Al ₂ O ₃	0.43	0.00	0.00	0.37	0.00	0.27	0.23	0.00	0.00	0.15	0.18	0.00	0.00	0.00	0.23
SiO ₂	55.57	55.64	55.95	55.78	57.82	56.98	56.12	56.69	56.16	56.91	56.01	57.07	56.27	55.79	55.64
F	0.23	0.23	0.30	0.00	0.23	0.29	0.28	0.00	0.28	0.25	0.21	0.24	0.27	0.00	0.32
H ₂ O*	1.98	1.97	1.96	2.11	2.04	1.99	1.99	2.12	1.98	2.00	2.02	2.01	1.98	2.08	1.93
F=O	-0.10	-0.10	-0.13	0.00	-0.10	-0.12	-0.12	0.00	-0.12	-0.11	-0.09	-0.10	-0.11	0.00	-0.13
total	98.89	98.26	98.88	98.84	100.46	99.45	99.27	99.26	98.46	98.47	98.28	98.36	99.31	98.03	98.32
Ca	1.389	1.126	1.652	1.462	1.208	1.173	1.407	1.544	1.383	1.234	1.650	1.397	0.829	0.772	0.765
Mn-B	0.611	0.874	0.348	0.538	0.792	0.827	0.593	0.456	0.617	0.766	0.350	0.603	1.171	1.228	1.235
ΣB	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Mg	3.924	3.960	4.041	4.330	4.068	4.205	4.362	4.277	4.322	4.314	4.446	4.348	4.183	4.243	4.118
Fe	0.741	0.707	0.629	0.550	0.533	0.534	0.499	0.476	0.440	0.418	0.416	0.354	0.617	0.549	0.614
Mn-D	0.256	0.222	0.332	0.173	0.191	0.089	0.183	0.247	0.221	0.085	0.189	0.141	0.108	0.104	0.116
Al-D	0.031	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ΣD	4.953	4.890	5.002	5.054	4.792	4.828	5.044	4.999	4.982	4.817	5.051	4.843	4.908	4.896	4.849
Si	7.959	8.029	7.965	7.927	8.078	8.020	7.918	8.000	7.977	8.045	7.929	8.052	8.016	8.052	8.010
Al-T	0.041	0.000	0.000	0.062	0.000	0.000	0.038	0.000	0.000	0.000	0.030	0.000	0.000	0.000	0.000
ΣT	8.000	8.029	7.965	7.989	8.078	8.020	7.956	8.000	7.977	8.045	7.959	8.052	8.016	8.052	8.010
OH	1.896	1.895	1.865	2.000	1.898	1.871	1.875	2.000	1.874	1.888	1.906	1.893	1.878	2.000	1.854
F	0.104	0.105	0.135	0.000	0.102	0.129	0.125	0.000	0.126	0.112	0.094	0.107	0.122	0.000	0.146
ΣW	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000

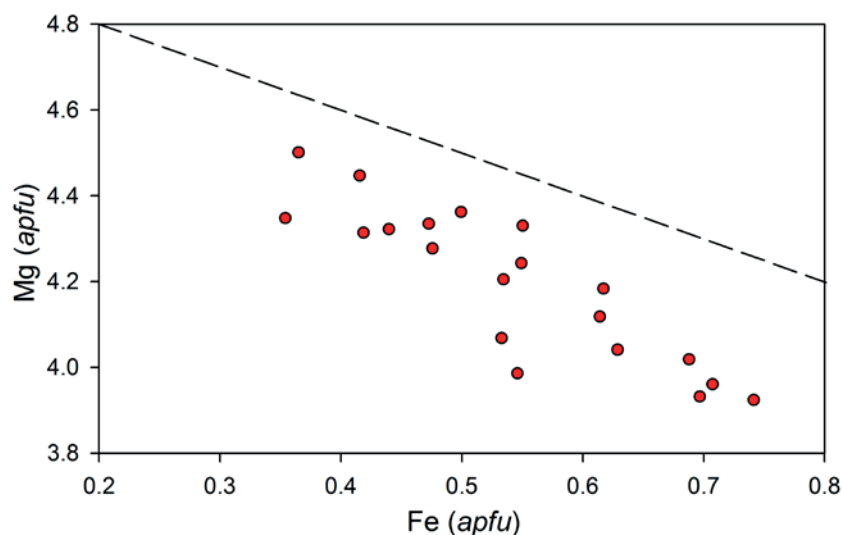
Obsahy oxidů v hm. %, hodnoty *apfu* jsou vypočítány na sumu (O,OH,F) = 24; H₂O* dopočteno na základě plného obsazení pozice T OH+F = 2 *apfu*; Mn rozpočítán do pozic B a D na základě plného obsazení pozice B Ca+Mn = 2 *apfu*; Al rozpočítán do pozic D a T na základě přednostního doplnění pozice T do 8 *apfu*.

Chemické složení Ba-bohatých živců bylo vzhledem k jejich zonalitě sledováno pomocí více než 65 bodovými analýzami; reprezentativní hodnoty jsou uvedeny v tabulce 1. Převážná část analyzovaných bodů náleží celsianu (obr. 5), chemická složení odpovídající Ba-bohatému *hyalofánu* jsou podstatně vzácnější. V **celsianu** je v pozici alkalického kovu dominantní Ba s obsahy v rozmezí 0.48 - 1.05 *apfu* doprovázeno zastoupením K (do 0.44 *apfu*) a v menší míře i Na (do 0.11 *apfu*). Zjištěné minoritní lokální obsahy Sr nepřevyšují 0.01 *apfu*. Obsahy Ba^{2+} na úkor K^+ vyvolávají snížení zastoupení Si^{4+} a zvyšování obsahů Al^{3+} podle obvyklého vztahu $K^+ Si^{4+} \leftrightarrow Ba^{2+} Al^{3+}$. V některých bodových analýzách byla zjištěna i přítomnost Fe, Mn a Mg (do 0.02 - 0.07 *apfu*), tyto obsahy ale mohou být způsobeny ovlivněním analyzovaných bodů okolními minerály (amfiboly, spessartin). V případě *hyalofánu* je mezi alkalickými kovy dominantní K (0.47 - 0.55 *apfu*) doprovázený vysokými obsahy Ba (0.33 - 0.43 *apfu*) a vedlejším Na (do 0.14 *apfu*). Identifikace celsianu byla potvrzena i pomocí rentgenových práškových dat (tab. 2), které velmi dobře odpovídají publikovaným údajům pro tento minerál i teoretickému záznamu vypočtenému z krystalové struktury (Griffen, Ribbe 1976) co se týká pozice jednotlivých difrakčních maxim. Pozorované rozdíly mezi experimentálními a teoretickými hodnotami intenzit jednotlivých difrakcí jsou vyvolány štěpností podle {001} a {010} a dalšími texturními efekty. Zpřesněné parametry jeho základní cely jsou v tabulce 3 porovnány s daty uváděnými pro tento minerální druh.

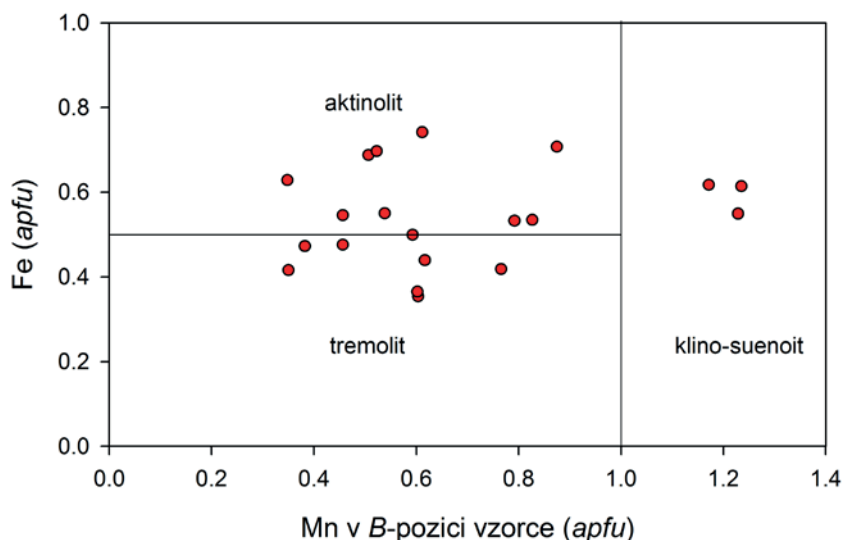
Amfiboly vytvářejí zřetelně vláknité agregáty o velikosti do několika mm srůstající s celsianem, spessartinem a pyritem (obr. 3 a 4). V BSE obraze jsou zonální a jejich chemické složení bylo sledováno pomocí 20 bodových analýz, reprezentativní hodnoty jsou uvedeny v tabulce 4. Chemické složení minerálů superskupiny amfibolu lze vyjádřit ideálním vzorcem $AB_2D_5T_8O_{22}W_2$ (Hawthorne et al. 2012); A-pozice studovaných minerálů je zcela vakantní, zastoupení Na a K nebylo zjištěno ani v minoritním množství. V obsazení pozic B a D byly zjištěny zřetelné negativní korelace mezi obsahy Ca vs. Mn a Fe vs. Mg (obr. 6 a 7), současně se ale zjištěné trendy zřetelně odchyľují od ideálních substitucí. Je proto evidentní, že část Mn vedle pozice B musí vstupovat i do pozice D, což potvrzuje



Obr. 6 Graf celkového Mn vs. Ca (*apfu*) pro studované amfiboly z Chvaletic, přerušovanou čarou je vyjádřena ideální korelace $Mn+Ca = 2$ *apfu*.



Obr. 7 Graf Fe vs. Mg (*apfu*) pro studované amfiboly z Chvaletic, přerušovanou čarou je vyjádřena ideální korelace $Mg+Fe = 5$ *apfu*.



Obr. 8 Graf obsahů Mn v B-pozici vzorce amfibolu (*apfu*) vs. Fe (*apfu*) pro klasifikaci studovaných amfibolů z Chvaletic.

Tabulka 5 Reprezentativní chemické složení spessartinu z Chvaletic

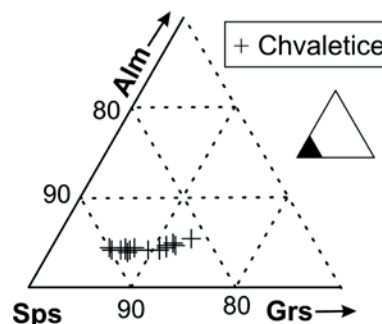
An. č.	1	2	3	4	5	6	7
FeO	1.78	1.78	1.80	1.81	1.98	2.05	2.33
MnO	35.45	34.93	34.76	34.20	33.65	34.48	33.56
CaO	3.74	4.32	4.52	4.75	4.95	4.99	5.36
MgO	0.00	0.26	0.00	0.15	0.13	0.00	0.09
V ₂ O ₃	0.19	0.24	0.19	0.00	0.00	0.07	0.00
Al ₂ O ₃	19.88	20.01	20.21	20.55	20.38	20.64	20.61
TiO ₂	0.55	0.60	0.73	0.41	0.14	0.19	0.00
SiO ₂	36.10	36.49	36.77	36.64	36.30	36.75	36.26
F	0.53	0.63	0.56	0.65	0.66	0.44	0.55
Total	98.22	99.26	99.54	99.16	98.19	99.61	98.76
Fe ²⁺	0.124	0.123	0.123	0.124	0.138	0.140	0.161
Mn	2.504	2.438	2.414	2.381	2.367	2.390	2.349
Ca	0.334	0.381	0.397	0.418	0.440	0.438	0.475
Mg	0.000	0.032	0.000	0.018	0.016	0.000	0.011
V	0.013	0.016	0.012	0.000	0.000	0.005	0.000
Al	1.954	1.943	1.952	1.991	1.995	1.991	2.008
Ti	0.035	0.037	0.045	0.025	0.009	0.012	0.000
Si	3.010	3.007	3.014	3.011	3.014	3.007	2.996
F	0.140	0.164	0.145	0.169	0.173	0.114	0.144
Catsum	7.972	7.977	7.958	7.968	7.979	7.983	8.000
Sps	83.5	81.3	80.5	79.4	78.9	79.7	78.3
Grs	5.3	6.0	6.7	8.5	9.9	10.9	12.2
Alm	4.1	4.1	4.1	4.1	4.6	4.7	5.4
F-Kat	3.5	4.1	3.6	4.2	4.3	2.8	3.6
Ti-Grs	1.7	1.9	2.3	1.3	0.4	0.6	0.0
Prp	0.0	1.1	0.0	0.6	0.5	0.0	0.4
Glm	0.6	0.8	0.6	0.0	0.0	0.2	0.0
Celkem	95.2	95.0	94.2	93.8	94.4	96.1	96.3

Obsahy oxidů v hm. %, hodnoty *apfu* jsou vypočítány na bázi 12 atomů kyslíku, obsahy koncových členů v mol. %.

i velmi dobrá celková stechiometrie po rozpočtu obsazení Mn do dvou pozic (tab. 4). Z hlediska klasifikace náleží zjištěné amfiboly Mn-bohatému **tremolitu** až **aktinolit**, tři bodové analýzy již odpovídají chemickému složení **kli-no-suenoit** (obr. 8). V pozici *W* všechny studované amfiboly vykazují jen minoritní zastoupení F (do 0.15 *apfu*) a pozice je tak dominantně obsazena skupinami (OH).

Spessartin vytváří idiomorfní až hypidiomorfní zrna o velikosti do 100 μm zarůstající do zonálních agregátů celsianu (obr. 3) nebo hojná hypidiomorfní až xenomorfní zrna a agregáty o velikosti do 500 μm v agregátech amfibolů. Často také granát uzavírá drobné inkluze obou zmíněných hostitelských minerálů. V BSE obraze je spessartin homogenní, bez pozorovatelné zonality. Jeho chemické složení (tab. 5) se vyznačuje značnou převahou spessartinové složky s příměsí grosulárové, v menší míře i almandinové a *fluorokatoitové* molekuly a zcela podružně i dalších složek (Sps₇₈₋₈₃ Grs₅₋₁₂ Alm₄₋₅ F-Kat₃₋₄ Ti-Grs₀₋₂ Prp₀₋₁ Glm₀₋₁). Chemická variabilita je malá, ale přesto lze konstatovat nárůst obsahu grosulárové a almandinové složky na úkor složky spessartinové (obr. 9).

Karbonáty vytvářejí růžové až šedorůžové jemnozrnné agregáty, ve kterých vystupují žilky a agregáty tvořené drobnozrnnými srůsty Ba-bohatých živců, amfibolů, spessartinu a pyritu (obr. 2). Chemické složení karbonátů bylo sledováno jen orientačně (tab. 6), zjištěno bylo zastoupení **rodochrozitu**, **Fe-bohatého rodochrozitu** a **Mn-bohatého sideritu**, jen s minimálními podíly kalcitové a magnezitové komponenty.

**Obr. 9** Vztah mezi obsahy tří nejzastoupenějších složek ve studovaném granátu z Chvaletic.**Tabulka 6** Chemické složení karbonátů ve studovaném vzorku z Chvaletic

	rodochrozit			siderit	
CaO	1.32	0.73	0.82	0.73	0.07
FeO	3.97	16.82	26.61	27.77	34.08
MgO	0.59	0.59	0.28	0.27	0.00
MnO	51.33	37.47	27.28	27.16	22.01
total	57.21	55.61	54.99	55.93	56.16
Ca	0.029	0.016	0.019	0.016	0.002
Fe	0.068	0.296	0.477	0.490	0.604
Mg	0.018	0.019	0.009	0.008	0.000
Mn	0.886	0.669	0.495	0.485	0.395
total	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Rds	88.6	66.9	49.5	48.5	39.5
Sd	6.8	29.6	47.7	49.0	60.4
Cal	2.9	1.6	1.9	1.6	0.2
Mgs	1.8	1.9	0.9	0.8	0.0

Obsahy oxidů v hm. %, hodnoty *apfu* počítány na bázi 1 kationtu kovů.

Diskuse a závěr

V porovnání s dosud publikovanými poznatky o Ba-bohatých živcích z chvaletické rudní oblasti se nově studovaná mineralizace odlišuje zejména chemickým složením - obsahy celsianové komponenty jsou v námi studovaných vzorcích vyšší (výskyt až čistého koncového členu) než byly dosud v Ba-bohatých živcích z této oblasti uváděny (Novák, Hoffman 1960; Žák 1957 a 1991).

Spessartiny ze studované mineralizace mají rámcově podobný chemismus v porovnání s dosud publikovanými údaji o chemismu tohoto minerálu z Chvaletic (Jankovská, Žák 1972; Žák, Povondra 1984). Bohužel detailnější porovnání je limitováno nízkou kvalitou dříve publikovaných analýz, které většinou vykazují velmi špatnou stechiometrii (téměř vždy významný přebytek Si, po jeho korekci někdy i přebytek Al, jindy přebytek Me²⁺) a tedy značnou nejistotu v rozpočtu *apfu* prvků vyskytujících se v potenciálně různých valenčních stavech (Fe, Ti, Mn). Použitelná je pouze jediná analýza na mokré cestě z práce Žáka, Povondry (1984) se složením Sps₈₅Adr₉Alm₃Grs₁Prp₁, jež je v porovnání s našimi výsledky výrazně bohatší andraditovou komponentou.

Studovaný materiál pravděpodobně představuje metamorfně rekrystalovanou stratiformní mineralizaci. Ta obsahovala původně polohy (či ložní čočky) karbonátů, které byly v průběhu metamorfní rekrystalizace budinovány a „obtečeny“ drobně zrnitou hostitelskou silikátovou maticí. S představou metamorfní krystalizace minerálů je

v souladu i odlišný stupeň automorfie spessartinu v různých bezprostředně sousedících prostředích (automorfní vývin krystalů uzavřených v celsianu versus xenomorfní omezení, je-li uzavírán v amfibolech; obr. 3).

Vznik popisované mineralizace s celsianem tedy souvisí s hydrotermálně metamorfními procesy, které byly spojeny s mobilizací prvků z předomorfních sedimentárních a vyvřelých hornin, zdrojem barya byly patrně stratiformní sedimentární akumulace barytu (Žák 1978). Metamorfogenní vznik celsianu je popisován z řady tuzemských (Bušín - Mandovec, Losos 2012; Zlaté Hory - Sejkora et al. 2025) i zahraničních lokalit (Kipushi - Chabu, Boulègue 1992; Zamora - Moro et al. 2001).

Poděkování

Milou povinností autorů je poděkovat za poskytnutí fotografie B. Burešovi z Prahy. Předložená práce vznikla za finanční podpory Ministerstva kultury ČR v rámci institucionálního financování dlouhodobého koncepčního rozvoje výzkumné organizace Národní muzeum (DKRVO 2024-2028/1.II.b, 00023272). Recenzentům P. Myšlanovi (Bratislava) a P. Gadasovi (Brno) děkujeme za připomínky, které přispěly ke zvýšení kvality rukopisu.

Literatura

- BURNHAM CHW (1962) Lattice constant refinement. Carnegie Inst Washington Year Book 61: 132-135
- CURETTI N, BENNA P, BRUNO E (2017) High-pressure structural configuration and phase transition in celsian, $\text{BaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$. Phys Chem Mineral 44: 181-192
- DOUČEK J (2012) Národní Geopark Železné hory - mapování. MS, závěrečná zpráva Vodní zdroje Chrudim, spol s.r.o.
- GRIFFEN DT, RIBBE PH (1976) Refinement of the crystal structure of celsian. Amer Mineral 61(5-6): 414-418
- HAWTHORNE FC, OBERTI R, HARLOW GE, MARESC WV, MARTIN RF, SCHUMACHER JC, WELCH MD (2012) IMA Report. Nomenclature of the amphibole supergroup. Amer Mineral 97(11): 2031-2048
- HRUŠKA J (2000) Železné hory – historie těžby nerostných surovin. Vydáno vlastním nákladem
- CHÁB J, BOUŠKA V, JELÍNEK E, PAČESOVÁ M, POVONDRA P (1982) Petrology and geochemistry of the Upper Proterozoic Fe-Mn deposit Chvaletice (Bohemia, Czechoslovakia). Sbor geol Věd, ložisk Geol Mineral 23: 9-68
- CHABU M, BOULÈGUE J (1992) Barian feldspar and muscovite from the Kipushi Zb-Pb-Cu deposit, Shaba, Zaire. Can Mineral 30: 1143-1152
- JANKOVSKÁ J, ŽÁK L (1972) Spessartine from the manganese-pyrite deposit of Chvaletice (Czechoslovakia). Acta Univ Carol, Geol 3: 201-206
- KOLEKTIV (2003) Rudné a uranové hornictví České republiky. 1-647. Anagram Ostrava
- MANDOVEC V, LOSOS Z (2012) Barnaté živce z pyrrhotinového zrudnění v Bušíně. Geol výzk Mor Slez 19(1-2): 154-157
- MORO MC, CEMBRANOS ML, FERNANDEZ A (2001) Celsian, (Ba, K)-feldspar and cymrite from sedex barite deposits of Zamora, Spain. Can Mineral 39(4): 1039-1051
- NEWNHAM RE, MEGAW HD (1960) The crystal structure of celsian (barium feldspar). Acta Crystal 13(4): 303-312
- NOVÁK F, HOFFMAN V (1956) Výskyt nových nerostů v rudní oblasti severovýchodních Železných hor (Sovolusky a Litošice). Rozpr ČSAV 66: 31-48
- NOVÁK F, HOFFMAN V (1960) Hyalofan z Chvaletic. Věst Ústř úst Geol 35: 143-149
- NOVÁK F, JANSÁ J (1965) Paragenese nerostů s helvínem z chvaletického ložiska. Čas Mineral Geol 10, 1: 75-79
- NOVÁK F, JANSÁ J (1973) Manganatý sfalerit z Chvaletic v Železných horách (východní Čechy, ČSSR). Acta Univ Carol, Geol 1-2: 7-23
- NOVÁK F, POVONDRA P (1976) Vanad obsahující muskovit z Chvaletic. Čas Mineral Geol 21: 326
- NOVÁK F, ŽÁK L (1970) Dravite asbestos from Chvaletice. Acta Univ Carol, Geol 1: 27-44
- ONDRUŠ P (1993) ZDS - A computer program for analysis of X-ray powder diffraction patterns. Materials Science Forum, 133-136, 297-300, EPDIC-2. Enschede
- PAŠAVA J, BREITER K, HUKA M, KORECKÝ J (1986a) Chvaleticeite, $(\text{Mn,Mg})\text{SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, a new mineral. N Jb Mineral, Mh 3: 121-125
- PAŠAVA J, BREITER K, HUKA M, KORECKÝ J (1986b) Paragenese druhotných železnatých, hořečnatých a manganatých síranů z Chvaletic. Věst Ústř Úst geol 61, 2: 73-82
- PAULIŠ P, SEJKORA J, POUR O (2024) Szmikit z Chvaletic u Přelouče (Česká republika). Bull Mineral Petrolog 32, 2: 193-198
- PAULIŠ P, VRTIŠKA L, DOLNÍČEK Z, MALÍKOVÁ R (2022) Ferrierit-Mg a Ba bohatý heulandit z Chvaletic u Přelouče (Česká republika). Bull Mineral Petrolog 30(2): 197-204
- POUCHOU JL, PICHOU F (1985) "PAP" (φρZ) procedure for improved quantitative microanalysis. In: ARMSTRONG JT (ed): Microbeam Analysis. San Francisco Press, San Francisco: 104-106
- SEJKORA J, PAULIŠ P, DOLNÍČEK Z, BUREŠ B, VRANKA V (2025) Celsian a jeho minerální asociace z ložiska Zlaté Hory - východ (Česká republika). Acta Mus Morav, Sci geol 110(1): 109-142
- ŠVENEK J (1974) Zanikající ložisko Chvaletice. Národní muzeum a společnost Nár muzea 5: 1-24
- ŽÁK L (1957) Hyalofan z Litošic v Železných horách. Sborník k osmdesátinám akademika Františka Slavíka: 535-546, ÚÚG, Praha
- ŽÁK L (1972a) A contribution to the crystal chemistry of melanophlogite. Amer Mineral 57: 779-796
- ŽÁK L (1972b) Metamorphic paragenesis of the manganese-pyrite horizon in the Železné hory Mts. (Bohemia). Čas Mineral Geol 17(4): 345-356
- ŽÁK L (1972c) Genesis of the Chvaletice manganese-pyrite deposit. Čas Mineral Geol 17(3): 183-191
- ŽÁK L (1978) Mineralogie chvaletického ložiska. Acta Univ Carol, Geol 3-4: 457-471
- ŽÁK L (1991) Hyalophane-zoisite vein from the pyrite-rhodochrosite deposit near Litošice in eastern Bohemia (Czechoslovakia). Čas Mineral Geol 36(1): 67-75
- ŽÁK L, OBST P (1989) Armenite-feldspar veins in basic volcanic rocks from Chvaletice (Czechoslovakia). Čas Mineral Geol 34(3): 337-351
- ŽÁK L, POVONDRA P (1981) Kutnohorite from Chvaletice pyrite and manganese deposit, east Bohemia. Tschermin Petr Mitt 28: 55-63
- ŽÁK L, POVONDRA P (1984) Optically anomalous spessartine and grossular from Chvaletice (East Bohemia). Čas Mineral Geol 29(3): 279-286
- ŽÁK L, POVONDRA P, JAKEŠ P (1980) Barium-bearing muscovite from Chvaletice, ČSSR. Acta Univ Carol, Geol 1-2: 9-14