

Revize a nové nálezy fosfátů na historickém nalezišti Černovice u Tábora (Česká republika)

A revision and new findings of phosphates from the historical locality Černovice near Tábor (Czech Republic)

LUBOŠ VRTIŠKA^{1,2)*}, JIŘÍ SEJKORA²⁾, RADANA MALÍKOVÁ²⁾ A TOMÁŠ KADLEC³⁾

¹⁾Ústav geologických věd, Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita, Kotlářská 267/2, 611 37 Brno; *e-mail lubos_vrtiska@nm.cz

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

³⁾EUROVIA Services, s.r.o., U Michelského lesa 370, 140 00 Praha 4

VRTIŠKA L, SEJKORA J, MALÍKOVÁ R, KADLEC T (2017) Revize a nové nálezy fosfátů na historickém nalezišti Černovice u Tábora (Česká republika). Bull Mineral Petrolog 25(2): 277-305 ISSN 2570-7337

Abstract

An interesting supergene phosphate and uranium mineral association was found on the historical wavellite occurrence Černovice near Tábor (Vysočina region, Czech Republic). Phosphates are bound to cracks and cavities in graphitic gneisses and quartzites. Beraunite forms radially fibrous greenish, greenish brown to reddish brown aggregates up to 1.5 mm in size; its empirical formula is $(\text{Fe}_{0.57}^{2+}\text{Zn}_{0.08}^{2+})_{\Sigma 0.66}(\text{Fe}_{0.44}^{3+}\text{Al}_{0.56}^{3+})_{\Sigma 1.00}[(\text{PO}_4)_{3.86}(\text{SiO}_4)_{0.13}(\text{VO}_4)_{0.01}]_{\Sigma 4.00}(\text{OH})_{4.45} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ and refined unit-cell parameters are a 20.647(4), b 5.1332(15), c 19.214(4) Å, β 93.6(3)° and V 2032.3 Å³. Carnotite was found as yellow powdery aggregates up to 1 mm across in association with metatorbernite, phosphosiderite and metavariscite; its empirical formula is $\text{K}_{1.88}\text{Ba}_{0.10}\text{Ca}_{0.01}(\text{UO}_2)_{1.99}(\text{VO}_4)_{2.00} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$. Historically known wavellite has been redefined as fluorwavellite. It is the most abundant phosphate in the studied mineral association, it usually occurs as spherical aggregates up to 5 mm in size. Its colour is significantly zonal, from blue in the centre of aggregates to yellow in the marginal part. Its empirical formula $(\text{Al}_{2.74}\text{V}_{0.12}\text{Cr}_{0.01}\text{Fe}_{0.01}\text{K}_{0.01})_{\Sigma 2.89}[(\text{PO}_4)_{1.98}(\text{SiO}_4)_{0.02}(\text{F}_{0.72}\text{OH})_{0.28}(\text{OH})_{1.57}]_{\Sigma 2.00} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ and refined unit-cell parameters are a 9.6285(13), b 17.374(3), c 6.9953(8) Å, V 1170.2(3) Å³. Phosphosiderite-metavariscite forms light green crusts on quartz crystals thickness up to 0.1 mm; its empirical formula is $(\text{Fe}_{0.57}\text{Al}_{0.40})_{\Sigma 0.97}[(\text{PO}_4)_{0.99}(\text{VO}_4)_{0.01}]_{\Sigma 1.00}\text{F}_{0.03} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ and refined unit-cell parameters are a 5.324(14), b 9.83(2), c 8.722(19) Å, β 90.6(3)° and V 456(1) Å³. Caxoxenite occurs as yellow crusts and radial aggregates up to 0.2 mm in size with empirical formula $\text{K}_{0.07}\text{Ca}_{0.06}\text{Fe}_{0.20}\text{Al}_{0.21}\text{O}_{0.35}[(\text{PO}_4)_{1.66}(\text{SiO}_4)_{0.28}(\text{VO}_4)_{0.06}]_{\Sigma 17.00}(\text{OH})_{9.75} \cdot 75\text{H}_2\text{O}$ and unit-cell parameters: a 27.556(9), c 10.5570(3) Å, and V 6942.4(8) Å³. Kidwellite occurs as green spherical aggregates up to 0.1 mm in size. Its empirical formula is $(\text{Na}_{0.56}\text{K}_{0.03}\text{Al}_{0.41})_{\Sigma 1.00}(\text{Al}_{1.16}\text{Ca}_{0.26}\text{Mg}_{0.06}\text{Fe}_{0.85})_{\Sigma 9.63}[(\text{PO}_4)_{5.91}(\text{VO}_4)_{0.06}(\text{SiO}_4)_{0.03}]_{\Sigma 6.00}(\text{OH})_{11.20} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ and refined unit-cell parameters are a 20.12(12), b 5.187(18), c 13.974(9) Å, β 107.1(6)° and V 1395(1) Å³. Leucophosphite was found only as a very rare yellow to yellowish green tabular crystals and their aggregates up to 0.01 mm in size on hemispherical beraunite; it was verified only by Raman spectroscopy and qualitative EDS analysis. Metatorbernite forms green tabular crystals up to 3 mm in size; its empirical formula is $(\text{Cu}_{1.13}\text{Ca}_{0.01})_{\Sigma 1.14}(\text{UO}_2)_{1.97}[(\text{PO}_4)_{1.99}(\text{VO}_4)_{0.01}]_{\Sigma 2.00} \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ and refined unit-cell parameters are a 6.969(4), c 17.3316(3) Å, and V 841.9(5) Å³. Natrodufrénite was found as dark green to bluish green aggregates with light green or yellowish green zones forming radial aggregates up to 1.5 mm in size; its empirical formula is $(\text{Na}_{0.65}\text{Ca}_{0.13}\text{K}_{0.01}\text{Al}_{0.21})_{\Sigma 1.00}(\text{Fe}_{0.96}^{2+}\text{Zn}_{0.04})_{\Sigma 1.00}(\text{Fe}_{0.44}^{3+}\text{Al}_{0.34})_{\Sigma 4.78}[(\text{PO}_4)_{3.93}(\text{SiO}_4)_{0.07}(\text{VO}_4)_{0.00}(\text{OH})_{5.33}]_{\Sigma 4.00} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ and refined unit-cell parameters are a 25.872(12), b 5.149(3), c 13.785(8) Å, β 111.5(5)° and V 1708(1) Å³. Strengite was observed as spherical aggregates of white, light gray, beige or yellow to orange color up to 4 mm in size in four different mineral associations; empirical formulas of three most common strengites are: $\text{Fe}_{0.77}\text{Al}_{0.21}(\text{PO}_4)_{1.00} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (strengite I; association with natrodufrénite); $\text{Fe}_{0.92}\text{Al}_{0.06}(\text{PO}_4)_{1.00} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (strengite II; association with turquoise); $\text{Fe}_{0.84}\text{Al}_{0.10}((\text{PO}_4)_{0.98}(\text{VO}_4)_{0.02})_{\Sigma 1.00} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (strengite III; association with kidwellite); refined unit-cell parameters for all studied types are comparable a 8.720(4), b 9.877(5), c 10.115(5) Å and V 871.1(7) Å³. Turquoise forms apple green zonal crystals up to 0.1 mm in size; empirical formula $(\text{Cu}_{0.59}\text{Zn}_{0.35}\text{K}_{0.03}\text{Ca}_{0.01})_{\Sigma 1.00}(\text{Al}_{5.03}\text{Fe}_{0.81})_{\Sigma 5.84}[(\text{PO}_4)_{3.64}(\text{PO}_3\text{OH})_{0.35}(\text{SiO}_4)_{0.01}]_{\Sigma 4.00}(\text{OH})_{6.40}\text{F}_{0.37} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (central parts of aggregates) and $(\text{Cu}_{0.70}\text{Zn}_{0.25}\text{K}_{0.01}\text{Ca}_{0.01})_{\Sigma 1.00}(\text{Al}_{4.28}\text{Fe}_{1.52})_{\Sigma 5.80}[(\text{PO}_4)_{3.73}(\text{PO}_3\text{OH})_{0.25}(\text{SiO}_4)_{0.01}]_{\Sigma 3.99}(\text{OH})_{6.76}\text{F}_{0.13} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (marginal parts) and unit-cell parameters are a 7.425(8), b 7.628(7), c 9.921(8) Å, α 68.59(7)°, β 69.67(8)°, γ 65.08(7)° and V 461.8(5) Å³. Two varieties of variscite were observed; white variscite forms crusts on the surface of spherical aggregates of the strengite II; its empirical formula is $\text{Al}_{0.87}\text{Fe}_{0.14}(\text{PO}_4)_{1.00}\text{F}_{0.03} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; and green variscite with $\text{Al}_{0.97}\text{Fe}_{0.05}((\text{PO}_4)_{0.98}(\text{SiO}_4)_{0.01}(\text{VO}_4)_{0.01})_{\Sigma 1.00}\text{F}_{0.05} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ was found as light green crusts of thickness up to 1 mm in size. Unit-cell parameters of green variscite are a 9.909(4), b 9.664(3), c 17.184(6) Å, V 1645.5(6) Å³.

Key words: fluorwavellite, variscite, kidwellite, natrodufrénite, strengite, phosphate occurrence, uranium minerals, unit-cell parameters, chemical composition, Raman spectra, Na Zoubku, Černovice, Tábor, Czech Republic

Obdrženo: 1. 11. 2017; přijato 22. 12. 2017

Úvod

Lokalita sekundárních fosfátů vázaných na pukliny grafitických břidlic až kvarcitů, Černovice u Tábora, je známá především historickými výskyty kulovitých, radiálně paprscitých agregátů vanadem výrazně modře, modrozeleně a žlutě zbarveného wavellitu. Zdejší fosfáty nebyly vzhledem k historickému charakteru lokality, nedostupnosti vzorků a zdánlivě chudé paragenezi moderně analyticky zkoumány. Samotná lokalita byla dlouhá léta považována za zcela zaniklou. Kombinací systematického výzkumu vzorků z mineralogické sbírky Národního muzea v Praze a podrobného terénního výzkumu v oblasti známého naleziště byly zjištěny nové poznatky o zdejší fosfátové mineralizaci, včetně nových nálezů fosfátů a objevení pro tuto lokalitu dosud neznámých minerálních druhů.

Charakteristika lokality

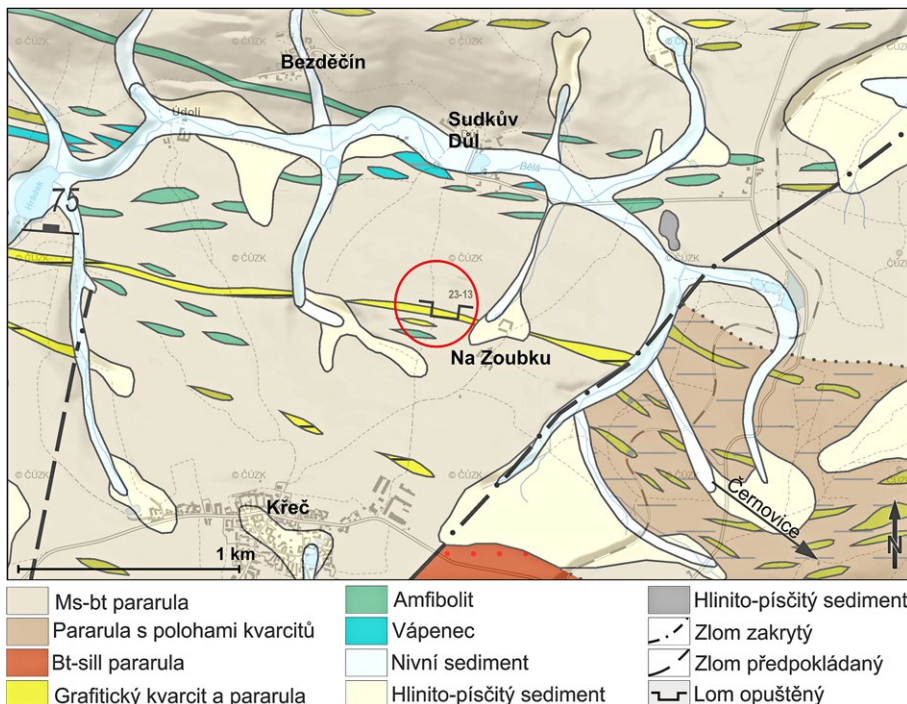
Naleziště Černovice u Tábora, známé též jako Sudkův Důl nebo osada Na Zoubku či Zoubek (dříve dvůr Solopysky resp. Solopisky) se nachází ca 1.2 km sv. od obce Křeč (3.5 km sz. od Černovic, okres Pelhřimov). Širší okolí lokality je z geologického hlediska (obr. 1) tvořeno moldanubickými horninami, reprezentovanými zde převážně dvojslídnyimi pararulami s složkami grafitických pararul a kvarcitů, na jejichž pukliny je zdejší fosfátová mineralizace vázána. Dudek et al. (1954) popisují z oblasti Solopysky přítomnost celistvého nemetamorfovaného vápence. Běžné jsou křemenné žíly a primitivní často turmalinické pegmatity.

Na výskyt fosfátů, především wavellitu původně považovaného za prehnit (Orlov 1929) upozornil L. Pivoňka v roce 1928 prof. J. Kratochvíla, který odsud uvádí kůry temně zelenomodrého wavellitu složené z bradaviček až polokulovitých agregátů radiálně paprscité stavby. Tyto vzorky byly nalezeny v dnes již zavezeném a zrekontrovaném lomu z. od dvora Zoubku (Solopisky), složeném ve svahu při polní cestě vedoucí od Křeče na sever (obr. 2 a 3), kde se dobýval grafitický, místy brekciovitý kvarcit (Kratochvíl 1929, 1948). Prof. Kratochvíl následně vybral

z materiálu sebraného odborným učitelem Puchnerem z Černovic vzorky vhodné pro mineralogický výzkum, který provedl a uveřejnil ve své práci A. Orlov a to v českém (Orlov 1929) i německém (Orlov 1931) jazyce. Orlov v této práci uvádí výsledky kvalitativní i kvantitativní chemické analýzy a mikroskopického výzkumu wavellitu včetně studia mladších doprovodných fosfátů zemitého vzhledu a vláknitě uspořádaných silikátů halloysitu a kaolinitu. Jedná se o jedinou publikovanou studii zdejší fosfátové parageneze.

Doprovodné fosfáty zemitého vzhledu se dle Orlova (1929, 1931) vyskytují ve větších masách nezávisle na wavellitu nebo mezi ním, či vzácněji tvoří okraje wavellitových agregátů. U posledně jmenovaných pak Orlov (1929) vylučuje tři typy: 1. barvy šedě-zelenavé, nápadně připomínající barvu jasněji do zelena zbarveného wavellitu; 2. barvy šedé; 3. různých odstínů žluté. Samostatně se vyskytující fosfáty popisuje jako červenohnědé, hnědě žluté, čokoládové, kanárkově žluté, šedožluté a šedé.

Doprovodné fosfáty se mu nepodařilo na základě chemických analýz přesněji zařadit. Na základě chemického studia se však domnívá, že by mohly být přítomny v té době nedostatečně definované fosfáty železa koninckit, *picit*, *fouchérit* a *delvauxit* (označení *picit* a *fouchérit* jsou dnes považována za historická synonyma pro *delvauxit*), případně také *crandallit*, *pseudowavellit* (dnes odpovídá *crandallitu*), *variscit*, *sférit* (dnes odpovídá *variscitu*), *zephyrovichit*, *fischerit* (oba dnes synonyma pro *wavellit*), *coeruleolaktin* (diskreditovaný člen tyrkysové skupiny), *planerit* či *vashegyit*. Mezi žlutohnědými jehličkovitými fosfáty předpokládá také *kakoxen*. Z ostatních doprovodných minerálů pak uvádí hojný intenzivně zelený *fuchsit*. Zaměříme-li se na zajímavé mineralogické výskyty v blízkém okolí fosfátového naleziště uváděné Kratochvílem (1929), lze zmínit například růžově fialové, až 2 cm velké krystaly almandinu z lomu „V Hatích“ u Černovic, kyanit z Dobré Vody, Pořina a Bezděčína či grafit vyskytující se například mezi Tříteží a Černovicemi, kde byl v minulosti dobýván. Kadlec a Vrtiška (2016) uvádějí výskyt až 4 cm velkých krystalů ilmenitu severně od obce Křeč.



Obr. 1 Zjednodušená geologická mapa s vyznačenou polohou původního lomu u Černovic u Tábora; podle mapového serveru České geologické služby www.geology.cz.

Metodika výzkumu

Povrchová morfologie vzorků byla sledována v dopadajícím světle pomocí optického mikroskopu Nikon SMZ 1000 (Národní muzeum Praha); tento mikroskop byl použit také pro separaci jednotlivých fází pro další výzkum. Barevné mikrofotografie byly pořízeny pomocí mikroskopu Nikon SMZ 25 s digitální kamerou Nikon DS-Ri2 a funkce skládání obrazu za použití programu NIS Elements AR verze 4.20.

Rentgenová prášková difrakční data studovaných fází byla získána pomocí práškového difraktometru Bruker D8 Advance (Národní muzeum, Praha) s polovodičovým pozicně citlivým detektorem LynxEye za užití $\text{CuK}\alpha$ 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.). Pozice jednotlivých difrakčních maxim byly popsány profilovou funkcí Pseudo-Voigt a upřesněny profilovým fitováním v programu HighScore Plus. Mřížkové parametry byly zpřesněny metodou nejmenších čtverců pomocí programu Celref (Laugier, Bochu 2011).

Chemické složení větší části minerálních fází bylo kvantitativně studováno pomocí elektronového mikroanalýzátoru Cameca SX100 (Přírodovědecká fakulta, MU Brno, analytik R. Škoda a J. Sejkora). Podmínky měření: WD analýza, 15 kV, 10 nA, průměr svazku elektronů 5 μm , použité standardy: almandin ($\text{FeK}\alpha$), baryt ($\text{BaL}\beta$), albit ($\text{NaK}\alpha$), sanidin ($\text{AlK}\alpha$, $\text{SiK}\alpha$, $\text{KK}\alpha$), MgAl_2O_4 ($\text{MgK}\alpha$), spessartin ($\text{MnK}\alpha$), fluorapatit ($\text{PK}\alpha$, $\text{CaK}\alpha$), topaz ($\text{FK}\alpha$), SrSO_4 ($\text{SK}\alpha$), gahnit ($\text{ZnK}\alpha$), vanadinit ($\text{ClK}\alpha$, $\text{PbM}\alpha$, $\text{VK}\alpha$), lammerit ($\text{AsL}\alpha$, $\text{CuK}\alpha$), Ni_2SiO_4 ($\text{NiK}\alpha$), Co ($\text{CoK}\alpha$).

Obr. 4 Systém prokřemenělých puklin v grafické ruce s výskytem fosfátů na lokalitě Černovice u Tábora; foto T. Kadlec.



Obr. 2 Letecký snímek lokality Černovice u Tábora z roku 1953 s vyznačením patrných pozůstatků po dnes již zrekultivovaném lomu; upraveno podle www.kontaminace.cenia.cz.



Obr. 3 Nevýrazná elevace uprostřed fotografie s výskytem fosfátů u Černovic u Tábora; pohled od jihu; stav 2015; foto T. Kadlec.



Podmínky měření pro metatorbernit: WD analýza, 15 kV, 2 nA, průměr svazku elektronů 10 μm , použité standardy: almandin (FeK α), baryt (BaL β), albit (NaK α), sanidin (AlK α , SiK α , KK α), Mg₂SiO₄ (MgK α), spessartin (MnK α), fluorapatit (PK α , CaK α), topaz (FK α), SrSO₄ (SK α), gahnit (ZnK α), vanadinit (PbM α), lammerit (AsL α , CuK α), ScVO₄ (VK α), Ni₂SiO₄ (NiK α), Bi (BiM β), Co (CoK α), uranofán (UM α), YPO₄ (YL α).

Minerály carnotit a kidwellit byly kvantitativně studovány pomocí elektronového mikroanalýzátoru Cameca SX100 (Národní muzeum Praha, analytik Z. Dolníček). Podmínky měření: WD analýza 15 kV, 10 nA, průměr svazku elektronů 3 μm . Použité standardy: sanidin (SiK α , AlK α), albit (NaK α), diopsid (MgK α), fluorapatit (PK α , CaK α), hematit (FeK α), ZnO (ZnK α), celestin (SrL β), halit (ClK α), chalkopyrit (CuK α), TiO₂ (TiK α), V (VK α), LiF (FK α), rodonit (MnK α), Cr₂O₃ (CrK α), UO₂ (UM α), baryt (BaL β), klinoklas (AsL α).

Obsahy výše uvedených prvků, které nejsou zahrnuty v tabulkách, byly kvantitativně analyzovány, ale zjištěné obsahy byly pod detekčním limitem (cca 0.01 - 0.05 hm. % pro jednotlivé prvky). Získaná data byla korigována za použití software PAP (Pouchou, Pichoir 1985).

Ramanova spektra carnotitu a leukofosfitu byla pořízena za pomoci disperzního spektrometru DXR (Thermo Scientific) spojeného s konfokálním mikroskopem Olympus (Národní muzeum Praha). Podmínky měření pro carnotit v rozsahu 65-1889 cm⁻¹: zvětšení objektivu 10 \times , použitý laser 780 nm, doba expozice 1 s, celkový počet expozic 100, nastavený výkon laseru 10 mW, použitá apertura 50 μm slit (štěrbinová), velikost měřené stopy 2.1 μm . Podmínky měření pro leukofosfit v rozsahu 65-1889 cm⁻¹: zvětšení objektivu 20 \times , použitý laser 780 nm, doba expozice 1s, celkový počet expozic 6700, nastavený výkon laseru 8 mW, použitá apertura 50 μm slit (štěrbinová), velikost měřené stopy 1.9 μm . Spektrometr byl kalibrován pomocí softwarově řízené procedury za využití emisních linií neonu (kalibrace vlnočtu), Ramanových pásů polystyrenu (kalibrace frekvence laseru) a standardizovaného zdroje bílého světla (kalibrace intenzity). Zpracování získaných spekter bylo provedeno pomocí software Omnic 9 (Thermo Scientific).

Charakteristika studované mineralizace s fosfáty

Pro studium byly použity z části vzorky z mineralogické sbírky Národního muzea v Praze a částečně vzorky nalezené v blízkém okolí zaniklého lomu autory LV a TK sbírané v letech 2015 až 2017. Tyto vzorky pocházejí přímo z polí nebo z agrárních hald podél nich. Fosfátová mineralizace byla pozorována spolu krystaly čirého křemene na několika systémech drobných puklin diskordantních na foliaci grafitických rul (obr. 4). Výjimkou ale není ani výskyt na puklinách paralelních s vnitřní stavbou rul. Místa jsou horniny natolik protkány puklinami a dohogeny křemem, že svoji strukturou připomínají brekcie. Výskyt fosfátů byly nejčastěji pozorovány v limonitizovaných částech rul. Studium této mineralizace byla zjištěna přítomnost množství pro tuto lokalitu dosud neuváděných fosfátů, naopak některé z minerálů popisovaných, či Orlovem (1929) uváděných jako pravděpodobné, se nepodařilo z dostupného materiálu nově potvrdit. Chemickým studiem wavellitu pak bylo zjištěno, že se jedná o nově definovaný minerální druh fluorwavellit.

Beraunit

Beraunit, fosfát s ideálním vzorcem Fe²⁺Fe³⁺(PO₄)₄(OH)₅·6H₂O, byl poprvé popsán z železnorudného dolu Hrbek u Svaté Dobrotivé (Breithaupt 1841), kde tvoří tabulkovité krystaly červené až hnědočervené barvy. Na ostatních lokalitách se však nejčastěji vyskytuje v podobě kulovitých, radiálně paprscitých agregátů světle zelené barvy. Chukanov et al. (2017) nově definovali jeho Fe³⁺ analog, minerál eleonorit s ideálním vzorcem Fe³⁺(PO₄)₄O(OH)₄·6H₂O, kde je Fe²⁺ kompletně nahrazeno Fe³⁺. Eleonorit byl historicky znám z železnorudného dolu Eleonora u Dünsbergu v Německu (např. Streng 1881 aj.), avšak s nejistým statusem. Nově byl eleonorit definován jako platný druh Chukanovem et al. (2017) na materiálu z dolu Rotläufchen u Waldgrimesu v Německu, kde tvoří krystaly charakteru podobného beraunitu z Hrbku. Vzhledem ke stejné krystalové struktuře, je bez bližšího studia mocenství obsaženého Fe velmi obtížné tyto dvě fáze od sebe odlišit. Mocenství Fe pravděpodobně udává i barvu jednotlivých fází, lze tak předpokládat, že fáze zbarvené do zelena patří beraunitu a červené až hnědočervené eleonoritu. Otázkou tak zůstává, zda také původně popisovaný beraunit z Hrbku není ve skutečnosti eleonorit.

V Černovicích byl beraunit zjištěn na historickém vzorku z mineralogické sbírky Národního Muzea, evidovaném pod inventárním číslem P1N 61829 jako „tmavohnědý radiální wavellit s crandallitem a limonitem na grafitickém kvarcitu“. Tento vzorek pochází ze sběru J. Švenka z roku 1975. Při rentgenometrickém studiu těchto agregátů bylo zjištěno, že se jedná o minerál z beraunitové skupiny, crandallit ověřen nebyl.

Beraunit tvoří na studovaném vzorku polokulovité, radiálně paprscité agregáty, přecházející od tmavě zelené a žlutozelené do oranžové až rezavě hnědé a červenohnědé barvy (obr. 5). Tyto agregáty dosahují velikosti do 1.5 mm a jsou částečně



Obr. 5 Radiálně paprscité agregáty tmavě zeleného až hnědočerveného beraunitu se žlutým kaxenem z Černovic u Tábora; šířka záběru 6.5 mm; foto L. Vrtiška.

Tabulka 1 Rentgenová prášková data beraunitu z Černovic

<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>
2	0	0	10.324	100	10.303	6	0	2	3.166	4	3.170	-3	1	8	2.1051	<1	2.1057
0	0	2	9.601	24	9.588	-2	0	6	3.106	3	3.108	10	0	0	2.0608	<1	2.0606
-2	0	2	7.248	18	7.251	-1	1	5	3.062	3	3.061	6	2	2	1.9925	<1	1.9948
2	0	2	6.822	1	6.808	5	1	2	3.000	<1	3.003	0	0	10	1.9167	1	1.9176
4	0	0	5.155	5	5.151	-6	0	4	2.874	1	2.879	2	0	10	1.8646	<1	1.8641
0	0	4	4.795	5	4.794	5	1	3	2.819	<1	2.816	11	1	1	1.7414	<1	1.7430
-4	0	2	4.668	<1	4.662	-4	0	6	2.796	<1	2.796	12	0	0	1.7184	<1	1.7172
-2	0	4	4.452	4	4.455	-5	1	4	2.730	<1	2.732	8	0	8	1.7019	<1	1.7019
1	1	2	4.403	1	4.393	6	0	4	2.712	1	2.712	10	0	6	1.6842	<1	1.6841
-3	1	1	4.056	1	4.052	4	0	6	2.644	1	2.642	12	0	2	1.6723	<1	1.6720
3	1	2	3.735	1	3.728	8	0	0	2.576	4	2.576	-10	2	1	1.6075	<1	1.6078
-4	0	4	3.622	<1	3.625	7	1	1	2.519	<1	2.513	0	0	12	1.5978	<1	1.5980
-1	1	4	3.484	1	3.481	7	1	3	2.3260	<1	2.3278	-2	0	12	1.5942	1	1.5944
6	0	0	3.435	16	3.434	2	0	8	2.3039	1	2.3027	6	2	8	1.5315	<1	1.5322
1	1	4	3.426	1	3.428	4	2	1	2.2733	<1	2.2734	7	1	10	1.4953	<1	1.4946
4	0	4	3.408	<1	3.404	-2	2	4	2.2249	<1	2.2240	-13	1	4	1.4697	<1	1.4698
-6	0	2	3.297	4	3.300	4	2	2	2.2202	<1	2.2199	13	1	4	1.4199	<1	1.4198
0	0	6	3.196	11	3.196												

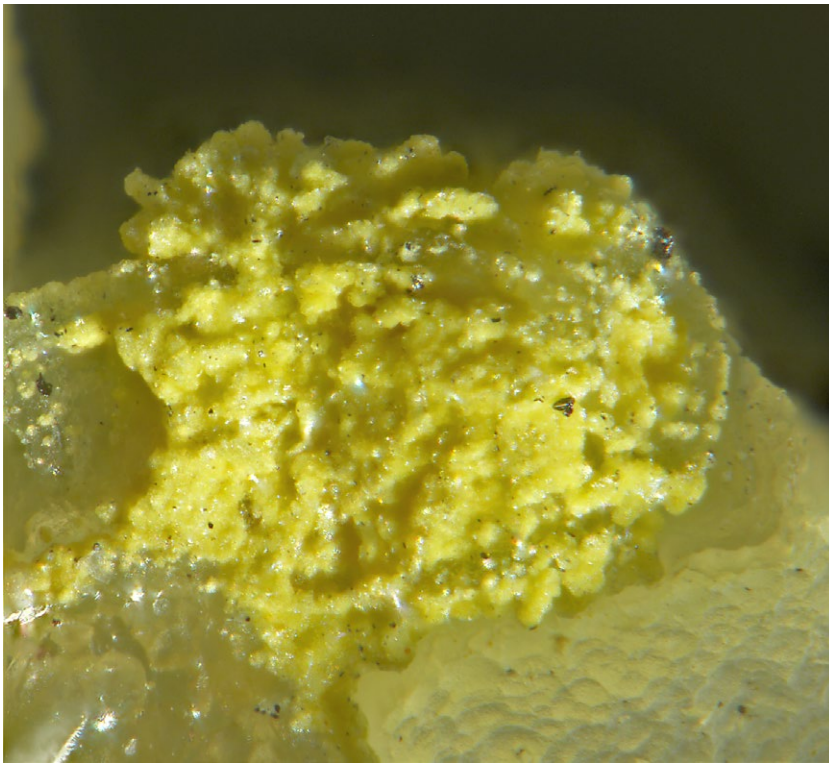
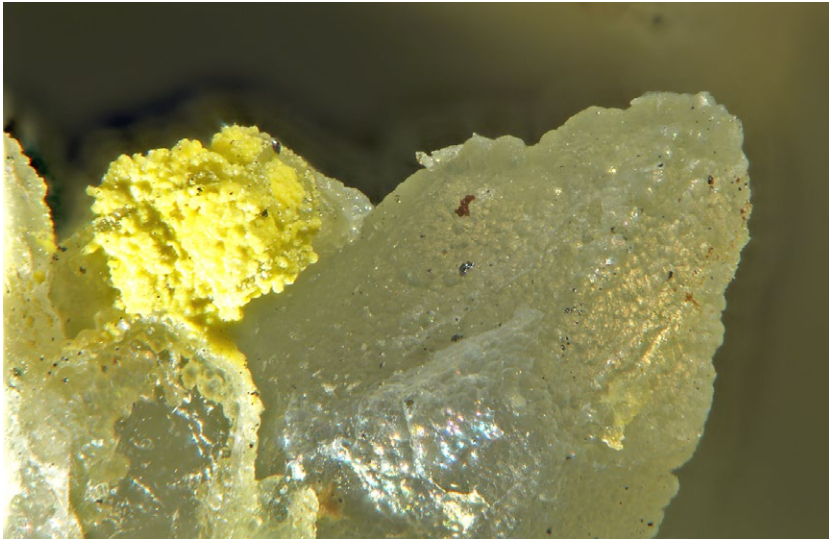
Tabulka 2 Parametry základní cely beraunitu pro monoklinickou prostorovou grupu C2/c

	tato práce	Fanfani, Zanazzi (1967)
<i>a</i> [Å]	20.647(4)	20.646(5)
<i>b</i> [Å]	5.1332(15)	5.129(7)
<i>c</i> [Å]	19.214(4)	19.213(5)
β [°]	93.6(3)	93.62(7)
<i>V</i> [Å ³]	2032.3	2030.47

Tabulka 3 Chemické složení beraunitu z Černovic (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5	6	7	8
FeO*	4.88	6.17	4.99	5.35	3.65	4.41	4.15	5.30	5.02
ZnO	0.77	0.70	0.63	0.87	0.95	0.64	0.92	0.77	0.70
MnO	0.03	0.07	0.07	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe ₂ O ₃ *	41.90	41.23	41.50	41.03	42.43	42.59	42.77	41.68	41.95
Al ₂ O ₃	3.38	3.40	3.84	3.54	3.79	3.57	2.93	3.03	2.97
SiO ₂	0.95	1.09	0.76	0.80	1.02	0.95	1.04	0.99	0.95
P ₂ O ₅	32.36	31.75	32.83	32.13	33.13	33.04	32.37	31.74	31.90
V ₂ O ₅	0.10	0.10	0.07	0.06	0.08	0.12	0.10	0.14	0.15
H ₂ O*	17.52	17.64	17.60	17.42	17.66	17.69	17.43	17.36	17.33
total	101.88	102.13	102.30	101.19	102.78	103.01	101.71	101.00	100.96
Fe ²⁺	0.576	0.737	0.584	0.638	0.420	0.509	0.487	0.635	0.599
Zn ²⁺	0.080	0.073	0.065	0.091	0.096	0.065	0.095	0.081	0.074
Mn ²⁺	0.003	0.008	0.008	0.000	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000
Σ M1 site	0.659	0.818	0.657	0.729	0.525	0.574	0.582	0.716	0.672
Fe ³⁺	4.439	4.428	4.367	4.405	4.387	4.420	4.516	4.489	4.502
Al ³⁺	0.561	0.572	0.633	0.595	0.613	0.580	0.484	0.511	0.498
Σ M2 site	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
Si ⁴⁺	0.134	0.155	0.107	0.114	0.140	0.131	0.146	0.141	0.135
P ⁵⁺	3.857	3.836	3.887	3.880	3.853	3.858	3.844	3.846	3.851
V ⁵⁺	0.009	0.009	0.006	0.006	0.007	0.011	0.010	0.013	0.014
Σ T site	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
OH ⁻	4.452	4.791	4.421	4.572	4.190	4.279	4.311	4.573	4.480
H ₂ O	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000

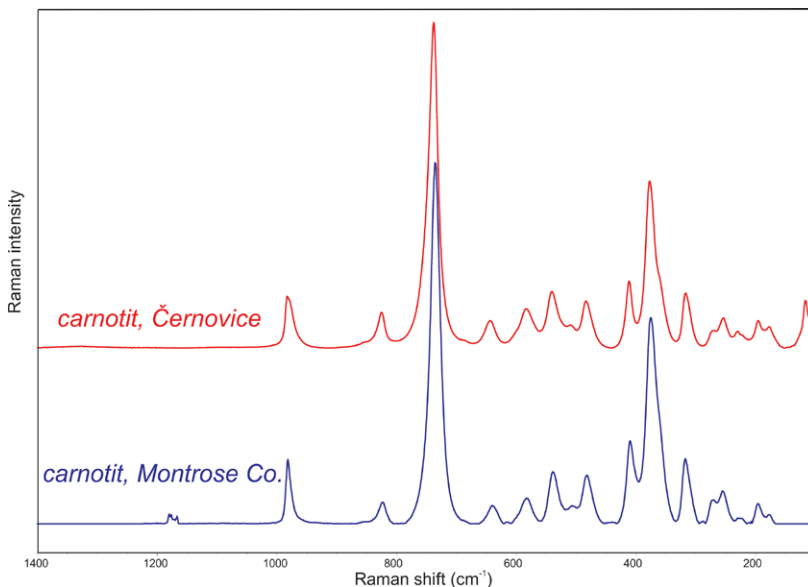
Mean - průměr osmi bodových analýz; *H₂O - počítáno na bázi teoretického obsahu 6 molekul v beraunitu a vyrovnání nábojových bilancí; uvedené obsahy FeO* a Fe₂O₃* byly rozpočteny z celkového stanoveného Fe na základě předpokladu výhradního zastoupení Fe³⁺ a Al³⁺ v M2-pozici a Fe²⁺ v M1-pozici obecného vzorce; koeficienty empirického vzorce počítány na bázi Si + P + V = 4 *apfu*



pokryty kůrou tvořenou kulovitými agregáty žlutooranžového kaxoxenu. Barevná variace beraunitu je pravděpodobně způsobena částečnou oxidací této fáze a lze předpokládat, že beraunit (zelený, žlutozelený) zde přechází do eleonoritu (rezavě hnědý, červenohnědý). Na vzorku s beraunitem byly pozorovány nehojné drobné krystaly leukofosfitu.

Rentgenová prášková data (tab. 1) studovaného vzorku odpovídají datům, které pro beraunit publikovali Fanfani, Zanazzi (1967). Jeho zpřesněné mřížkové parametry jsou v tabulce 2 porovnány s publikovanými daty pro tuto minerální fázi.

Chemickým studiem beraunitu z Černovic (tab. 3) byly za předpokladu plného obsazení $M2$ pozice Fe^{3+} a Al^{3+} , zjištěny v této pozici obsahy Fe^{3+} v rozsahu 4.37 - 4.52 *apfu* a Al^{3+} v rozsahu 0.48 - 0.63 *apfu*. $M1$ pozice je pak dominantně obsazena Fe^{2+} v rozsahu 0.42 - 0.74 *apfu* a minoritně Zn (0.07 - 0.10 *apfu*) a Mn do 0.01 *apfu*. V této pozici lze také na základě stechiometrie předpokládat přítomnost vakance do 0.47 *apfu*. V aniontové pozici se vedle P minoritně uplatňuje Si (do 0.16 *apfu*) a V (do 0.01 *apfu*). Empirický vzorec beraunitu z Černovic lze na bázi $P + V + Si = 4$ *apfu* (průměr osmi bodových analýz) vyjádřit jako $(Fe^{2+}_{0.58}Zn^{2+}_{0.08})_{\Sigma 0.66}(Fe^{3+}_{4.44}Al^{3+}_{0.56})_{\Sigma 5.00}[(PO_4)_{3.86}(SiO_4)_{0.13}(VO_4)_{0.01}]_{\Sigma 4.00}(OH)_{4.45} \cdot 6H_2O$.



Obr. 6 Světle zelená kůra tvořená fosfosideritem až metavariscitem na krystalech křemene s jasně žlutými agregáty carnotitu z Černovic u Tábora; šířka záběru 2 mm; foto L. Vrtiška.

Obr. 7 Jasně žluté agregáty carnotitu narůstající na světle zelenou kůru tvořenou fosfosideritem až metavariscitem; Černovice u Tábora; šířka záběru 0.5 mm; foto L. Vrtiška.

Obr. 8 Ramanovo spektrum carnotitu z Černovic u Tábora v porovnání se spektrem carnotitu z databáze RRUFF s identifikačním číslem R070160.

Carnotit

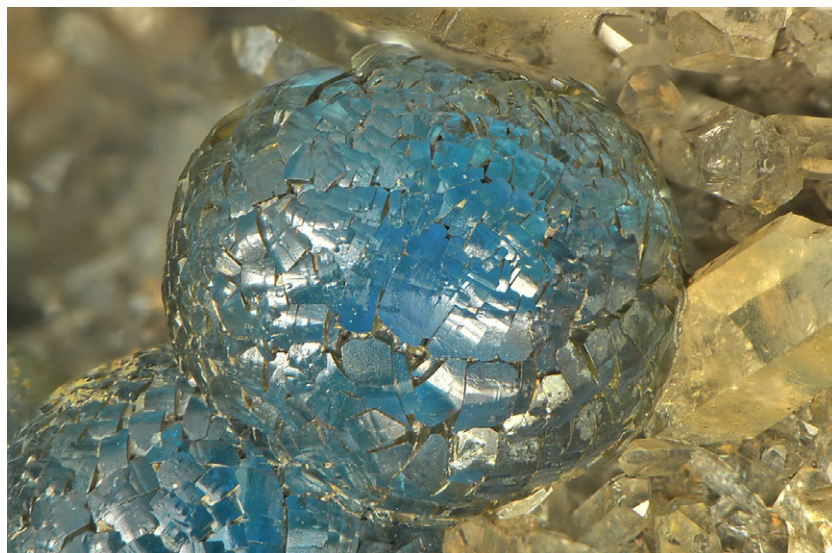
Monoklinický vanadát uranuly carnotit s ideálním vzorcem $K_2(UO_2)_2(VO_4) \cdot 3H_2O$ patří v rámci České republiky k velmi vzácným minerálům. Zjištěn byl na žile O-26 uranového ložiska Olší (Šíkola 2001). Pravidelný carnotit je jako složka až 1 cm velkých agregátů supergenních uranových minerálů uváděn ze vzorků z uranového revíru Horní Slavkov (Plášil et al. 2006); pravidelný carnotit zjistil také P. Škácha (*nepublikovaná data*) na vzorku z Příbrami určeném původně jako uranopilit. Nově byl carnotit zjištěn na uranovém ložisku Kladská v asociaci s fosfuranylem/yingjiangitem, uranofánem a saléitem, jako součást mikrokrystalických agregátů (J. Plášil, *nepublikovaná data*).

V Černovicích byl carnotit zjištěn spolu s dalším uranovým minerálem metatorbernitom pouze v jednom bloku grafitické ruly nalezeném v roce 2015. Tyto dva minerály zde byly objeveny v dutinách uvnitř silně prokřeměných voštinových partií grafitické ruly v asociaci s hojným limonitem, méně hojným strengitem a variscitem. Carnotit pak vzácněji narůstá na zelené ledvinité kůry staršího fosfosideritu až metavariscitu (obr. 6 a 7). Uranové minerály (carnotit a metatorbernit) naopak nebyly pozorovány na puklinách společně s fluorwavelitem. Carnotit tvoří citronově žluté práškovité agregáty a tabulkovité krystaly do 1 mm, často uspořádané do radiálně paprscitých agregátů. Běžné je zatlačování metatorbernitom carnotitem.

Carnotit byl při chemickém studiu pro nedostatek materiálu ověřen pouze jednou bodovou analýzou. Tato analýza ukázala obsahy 19.36 hm. % V_2O_5 , 57.13 hm. % UO_2 a 9.36 hm. % K_2O . V kationtové pozici pak byla zjištěna navíc přítomnost 1.58 hm. % BaO (francevillitové komponenty) a 0.08 hm. % CaO (tyuyamunitové komponenty). Obsah H_2O byl na základě teoretického obsahu tří molekul v carnotitu dopočten na 5.75 hm. %. Empirický vzorec carnotitu na základě této analýzy lze na bázi $V = 1$ apfu vyjádřit jako $K_{1.88}Ba_{0.10}Ca_{0.01}(UO_2)_{1.99}(VO_4)_{2.00} \cdot 3H_2O$. Určení carnotitu bylo také potvrzeno pomocí Ramanovy spektroskopie (obr. 8). Jeho získaná spektra se velmi dobře shodují se spektry carnotitu z oblasti Montrose County v Coloradu, USA z databáze RRUFF s identifikačním číslem R070160 (Downs 2006).



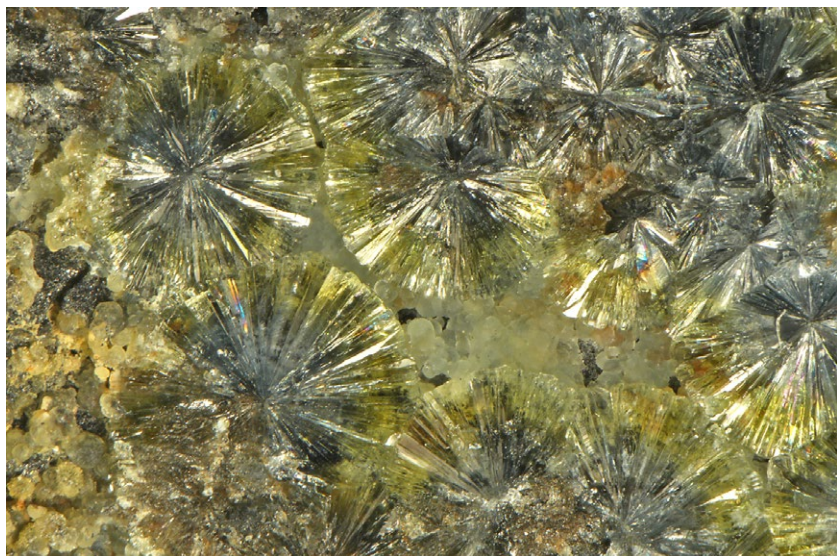
Obr. 9 Kulovitý agregát modrozlutého fluorwavelitu tvořený sloupcovitými krystaly v dutině s krystaly křemene; šířka záběru 3 mm; foto L. Vrtiška.



Obr. 10 Kulovitý agregát fluorwavelitu intenzivně modré barvy v dutině s krystaly křemene; šířka záběru 5 mm; foto L. Vrtiška.



Obr. 11 Radiálně paprscité agregáty modrozlutého průhledného fluorwavelitu narostlé na čiré krystaly křemene; šířka záběru 4.2 mm; foto L. Vrtiška.



Obr. 12 Radiálně paprscité agregáty modrožlutého průhledného fluorwavellitu na puklině grafitické ruly; šířka záběru 8 mm; foto L. Vrtiška.



Obr. 13 Světle zelené agregáty mladšího fluorwavellitu narostlé na modré kulovité agregáty fluorwavellitu starší generace; šířka záběru 8 mm; foto L. Vrtiška.



Obr. 14 Vzorek zonálních kulovitých agregátů modrozeleného fluorwavellitu pocházející z nových nálezů z roku 2017; šířka záběru 35 mm; foto T. Kadlec.

Fluorwavellit

Fluorwavellit byl jako nový minerální druh s ideálním obsahem $F = 1$ apfu definován Kampferem et al. (2015) na vzorcích z lokality Silver Coin Mine z oblasti Valmy v Nevadě, USA. Pravděpodobně také všechny vzorky z Černovic popisované Orlovem (1929) jako wavellit splňují podmínky pro fluorwavellit. Pro chemické studium wavellitu (resp. fluorwavellitu) použil Orlov (1929) Heyrovského polarografickou metodu, pomocí které stanovil přítomnost 5.72 hm. % Fe_2O_3 , 0.78 hm. % Cr_2O_3 a 0.06 hm. % CuO . Kolorimetrickou metodou pak zjistil na vzorku wavellitu (resp. fluorwavellitu) intenzivně azurové barvy hodnoty 0.52 hm. % Cr_2O_3 , obsah Fe_2O_3 téměř totožný s polarografickým určením a dále pak obsahu 0.96 hm. % SiO_2 , 0.68 hm. % CaO , 0.60 hm. % F a 0.32 hm. % MgO .

Na nově studovaných vzorcích z Černovic byl fluorwavellit pozorován ve dvou generacích. První generace tvoří v dutinách bohaté, až 5 mm tlusté kůry, samostatné kulovité agregáty nejčastěji do velikosti 5 mm, složené ze sloupcovitých krystalů či jejich bohaté shluky (obr. 9 - 11). Fluorwavellit v dutinách často nasedá na krystaly čirého křemene o průměrné velikosti okolo 5 mm. Na tenkých puklinách pak fluorwavellit tvoří radiálně paprscité agregáty o průměru do 5 mm (obr. 12), vzácně v asociaci s mladším světle zeleným variscitem. Fluorwavellit je průhledný, s intenzivním skelným leskem. Barva v centrálních částech radiálních agregátů je intenzivně modrá a směrem k okrajům přechází do žlutozelené až žluté barvy. Místy byly pozorovány kulovité agregáty fluorwavellitu druhé generace světle zelené barvy o velikosti do 2 mm, nasedající na agregáty staršího fluorwavellitu (obr. 13). Několik výrazných ukázek modrého až žlutozeleného fluorwavellitu (obr. 14) se podařilo nalézt (TK) i během terénních prací v letech 2015 - 2017.

Níže uvedená data pochází z modrého kulovitého agregátu se žlutým lemem z historického vzorku ze sbírky Národního muzea v Praze s inventárním číslem P1N 28163. Rentgenová prášková data fluorwavellitu z Černovic (tab. 4) odpovídají publikovaným údajům pro tento minerální druh (Kampf et al. 2015, 2017). Jeho zpřesněné parametry se dobře shodují s publikovanými údaji pro tuto minerální fázi (tab. 5).

Při podrobném studiu chemického složení fluorwavellitu modré barvy

se žlutým okrajovým lemem z Černovic u Tábora (tab. 6) byly v kationtové pozici zjištěny vedle dominantního Al (2.67 - 2.82 *apfu*), také obsahy V (0.09 - 0.15 *apfu*) a minoritní obsahy Cr a K (do 0.02 *apfu*), dále pak Fe, Ca a Mg (do 0.01 *apfu*); obsahy F se pohybují v rozmezí 0.53 - 0.77 *apfu*. Na grafu obsahů F (*apfu*) vs. OH (*pfu*) při bázi

přepočtů na 2 *apfu* P + Si (obr. 15) je zřejmé, že všechny studované vzorky z Černovic splňují podmínky pro fluorwavelit. Empirický vzorec fluorwavelitu z Černovic lze na bázi P + Si = 2 *apfu* (průměr sedmi bodových analýz) vyjádřit jako $(Al_{2.74}V_{0.12}Cr_{0.01}Fe_{0.01}K_{0.01})_{\Sigma 2.89}[(PO_4)_{4.198}(SiO_4)_{0.02}]_{\Sigma 2.00}(F_{0.72}(OH)_{0.28})(OH)_{1.57} \cdot 5H_2O$.

Tabulka 4 Rentgenová prášková data fluorwavelitu z Černovic

<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>
0	2	0	8.674	1	8.687	2	6	1	2.3383	1	2.3386	3	4	3	1.7310	<1	1.7303
0	2	0	8.404	100	8.429	4	2	0	2.3192	<1	2.3197	2	8	2	1.7224	3	1.7228
1	0	1	5.658	23	5.659	3	2	2	2.2821	3	2.2817	1	1	4	1.7126	1	1.7123
1	1	1	5.380	9	5.381	4	0	1	2.2755	8	2.2761	5	4	1	1.7076	1	1.7072
1	3	0	4.961	15	4.963	1	1	3	2.2462	<1	2.2472	0	9	2	1.6906	<1	1.6901
2	0	0	4.810	25	4.814	3	5	1	2.2340	1	2.2342	0	3	4	1.6737	1	1.6742
1	2	1	4.741	4	4.742	0	6	2	2.2289	2	2.2305	1	10	1	1.6610	1	1.6609
0	4	0	4.340	5	4.344	4	2	1	2.2013	1	2.2018	5	2	2	1.6565	<1	1.6560
1	3	1	4.044	5	4.048	2	5	2	2.1943	1	2.1942	4	2	3	1.6447	<1	1.6445
2	0	1	3.962	5	3.966	3	3	2	2.1891	1	2.1893	2	10	0	1.6343	<1	1.6342
2	1	1	3.863	3	3.866	1	6	2	2.1732	1	2.1729	4	8	0	1.6127	3	1.6125
2	2	1	3.606	1	3.608	1	3	3	2.1110	2	2.1104	4	3	3	1.6088	2	1.6089
0	0	2	3.488	<1	3.498	4	4	0	2.1051	14	2.1054	6	0	0	1.6049	<1	1.6048
1	4	1	3.445	9	3.446	2	1	3	2.0836	9	2.0834	2	9	2	1.5952	1	1.5947
0	1	2	3.429	13	3.429	3	4	2	2.0787	1	2.0769	2	10	1	1.5911	2	1.5914
1	0	2	3.287	1	3.287	3	6	1	2.0549	3	2.0551	6	2	0	1.5777	<1	1.5781
2	3	1	3.271	4	3.272	2	2	3	2.0403	1	2.0399	5	4	2	1.5727	3	1.5725
2	4	0	3.222	74	3.225	1	8	1	2.0277	1	2.0276	1	8	3	1.5687	<1	1.5680
3	1	0	3.154	12	3.156	0	7	2	2.0240	1	2.0242	1	11	0	1.5588	<1	1.5586
1	2	2	3.074	6	3.075	4	4	1	2.0157	1	2.0161	0	10	2	1.5552	3	1.5560
0	3	2	2.993	2	2.994	1	7	2	1.9801	1	1.9809	1	5	4	1.5426	2	1.5420
1	5	1	2.960	6	2.961	4	1	2	1.9700	10	1.9701	5	7	0	1.5217	2	1.5215
2	4	1	2.927	6	2.929	3	7	0	1.9633	8	1.9634	5	5	2	1.5178	<1	1.5175
0	6	0	2.895	5	2.896	4	2	2	1.9339	1	1.9332	2	8	3	1.5096	<1	1.5091
3	1	1	2.876	2	2.877	5	1	0	1.9135	1	1.9140	6	4	0	1.5054	<1	1.5053
2	0	2	2.828	<1	2.830	4	5	1	1.9040	1	1.9040	3	10	1	1.4929	<1	1.4927
3	3	0	2.806	17	2.807	1	5	3	1.8991	2	1.8982	5	0	3	1.4849	1	1.4848
3	2	1	2.764	1	2.765	1	9	0	1.8933	2	1.8928	2	10	2	1.4813	1	1.4806
0	4	2	2.723	<1	2.724	2	4	3	1.8900	1	1.8896	4	9	1	1.4722	1	1.4723
2	2	2	2.688	<1	2.691	4	3	2	1.8765	<1	1.8760	5	6	2	1.4579	3	1.4576
1	4	2	2.621	1	2.621	2	7	2	1.8664	<1	1.8659	6	1	2	1.4539	<1	1.4534
2	5	1	2.613	4	2.614	5	0	1	1.8563	<1	1.8566	6	2	2	1.4387	2	1.4384
3	3	1	2.604	6	2.605	4	6	0	1.8513	<1	1.8511	0	7	4	1.4298	<1	1.4296
1	6	1	2.578	17	2.578	0	8	2	1.8447	<1	1.8450	3	11	0	1.4175	<1	1.4172
2	3	2	2.542	3	2.542	3	6	2	1.8319	2	1.8316	4	0	4	1.4148	1	1.4148
2	6	0	2.4812	2	2.4814	5	3	0	1.8272	1	1.8273	5	8	1	1.4111	<1	1.4112
0	5	2	2.4656	1	2.4651	5	2	1	1.8147	3	1.8156	1	12	1	1.4030	<1	1.4027
3	4	1	2.4212	1	2.4217	3	3	3	1.7937	<1	1.7937	3	10	2	1.4004	<1	1.4001
4	0	0	2.4060	4	2.4071	1	6	3	1.7832	<1	1.7847	4	2	4	1.3968	1	1.3964
1	7	0	2.4006	4	2.4034	5	3	1	1.7678	1	1.7680	6	4	2	1.3830	2	1.3827
1	5	2	2.3873	<1	2.3881	0	0	4	1.7493	2	1.7488	1	1	5	1.3796	<1	1.3801
3	0	2	2.3644	4	2.3648	0	10	0	1.7378	<1	1.7374	6	6	1	1.3760	1	1.3762
3	5	0	2.3585	1	2.3577												

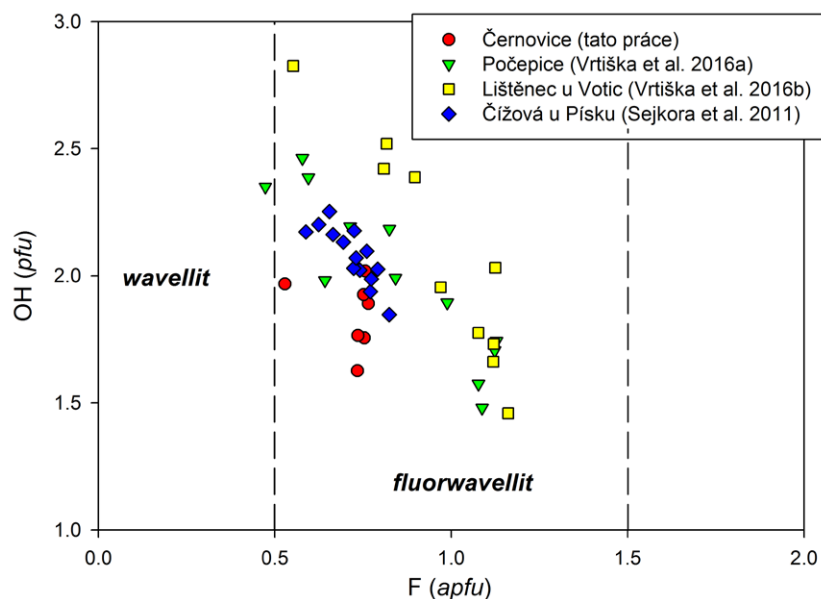
Tabulka 5 Parametry základní cely fluorwavelitu pro ortorombickou prostorovou grupu *Pcnn*

	tato práce	Kampf et al. (2015)	Líštěnec - Vrtiška et al. (2016b)	Počepice - Vrtiška et al. (2016a)
<i>a</i> [Å]	9.6285(13)	9.6311(4)	9.635(3)	9.6259(8)
<i>b</i> [Å]	17.374(3)	17.3731(12)	17.366(5)	17.381(2)
<i>c</i> [Å]	6.9953(8)	6.9946(3)	6.993(2)	6.9946(6)
<i>V</i> [Å ³]	1170.2(3)	1170.35	1169.9(6)	1170.3(2)

Tabulka 6 Chemické složení fluorwavellitu z Černovic (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5	6	7
K ₂ O	0.12	0.10	0.26	0.20	0.09	0.04	0.10	0.07
CaO	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.00	0.00
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
Fe ₂ O ₃	0.45	0.44	0.38	0.39	0.51	0.50	0.42	0.52
Al ₂ O ₃	33.90	34.43	32.77	33.83	33.84	33.97	34.06	34.43
Cr ₂ O ₃	0.26	0.23	0.36	0.28	0.35	0.19	0.20	0.23
V ₂ O ₃	2.19	2.00	2.78	2.54	2.55	1.89	1.73	1.82
SiO ₂	0.22	0.00	0.00	0.00	1.52	0.00	0.00	0.00
P ₂ O ₅	34.17	34.01	34.13	33.93	33.38	34.59	34.73	34.41
F	3.30	3.44	3.35	3.47	2.49	3.49	3.42	3.46
H ₂ O*	25.37	25.42	24.69	25.11	26.16	25.30	25.41	25.53
F=O	-1.39	-1.45	-1.41	-1.46	-1.05	-1.47	-1.44	-1.46
total	98.61	98.62	97.30	98.30	99.87	98.53	98.61	99.02
K ⁺	0.011	0.009	0.023	0.018	0.008	0.004	0.008	0.006
Ca ²⁺	0.001	0.000	0.000	0.000	0.002	0.002	0.000	0.000
Mg ²⁺	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000
Fe ³⁺	0.012	0.011	0.010	0.010	0.013	0.013	0.011	0.013
Al ³⁺	2.742	2.819	2.674	2.776	2.678	2.734	2.730	2.785
Cr ³⁺	0.014	0.013	0.020	0.016	0.019	0.010	0.010	0.013
V ³⁺	0.120	0.111	0.154	0.142	0.137	0.104	0.094	0.100
Σ	2.900	2.963	2.880	2.962	2.858	2.866	2.854	2.918
Si ⁴⁺	0.015	0.000	0.000	0.000	0.102	0.000	0.000	0.000
P ⁵⁺	1.985	2.000	2.000	2.000	1.898	2.000	2.000	2.000
Σ	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
F ⁻	0.718	0.756	0.734	0.765	0.528	0.754	0.736	0.752
OH ⁻	1.850	2.019	1.626	1.891	1.968	1.755	1.765	1.926
F+OH	2.568	2.775	2.361	2.656	2.496	2.509	2.500	2.678
H ₂ O	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000

Mean - průměr sedmi bodových analýz; koeficienty empirických vzorců byly vypočteny na bázi (P + Si) = 2 apfu; H₂O* počítáno na bázi nábojové bilance a teoretického obsahu pěti molekul H₂O.



Obr. 15 Graf obsahů F (apfu) vs. OH (pfu) při bázi přepočtů na 2 apfu P + Si pro fluorwavellit z Černovic, Počepic (Vrtiška et al. 2016a), Lištěnce u Votic (Vrtiška et al. 2016b) a Čížové u Písku (Sejkora et al. 2011); čárkovanou linií vyznačeny formální hranice pro wavellit/fluorwavellit.

Fosfosiderit - metavariscit

Minerály fosfosiderit, (monoklinický FePO₄·2H₂O; dimorfní se strengitem) a metavariscit (monoklinický AlPO₄·2H₂O; dimorfní s variscitem) byly v rámci České republiky zjištěny pouze vzácně na několika málo lokalitách. Fosfosiderit se vyskytl na Bílém Kameni u Lázní Kynžvartu (Sellner 1923); v pegmatitech v Otově II v podobě téměř čirých krystalů a kůr (Bernard et al. 1981); v Cyrilově u Velkého Meziříčí (Staněk 1955); modrošedý fosfosiderit se vyskytuje v Huberově pni u Krásna (Sejkora et al. 2006), v Třenicích (Pauliš 2011) a nově byl popsán ze Zdechovic a Chvaletic u Přelouče (Pauliš et al. 2015). Metavariscit byl zjištěn v podobě jablečně zelených, drobně ledvinitých povlaků v asociaci s variscitem a vanadovým wavelitem na trlinách grafitických kvarcitů u Předína (Sejkora et al. 1999) a jako alterační produkt montebrasitu v pegmatitu ve Verněřově u Aše (Breiter et al. 2009).

Minerály z řady fosfosiderit - metavariscit tvoří v Černovicích světle zelené průsvitné ledvinité kůry a hroznovité agregáty o velikosti do 0.1 mm pokrývající krystaly křemene. Vzácně byly zjištěny v asociaci s mladším carnotitem (obr. 6 a 7). Všechny studované vzorky fosfosideritu a metavariscitu pocházejí z nových nálezů, na historických vzorcích zjištěny nebyly.

Tabulka 7 Rentgenová prášková data fosfosideritu z Černovic u Tábora

h	k	l	d _{obs}	l _{obs}	d _{calc}
0	1	1	6.471	16	6.523
0	2	0	4.895	45	4.913
1	1	0	4.620	22	4.681
0	0	2	4.321	100	4.361
0	1	2	4.007	7	3.986
1	2	0	3.569	16	3.611
-1	2	1	3.344	16	3.344
0	2	2	3.295	3	3.262
0	3	1	3.111	1	3.066
1	2	2	2.765	26	2.772
0	2	3	2.502	7	2.502
1	3	2	2.3252	<1	2.3446
-2	1	2	2.2179	3	2.2231
1	4	2	1.9801	5	1.9826
0	5	2	1.7915	1	1.7918
1	4	3	1.7602	1	1.7662
2	0	4	1.6784	1	1.6787
0	2	5	1.6413	1	1.6439
2	2	4	1.5931	1	1.5886
-3	0	3	1.5224	1	1.5215
0	5	4	1.4612	1	1.4599
-2	2	5	1.4056	2	1.4045
3	4	2	1.3660	1	1.3629

Tabulka 8 Parametry základní cely fosfosideritu a metavariscitu pro monoklinickou prostorovou grupu $P2_1/n$

	a [Å]	b [Å]	c [Å]	β [°]	V [Å ³]
fosfosiderit - tato práce	5.324(14)	9.83(2)	8.722(19)	90.6(3)	456(1)
fosfosiderit - Fanfani, Zanazzi (1966)	5.330(3)	9.809(4)	8.714(5)	90.60(12)	455.56
fosfosiderit - Krásno (Sejkora et al. 2006)	5.317(8)	9.84(9)	8.673(4)	90.1(1)	453.8
fosfosiderit - Zdechovice (Pauliš et al. 2015)	5.330(3)	9.807(7)	8.706(4)	90.60(5)	455.1(5)
fosfosiderit - Chvaletice (Pauliš et al. 2015)	5.334(4)	9.817(6)	8.700(4)	90.60(3)	455.7(5)
metavariscit - Lucin (Knip, Mootz 1973)	5.178(2)	9.514(2)	8.454(2)	90.3(0)	417
metavariscit - Předín (Sejkora et al. 1999)	5.189(6)	9.54(2)	8.45(1)	90.3(1)	418(1)

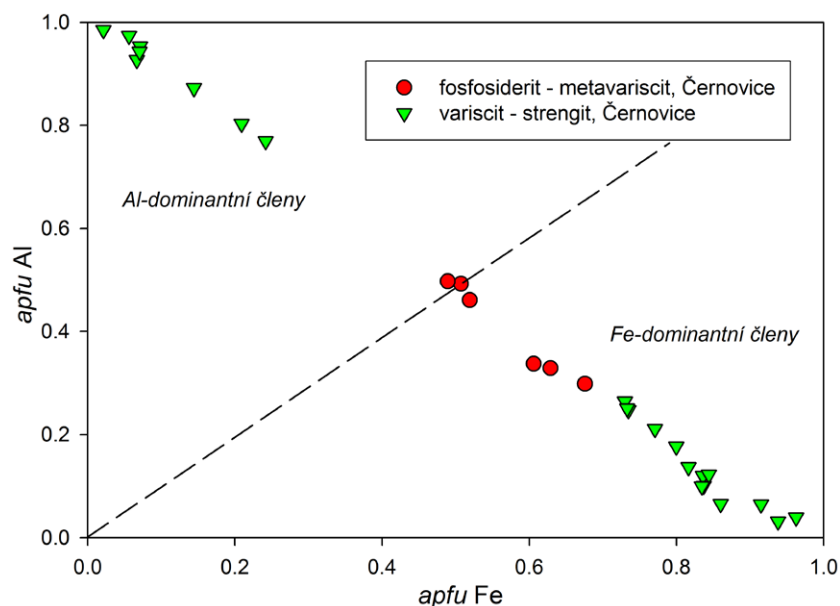
Rentgenová prášková data (tab. 7) studovaného vzorku odpovídají datům, která publikovali Fanfani, Zanazzi (1966) pro fosfosiderit. Zpřesněné mřížkové parametry studované fáze z řady fosfosiderit - metavariscit z Černovic jsou v tabulce 8 porovnány s publikovanými daty pro fosfosiderit a metavariscit.

Při studiu chemického složení minerálů z řady fosfosiderit-metavariscit (tab. 9) byla v kationtové pozici ve většině případech zjištěna převaha Fe (0.49 - 0.68 *apfu*; fosfosideritová komponenta) nad Al (0.30 - 0.50 *apfu*; metavariscitová komponenta). Analýzy č. 1 - 5 tak spadají do pole fosfosideritu, analýza č. 6 již leží v poli metavariscitu v těsné blízkosti hranice těchto fází (obr. 16). Zjištěny byly také zanedbatelné příměsi Ca (do 0.002 *apfu*). V aniontové pozici pak byly vedle dominantního P zjištěny jen minoritní příměsi V (do 0.02 *apfu*) a Si (do 0.004 *apfu*). Zjištěny byly také nevelké obsahy F (do 0.04 *apfu*). Empirický vzorec studovaných fází z řady fosfosiderit-metavariscit lze na bázi Si + P + V = 1 *apfu* (průměr šesti bodových analýz) vyjádřit jako $(\text{Fe}_{0.57}\text{Al}_{0.40})_{\Sigma 0.97}[(\text{PO}_4)_{0.99}(\text{VO}_4)_{0.01}]_{\Sigma 1.00}\text{F}_{0.03}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Tabulka 9 Chemické složení fosfosideritu a metavariscitu z Černovic u Tábora (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5	6
CaO	0.02	0.06	0.00	0.04	0.00	0.04	0.00
Fe ₂ O ₃	28.14	33.45	31.09	30.40	24.97	25.07	23.88
Al ₂ O ₃	12.64	9.44	10.38	10.81	14.15	15.54	15.51
SiO ₂	0.11	0.07	0.11	0.11	0.14	0.15	0.09
P ₂ O ₅	43.12	43.21	43.14	43.65	42.35	43.45	42.94
V ₂ O ₅	0.65	0.89	0.87	1.04	0.28	0.37	0.46
F	0.30	0.224	0.352	0.243	0.277	0.326	0.401
*H ₂ O	22.22	22.34	22.31	22.64	21.70	22.29	22.03
F=O	-0.13	-0.09	-0.15	-0.10	-0.12	-0.14	-0.17
total	107.08	109.58	108.10	108.83	103.75	107.10	105.14
Ca ²⁺	0.001	0.002	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000
Fe ³⁺	0.571	0.676	0.629	0.606	0.519	0.507	0.489
Al ³⁺	0.403	0.299	0.329	0.338	0.461	0.493	0.497
Σ	0.974	0.976	0.958	0.945	0.980	1.001	0.987
Si ⁴⁺	0.003	0.002	0.003	0.003	0.004	0.004	0.002
P ⁵⁺	0.985	0.982	0.982	0.979	0.991	0.990	0.989
V ⁵⁺	0.012	0.016	0.015	0.018	0.005	0.007	0.008
Σ	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
F ⁻	0.026	0.019	0.030	0.020	0.024	0.028	0.035
H ₂ O	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000

Mean - průměr šest bodových analýz; *H₂O -počítáno na bázi teoretického obsahu dvou molekul ve fosfosideritu; koeficienty empirického vzorce počítány na bázi Si + P + V = 1 *apfu*; bodové analýzy 1 - 5 odpovídají fosfosideritu; analýza 6 náleží metavariscitu.

**Obr. 16** Graf *apfu* Fe³⁺ vs. Al³⁺ pro minerály řady fosfosiderit-metavariscit a strengit-variscit z Černovic u Tábora.



Obr. 17 Kůra slámově žlutého vláknitého kakoxenu se světle šedým kulovitým stremgitem IV; šířka záběru 6 mm; foto L. Vrtiška.



Obr. 18 Žluté kulovité agregáty kakoxenu složené z jehlicovitých krystalů; šířka záběru 1.1 mm; foto L. Vrtiška.



Kakoxen

Kakoxen v Černovicích nejčastěji pokrývá povrchy puklin grafitických rul v podobě souvislých kůr složených ze slámově žlutých jehlic o délce do 0.2 mm v asociaci s mladším kulovitým šedým či světle béžových stremgitem do velikosti 0.1 mm (obr. 17). Vzácněji pak tvoří až 0.1 mm velké žluté polokulovité agregáty složené z jehlic (obr. 18) a celistvé až 0.1 mm velké průsvitné kulovité agregáty oranžové až hnědooranžové barvy se světle žlutým až bílým jehlicovitým povrchem (obr. 19). V Černovicích byl zjištěn převážně na nově nalezených vzorcích a na historickém vzorku s beraunitem.

Rentgenová prášková data kakoxenu z Černovic (tab. 10) jsou v dobré shodě s publikovanými údaji (Moore, Shen 1983). Zpřesněné parametry základní cely jsou v tabulce 11 porovnány s publikovanými daty pro tento minerální druh.

Chemickým studiem kakoxenu z Černovic (tab. 12) byly v kationtové pozici vedle dominantních obsahů Fe^{3+} (19.94 - 20.60 *apfu*), zjištěny zvýšené obsahy Al (3.77 - 4.02 *apfu*) oproti ideálnímu obsahu 1 *apfu* Al ve vzorci kakoxenu. Dále byly v kationtové pozici zjištěny minoritní příměsi K a Ca (do 0.09 *apfu*). V aniontové pozici vystupuje vedle dominantního P (16.53 - 16.80 *apfu*) také minoritní Si (do 0.4 *apfu*) a V (do 0.08 *apfu*). Empirický vzorec kakoxenu z Černovic lze na bázi Si + P + V = 17 *apfu* (průměr pěti bodových analýz) vyjádřit jako $\text{Fe}^{3+}_{20.21}\text{Al}_{3.89}\text{K}_{0.07}\text{Ca}_{0.06}\text{O}_{6.00}[(\text{PO}_4)_{16.66}(\text{SiO}_4)_{0.28}(\text{VO}_4)_{0.06}]_{\Sigma 17.00}(\text{OH})_{9.75} \cdot 75\text{H}_2\text{O}$.

Obr. 19 Kulovité agregáty celistvého hnědooranžového kakoxenu s bílým jehlicovitým povrchem; šířka záběru 0.6 mm; foto L. Vrtiška.

Tabulka 10 Rentgenová prášková data kakoxenu z Černovic u Tábora

<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>
1	1	0	13.817	11	13.778	2	5	1	3.598	2	3.593	0	10	1	2.3311	1	2.3277
0	2	0	11.963	100	11.932	0	5	2	3.544	1	3.540	3	3	4	2.2889	1	2.2883
0	1	1	9.668	4	9.654	2	6	0	3.315	9	3.309	5	6	2	2.2594	1	2.2606
1	2	0	9.042	21	9.020	1	2	3	3.277	1	3.278	2	9	2	2.1458	1	2.1479
0	3	0	7.976	8	7.955	3	5	1	3.247	1	3.244	2	10	1	2.0998	1	2.1002
1	2	1	6.870	7	6.858	1	7	0	3.166	18	3.161	2	6	4	2.0629	<1	2.0634
1	3	0	6.630	1	6.619	2	5	2	3.099	5	3.095	6	7	2	1.9635	1	1.9654
0	3	1	6.360	3	6.353	4	5	0	3.061	5	3.056	0	5	5	1.9311	1	1.9309
0	4	0	5.983	3	5.966	1	6	2	3.000	2	2.996	0	9	4	1.8699	<1	1.8706
2	2	1	5.781	3	5.769	0	8	1	2.871	1	2.871	6	8	2	1.8384	<1	1.8388
1	3	1	5.616	1	5.608	0	5	3	2.834	1	2.832	7	8	1	1.8087	<1	1.8086
2	3	0	5.489	6	5.475	1	8	0	2.798	4	2.793	4	7	4	1.8059	1	1.8052
2	3	1	4.869	9	4.860	2	4	3	2.776	3	2.774	2	9	4	1.7554	<1	1.7557
0	5	0	4.776	1	4.773	5	5	0	2.754	7	2.756	1	10	4	1.7190	<1	1.7189
1	4	1	4.676	1	4.670	1	5	3	2.719	1	2.720	1	13	2	1.6733	<1	1.6731
3	3	0	4.602	2	4.593	0	9	0	2.655	2	2.652	3	3	6	1.6417	<1	1.6430
1	2	2	4.559	1	4.556	2	8	0	2.607	1	2.604	5	11	2	1.6032	1	1.6037
2	4	1	4.154	2	4.147	2	7	2	2.553	1	2.552	4	12	2	1.5788	1	1.5789
0	6	0	3.978	3	3.977	0	3	4	2.506	2	2.505	8	10	0	1.5269	<1	1.5278
3	4	0	3.929	2	3.923	4	6	2	2.4269	2	2.4301	9	9	2	1.4700	<1	1.4703
2	5	0	3.828	6	3.821	3	7	2	2.3902	1	2.3932	6	10	4	1.4317	<1	1.4319
1	4	2	3.710	3	3.707	1	4	4	2.3543	1	2.3542	4	13	3	1.4184	<1	1.4186

Tabulka 11 Parametry základní cely kakoxenu pro hexagonální prostorovou grupu $P6_3/n$

	tato práce	Moore, Shen (1983)
<i>a</i> [Å]	27.556(9)	27.5590(10)
<i>c</i> [Å]	10.5570(3)	10.550(1)
<i>V</i> [Å ³]	6942.4(8)	6939.21

Tabulka 12 Chemické složení kakoxenu z Černovic u Tábora (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5
K ₂ O	0.09	0.09	0.06	0.09	0.11	0.11
CaO	0.09	0.06	0.06	0.08	0.13	0.14
Fe ₂ O ₃	45.54	47.33	46.32	46.55	43.84	43.66
Al ₂ O ₃	5.59	5.98	5.47	5.55	5.34	5.62
SiO ₂	0.46	0.24	0.52	0.43	0.48	0.65
P ₂ O ₅	33.38	34.85	33.24	34.32	32.35	32.17
V ₂ O ₅	0.16	0.16	0.17	0.09	0.19	0.18
H ₂ O*	40.61	42.16	40.76	41.46	39.27	39.40
total	125.93	130.88	126.58	128.56	121.70	121.93
K ⁺	0.069	0.067	0.041	0.065	0.087	0.084
Ca ²⁺	0.060	0.038	0.037	0.047	0.087	0.093
Fe ³⁺	20.205	20.284	20.596	20.164	20.039	19.943
Al ³⁺	3.887	4.012	3.810	3.766	3.823	4.022
Σ	24.221	24.400	24.485	24.042	24.036	24.143
Si ⁴⁺	0.276	0.139	0.309	0.246	0.289	0.396
P ⁵⁺	16.663	16.801	16.626	16.722	16.635	16.532
V ⁵⁺	0.061	0.060	0.065	0.033	0.076	0.072
Σ	17.000	17.000	17.000	17.000	17.000	17.000
H ₂ O	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000
OH ⁻	9.741	10.168	10.643	9.195	9.137	9.564

Mean - průměr pěti bodových analýz; koeficienty empirických vzorců byly vypočteny na bázi (P + Si + V) = 17 apfu; H₂O* počítáno na bázi nábojové bilance a teoretického obsahu 75 molekul H₂O.



Obr. 20 Kulovité agregáty světle zeleného kidwellitu; šířka záběru 1.8 mm; foto L. Vrtiška.



Obr. 21 Kulovité agregáty světle zeleného kidwellitu v dutině spolu se zonálním perleťově lesklým bílým až oranžovým strengitem III a žlutými agregáty pravděpodobného meurigitu-K; šířka záběru 6 mm; foto L. Vrtiška.



Kidwellit

Kidwellit je vzácný fosfát s ideálním vzorcem $\text{Na}(\text{Fe}^{3+}, M)_{9+x}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_{11} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, kde $M = \text{Fe}^{3+}, \text{Cu}^{2+}$, případně jiný kovový kationt a $x = 0.33$ (Kolitsch 2004). Kidwellit byl poprvé na světě zjištěn z lokality Fodderstack Mountain, Arkansas, USA (Moore, Ito 1978). Z České republiky ho uvádějí Lehrieder a Černý (1999) na základě rentgenometrického měření, avšak bez bližších publikovaných dat, z lomu na Kněžském vrchu u Těškova. Vyskytuje se zde v podobě žlutozelených kulovitých agregátů do velikosti 3 mm.

V Černovicích byl kidwellit studován na nově nalezených vzorcích v podobě světle zelených kulovitých agregátů o velikosti do 0.1 mm (obr. 20) v asociaci spolu s polokulovitými koncentrickými agregáty žlutohnědého strengitu III (viz charakteristika strengitu níže) a žlutými, radiálně prrsčitými agregáty do velikosti 0.3 mm pravděpodobného meurigitu-K (obr. 21), ten však nebyl pro nízkou krystalinitu spolehlivě ověřen.

Rentgenová prášková data kidwellitu z Černovic (tab. 13) odpovídají publikovaným údajům pro tento minerální druh (Kolitsch 2004). Jeho zpřesněné parametry se dobře shodují s publikovanými údaji pro tuto minerální fázi (tab. 14).

Chemickým studiem kidwellitu z Černovic (tab. 15) byla zjištěna v A-pozici převaha Na (0.51 - 0.60 apfu) nad K (do 0.05 apfu) a pravděpodobnou vakancí vyplývající ze stechiometrie (do 0.47 pfu). V Fe-pozici vzorků z Černovic je dominantně zastoupeno Fe^{3+} (7.80 - 8.32 apfu). Dále byly pozorovány zvýšené obsahy Al (1.03 - 1.47 apfu) a minoritní obsahy Ca (do 0.29 apfu) a Mg (do 0.08 apfu). V tetraedrické T pozici zcela převládá P (5.87 - 5.95 apfu); zjištěny byly také minoritní obsahy V (do 0.08 apfu) a Si (do 0.04 apfu). Empirický vzorec kidwellitu z Černovic lze na bázi $\text{P} + \text{Si} + \text{V} = 6$ apfu vyjádřit (průměr sedmi bodových analýz) jako $(\text{Na}_{0.56}\text{K}_{0.03}\square_{0.41})_{\Sigma 1.00}(\text{Fe}^{3+}_{8.15}\text{Al}_{1.16}\text{Ca}_{0.26}\text{Mg}_{0.06})_{\Sigma 9.63}[(\text{PO}_4)_{5.91}(\text{VO}_4)_{0.06}(\text{SiO}_4)_{0.03}]_{\Sigma 6.00}(\text{OH})_{11.20} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$.

Obr. 22 Srostlice tabulovitých krystalů žlutooranžového leukofofitu; šířka záběru 0.3 mm; foto L. Vrtiška.

Tabulka 13 Rentgenová prášková data kidwellitu z Černovic u Tábora

<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>
2	0	0	9.666	100	9.619	5	1	2	2.581	19	2.582	1	1	7	1.7400	1	1.7397
-1	0	2	6.957	19	6.976	-3	1	5	2.4476	43	2.4447	10	0	2	1.7187	10	1.7193
0	0	2	6.669	7	6.680	-8	1	1	2.2508	8	2.2505	-9	2	2	1.6938	1	1.6931
-2	0	2	6.446	33	6.443	1	2	3	2.1891	9	2.1894	0	2	6	1.6895	4	1.6894
0	1	1	4.836	11	4.836	3	2	3	2.0229	31	2.0247	6	2	4	1.6004	6	1.6005
4	0	2	3.457	14	3.452	-10	0	2	2.0136	2	2.0122	2	3	3	1.5632	1	1.5629
-6	0	0	3.206	28	3.206	-9	1	4	1.9465	1	1.9481	3	2	6	1.5510	2	1.5509
2	0	4	2.902	4	2.902	-8	1	6	1.8184	10	1.8190						

Tabulka 14 Parametry základní cely kidwellitu pro monoklinickou prostorovou grupu P2/c

	tato práce	Kolitsch (2004)
<i>a</i> [Å]	20.12(12)	20.117(4)
<i>b</i> [Å]	5.187(18)	5.185(1)
<i>c</i> [Å]	13.974(9)	13.978(3)
β [°]	107.1(6)	107.07(3)
<i>V</i> [Å ³]	1395(1)	1393.77

Tabulka 15 Chemické složení kidwellitu z Černovic u Tábora (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5	6	7
Na ₂ O	1.26	1.31	1.24	1.27	1.34	1.07	1.36	1.21
K ₂ O	0.11	0.10	0.11	0.09	0.10	0.09	0.11	0.17
CaO	1.04	1.14	1.15	1.12	0.98	0.92	1.13	0.86
MgO	0.18	0.22	0.18	0.15	0.19	0.22	0.20	0.12
Fe ₂ O ₃	46.88	48.77	47.24	44.66	47.89	44.33	47.63	47.67
Al ₂ O ₃	4.28	4.11	4.30	4.30	3.79	3.77	3.97	5.75
SiO ₂	0.14	0.18	0.18	0.02	0.12	0.11	0.27	0.12
P ₂ O ₅	30.22	30.74	30.18	29.16	30.26	28.52	30.40	32.29
V ₂ O ₅	0.40	0.40	0.40	0.38	0.48	0.48	0.46	0.20
H ₂ O*	11.17	11.64	11.33	10.73	11.23	10.37	11.24	11.64
total	95.70	98.61	96.31	91.88	96.38	89.88	96.77	100.03
Na ⁺	0.563	0.576	0.555	0.592	0.598	0.507	0.601	0.510
K ⁺	0.032	0.029	0.032	0.028	0.029	0.028	0.032	0.047
□	0.405	0.395	0.413	0.380	0.372	0.465	0.367	0.443
Σ A site	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Ca ²⁺	0.258	0.277	0.284	0.288	0.242	0.241	0.276	0.200
Mg ²⁺	0.063	0.074	0.062	0.054	0.065	0.080	0.068	0.039
Fe ³⁺	8.146	8.319	8.205	8.079	8.299	8.145	8.174	7.801
Al ³⁺	1.163	1.098	1.170	1.218	1.029	1.085	1.067	1.474
Σ Fe site	9.631	9.768	9.721	9.640	9.634	9.551	9.585	9.514
Si ⁴⁺	0.033	0.041	0.042	0.005	0.028	0.027	0.062	0.026
P ⁵⁺	5.906	5.899	5.897	5.935	5.899	5.896	5.869	5.945
V ⁵⁺	0.061	0.060	0.061	0.060	0.073	0.077	0.069	0.029
Σ T site	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000
OH ⁻	11.198	11.599	11.446	11.202	11.251	10.894	11.105	10.888
H ₂ O	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000

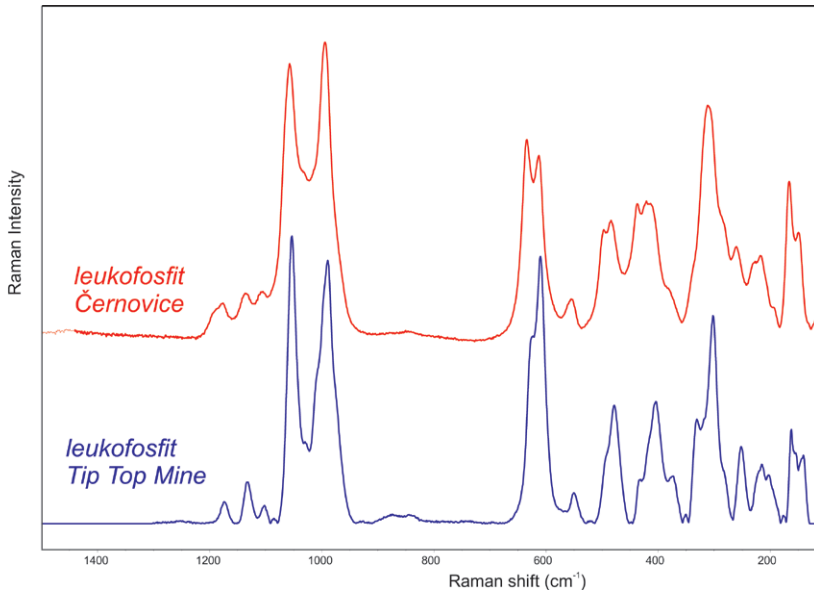
Mean - průměr sedmi bodových analýz; obsahy H₂O* dopočteny na základě nábojové bilance a teoretického obsahu tří molekul H₂O v kidwellitu; koeficienty empirických vzorů počítány na bázi P + Si + V = 6 *apfu*.

Leukofosfit

Leukofosfit byl pozorován velmi vzácně v asociaci s beraunitem na historickém vzorku P1N 61829 uloženém v mineralogické sbírce Národního muzea v Praze. Tvůří zde vzácné, velmi drobné, žlutozelené, zprohýbané krystaly a jejich srostlice o velikosti do 0.01 mm (obr. 22),

nasedající na kulovité agregáty beraunitu nebo na stěny dutin v jejich blízkosti.

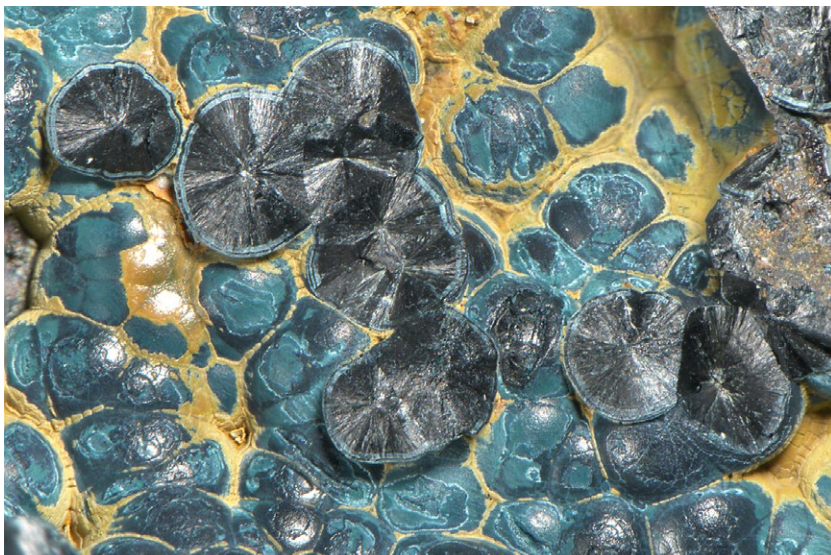
Pro velmi malé rozměry leukofosfitu nebylo možné získat jeho rentgenová prášková data. Leukofosfit se podařilo ověřit za pomoci Ramanovské spektroskopie. Jeho získané spektrum (obr. 23) se dobře shoduje se



Obr. 23 Ramanovo spektrum leukofosfitu z Černovic u Tábora v porovnání se spektrem leukofosfitu z databáze RRUFF s identifikačním číslem R080126.



Obr. 24 Tabulkovitý krystal zeleného metatorbernitů; šířka záběru 1.6 mm; foto L. Vrtiška.



spektry leukofosfitu z lokality Tip Top Mine, Custer County v Jižní Dakotě, USA dostupnými v databázi RRUFF pod identifikačním číslem R080126 (Downs 2006). Leukofosfit byl dále potvrzen kvalitativním studiem chemického složení za pomoci EDS analýzy, při které byly vedle dominantních obsahů Fe_2O_3 a K_2O v kationtové pozici a P_2O_5 v aniontové pozici zjištěny obsahy Al_2O_3 (do 8.00 hm. %) a SiO_2 a (do 3.00 hm. %).

Metatorbernit

Metatorbernit byl na lokalitě zjištěn spolu s carnotitem pouze v jednom bloku grafitické ruly nalezeném v roce 2015 (viz charakteristika carnotitu), v podobě jablečně zelených tabulkovitých krystalů o velikosti do 3 mm (obr. 24), často zatlačovaných carnotitem.

Rentgenová prášková data metatorbernitů z Černovic (tab. 16) odpovídají publikovaným údajům i teoretickému záznamu vypočtenému z krystalové struktury (Locock, Burns 2003). Zpřesněné parametry základní cely jsou v tabulce 17 porovnány s publikovanými údaji pro tento minerální druh. Při studiu chemického složení metatorbernitů (tab. 18) byly v aniontové pozici vedle dominantního P zjištěny ojedinělé obsahy V (do 0.04 *apfu*). V kationtové pozici pak vedle dominantní Cu byly naměřeny minoritní obsahy Ca (do 0.02 *apfu*). Empirický vzorec metatorbernitů lze na bázi $\text{P} + \text{V} = 2$ *apfu* (průměr čtyř bodových analýz) vyjádřit jako $(\text{Cu}_{1.13}\text{Ca}_{0.01})_{\Sigma 1.14}(\text{UO}_2)_{1.97}[(\text{PO}_4)_{1.99}(\text{VO}_4)_{0.01}]_{\Sigma 2.00} \cdot 8\text{H}_2\text{O}$.

Natrodufrénit

Natrodufrénit tvoří v Černovicích souvislé kůry neprůsvitných polokulovitých, radiálně paprscitých, koncentrických agregátů intenzivně tmavě modrozelené, zelené až zdánlivě černé barvy se světle modrým či světle zeleným okrajovým lemem (obr. 25 a 26). Tyto hedvábně lesklé agregáty dosahují velikosti do 1.5 mm a jsou místy porůstány radiálně paprscitými, koncentrickými agregáty perleťově lesklého bílého až světle béžového strengitu o velikosti do 2.5 mm (obr.

Obr. 25 Radiálně paprscité agregáty zonálního tmavě zeleného natrodufrénitu z historických nálezů z Černovic u Tábora; šířka záběru 4.1 mm; foto L. Vrtiška.

Tabulka 16 Rentgenová prášková data metatorbernitů z Černovic u Tábora

<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>
0	0	2	8.664	100	8.666	2	0	4	2.714	<1	2.715	1	1	8	1.9844	<1	1.9833
0	0	3	5.806	<1	5.777	1	0	6	2.668	1	2.668	2	3	3	1.8370	<1	1.8331
0	1	2	5.429	1	5.431	1	2	4	2.529	<1	2.530	3	0	6	1.8098	<1	1.8103
1	1	0	4.926	<1	4.928	2	2	2	2.3743	<1	2.3701	0	4	1	1.7333	<1	1.7336
0	0	4	4.332	10	4.333	0	3	2	2.2426	<1	2.2439	3	3	1	1.6344	<1	1.6354
1	1	2	4.266	1	4.284	1	3	0	2.2022	<1	2.2039	4	0	6	1.4907	<1	1.4920
0	1	4	3.679	5	3.680	0	0	8	2.1668	6	2.1665	3	2	8	1.4441	<1	1.4423
0	2	0	3.484	1	3.485	0	3	3	2.1612	<1	2.1554	1	0	12	1.4143	<1	1.4143
0	2	2	3.232	<1	3.233	2	1	6	2.1177	<1	2.1186	1	1	12	1.3851	<1	1.3860
1	2	2	2.929	<1	2.933	1	0	8	2.0676	<1	2.0688						

Tabulka 17 Parametry základní cely metatorbernitů pro tetragonální prostorovou grupu P4/n

	tato práce	Locock, Burns (2003)	Vrtiška et al. (2013)	Pauliš et al. (2016)
<i>a</i> [Å]	6.969(4)	6.9756(5)	6.9668(1)	6.973(2)
<i>c</i> [Å]	17.3316(3)	17.349(2)	17.3240(5)	17.3263(2)
<i>V</i> [Å ³]	841.9(5)	844.18	840.84(4)	842.5(3)

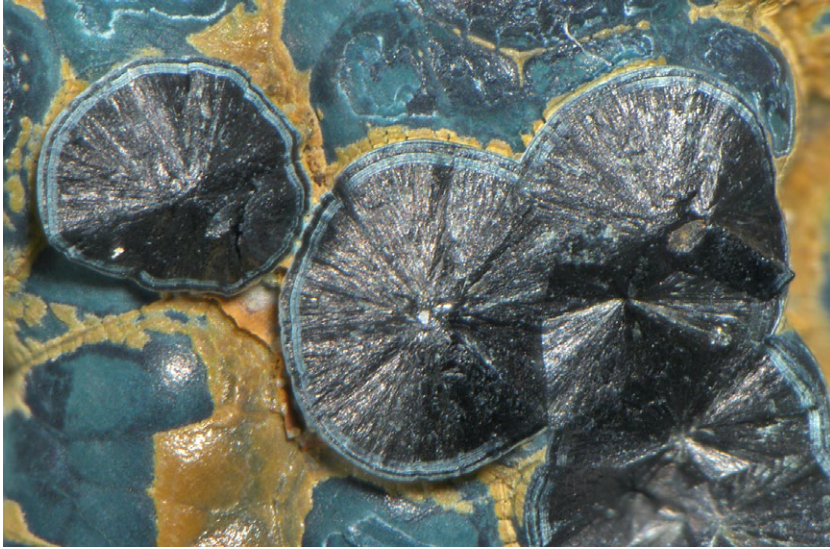
Tabulka 18 Chemické složení metatorbernitů z Černovic u Tábora (hm. %)

	mean	1	2	3	4
CuO	9.14	9.30	9.39	10.34	7.53
CaO	0.03	0.00	0.00	0.00	0.13
P ₂ O ₅	14.31	14.62	14.22	14.00	14.39
V ₂ O ₅	0.09	0.00	0.00	0.36	0.00
UO ₃	57.00	59.01	54.99	57.41	56.58
H ₂ O*	14.53	14.85	14.44	14.22	14.61
total	95.10	97.78	93.04	96.32	93.24
Cu ²⁺	1.134	1.135	1.178	1.291	0.934
Ca ²⁺	0.006	0.000	0.000	0.000	0.023
Σ	1.140	1.135	1.178	1.291	0.957
P ⁵⁺	1.990	2.000	2.000	1.960	2.000
V ⁵⁺	0.010	0.000	0.000	0.040	0.000
Σ	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
UO ₂	1.967	2.003	1.919	1.994	1.952
H ₂ O	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000

Mean - průměr čtyř bodových analýz; *H₂O - obsahy dopočtené na základě ideálního vzorce metatorbernitů Cu(UO₂)₂(PO₄)₂·8H₂O; koeficienty empirického vzorce počítány na bázi P + V = 2 apfu.

Tabulka 19 Rentgenová prášková data natrodufrénitů z Černovic u Tábora

<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>
2	0	0	12.103	69	12.033
-2	0	2	6.833	10	6.785
0	0	2	6.465	21	6.411
4	0	0	6.032	16	6.017
-4	0	2	5.530	5	5.511
2	0	2	4.989	43	4.954
-6	0	2	4.164	9	4.154
-6	0	0	4.012	18	4.011
4	0	2	3.765	25	3.754
-5	1	1	3.659	3	3.650
-3	1	3	3.411	24	3.398
-8	0	2	3.221	100	3.215
5	1	1	3.171	8	3.181
-8	0	0	3.015	13	3.008
-7	1	2	2.962	5	2.970
-3	1	4	2.870	5	2.863
-5	1	4	2.763	6	2.767
7	1	1	2.634	3	2.626
-10	0	2	2.591	4	2.587
5	1	3	2.4151	7	2.4162
-8	0	6	2.1535	8	2.1553
5	1	4	2.1048	5	2.1047
11	1	0	2.0103	4	2.0137
8	2	0	1.9583	<1	1.9561
-13	1	3	1.8524	1	1.8523
-3	1	7	1.8217	4	1.8218
2	2	5	1.7297	4	1.7314
-6	0	8	1.7232	10	1.7220
-3	3	1	1.6825	2	1.6809
-12	2	4	1.6147	10	1.6166
-3	1	8	1.6104	1	1.6108
-3	3	3	1.6065	1	1.6048
-16	0	2	1.5991	1	1.6009
2	2	6	1.5696	2	1.5709
-7	3	3	1.5259	1	1.5271
-10	2	7	1.4799	1	1.4824
-18	0	4	1.4369	1	1.4353
-11	3	2	1.3874	1	1.3863
-16	2	4	1.3617	2	1.3634



Obr. 26 Radiálně paprscité agregáty zonálního tmavě zeleného natrofluorínu z historických nálezů z Černovic u Tábora; šířka záběru 2.1 mm; foto L. Vrtiška.



Obr. 27 Radiálně paprscité agregáty zonálního tmavě zeleného natrofluorínu spolu s koncentrickými agregáty strengitu I z historických nálezů z Černovic u Tábora; šířka záběru 7 mm; foto L. Vrtiška.



27 a 28). Natrofluorín byl zjištěn na historických i nově nalezených vzorcích.

Rentgenová prášková data (tab. 19) studovaného vzorku odpovídají datům publikovaným pro natrofluorín Fontanem et al. (1982) i vypočteným z krystalové struktury dufrénitu (Moore 1970). Zpřesněné mřížkové parametry natrofluorínu z Černovic jsou v tabulce 20 porovnány s publikovanými daty pro minerály skupiny dufrénitu.

Obecný vzorec minerálů skupiny dufrénitu lze vyjádřit jako $ABC_5(TO_4)_4(OH)_6 \cdot 2H_2O$, kde v A pozici se vedle Na, K a Ca významně uplatňují i vakance; B pozice je obsazována M^{2+} prvky jako Fe^{2+} , Mn, Mg, a Zn a v C pozici je dominantní Fe^{3+} nebo Al^{3+} (Fontan et al. 1982; Selway et al. 1997; Anthony et al. 2000). V tetraedrické T pozici minerálů této skupiny je dominantním prvkem vždy P. Jako platné druhy jsou dosud v této skupině vyčleněny natrofluorín ($A = Na, B = Fe^{2+}, C = Fe^{3+}$), dufrénit ($A = \text{vakance a Ca}, B = Fe^{2+}, C = Fe^{3+}$), burangait ($A = Na, B = Fe^{2+}, C = Al^{3+}$), matioliit ($A = Na, B = Mg, C = Al^{3+}$) a gayit ($A = Na, B = Mn, C = Fe^{3+}$).

Chemickým studiem natrofluorínu z Černovic (tab. 21) byla zjištěna v A pozici (obr. 29) převaha Na (0.58 - 0.87 *apfu*) nad Ca (0.10 - 0.15 *apfu*), K (do 0.03 *apfu*) a vakancí (do 0.30 *pfu*). V B pozici vzorků z Černovic je dominantně zastoupeno Fe^{2+} v rozmezí 0.95 - 1.00 *apfu* (obr. 30). Zjištěny byly minoritní obsahy Zn do 0.05 *apfu*; na rozdíl od natrofluorínu z oblasti Čížové u Písku (Sejkora et al. 2011) zde nebyly zjištěny ani minimální obsahy Mg a Cu, ani obsahy Mn zjištěné Sejkorou et al. (2006,

Obr. 28 Kulovité agregáty natrofluorínu se zeleným povrchem spolu s koncentrickými agregáty světle béžového strengitu I z Černovic u Tábora z nálezů z roku 2015; šířka záběru 3 mm; foto L. Vrtiška.

2007) na vzorcích z Krásna u Horního Slavkova. V C pozici je dominantním prvkem Fe³⁺ (4.19 - 4.70 *apfu*; obr. 31); zjištěné obsahy Al (0.18 - 0.83 *apfu*) jsou srovnatelné s obsahy uváděnými pro natrodufrénit z Vysokého Kamene (Sejkora et al. 2007) a Čížové u Písku (Sejkora et al. 2011). Zonalita agregátů natrodufrénitu je pravděpodobně spojena s AlFe₁ izomorfii, což uvádí i

Sejkora et al. (2011) pro natrodufrénit z Čížové. V tetraedrické T pozici zcela převládá P (3.91 - 3.95 *apfu*); zjištěny byly také minoritní obsahy Si (do 0.09 *apfu*). Empirický vzorec natrodufrénitu z Černovic lze na bázi P + Si = 4 *apfu* vyjádřit (průměr 14 bodových analýz) jako (Na_{0.65}Ca_{0.13}K_{0.01}□_{0.21})_{Σ1.00}(Fe²⁺_{0.96}Zn_{0.04})_{Σ1.00}(Fe³⁺_{4.44}Al_{0.34})_{Σ4.78}[(PO₄)_{3.93}(SiO₄)_{0.07}]_{Σ4.00}(OH)_{5.33}·2H₂O.

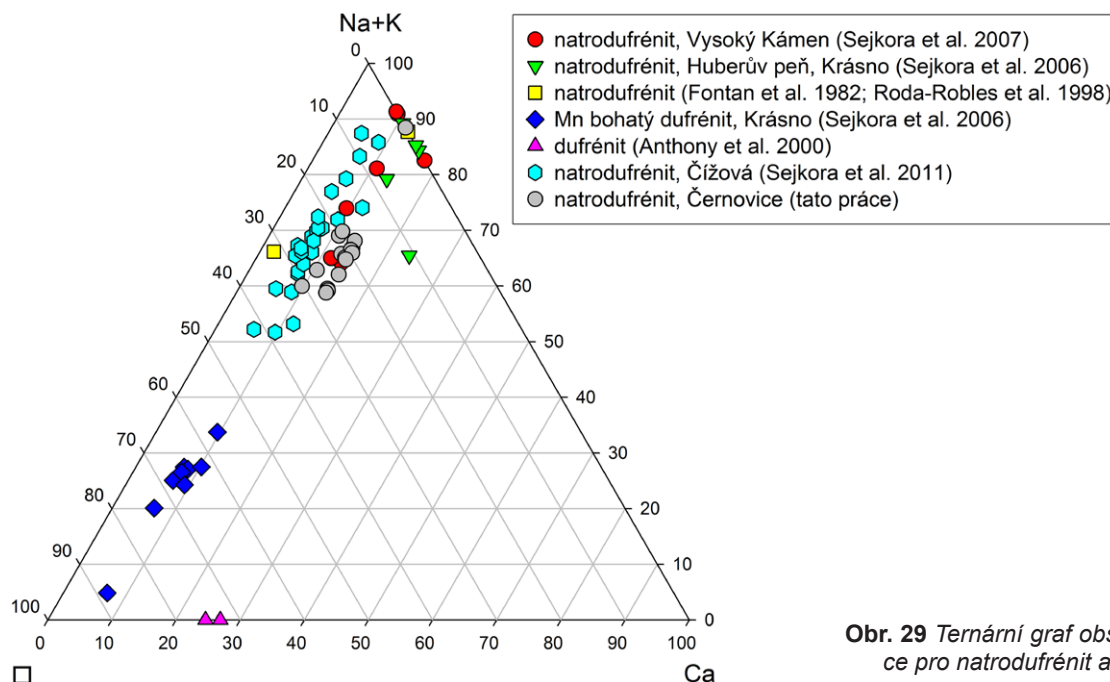
Tabulka 20 Parametry základní cely natrodufrénitu z Černovic ve srovnání s daty minerálů skupiny dufrénitu pro monoklinickou prostorovou grupu C2/c

	tato práce	Fontan et al. (1982)	Sejkora et al. (2011)	Dufrénit - Moore (1970)
a [Å]	25.872(12)	25.83(2)	25.883(6)	25.84(2)
b [Å]	5.149(3)	5.150(3)	5.152(1)	5.126(3)
c [Å]	13.785(8)	13.772(9)	13.830(3)	13.78(1)
β [°]	111.5(5)	111.53(6)	111.37(2)	111.20(6)
V [Å ³]	1708(1)	1704.19	1717.2(9)	1702

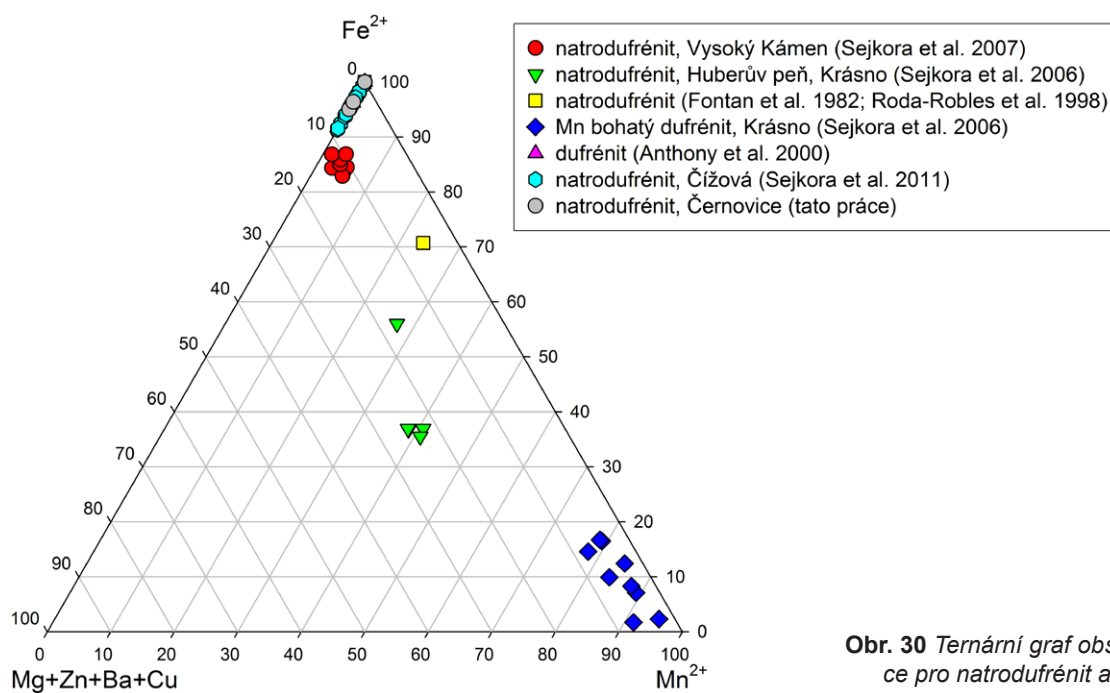
Tabulka 21 Chemické složení natrodufrénitu z Černovic u Tábora (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Na ₂ O	2.24	2.30	2.02	2.29	2.22	2.44	2.14	1.94	2.09	2.24	2.77	2.19	2.08	2.33	2.28
K ₂ O	0.05	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.09	0.00	0.15	0.16	0.06	0.06	0.08
CaO	0.81	0.85	0.86	0.88	0.85	0.70	0.65	0.57	0.93	0.94	0.68	0.65	0.92	0.94	0.92
FeO*	7.71	7.49	7.66	7.63	7.54	7.84	7.89	7.62	8.08	7.97	7.06	7.25	7.95	7.92	8.05
ZnO	0.35	0.40	0.36	0.42	0.42	0.38	0.00	0.00	0.39	0.46	0.38	0.41	0.46	0.47	0.34
Al ₂ O ₃	1.93	1.18	1.04	1.27	1.20	1.96	3.32	4.50	1.67	1.46	2.61	2.31	1.34	1.48	1.69
Fe ₂ O ₃ *	39.54	40.92	40.98	40.62	40.77	40.18	38.46	39.66	39.87	40.33	35.04	35.39	40.67	40.61	40.00
SiO ₂	0.46	0.48	0.59	0.47	0.53	0.46	0.35	0.30	0.51	0.42	0.47	0.50	0.52	0.44	0.45
P ₂ O ₅	31.14	30.41	30.82	31.04	30.65	31.77	30.76	29.77	32.68	32.63	28.65	29.46	32.40	32.42	32.47
H ₂ O*	9.36	9.59	9.38	9.43	9.48	9.49	9.73	10.87	9.04	9.13	8.81	8.43	9.17	9.32	9.19
total	93.58	93.61	93.76	94.05	93.65	95.21	93.30	95.28	95.34	95.59	86.62	86.73	95.55	95.99	95.48
Na ⁺	0.649	0.681	0.586	0.665	0.651	0.690	0.629	0.591	0.576	0.621	0.869	0.666	0.576	0.649	0.633
K ⁺	0.009	0.000	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.015	0.000	0.030	0.032	0.012	0.011	0.015
Ca ²⁺	0.129	0.138	0.138	0.140	0.138	0.109	0.105	0.096	0.141	0.143	0.118	0.110	0.140	0.145	0.141
□	0.214	0.181	0.267	0.195	0.211	0.201	0.266	0.304	0.268	0.236	0.000	0.192	0.272	0.196	0.212
Σ A site	1.001	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.017	1.000	1.000	1.000	1.000
Fe ²⁺	0.962	0.955	0.960	0.954	0.953	0.959	1.000	1.000	0.960	0.951	0.955	0.953	0.951	0.950	0.964
Zn ²⁺	0.038	0.045	0.040	0.046	0.047	0.041	0.000	0.000	0.040	0.049	0.045	0.047	0.049	0.050	0.036
Σ B site	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Al ³⁺	0.343	0.211	0.183	0.224	0.213	0.338	0.594	0.831	0.279	0.245	0.498	0.427	0.225	0.250	0.286
Fe ³⁺	4.438	4.697	4.622	4.571	4.635	4.421	4.386	4.682	4.259	4.329	4.265	4.187	4.380	4.384	4.310
Σ C site	4.781	4.909	4.805	4.795	4.848	4.758	4.980	5.513	4.538	4.575	4.764	4.614	4.606	4.634	4.595
Si ⁴⁺	0.069	0.073	0.089	0.071	0.079	0.068	0.053	0.047	0.073	0.060	0.077	0.079	0.074	0.063	0.064
P ⁵⁺	3.931	3.927	3.911	3.929	3.921	3.932	3.947	3.953	3.927	3.940	3.923	3.921	3.926	3.937	3.936
Σ T site	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
OH ⁻	5.328	5.757	5.376	5.401	5.552	5.251	5.833	7.378	4.559	4.691	5.502	4.840	4.760	4.913	4.780
H ₂ O	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

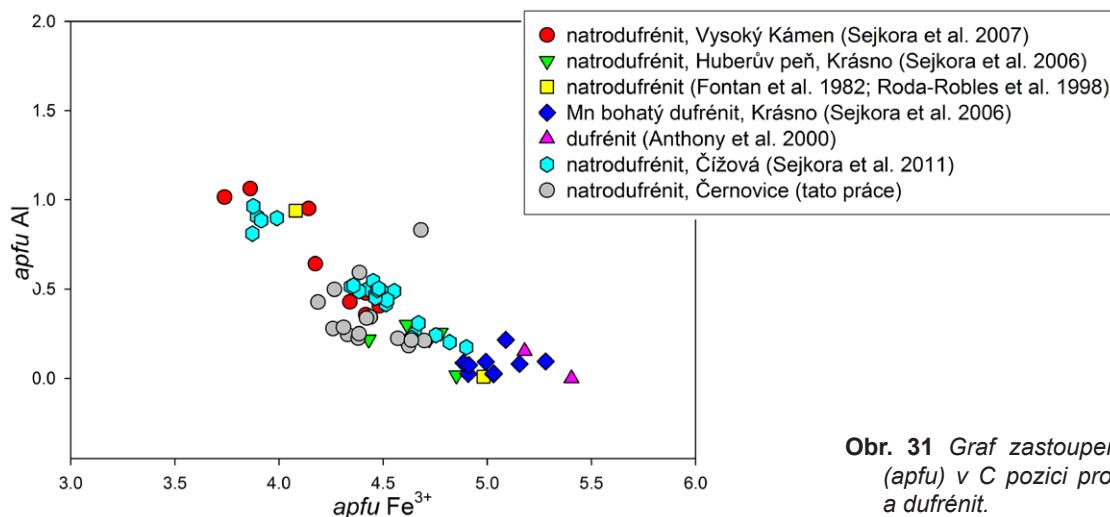
Mean - průměr 14 bodových analýz; uvedené obsahy FeO* a Fe₂O₃* byly rozpočteny z celkového stanoveného Fe na základě předpokladu výhradního zastoupení Fe²⁺ v B-pozici a Fe³⁺ v C-pozici obecného vzorce; obsahy H₂O* dopočteny na základě nábojové bilance a teoretického obsahu dvou molekul H₂O v natrodufrénitu; koeficienty empirických vzorů počítány na bázi P + Si = 4 *apfu*.



Obr. 29 Ternární graf obsazení A pozice pro natrodufrénit a dufrénit.



Obr. 30 Ternární graf obsazení B pozice pro natrodufrénit a dufrénit.



Obr. 31 Graf zastoupení Fe³⁺ vs Al (apfu) v C pozici pro natrodufrénit a dufrénit.

Strengit

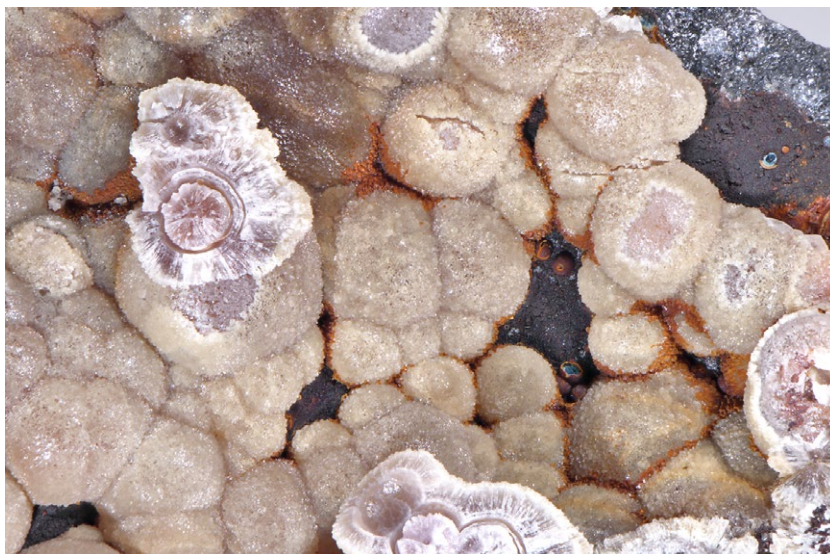
Strengit byl v Černovicích zjištěn pouze na nově nalezených vzorcích ve čtyřech rozdílných minerálních asociacích, podle kterých byl pro účely této publikace rozdělen na strengit I až IV (toto rozdělení neodráží sukcesi jednotlivých typů).

Strengit I překrývá mladší polokulovité agregáty modrého až modrozeleného natrodufrénitu v podobě radiálně paprscitých, koncentrických bílých až světle béžových, perleťově lesklých agregátů o velikosti do 2.5 mm (obr. 27 a 28). V dutinách tvoří souvislé vrstvy polokulovitých agregátů s béžovým či světle hnědým matným povrchem (obr. 32).

Strengit II nasedá v puklinách grafitické ruly na krystaly křemene v podobě světle béžových průsvitných kulovitých agregátů na povrchu s bílou neprůsvitnou krustou tvořenou variscitem. Tyto agregáty dosahují velikosti do 1 mm a byly pozorovány v asociaci s mladším světle zeleným tyrkysem, jehož krystaly je často porůstán (obr. 33 a 34).

Strengit III tvoří nejčastěji samostatné, radiálně paprscité, polokulovité, výrazně zonální agregáty o velikosti do 4 mm. Centrální část těchto agregátů má bílou až světle šedou barvu s perleťovým leskem, okrajové části jsou pak tvořeny průsvitnou vrstvou žluté, medově oranžové až hnědooranžové barvy (obr. 21 a 35). Strengit III byl zjištěn v asociaci se starším kidwellitem a pravděpodobným meurigitem-K (obr. 21).

Strengit IV nasedá na starší kůry slámově žlutého kakoxenu. Tvoří šedé či světle béžové kulovité agregáty s celistvým povrchem do velikosti 0.1 mm (obr. 17).



Obr. 32 Světle béžové kulovité agregáty strengitu I z nálezu z roku 2016 z Černovic u Tábora; šířka záběru 11 mm; foto L. Vrtiška.



Obr. 33 Kulovité agregáty strengitu II s bílou povrchovou kůrou tvořenou variscitem v dutině spolu se světle zeleným tyrkysem; Černovice u Tábora; šířka záběru 4 mm; foto L. Vrtiška.



Obr. 34 Kulovité agregáty strengitu II s bílou povrchovou kůrou tvořenou variscitem v dutině spolu se světle zeleným tyrkysem; Černovice u Tábora; šířka záběru 2.1 mm; foto L. Vrtiška.

Tabulka 22 Rentgenová prášková data strengitu z Černovic u Tábora

<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>
1	1	1	5.475	43	5.490	3	1	2	2.4366	20	2.4418	3	2	4	1.7809	3	1.7796
0	0	2	5.045	5	5.057	3	2	1	2.4314	1	2.4315	4	3	2	1.7119	4	1.7105
0	2	0	4.928	26	4.939	2	2	3	2.3510	4	2.3468	3	3	4	1.6510	5	1.6507
2	0	0	4.363	100	4.360	1	3	3	2.2668	2	2.2740	0	6	0	1.6458	7	1.6462
2	1	0	3.981	49	3.989	3	2	2	2.2399	1	2.2447	0	6	1	1.6244	3	1.6248
1	2	1	3.945	7	3.955	2	0	4	2.1851	4	2.1874	4	3	3	1.5997	4	1.5999
2	1	1	3.703	25	3.711	4	1	0	2.1252	17	2.1287	0	2	6	1.5961	5	1.5954
2	2	0	3.266	9	3.268	2	3	3	2.0693	6	2.0724	5	3	2	1.4751	9	1.4742
2	2	1	3.101	54	3.110	4	2	0	1.9980	10	1.9943	4	5	1	1.4515	4	1.4487
3	1	1	2.682	6	2.688	4	2	1	1.9587	4	1.9566	5	0	4	1.4357	4	1.4356
2	3	0	2.621	6	2.627	1	3	4	1.9528	4	1.9544	3	6	1	1.4175	2	1.4183
2	3	1	2.537	24	2.543	3	0	4	1.9041	5	1.9078	4	5	2	1.4079	3	1.4061
0	0	4	2.532	5	2.529	2	3	4	1.8216	5	1.8219	1	4	6	1.3763	3	1.3749
3	0	2	2.522	26	2.520	2	5	0	1.8000	7	1.7993	4	4	4	1.3727	1	1.3725

Tabulka 23 Parametry základní cely strengitu pro ortorombickou prostorovou grupu Pbca

	tato práce	Taxer, Bartl (2004)	Sejkora et al. (2006)
<i>a</i> [Å]	8.720(4)	8.722(3)	8.750(6)
<i>b</i> [Å]	9.877(5)	9.878(2)	9.821(7)
<i>c</i> [Å]	10.115(5)	10.1187(14)	10.126(7)
<i>V</i> [Å ³]	871.1(7)	871.79	870.2(6)

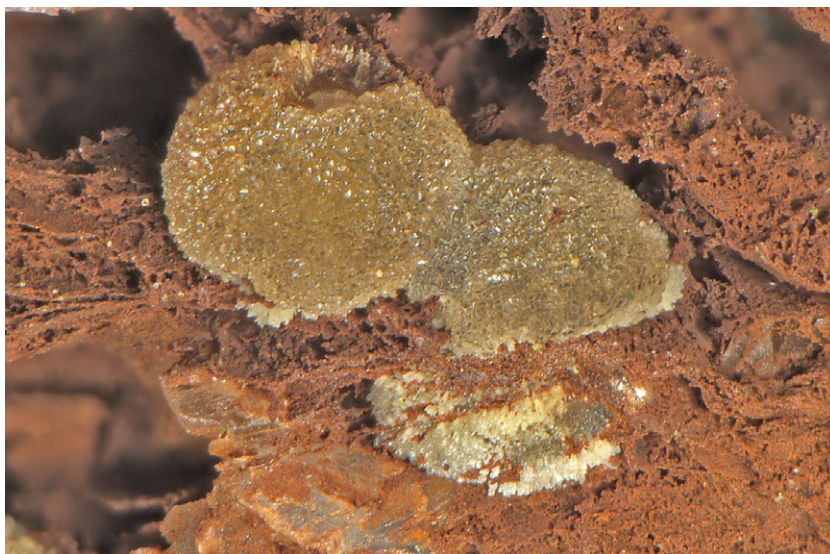
Tabulka 24 Chemické složení tří typů strengitu z Černovic u Tábora (hm. %)

	strengit I							strengit II					strengit III			
	mean	1	2	3	4	5	6	mean	1	2	3	mean	1	2	3	
K ₂ O	0.03	0.06	0.00	0.06	0.06	0.00	0.00	0.04	0.00	0.06	0.06	0.03	0.08	0.00	0.00	
CaO	0.03	0.00	0.04	0.04	0.00	0.07	0.00	0.01	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Fe ₂ O ₃	35.39	36.44	32.25	33.87	35.42	35.58	38.76	38.47	36.28	39.57	39.55	39.98	39.58	40.60	39.75	
Al ₂ O ₃	6.27	3.34	6.94	5.91	8.18	7.77	5.47	1.74	3.36	1.03	0.84	3.08	4.24	1.97	3.02	
SiO ₂	0.09	0.08	0.08	0.09	0.13	0.13	0.00	0.03	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
P ₂ O ₅	40.91	38.66	38.91	38.94	42.91	42.99	43.07	37.37	38.21	36.44	37.47	41.82	42.40	41.26	41.80	
V ₂ O ₅	0.01	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.82	0.88	0.89	0.69	
F	0.02	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.19	0.00	0.00	
H ₂ O*	20.83	19.68	19.80	19.82	21.89	21.91	21.87	18.99	19.40	18.55	19.02	21.56	21.88	21.30	21.49	
F=O	-0.01	0.00	0.00	0.00	-0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.03	-0.08	0.00	0.00	
total	103.57	98.27	98.03	98.74	108.75	108.46	109.18	96.65	97.29	95.73	96.94	107.31	109.17	106.01	106.75	
K ⁺	0.001	0.002	0.000	0.002	0.002	0.000	0.000	0.002	0.000	0.002	0.002	0.001	0.003	0.000	0.000	
Ca ²⁺	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.002	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Fe ³⁺	0.767	0.836	0.735	0.771	0.730	0.733	0.800	0.915	0.844	0.963	0.938	0.837	0.816	0.860	0.835	
A ³⁺	0.212	0.120	0.248	0.211	0.264	0.251	0.177	0.064	0.122	0.039	0.031	0.101	0.137	0.065	0.099	
Σ	0.981	0.958	0.984	0.985	0.996	0.986	0.977	0.981	0.968	1.005	0.972	0.939	0.956	0.926	0.934	
Si ⁴⁺	0.002	0.003	0.002	0.003	0.004	0.004	0.000	0.001	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
P ⁵⁺	0.997	0.997	0.998	0.997	0.995	0.996	1.000	0.999	1.000	0.997	1.000	0.985	0.984	0.984	0.987	
V ⁵⁺	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015	0.016	0.016	0.013	
Σ	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
F ⁻	0.002	0.000	0.000	0.000	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.017	0.000	0.000	
H ₂ O	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	

Mean - průměr šesti bodových analýz (strengit I) a tří bodových analýz (strengit II a III); obsahy H₂O* byly vypočteny na základě teoretického obsahu H₂O = 2; koeficienty empirických vzorců byly vypočteny na bázi (P + V + Si) = 1 *apfu*.

Rentgenová prášková data všech typů strengitu jsou téměř shodná; v tabulce 22 jsou uvedena data pro strengit II. Tato data odpovídají publikovaným údajům pro tento minerál (Taxer, Bartl 2004). Zpřesněné parametry základní cely jsou v tabulce 23 porovnány s publikovanými údaji pro tento minerální druh.

Výsledky chemického studia třech v Černovicích nejčastějších typů strengitu je uvedeno v tabulce 24. Strengit I obsahuje v kationtové pozici vedle dominantního zastoupení Fe (0.73 - 0.84 *apfu*), také zvýšené obsahy Al (variscitové komponenty) v rozsahu 0.12 - 0.26 *apfu* (obr. 16) a velmi malé obsahy K a Ca (do 0.002 *apfu*). V aniontové pozici strengitu I byly zjištěny jen minoritní obsahy Si (do 0.004 *apfu*) a V (do 0.001 *apfu*). Strengit II obsahuje vedle Fe (0.84 - 0.96 *apfu*; obr. 16) rovněž zvýšené obsahy Al (0.03 - 0.12 *apfu*) a minimální obsahy K (do 0.002 *apfu*) a Ca (do 0.001 *apfu*) v kationtové pozici a jen malé obsahy Si (do 0.003 *apfu*) v pozici aniontu. Strengit III vykazuje obdobné obsahy Fe (0.82 - 0.86 *apfu*; obr. 16), Al (0.07 - 0.14) i K (do 0.003 *apfu*) jako předchozí typy. Na rozdíl od nich však byly v aniontové pozici strengitu III zjištěny zvýšené obsahy V (do 0.02 *apfu*). Empirické vzorce studovaných strengitů lze na základě $(\text{Si} + \text{P} + \text{V}) = 1 \text{ apfu}$ vyjádřit jako: $\text{Fe}_{0.77}\text{Al}_{0.21}(\text{PO}_4)_{1.00} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (strengit I; průměr šest bodových analýz); $\text{Fe}_{0.92}\text{Al}_{0.06}(\text{PO}_4)_{1.00} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (strengit II; průměr tří bodových analýz); $\text{Fe}_{0.84}\text{Al}_{0.10}((\text{PO}_4)_{0.98}(\text{VO}_4)_{0.02})_{\Sigma 1.00} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (strengit III; průměr tří bodových analýz).



Obr. 35 Oranžové polokulovité agregáty strengitu III; Černovice u Tábora; šířka záběru 2.5 mm; foto L. Vrtiška.



Obr. 36 Zonální kulovité agregáty světle zeleného tyrkyosu; Černovice u Tábora; šířka záběru 2 mm; foto L. Vrtiška.

Tabulka 25 Rentgenová prášková data tyrkyosu z Černovic u Tábora

<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d</i> _{obs}	<i>I</i> _{obs}	<i>d</i> _{calc}	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d</i> _{obs}	<i>I</i> _{obs}	<i>d</i> _{calc}	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d</i> _{obs}	<i>I</i> _{obs}	<i>d</i> _{calc}
0	0	1	9.065	<1	8.997	-2	-2	0	2.879	1	2.877	-2	2	3	1.6873	1	1.6895
0	-1	0	6.729	18	6.690	-1	2	0	2.636	1	2.641	0	-4	0	1.6720	1	1.6726
0	1	1	6.181	10	6.184	1	1	4	2.4759	1	2.4798	2	2	6	1.6464	1	1.6444
1	0	1	6.017	4	5.995	-2	-2	1	2.4568	7	2.4558	2	4	5	1.6065	<1	1.6060
1	1	0	5.762	<1	5.754	3	1	2	2.4214	3	2.4176	-4	-2	1	1.5835	1	1.5836
-1	0	1	4.787	1	4.802	1	2	4	2.3574	5	2.3564	1	0	6	1.5386	<1	1.5405
0	0	2	4.515	<1	4.498	2	2	4	2.3040	1	2.3064	2	5	3	1.5171	<1	1.5177
0	1	2	4.260	11	4.277	3	2	0	2.2016	<1	2.2017	2	-2	4	1.4944	2	1.4946
-1	1	1	3.713	97	3.713	-3	-1	1	2.0852	1	2.0870	3	5	3	1.4902	1	1.4904
1	-1	1	3.691	100	3.674	-1	3	0	1.9268	3	1.9230	-4	-1	2	1.4729	1	1.4723
-1	0	2	3.376	3	3.367	3	-1	1	1.9053	1	1.9062	-4	0	2	1.4381	<1	1.4383
0	2	0	3.346	48	3.345	4	2	2	1.8547	2	1.8528	4	2	6	1.4221	1	1.4228
2	0	1	3.338	4	3.338	3	-1	2	1.8327	6	1.8334	5	4	3	1.3821	1	1.3826
0	2	2	3.092	2	3.092	4	2	1	1.8184	<1	1.8185	-1	2	6	1.3716	1	1.3708
1	2	3	2.912	30	2.905	3	4	1	1.7218	1	1.7226						

Tyrkys

Tyrkys byl v Černovicích zjištěn na vzorcích sbíraných v roce 2016. Vyskytuje se zde v podobě bohatých shluků zonálních, jablečně zelených, kulovitých agregátů, dosahujících poloměru do 0.1 mm (obr. 36). Tyto agregáty nasedají v puklině grafitické ruly na krystaly čirého křemene a starších kulovitých agregátů bílého až béžového perleťově lesklého, částečně průhledného strengitu

s bílou povrchovou krustou tvořenou variscitem (obr. 33 a 34). Velikost agregátů strengitu s variscitem dosahuje do 1 mm.

Rentgenová prášková data tyrkyso z Černovic (tab. 25) odpovídají údajům publikovaným pro tuto minerální fázi Cid-Dresdnerem (1965). Zpřesněné parametry základní cely jsou v tabulce 26 porovnány s publikovanými údaji pro tento minerální druh.

Tabulka 26 Parametry základní cely tyrkyso pro triklinickou prostorovou grupu P-1

	tato práce	Cid-Dresdner (1965)	Sejkora et al. (2011)
a [Å]	7.425(8)	7.424(4)	7.426(8)
b [Å]	7.628(7)	7.629(3)	7.634(8)
c [Å]	9.921(8)	9.910(4)	9.91(1)
α [°]	68.59(7)	68.61(3)	68.67(8)
β [°]	69.67(8)	69.71(4)	69.70(8)
γ [°]	65.08(7)	65.08(3)	65.01(8)
V [Å ³]	461.8(5)	461.4	461.5(9)

Tabulka 27 Chemické složení tyrkyso z Černovic u Tábora (hm. %)

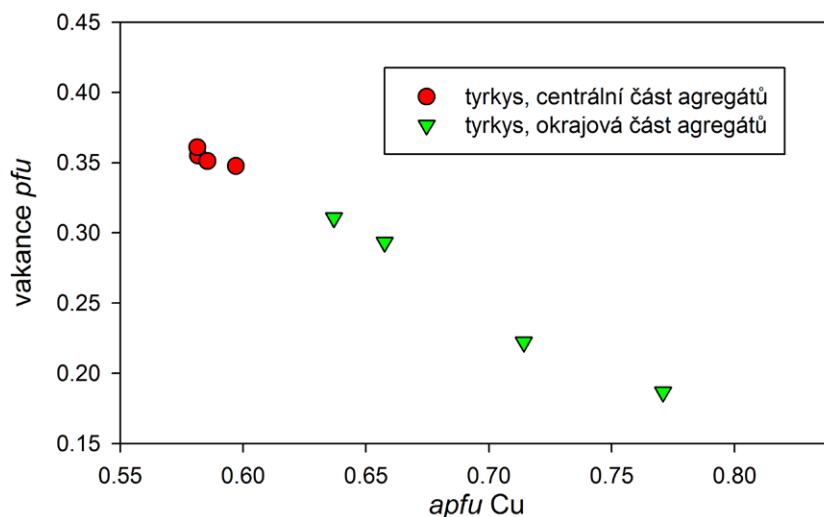
	tyrkys - centrální část					tyrkys - okrajová část				
	mean	1	2	3	4	mean	1	2	3	4
K ₂ O	0.18	0.18	0.19	0.14	0.19	0.06	0.05	0.06	0.09	0.05
CuO	5.76	5.69	5.79	5.81	5.75	6.40	6.47	6.21	6.11	6.79
CaO	0.06	0.07	0.06	0.07	0.05	0.09	0.16	0.05	0.06	0.09
ZnO	0.21	0.22	0.22	0.22	0.18	0.25	0.26	0.31	0.28	0.17
Al ₂ O ₃	31.62	30.55	31.06	32.97	31.90	25.34	23.77	26.86	27.07	23.67
Fe ₂ O ₃	8.01	9.84	8.34	6.11	7.74	14.02	14.97	13.07	12.68	15.36
SiO ₂	0.04	0.08	0.04	0.00	0.06	0.06	0.09	0.06	0.00	0.10
P ₂ O ₅	34.98	34.79	35.22	34.72	35.21	32.83	32.18	33.61	34.22	31.33
V ₂ O ₅	0.05	0.00	0.06	0.06	0.09	0.04	0.08	0.00	0.00	0.08
SO ₃	0.01	0.00	0.02	0.04	0.00	0.02	0.03	0.03	0.03	0.00
F	0.87	0.81	0.92	0.88	0.89	0.29	0.22	0.41	0.34	0.19
H ₂ O*	16.02	16.12	15.80	16.13	16.03	15.41	15.06	15.70	15.62	15.28
F=O	-0.37	-0.34	-0.39	-0.37	-0.37	-0.12	-0.09	-0.17	-0.14	-0.08
total	97.45	98.01	97.32	96.76	97.71	94.71	93.25	96.19	96.36	93.03
K ⁺	0.030	0.031	0.033	0.024	0.033	0.011	0.010	0.010	0.015	0.010
Cu ²⁺	0.586	0.582	0.585	0.597	0.581	0.695	0.714	0.658	0.637	0.771
Ca ²⁺	0.009	0.011	0.008	0.009	0.007	0.014	0.025	0.007	0.009	0.014
Zn ²⁺	0.021	0.022	0.022	0.022	0.017	0.027	0.028	0.032	0.028	0.019
□	0.354	0.355	0.351	0.348	0.361	0.253	0.222	0.293	0.311	0.187
Σ A site	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Al ³⁺	5.025	4.878	4.904	5.283	5.035	4.281	4.097	4.437	4.401	4.191
Fe ³⁺	0.812	1.004	0.841	0.625	0.780	1.520	1.647	1.379	1.316	1.736
Σ B site	5.837	5.882	5.744	5.909	5.815	5.801	5.743	5.816	5.718	5.928
(SiO ₄) ⁴⁻	0.006	0.010	0.005	0.000	0.008	0.009	0.013	0.008	0.000	0.016
(PO ₄) ³⁻	3.635	3.635	3.637	3.644	3.623	3.731	3.753	3.696	3.686	3.790
(PO ₃ OH) ²⁻	0.354	0.355	0.351	0.348	0.361	0.253	0.222	0.293	0.311	0.187
(VO ₄) ³⁻	0.004	0.000	0.005	0.005	0.008	0.004	0.008	0.000	0.000	0.008
(SO ₄) ³⁻	0.001	0.000	0.002	0.004	0.000	0.003	0.004	0.003	0.003	0.000
Σ T site	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
H ₂ O	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
OH ⁻	6.397	6.569	6.102	6.617	6.298	6.755	6.668	6.679	6.372	7.301
F ⁻	0.372	0.346	0.388	0.378	0.375	0.130	0.100	0.183	0.148	0.090
F+OH	6.768	6.915	6.490	6.995	6.674	6.885	6.768	6.861	6.520	7.391

Mean - průměr čtyř bodových analýz; obsahy H₂O* byly vypočteny na základě nábojové bilance a teoretického obsahu H₂O = 4; koeficienty empirických vzorců byly vypočteny na bázi (P + S + V + Si) = 4 apfu.

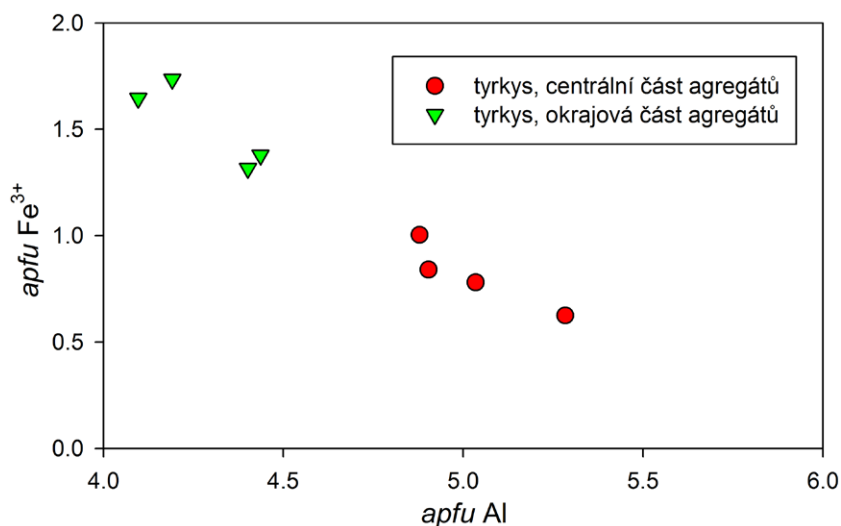
Při kvantitativním studiu chemického složení tyrkyasu z Černovic byla zjištěna zonalita vyvolaná CuFe_{-1} a AlFe_{-1} izomorfií (tab. 27). Obsazení A pozice se pohybuje v rozmezí 0.64 až 0.65 *apfu* pro centrální části a 0.69 - 0.91 *apfu* pro okrajové části (obr. 37), z čehož vyplývá, že se ve studovaném tyrkyasu pravděpodobně projevuje heterovalentní izomorfie planeritového typu $\text{Cu} \rightarrow (\text{PO}_4) \rightarrow (\text{PO}_3\text{OH})$ (Foord, Taggart 1998). V A pozici tyrkyasu z Černovic se vedle dominantní Cu (0.58 - 0.60 *apfu*; centrální části) a 0.64 - 0.77 *apfu* pro okrajové části, uplatňují i podíly faustitové (do 0.03 *apfu* Zn) a planeritové (0.35 - 0.36 *pfu* vakance; centrální části a 0.19 - 0.31 *pfu* vakance; okrajové části) složky. V této pozici byly dále zjištěny minoritní příměsi K a Ca (0.03 *apfu*). V B pozici byly zjištěny obsahy Al, které se v centrálních částech agregátů pohybují v rozmezí 4.88 - 5.28 *apfu*, obsahy Fe^{3+} (chalkosideritová komponenta) dosahují hodnot 0.63 do 1.00 *apfu*. V okrajových částech agregátů se obsahy Al pohybují v rozmezí 4.10 - 4.42 *apfu* a obsahy Fe^{3+} dosahují hodnot 1.32 - 1.74 *apfu* (obr. 38). Směrem od centra studovaných agregátů k jejich okrajům tedy přibývá chalkosideritové komponenty. V tetraedrické pozici se ve studovaných vzorcích vedle dominantního P objevují nepatrné obsahy Si, V a S (do 0.01 *apfu*). Zjištěné obsahy F (0.35 - 0.39 *apfu*; centrální části a 0.09 - 0.18 *apfu*; okrajové části) jsou v minerálech skupiny tyrkyasu neobvyklé. Zvýšené obsahy F byly zjištěny v minerálech řady tyrkyas - chalkosiderit například z Huberova pně v Krásně u Horního Slavkova (Sejkora et al. 2006) a Čížové u Písku (Sejkora et al. 2011). Empirický vzorec tyrkyasu z Černovic lze na bázi $\text{P} + \text{Si} + \text{V} + \text{S} = 4$ *apfu* (průměr čtyř bodových analýz) vyjádřit jako $(\text{Cu}_{0.59}\square_{0.35}\text{K}_{0.03}\text{Zn}_{0.02}\text{Ca}_{0.01})_{\Sigma 1.00}(\text{Al}_{5.03}\text{Fe}^{3+}_{0.81})_{\Sigma 5.84}[(\text{PO}_4)_{3.64}(\text{PO}_3\text{OH})_{0.35}(\text{SiO}_4)_{0.01}]_{\Sigma 4.00}(\text{OH})_{6.40}\text{F}_{0.37}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ pro centrální části a $(\text{Cu}_{0.70}\square_{0.25}\text{K}_{0.01}\text{Zn}_{0.03}\text{Ca}_{0.01})_{\Sigma 1.00}(\text{Al}_{4.28}\text{Fe}^{3+}_{1.52})_{\Sigma 5.80}[(\text{PO}_4)_{3.73}(\text{PO}_3\text{OH})_{0.25}(\text{SiO}_4)_{0.01}]_{\Sigma 3.99}(\text{OH})_{6.76}\text{F}_{0.13}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ pro okrajové části.

Variscit

Variscit tvoří v Černovicích již zmíněné tenké bílé kůry na povrchu kulovitých agregátů bílého až světle béžového strengitu v asociaci s tyrkysem (obr. 33 a 34), dále světle zelené ledvinité kůry o tloušťce do 1 mm, pokrývající pukliny grafitické ruly (obr. 39). Světle zelený variscit byl zjištěn



Obr. 37 Ternární graf obsazení A-pozice pro tyrkyas z Černovic u Tábora.



Obr. 38 Ternární graf obsazení B-pozice pro tyrkyas z Černovic u Tábora.



Obr. 39 Ledvinitá kůra světle zeleného variscitu z historického vzorku z Černovic u Tábora; šířka záběru 20 mm; foto L. Vrtiška.

na vzorcích ze sbírky Národního muzea v Praze, původně evidovaných jako wavellit.

Podrobným rentgenometrickým studiem zeleného variscitu z Černovic bylo zjištěno, že studovaný materiál odpovídá variscitu typu Messbach; variscit typu Lucin ani metavariscit nebyly ve studovaných vzorcích zjištěny. Rentgenová prášková data variscitu jsou uvedena v ta-

bulce 28. Vzhledem k tomu, že krystalová struktura variscitu typu Messbach dosud není známa, byla experimentální rentgenometrická data indexována na základě práce Salvador, Fayos (1972). Vypočtené parametry základní cely všech studovaných variscitů jsou v tabulce 29 porovnány s publikovanými údaji pro variscit typu Messbach.

Tabulka 28 Rentgenová prášková data zeleného variscitu z Černovic u Tábora

<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>
1	1	2	5.397	53	5.389	1	3	3	2.704	34	2.701	4	2	4	1.9601	3	1.9613
0	2	0	4.839	71	4.832	1	1	6	2.648	1	2.646	1	3	7	1.9179	3	1.9157
1	1	3	4.419	38	4.412	2	3	2	2.580	1	2.576	1	5	2	1.8502	3	1.8524
0	0	4	4.297	100	4.296	1	3	4	2.495	3	2.494	2	1	9	1.7505	2	1.7521
2	1	2	3.928	27	3.923	2	0	6	2.4806	8	2.4796	2	4	6	1.7300	<1	1.7304
1	1	4	3.648	9	3.650	2	1	6	2.4057	12	2.4018	1	0	10	1.6919	3	1.6932
1	2	3	3.465	19	3.461	0	4	2	2.3281	4	2.3257	5	2	5	1.6164	3	1.6178
0	2	4	3.212	8	3.211	4	1	3	2.2108	1	2.2133	4	1	8	1.5995	3	1.6005
1	2	4	3.058	26	3.054	0	0	8	2.1490	9	2.1481	6	1	3	1.5680	1	1.5659
3	1	2	2.939	9	2.937	2	4	2	2.1030	4	2.1053	2	6	1	1.5248	1	1.5256
1	3	2	2.888	14	2.885	3	3	4	2.0326	1	2.0319	6	1	6	1.4147	1	1.4153
3	1	3	2.745	11	2.744												

Tabulka 29 Parametry základní cely zeleného variscitu z Černovic ve srovnání s publikovanými daty pro variscit typu Messbach (pro ortorombickou prostorovou grupu *Pcab*)

	tato práce	Salvador, Fayos (1972)	Čížová - Sejkora et al. (2011)	Líštěnec - Vrtiška et al. (2016b)
<i>a</i> [Å]	9.909(4)	9.902	9.894(1)	9.902(3)
<i>b</i> [Å]	9.664(3)	9.659	9.6586(7)	9.654(2)
<i>c</i> [Å]	17.184(6)	17.18	17.175(2)	17.179(4)
<i>V</i> [Å ³]	1645.5(6)	1643.2	1641.2(3)	1642.1(7)

Tabulka 30 Chemické složení variscitu z Černovic u Tábora (hm. %)

	zelený variscit					bílý variscit				
	mean	1	2	3	4	mean	1	2	3	4
CaO	0.03	0.04	0.05	0.04	0.00	0.12	0.14	0.10	0.10	0.13
Fe ₂ O ₃	2.40	3.60	3.75	1.09	1.16	6.92	2.84	11.55	9.89	3.42
Al ₂ O ₃	32.98	31.85	31.99	34.21	33.86	27.09	31.49	23.46	24.22	29.17
SiO ₂	0.34	0.08	0.11	1.06	0.10	0.10	0.10	0.09	0.12	0.10
P ₂ O ₅	46.74	47.42	46.30	45.92	47.30	43.01	44.89	42.35	41.84	42.95
V ₂ O ₅	0.47	0.39	0.37	0.56	0.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F	0.60	0.65	0.43	0.67	0.65	0.28	0.40	0.16	0.25	0.30
H ₂ O*	24.12	24.28	23.72	24.17	24.29	21.90	22.85	21.55	21.31	21.86
F=-O	-0.25	-0.27	-0.18	-0.28	-0.27	-0.12	-0.17	-0.07	-0.11	-0.13
total	107.42	108.04	106.54	107.44	107.64	99.30	102.56	99.18	97.64	97.81
Ca ²⁺	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.003	0.004	0.003	0.003	0.004
Fe ³⁺	0.045	0.067	0.071	0.020	0.022	0.144	0.056	0.242	0.209	0.071
Al ³⁺	0.966	0.927	0.953	1.000	0.985	0.872	0.974	0.769	0.803	0.943
Σ	1.012	0.995	1.026	1.022	1.007	1.020	1.034	1.014	1.016	1.017
Si ⁴⁺	0.008	0.002	0.003	0.026	0.003	0.003	0.003	0.002	0.003	0.003
P ⁵⁺	0.984	0.992	0.991	0.964	0.989	0.997	0.997	0.998	0.997	0.997
V ⁵⁺	0.008	0.006	0.006	0.009	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Σ	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
F ⁻	0.047	0.050	0.034	0.052	0.051	0.024	0.034	0.014	0.022	0.026
H ₂ O	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000

Mean - průměr čtyř bodových analýz; obsahy H₂O* byly vypočteny na základě teoretického obsahu H₂O = 2; koeficienty empirických vzorců byly vypočteny na bázi (P + V + Si) = 1 *apfu*.

Při studiu chemického složení zeleného variscitu (tab. 30) byly v kationtové pozici zjištěny vedle dominantního zastoupení Al (0.93 - 1.00 *apfu*), jen malé obsahy Fe (strengitové komponenty) v rozsahu 0.02 - 0.07 *apfu* (obr. 16) a velmi malé obsahy Ca (do 0.001 *apfu*). V aniontové pozici byla vedle převažujícího P (0.96 - 0.99 *apfu*) zjištěna přítomnost Si (do 0.03 *apfu*) a V (do 0.01 *apfu*). U bílého variscitu (tab. 30) byly zjištěny vedle Al v rozsahu 0.77 - 0.97 *apfu*, zvýšené obsahy Fe v rozmezí 0.06 - 0.25 *apfu*. Zjištěny byly také obsahy Ca do 0.004 *apfu*. Bílý variscit se od zeleného, vedle zvýšeného obsahu Fe, odlišuje absencí V v aniontové pozici. Zjištěna zde byla pouze přítomnost P s minimálními obsahy Si (do 0.003 *apfu*). U obou typů variscitu byly zjištěny obsahy F (do 0.03 *apfu* pro bílý a do 0.05 *apfu* pro zelený). Podobné obsahy byly pozorovány u minerálů skupiny variscitu také například v Čížově u Písku (Sejkora et al. 2011) a nově v Líštenci u Votic (Vrtiška et al. 2016b) a Počepicích u Sedlčan (Vrtiška et al. 2016a). Empirické vzorce studovaných variscitů je možno na bázi $P + Si = 1$ *apfu* vyjádřit jako: $Al_{0.97}Fe_{0.05}((PO_4)_{0.98}(SiO_4)_{0.01}(VO_4)_{0.01})_{\Sigma 1.00}F_{0.05} \cdot 2H_2O$ (zelený); $Al_{0.87}Fe_{0.14}(PO_4)_{1.00}F_{0.03} \cdot 2H_2O$ (bílý).

Amorfní Ca-, Al-fosfáty

V rámci studia fosfátové mineralizace v Černovicích u Tábora byly zjištěny bílé, perleťově lesklé, ledvinité kúry vrstevnatých, blíže neurčených Ca-, Al-fosfátů (obr. 40). Tenké vrstvy těchto fosfátů se střídají s opálem (obr. 41). Studium těchto fází byla zjištěna značná nehomogenita chemického složení a nebylo tedy možné přesně definovat minerální druh.

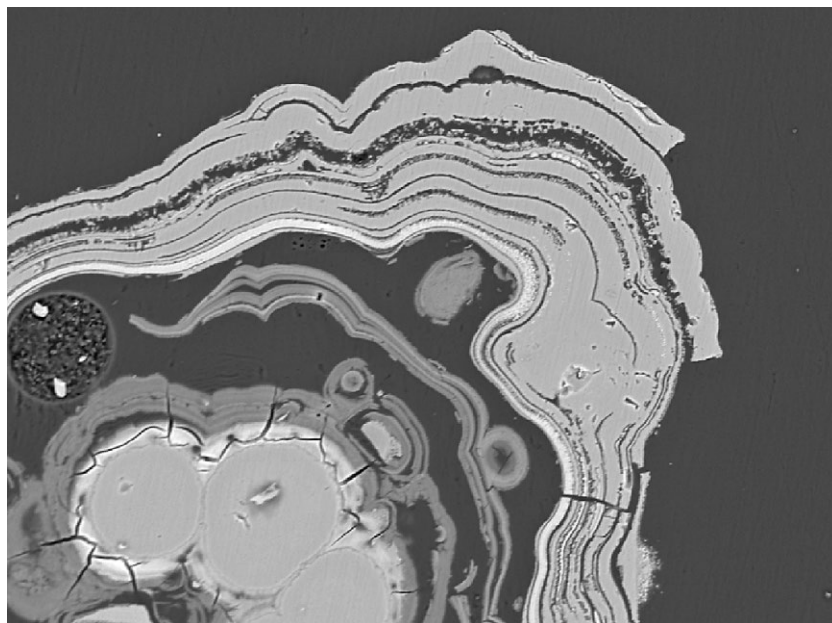
Závěr

Výzkumem sekundární fosfátové mineralizace vázané na puklinové systémy a dutiny v křemenných žilách v grafitických rulách a kvarcitech na historickém nalezišti barevného, vanadem bohatého wavellitu, byla zjištěna dosud blíže nestudovaná pestrá fosfátová asociace.

Studiem mineralogického materiálu uloženého v mineralogické sbírce Národního muzea v Praze a z terénních výzkumů z let 2015 - 2017 byla ověřena role Fe, Al a V při genezi fosfátové mineralizace a nově zjištěna také aktivita Cu, Na, F, U a částečně K, Ca a Zn. Mimo klasických Al a Fe fosfátů (fluorwavellitu, kakoxenu, beraunit, variscitu, strengitu, fosfosideritu a metavariscitu), tak došlo ke vzniku dalších fází z fosfátové skupiny (kidwellitu, leukofosfitu, natrodufrénitu, tyrkysu). Nově zjištěný výskyt metatorbernitů a vzácného vanadátu carnotitu je prv-



Obr. 40 Bílá, perleťově lesklá kúra blíže neurčených amorfních Ca-, Al-fosfátů a opálu; Černovice u Tábora; šířka záběru 4.5 mm; foto L. Vrtiška.



Obr. 41 Zonální partie světlejšího opálu střídající se s tmavšími partiiemi blíže neurčených amorfních Ca-, Al-fosfátů; Černovice u Tábora; šířka záběru 450 μ m; BSE foto J. Sejkora.

ním zdokumentovaným výskytem uranových minerálů v sekundární fosfátové asociaci studovaného typu vázané na grafitické ruly v České republice. Dokumentační vzorky jsou uloženy v mineralogické sbírce Národního muzea v Praze a v soukromé sbírce autora TK.

Poděkování

Milou povinností autorů je poděkovat Mgr. Radku Škodovi PhD. z Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity (Brno) a RNDr. Zdeňkovi Dolníčkovi PhD. z Národního muzea (Praha) za spolupráci při laboratorním studiu. Předložená práce vznikla za finanční podpory Ministerstva kultury ČR v rámci institucionálního financování dlouhodobého koncepčního rozvoje výzkumné organizace Národní muzeum (00023272 - cíl DKRVO 2017/02).

Literatura

- ANTHONY JW, BIDEAUX RA, BLADH KW, NICHOLS MC (2000) Handbook of Mineralogy. Volume IV Arsenates, Phosphates, Vanadates. Mineral Data Publishing, Tucson, 1-680
- 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, 648
- BREITER K, ŠKODA R, VESELOVSKÝ F (2009) Neobvyklý P-, Li- a Sn-bohatý pegmatit z Verněřova u Aše, Česká republika. Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha) 17(1): 41-59.
- BREITHAUPT JFA (1841) Beraunit. In Vollständige Charakteristik des Mineral-Systems, Arnoldische Buchhandlung (Dresden and Leipzig) 136
- CID-DRESSNER H (1965) Determination and refinement of the crystal structure of turquoise, $\text{CuAl}_6(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_8 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Zeit Krist 121: 87-113
- DOWNES RT (2006) The RRUFF Project: an integrated study of the chemistry, crystallography, Raman and infrared spectroscopy of minerals. Program and Abstracts of the 19th General Meeting of the International Mineralogical Association in Kobe, Japan, O03-13
- DUDEK A, FEDIUK F, HAVLENA V, KUNŽVART M. (1954) Výsledky pátrání po devonských vápencích na Pelhřimovsku. Věst Ústř Úst geol 29: 262-266
- FANFANI L, ZANAZZI PF (1966) La struttura cristallina della metastrengite. Atti della Accademia Nazionale dei Lincei, Classe di Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali, Rendiconti Serie 8(40): 889
- FANFANI L, ZANAZZI PF (1967) The crystal structure of beaunit. Acta Cryst 22: 173-181
- FONTAN F, PILLARD F, PERMINGEAT F, (1982) La natrodufrénite $(\text{Na}, \square)(\text{Fe}^{+++}, \text{Fe}^{++})(\text{Fe}^{+++}, \text{Al})_5(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_6 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, une nouvelle espèce minérale du groupe de la dufrenite. Bull Minéral 105: 321-326
- FOORD EE, TAGGART JEJR (1998) A reexamination of the turquoise group: the mineral aheylite, planerite (redefined), turquoise and coeruleolactite. Mineral Mag 62: 93-111
- CHUKANOV NV, AKSENOV SM, RASTSVETAeva RK, SCHÄFER C, PEKOV IV, BELAKOVSKIY DI, SCHOLZ R, DE OLIVEIRA LCA, BRITVIN SN (2017) Eleonorite, $\text{Fe}^{3+}_6(\text{PO}_4)_4\text{O}(\text{OH})_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$: validation as a mineral species and new data. Mineral Mag 81: 61-76
- KADLEC T, VRTIŠKA L (2016) Výskyt ilmenitu v okolí obce Křeč u Černovic na Táborsku. Minerál 24(3): 240-241
- KAMPF AR, ADAMS PM, BARWOOD H, NASH BP (2015) Fluorwavellite, IMA 2015-077. CNMNC Newsletter 28, 1862; Mineral Mag 79: 1859-1864
- KAMPF AR, ADAMS PM, BARWOOD H, NASH BP (2017) Fluorwavellite, $\text{Al}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_2\text{F} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, the fluorine analogue of wavellite. Am Mineral 102: 909-915
- KNIEP R, MOOTZ D (1973) Metavariscite - a redetermination of its crystal structure. Acta Cryst B29: 2292-2294
- KOLITSCH U (2004) The crystal structures of kidwellite and 'laubmannite', two complex fibrous iron phosphates. Mineral Mag 68(1): 147-165
- KRATOCHVÍL J (1929) Příspěvek k historii dolování a k mineral. topografii Čech. Věst Stát geol Úst 5: 95-101
- KRATOCHVÍL J. (1948) Geologie, petrografie a mineralogie okolí Černovic. In Schäferová M (1948) Černovický sborník 53-65. Vyd Sdružení rodáků a přátel města Černovic u Tábora a okolí, Praha
- LAUGIER J, BOCHU B (2011) LMGP-Suite of Programs for the interpretation of X-ray experiments. <http://www.ccp14.ac.uk/tutorial/lmgp>. přístup duben 2011
- LEHRIEDER E, ČERNÝ P (1999) Der Steinbruch am Hügel Kněžský bei Těškov in Böhmen/Tschechien. Aufschluss 50: 79-95
- LOCOCK AJ, BURNS PC (2003) Crystal structures and synthesis of the copper - dominant members of the autunite and meta-autunite groups: torbernite, zeunerite, metatorbernite and metazeunerite. Can Mineral 41: 498-502
- MOORE PB (1970) Crystalchemistry of the basic iron phosphates. Am Mineral 55: 135-169
- MOORE PB, ITO J (1978) Kidwellite, $\text{NaFe}^{3+}_9(\text{OH})_{10}(\text{PO}_4)_6 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, a new species. Mineral Mag 42: 137-140
- MOORE PB, SHEN J (1983) X-ray structural study of cacoxenite, a mineral phosphate. Nature 306: 356-358
- ORLOV A (1929) Wavellit od Černovic u Tábora a jeho paragenese. Rozpr Čes Akad, II tř 39(38): 1-39
- ORLOV A (1931) Wavellit von Černovic bei Tabor (Böhmen) und die erdigen Phosphate aus seiner Paragenese. Zeit Kristall 77: 317-336
- PAULIŠ P (2011) Nový přehled minerálů České republiky a jejich lokalit, 2. díl. Kuttna, 115
- PAULIŠ P, SEJKORA J, URBAN M, NESRSTA M, VRTIŠKA L, MALÍKOVÁ R, POUR O, LAUFEK F (2016) Uranová supergenní mineralizace s fosfuranylitem z Abertam, Krušné hory (Česká republika). Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha) 24(1): 46-55
- PAULIŠ P, VENCLÍK V, MALÍKOVÁ R, POUR O, SEJKORA J (2015) Fosfosiderit ze Zdechovic a Chvaletic u Přelouče v Železných horách (Česká republika). Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha) 23(2): 208-213
- PLÁŠIL J, SEJKORA J, ONDRUŠ P, VESELOVSKÝ F, BERAN P, GO-LIÁŠ V (2006) Supergene minerals in the Horní Slavkov uranium ore district, Czech Republic. J Czech geol Soc 51(1-2): 149-158
- POUCHOU JL, PICOIR F (1985) "PAP" ($\phi\phi Z$) procedure for improved quantitative microanalysis. In: Microbeam Analysis (J. T. Armstrong, ed.) 104-106, San Francisco Press, San Francisco
- RODA-ROBLES E, FONTAN F, PESQUERA PÉREZ A, KELLER P (1998) The Fe-Mn phosphate associations from the Pinilla de Feroselle pegmatite, Zamora, Spain: occurrence of kryzhanovskite and natrodufrénite. Eur J Mineral 10: 155-167
- SALVADOR PS, FAYOS J (1972) Some aspects of the structural relationship between "Messbach-type" and "Lucin-type" variscites. Am Mineral 57: 36-44
- SEJKORA J, ČIČHA J, JEBAVÁ I (2011) Minerální asociace fosfátů z Čížové u Písku (Česká republika). Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha) 19(1): 1-26
- SEJKORA J, HOUZAR S, ŠREIN V (1999) Vanadový wavellit a variscit z puklin grafitických kvarcitů na západní Moravě. Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha) 7: 197-204
- SEJKORA J, SÜSSER C, PLÁŠIL J (2007) Natrodufrénit a asociace fosfátů, ložisko Vysoký Kámen - greisen, Krásno u Horního Slavkova. Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha) 14-15: 116-125
- SEJKORA J, ŠKODA R, ONDRUŠ P, BERAN P, SÜSSER C (2006) Mineralogy of phosphate accumulations in the Huber Stock, Krásno ore district, Slavkovský les area, Czech Republic. J Czech Geol Soc 51(1-2): 103-147
- SELLNER F (1923) Der Pegmatit von Königswart. Z Kristallogr Petrol Mineral 59: 504

- SELWAY JB, COOPER MA, HAWTHORNE FC (1997) Refinement of the crystal structure of burangaite. *Can Mineral* 35: 1515-1522
- STANĚK J (1955) K paragenezi fosfátů z Cyrilova u Velkého Meziříčí. *Čas Mor mus*, 40: 69-80
- STRENG A (1881) Über die phosphate von Waldgirmes. *Neu Jb Mineral Geol Paläont* 2: 101-119
- ŠIKOLA D (2001) Přehled mineralogických výzkumů rudního pole Rožná - Olší. *Minerál* 9(2): 124-134
- TAXER K, BARTL H (2004) On the dimorphy between the variscite and clinovariscite group: refined fine-structural relationship of strengite and clinostrengite, $\text{Fe}(\text{PO}_4) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. *Crystal Research Technol* 39: 1080-1088
- VRTIŠKA L, LOUN J, MALÍKOVÁ R, SEJKORA J (2016a) Fluor-wavellit a variscit z Počepic u Sedlčan (Česká republika). *Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha)* 24(2): 285-297
- VRTIŠKA L, MALÍKOVÁ R, SEJKORA J (2016b) Zajímavý výskyt fosfátů v okolí Lištěnce u Votic (Česká republika). *Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha)* 24(1): 114-131
- VRTIŠKA L, SEJKORA J, NOVÁKOVÁ H, VAŠINOVÁ GALIOVÁ M (2013) Metatorbernit a lithioforit z uranového ložiska Předbořice (Česká republika). *Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha)* 21(2): 240-248