

<https://doi.org/10.46861/bmp.31.123>

SOUBORNÁ PRÁCE/REVIEW

# Naleziště sekundárních puklinových fosfátů v Českém masivu a jejich členění a porovnání v závislosti na typu hostitelské horniny

## Secondary localities of the fissure phosphate in the Bohemian Massif and their subdivision and comparison in relation to the type of the host rock

LUBOŠ VRTIŠKA\*

Mineralogicko-petrologické oddělení, Národní muzeum, Cirkusová 1740, 193 00 Praha 9 - Horní Počernice;  
\*e-mail: lubos.vrtiska@nm.cz

VRTIŠKA L (2023) Naleziště sekundárních puklinových fosfátů v Českém masivu a jejich členění a porovnání v závislosti na typu hostitelské horniny. Bull Mineral Petrolog 31(2): 123-166 ISSN 2570-7337

### Abstract

In the Bohemian Massif, there are many localities with the occurrence of secondary phosphates bound to the fissures of the host rocks. The type of these rocks partly determines the character of individual phosphate associations. As part of this comprehensive work, based on the author's PhD thesis, the main host rock types have been classified and selected mineral associations have been studied in detail. This paper is a summary not only of the author's research, but also of the historical knowledge in the field of secondary fissure phosphates in the Bohemian Massif. The paper concludes with a brief outline of the likely conditions for the formation of fissure phosphates.

**Key words:** phosphates, beraunite, ferrobearunite, allanpringite, fissure minerals, mineral associations, host rock type, Bohemian Massif, Czech Republic

Obdrženo 5. 8. 2023; přijato 3. 11. 2023

### Úvod

Výzkum sekundárních puklinových fosfátů má na území České republiky dlouhou historii (např. Bořícký 1867, 1869a; Zepharovich 1867 aj.). Již v první polovině 19. století byly z dolu Hrbek u Berouna popsány dva nové minerály kakoxen a beraunit (Steinmann 1825, 1826; Breithaupt 1840, 1841). Pestrá geologická stavba Českého masivu poskytla vhodné podmínky pro vznik rozmanitých, a to nejen fosfátových asociací. Jejich studiu jsem se věnoval ve své dizertační práci (Vrtiška 2023), která byla zaměřena především na výzkum minerálních asociací fosfátů vázaných na pukliny a dutiny vzniklé křehkou deformací hornin. K těm nejběžnějším patří hydratované fosfáty Fe a Al (wavellit, variscit, strengit, kakoxen aj.), ale i dalších prvků jako Na, Ca, Mn, Mg, K, atd. (např. natrodufrénit, kidwellit, meurigite aj.) Výsledky dizertační práce, ale i rešerše novodobých výzkumů a historické literatury zabývající se sekundárními puklinovými fosfáty v Českém masivu jsou základem této souhrnné práce.

Do skupiny fosfátů řadíme oxidické sloučeniny  $P^{5+}$ . Do stejné skupiny spadají i obdobné sloučeniny  $As^{5+}$  a  $V^{5+}$  - arsenáty a vanadáty. Jedná se po silikátech o druhou na minerální druhy nejpočetnější skupinu minerálů. Fosfor vstupuje ve fosfátech do tetraedrické pozice jako  $PO_4^{3-}$  a vzhledem k podobné velikosti dochází k substituci s  $As^{5+}$ ,  $V^{5+}$  či  $S^{6+}$ , případně i  $Si^{4+}$ . Fosfáty jsou široce rozšířeny ve všech genetických typech hornin (magmatických, metamorfických i sedimentárních), ale i v hydrotermálních systémech. Jejich přítomnost byla zjištěna také v meteoritech. Jsou nedílnou součástí živých organismů,

vyskytují se v kostech, zubech a tvoří schránky některých druhů živočichů. Biologické procesy tak hrají významnou roli v cyklu fosforu na planetě. Jednotlivé druhy fosfátů jsou stabilní v širokém rozmezí tlaků, od UHP (ultra vysokotlaké podmínky, např. eklogity) až po podmínky supergenního prostředí. Fosfáty se nejčastěji vyskytují jako drobné akcesorické součásti hornin. Nejběžnějším fosfátem je apatit, který bývá hojnou akcesorií v magmatických a metamorfovaných horninách, je ale také znám v podobě velkých akumulací, například v karbonátech, nefelinických syenitech a některých typech sedimentárních hornin. Geologicky, geochemicky a geochronologicky významné jsou rovněž relativně hojné akcesorické fosfáty REE monazit a xenotim. Velké akumulace primárních zejména Mn-Fe ( $\pm$ Li) fosfátů jsou známé z některých granitických pegmatitů a greisenů (v České republice např. Otov, Příbyslavice, Kynžvart, Vídeň u Velkého Meziříčí, Cyrilov, Horní Slavkov aj.). Během jejich hydrotermální alterace pak vzniká pestrá škála sekundárních minerálů. Sekundární fosfáty počtem minerálních druhů výrazně dominují nad fosfáty primárními, ale jejich výskyt v přírodě je relativně vzácný a lokálně vázaný na specifická minerogenetická prostředí. Fosfor, vzhledem ke své velikosti, může částečně substituovat Si v krystalové struktuře některých silikátů, především granátů a živců (např. Breiter et al. 2005). Alterací těchto silikátů, především živců, může být uvolněno relativně velké množství fosforu, který pak krystaluje ve vhodných geochemických podmínkách ve formě sekundární fosfátů na puklinách hornin.

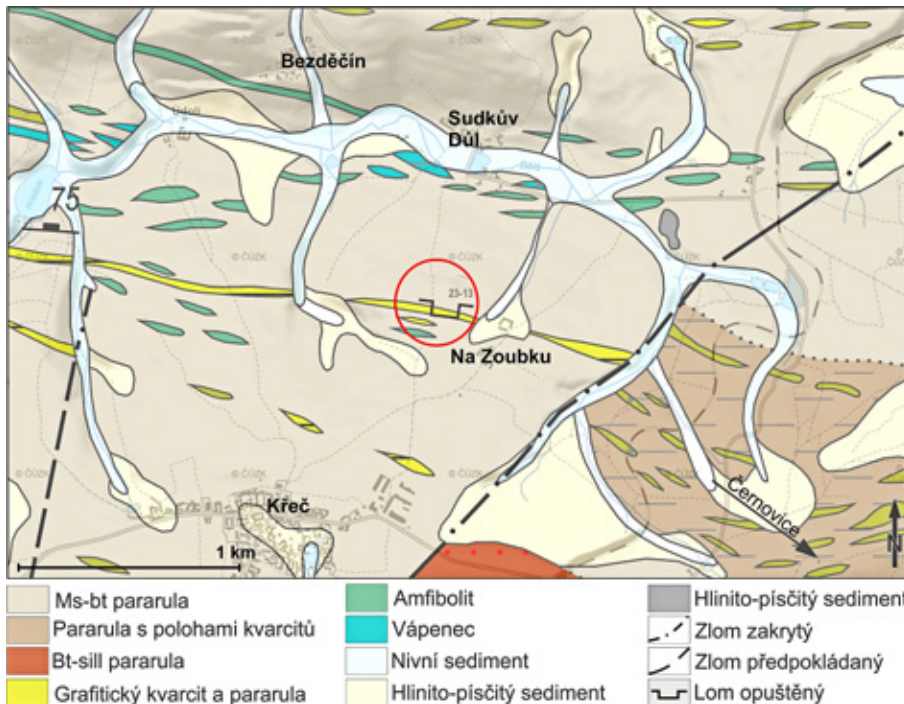
Tato práce má za cíl shrnout historické i současné poznatky a výzkumy jednotlivých fosfátových asociací na území Českého masivu a zachytit tak jejich rozmanitost, která je velice často ovlivněna typem hostitelského prostředí, a to zejména puklinových asociací drob, grafitických hornin či (meta)sedimentárních ložisek Fe rud. Na tomto základě bylo pro účely práce vyčleněno sedm typů hostitelských hornin a na nich vázaných fosfátových mineralizací, podle kterých je strukturován následující text. V závěru textu jsou stručně nastíněny předpokládané podmínky vzniku studovaných fosfátů a zároveň jsou porovnány jednotlivé

minerální asociace členěné dle typu hostitelských hornin. Vzhledem k pestrosti skupiny fosfátů byly v této práci až na výjimky vynechány fosfáty uranuly, minerály apatitové skupiny (apatit, pyromorfit aj.), fosfáty vázané na pegmatity a především Sn-W ložiska, kde se fosfáty často prolínají se síraný a arsenáty a nebylo by možné celou problematiku v rozumné míře pojmut. V rámci jednotlivých typů hostitelských prostředí jsou zmíněny publikované názory na zdroje fosforu pro vznik fosfátů. U některých minerálů jsou uvedeny i stručné výsledky chemické analýzy (jsou-li známy), a to především tam, kde jsou podstatné pro přesnější

determinaci daného minerálu (např. F ve fluorwavelitech) nebo jsou typické pro minerály v daném prostředí (V, Cr v grafitických metamorfitech).

### 1. Fosfáty v grafitických rulách (kvarcitech, břidlicích)

V některých částech pestré skupiny moldanubika v jižních Čechách a na západní Moravě se v sillimanit-biotitických rulách vyskytují vložky grafitických břidlic, kvarcitů a rul, spolu s amfibolity a mramory. Tyto grafitické horniny jsou vzhledem k vysokému obsahu křemene a grafitu citlivé na deformaci v různých tektonometamorfních podmínkách. V etapě křehké deformace v nich vznikají četné pukliny, později vyplněné nejčastěji šedým a bílým křemenem, vzácněji drobnými krystaly křišťálu (Sejkora et al. 1999). Typický je také výskyt zeleného, vanadem bohatého muskovitu na puklinách i jako součást grafitických hornin (např. Houzar, Šrein 1993, 2000; Houzar, Selway 1997). Na některých lokalitách jsou přítomny také sekundární fosfáty, které vyplňují pukliny nebo narůstají na krystaly křemene v rozevřených puklinách grafitických hornin. Nejběžnějšími jsou variscit a wavelit (resp. fluorwavelit). Ty bývají často zbarveny do modra, zelena či žluta příměsí vanadu. Zdroj fosforu pro jejich vznik není zcela jasný. Bouška et al. (1969) zmiňují vyšší obsah apatitu v grafitických horninách, avšak například v západomoravských grafitických kvarcitech byl dle Sejkory et al. (1999) zjištěn jen jako akcesorie. Sejkora et al. (1999) však nevyklučují, že obsah apatitu mohl být lokálně zvýšený v polohách mikro-



Obr. 1 Zjednodušená geologická mapa s vyznačenou polohou původního lomu u Černovice u Tábora; upraveno podle mapového serveru České geologické služby [www.geology.cz](http://www.geology.cz).



Obr. 2 Letecký snímek lokality Černovice u Tábora z roku 1953 s vyznačením patrných pozůstatků po dnes již zrekultivovaném lomu; zdroj [www.cenia.cz](http://www.cenia.cz).



krystalického grafitu a při rekrystalizaci mohlo docházet k uvolňování fosforu. Takový lokálně zvýšený obsah apatitu zmiňují například Matějovská et al. (1985) z grafitického kvarcitu u Nových Syrovic (jz. od Moravských Budějovic). Úzká prostorová asociace výskytu fosfátů s žilami pegmatitového charakteru může dle Sejkory et al. (1999) nasvědčovat i podstatnému přínosu fosforu z tohoto zdroje, jelikož tyto pegmatoidní metatekty obecně bývají fosforem bohaté. Fosfor může být také uvolněn z živců okolních felzických hornin, například při mladší muskovitizaci. Zdrojem vanadu by podle těchto autorů mohla být jílovitá a organická příměs v křemičitém sedimentu. Původně mohlo jít o pískovec bohatý organickou hmotou, neboť vanad představuje charakteristickou příměs některých rop (např. Bouška et al. 1969). Vanad pak mohl být uvolněn do fluid a vstupovat do puklinových fosfátů. S postupem krystalizace byl postupně vanad vyčerpán a ke konci krystalizace wavellitu či variscitu se již neuplatňoval.

### Černovice

Jedním z klasických historicky známých nalezišť sekundárních fosfátů vázaných na pukliny grafitických břidlic až kvarcitů jsou Černovice u Tábora. Tato lokalita je známá především historickými výskyty kulovitých, radiálně paprscitých agregátů vanadem výrazně modře, modrozeleně a žlutě zbarveného wavellitu. Lokalita byla dlouhá léta považována za zcela zaniklou. Kombinací systematického výzkumu vzorků z mineralogické sbírky Národního muzea v Praze (dále jen NM) 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 (Vrtiška et al. 2017).

Naleziště Černovice u Tábora, známé též jako Sudkův Důl nebo osada Na Zoubku či Zoubek (dříve dvůr Solopisky resp. Solopisky) se nachází cca 1.2 km sv. od obce Křeč (3.5 km sz. od Černovic, okres Pelhřimov). Širší okolí lokality je z geologického hlediska tvořeno moldanubickými horninami, reprezentovanými zde převážně dvojslídnyými pararulami s vložkami grafitických pararul a kvarcitů, na jejichž pukliny je zdejší fosfátová mineralizace vázána (obr. 1).

Na výskyt fosfátů, především wavellitu původně považovaného za prehnit (Orlov 1929), upozornil L. Pivoňka v roce 1928 profesora Josefa Kratochvíla, který odsud uvádí kůry tmně zelenomodrého wavellitu složené z bradaviček až polokulovitých agregátů radiálně paprscité stavby. Tyto vzorky byly nalézány v dnes již zavezeném a zrekultivovaném lomu západně od dvora Zoubku (Solopisky), založeném ve svahu při polní cestě vedoucí od Křeče na sever

(obr. 2), kde se dobýval grafitický, místy brekciovitý kvarcit (Kratochvíl 1929, 1948). Profesor Kratochvíl následně vybral z materiálu sebraného odborným učitelem Puchnerem z Černovic vzorky vhodné pro mineralogický výzkum, který provedl a uveřejnil ve své práci Alexander 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. 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) vyčleňuje 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,



Obr. 3 Systém prokřemenělých puklin v grafitické rulle s výskytem fosfátů na lokalitě Černovice u Tábora; foto T. Kadlec.



Obr. 4 Radiálně paprscité agregáty hnědočerveného beraunitu se žlutým kakoxenem z Černovic u Tábora. Šířka záběru 6.5 mm, sbírka NM P1N61829, foto L. Vrtiška.

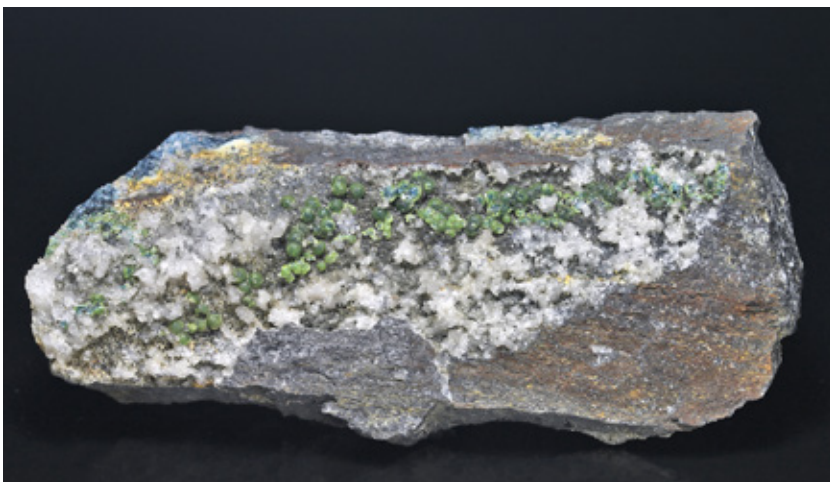




**Obr. 5** Kulovité agregáty světle zeleného kidwellitu v dutině spolu se zonálním perleťově lesklým bílým až oranžovým strengitem a žlutými agregáty pravděpodobného meurigitu-K z Černovic u Tábora. Šířka záběru 6 mm, foto L. Vrtiška.



**Obr. 6** Radiálně paprscité agregáty zonálního tmavě zelenomodrého natrofluoritu spolu s koncentrickými agregáty strengitu z historických nálezů z Černovic u Tábora. Šířka záběru 7 mm, foto L. Vrtiška.



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*), *zepharovichit*, *fischerit* (oba dnes synonyma pro *wavellit*), *coeruleolaktin* (diskreditovaný člen tyrkysové skupiny), *planerit* či *vashegyit*. Mezi žlutohnědými jehličkovitými fosfáty předpokládá také *kakoxen*.

Během let 2015 až 2017 byl proveden nový výzkum na vzorcích z mineralogické sbírky NM a vzorcích nově nalezených v okolí zaniklého lomu na polích a agrárních haldách (Vrtiška et al. 2017). Fosfátová mineralizace byla pozorována spolu s krystaly čirého křemene na několika systémech drobných puklin diskordantních na foliaci grafitických rul. Výjimkou ale není ani výskyt na puklinách paralelních s vnitřní stavbou rul. Místa jsou horniny natolik protkány puklinami a dohogeny křemenem, že svoji strukturou připomínají brekcie (obr. 3). Během tohoto výzkumu autoři zjistili několik z lokality dosud neuváděných fosfátů. Mezi nimi například polokulovité, radiálně paprscité agregáty **beraunitu** (obr. 4) přecházející od tmavě zelené a žlutozelené do oranžové až rezavě hnědé a červenohnědé barvy velikosti do 1.5 mm. Dále byly zjištěny minerály ze skupiny **fosfosiderit-metavariscit**, které tvoří světle zelené průsvitné ledvinité kůry a hroznovité agregáty o velikosti do 0.1 mm pokrývající krystaly křemene. Dalším z nově objevených minerálů jsou: **kidwellit** (žlutozelené kulovité agregáty do velikosti 3 mm; obr. 5), **leukofosfit** (velmi drobné žlutozelené zprohýbané krystaly a jejich srostlice o velikosti do 0.01 mm), **natrofluorit** (souvislé kůry neprůsvitných polokulovitých,

**Obr. 7** Vzorek zonálních kulovitých agregátů modrozeleňého fluorwavellitu z Černovic u Tábora pocházející z nálezů z roku 2017. Rozměry vzorku 12 × 5.5 cm, foto T. Kadlec.



radiálně paprscitých koncentrických agregátů do 1.5 mm intenzivně tmavě modrozelené, zelené až zdánlivě černé barvy se světle modrým či světle zeleným okrajovým lemem; obr. 6), **strengit** (zjištěn ve čtyřech generacích; bílé až světle béžové perleťově lesklé agregáty o velikosti do 2.5 mm, světle béžové průsvitné kulovité agregáty na povrchu s bílou neprůsvitnou krustou tvořenou **variscitem**, solitérní radiálně paprscité polokulovité výrazně zonální agregáty o velikosti do 4 mm přecházející od bílé do medově oranžové barvy (obr. 5) a šedé či světle béžové kulovité agregáty s celistvým povrchem do velikosti 0.1 mm nasedající na **kakoxen**), **tyrkys** (zonální jablečně zelené kulovité agregáty o poloměru do 0.1 mm). Ověřen pak byl variscit a kakoxen. Wavellit byl redefinován nově jako **fluorwavellit** (obr. 7 - 9). Chemickým studiem fluorwavellitu autoři zjistili obsahy F v rozmezí 0.53 - 0.77 *apfu* (obr. 10), v kationtové pozici potom zvýšené obsahy V (0.09 - 0.15 *apfu*) a minoritní obsahy Cr a K (do 0.02 *apfu*). Zajímavý je také výskyt uranových minerálů fosfátu **metatorbernit** a vanadátu **carnotitu** (Vrtiška et al. 2017). Autoři také zjistili bílé krusty blíže neurčených amorfních Ca-, Al fosfátů.

#### Líštěnec u Votic

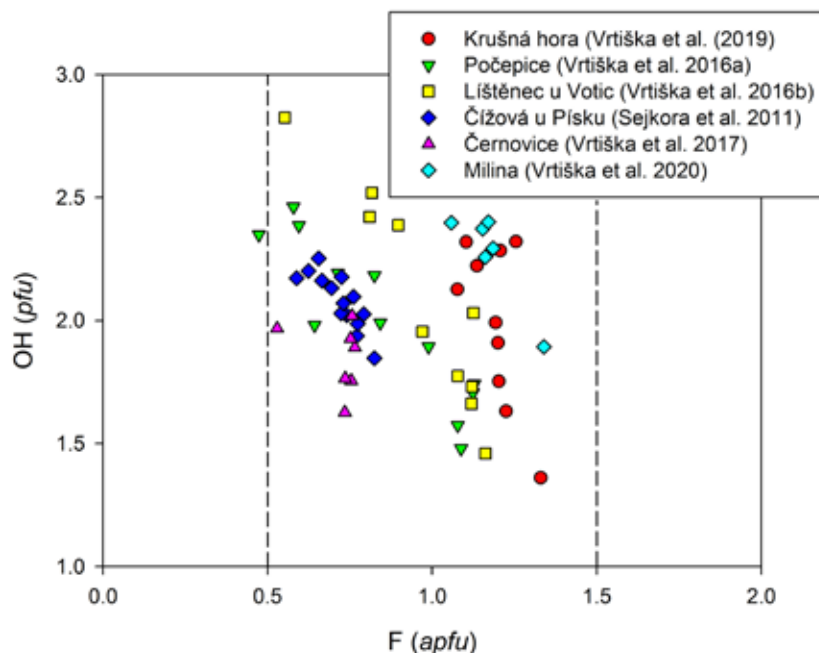
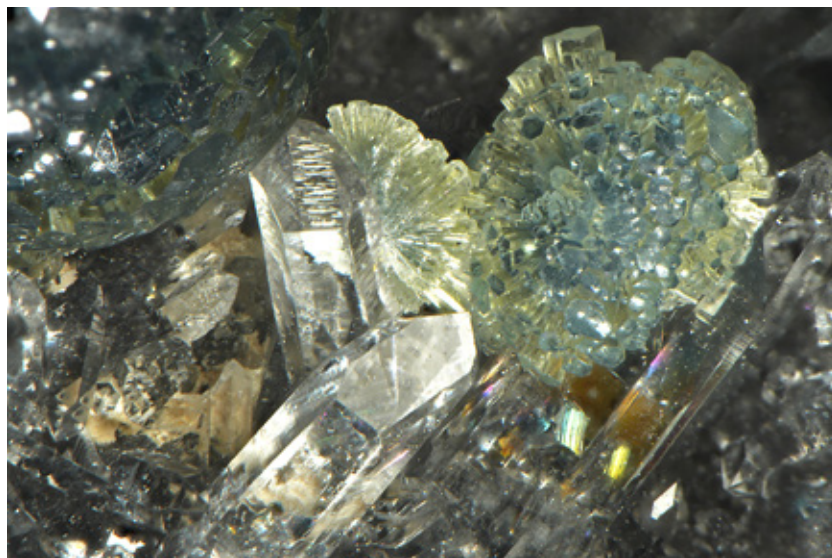
Dalším výskytem sekundárních fosfátů vázaných na čočkovitá tělesa grafitických rul je Líštěnec u Votic. Tato lokalita leží z geologického hlediska v blízkosti kontaktu granitických hornin středoečeského plutonického komplexu s horninami pestré skupiny moldanubika (obr. 11). Granitické horniny jsou zde zastoupeny převážně porfyrickým amfibol-biotitickým granitem typu Čertovo

**Obr. 9** Radiálně paprscité agregáty modrozlutého průhledného fluorwavellitu z Černovic u Tábora narostlé na čiré krystaly křemene. Šířka záběru 4.2 mm, foto L. Vrtiška.

**Obr. 10** Graf obsahů F (*apfu*) vs. OH (*pfu*) při bázi přepočtu na 2 *apfu* pro wavellity/fluorwavellity ze studovaných lokalit v Českém masivu; čárkovanou linií vyznačeny formální hranice pro wavellit/fluorwavellit.



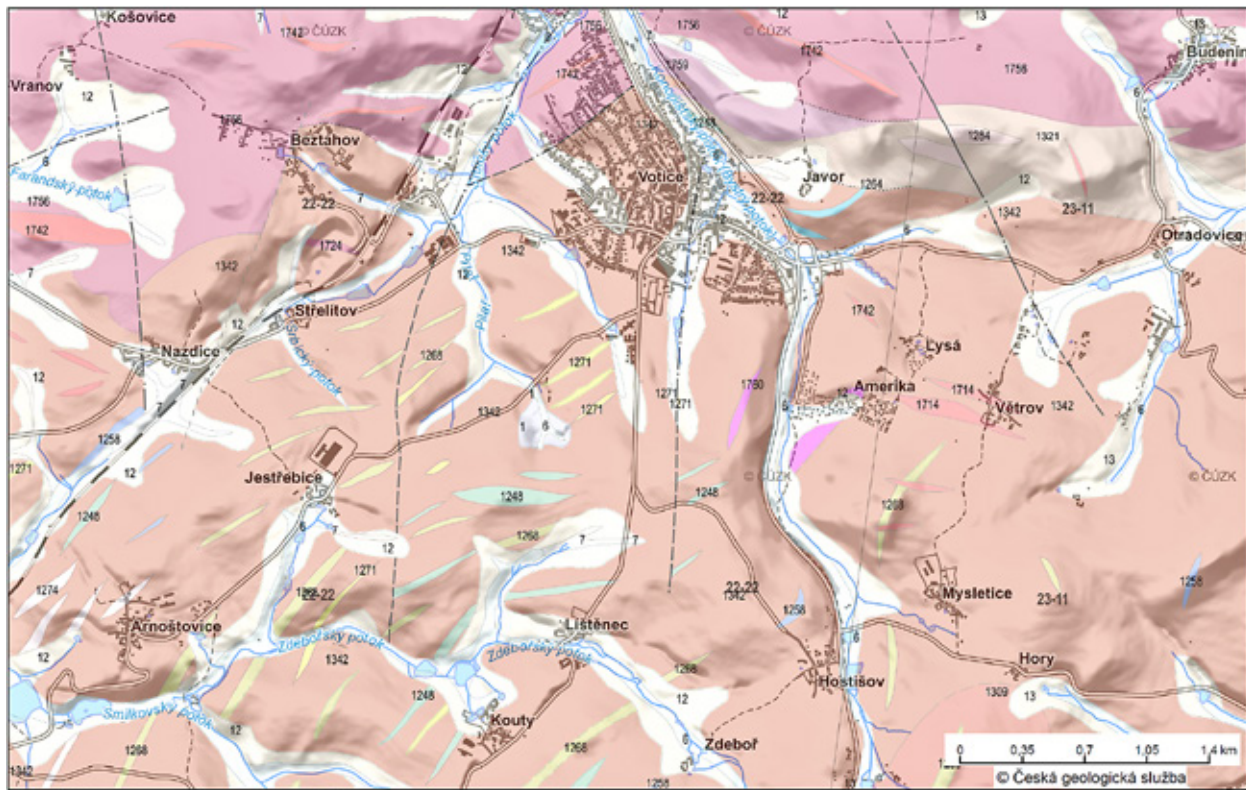
**Obr. 8** Kulovité agregáty fluorwavellitu z Černovic u Tábora intenzivně modré barvy v dutině s krystaly křemene. Šířka záběru 9 mm, sbírka NM P1N36690, foto L. Vrtiška.





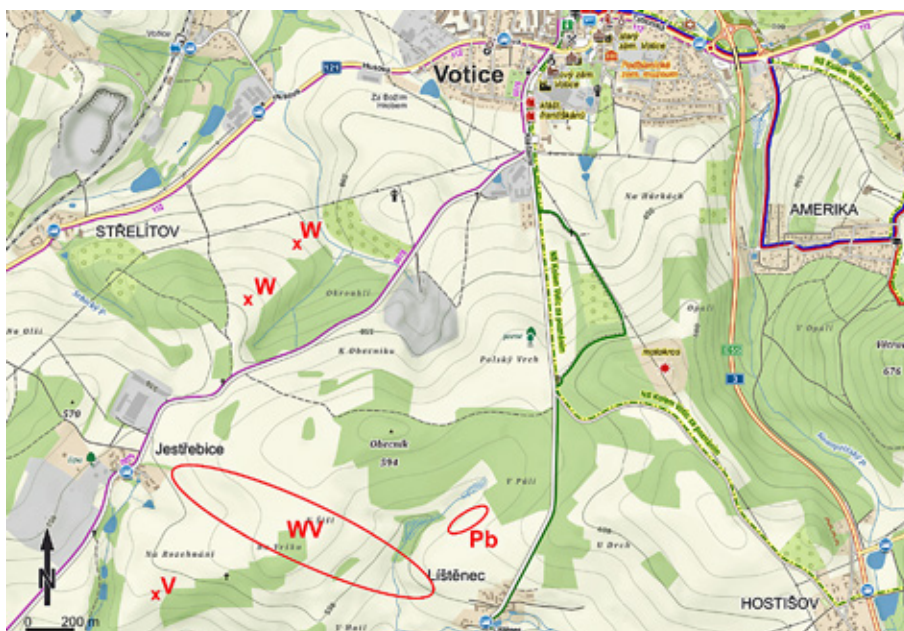
břemeno s vložkami protáhlých čočkovitých těles biotických granitů a amfibol-biotických granodioritů. Horniny moldanubika jsou zde reprezentovány především biotickými a sillimanit-biotickými pararulami s

muskovitem, granátem a někdy cordieritem, méně pak biotickými a granát-biotickými rulami s občasnou přítomností sillimanitu a cordieritu. Tyto horniny obsahují protáhlá tělesa amfibolitů, erlanů, kvarcitů, amfibol-bio-



1756	porfyrický amf.-bt. granit (typ Čertovo břemeno)	1342	pararula
1759	granit, křemenný monzonit a syenit (varieta typu Čertovo břemeno)	1258	erlan
1742	drobnozrný bt. až amf.-bt. granit, bt.-amf. granodiorit	1248	amfibol
1700	granodiorit	1300	migmatit
1714	granit, aplit	6	nivní sediment
1321	rula	12	písčito-hlinitý sediment
1268	kvarcit, pararula	13	kamenitý až hlinito-kamenitý sediment
1271	kvarcit, pararula s grafitem	7	smišený sediment

Obr. 11 Geologická mapa jižního okolí Votic; podle mapového serveru České geologické služby [www.geology.cz](http://www.geology.cz).

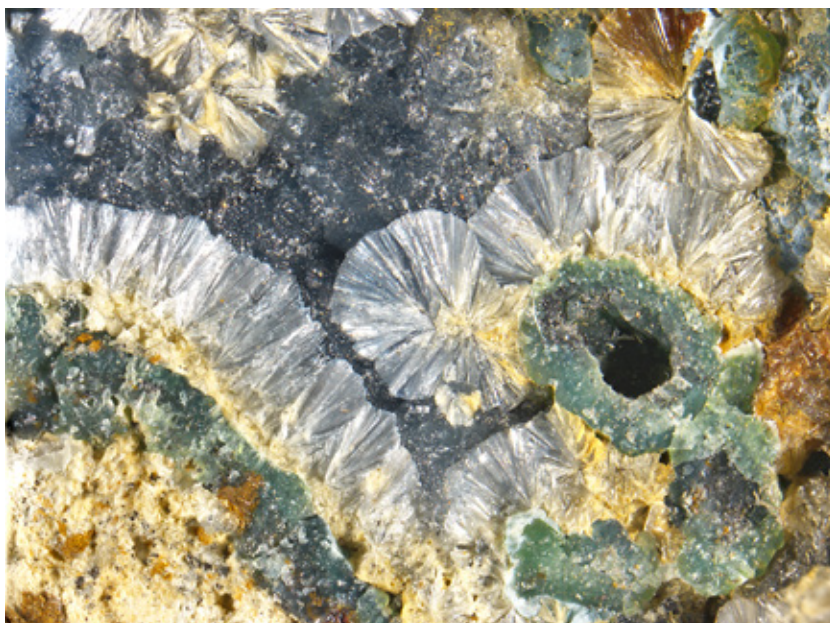


Obr. 12 Mapa s vyznačenými výskyty zjištěné fosfátové mineralizace v okolí Lístěnce u Votic. W - nové výskyty wavelitu; V - nové výskyty variscitu; WV - oblast nálezu Al fosfátů popisovaná Čechem et al. (1962); Pb - výskyt Pb fosfátů; podle [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz).



titických granodioritů a grafitických pararul sv.-jz. směru. Podrobnější studium pestré litologie v oblasti výskytu studovaných fosfátů je však pro nedostatek výchozů velmi komplikované a lze se omezit pouze na výskyty úlomků hornin v ornici (Kodym et al. 2000).

Výskyt hydratovaných Al fosfátů ve studované oblasti prvně zmiňují Čech et al. (1962). Tito autoři uvádějí z blíže nedefinované oblasti cesty mezi Jestřebicemi a Líštěncem (cca 2 km j. až jz. od Votic; obr. 12) výskyt jablečně zeleného ledvinitého *redonditu* (v současné době neplatný minerální druh totožný s **variscitem**) v asociaci s radiálně paprsciťým šedomodrým až modrým wavellitem na puklinách grafitické ruly. Autoři se v této práci věnují podrobnějšímu studiu variscitu ze dvou tehdy nových českých výskytů (Líštěnc u Votic a Poniklá) a jejich srovnání s některými výskyty ve světě. Dalším studiem variscitu z Líštěnce, Poniklé a dalších evropských i světových lokalit za použití rentgenové práškové difrakce a termoanalytických metod se zabývali Čech, Slánský (1965). Nověji se lokalitou zabývali Vrtiška et al. (2016a). Ti redefinovali vzorky wavellitu podle platné nomenklatury na **fluorwavellit** (Kampf et al. 2015) a provedli výzkum zeleného variscitu. Nově nalezené studované vzorky s jablečně zeleným variscitem (obr. 13) a světle modrým fluorwavellitem (obr. 14) pocházely z povrchových sběrů; primární výchoz s výskytem této mineralizace nebyl dosud nalezen a nebylo tedy možné studovat pozici jejich výskytu *in situ*. Vzorky Al-fosfátů byly nalezeny v průbě-



**Obr. 13** Hroznovitě agregáty variscitu z Líštěnce. Sběr 2002. Šířka záběru 4 mm, foto L. Vrtiška.

**Obr. 14** Polokulovitě agregáty fluorwavellitu z Líštěnce. Sběr 2002. Šířka záběru 9 mm, foto L. Vrtiška.

**Obr. 15** Zelené kůry variscitu s radiálně paprsciťými agregáty modrého fluorwavellitu z Líštěnce. Vzorek P1N 84682. Šířka záběru 7 mm, sbírka NM P1N84682, foto L. Vrtiška.



hu roku 2002 místním sběratelem Pavlem Zadražilem. Ukázky fluorwavellitu a variscitu pocházejí ze dvou zhruba 1500 metrů od sebe vzdálených nalezišť (obr. 12). Na rozdíl od minerální asociace popisované Čechem et al. (1962) nebyly pozorovány tyto dvě minerální fáze společně na jednom vzorku a zároveň nenasedají na grafickou rulu, ale byly zjištěny na puklinách a v dutinách bílého křemene.

Bližší charakteristika okolností nálezu fosfátů popisovaných Čechem et al. (1962) není v literatuře uváděna. V mineralogických sbírkách NM je pod inventárním číslem P1N 84682 uložena ukázka wavellitu s variscitem na grafické rule pocházející ze sbírky Pavla Povondry s blíže necharakterizovanou lokalizací Líštěnec (obr. 15). Charakter fosfátů na této ukázce odpovídá popisu autorů výše uváděné publikace a je pravděpodobné, že pochází ze stejného nálezu. Tato ukázka byla rovněž podrobena novodobému mineralogickému výzkumu (Vrtiška et al. 2016a).

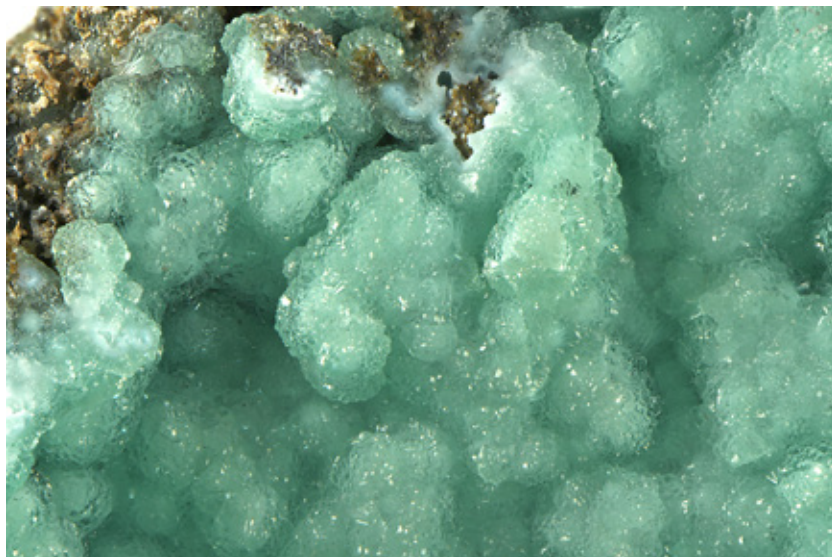
Při studiu chemického složení fluorwavellitů z Líštěnce byly zjištěny minoritní obsahy Fe, V a Cr; jejich obsa-

hy se ve vzorcích z historického nálezu a nových sběrů zřetelně liší. Pro nové sběry jsou charakteristické vyšší obsahy V (do 0.18 *apfu*), Fe (do 0.06 *apfu*) a Cr (do 0.02 *apfu*); současně obsahy F se pohybují v rozmezí 0.55 - 0.97 *apfu* (obr. 10). Fluorwavellit z historického vzorku je bohatší F (1.08 - 1.16 *apfu*; obr. 10) a současně vykazuje nižší zastoupení V a Fe (do 0.03 *apfu*) a obsahy Cr nepřevyšují 0.004 *apfu* (Vrtiška et al. 2016a). Při studiu chemického složení variscitu z obou nálezů autoři zjistili minoritní obsahy zejména Fe, Cr, V a F, vzorky z nových nálezů však vykazují zřetelně vyšší obsahy Fe a V do 0.03 *apfu* a až 0.01 *apfu* Cr (Vrtiška et al. 2016a).

Během revize zmiňované mineralizace v roce 2015 byla v blízké oblasti jejího výskytu zjištěna také vyšší koncentrace úlomků bílého až čirého porézniho křemene s přítomností alterovaných sulfidů (převážně galenitu, sfaleritu a pyritu), sloupcovitých krystalů zeleného **pyromorfitu** a drobně krystalických agregátů **plumbogummitu** a **kintoreitu**. Výskyt těchto fosfátů však pravděpodobně není vázán na přítomnost grafických rul (Vrtiška et al. 2016a).



**Obr. 16** Modrý wavellit z grafitového dolu Koloděje - Hosty. Šířka záběru 11 mm, sbírka NM P1N53496, foto L. Vrtiška.



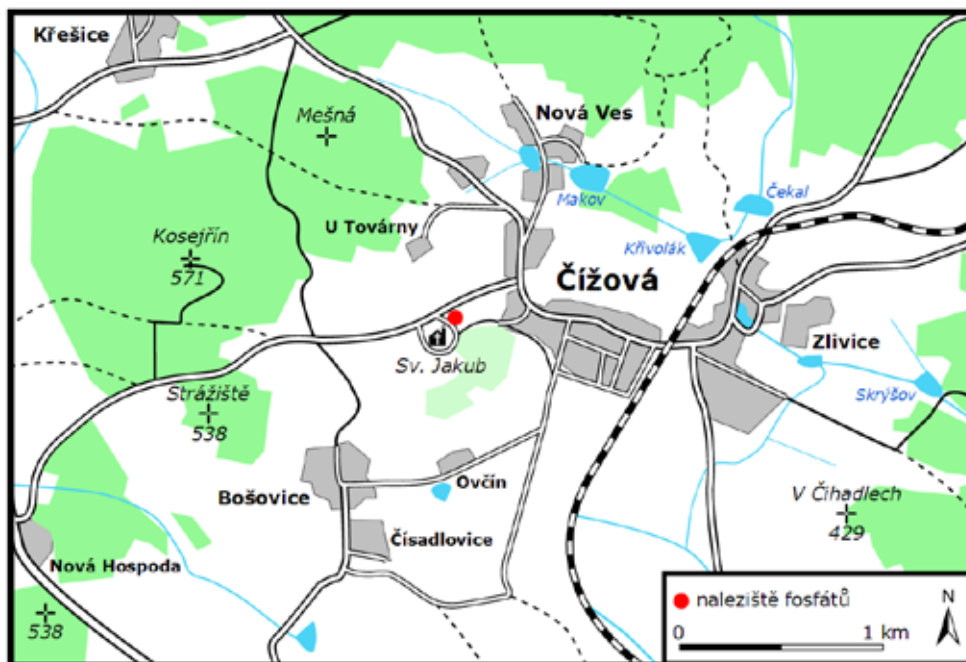
**Obr. 17** Variscit z grafitového dolu Koloděje - Hosty. Šířka záběru 10 mm, sbírka NM P1N74717, foto L. Vrtiška.

### Koloděje - Hosty

Historicky těžené ložisko grafitu Koloděje - Hosty se nachází ve svahu nad řekou Lužnicí západně od vesnice Koloděje nedaleko Týna nad Vltavou. Tato oblast spadá do sušicko-votické pestré skupiny moldanubika a je tvořena především pararulami s vložkami grafitických rul a polohami grafitu, erlanů, kvarcitů a mramorů. Tyto horniny jsou místy prostoupeny žilami aplitu či pegmatitu. Na puklinách grafitických hornin, a na kontaktech aplitů a pegmatitů s rulami byly zjištěny fosfáty **wavellit** (obr. 16) a **variscit** (obr. 17). Oba minerály se většinou vyskytují samostatně. V případě, že byly pozorovány ve vzájemném kontaktu, vystupuje variscit jako geneticky mladší (Bouška, Povondra 1969; Bouška et al. 1969). Variscit se vyskytuje v podobě ledvinitých a kulovitých agregátů světle trávově až smaragdově zelené barvy. Wavellit tvoří tenké žilky složené z radiálně paprskovitých agregátů tmavě modrozelené barvy či světle šedomodré barvy v případě, že je navětralý. Bouška, Povondra (1969) zjistili u wavellitu zvýšené obsahy vanadu a analýzami mokrou cestou potvrdili, že vanad ve wavellitu vstupuje jak do kationtové (trojmocný), tak do aniontové (dvojmocný) pozice. Bouška et al. (1969) stanovili ve wavellitu 2.08 hm %  $V_2O_5$  a 1.61 hm. %  $V_2O_3$ . U studovaného vzorku wavellitu navíc stanovili zvýšený obsah krystalové vody o 1.5 molekuly oproti nebarevným wavellitům. U variscitu stanovili obsah vanadu 0.29 hm % ve formě  $V_2O_5$ , který vstupuje do aniontové pozice.

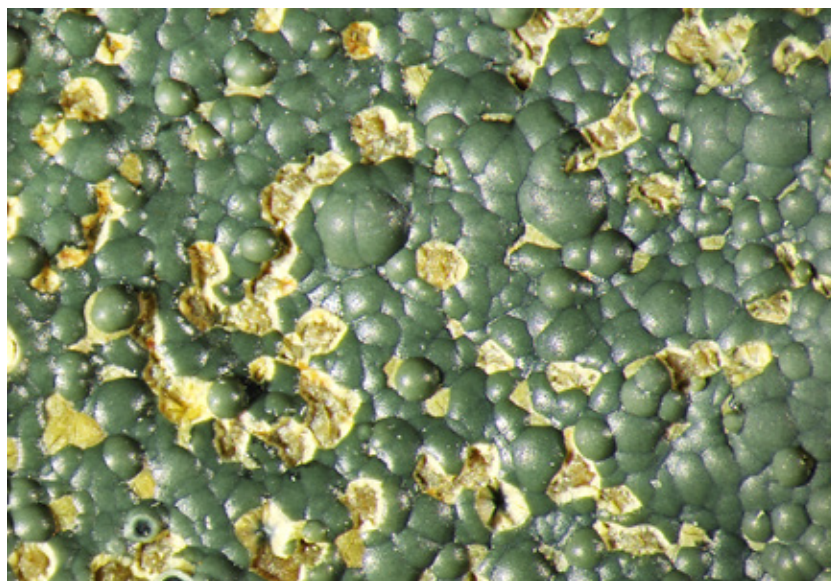


**Obr. 18** Přehledné topografické schéma okolí obce Čížová u Písku s vyznačením místa výskytu studované fosfátové mineralizace podle Sejkory et al. (2011).



#### Čížová u Písku

Výskyt fosfátů na puklinách grafických rul v Čížové u Písku v jižních Čechách byl zjištěn Jaroslavem Cíchou v roce 1988 (Cícha 1999). První přehledný popis části zde nalezených minerálních druhů podali Cícha, Sejkora (2011). Vlastní lokalita se nachází 700 m západně od obce Čížová, v horní části výrazného návrší s kostelem svatého Jakuba, 100 m ssv. od kostelní věže (obr. 18). Puklinová mineralizace s výskytem fosfátů zde byla jen velmi krátce odkryta při hloubení dálkového výkopu pro optický kabel, během několika málo dnů byla lokalita opět zahrnuta a vzhledem k výskytu mineralizace přímo v místě vedení kabelu je prakticky bez možnosti případné další revize. Lokalita je neobvyklá hojným výskytem velmi dobře vyvinutých ukázek fosfátů a druhově relativně bohatou minerální asociací (Sejkora et al. 2011).



**Obr. 19** Drobné žluté radiálně paprčité agregáty meurigitu-K narůstající na zelené polokulovité až ledvinovité agregáty natrofluoritu; Čížová u Písku. Šířka záběru 7 mm, foto J. Cícha.

**Obr. 20** Polokulovitý agregát fluorwavelitu s charakteristicky koncentricky zonálním zbarvením; Čížová u Písku. Šířka záběru 4.3 mm, foto J. Cícha.





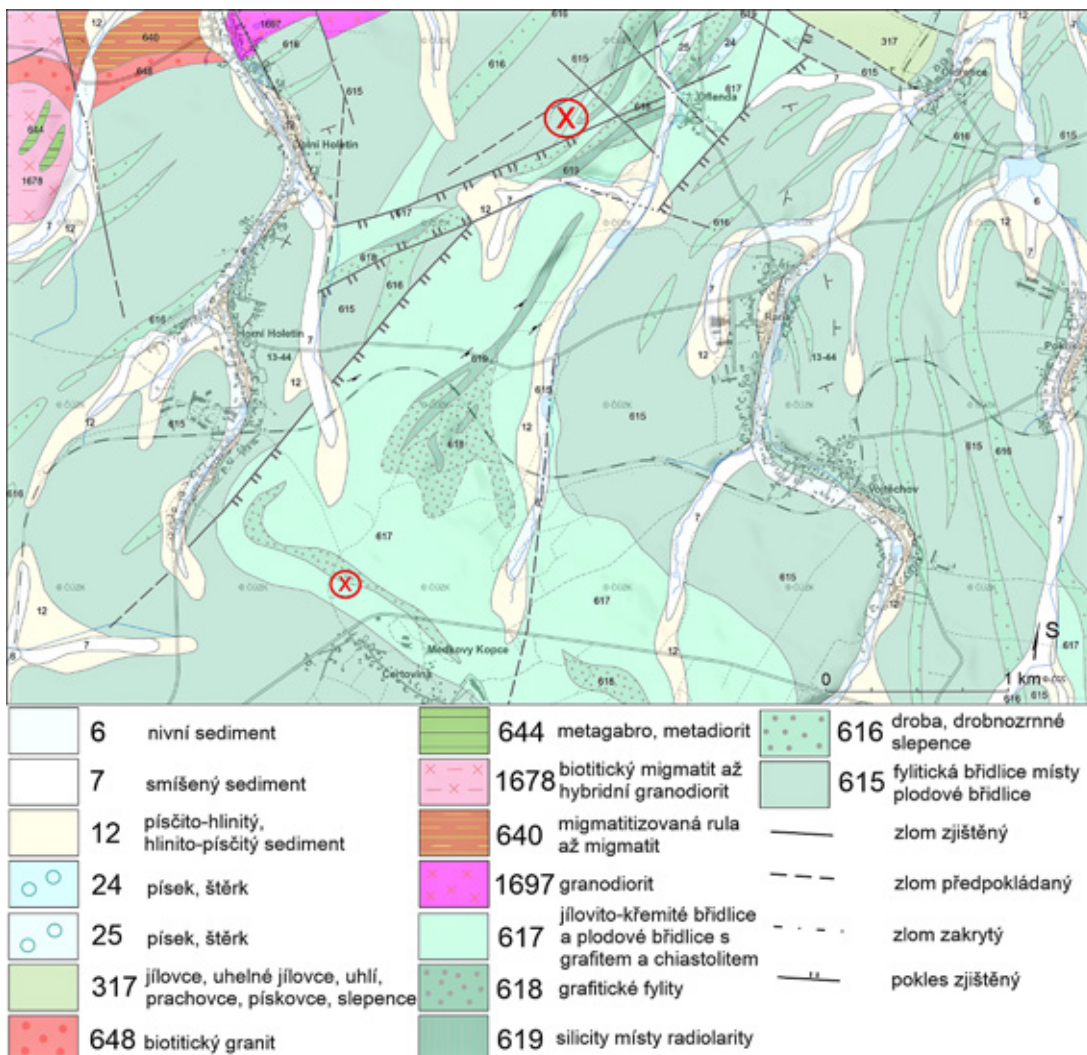
Výskyt fosfátů je situován na konci podlouhlého výběžku pestré skupiny jihočeského moldanubika, zasahujícího od jihozápadu do granitoidů střeďočeského plutonického komplexu (Fišera et al. 1982a), a nachází se v bezprostřední blízkosti kontaktu s granitoidy. Pestrá skupina je zde tvořena jemnozrnnou, výrazně břidličnatou sillimanit-biotitickou pararulou, ve které se vedle vložek grafitických kvarců uplatňují rovněž vložky biotitických kvarců a vápenatosilikátových hornin. Granitoidy jsou zastoupeny usměrněným, středně zrnitým amfibol-biotitickým granodioritem červenského typu (Fišera et al. 1982b; Sejkora et al. 2011).

Vlastní mineralizace je vázaná na polohu grafitického kvarcitu, která je v geologické mapě 1: 25 000 - list Písek (Fišera et al. 1982a) vyznačena jako čočkovité těleso s delší osou délky 500 m a směru JZ - SV, o největší šířce přes 100 m. V místě výkopu se zastíženými fosfáty však grafitické kvarcitu ve zmíněné mapě nejsou vyznačeny. Jejich skutečný rozsah je zde maskován překrytím svahovinami (Sejkora et al. 2011). Grafitický kvarcitu u Čížové byl kolem roku 1910 předmětem krátkodobé těžby jako grafitová surovina (Beneš 1992).

Poloha s fosfáty se nachází na okraji tělesa grafitického kvarcitu. Horniny v okolí kontaktu grafitického kvarcitu s červenským granodioritem jsou v sousedství výskytu fosfátů silně zvětřelé a zcela rozložené, s častými projevy

nontronitizace a limonitizace. Výskyt popisované mineralizace byl zjištěn ve svrchní, 0,3 - 0,5 m mocné zóně grafitického kvarcitu na jeho styku s nadložními svahovinami, kde je grafitický kvarcitu také intenzivně rozpučený a mechanicky rozvolněný. Fosfáty zde často ve značném množství vyplňují všechny dostupné pukliny a pronikají i po odlučných plochách podél foliace, v místech silného porušení pak může mít hornina podobu fosfátů tmelené brekcie. Směrem do hloubky výskyt fosfátů rychle vyznívá (Sejkora et al. 2011).

Po mineralogické stránce věnoval poloze grafitického kvarcitu u Čížové doposud pozornost pouze Krejčí (1925). Vedle drobných krystalů jarositu spolu s limonitem z puklin grafitických hornin zde z blíže nelokalizovaného místa uvádí *kolofán*, tvořící na puklinách „hroznovitě nebo kuličkovitě povlaky barvy bílé nebo žlutavé“. Čícha a Sejkora (2011) a Sejkora et al. (2011) popisují z grafitických rul od Čížové kryptokrystalický **apatit** (tzv. *kolofán*), **leukofosfit**, **meurigit-K** (obr. 19), **natrodufrénit**, **perhamit**, **tyrkys**, **variscit**, **wavellit** (resp. nedávno popsany **fluorwavellit** (obr. 10, 20) a pravděpodobný **berlinit**). Fluorwavellit se zde vyskytoval v podobě radiálně paprskovitých agregátů čiré, žluté, žlutozelené až modré barvy. Podobně jako na jiných lokalitách grafitických rul jsou i zde fluorwavellity zbarveny zvýšeným obsahem vanadu. Pro všechny typy fluorwavellitu z Čížové vyplývá ze stehio-



Obr. 21 Geologická mapa s vyznačením zjištěných nalezišť fosfátů Oflenda a Medkovy Kopce (vyznačeno červeně), jižně od Mrákotína. Zdroj [www.geology.cz](http://www.geology.cz); upraveno.



metrie jednoznačné uplatnění vanadu pouze v kationtové části chemického vzorce. Nejvyšší obsahy vanadu byly zjištěny u žlutého wavellitu (až 0.12 *apfu* V), modrý wavellit obsahuje kolem 0.07 *apfu* V a nejmladší čirý wavellit jen 0.04 *apfu* V. Zvýšené obsahy vanadu zde byly zjištěny také u variscitu (do 0.02 *apfu* v aniontové pozici). Vedle toho variscit obsahuje také zvýšené obsahy (do 0.06 *apfu*) fluoru (Sejkora et al. 2011).

### Mrákotín u Hlinska

Mezi málo známé patří vzácné výskyty fosfátů na puklinách kontaktně metamorfovaných grafitických břidlic a fylitů hlinské zóny v okolí Mrákotína, mezi místními částmi **Oflenda a Medkovy Kopce** sz. od Hlinska (obr. 21). Ulrich (1929a, 1930) odsud uvádí výskyt *fosforitu (apatitu)*, **wavellitu** (obr. 22) a **variscitu** (obr. 23). Ty byly zjištěny jednak u lesa jz. od Oflendy na kótě 529 a pak na tzv. Modré skále, triangulační bod 638 (jinak také Medkový kopec či Medkovy Kopce) sz. od Hlinska. Fosfáty na obou lokalitách poukazují na genetické vztahy s prokázaným organickým materiálem. Fosfáty na první lokalitě tvoří amorfní a kryptokrystalické gely bílé a žlutavé barvy, které převážně odpovídají variscitu. Jen vzácněji se zde vyskytl wavellit. Na lokalitě Modrá skála je wavellit naopak nejčastějším minerálem a tvoří charakteristické, radiálně paprscité kulovité agregáty bílé, šedé či modrozelené barvy (Ulrich 1930). Výskyty fosfátů byly ověřeny terénním výzkumem v roce 2022 a odebrané vzorky jsou spolu se vzorky z mineralogické sbírky NM v současné době podrobovány laboratornímu výzkumu.

### Oblast západní Moravy

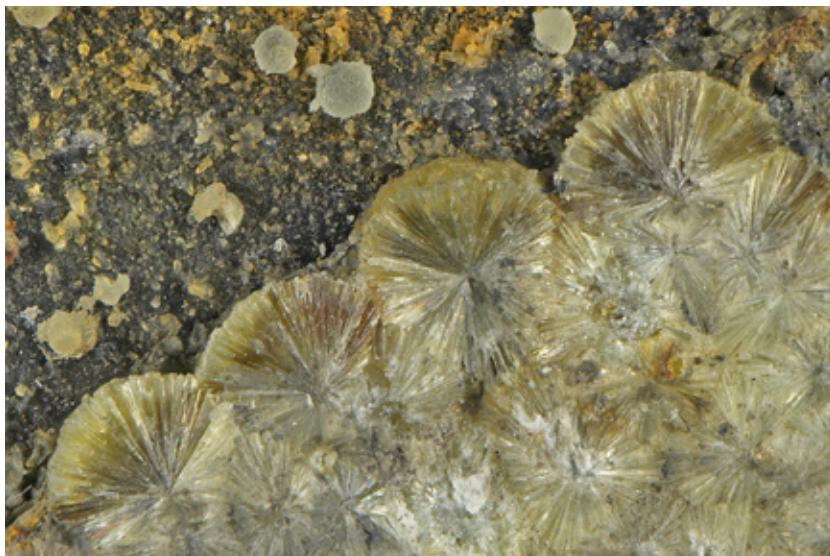
V oblasti západní Moravy se vyskytují tělesa grafitických kvarcitů se sekundárními fosfáty především západně od Jihlavy a východně až jihovýchodně od Třebíče, západně od třebíčského masivu. Tyto horniny tvoří relativně vzácné vložky v horninách pestré série moldanubika, reprezentované především sillimanit-biotitickými rulami, leukokrátními rulami, metabazity, a granát-cordieritickými migmatity (Jenček et al. 1985). Grafitické kvarcitty tvoří až 50 m široká a několik set metrů dlouhá tělesa s.-j. průběhu (Houzar, Šrein 2000).

Parageneze zdejších fosfátů se dle historických výzkumů jeví jako relativně fádní (popisovány jsou především wavellit a variscit). Novodobá pozorování však poukazují na pestřejší asociaci těchto minerálů. Ty jsou proto v současné době podrobovány bližšímu výzkumu. Fosfáty v této oblasti byly zjištěny na následujících lokalitách.

### Řehořov

Řehořov se nachází cca 14 km východně od Jihlavy. Lokalitu tvo-

ří grafitické horniny na poli v okolí GPS souřadnice N 49°23.26692', E 15°46.77250'. Z fosfátů zde uvádí Burkart (1953) pravděpodobný beraunit v asociaci s wavelitem v podobě izolovaných bradavčitých agregátů žlutohnědé barvy. Dále světle jablečně zelené, slabě lesklé, drobně ledvinité, hroznovité či radiálně paprscité povlaky variscitu z pegmatitu a břidlic a wavellit v částečně kaolinizovaném pegmatitu a grafitických břidlicích, v podobě radiálně paprscitých agregátů milimetrových rozměrů, bílé, zelenavé, modrozelené a vzácně modré barvy. **Wavellit** z této lokality uvádějí již Cornu, Himmelbauer (1905). Později ho studovali Bouška, Povondra (1969) a nověji Sejkora et al. (1999), kteří uvádějí obsahy  $V_2O_5$  v rozmezí 1.76 - 2.23 hm. % a rovněž zvýšené obsahy Fe (3.14 - 3.76 hm. %). Podobné obsahy Fe zjistili také Bouška, Povondra (1969). Ve **variscitu** byly zjištěny nízké obsahy V a podle rentgenové práškové analýzy obsahuje v nepatrném množství i monoklinický **metavariscit** (Houzar 1998). Nově získaná data wavellitu z Řehořova ukazují obsahy  $V_2O_5$  do 2.6 hm. %, obsahy F v rozmezí 0.00 - 4.19 hm. % (patrně je přítomen wavellit i **fluorwa-**



Obr. 22 Žluté radiálně paprscité agregáty wavellitu spolu s kulovitým variscitem z lokality Oflenda. Šířka záběru 6 mm, sbírka NM P1N25754, foto L. Vrtiška.



Obr. 23 Bílá až světle nazelenalá kůra variscitu z lokality Medkovy Kopce. Šířka záběru 9 mm, foto L. Vrtiška.



**vellit**) a zajímavé, relativně vysoké obsahy Fe (allanprinitové komponenty) až do 5.5 hm. %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Dále zde byl zjištěn **kakoxen** a relativně vzácný fosfát **mitridatit** (obr. 24 a 25). Ten tvoří hnědavé, radiálně paprscité agregáty, pravděpodobně se může jednat o Burkartem (1953) uváděný domnělý beraunit (Vrtiška 2023). Z ostatních minerálů je odsud uváděn grafit a nontronit (Burkart 1953). Kruťa (1966) popisuje jarosit v podobě žlutých a žlutohnědých práškovitých povlaků na puklinách grafitické ruly z opuštěných dolů na Řehořovském vrchu a dále sádrovec a konkrece opálu. Houzar (1998) uvádí drobné lupínky zeleného muskovitu, který se vyznačuje proměnlivým obsahem V a někdy i malým množstvím Cr.

V blízkém okolí Řehořova byly zjištěny fosfáty také jihozápadně od **Nadějova** a severovýchodně od **Věžnice** (pravděpodobně jeden a týž výskyt). Kruťa (1966) odsud popisuje vzácný **wavellit** v podobě šedobílých, jehličkovitých a radiálně paprscitých agregátů na puklinách grafitické ruly. Spolu s ním uvádí alofán, jarosit, nontronit a

opál. Novými výzkumy šedobílých, radiálně paprscitých agregátů z Nadějova (resp. Věžnice), původně evidovaných v mineralogické sbírce NM jako wavellit, bylo zjištěno, že se jedná o **strengit** (Vrtiška 2023). Dle popisu je pravděpodobné, že také wavellit uvedený Kruťou (1966) je ve skutečnosti strengit.

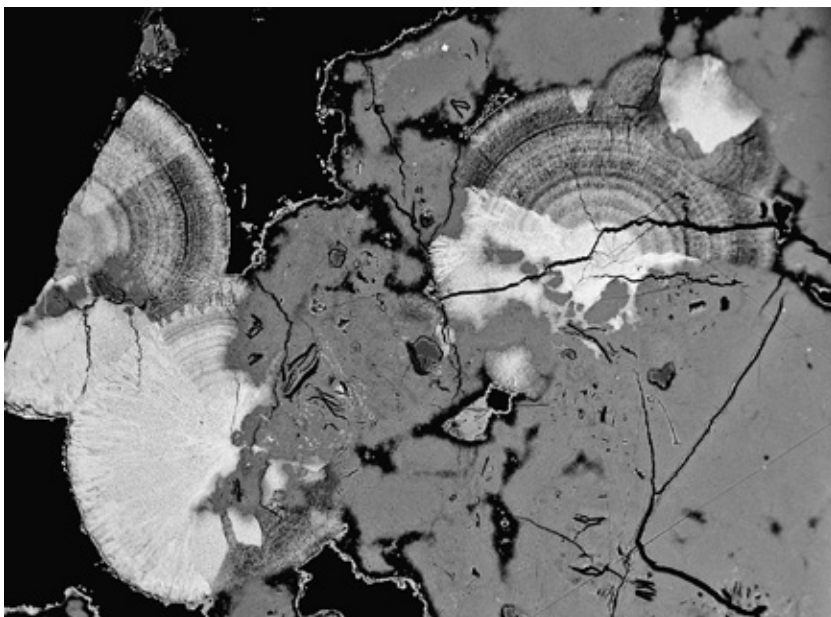
Další výskyty fosfátů jižně od Řehořova byly zaznamenány severně od **Kamenice** a u **Chlumu**. Burkart (1953) uvádí z Chlumu, mimo jiných paragenezí, grafit v kusovém křemenu s břidlicí směrem k Červené Lhotě. Kruťa (1966) popisuje z Chlumu vzácný výskyt **wavellitu**, který tvoří radiálně paprscité agregáty na puklinách křemene, z Kamenice uvádí grafit v rule a vzácný šedobílý, radiálně paprscitý wavellit. Nová data wavellitu z Kamenice udávají hodnoty  $\text{V}_2\text{O}_5$  do 2.13 hm. %, F v rozmezí 2.53 - 3.93 hm. % (pravděpodobně jde již o **fluorwavellit**). U wavellitu z Chlumu byly nově zjištěny obsahy  $\text{V}_2\text{O}_5$  do 1.61 hm. %, F v rozmezí 2.8 - 4.06 (patrně jde rovněž o fluorwavellit) a zajímavé zvýšené obsahy Fe (allanprinitové komponenty) v rozmezí 1.52 - 5.53 hm. %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (Vrtiška et al. nepubl. data).

### Štětmechy

Obec se nachází cca 15 km zjz. od Třebíče a cca 26 km jjz. od Jihlavy. Výskyty fosfátů jsou vázány na výchozy grafitických kvarcitů a rul na poli, cca N 49°11.77982', E 15°42.00922', které tvoří menší vložky v silimanitiko-biotitických pararulách moldanubika. Kromě primárních minerálů jako chalkopyrit a pyrhotin odtud Burkart (1953) popsal zelenou šupinatou slídu, podobající se fuchsitu, ale bez obsahu chromu. Dále limonit společně s manganitem či turmalín v pegmatitu. Jako další minerály uvedl prehnit, salit a muskovit. Houzar (1985) popisuje zelený muskovit z ploch foliace grafitických pararul. Z fosfátů se zde vyskytuje především **wavellit** (obr. 26). Dále byly zjištěny **variscit**, **strengit** a jejich přechodné členy (Nohavicová 2013; Nohavicová, Vávra 2013). Variscit z této lokality předtím studovali Sejkora et al. (1999) pod lokalizací Předín. V této práci pro variscit uvádějí zvýšený obsah V (0.11 hm. %  $\text{V}_2\text{O}_5$ ), dle obsahů Fe (do 0.17 hm. %) se jedná o téměř čistý variscit s minimálním podílem strengitové komponenty. Současné výzkumy fosfátů na této lokalitě poukazují na obsahy  $\text{V}_2\text{O}_5$  ve wavellitu až do 5 hm. %. Obsahy fluoru byly zjištěny v rozmezí 0.0 - 2.65 hm. %, jedná se tedy spíše o wavellit než o fluorwavellit. Dále pak byl zjištěn výskyt Al bohatého strengitu, **kidwellitu** (obr. 27), **meurigitu-K**, **kakoxenu** a pravděpodobného **natrodufrénu** (Vrtiška et al. nepubl. data). Z této oblasti, cca 6 km vsv. od Štětmech, uvádějí Burkart (1953) a Sejkora et al. (1999) výskyt grafitu, vanadového **wavellitu** a **variscitu** u obce **Čechočovice**.



Obr. 24 Rezavé kulovité agregáty mitridatitu z Řehořova. Šířka záběru 8 mm, foto L. Vrtiška.



Obr. 25 Výrazně zonální koncentrické agregáty mitridatitu z Řehořova, tmavé zóny jsou bohatší Al. Šířka záběru 2 mm, BSE foto Z. Dolníček.



### Lesná u Želetavy

Výskyt fosfátů je situován v jednom z malých jámových lůmků v lese, GPS souřadnice N 49°10.02432', E 15°41.26120' - místní název Nová Louka. Nejhojněji zastoupeným vedlejším minerálem grafitických kvarcitů v Lesné je vanadový muskovit, který byl původně považován za fuchsit. Muskovit někdy obsahuje i malé množství Cr (Houzar 1985, 1998). Vanadový muskovit tvoří až 3 mm velké lupínky v polohách se sillimanitem a grafitem, ojediněle až 1 cm velké zelené lupínky, které byly prokázány výhradně v křemenných žilách a hnízdech, někdy v asociaci s vanadovým dravitem a posledním typem je jemně lupenitý muskovit (Houzar, Šrein 2000). Objevují se limonitové povlaky z procesu zvětrávání grafitických hornin s obsahem sulfidů, zejména pyritu. Není vyloučen ani vznik jílových minerálů jako kaolinit (Burkart 1953).

V asociaci s limonitem byl zjištěn i vanadový **wavellit** v podobě vzácných, radiálně paprscitých agregátů šedobílé barvy (Kruťa 1966). Houzar (1998) popisuje **variscit** v podobě hojných, jablečně zelených celistvých povlaků na trhlinách některých grafitických kvarcitů a pěkně modré vanadem bohaté wavellity (obr. 28). Chemické složení wavellitu i variscitu z okolí Lesné uvádějí Sejkora et al. (1999) pod lokalizací Bítovánky. U wavellitu zjistili zvýšené obsahy V v rozmezí 1.23 - 6.35 hm. %  $V_2O_5$  (obsah V klesá od středu k okraji radiálních agregátů) a Fe v rozsahu 0.43 - 4.23 hm. %  $Fe_2O_3$ . Pro variscit uvádějí obsahy V do 0.52 hm. %  $V_2O_5$  a jen malé obsahy strengitové komponenty (do 0.12 hm. %  $Fe_2O_3$ ). Novým výzkumem wavellitu z Lesné byly zjištěny obsahy V do 4.17 hm. % a F v rozmezí 0.12 - 2.83 hm. % (patrně se jedná o wavellit i **fluorwavellit**). Zjištěny byly i zvýšené obsahy Fe (do 1.10 hm. %). Vedle wavellitu se zde objevil také okrový práškovitý fosfát, pravděpodobně **fosfosiderit** (Vrtiška et al. nepubl. data).

### Bítovánky

Jižněji od lokality Lesná se ve stejném pruhu grafitických kvarcitů nachází malý jámový lom u Bítovánky nedaleko Želetavy. Tuto lokalitu zde zmiňují pro ucelení přehledu studovaných výskytů grafitických hornin v zájmové oblasti, výskyt fosfátů v tomto lomu nebyl dosud prokázán. Primární minerální asociace je zde poměrně jednoduchá, zahrnuje křemen, grafit, muskovit, sillimanit a místy K-živec (Houzar, Cempírek 2011). Podle Houzara (1998) leží Bítovánky v jednom ze dvou pruhů grafitických kvarcitů, které se táhnou víceméně spojitě na západ od třebečského masívu. Tyto kvarcify se vyznačují zvýšeným obsahem vanadu. Nositelem vanadu je především vanadový muskovit a akcesorický vanadový turmalín, který složením odpovídá převážně

vanadovému dravitu, respektive oxy-dravitu (Houzar, Cempírek 2011, Cempírek et al. 2013; obsahy až 8.08 hm. %  $V_2O_5$ ). Z turmalínů byl zjištěn také magneziofoitit (Cempírek et al. 2006). Vanadový muskovit s obsahy  $V_2O_5$  do 6.10 hm. % tvoří až 1 cm velké zelené šupinaté agregáty v křemeni (Houzar, Cempírek 2011). Poměrně nový je nález oxidických fází s vanadem, vanadového rutilu a schreyeritu. Jedná se o vanadové Ti-oxidy, které tvoří černá mikroskopická opakní zrna v křemeni, muskovitu či turmalínu. Obsah vanadu v rutilu patří mezi nejvyšší zjištěné hodnoty v podobné asociaci minerálů (až 5.4 hm. %  $V_2O_5$ ) a na lokalitě převládá nad schreyeritem. Schreyerit je vzácný akcesorický minerál, avšak typický pro metamorfity s obsahem grafitu. Jedná se o první výskyt v Českém masívu, ale již dříve byl popsán ze zvětralých rul na lokalitě Lasamba Hill v Keni nebo z pyrit-pyrhotinového ložiska Sättra ve Švédsku (Houzar, Cempírek 2011). Rovněž se na lokalitě objevuje alofan na puklinách biotitických pararul společně s ledvinitými agregáty *psilomelanu* (Kruťa 1966) a zjištěn byl také slavík (Nohavicová 2013).



Obr. 26 Tmavě modrý wavellit/fluorwavellit se zeleným variscitem ze Štěměch. Šířka záběru 40 mm, foto L. Vrtiška.

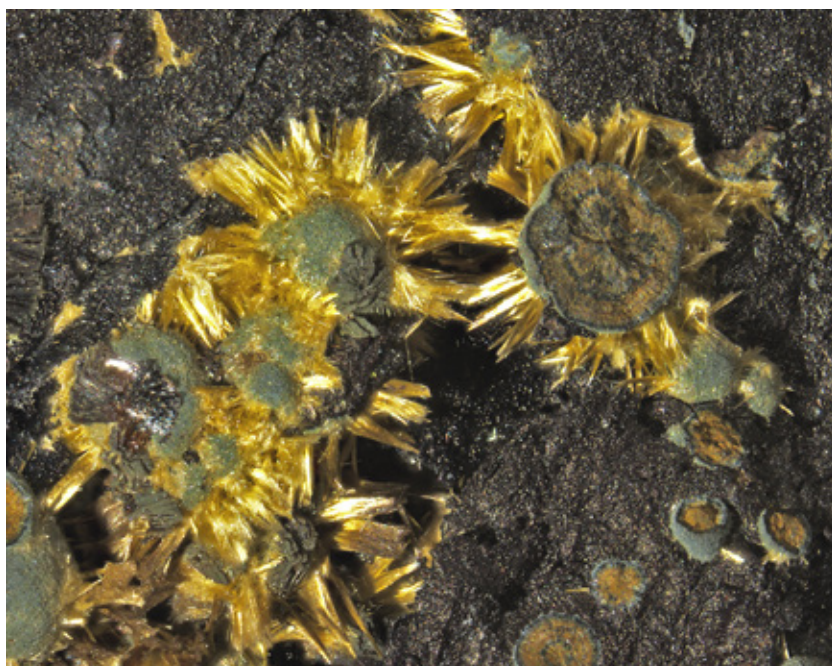
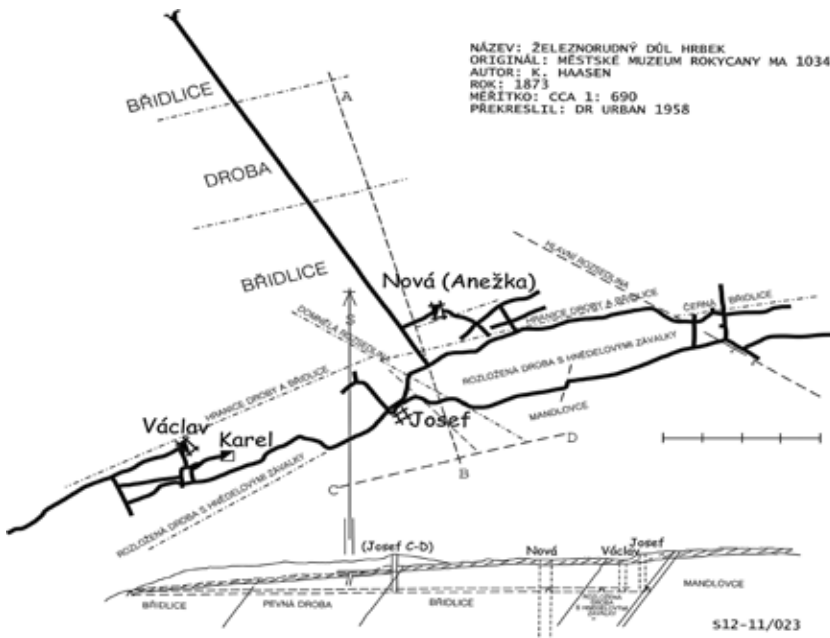


Obr. 27 Žluté agregáty meurigitu-K se světle modrozeleným kidwellitem ze Štěměch. Šířka záběru 5 mm, foto L. Vrtiška.





Obr. 28 Kůra tmavě modrých bradavčitých agregátů wavellitu/fluorwavellitu z Lesné u Bítováněk. Rozměry vzorku 8,5 × 7 cm, foto L. Vrtiška.



### Ostatní výskyty fosfátů v grafitických rulách a kvarcitech

V minulosti zjistil P. Černý výskyt kryptokrystalického fosfátu na puklinách grafitických rul v okolí Malenic u Strakonice. Dle XRPD analýzy se jedná o **apatit** (Vrtiška nepubl. data). Tento výskyt však dosud nebyl blíže zkoumán.

## 2. Fosfáty v Fe rudách

Typickými výskyty sekundárních fosfátů jsou ložiska železných rud barrandienské oblasti, a to především ložiska ordovických sedimentárních rud v oblasti Berouna, Hořovic a Rokycan. Fosfáty v této oblasti jsou vázány i na další horniny ordovického stáří (především droby a kvarcitty), asociace fosfátů v nich jsou ale v některých ohledech mírně odlišné od těch vázaných na Fe rudy, a proto jsou uvedeny zvlášť v kapitole 3. Výskyt fosfátů je znám také z reziduálních železných rud v obalových jednotkách krkonoško-jizerského plutonu v Poniklé a železnorudných dolů v Plíškovcích u Blatné.

### Hrbek u Zaječova

Historicky nejvýznamnějším nalezištěm je nevelký železnorudný důl Hrbek, který se nacházel cca 1 km jihozápadně od kostela ve Sváté Dobrotivé (dnes jižní část obce Zaječov, cca 10 km jiz. od Hořovic), jiv. od rybníku Heřman, severně od kóty Hrbek (528 m n. m.). Zdejší 1 až 2 m mocné polohy ordovických železných rud, zejména limonitu, ale i hematitu, byly rozfárány ve směru ZJZ - VSV v délce asi 340 m, do hloubek asi 40 m pod povrchem (obr. 29; Velebil et al. 2018). Důl Hrbek je historicky významným nalezištěm fosfátů, jehož minerály se zabývali především Steinmann (1825, 1826) a Breithaupt (1840, 1841). Komplexněji se pak studiu mineralogie této lokality, ale i širšího okolí věnoval

Obr. 29 Mapa dolu Hrbek překreslená podle Haasena 1873 (Velebil et al. 2018).

Obr. 30 Slámově žluté krystaly kankoxenu spolu s tmavě zeleným dufrénitem z Hrbku. Šířka záběru 10 mm, sbírka NM P1N6160, foto L. Vrtiška.



Bořický (1867, 1869b, 1871) aj. Již v roce 1825 odsud J. Steinmann popsal nový minerál **kakoxen** (obr. 30) s dnes uváděným ideálním vzorcem  $\text{Fe}^{3+}_{24}\text{AlO}_6(\text{PO}_4)_{17}(\text{OH})_{12} \cdot 75\text{H}_2\text{O}$ . Název je složen z řeckých slov „kakos“ - špatný a „xenos“ - host; fosfor obsažený v kakoxenu totiž snižoval kvalitu železné rudy, na jejichž puklinách se kakoxen vyskytoval. Bližší charakteristiku kakoxenu publikoval Steinmann (1826). Kakoxen se na Hrbku vyskytoval buď samostatně v podobě okrově, slámově až citronově žlutých jehliček, bohatě pokrývajících pukliny a dutiny v Fe rudách, nebo v asociaci s ostatními fosfáty, především **beraunitem**, **dufrénitem**, **strengitem** a vzácněji **wavellitem**; v tom případě tvoří kakoxen kulovité agregáty, často sloučené do nejrůznějších ledvinitých či tyčinkovitých útvarů, dále radiálně paprskité agregáty, celistvé vrstevnaté kůry, snopkovité shluky apod. (Velebil et al. 2018).

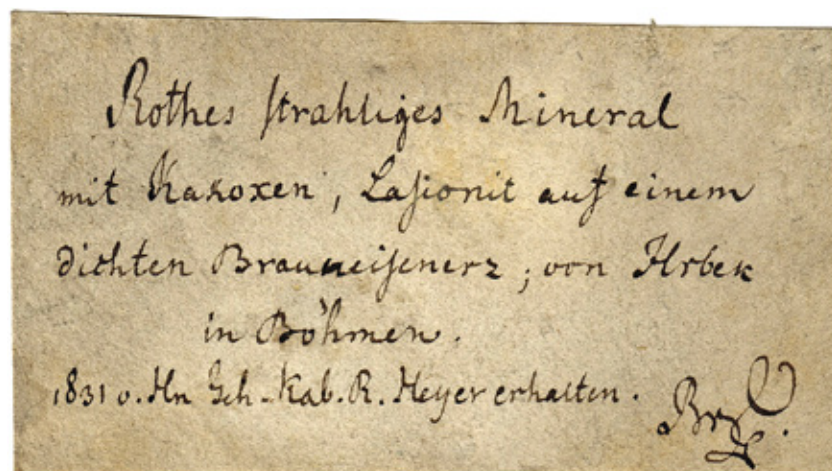
Druhým, pro svět novým minerálem z Hrbku, je **beraunit** (obr. 31) s ideálním vzorcem  $\text{Fe}^{3+}_6(\text{PO}_4)_4\text{O}(\text{OH})_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , pojmenovaný po městě Beroun (německy Beraun). Je jedním z členů beraunitové skupiny se souhrnným vzorcem ve tvaru  $M1M2M3M4(\text{PO}_4)_4(\text{OH},\text{O})(\text{OH})_4(\text{H}_2\text{O})_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , kde  $M1 = \text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Zn}$ ,  $\text{Mg}$  a  $M(2-4) = \text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Zn}$ ,  $\text{Al}$ ,  $\text{Cr}$  (Aksenov et al. 2018). Vedle beraunitu je součástí této skupiny v současnosti tvrdý  $\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}_2\text{Al}_3(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_5(\text{H}_2\text{O})_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (Sejkora et al. 2016), ferrobearaunit  $\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}_5(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_5 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (Tvrdý et al. 2022) a zinkobearaunit  $\text{ZnFe}^{3+}_5(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_5 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ; (Chukanov et al. 2017a). Podle seznamu platných minerálních druhů IMA byl beraunit objeven Breithauptem v roce 1841. Ten se však o beraunitu zmínil již ve své o rok starší práci (Breithaupt 1840). Dle Breithauptova popisu tvoří beraunit krystalickou výplň drobných trhlin, bez volných krystalových ploch. V jednom směru je dokonale štěpný, v druhém, zhruba kolmém, je štěpnost nedokonalá. Barva beraunitu je podle Breithaupta tmavě červená, na slunečním světle tmavnoucí až do červenohnědé. V tenkých lupíncích je beraunit poloprůhledný a má pěknou hyacintově červenou barvu. Breithaupt nový minerál objevil na vzorku ze sbírek Báňské akademie ve Freibergu, dodnes uloženém pod inventárním číslem MiSa21519 (obr. 32 a 33). Kompletní popis, včetně chemického rozboru, mu však umožnilo až získání vzorku



Obr. 31 Červené krystaly beraunitu spolu s tmavě zeleným kulovitým dufrénitem z Hrbku. Šířka záběru 11 mm, foto L. Vrtiška.



Obr. 32 Původní Breithauptův vzorek beraunitu v asociaci s kakoxenem z Hrbku z mineralogické sbírky TU Bergakademie Freiberg (inv. Č. 21519). Rozměry vzorku 10.5 × 5 cm, foto A. Massanek.



Obr. 33 Originální etiketa k původnímu vzorku napsaná Friedrich August Breithauptem v roce 1831 "Rothes strahliges Mineral mit Kakoxen, Lasionit auf einem dichten Brauneisenerz; von Hrbek in Böhmen. 1831 v. [von] Hn [Herr] Geh. Kab. R. [Geheimen Kabinettsrath] Heyer erhalten. Br [Breithaupt]."

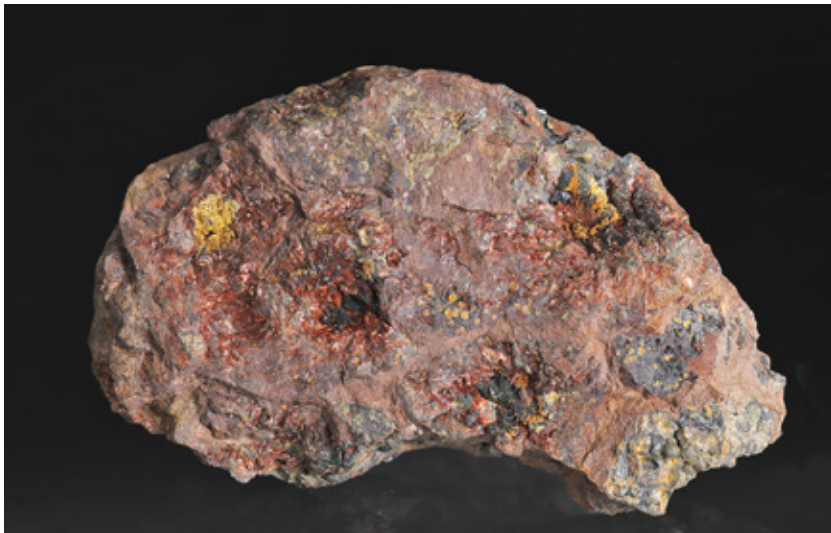


nového („...von welchem ich ganz kürzlich eine bessere Partie erworben habe, als die früheren in der bergacademischen Sammlung befindlich gewesen...“). Tento vzorek by bylo možné považovat za holotypový, nebyl však dosud dohledán. K chemickému složení Breithaupt uvádí, že se pomocí dmuchavky přesvědčil, že v minerálu převažuje fosforečnan železa. Chemickou analýzu provedl Carl Friedrich Plattner, který na základě provedených zkoušek došel k závěru, že beraunit je hydratovaný bazický fosforečnan železa, v němž je železo přítomno výlučně v trojmocné formě (Breithaupt 1840). Téměř analogická minerální asociace jako na Hrbku se vyskytovala na dole Eleonora nedaleko německého Giessenu, kde se nacházely bohaté ukázky fosfátů v dutinách *limonitu*. Od sudu popsal August Nies nový minerál strengit v asociaci s kakoxenem a skelně lesklými krystalky tmavohnědého až hnědočerveného nerostu (Nies 1877), který o tři roky později dostává název *eleonorit* (Nies 1880). Hojnější nálezy *eleonoritu* poté pocházely z dolu Rotlaufchen u německého Waldgirmes. Na těchto vzorcích byly provedeny dvě chemické analýzy, na jejichž základě Streng (1881) poukazuje na velkou podobnost s analýzami beraunitu

z Hrbku. Na identitu obou minerálů poukazují i další autoři (např. Egleston 1887, Groth 1898, Dana, Ford 1922), na čemž se nakonec i všichni shodli, jak to uvádí například Danův *System of mineralogy* (Palache et al. 1951). Následně však došlo na základě vývoje rentgenové difrakční analýzy k objevu zelených forem beraunitu, které měly rentgenové záznamy identické se záznamy červených beraunitů z Hrbku. Postupem času došlo na základě vyřešení krystalové struktury beraunitu, aniž by byl zkoumán typový materiál z Hrbku, k mylnému stanovení jeho ideálního vzorce jako  $\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}_5(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_5 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (Fanfani, Zanazzi 1967; Moore 1970). Na základě toho vznikl prostor pro opětovné uznání minerálu *eleonoritu* s ideálním vzorcem  $\text{Fe}^{3+}_6(\text{PO}_4)_4\text{O}(\text{OH})_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , čehož docílili Chukanov et al. (2017b). S ohledem na Breithauptův (1840) makroskopický popis typového beraunitu a Chukanovův et al. (2017b) popis nově definovaného *eleonoritu* bylo patrné, že se v obou případech jedná o stejný minerál. Dílčím cílem zmiňované dizertační práce bylo vyřešení této problematiky v úzké spolupráci s Jaromírem Tvrdým. Pro výzkum byl použit původní Breithauptův vzorek z Báňské akademie ve Freibergu, ze kterého však ne-

bylo možné získat potřebné množství materiálu pro studium zastoupení  $\text{Fe}^{2+}$  a  $\text{Fe}^{3+}$  za pomoci Mössbauerovy spektroskopie. Z toho důvodu byl použit dodatečný vzorek ze sbírky NM v Praze (obr. 34). Výsledky komplexního studia obou vzorků za pomoci WDS analýzy, Ramanovy a infračervené spektroskopie, monokrystalové a práškové rentgenové difrakce a studium fyzikálních a optických vlastností potvrdily, že beraunity na obou vzorcích jsou svými vlastnostmi téměř identické. Mössbauerova spektroskopie následně potvrdila, že v beraunitu z Hrbku zcela dominuje železo v trojmocném stavu (Vrtiška et al. 2022a) a jeho složení je skutečně identické s *eleonoritem* (Chukanov et al. 2017b). Na základě tohoto studia a následného návrhu Vrtišky et al. (2021) rozhodla komise IMA o redefinici ideálního vzorce beraunitu na  $\text{Fe}^{3+}_6(\text{PO}_4)_4\text{O}(\text{OH})_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  a zrušení názvu *eleonorit*. Název beraunit byl zachován pro jeho historickou prioritu.

S vyřešením této problematiky zároveň vznikl prostor pro novou definici minerálu z beraunitové skupiny s převažujícím  $\text{Fe}^{2+}$  v pozici M1. Tyto minerály jsou známy z mnoha nalezišť na světě, od beraunitu se nejčastěji makroskopicky odlišují zelenou barvou. Jako typový materiál měly být původně použity vzorky z Horního Slavkova, ty však často obsahují zvýšené podíly  $\text{Al}^{3+}$ , a proto byly pro finální návrh nového minerálu, **ferroberaunitu**, použity vzorky z lokality Gravel Hill v anglickém Cornwallu. Tento minerál byl v roce 2021 schválen jako platný druh komisí IMA (Tvrdý et al. 2021).



Obr. 34 Neotypový vzorek beraunitu z Hrbku pocházející ze sbírky NM (inv. Č. P1N18943). Rozměry vzorku 8 × 5 cm, foto L. Vrtiška.



Obr. 35 Bílý wavellit na hematitu ze Zaječova. Rozměry vzorku 6 × 5 cm, sbírka NM P1N110720, foto L. Vrtiška.



Typickým fosfátem barrandienských sedimentů je *barrandit* (dnes **strengit**). Také z hrbeckého dolu ho uvádějí například Zepharovich (1859), Bořický (1867) aj. Tito autoři ho popisují jako hojné paprscité kuličky hedvábného lesku, které se shlukují do ledvinitých agregátů světle šedé, modře a žlutavě bílé barvy. Během současného studia dostupného materiálu se podařilo na jednom vzorku zjistit kulovité agregáty strengitu světle růžové barvy velikosti do 3 mm. V historické literatuře jsou z Hrbku zmiňovány i další, na této lokalitě méně časté fosfáty, jako **wavellit**, *picit* a *fouchérit* (oba dnes neplatné názvy pro **delvauxit**) (Velebil et al. 2018).

#### Zaječov

Obec Zaječov leží cca 7.5 km jz. od Hořovic. Zaječovské železnorudné doly jsou podle Lipolda (1863) nejstaršími důlními pracemi v okolí. Těžba ordovických železných rud ve zdejší lokalitě probíhala několik set let, nejdříve z povrchu, později hlubinně. V terénu zůstal patrný pouze nevýrazný zbytek po těžbě. Zarostlé odvaly jsou pozorovatelné například v pastvině severně od silnice Zaječov - Olešná (Černý et al. 2018).

Zaječovský důl byl nalezištěm sběratelsky atraktivních wavellitů, které se vyskytovaly na puklinách ordovických hornin a železných rud spolu s krystalovaným **křemenem** (Reuss 1856, Reuss 1858, Lipold 1863, Bořický 1871). V zaječovském dole našel Wala (1867) v dutinách oolitického hematitu bílé paprscité kuličky, někdy tvořící ledvinité kúry *sféritu* (dnes **variscit**). Byl odsud popsán jako nový minerál. Jeho barva byla světle šedá, nebo modravá, případně červená (zbarvená hematitem) a černá (zbarvená *wadem*). Variscit je zde nejstarším fosfátem, spolu s ním byly nalezeny *barrandit* (Al bohatý **strengit**) a **wavellit**. Wavellit byl nalezen také na celistvém *krevelu* na puklinách a v drúzových dutinách, kde tvořil polokulovité paprscité agregáty a hvězdovitě vyplně (obr. 35). Byl nalezen i v podloží železných rud (Černý et al. 2018). Spolu s těmito minerály je bez bližších údajů zmiňován beraunit (Zepharovich 1867), může se však jednat o mylně uvedený výskyt z neďalekého dolu Hrbek.

#### Krušná hora u Nového Jáchymova

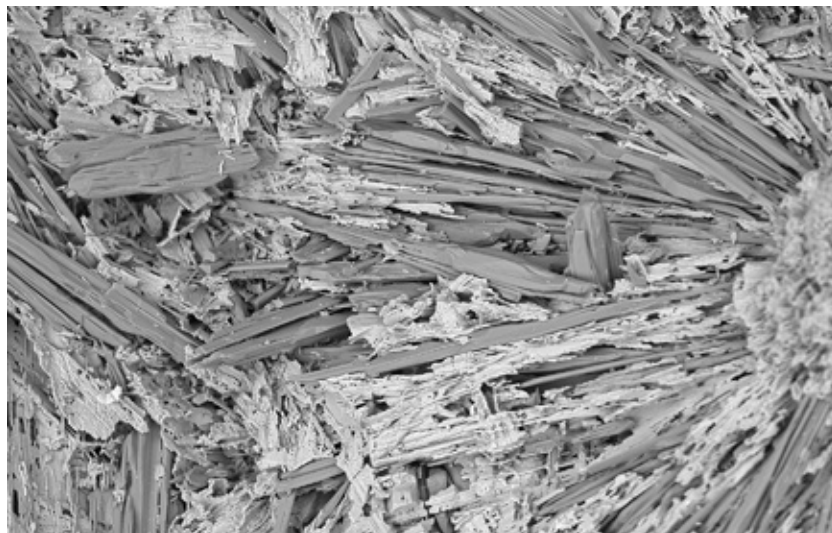
Historický železnorudný důl na Krušné hoře u Nového Jáchymova, cca 10 km z. až zsz. od Berouna, je dalším z nalezišť minerálů vázaných na železné rudy Barrandienu. Důl patřil mezi nejvýznamnější doly na železnou rudu v oblasti Barrandienu. Železná ruda se zde dobývala pravděpodobně již od 14. století, první písemná zmínka o dolování však pochází až z roku 1652 (Lipold 1863; Mencl et al. 1988). Po roce 1945 to byl největší hlubinný železnorudný důl v českých zemích. Těžba zde probíhala s různou intenzitou až do roku 1967 (Mencl et al. 1988). Kruš-

nohorský revír byl součástí pásma známých dolů, dobývajících chamosity a hematit, začínajících nučickými závody a pokračujících Chrustenicemi, Krušnou horou, Zdicemi a končícím lomem v Ejpovicích.

Z mineralogického hlediska jsou odsud známé vzorky výrazných krystalů barytu, často s kalcitem, ankeritem a pyritem (např. Velebil 2017). Ze sulfidů se zde vyskytly například galenit, sfalerit, chalkopyrit a cinabarit. Mineralogické poměry této lokality studovali například Bořický (1869a, 1869b, 1971); Slavíková, Slavík (1917-1918); Vtělenský (1959) aj. Nepříliš známou fosfátovou mineralizací vázanou na nepravidelné trhliny zdejších hornin, převážně Fe rud, se nově zabývali Vrtiška et al. (2019a) a Vrtiška, Malíková (2020). Velice vzácné ukázky těchto minerálů pocházejí z dob těžby, převážně z 19. století. O jejich výskytu se již v průběhu 19. a první poloviny 20. století zmiňují různí autoři (např. Feistmantel 1852, 1853; Bořický 1869a,b, 1871; Orlov 1929 aj.). Vedle v historické literatuře zmiňovaných fosfátů *barranditu* (dnes **strengit**), **wavellitu** a *zepharovichitu* (dnes rovněž **wavellit**) byly během novodobého studia historických vzorků identifikovány: **variscit**, **fosfosiderit**, **kakoxen**, velmi vzácný **tvrdýt** a **allanpringit**.



Obr. 36 Zemité agregáty allanpringitu obrůstající alterovaný fluorwavellit z Krušné hory. Šířka záběru 7 mm, sbírka NM P1N94089, foto L. Vrtiška.



Obr. 37 Allanpringit (světlejší) mezi jehlicemi fluorwavellitu z Krušné hory. Šířka záběru 0.75 mm, BSE foto L. Váchová.

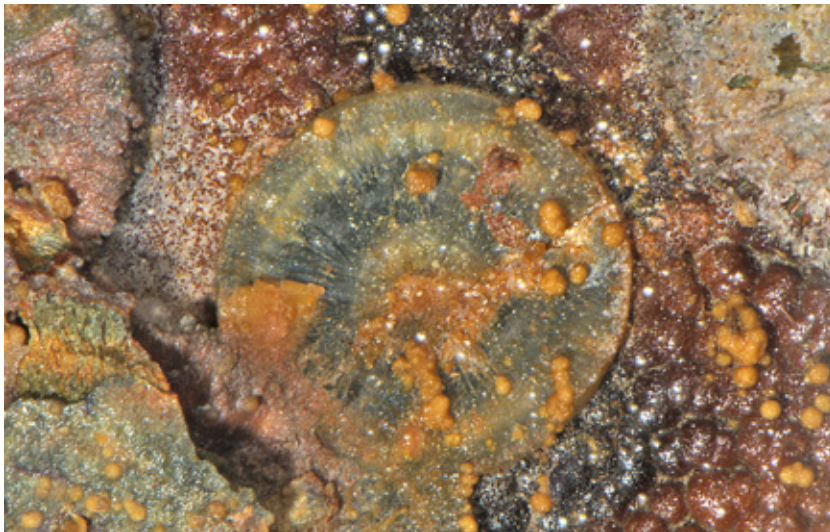


**Allanpringit** je sekundární monoklinický fosfát trojmocného železa s ideálním vzorcem  $\text{Fe}^{3+}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . Jako nový minerální druh byl popsán Kolitschem et al. (2006) z haldového materiálu opuštěného železno-rudného dolu Mark u Essershausenu v Německu. Na lokalitě Krušná hora tvoří allanpringit žluté práškovité agregáty, které vyplňují prostory mezi alterovanými jehlicemi bílého fluorwavellitu (obr. 10, 36). Při bližším pozorování za pomoci zpětně odražených elektronů (BSE) je patrné, že allanpringit tvoří kúry s negativy alterovaných jehlic wavellitu a v menší míře idiomorfni tyčinkovité, sloupcovité a kostrovité krystaly do velikosti 50  $\mu\text{m}$  (obr. 37). Orlov (1929) popisuje žlutavý zemité fosfát z paragneze wavellitu s indexem lomu přibližně 1.680 a považuje jej za *zephyrovichit*. Při mikroskopickém pozorování ho charakterizuje jako kryptokrystalický, místy se slabě dvojlomnými destičkami. Je pravděpodobné, že se jedná právě o nově uváděný allanpringit. Krušná hora byla v době publikování práce Vrtišky et al. (2019a) druhým známým nalezištěm tohoto minerálu na světě.

Druhým vzácným nově zjištěným fosfátem z Krušné hory je **tvrdýit** (Vrtiška et al. 2019a; Vrtiška, Malíková

2020). Jedná se monoklinický fosfát železa a hliníku s ideálním vzorcem  $\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}_2\text{Al}_3(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_5(\text{H}_2\text{O})_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , patřící do beraunitové skupiny. Ve struktuře tvrdýitu byly definovány čtyři kationtové pozice;  $M1 \text{Fe}^{2+} \gg \text{Fe}^{3+}, \text{Zn}$ ;  $M2 \text{Al} \gg \text{Fe}^{3+}$ ;  $M3 \text{Al} > \text{Fe}^{3+}, \text{Zn}$  a  $M4 \text{Fe}^{3+} > \text{Al}, \text{Zn}$ . Zjednodušený vzorec ( $M1\text{-}M4\text{-}M2\text{-}M3\text{-}M4$ ) tak lze vyjádřit jako  $(\text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}, \text{Zn})(\text{Fe}^{3+}, \text{Al}, \text{Zn})_2(\text{Al}, \text{Fe}^{3+})_2(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_5(\text{H}_2\text{O})_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (Sejkora et al. 2016). Tvrdýit byl popsán Sejkorou et al. (2016) z Krásna u Horního Slavkova a pojmenován na počest českého geologa Jaromíra Tvrdého. Krušná hora je po Hagen-dorfu v Německu (Weiß, Hochleitner 2017) třetím zdokumentovaným nalezištěm tohoto minerálu na světě. Na vzorcích z Krušné hory tvoří tvrdýit zelené až žlutozelené, radiálně paprskovité koncentrické agregáty do velikosti 4 mm v průměru (obr. 38; Vrtiška et al. 2019a; Vrtiška, Malíková 2020).

V historické literatuře uváděný wavellit (např. Feistmantel 1852, 1853) byl na základě studia jeho chemického složení identifikován jako nově definovaný druh **fluorwavellit** (obr. 10; Kampf et al. 2015, 2017a) s obsahy F v rozmezí 1.08 - 1.33 *apfu* (Vrtiška et al. 2019a). Další



**Obr. 38** Zonální světle až tmavozelený tvrdýit s rezavě hnědým jarositem z Krušné hory. Šířka záběru 4.2 mm, sbírka NM P1N18834, foto L. Vrtiška.



**Obr. 39** Oranžový kakoxen se šedavým strengitem z Krušné hory. Šířka záběru 5.5 mm, sbírka NM P1N6125, foto L. Vrtiška.

zjištěným fosfátem z Krušné hory je **fosfosiderit**, který zde tvoří smetanově bílé radiální agregáty po alterovaném fluorwavellitu do velikosti 15 mm a kulovité narůžovělé agregáty do velikosti 1 mm. Bořický (1869b, 1871) zmiňuje wavellit, který zvětrává na šedobílou nebo načervenalou zemitou hmotu s udržení paprskovitosti agregátů, kterou považuje za gibbsit; dle popisu se pravděpodobně jedná o zde popisovaný fosfosiderit. Nově zde byl zjištěn také **kakoxen**, který tvoří radiálně paprskovité a koncentrické, slámově žluté až oranžové agregáty do velikosti 1.5 mm v asociaci se strengitem (obr. 39). V kationtové pozici kakoxenu z Krušné hory byly vedle dominantních obsahů  $\text{Fe}^{3+}$  (19.10 - 21.97 *apfu*) zjištěny zvýšené obsahy Al (3.81 - 5.80 *apfu*) oproti ideálnímu obsahu 1 *apfu* Al ve vzorci kakoxenu (Vrtiška et al. 2019a). Podobně zvýšené obsahy byly zjištěny v Černovicích u Tábora (3.77 - 4.02 *apfu*; Vrtiška et al. 2017). Z Krušné hory byl historicky popisován dnes již neplatný minerální druh *barrandit* (např. Bořický 1869a, 1869b; Orlov 1929). Vrtiška et al. (2019a) jej identifikovali jako Al-bohatý **strengit**. Ten se na lokalitě vyskytuje v podobě šedobílých, bílých až čirých, perleťově lesklých koncentrických agregátů do velikosti 2 mm. Na studovaných vzorcích je velmi podobný variscitu, tvoří však menší agregáty „celistvějšího“ charakteru a na vzorcích je vzácnější. Chemickým studiem koncentrických agregátů strengitu z Krušné hory byla zjištěna jeho výrazná nehomogenita. Zastoupení Fe v kationtové pozici bylo zjištěno v rozmezí 0.54 - 0.92 *apfu*. Vedle Fe byly



zjištěny významné obsahy Al (variscitové komponenty) v rozsahu 0.14 - 0.49 *apfu*, část analýz tedy spadá do těsné blízkosti hranice strengit-variscit.

Velká část studovaných vzorků evidovaných v mineralogické sbírce NM pod označením *barrandit*, nebo *strengit-barrandit*, odpovídá dle studia Vrtišky et al. (2019a) po chemické stránce **variscitu**. Variscit se vyskytuje na puklinách v podobě koncentrických agregátů nejčastěji s bílým středem a čirým až světle šedým průhledným okrajem. Velikost těchto agregátů dosahuje 2 - 3 mm. Bořický (1869b) zmiňuje Breithauptův předpoklad, že *barrandit* z Krušné hory je *peganit*. Tento předpoklad byl správný, jelikož dnes již neplatný název *peganit* je synonymem pro variscit.

Vedle fosfátů byl na vzorku s tvrdítem zjištěn jarosit, který tvoří rezavě hnědé krystalické polokulovité agregáty do velikosti 0.2 mm nasedající částečně na agregáty tvrdítu či přímo na horninu (Vrtiška et al. 2019a).

### Nučice

V oolitických železných rudách bohatých na chamosit z historického dolu v **Nučicích** u Berouna byl identifikován vzácný fosfát **collinsit**  $\text{Ca}_2\text{Mg}(\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , se zónami **messelitu**  $(\text{Ca}_2\text{Fe}^{2+}(\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$ . Tyto minerály tvoří až 15 mm velké béžové radiální agregáty na puklinách oolitické rudy (obr. 40). V jejich složení byly zjištěny zóny se zvýšenými obsahy  $\text{Sr} \leq 5.74$  hm. %  $\text{SrO}$  (obr. 41; Vrtiška et al. 2022b). Přítomnost chamositu  $(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg}, \text{Al}, \text{Fe}^{3+})_6(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH}, \text{O})_8$  a sideritu v sedimentárních horninách poskytla vhodné podmínky pro vznik fosfátů bohatých Mg a Fe. Zdroj fosforu lze patrně hledat ve fosilních schránkách brachiopodů, které ze sedimentů nučického obzoru popisuje již Slavík (1918). Ve fosilních ordovických brachiopodů jsou ve světě známé zvýšené obsahy Sr nejčastěji v rozmezí 500 - 2000 ppm (např. Shields et al. 2003) a mohly tak sloužit jako zdroj Sr pro vznik Sr-bohatých domén v collinsitu a messelitu.

### Evženov

Na jižním svahu vrchu Ve vrškách (505 m n. m.; cca 6 km jv. od Hořovic) v lese na starých haldicích byly na puklinách železné rudy nalezené drobné bílé a růžové jehličky **wavellitu** velké do 2 mm (Černý et al. 2018).

### Radeč

V mineralogické sbírce NM je uložena ukázka masivního limonitu a hematitu, na které je 2.5 cm velký vějířovitý agregát šedobílého **wavellitu** z vrchu Radeč (Rač) (8 km jz. od Zbirohu; obr. 42). Vzorek pochází ze sbírky knížete A. Lobkowicze a zmiňuje se o něm již Slavík (1918), který na něm uvádí také *barrandit*. Ten byl nově přeurčen PXRD analýzou (Vr-

tiška 2023) na **variscit**, jenž na vzorku tvoří bílé až čiré polokulovité agregáty a ledvinité kúry. Slavíková a Slavík (1917-1918) odsud uvádějí také **dufrénit**.

### Jivina

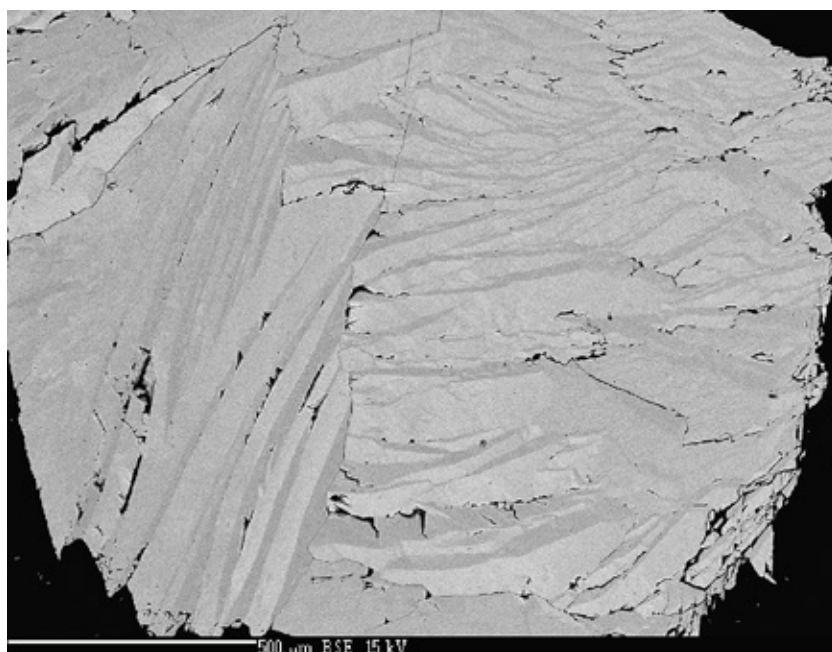
Bořický (1873) uvádí na výchozu železné rudy v okolí Jiviny (cca 1.5 km jz. od Hořovic), bez bližší lokalizace, polokoule a ledvinité paprscité agregáty **wavellitu** s hladkým nebo drúzovým povrchem spolu s ledvinitým **sféritem** (**variscitem**).

### Sebečice

Do mineralogické sbírky NM byl v 80. letech zakoupen od Pavla Černého vzorek **kakoxenu** na pórovitém limonitu (obr. 43) ze Sebečic (cca 5 km zsz. od Zbirohu). Slavíková a Slavík (1917-1918) odsud uvádějí mikroskopické žilky **dufrénitu** v limonitu.



Obr. 40 Detail až 15 mm velkých agregátů collinsitu na krustě drobně krystalického sideritu na puklině oolitické železné rudy s chamositem z Nučic. Šířka záběru 45 mm, sbírka NM P1N19001, foto L. Vrtiška.

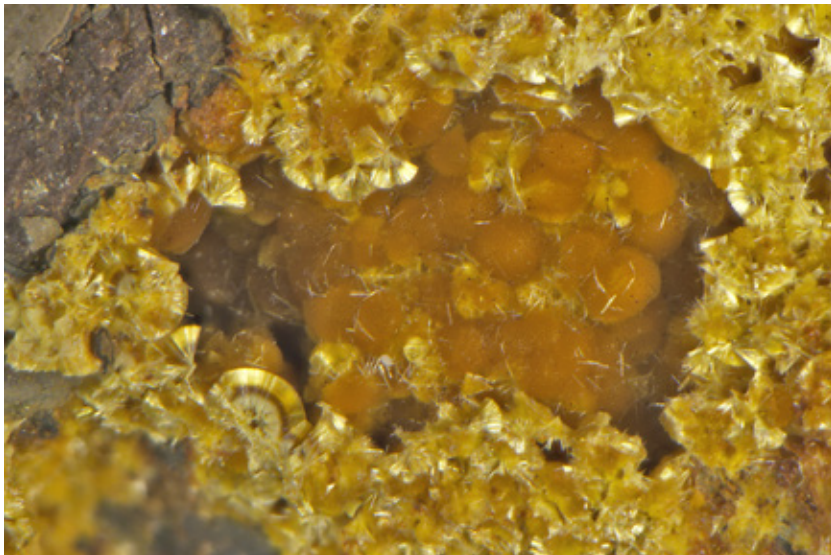


Obr. 41 Světlé zóny odpovídají Sr-bohatému a tmavé zóny Sr-chudému collinsitu z Nučic. Šířka záběru 1.5 mm, BSE foto Z. Dolníček.

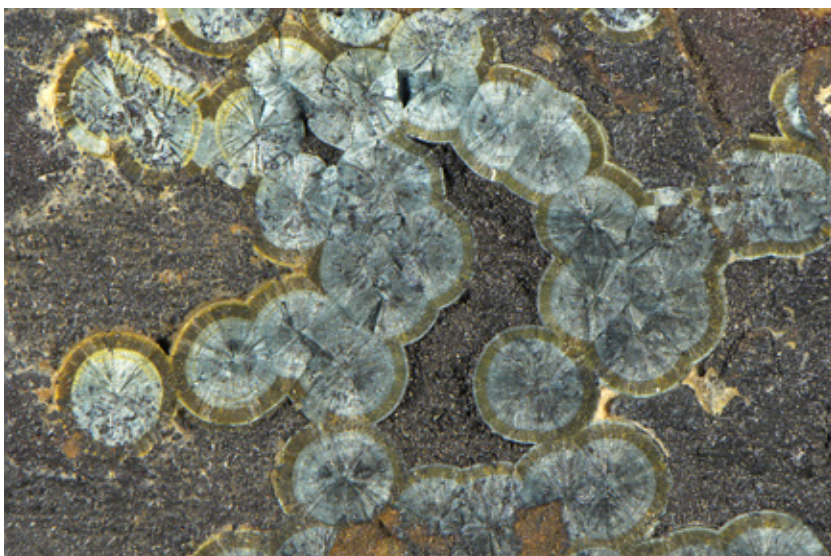




**Obr. 42** Radiální 25 mm velký agregát wavelitu spolu s bílou krustou variscitu z lokality Radeč. Rozměry vzorku 8 × 5 cm, sbírka NM P1N18944, foto L. Vrtiška.



**Obr. 43** Kakoxen z lokality Sebečice. Šířka záběru 2.2 mm, sbírka NM P1N35289, foto L. Vrtiška.



**Obr. 44** Dufrénit lokalizovaný jako Komárov. Šířka záběru 5 mm, sbírka NM P1N77053, foto L. Vrtiška.

### **Komárov**

V mineralogické sbírce NM je uložen vzorek drobných zelených, 1 mm velkých sférolitických agregátů dufrénitu na limonitu (obr. 44). U vzorku je uvedena lokalita Komárov, bez bližšího upřesnění.

### **Turkovna u Březiny**

Ve stejné sbírce je uložena také ukázka **kakoxenu** na limonitu - hematitu (obr. 45) z Turkovny u Březiny (cca 6 km s. od Rokycan). Makroskopicky se podobá vzorku ze Sebečic.

### **Poniklá**

Známým nalezištěm fosfátů v Fe rudách mimo oblast Barrandienu je Poniklá (6 km ssz. od Jilemnice). Fosfáty se zde nacházejí v reziduálních železných rudách v obalových jednotkách krkonošsko-jizerského plutonu (Chaloupský 1989). Nejčastějším fosfátem na tomto nalezišti je **natrodufrénit** (Škoda, Rus 2010), původně již v 19. století popisovaný jako dufrénit. Ten se vyskytuje především na haldě dolu Karel, kde na puklinách tvoří tmavozelené až hnědé, radiálně paprscité agregáty o velikosti až 1 cm (obr. 46). Většina těchto agregátů však bývá přeměněna na rezavý goethit (Jirásek, Matýsek 2010). Z fosfátů se dále vzácněji vyskytuje **variscit** (Čech, Slánský 1965), původně Čechem et al. (1962) uváděný jako v té době samostatný minerální druh *redondit* (dnes varieta variscitu), **wavellit** (Čech et al. 1961), **beraunit**, **rockbridgeit** nebo vzácný **churchit-(Y)** (Škoda, Rus 2010) či Breithauptem (1868) uváděný *kallait* (dnes minerál tyrkys), který byl později Čechem et al. (1961) přeурčený jako **planerit**. Tito autoři také uvádějí minerál připomínající kakoxen, ten však nebyl dosud analyticky potvrzen. Nově byl z Poniklé popsán také **vivianit** (Vrtiška, Bednařík 2018) v místech označených v mapách jako Stará Hora. Vivianit se zde vyskytl v podobě snopkovitých či samostatných, světle modrých kopinatých krystalů o velikosti do 0.8 mm nasedajících na velmi drobné oranžovohnědé klencové krystaly a zaoblené agregáty sideritu.

### **Plíškovice**

V mineralogické sbírce NM se nachází vzorek křídově bílých celistvých hlíz v *limonitu* tvořených směsí **variscitu** a **fosfosideritu**



(obr. 47), doprovázených **wavellitem**, který pochází z kutací šachty Pražské železárenské společnosti na sv. svahu kóty 505, j. od Plíškovic (cca 12 km sv. od Blatné). O zdejší těžbě se zmiňuje například Kratochvíl (1963). Výskyt těchto fosfátů byl ověřen terénním výzkumem v roce 2022 a je v současné době předmětem výzkumu.

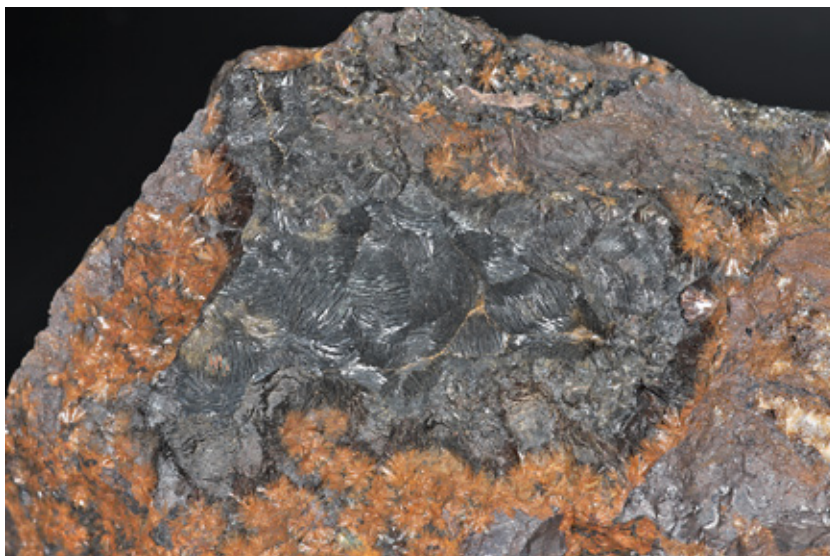
### 3. Fosfáty v ordovických sedimentech (mimo Fe rudy)

Ordovické sedimentární horniny barrandienské oblasti, převážně droby a kvarcitty, jsou již od počátku 19. století známé bohatými výskyty Al, Fe fosfátů, především wavellitu, jehož ukázky patřily ve své době mezi nejlepší na světě (např. Ponfík 1827). Mineralogické asociace těchto sedimentů se zdají být relativně fádní, vedle wavellitu se zde nachází především strengit, variscit a kakoxen. Z doprovodných minerálů je možné zmínit třeba nedávno popsaný jarosit (např. Černý et al. 2015). Na tomto místě je nutné zmínit, že wavellity z nalezišť v kapitole 3. nebyly až na výjimky moderně analyzovány a je možné, že se v některých případech jedná o fluorwavellit. V poslední době se zde však postupně objevují i méně běžné minerály, jako např. allanpringit (Vrtiška et al. 2020) aj. Původ fosforu pro vznik fosfátů v ordovických drobách je dle Ulricha (1929b) v organických zbytcích, především brachiopodů, které jsou velmi hojně zastoupeny v krušnohorských vrstvách (Klouček 1926). Dle Ulricha se však nejprve jednalo o *kolofanit* (kryptokrystalický apatit), který ve svrchních vrstvách ordoviku prokázali Slavíková a Slavík (1917 - 1918), a který je relativně dobře rozpustný v hydrotermálním prostředí. Ionty  $\text{PO}_4^{3-}$  pak mohly srážet  $\text{Fe}^{3+}$  a  $\text{Al}^{3+}$ , které do roztoku přicházely následkem rozkladu sklovité komponenty kambrických vyvěřelin. Ty podle Kettnera (1916) poskytly hlavní materiál k sedimentaci nejspodnějšího ordoviku v této části Barrandienu.

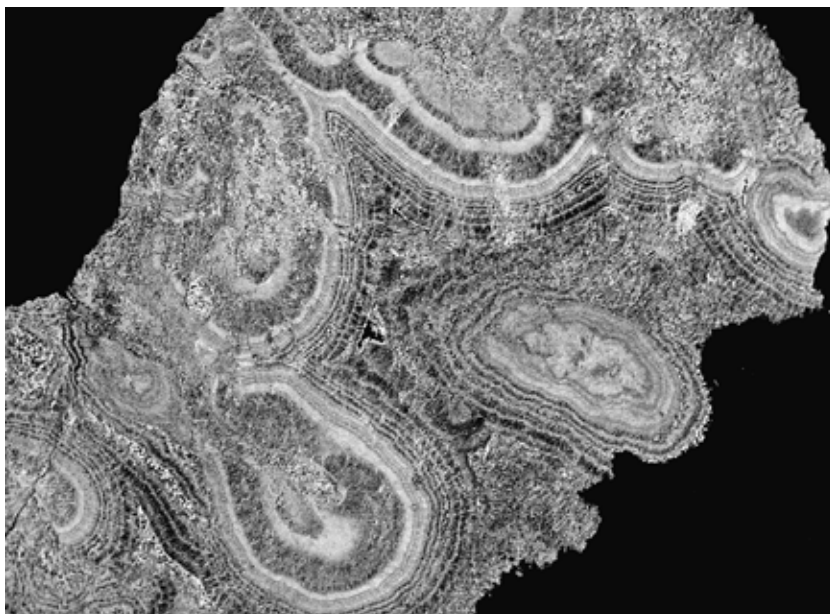
**Obr. 47** Zonální textura variscitu (tmavé zóny) a fosfosideritu (světlé zóny) z Plíškovic. Šířka záběru 0.8 mm, BSE foto Z. Dolníček.



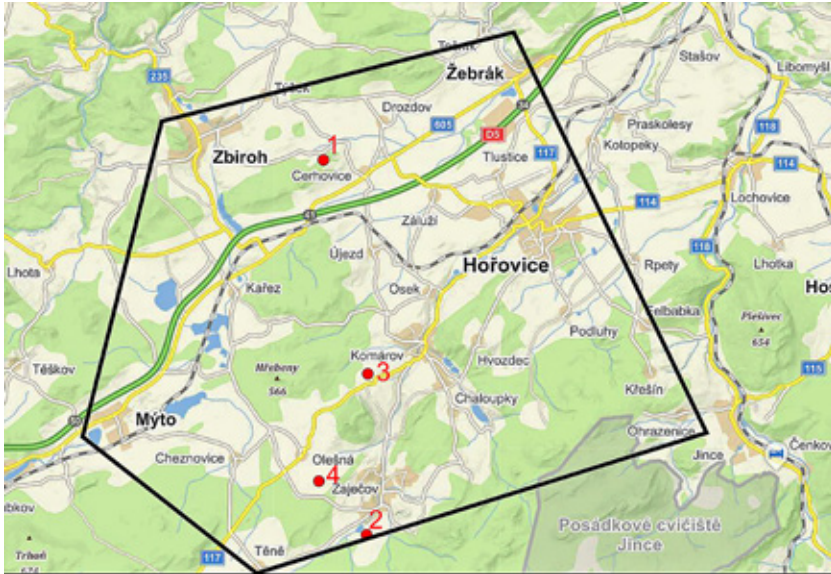
**Obr. 45** Kakoxen z lokality Turkovna. Šířka záběru 2.2 mm, sbírka NM P1N82322, foto L. Vrtiška.



**Obr. 46** Natrodufrénit z Poniklé. Šířka záběru 6 cm, sbírka NM P1N5856, foto L. Vrtiška.



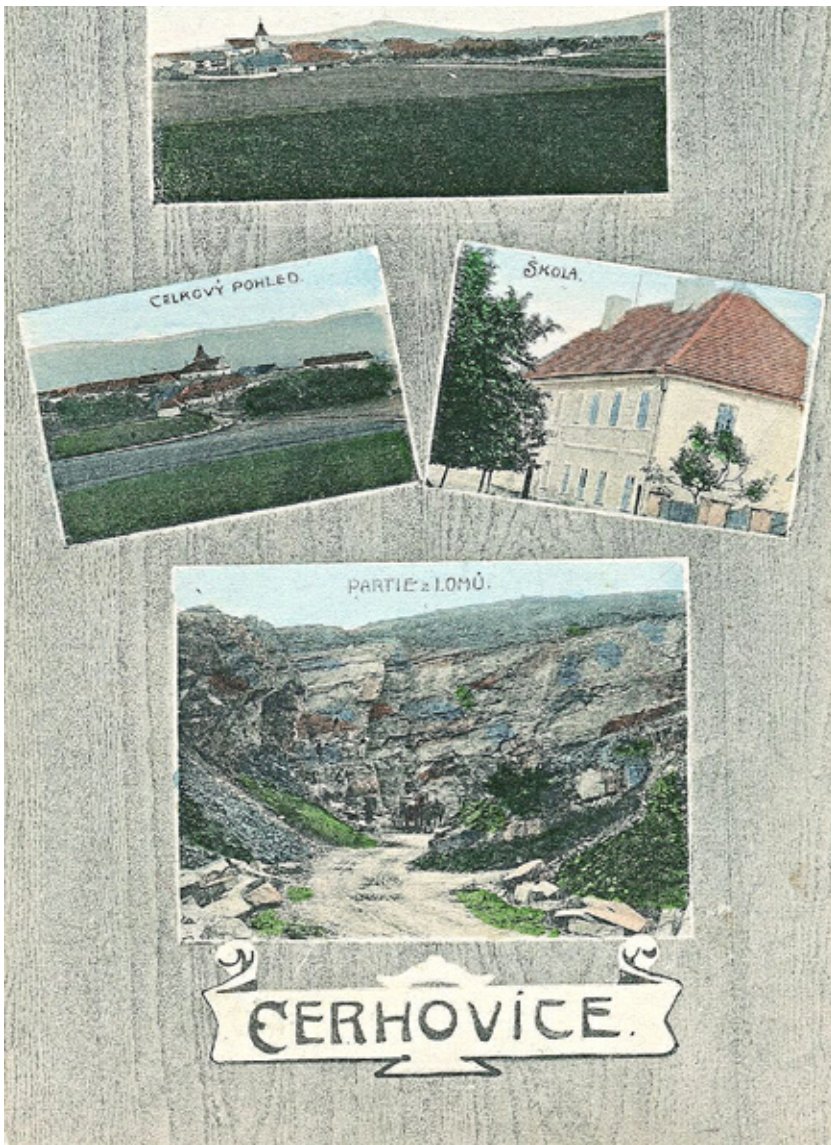




### Třenice - Cerhovice

Nejvýznamnějším nalezištěm fosfátů v této oblasti je Třenická hora v blízkosti obcí **Třenice** a **Cerhovice** (obr. 48), které spolu těsně sousedí. V jejím svahu byly v ordovických drobách vyhloubeny dva lomy (obr. 49). Cerhovický lom je situovaný severozápadně od Cerhovic na západním svahu Třenické hory. Od sousedícího třenického lomu je oddělený úzkým pruhem nevytápné horniny. Oba lomy, které byly v činnosti již v první polovině 19. století, jsou často zaměňovány (Černý et al. 2018).

V cerhovickém lomu našel Wala v roce 1856 minerál, který popsal Zepharovich (1867) jako nový druh *barrandit*. Od *sféritu* (dnes **variscit**) jej odlišoval Bořický (1873) podle toho, že *sférit* narůstal na hematit. *Barrandit* je doprovázen častým výskytem **kakoxenu**. Někteří autoři (např. Zepharovich 1867) popisují přeměnu *barranditu* na kakoxen. Revizí *barranditu* bylo zjištěno, že je identický se **strengitem** (obr. 50 - 52), respektive jeho Al bohatou formou (Gordon 1925). *Variscit* (*sférit*) je kulovitý nebo zcela vyplňuje pukliny. Tvoří hvězdotvité a stébelnaté agregáty nebo sněhobílé vějíře (např. Zepharovich 1867 či 1873). Bořický (1873) uvádí hyacintově hnědožluté kuličky *picitu* (dnes **delvauxitu**). Kakoxen popisuje mnoho autorů coby citronově žluté sametové povlaky nebo jemné jehlice rostoucí přímo na puklinách droby, případně na wavellitu a *barranditu*. Nejstarší zmínka je od Bořického (1867). **Wavellit** tvoří v puklinách sněhobílé radiálně paprskité agregáty o průměru až 7 cm, nebo souvislé vrstvy jehličkovitých krystalů (obr. 53). Celistvý wavellit, dříve uváděný jako *zepharovichiit*, odtud popsal Bořický (1869a) bez bližších údajů. V současné době je cerhovický lom z



**Obr. 48** Mapa s vyznačením lokalit s výskytem fosfátů v okolí Hořovic: 1. Třenice-Cerhovice; 2. Hrbek - důl; 3. komárovský a jivinský lom; 4. Milina. Zdroj: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz).

**Obr. 49** Historická pohlednice Cerhovic, s vyobrazením partie z lomů. Archiv J. Loun.



větší části zavezen komunálním odpadem (Černý et al. 2018).

V třenicím lomu byly těženy stejné ordovické droby jako ve vedlejším lomu cerhovickém. Popis zdejšího *barranditu* (**strengitu**) koresponduje s výskytem z cerhovického lomu (např. Bořický (1873)). Bořický (1869a) zmiňuje žlutočervené až červenohnědé povlaky nebo kuličky tvořené *picitem*. Tentýž autor popisuje jeho vznik z *barranditu* a jeho následnou přeměnu na **kakoxen** a *limonit*. Minerál *picit* byl později revizí zrušen a ztotožněn s **delvauxitem**. Ulrich (1929b) odsud zmiňuje **variscit**. První nález **wavellitu** z roku 1816 popisuje Ponfkl (1827). Ukázky, které proslavily tuto lokalitu, tvořily paprscité, většinou bílé výplně vrstevních ploch drob (obr. 54, 55). Barva je též někdy nazelenalá, nebo nažloutlá (obr. 56). Velikost jednotlivých hvězdic většinou nepřesáhla 3 cm. Jeho vrstvy byly silné do 1 cm, tvořené paprscitými agregáty. Místo hojně žluté jehličky kakoxenu nebo jejich spojitě agregáty se sametovým povrchem se vyskytují hlavně v limonitizovaných puklinách. Kulovité agregáty světle fialového **strengitu** o velikosti do 3 mm narůstají na vrstvy limonitu v rozevřených puklinách. **Al-bohatý strengit** (*barrandit*) tvoří hladké bílé, namodralé, či světle fialové polokoule, uvnitř celistvé, někdy s vrstevnatou stavbou, často v asociaci s kakoxenem (obr. 57). Na svislých tektonických poruchách vyplněných limonitem a amorfním fosfátem železa byl nalezen hnědočervený jehličkovitý **beraunit** (obr. 58; Černý et al. 2018), u kterého bylo za pomoci Mössbauerovy spektroskopie určeno téměř výhradní zastoupení  $Fe^{3+}$  (Vrtiška, nepubl. data). Nově byl identifikován také **dufrénit** (či **natrodufrénit**) a **crandallit** (obr. 59). V crandallitu, s ideálním vzorcem  $CaAl_3(PO_4)(PO_3OH)(OH)_6$ , byly zjištěny zvýšené obsahy Sr ( $\leq 2.8$  hm. % SrO; Vrtiška 2023). O studiu beraunitu, crandallitu a dufrénitu je připravována samostatná publikace.

### Milina

Dalším významným nalezištěm je hřbítek **Milina** s kótou 563 m n. m., který se nachází mezi obcemi Olešná a Zaječov (obr. 48). Již v druhé polovině 19. století zde byl popsán *barrandit* (resp. **strengit**), **wavellit**, **kakoxen** a *sférit* (resp. **variscit**) (Zepharovich 1867; Bořický 1869a, b; Krejčí, Feistmantel 1885). Lokalitou



Obr. 50 Bohatá ukázka kulovitých agregátů strengitu („barranditu“) s wavellitem z cerhovického lomu. Rozměry vzorku 8 × 8 cm, sbírka NM P1N59741, foto L. Vrtiška.



Obr. 51 Kulovité agregáty strengitu („barranditu“) s wavellitem z cerhovického lomu. Šířka záběru 11 mm, sbírka NM P1N59741, foto L. Vrtiška.



Obr. 52 Kulovité agregáty strengitu („barranditu“) se snopy wavellitu z cerhovického lomu. Šířka záběru 23 mm, sbírka NM P1N6131, foto L. Vrtiška.





Obr. 53 Wavellit z cerhovického lomu. Rozměry vzorku 12 × 10.5 cm, sbírka NM P1N92465, foto L. Vrtiška.



Obr. 54 Wavellit z třenického lomu. Rozměry vzorku 18 × 8 cm, sbírka NM P1N73765, foto L. Vrtiška.



Obr. 55 Wavellit z třenického lomu; 18 × 12 cm, sbírka NM P1N4225, foto L. Vrtiška.

se ve 20. letech 20. století zabývali například Kettner (1916), Slavík (1918), Slavíková (1921) a Hynie (1923). Po provedení podrobného mineralogického výzkumu zdejšího *psilomelanu* Dadákem (1976) bylo zjištěno, že se ve skutečnosti jedná o lithioforit. V lomu se místy střídají polohy ordovických drob a silicitů, na jejichž puklinách, někdy rozevřených šikmo k vrstevnatosti, se nacházejí zmiňované fosfáty. Nejhojnějším fosfátem je bílý, perleťově lesklý wavellit. Na základě studia Vrtišky et al. (2020) se ve většině případů jedná o **fluorwavellit** (obr. 10). Ten tvoří ploché či vzácněji polokulovitě, radiálně paprscité agregáty o průměru až 15 mm (obr. 60). Méně častý je výskyt čirých či nazelenalých polokulovitých agregátů variscitu (obr. 61), šedých až fialovošedých kuličkovitých agregátů Al bohatého strengitu či povlaků drobně jehličkovitého zlatožlutého kakoxenu (Zepharovich 1867; Bořický 1869a, b; Černý et al. 2015, 2018). Černý et al. (2015) také nově popsali výskyt drobně krystalovaného jarositu v asociaci s variscitem, strengitem, kakoxenem a kalcitem.

Vrtiška et al. (2020) uvádějí z Miliny vzácný **allanpringit** jako produkt alterace fluorwavellitu (obr. 62, 63). Allanpringit na vzorku zelenošedé droby tvoří žluté, zdánlivě práškovité agregáty, které obrůstají či zcela nahrazují jehlicovité krystaly radiálně paprscitého fluorwavellitu. Allanpringit tak místy zachovává tvar těchto agregátů, které dosahují velikosti do 12 mm v průměru. Při studiu vzorku ve zpětně rozptýlených elektronech (BSE) je patrné, že allanpringit tvoří perimorfózy po jehlicích fluorwavellitu v podobě krust, složených z drobných tabulkovitých krystalů o velikosti okolo 10 μm (obr. 63). Nejmladším minerálem studované asociace je jarosit, který tvoří dipyramidální, dokonale omezené krystaly do velikosti 30 μm, které narůstají na allanpringit. Při podrobném studiu chemického složení allanpringitu z Miliny byly v kationtové pozici zjištěny vedle dominantního Fe<sup>3+</sup> (2.65 - 2.76 *apfu*), také zvýšené obsahy Al (0.18 - 0.28 *apfu*; Vrtiška et al. 2020).

#### Jivina - Komárov

Naleziště fosfátů se nachází v opuštěných lomech na ordovické droby severně od silnice mezi obcemi Jivina a Komárov (obr. 48). Podél silnice jsou zde seřazené tři lomy. V nejvýše položeném (západním) lomu



nebyla fosfátová mineralizace zastížena (Černý et al. 2018).

Další lom ležící blíže silnice (jižnější) se nazývá jivinský a lom severnější je nazýván komárovský. Autoři v historické literatuře tyto lomy nerozlišují. Nejstarší popisy **wavellitu** pocházejí od Streinze (1828) a Zippého (1833). Ten podle nich vyplňuje pukliny v drobě v podobě hvězdicovitých, méně chvostkových, sněhobílých, nebo žlutých i světle zelených agregátů. Podle Bořického (1871) je wavellit mladší než *barrandit*. Drobné žluté hvězdicovité agregáty **kakoxenu** s wavelitem jsou na trhlinách drobky podle úst. sděl. Dr. Tučka (Kratohvíl 1960).

V současné době jsou oba lomy opuštěné, zarostlé a zasucené. V komárovském lomu jsou místy na vrstevních plochách hnědofialové ordovické drobky souvislé výplně paprscitých bílých wavellitů. Jehlice dosahují délky až 8 cm. Méně častý je lesklý bílý, někdy slabě namodralý Al-bohatý **strengit** (*barrandit*). Většinou tvoří tenké polohy okolo 1 mm na vrstevních plochách drob. V místě rozvětvení puklin lze nalézt jeho kulovité agregáty. Kakoxen se na vrstevních plochách vyskytuje ojediněle, a to v asociaci s wavelitem. Jeho zlatožluté jehličky dosahují délky 1 - 2 mm (Černý et al. 2018).

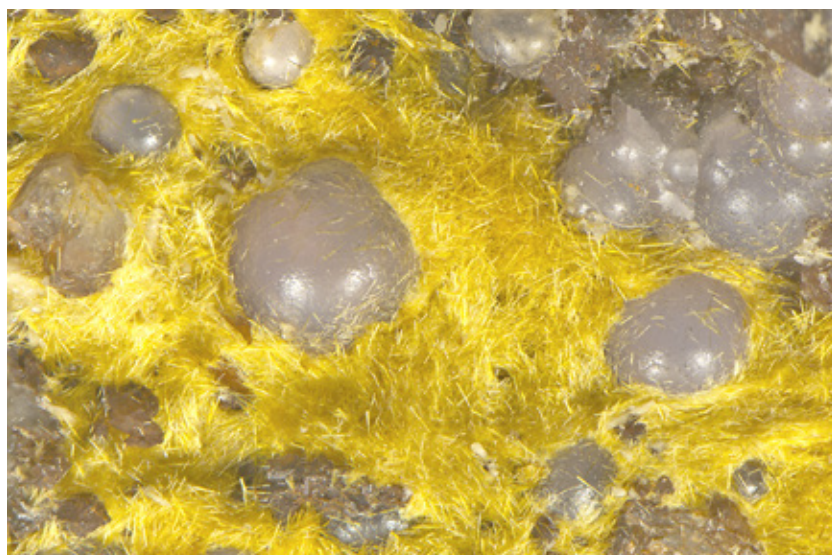
V jivinském lomu se wavellit nalézal v tektonicky postižené, většinou limonitizované drobě. Vyplňoval pukliny probíhající šikmo k vrstevnatosti a ve vzniklých dutinách do velikosti 8 cm byly nalézány jeho sněhobílé paprscité polokulovité agregáty velké do 1 cm (obr. 64). Pukliny byly běžně vyplněné bílými paprscitými agregáty, velkými do 2 cm (obr. 65). Spolu s ním byly na sevřených puklinách ojediněle nalezeny drobné jehlice žlutého kakoxenu (Černý et al. 2018).

#### **Svatá Dobrotivá**

Ve starší literatuře je lokalita Svatá Dobrotivá (9 km jz. od Hořovic) popisovaná samostatně, někdy je pod Svatou Dobrotivou popisován i Hrbek. Dnes je Svatá Dobrotivá částí obce Zaječov, přesto ji pro přehlednost uvádím samostatně. Výskyty wavellitu jsou známy z lomů západně od Svaté Dobrotivé, severně od silnice do Olešné, nad hřbitovem. Zde se na vrstevních plochách hnědofialových drob vyskytovaly žíly hvězdicovitě bílého **wavellitu** až 4 mm mocné. Dnes jsou tyto staré malé lomy zasucené a zarostlé (Černý et al. 2018).



**Obr. 56** Žluté prostorové agregáty wavellitu z třenického lomu; šířka záběru 2.5 cm, foto L. Vrtiška.



**Obr. 57** Slámově žlutý jehličkovitý kakoxen se strengitem z třenického lomu. Šířka záběru 6 mm, sbírka NM P1N19051, foto L. Vrtiška.



**Obr. 58** Rezavé agregáty beraunitu se slámově žlutým kakoxenem z třenického lomu. Šířka záběru 10 mm, foto L. Vrtiška.





**Obr. 59** Celistvý béžový crandallit mezi vrstvami krystalického wavellitu na alterované drobě z Třenic. Šířka záběru 13 mm, sbírka NM P1N38352, foto L. Vrtiška.



**Obr. 60** Wavellit z lomu Milina. Rozměry vzorku 11 × 6 cm, sbírka NM P1N6150, foto L. Vrtiška.



**Obr. 61** Variscit z Miliny. Šířka záběru 4.3 mm, sbírka NM P1N112944, foto L. Vrtiška.

### Hrbek (Zaječov)

Na mezi nad rybníkem Heřmanem (jihovýchodně od rybníka) vycházejí na povrch zelené ordovické droby a šedozelené ordovické silicity. V nich byla zjištěna mineralizace představovaná většinou drobnými žilkami s bílým paprsciťým **wavellitem** (hvězdice do 1 cm) a bílým jehlicovitým variscitem (do 2 mm). Ojediněle se zde vyskytly žilky wavellitu mocné 2 cm (Černý et al. 2018).

### Cheznovice

V drceném, limonitem tmeleném ordovickém křemenci v místě starého dolu „Janovky“ jižně od obce Cheznovice (10 km jz. od Hořovic) byly nalezeny slabé povlaky tvořené jehličkami **wavellitu**, povlečených limonitovou kůrou. Spolu s ním se vyskytuje drobný zlatožlutý **kakoxen**, tvořící jehličky do 2 mm (Černý et al. 2018).

Jižně od Cheznovic v lokalitě Žlebec, kde byly dříve těžené ordovické železné rudy, se v lese nacházejí skromné pozůstatky po jejich dobývání. Zde byl na puklině limonitu nalezen bílý paprsciťý wavellit s jehlicemi do 3 mm (Černý et al. 2018). V opuštěném lomu v lese jv. od obce v ordovických drobách popisuje Láznička (1965) slámově žluté až žlutohnědé vějířkovité agregáty **kakoxenu** na puklinách spolu s bílými vějířkovitými agregáty **wavellitu**.

### Kařízek

Na puklinách ordovických křemenců povlečených limonitem, jižně od Kařízku (7 km zjz. od Hořovic), v lese zvaném Studená kuchyně byly nalezeny drobné bílé paprsciťé agregáty **wavellitu**. Wavellit byl nalezen také v ordovických křemencích v lesech na Kařízecké hoře (567 m n. m.) mezi Kařízkem a Újezdem (Černý et al. 2018).

### Komárov

Na jz. svahu vrchu Chlum (529.8 m n. m.) porostlého lesem byly v ordovických křemencových balvanech na limonitizovaných puklinách nalezeny drobné paprsciťé agregáty béžového **wavellitu** (Černý et al. 2018).

### Mýto

Z okolí Mýta (10 km sv. od Rokycan) uvádí Zippe v práci Mohse (1839) **kakoxen** na puklinách droby. V mineralogické sbírce NM je uložen vzorek drobných polokulovitých agregátů **wavellitu** na trhlíně rezavé droby lokalizovaný jako Mýto u Rokycan.



### Olešná

V okolí Olešné (8.5 km jz. od Hořovic) byl na několika místech nalezen na poli v kamenech tvořených ordovickými drobami a silicity bílý nebo nažloutlý **wavellit** v podobě vzácných jehlic (Černý et al. 2018).

### Těně

Severně od Těně (11 km jz. od Hořovic) za bývalým objektem JZD lze na puklinách hnědofialových drob nalézt paprscitý bílý **wavellit**. Délka jehlic většinou nepřesahuje 1 cm (Černý et al. 2018).

### Točník

Z této oblasti je historicky popisován **barrandit (strengit)** a **wavellit** (Klvaňa 1886). Černý et al. (2018) uvádějí béžové jehlice wavellitu do velikosti 2 mm z balvanu ze sutě nad silnicí severně od zářezu ve skále mezi hrady Žebrák a Točník (5 km s. od Hořovic).

### Čilina u Rokycan

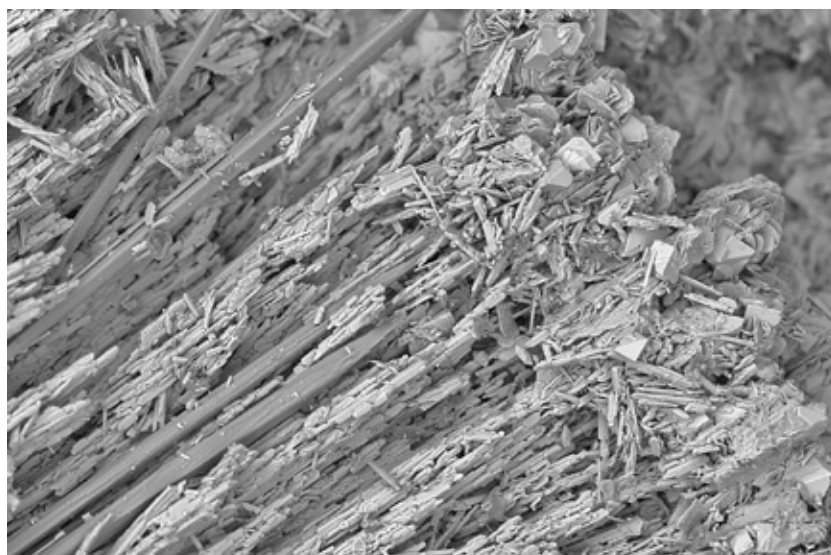
Z vrchu Čilina na jz. okraji Rokycan popisuje Purkyně (1913) **wavellit** na puklinách drabovských křemenců. Několik vzorků od zmíněného autora je uloženo v mineralogické sbírce NM, na kterých wavellit tvoří až 1.5 cm velké šedobílé hvězdicovité, radiálně paprscité agregáty (obr. 66). Od stejného dárce je z Čiliny ve sbírce NM uložen vzorek **kakoxenu**, který zde našel Dr. V. Rosický (Purkyně 1913).

## 4. Fosfáty v Fe-Mn břidlicích v oblasti Chvaletic

V tzv. chvaletickém rudním pruhu na severozápadě Železných hor se nachází několik lokalit s výskytem fosfátů. Mezi hlavní patří **Chvaletice**, **Zdechovice**, **Litošice** a **Morašice**. Pásmo vulkanosedimentárních ložisek kyzových břidlic a železo-manganových rud se v délce zhruba 12 km táhne od Chvaletic na severozápadě až po Semtěš na jihovýchodě (obr. 67). Je zhruba rovnoběžné s linií železnohorského zlomu, podle které došlo během alpinského vrásnění k výzdvihu Železných hor o několik stovek metrů. Zrudnění je vázáno na slabě metamorfované a intenzivně zvrásněné horniny tzv. chvaletické skupiny, považované za ekvivalent kralupsko-zbraslavské skupiny barrandienského proterozoika. Převažují tmavé fylitické břidlice s drobovými a tufitickými polohami, zastoupeny jsou i bazické vulkanity a klastika telčických slepenců. Na chvaletické



Obr. 62 Radiálně paprscité agregáty fluorwavellitu z větší části nahrazeného okrovým allanpringitem spolu s bílými koncentrickými agregáty variscitu z lomu Milina. Šířka záběru 30 mm, foto L. Vrtiška.



Obr. 63 Jehlice fluorwavellitu obrůstané či nahrazené krustami a tyčinkovitými agregáty allanpringitu s dipyramidálními krystaly jarositu z lomu Milina. Šířka záběru 500  $\mu$ m; BSE foto L. Váchová.

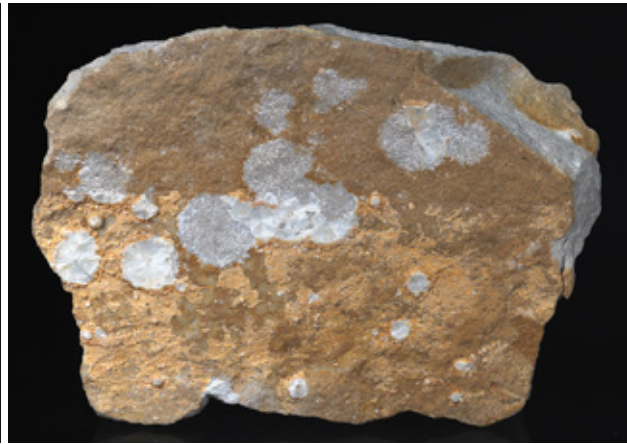


Obr. 64 Wavellit v dutině droby z Jiviny. Rozměry vzorku 10  $\times$  7 cm, sbírka NM P1N53620, foto L. Vrtiška.



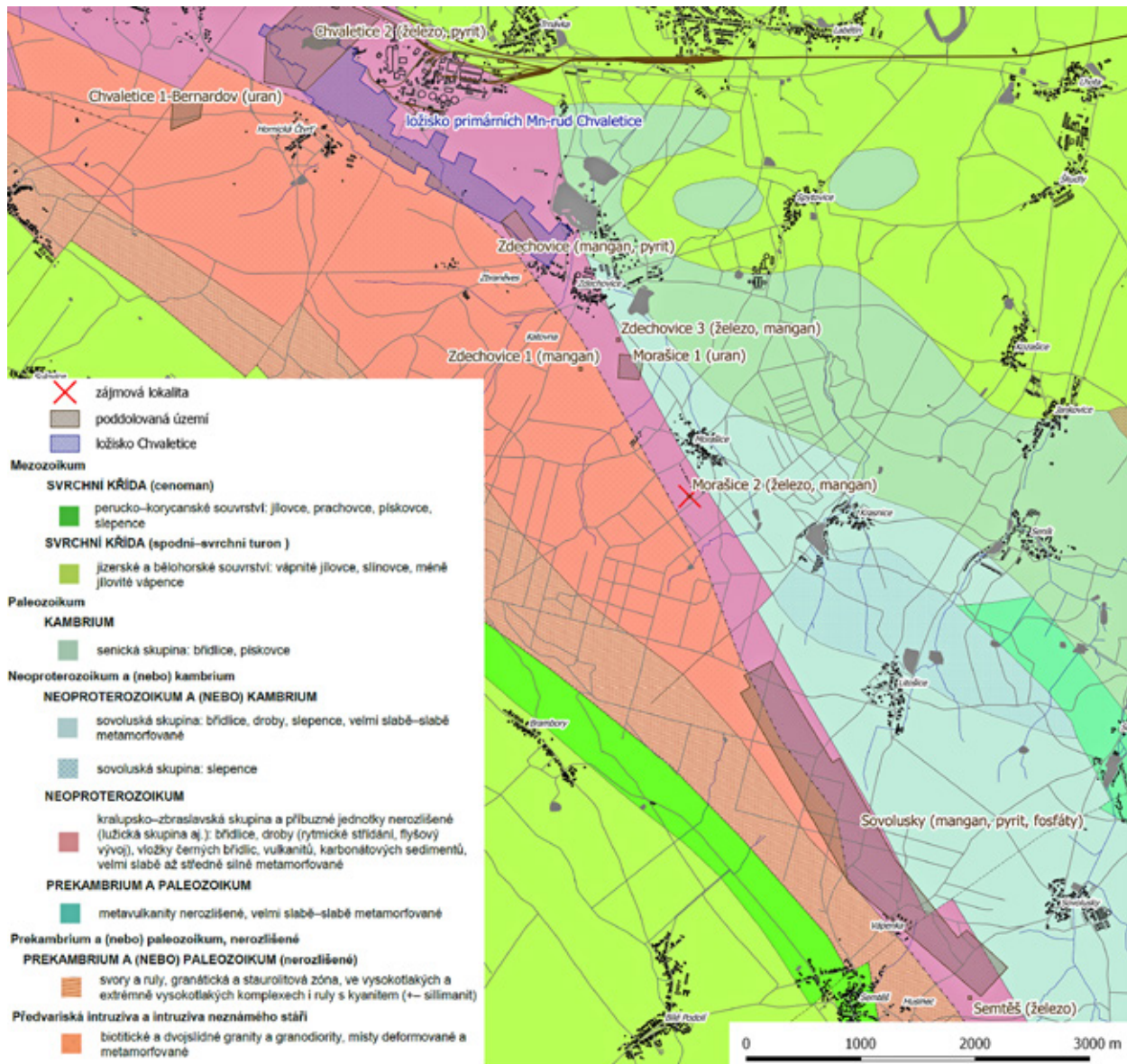
skupině je diskordantně uložena mladší (podle posledních výzkumů kambrická) sovoluská skupina budovaná tence páskovanými horninami s tělesy alkalických vul-

kanitů a polohami litošických slepenců (Chlupáč et al. 2002). Celkem mají obě tyto jednotky mocnost několika stovek metrů. Na severovýchodě upadají pod staropaleo-



Obr. 65 Wavellit na puklině droby z Jiviny. Rozměry vzorku 10,5 × 6 cm, sbírka NM P1N6151, foto L. Vrtiška.

Obr. 66 Wavellit na puklině křemence z Čiliny. Rozměry vzorku 9 × 6,5 cm, sbírka NM P1N94322, foto L. Vrtiška.



Obr. 67 Geologická mapa Chvalčovic se zájmovými lokalitami. Zpracováno podle mapových aplikací České geologické služby (<https://mapy.geology.cz>, 2019), topografický podklad Data50 (Český úřad zeměměřický a katastrální, 2019).



zoická a křídová souvrství, na jihu a jihozápadě se stýkají s chvaletickým granitovým masivem (Vrtiška et al. 2019b).

Hlavní manganonosný horizont je představován čočkovitým sedimentárním rodochrozitem. Největší mocnosti několika desítek metrů dosahuje západně od Chvaletic, směrem k jihovýchodu jeho mocnost ubývá a u Sovolusk byly nalezeny jen několikadecimetrové rodochrozitové konkrce. V podloží této polohy jsou kyzové břidlice slabě zrudněné a málo mocné, v nadloží je pyritové zrudnění intenzivnější a má větší mocnost. Ve svých východních partiích podlehy sedimentární rudy intenzivní hydrotermální metamorfóze, která lemují masiv chvaletického granitu. Tyto procesy daly vznik pestrým minerálním asociacím (Slavík 1931; Žák 1972; Žák 1978).

Dobývání železných rud v této části Železných hor je známo od středověku. S přestávkami probíhalo až do počátku 17. století, po třicetileté válce úplně ustalo a bylo obnoveno až koncem 18. století. V polovině 19. století vstoupila do regionu Česká montánní společnost (Böhmische Montangesellschaft), přední výrobce surového železa a vlastník sléváren, válcoven a železnorudných dolů v Čechách. Největší ložiska byla u Chvaletic, k drobnějším výskytům patřily Zdechovice, Morašice, Litošice, Sovolusky a Semtěš. V roce 1885 je uváděna produkce asi 7 000 centů (tj. necelých 400 tun) oxidické rudy ze železného klobouku s obsahem 20 % Fe a 20 % Mn. V roce 1909 převzala revír Pražská železářská společnost (Prager Eisenindustrie-Gesellschaft), která se po poměrně rozsáhlých průzkumných pracích a vydobytí menších výskytů soustředila na největší ložisko u Chvaletic. Soustavná těžba Fe-Mn rud začala v roce 1915 a postupně dosáhla roční výše několika desítek tisíc tun (Tvrď et al. 2017). Postupně zde vznikl velký jámový lom dlouhý 2.5 km s maximální šířkou 500 m a 150 m hloubkou (10 pater). Následně byl prostor lomu využíván jako úložiště popílku nedaleké tepelné elektrárny Chvaletice. V současné době je lom popílkem zcela zaplněn (Vrtiška, Pauliš 2019).

Zajímavostí je vedlejší těžba fosfátů (destinezitu) u Litošic. Po 2. světové válce byla Pražská železářská společnost znárodněna a začleněna do národního podniku Středočeské uhelné a železnorudné doly. Území se nevyhnulo ani uranové horečce



**Obr. 68** Tmavě modrá 10 mm velká srostlice krystalů vivianitu na rodochrozitu a dolomitu s pyritem. Lokalita Chvaletice, sbírka NM P1N66827, foto L. Vrtiška.



**Obr. 69** Srostlice modrých krystalů vivianitu o velikosti 15 mm. Lokalita Chvaletice, sbírka NM P1N668269, foto L. Vrtiška.

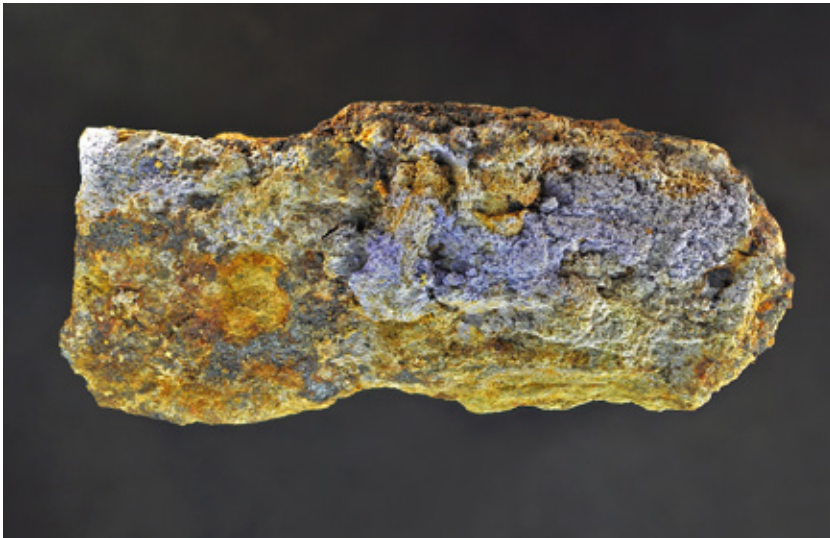


**Obr. 70** Žluté agregáty kaxoxenu z Chvaletic. Šířka záběru 11 mm, sbírka NM P1N66840, foto L. Vrtiška.

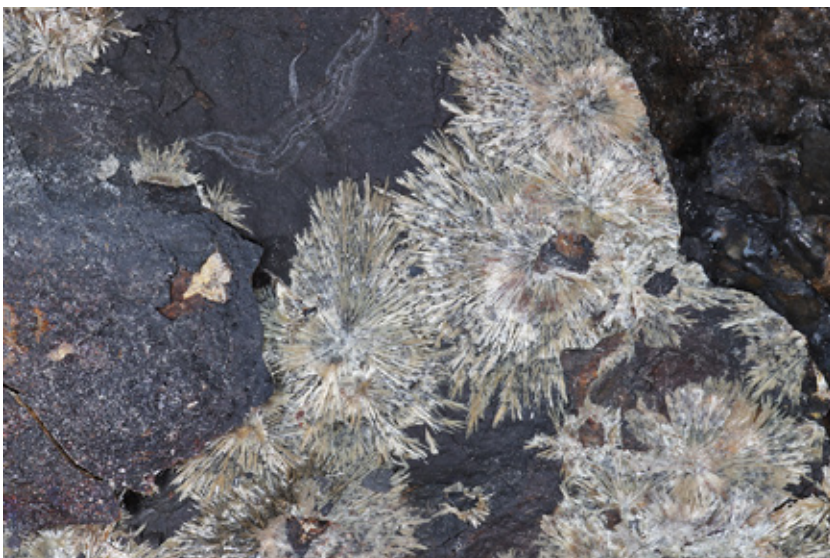




**Obr. 71** Žluté agregáty kakovenu na krystalech rodochroitu z Chvaletic. Šířka záběru 4 mm, sbírka NM P1N68683, foto L. Vrtiška.



**Obr. 72** Bělavé až nafialovělé agregáty fosfosideritu ze Zdechovic. Rozměry vzorku 4.5 × 2 cm; foto M. Blažek.



**Obr. 73** Radiálně paprscité agregáty strunzitu ze Zdechovic. Šířka záběru 4 cm, sbírka NM P1N39280, foto L. Vrtiška.

poloviny 20. století, průzkumné práce u Bernardova a Morašic však vyzněly neúspěšně (Vrtiška et al. 2019b).

Pro supergenní minerály vznikající zvětráváním kyzů v této rudní oblasti je charakteristické výrazné uplatnění fosfátové komponenty (fosfáty fosfosiderit, fluorapatit, vivianit, strunzit, ferroberaunit aj. a fosfát-sulfát destinezit), čímž se výrazně odlišují od produktů kyzového zvětrávání hornin (sulfáty) barrandienského proterozoika (Bernard et al. 1981; Sejkora et al. 2014).

#### **Chvaletice**

Opuštěné ložisko pyritu a manganových rud se nachází jižně a jihovýchodně od železniční zastávky Chvaletice, 9 km západně od Přelouče. Z mineralogického hlediska patřily Chvaletice k významným nalezištím (popsáno zde bylo přes 80 minerálních druhů). Tato pestrost byla vyvolána existencí řady minerálních asociací různé geneze (synsedimentární, regionální a kontaktní metamorfózy, žíly alpského typu bohaté Mn, sekundární mineralizace; Vrtiška, Pauliš 2019). Zdejší minerální asociací se zabýval především Žák (např. 1978). Sekundární puklinové fosfáty se vyskytovaly hlavně ve svrchních částech ložiska. Zmiňován je odsud například **delvauxit**, **destinezit**, **evansit** či **vivianit**, který zde tvoří až 2 cm velké sytě modré krystaly (obr. 68, 69; Vrtiška, Pauliš 2019). Prachař (1981) uvádí **strunzit** a fialové povlaky **klinostrengitu** (**fosfosiderit**). V mineralogické sbírce NM jsou uloženy dvě bohaté ukázky agregátů **kakovenu**, místy narůstajících na krystaly rodochroitu (obr. 70, 71).

#### **Zdechovice**

Ve **Zdechovicích** byly Fe-Mn rudy těženy před rokem 1945. Přehled minerálů, které byly zjištěny v kutacích „strouhách“ u Zdechovic, uvádí Slavík (1928). K nejhodnějšímu patří drobně krystalovaný a zrnitý pyrit, který tu bývá vtroušen především do vrstevnatých fylitů. Ze supergenních minerálů se tento autor zmiňuje o kyslíkatých rudách Mn, **hnedelu**, **sádrovci**, **destinezitu**, **delvauxitu** a bělavých kůrách **alunogenu**. Lázníčka (1964) uvádí v seznamu minerálů z této lokality vedle již uvedeného pyritu a sádrovce také **dialogit**, **ankerit** a **melanterit**. V rámci terénních prací byly zjištěny výskyty supergenního **fosfosideritu**, **destinezitu** a **fluorapatitu** (Pauliš et al. 2015). **Fosfo-**

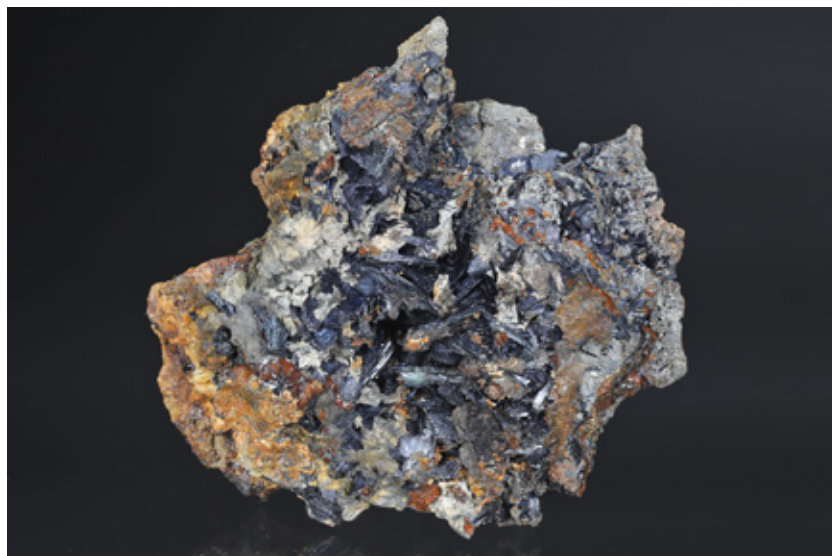


**siderit** zde patří k poměrně častým supergenním minerálům, vytváří bělavé, šedobílé a nafialovělé povlaky a kůry na plochách přes 10 cm<sup>2</sup>, často narůstající či vrůstající do rozložené podložky původních sericitických břidlic (obr. 72). **Destinezit** tvoří žlutohnědé ledvinité kompaktní hlízy s lasturnatým lomem o rozměrech do 8 cm. Nově byl zjištěn **fluorapatit**, tvořící až několik centimetrů velké, špinavě bílé a šedobílé jemnozrné agregáty narůstající na značně alterovaný horninový podklad. Vzhledově je fluorapatit velmi podobný bělavému fosfosideritu (Pauliš et al. 2015). V mineralogické sbírce NM je z lokality Zdechovice uložena bohatá ukázka **strunzitu** v minulosti nesprávně určená jako kakoxen (obr. 73; Vrtiška 2023).

### Litošice

Na **litošickém** ložisku byly rozlišeny geneticky rozdílné minerální asociace (např. Žák 1972). K primárním asociacím patří pyrit, pyrotin, manganatý siderit, které vznikly během sedimentace a diagenese těchto sedimentárních komplexů. Mimo vlastní rudní minerály je podstatně zastoupen primární **apatit - kolofán** (Žák, Povondra 1960). Intruze chvalětické žuly způsobila kontaktní metamorfózu a podmínila genezi tzv. pyrit-pyrotinových rohovců, které obsahují **dialogit** (rodochrozit), magnetit, **dannemorit** (clino-ferro-suenoit) a **manganatý apatit** (Žák 1972).

Ze sekundárních fosfátů a síranů se v oxidační zóně ložiska vyskytovaly především **delvauxit** a **diadochit-destinezit**, jejichž hlízy dosahovaly velikosti několika decimetrů. Vztah delvauxitu a diadochit-destinezitu objasnil optickým výzkumem Ulrich, který zjistil, že diadochit-destinezit vzniká z delvauxitu působením iontů SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> při pyritovém zvětrávání (Žák 1972). Tým autor uvádí pro Litošice dále **vivianit** (obr. 74, 75), **fouchérit** (delvauxit) a **vashegyit**. Nověji byl na lokalitě zjištěn také **koninckit** (obr. 76; Jirásek 2005). Tento minerál byl detailně studován a výsledky výzkumu jeho molekulární struktury za pomoci Ramanovy a infračervené spektroskopie publikovali Jirásek et al. (2017). Jako doprovodné fosfáty uvádí Jirásek (2005) na lokalitě Litošice také **strengit**, **strunzit** či **kakoxen**. Welsler et al. (2014) pak při revizi lokality zjistili také **fosfosiderit** a supergenní **fluorapatit**. Spolu s těmito fosfáty uvádějí také výskyt nastrojarositu.



Obr. 74 Bohatá ukázky krystalů vivianitu z Litošic. Rozměry vzorku 6 × 5 cm, sbírka NM P1N18736, foto L. Vrtiška.



Obr. 75 Srostlice tmavě modrých krystalů vivianitu z Litošic. Šířka záběru 10 mm, sbírka NM P1N18736, foto L. Vrtiška.

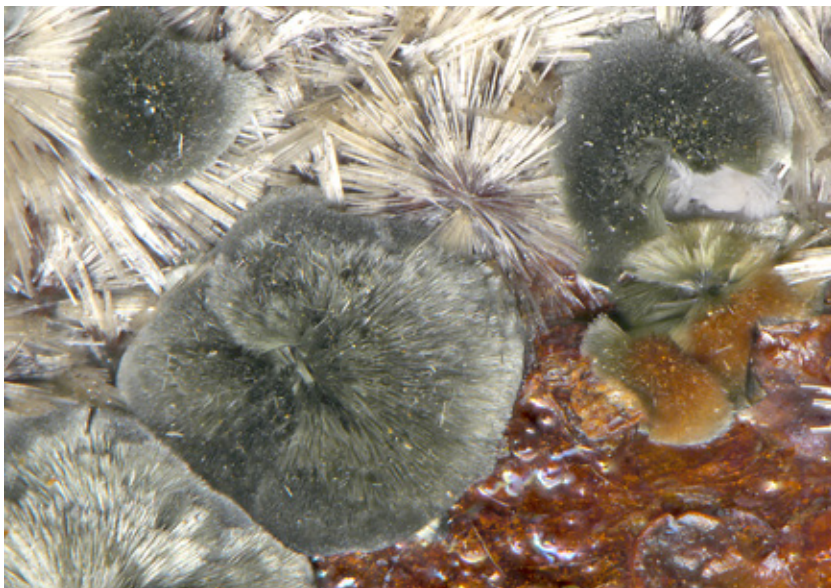


Obr. 76 Žilka bílého koninckitu z Litošic. Šířka záběru 20 mm, sbírka NM P1N83165, foto L. Vrtiška.





**Obr. 77** Polokulovité agregáty hedvábně lesklého zeleného beraunitu se žlutými snopkovitými agregáty strunzitu a bílým kulovitým fosfosideritem z Morašic. Šířka záběru 5 mm, sbírka NM P1N77043, foto L. Vrtiška.



### Morašice

Základní mineralogickou charakteristiku drobného ložiska u Morašice otevřeného v roce 1927 přináší Slavík (1928). Z primárních rud uvádí pyrit, pyrhotin, rodochrozit, rodonit a *antofylitový azbest*, z druhotných nerostů oxidační zóny pak aragonit, **vi-vianit**, neotokit, oxidické manganové fáze (*psilomelan*, *wad*), **destinezit** a amorfní fosforečnany hliníku a železa (*delvauxit*, *bořickýit-foucherit*, minerál odpovídající **santabarbaraitu** aj.).

Vrtiška et al. (2019b) nově studovali zdejší fosfátovou mineralizaci na sedmi historických vzorcích z mineralogické sbírky NM. Větší část z nich našel osobně advokát a obhájce z pražských Dejvic Dr. Jaroslav Hrbek mezi lety 1939 a 1941, nejstarší ukázka pochází od V. Vítka z Chvaletic (před rokem 1928), jeden vzorek sbíral prof. RNDr. Lubor Žák, CSc. v roce 1949 a poslední studovaná ukázka byla získána koupí od doc. RNDr. Karla Paděry, CSc. v roce 1977. Podle popisu na některých ukázkách pocházejí vzorky z důlního odvalu u myslivny, situovaného jihozápadně od obce Morašice (cca 6 km jv. od Chvaletic; GPS 49.9977158 N, 15.4860331 E).

Tímto studiem byl zjištěn výskyt minerálu ze skupiny beraunitu, který v minulosti Tuček (1943) na základě optických vlastností určil jako *kraurit* (dnes dufrénit). Vyskytuje se v asociaci se **strunzitem** a **fosfosideritem** v podobě tmavě zelených až žlutozelených snopkovitých a radiálních agregátů do velikosti 1 mm složených z jehlicovitých krystalů, respektive polokulovitých, světle zelených, žlutozelených místy až oranžovožlutých plstnatých agregátů s hedvábným leskem do velikosti 1.5 mm (obr. 77 - 79). Vzhledem k jeho

**Obr. 78** Polokulovité agregáty hedvábně lesklého žlutozeleného beraunitu se žlutými radiálně paprčitými agregáty strunzitu a bílým kulovitým fosfosideritem z Morašic. Šířka záběru 2 mm, sbírka NM P1N77043, foto L. Vrtiška.

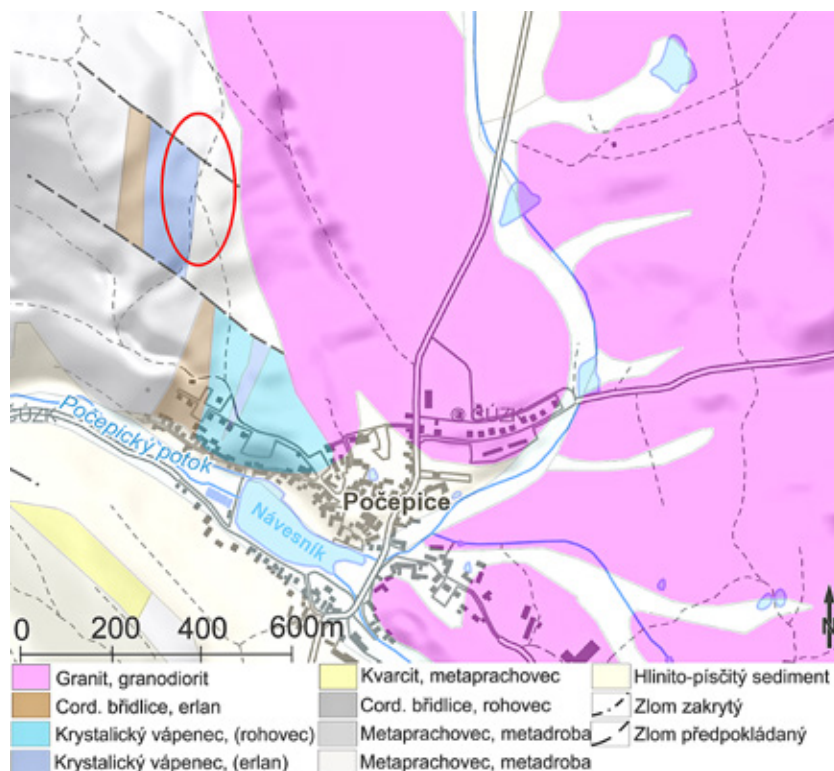
**Obr. 79** Oranžovožluté snopkovité agregáty jehlicovitých krystalů strunzitu z Morašic. Šířka záběru 3 mm, sbírka NM P1N77044, foto L. Vrtiška.





zelené barvě je pravděpodobné, že se jedná o **ferroberaunit**, minerální druh nově definovaný Tvrdým et. al (2021, 2022). Vzhledem k nedostatku materiálu nebylo možné blíže zkoumat zastoupení  $\text{Fe}^{2+}$  a  $\text{Fe}^{3+}$  pomocí Mössbauerovy spektroskopie. Studium jeho chemického složení byly zjištěny zvýšené obsahy  $\text{Al}^{3+}$  v rozsahu 0.01 - 0.03 *apfu* a  $\text{Mn}^{2+}$  v rozsahu 0.12 - 0.21 *apfu*. Vyšší obsahy Mn v minerálech beraunitové skupiny pozorovali Fecia di Cossato et al. (1989) z lokality Mangualde v Portugalsku. Beraunit, respektive ferroberaunit, stejně jako ostatní studované fosfáty, nasedá na pukliny v silně rozložené břidlici s povlaky rezavého *limonitu* a amorfního červenohnědého fosfátu Fe (Vrtiška et al. 2019b).

V rámci studia fosfátů z Morašic byl blíže zkoumán také zmíněný strunzit. Obecný vzorec minerálů strunzitové skupiny je definován jako  $M\text{Fe}^{3+}_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , kde  $M = \text{Mn}^{2+}$  ve strunzitu (Frondel 1958),  $\text{Fe}^{2+}$  ve ferrostrunzitu (Peacor et al. 1983),  $\text{Fe}^{3+}$  ve ferristrunzitu, kde je  $\text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$  nahrazováno  $\text{Fe}^{3+} + \text{OH}^-$  (Peacor et al. 1987) a  $\text{Zn}^{2+}$  v zinkostrunzitu (s obsahem 6.5 molekul  $\text{H}_2\text{O}$  v ideálním vzorci; Kampf et al. 2017b). Studium chemického složení strunzitu z Morašic byly zjištěny minoritní obsahy  $\text{Al}^{3+}$  v rozsahu 0.01 - 0.03 *apfu*. Při teoretickém předpokladu, že  $\text{Al}^{3+}$  vstupuje do pozice  $\text{Fe}^{3+}$  a zároveň jejího plného obsazení, ukazují výsledky chemické analýzy v pozici  $M$  dominantní zastoupení  $\text{Mn}^{2+}$  v rozsahu 0.57 - 0.63 *apfu* a  $\text{Fe}^{2+}$  (ferrostrunzitová komponenta; 0.23 - 0.30 *apfu*; Vrtiška et al. 2019b).



**Obr. 80** Vivianit z Valdic. Velikost agregátu 15 mm, sbírka NM P1N6218, foto L. Vrtiška.

**Obr. 81** Zjednodušená geologická mapa s vyznačenou oblastí zjištěných výskytů fosfátové mineralizace v okolí Počepic u Sedlčan; podle mapového serveru České geologické služby [www.geology.cz](http://www.geology.cz).

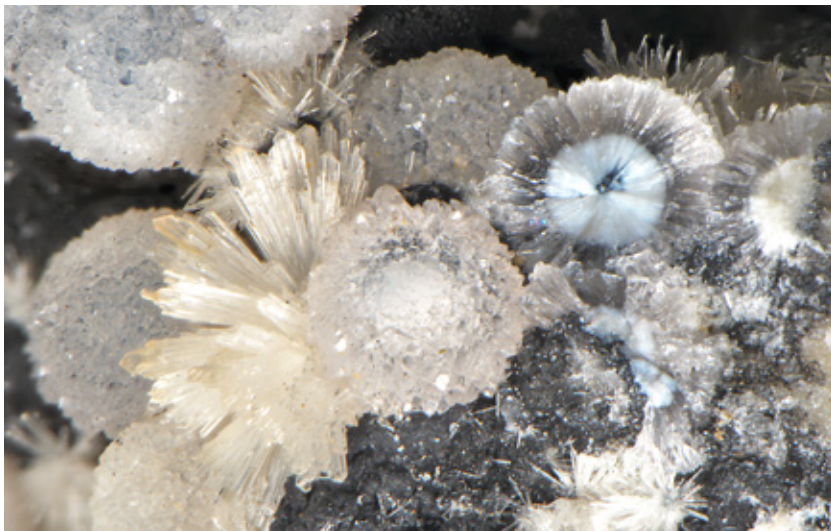
**Obr. 82** Radiálně paprscité agregáty fluorwavellitu na modrošedém chalcedonu z Počepic. Šířka záběru 40 mm, foto L. Vrtiška.







Obr. 83 Polokulovité celistvé agregáty světle modrého variscitu z Počepic tvořící kůru v dutině kvarcitu. Šířka záběru 23 mm, foto L. Vrtiška.



Obr. 84 Číré kulovité agregáty variscitu s bílým koncentrickým středem spolu s bílým paprscitým fluorwavellitem na černých Mn-oxidech z Počepic. Šířka záběru 4.1 mm, foto L. Vrtiška.



Obr. 85 Radiálně paprscité agregáty červeného variscitu z Počepic. Šířka záběru 3 mm, foto L. Vrtiška.

Fosfosiderit na lokalitě Morašice pravděpodobně pozorovali již Čech, Slánský (1959), kteří uvádějí drobné krystalické kůry blíže neurčeného žlutohnědého fosforečnanu v asociaci se strunzitem. Poprvé ho identifikovali Vrtiška et al. (2019b) v podobě drobně krystalických kůr a nedokonale vyvinutých kulovitých skelně lesklých agregátů oranžové či okrové barvy.

## 5. Fosfáty v permo-karbonických sedimentech podkrkonošské pánve

Z oblasti permokarbonu podkrkonošské a vnitrosudetské pánve jsou již od poloviny 19. století známy výskyty relativně velkých krystalů **vivianitu** na puklinách bitumenních jílovců, tzv. lupků (obr. 80). Vivianit se zde nacházel především v oblasti mezi Košťálovem, Jilemnicí a Vrchlábím. První se o jeho výskytu zmiňuje Reuss (1854) z okolí **Jilemnice** a poté z **Horního Lánova** (Reuss 1855). Původ vivianitu přisuzuje organickým hmotám, především kopolitům, které jsou v lupcích hojné. Výskyty v okolí **Valdic** a **Košťálova** popisují například Bílek (1875), Rosický (1908) či Jirkovský (1927). Vivianit zde tvoří dokonale omezené krystaly a jejich hvězdicovité srostlice vzácněji přes 1 cm velké. Vivianit doprovází blíže neurčené amorfni fosfáty železa, vápníku a hliníku (Jirkovský 1927).

## 6. Fosfáty v kontaktně metamorfovaných horninách

Výskyt fosfátů na puklinách kontaktně metamorfovaných hornin je v Českém masivu vzácný. Známé jsou pouze dvě lokality v oblasti středočeského plutonu, respektive s ním spjatých metamorfovaných ostrovů. Zdroj fosforu v těchto horninách je vzhledem k jejich intenzivnímu tepelnému zpracování složité zjistit. Je však pravděpodobné, že byl přítomen v horninách před jejich metamorfózou.

### Počepice

V roce 2015 proběhla revize výskytu wavellitu v okolí **Počepic** na základě stručné historické zprávy podané Slačikem, Blümlerem (1977). Během této revize byly objeveny ukázky wavellitu (resp. **fluorwavellitu**). Vedle fluorwavellitu byl nově zjištěn výskyt několika barevně i morfologicky odlišných forem hojného **variscitu** a bohatá asociace **Mn-oxidů** (hollandit, kryptomelan, Co-analog hollanditu,



asbolán a lithioforit) (Vrtiška et al. 2016b).

Vzorky nově nalezených Al-fosfátů pocházejí z v. až jv. úbočí elevace s kótou 546 m n. m. - Radešín, nacházející se cca 1 km sz. od středu obce Počepice (cca 7 km jjz. od Sedlčan). Z geologického hlediska se tato oblast nachází v ostrovní zóně středočeského plutonického komplexu, konkrétně v oblasti sedlčansko-krásohorského ostrova (Kodym et al. 2000). Oblast ostrovní zóny je zde litologicky reprezentována kontaktně metamorfovanými horninami, zastoupenými převážně metadrobami, metaprachovci, cordieritickými břidlicemi, rohovci a kvarciti s vložkami erlanů a krystalických vápenců (obr. 81). Horniny středočeského plutonického komplexu, nacházejícího se ve východní části studované oblasti, jsou reprezentovány převážně granity až granodiority sedlčanského typu (Kodym et al. 2000).

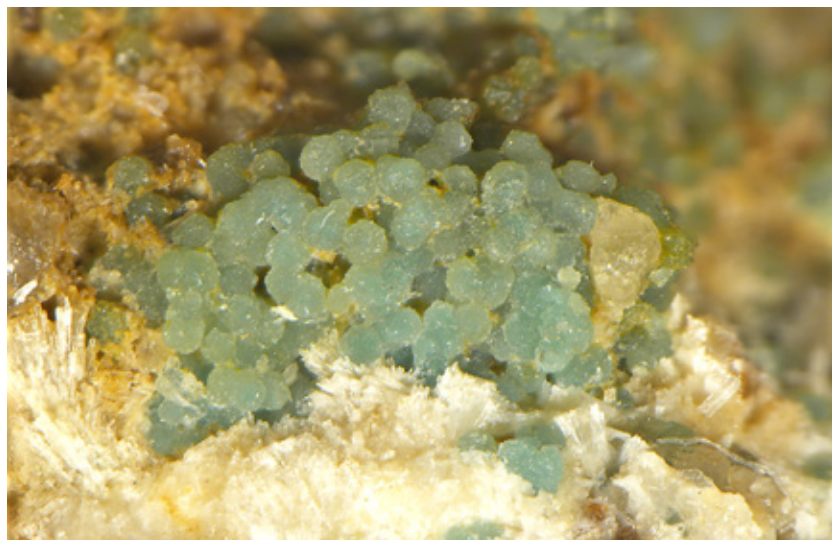
Všechny nově nalezené vzorky s fosfáty pocházejí z povrchových sběrů; primární výchoz s výskytem této mineralizace nebyl dosud nalezen a nebylo tedy možné studovat pozici jejich výskytu *in situ*. Výskyt fosfátů je zde vázán na hojné pukliny a dutiny uvnitř kompaktních rezavě hnědých až tmavě hnědých kontaktně metamorfovaných hornin (kvarcitů, rohovců, metadrob apod.) a brekciovitých hornin s úlomky kvarcitu tmelejších *Mn-oxidů* a fluorwavellitem. Tyto pukliny a dutiny jsou často pokryty drobně krystalickým křemenem a tenkými kůrami modrofialového ledvinitého chalcedonu (Vrtiška et al. 2016b).

Fluorwavellit tvoří bílé, radiálně paprskité agregáty do velikosti 14 mm v dutinách a na puklinách rohovce (obr. 82). Fluorwavellit byl také zjištěn jako dominantní podíl tmelu kavernózní brekcie tvořené ostrohrannými úlomky kvarcitu. Radiálně paprskité agregáty fluorwavellitu tvoří v těchto brekciích žíly a výplně dutin spolu s *Mn-oxidů*. Obsahy F ve fluorwavellitu se pohybují v rozmezí 0.47 - 1.13 *apfu* (obr. 10) a vedle minoritních obsahů Fe (do 0.035 *apfu*), je fluorwavellit chemicky čistý (Vrtiška et al. 2016b).

Variscit byl na lokalitě zjištěn v několika barevně i morfologicky odlišných typech. Světle modrý a světle růžový variscit tvoří v rezavě hnědém rohovci v až 4 × 3 cm velkých dutinách celistvé až 3 mm tlusté průsvitné kůry s ledvinitým voskově lesklým povrchem a celistvé koncentrické ku-



**Obr. 86** Paprskité agregáty bílého fluorwavellitu z Počepic nasedajícího na kůry drobně krystalického červeného variscitu a černých *Mn-oxidů*. Šířka záběru 10 mm, foto L. Vrtiška.

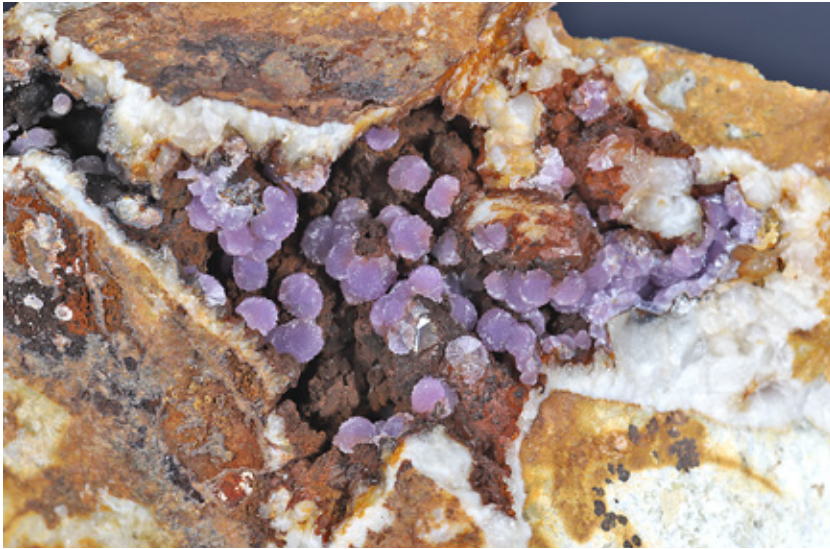


**Obr. 87** Shluk kulovitých agregátů tyrkyosu spolu s bílým jehlicovitým fluorwavellitem z Počepic. Šířka záběru 3 mm, foto L. Vrtiška.



**Obr. 88** Zelený krystal metatorbernitů nasedající na žlutý jehličkovitý fluorwavellit z Počepic. Šířka záběru 8 mm, foto L. Vrtiška.





**Obr. 89** Bohatá ukázka fialového strengitu z Těškova. Šířka záběru 5 cm, sbírka NM P1N88352, foto L. Vrtiška.



**Obr. 90** Lesklé žlutavé krystaly leukofosfitu spolu s agregáty strengitu pokrytými Fe oxidy z Těškova. Šířka záběru 7 mm, sbírka NM P1N94178, foto L. Vrtiška.



**Obr. 91** Žluté kulovité agregáty meurigitu-K se světle fialovým strengitem z Těškova. Šířka záběru 35 mm, foto L. Vrtiška.

lovité agregáty o průměru do 5 mm (obr. 83). Čirý variscit tvoří až 2 mm velké kulovité agregáty s bílou koncentrickou centrální částí v asociaci s bílým snopkovitým fluorwavelitem a černými hroznovitými a práškovitými kúrami hollanditu a kryptomešanu (obr. 84). Nejméně hojný je na lokalitě variscit červené barvy, která je pro tento minerální druh relativně vzácná. Červený variscit tvoří v Počepicích skelně lesklé, transparentní, drobně krystalické kúry o tloušťce do 1 mm, často tvořené polokulovitými, radiálně paprskovitými agregáty (obr. 85, 86). Při studiu chemického složení čtyř barevně odlišných typů variscitu nebyly zjištěny výrazné odlišnosti ve složení mezi jednotlivými barevnými typy, ani zvýšené obsahy prvků, které by mohly způsobovat odlišné zbarvení jednotlivých typů (Vrtiška et al. 2016b). Později byl na lokalitě zjištěn také **tyrkys** (obr. 87; Loun, Vrtiška 2018).

#### **Kovářov**

Aktuálně probíhá také výzkum nově zjištěné fosfátové mineralizace v Kovářově nedaleko Milevska. Zjištěn zde byl zajímavý výskyt Al-Fe fosfátů (**fluorwavelitu**, **variscitu**, **strengitu**, **kakoxenu** a **leukofosfitu**) v těsné asociaci spolu s metatorbernitom (obr. 88). Výskyt těchto fosfátů je vázaný na uranovou anomálii v minulosti ověřenou během uranového průzkumu. Fosfáty pokrývají pukliny a dutiny v dosud blíže neurčené hornině, pravděpodobně se jedná o kontaktní rohovec (Vrtiška nepubl. data). Tyto horniny v geologické mapě ČR (1: 50 000) nejsou zaneseny. Širší okolí naleziště je tvořeno především granity typu Čertovo břemeno.

### **7. Fosfáty ve vulkanitech**

Na několika místech Barrandienu jsou známé výskyty sekundárních fosfátů na puklinách vulkanických hornin. Tyto lokality jsou většinou jen velmi málo prozkoumané a ani potenciální zdroj fosforu není v dostupných pracích uveden. Je velmi pravděpodobné, že jako zdroj slouží okolní sedimentární horniny, ve kterých jsou výskyty těchto minerálů relativně běžné.

#### **Těškov u Rokycan**

V současné době nejvýznamnějším nalezištěm fosfátů ve vulkanitech je činný kamenolom na Kněžském vrchu cca 1 km severně od Těškova. Fosfátová mineralizace na této lokalitě začala být komplexněji zkoumána

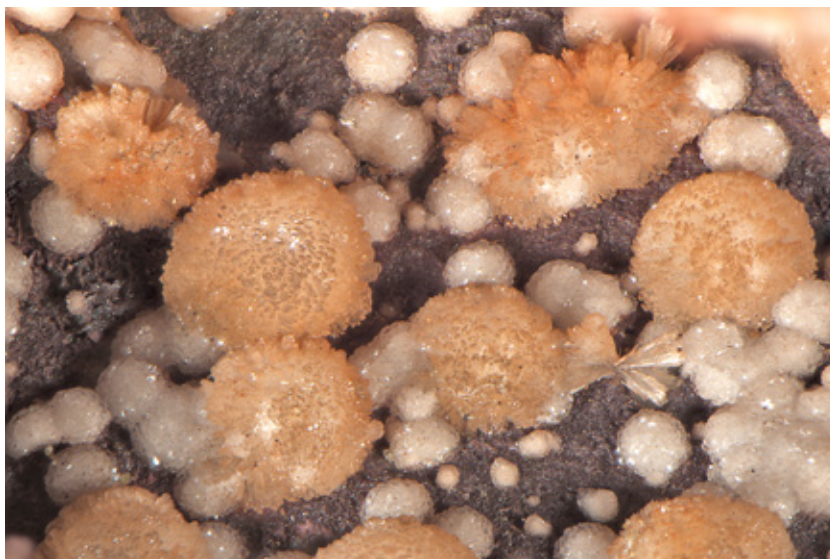


moderními metodami až během přípravy dizertační práce, na kterou odkazuje tato publikace. Problematika zdejší mineralizace je však relativně složitá a k dispozici je velké množství výzkumného materiálu, který dosud nebyl kompletně zpracován. Výsledky budou uveřejněny po dokončení bádání. Zde je uveden souhrn předehlášených výzkumů.

V činném kamenolomu je dobýván porfyrický ryolit křivoklátsko-rokycanského pásma. Časté jsou zde žíly křemene o mocnosti až 1 m s hojnými dutinami vyplněnými krystaly křemene, ojediněle křišťálu, záhnědy či ametystu vzácně o velikosti až 20 cm. Zajímavý je výskyt pseudomorfóz křemene po klencích či skalenoedrech kalcitu (Černý 1994). Zdejší fosfátová mineralizace je relativně pestrá a některé fáze nebyly dosud blíže analyticky zkoumány. První zmínku o zdejších fosfátech podává Černý (1994), který odsud zmiňuje **variscit**, **strengit** (obr. 89), **dufrénit**, **kakoxen**, **leukofosfit** (obr. 90) a velmi vzácný fosfát skandia **kolbeckit**. Podrobnější popis výskytu fosfátů v rámci jednotlivých etází těškovského lomu uvádí Janouš (1995) na základě vlastních sběrů z let 1984 - 1994. Ve své práci zmiňuje pozorování, že fosfáty se vyskytují především v partiích blíže k povrchu a směrem do hloubky zcela mizí. Vedle již zmíněných fosfátů navíc uvádí také **klinostrengit (fosfosiderit)** a vzácně **wavellit**. Všechny fosfáty ověřil rentgenovou práškovou analýzou. Relativně podrobnou práci podávající výčet všech do té doby známých minerálů z Těškova vypracovali Lehrieder, Černý (1999). Tito autoři uvádějí nad rámec již zmíněných fosfátů také **beranit**, který tvoří zelené až červenohnědé kulovité agregáty, dále **kidwellit** a **meurigit**. Zdejší **meurigit** podrobně studovali Sejkora et al. (2000) a zjistili, že se jedná o **meurigit-K** (obr. 91), relativně chudý na draslík. Šístek, Choc (2009) zmiňují nález **corkitu**, určený na základě rentgenové práškové analýzy, dle nových WDS analýz (Škácha nepubl. data) se jedná o strukturně velmi podobný **kintoreit**. Dosud nepublikovaná jsou také data pro nedávno nalezený **churčit-(Y)** (P. Škácha ústní sdělení). Frost et al. (2013) podrobně studovali zdejší **plumbogummit**.

#### Křivoklát

Výskyt **wavellitu** na puklinách křemenného porfyru z okolí Křivokláta popisují například Bořický (1851), Anonymus (1852) a Feistmantel (1856).



Obr. 92 Světle růžové agregáty variscitu spolu se světle oranžovými jezkovitými agregáty wavellit ze Zadních Hrobců. Šířka záběru 5 mm, foto L. Vrtiška.



Obr. 93 Světle fialový strengit ze Zadních Hrobců. Šířka záběru 3.1 mm, foto L. Vrtiška.



Obr. 94. Dosud blíže neurčený fosfát z řady variscit - strengit ze Sýkořic. Šířka záběru 1 mm, foto L. Vrtiška.



Wavellit tvoří ploché hvězdicce nebo polokulovité paprscité agregáty, doprovázené malými krystaly křemene.

### Zadní Hrobce

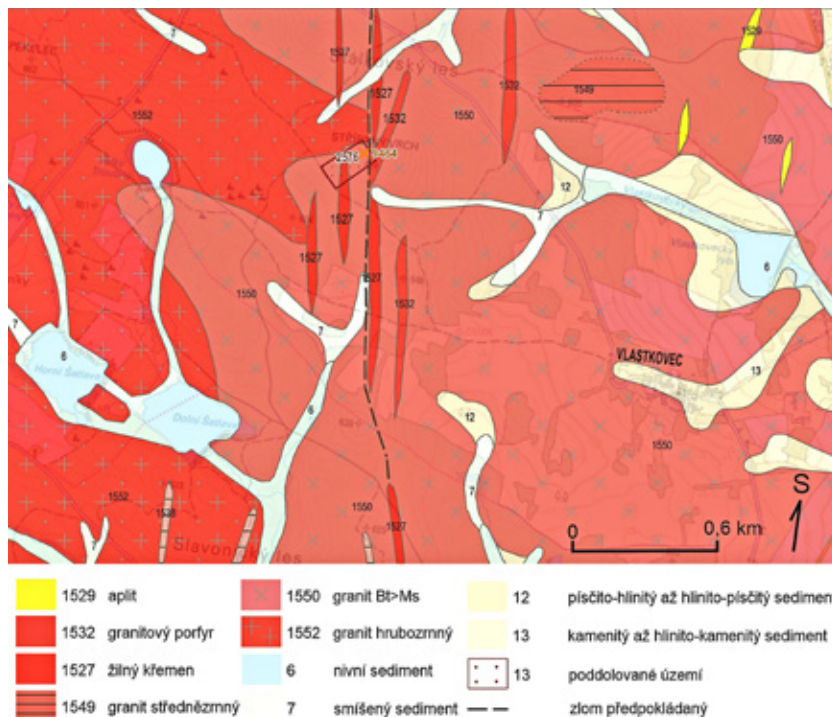
Zaniklý lom Zadní Hrobce, ležící 1 km západně od Karlova (6.5 km j. od Křivoklátu), poskytoval od počátku 70. let 20. století fosfáty vázané na pukliny paleoandezitů křivoklátsko-rokycanského pásma. Na hematizovaných tektonických poruchách se zde vyskytoval především bílý, šedý či namodralý **variscit** a na něj narůstající **wavellit** (obr. 92). Oba fosfáty byly často hematitem zbarveny do červena a jejich radiálně paprscité agregáty dosahovaly velikosti do 4 mm. Samostatně se vyskytoval jehličkovitý zlatožlutý **kakoxen**, který místy tvořil souvislé povlaky na ploše i několika dm<sup>2</sup>. Vzácněji byl nalezen **dufrénit** a nafialovělý **strengit** (obr. 93; Černý, Veselovský 2000).

### Sýkořice

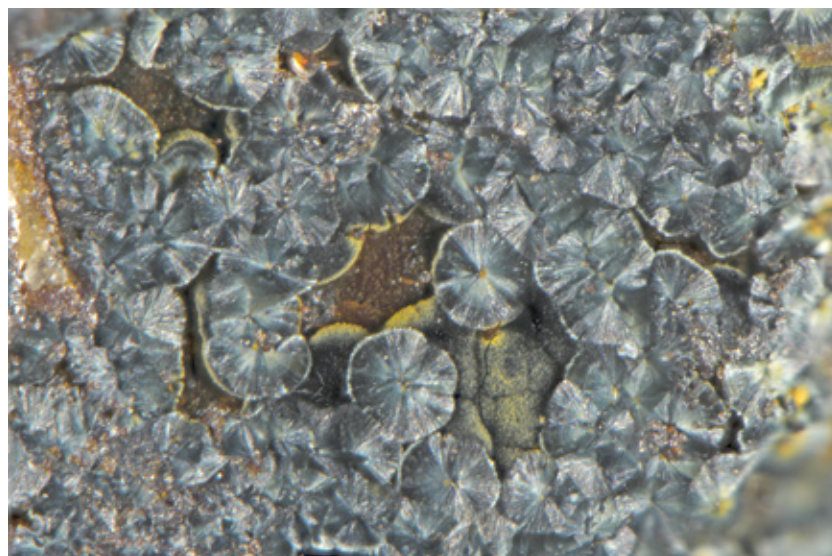
V činném kamenolomu Sýkořice (12 km sz. od Beřouna), jsou těženy proterozoické spility kralupsko-zbraslavské skupiny. V těchto horninách se zde velmi vzácně vyskytly drobné sekundární fosfáty, které jsou v současné době předmětem výzkumu. Zjištěny zde byly kulovité agregáty minerálů ze série **variscit-strengit** (obr. 94), do velikosti 1 mm. Pravděpodobná je také přítomnost **meurigitu** (Vrtiška 2023).

### Hrbek

Na jižním svahu kóty Hrbek (525 m n. m.) popisují Černý et al. (2018) **wavellit** v hnědofialových svrchně kambrických vulkanitech v podobě bílých polokulovitých paprscitých agregátů do 4 mm v dutině a hvězdicovitých agregátů na puklinách do 1 cm.



Obr. 95 Geologická mapa okolí Vlastkovce. Zdroj [www.geology.cz](http://www.geology.cz).



Obr. 96 Radiální agregáty modrého natrodufrénitu na puklině křemene z Vlastkovce. Šířka záběru 1.2 mm, sbírka NM P1N38413, foto L. Vrtiška.

## 8. Ostatní výskyty

Vrtiška et al. (2022c) uvádějí zajímavý, v literatuře dosud neuvedený výskyt dufrénitu na Stříbrném vrchu sz. od Vlastkovce nedaleko Dačic (obr. 95). Dvě studované ukázky z této lokality jsou uloženy v mineralogické sbírce NM. Dufrénit tvoří drobné zelené agregáty a povlaky na puklinách rezavého žilného křemene (obr. 96). Bližší genetický vztah k ostatním horninám však chybí. Dle geologických map je široké okolí naleziště tvořeno granitoidy moldanubického plutonu.

## Diskuse a závěry

Minerální asociace sekundárních puklinových fosfátů jsou vázány na trhliny vzniklé křehkou tektonikou po skončení diagenézy či metamorfózy hostitelské horniny. Je tedy patrné, že vznikají za nízkoteplotních a nízkotlakých podmínek v příporovrchových zónách během alterace primárních fosfátů (nejčastěji apatitu) či minerálů s obsahem fosforu (např. živců) v hostitelských horninách. Drüppel et al. (2007) uvádějí vznik variscitu a metavariscitu při teplotách do 200 °C z kyselých roztoků (pH ≤ 6). Pro fosfátovou minerální asociaci na železnorudném ložisku Auerbach v Německu stanovili Dill et al. (2001) teploty vzniku do 100 °C (pro rockbridgeit, strengit, Al fosfosiderit a Fe variscit), respektive do 25 °C (pro wavellit, crandallit, kakoxen a beraunit) a kyselá podmínky (pH 4 - 6). Sejkora et al (2011) předpokládají na základě terénních pozorování genezi fosfátové mineralizace na lokalitě Čížová (apatit, leukofosfit, meurigit-K, natrodufrénit, perhamit a tyrkys) jako subrecentní, vzniklé v hloubce prvních metrů pod povrchem působením meteorických vod za teplot do 10 °C.



Složení hostitelských hornin předurčuje typ fosfátové asociace, podobně jako tomu je při vzniku minerálů alpské parageneze. Typickým příkladem jsou metasedimentární horniny bohaté na organickou hmotu, hlavně uhlík v podobě grafitu. Tyto grafitické břidlice, ruly či kvarcity bývají bohaté na fosfor s původem ve zbytcích schráněk živočichů, ale také na vanad, uran či měď. Fosfor bývá často vázaný do apatitu (tzv. *fosforitu*). Během alterace apatitu, pravděpodobně v důsledku působení kyselých roztoků, se uvolňuje P a F, které vstupují do nově vzniklých sekundárních fosfátů, nejčastěji fluorwavellitu. Právě do fluorwavellitu vstupuje také vanad, který způsobuje jeho zbarvení do odstínů modré, zelené či žlutozelené barvy. Vanad se v horninách bohatých na organickou hmotu nejčastěji primárně váže na jílové minerály, případně granáty (např. Awan et al. 2021). Alterací jílových minerálů za nízkého pH (např. Wieland, Stumm 1992) se uvolňuje také dostatečné množství Al, potřebného pro

vznik některých druhů fosfátů, především fluorwavellitu a variscitu. V těchto horninách také vzácně vstupuje do puklinových minerálů Cu a U. Jako příklad můžeme uvést výskyt metatorbernitů v Černovicích u Tábora, kde byl rovněž zjištěn vzácný vanadát uranily carnotit (Vrtiška et al. 2017). Jelikož jsou grafitické horniny bohaté na množství prvků, je toto prostředí v rámci studovaných puklinových fosfátů mineralogicky nejpestřejší. V železných rudách, převážně ordovického stáří, převažují na rozdíl od grafitických hornin především fosfáty Fe<sup>3+</sup> (vzácněji i Fe<sup>2+</sup>), fosfáty Al se vyskytují vzácněji. Typickým fosfátem s di- i trivalentním Fe vyskytujícím se na lokalitách železných rud je beraunit, respektive ferrobearaunit, jejichž podrobné studium bylo řešeno v rámci dizertační práce Vrtišky (2023). Z minerálů skupiny beraunitu byla dále studována asociace se vzácným tvrdýtem, v jehož struktuře se uplatňuje Al. Běžný je pak výskyt kakoxenu a dufrénitu či natrodufrénitu (tab. 1).

**Tabulka 1** Zastoupení sekundárních puklinových fosfátů v jednotlivých horninových typech na známých lokalitách fosfátů. Vynechány byly permo-karbonské sedimenty podkrkonošské pánve, kde byl spolehlivě zjištěn pouze vivianit. Zastoupení minerálů: \*\*\* velmi hojný, \*\* běžný, \* vzácný, ? neověřený (Vrtiška 2023).

Minerál	Chemický vzorec	Graf. ruly, kvarcity aj	Fe rudy	Ordov. sedimenty	Fe-Mn břidlice Chvaleticko	Kontaktní metamorfity	Vulkanity
(fluor)wavellit	Al <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (F,OH) <sub>3</sub> · 5H <sub>2</sub> O	***	**	***	*	***	*
allanpringit	Fe <sup>3+</sup> <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>3</sub> · 5H <sub>2</sub> O		*	*			
variscit	AlPO <sub>4</sub> · 2H <sub>2</sub> O orthoromb.	***	**	**		**	*
strengit	FePO <sub>4</sub> · 2H <sub>2</sub> O orthoromb.	**	**	***		**	**
fofosiderit	FePO <sub>4</sub> · 2H <sub>2</sub> O mon.	*	*		*		*
kakoxen	Fe <sup>3+</sup> <sub>24</sub> AlO <sub>6</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>17</sub> (OH) <sub>12</sub> · 75H <sub>2</sub> O	*	***	***	*	*	***
vivianit	Fe <sup>2+</sup> <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> · 8H <sub>2</sub> O		*		*		
beraunit	Fe <sup>3+</sup> <sub>6</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>4</sub> O(OH) <sub>4</sub> · 6H <sub>2</sub> O	*	**	*			*
ferrobearaunit	Fe <sup>2+</sup> Fe <sup>3+</sup> <sub>5</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>4</sub> (OH) <sub>5</sub> · 6H <sub>2</sub> O				*		
tvrdýit	Fe <sup>2+</sup> Fe <sup>3+</sup> <sub>2</sub> Al <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>4</sub> (OH) <sub>5</sub> (H <sub>2</sub> O) <sub>4</sub> · 2H <sub>2</sub> O		*				
rockbridgeit	Fe <sup>2+</sup> Fe <sup>3+</sup> <sub>4</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (OH) <sub>5</sub>		*				
strunzit	Mn <sup>2+</sup> Fe <sup>3+</sup> <sub>2</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub> · 6H <sub>2</sub> O				*		
kidwellit	NaFe <sup>3+</sup> <sub>9+x</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> (OH) <sub>11</sub> · 3H <sub>2</sub> O	*					*
meurigit-(K) či (Na)	(KNa)Fe <sup>3+</sup> <sub>8</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> (OH) <sub>7</sub> · 6.5H <sub>2</sub> O	*					**
dufrénit resp. natrodufrénit	Ca <sub>0.5</sub> Fe <sup>2+</sup> Fe <sup>3+</sup> <sub>5</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>4</sub> (OH) <sub>6</sub> · 2H <sub>2</sub> O NaFe <sup>2+</sup> Fe <sup>3+</sup> <sub>5</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>4</sub> (OH) <sub>6</sub> · 2H <sub>2</sub> O	**	**	*			**
leukofosfit	KFe <sup>3+</sup> <sub>2</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (OH) · 2H <sub>2</sub> O	*				*	**
tyrkys	CuAl <sub>6</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>4</sub> (OH) <sub>8</sub> · 4H <sub>2</sub> O	*				*	
planerit	Al <sub>6</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (PO <sub>3</sub> OH) <sub>2</sub> (OH) <sub>8</sub> · 4H <sub>2</sub> O	?	*				
mitridatit	Ca <sub>2</sub> Fe <sup>3+</sup> <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> O <sub>2</sub> · 3H <sub>2</sub> O	*					
apatit ( <i>kolofán</i> )	Ca <sub>5</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (F,Cl,OH)	*			*		
koninckit	Fe <sup>3+</sup> PO <sub>4</sub> · 3H <sub>2</sub> O	?			*		
crandallit	CaAl <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> )(PO <sub>3</sub> OH)(OH) <sub>6</sub>	?		*			
vashegyit	Al <sub>11</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>9</sub> (OH) <sub>6</sub> · 38H <sub>2</sub> O	?			*		
perhamit	Ca <sub>3</sub> Al <sub>7.7</sub> Si <sub>3</sub> P <sub>4</sub> O <sub>23.5</sub> (OH) <sub>14.1</sub> · 8H <sub>2</sub> O	*					
collinsit	Ca <sub>2</sub> Mg(PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> · 2H <sub>2</sub> O		*				
evansit	Al <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> )(OH) <sub>6</sub> · 6H <sub>2</sub> O				*		
churchit-(Y)	Y(PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> · 2H <sub>2</sub> O		*				*
kolbeckit	ScPO <sub>4</sub> · 2H <sub>2</sub> O						*
kintoreit	PbFe <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> )(PO <sub>3</sub> OH)(OH) <sub>6</sub>						*
plumbogummit	PbAl <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> )(PO <sub>3</sub> OH)(OH) <sub>6</sub>						*
metatorbernit	Cu(UO <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> · 8H <sub>2</sub> O	*				*	



Jako příklad vlivu hostitelské horniny na vznik fosfátů v rámci ordovických Fe rud lze zmínit lokalitu Nučice u Berouna. Zdejší oolitická ruda bohatá na siderit, Mg-bohatý chamosit a fosforit umožnila vznik fosfátů Fe, Mg a Ca collinsitu a messelitu, a to především díky dostatečnému zdroji Mg z chamositu (Vrtiška et al. 2022b).

V ostatních ordovických sedimentech s výskytem fosfátů, převážně v drobách, převažují fosfáty Al (wavellit, variscit, případně Al bohatý strengit) nad Fe a jsou mineralogicky méně pestré (tab. 1). Tyto sedimenty, převážně droby, jsou bohaté na jílové minerály a živce, které slouží jako zdroj Al během jejich rozpouštění. Variscit je na většině pozorovaných vzorků z této oblasti starší než wavellit. Dill (2001) uvádí, že wavellit začne vznikat na úkor variscitu v případě, že se zvýší kyselost fluid a zvýší se obsahy  $\text{Al}(\text{OH})_3$  a  $\text{HPO}_4^{2-}$  v těchto roztocích. Dill et al. (2009) zároveň uvádějí v úspěšném schématu vzniku minerální asociace s fosfáty z železnorudného ložiska Auerbach vyšší teploty vzniku variscitu a strengitu (<100 °C; pH < 5) oproti wavellitu (<25 °C; pH 4 - 6). Je tedy patrné, že vznik jednoduchých Al (resp. Al-Fe) fosfátů je kontrolován nejen pH, ale i teplotou a koncentrací P a Al v roztocích. Na lokalitě Třenice byla vzácně zjištěna asociace fosfátů s beraunitem a dufrénitem, typická pro lokality Fe rud. Ta je však vázaná na železem bohaté výrazně limonitizované polohy v drobách (Vrtiška 2023).

Při srovnání minerální asociace fosfátů ordovických Fe rud s Fe-Mn rudami v oblasti Chvaletic je patrné, že přítomnost Mn hraje roli i při vzniku těchto minerálů. Mangan se uplatňuje především ve struktuře strunzitu, ale vstupuje i do beraunitu (resp. ferroberaunitu) a v omezeném množství i do fosfosideritu. Jsou zde ale přítomny i fosfáty čistě železité, například vivianit nebo Jiráskem et al. (2017) studovaný koninckit (tab. 1).

Jako další příklad role hostitelské horniny na vznik sekundárních fosfátů lze uvést vulkanické horniny. Nejvýznamnějším nalezištěm těchto fosfátů v Českém masivu je rhyolitový kamenolom v Těškově u Rokycan. Zdroj fosforu pravděpodobně není možné hledat přímo ve vulkanických horninách, ale spíše v nadložních ordovických sedimentárních horninách, čemuž odpovídá i výskyt sekundárních fosfátů především ve vrchních patrech kamenolomu. Určitou roli však rhyolit jako hostitelská hornina hrál při vzniku vzácného fosfátu skandia - kolbeckitu. Výskyt skandia ve vulkanických horninách, především rhyolitech, je v geologii známým fenoménem. Například Fryklund a Fleischer (1963) uvádějí obsahy v rhyolitových horninách do 30 ppm Sc (průměrně 5 ppm). Z uvedených příkladů je zřejmá významná role hostitelských hornin fosfátové mineralizace na vznik jednotlivých minerálních asociací, podobně jako se tomu děje při vzniku minerálních asociací různých typů alpské parageneze.

Komplexní výzkum minerálních asociací sekundárních puklinových fosfátů v Českém masivu přinesl množství nových poznatků. V rámci jejich studia bylo moderními metodami revidováno mnoho historických nalezišť a zároveň došlo k objevení několik lokalit dosud neznámých. V průběhu výzkumu postupně docházelo k získávání nových informací a objevování nových nalezišť a zajímavých paragenezí. Velká část těchto výsledků byla uveřejněna v samostatných publikacích, další budou publikovány v následujících letech.

## Poděkování

*Milou povinností autora je poděkovat všem spoluautorům publikací a autorům fotografií, které byly použity při přípravě tohoto textu. Předložená práce vznikla za finanční podpory Ministerstva kultury ČR v rámci institucionálního financování dlouhodobého koncepčního rozvoje výzkumné organizace Národní muzeum (00023272 - cíl DKRVO 2019/2023 1.1.e).*

## Literatura

- AKSENOV SM, CHUKANOV NV, GÖTTLICHER J, HOCHLEITNER R, ZARUBINA ES, RASTSVETAeva RK (2018) Mn-bearing eleonorite from Hagendorf South pegmatite, Germany: Crystal structure and crystalchemical relationships with other beraunite-type phosphates. *Z Kristallogr* 233(7): 2017-2099
- ANONYMUS (1852) Vereinsangelegenheiten. *Lotos* 2: 209-213
- AWAN RS, LIU CH, YANG S, WU Y, ZANG Q, KHAN A, LI G (2021) The occurrence of vanadium in nature: its biogeochemical cycling and relationship with organic matter - a case study of the Early Cambrian black rock of the Niutitang Formation, western Hunan, China. *Acta Geochim* 40(6): 973-997
- BENEŠ J (1992) Těžba tuhy u Čížové. *Výběr (České Budějovice)* 29: 194-195
- BERNARD JH, ČECH F, DÁVIDOVÁ Š, DUDEK A, FEDIUK F, HOVORKA D, KETTNER R, KODĚRA M, KOPECKÝ L, NĚMEC D, PADĚRA K, PETRÁNEK J, SEKANINA J, STANĚK J, ŠÍMOVÁ M (1981) *Mineralogie Československa*. Academia Praha 1-645
- BÍLEK F (1875) O některých nerostech v lupku útvaru permského. *Vesmír* 4(20): 235-237
- BOŘICKÝ E (1851) Petrologická studia porfýrových hornin v Čechách. *Archiv přírodovědeckého výzkumu Čech* 4(4): 155
- BOŘICKÝ E (1867) Dufrenit, Beraunit, und Kakoxen von der Grube Hrbek bei St. Benigna in Böhmen. Ein Beitrag zur Entwicklungsgeschichte der Eisenphosphate. *Sitz Akad Wiss, Math-Naturwiss* 56: 6-18
- BOŘICKÝ E (1869a) Zur Entwicklungsgeschichte der in dem Schichtencomplex der silurischen Eisensteinlager Böhmen's vorkommenden Minerale. *Sitz Akad Wiss, Math-Naturwiss* 59: 589-620
- BOŘICKÝ E (1869b) O nerostech v pásmu železných rud silurských se objevujících. *Živa* 2(3): 22. Praha
- BOŘICKÝ E (1871) Verzeichniss der in dem Schichten-complexe der silurischen Eisensteinlager Böhmen vorkommenden Minerale. *Lotos* 21: 155-165
- BOŘICKÝ E (1873) Ueber die Verbreitung des Kali und der Phosphorsäure in den Gesteinen Böhmens, über die chemische Zusammensetzung der letzteren und ihre Verwendbarkeit zu agronomischen Zwecken. *Archiv f naturwissenschaftliche Landesdurchforschung von Böhmen* 2: 1-57
- BOUŠKA V, POVONDRA P (1969) Studium některých československých barevných wavellitů. *Čas Mineral Geol* 14(2): 205-210
- BOUŠKA V, POVONDRA P, TICHÝ L (1969) Variscite and vanadian wavellite from Koloděje nad Lužnicí - Hosty (Southern Bohemia). *Acta Univ Carol Geol* 1: 13-24
- BREITER K, NOVÁK M, KOLLER F, CEMPIREK J (2005) Phosphorus - an omnipresent minor element in garnet of diverse textural types from leucocratic granitic rocks. *Mineral Petrol* 85: 205-221



- BREITHAUPT A (1840) Beraunit, ein neues Glied der Phyllit - Ordnung. *Journal f Praktische Chemie* 20: 66-67
- BREITHAUPT A (1841) Beraunit. *Vollständige Handbuch der Mineralogie* 136
- BREITHAUPT A (1868) Kalait, dann Plattenkohle aus Böhmen. *Berg - und Hüttenm Zeitung* 68: 109
- BURKART E (1953) Moravské nerosty a jejich literatura. 1-1008, NČAV, Praha
- CEMPÍREK J, HOUZAR S, NOVÁK M, SELWAY JB, ŠREIN V (2006) Vanadium-rich tourmaline from graphitic rocks at Bítoványky, Czech Republic; compositional variation, crystal structure. *Mineral Polon, Spec Pap* 28: 39-41
- CEMPÍREK J, HOUZAR S, NOVÁK M, GROAT LA, SELWAY JB, ŠREIN V (2013) Crystal structure and compositional evolution of vanadium-rich oxy dravite from graphite quartzite at Bítoványky, Czech Republic. *J Geosci* 58: 149-162
- CÍCHA J (1999) Pracoviště geologie. *In: Prácheňské muzeum v Písku, zpráva o činnosti za rok 1998 (Písek):* 28-29
- CÍCHA J, SEJKORA J (2011) Vanadový wavellit, variscit a další fosfáty z grafitických kvarcitů v Čížové u Písku. *Minerál* 19(1): 23-32
- CORNU E, HIMMELBAUER A (1905) Die Minerale der Graphitlagerstätte von Regens bei Iglau. *Mitt d Naturwiss Ver A d Univ Wien III* 3: 3-4
- ČECH F, SLÁNSKÝ E (1959) Strunzit als Verwitterungsprodukt aus der Mn-Lagerstätte von Morašice bei Chvaltice in Ostböhmen. *N Jb Mineral, Mt* 9: 200-203
- ČECH F, SLÁNSKÝ E (1965) X-ray powder study and thermal investigation of  $AlPO_4 \cdot 2H_2O$  minerals. *Acta Univ Carol Geol* 1: 1-30
- ČECH F, POVONDRA P, SLÁNSKÝ E (1961) Über Planerit aus Poniklá bei Jilemnice (Nordböhmen) und über die Beziehung zwischen Planerit, Coeruleolactit und Türkis. *N Jb Mineral, Abh* 96(1): 30
- ČECH F, POVONDRA P, SLÁNSKÝ E (1962) Beitrag zur Kenntnis von Redondit. *Acta Univ Carol Geol* 1(2): 21-38
- ČERNÝ P (1994) Pseudomorfózy křemene po kalcitu z Těškova. *Minerál* 2(6): 256-257
- ČERNÝ P, ČERNÝ P, VRTIŠKA L, MALÍKOVÁ R, EXNAR P (2015) Jarosit a doprovodné minerály z opuštěného lomu Milina u Zaječova (Česká republika). *Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz. (Praha)* 23(2): 242-246
- ČERNÝ P, ČERNÝ P, VRTIŠKA L (2018) Fosfáty okolí Komárova u Hořovic. *Minerál* 26(5): 395-411
- ČERNÝ P, VESELOVSKÝ F (2000) Fosfáty ze Zadních Hrobců. *Minerál* 9(1): 17-18
- DADÁK V (1976) Nálezy lithioforitu v Barrandienu. *Čas Mineral Geol* 21(4): 409-415. Praha
- DANA ES, FORD WE (1922) A text-book of mineralogy with an extended treatise on crystallography and physical mineralogy. 3<sup>rd</sup> edition. 1-703, New York/London
- DILL HG (2001) The geology of aluminium phosphates and sulphates of the alunite group minerals: a review. *Erth Sci Rev* 53: 35-93
- DILL HG, WEBER B, KAUFHOLD S (2009) The origin of siderite-goethite-phosphate mineralization in the karst-related faultbound iron ore deposit Auerbach, Germany, a clue to the timing of hypogene and supergene Fe-Al phosphates in NE Bavaria. *N Jb Mineral, Abh* 186(3): 283-307
- DRÜPPEL K, HOSCH A, FRANZ G (2007) The system  $Al_2O_3$ - $P_2O_5$ - $H_2O$  at temperatures below 200 °C: Experimental data on the stability of variscite and metavariscite  $AlPO_4 \cdot 2H_2O$ . *Am Mineral* 92: 1695-1703
- EGLSTON T (1887) *Catalogue of Minerals and Synonyms*. Bull US Natl Mus 33
- FANFANI L, ZANAZZI PF (1967) The crystal structure of beraunite. *Acta Crystallogr* 22: 173-181
- FECIA DI COSSATO YM, ORLANDI P, PASERO M (1989) Manganese-bearing beraunite from Mangualde, Portugal: mineral data and structure refinement. *Can Mineral* 27: 441-446
- FEISTMANTEL K (1852) Vereinsangelegenheiten - Versammlung am 19. November. *Lotos* 2:235
- FEISTMANTEL K (1853) Beitrag zur Kenntniss dem Gegend von Kruschna Hora. *Lotos* 3: 135
- FEISTMANTEL K (1856) *Wissenschaftliche Mittheilungen - Geognostische Skizze der Umgebung von Pürglitz*. *Lotos* 6: 122-128
- FÍŠERA M, ČELOUDOVÁ J, DOMÁCÍ L, HOLÁSEK O, KLEČÁK J, KRÁSNÝ J, LÍBALOVÁ J, MACHART J, MANOVÁ M, ODEHNAL L, STRÍDA M, ŠALANSKÝ K (1982a) Základní geologická mapa ČSSR 1: 25 000, list 22-411 Písek. Ústřední ústav geologický (Praha)
- FÍŠERA M, ČELOUDOVÁ J, DOMÁCÍ L, HOLÁSEK O, KLEČÁK J, KRÁSNÝ J, LÍBALOVÁ J, MACHART J, MANOVÁ M, ODEHNAL L, STRÍDA M, ŠALANSKÝ K (1982b): Vysvětlivky k základní geologické mapě ČSSR 1: 25 000, list 22-411 Písek. Ústřední ústav geologický (Praha)
- FRONDEL C (1958) Strunzit, ein neues Mineral. *Naturwiss* 45: 37-38
- FROST RL, PALMER SJ, XI Y, ČEJKA J, SEJKORA J, PLÁŠIL J (2013) Raman spectroscopic study of the hydroxy-phosphate mineral plumbogummite  $PbAl_3(PO_4)_2(OH, H_2O)_6$ . *Spectrochim Acta A: Mol Biomol Spectrosc* 103: 431-434
- FRYKLUND VC, FLEISCHER M (1963) The abundance of scandium in volcanic rocks, a preliminary estimate. *Geochim Cosmochim Acta* 27: 643-664
- GEOVĚDNÍ MAPY 1 : 50 00 Česká geologická služba. <https://mapy.geology.cz/geocr50/>
- GORDON SG (1925) *Mineralogical notes 1-10*. Proc Acad Nat Sci, Philadelphia: 1-13
- GROTH PH (1898) *Tabellarische Übersicht der Mineralien nach ihren kristallographisch-chemischen Beziehungen*. Vierte vollständig neu bearbeitete Auflage. Braunschweig: F. Vieweg & Sohn, 184
- HISTORICKÁ ORTOFOTOMAPA ©CENIA 2010 a ©GEODIS BRNO, spol. s r.o. 2010, Podkladové letecké snímky poskytl VGHMÚř Dobruška, ©MO ČR 2009. <https://www.cenia.cz>.
- HOUZAR S (1985) Zelený muskovit s obsahem vanadu ze Štěměch a Lesné na jihozápadní Moravě. *Čas Mineral Geol* 30(4): 434-435
- HOUZAR S (1998) Přehled minerálů z grafitických hornin na západní Moravě. *Minerál* 6(5): 335-339
- HOUZAR S, CEMPÍREK J (2011) Akcesorický schreyerit ve vanadem bohatém grafitickém kvarcitu z Bítoványek (moldanubikum, západní Morava). *Acta Mus Moraviae, Sci geol* 96(2): 35-43
- HOUZAR S, SELWAY JB (1997) Bítoványky near Třebíč. Graphite quartzite with minor V-bearing muscovite and accessory V-rich dravite. *In: Novák M, Selway JB (eds): Field trip guidebook conf. „Tourmaline 1997“: 85-91*



- HOUZAR S, ŠREIN V (1993) Graphite quartzite with vanadium-bearing turmaline from Bítoványky near Želetava, western Moravia. *Acta Mus Moraviae, Sci nat* 78: 211-212
- HOUZAR S, ŠREIN V (2000) Variation in chemical composition of V-bearing muscovite during metamorphic evolution of graphitic quartzites in the Moravian Moldanubicum. *J Czech Geol Soc* 45(1-2): 143-148
- HYNIE O (1923) Geologické poměry okolí Komárova. *Sbor Stát geol Úst Čs Republ*, 2: 299-323. Praha
- CHALOUPSKÝ J (1989) Prekambrium a starší paleozoikum. In: CHALOUPSKÝ J, ČERVENKA J, JETEL J, KRÁLÍK F, LÍBALOVÁ J, PÍCHOVÁ E, POKORNÝ J, POŠMOURNÝ K, SEKÝRA J, SHRBENÝ O, ŠALANSKÝ K, ŠRÁMEK J, VÁCL J (1989) *Geologie Krkonoš a Jizerských hor. Ústř úst geol*: 1-288
- CHLUPÁČ I, BRZBOHATÝ R, KOVANDA J, STRÁNÍK Z (2002) Geologická minulost České republiky. *Academia Praha*. 1-436
- CHUKANOV NV, PEKOV IV, GREY IE, PRICE JR, BRITVIN SN, KRZHIZHANOVSKAYA MG, KAMPF AR, DÜNKEL B, KECK E, BELAKOVSKIY DI, MACRAE CM (2017a) Zincoberaunite,  $ZnFe^{3+}_5(PO_4)_4(OH)_5 \cdot 6H_2O$ , a new mineral from the Hagendorf South pegmatite, Germany. *Mineral Petrol* 111: 351-361
- CHUKANOV NV, AKSENOV SM, RASTSVETAJEVA RK, SCHÄFER C, PEKOV IV, BELAKOVSKIY DI, SCHOLZ R, DE OLIVIERA LCA, BRITVIN SN (2017b) Eleonorite,  $Fe^{3+}_6(PO_4)_4O(OH)_4 \cdot 6H_2O$ : Validation as a mineral species and new data. *Mineral Mag* 81: 61-76
- JANOUSH F (1995) Minerály z Kněžší hory u Těškova (okres Rokycany). *Minerál* 3(6): 367-369
- JENČEK V, LÍBALOVÁ J, MANOVÁ M, MATĚJOVSKÁ O, MYSLIL V, ŠALANSKÝ K (1985) Vysvětlivky k základní geologické mapě 1: 25 000, list 23-441 Želetava. MS, ČGÚ, Praha
- JIRÁSEK J (2005) Nález koninckitu u Litošic a jeho srovnání se světovými výskyty. *Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha)* 13: 132-137
- JIRÁSEK J, MATÝSEK D (2010) Revize limonitu z Poniklé u Jilemnice. *Minerál* 18(2): 116-118
- JIRÁSEK J, ČEJKA J, VRTIŠKA L, MATÝSEK D, RUAN X, FROST RL (2017) Molecular structure of the phosphate mineral koninckite - a vibrational spectroscopic study. *J Geosci* 62: 271-279
- JIRKOVSKÝ R (1927) Dva české nerosty ze skupiny jarositové - Domnělý oxalit z Valdic u Košťálova. *Čas Nár Muz, Odd přírodověd* 101: 154-155
- 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 (2017a) Fluorwavellite,  $Al_3(PO_4)_2(OH)_2F \cdot 5H_2O$ , the fluorine analogue of wavellite. *Am Mineral* 102: 909-915
- KAMPF AR, GREY IE, ALVES P, MILLS SJ, NASH BP, MACRAE CM, KECK E (2017b) Zincostrunzite,  $ZnFe^{3+}_2(PO_4)_2(OH)_2 \cdot 6.5H_2O$ , a new mineral from the Sitio do Castelo mine, Portugal, and the Hagendorf-Süd pegmatite, Germany. *Eur J Mineral* 29: 315-322
- KETTNER R (1916) Příspěvek k petrografii vrstev krušnohorských (d 1α), část 1. *Rozpr II. Tř Čes Akad Věd a Umění*, 25(16): 1-33. Praha
- KLOUČEK C (1926) O fauně vrstev krušnohorských - da. *Věst stát geol úst* 2: 190-196
- KLVAŇA J (1886) Nerosty království Českého. 1-201. Pře-rov
- KODYM O, STRAKA J, ŠTĚPÁNEK P (2000) Geologická mapa 22-22 Sedlčany. Soubor geol a ekol účel map příř zdrojů. 1 s, Český geologický ústav, Praha
- KOLITSCH U, BERNHARDT HJ, LENGAUER CL, BLASS G, TILLMANN E (2006) Allanpringite,  $Fe_3(PO_4)_2(OH)_3 \cdot 5H_2O$ , a new ferric iron phosphate from Germany, and its close relation to wavellite. *Eur J Mineral* 18: 793-801
- KRATOCHVÍL F (1963) O bývalém kutání rudy u Mirovic. *Čas Mineral Geol* 8(1): 94
- 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
- KRATOCHVÍL J (1960) Topografická mineralogie Čech III (I-K). 147, Nakl ČSAV.
- KREJČÍ J, FEISMANTEK K (1885) Orograficko - tektonický přehled silurského útvaru ve středních Čechách. *Archiv přírodověd Prozk Čech*, 5(1): 124
- KREJČÍ A (1925) Minerály písecké a jich naleziště. *Čas Nár Muz, Odd přírodověd* 99: 49-65
- KRUŽA T (1966) Moravské nerosty a jejich literatura 1940-1965. *Moravské muzeum Brno*
- LÁZNIČKA P (1964) Dnešní naleziště nerostů v Železných horách. NM a SNM Praha (rozmnož. přednáška) 1-52
- LÁZNIČKA P (1965) Nové nálezy nerostů v Čechách. NM a SNM Praha (rozmnož. přednáška) 122-123
- LEHRIEDER E, ČERNÝ P (1999) Der Steinbruch am Hügel Kněžský bei Těškov in Böhmen/Tschechien. *Aufschluss* 50: 79-95
- LIPOLD MV (1863) Die Eisensteinlager der silurischen Grauwackenformation in Böhmen. *Jahrbuch der k geologischen Reichsanst (Wien)* 13(3): 339-448
- LOUN J, VRTIŠKA L (2018) Nové nálezy fluorwavellitu, variscitu a tyrkysu z Počepic u Sedlčan. *Minerál* 26(5): 447-451
- MATĚJOVSKÁ O, DORNIČ J, HAVLÍČEK P, HAZDROVÁ M, LÍBALOVÁ J, STRÍDA M, ŠALANSKÝ K (1985) Vysvětlivky k základní geologické mapě ČSSR 1: 250 000; 33-221 Nové Syrovce. *Ústř Úst geol, Praha*
- MENCL J, FARKA O, HRABÁK J, KOUTNÝ J, KULT M, MAREŠ V, MENCL J, MYNÁŘ P, PROVÁZEK V, TOMSA F, WEBR B, WIKTORA E, ZÁSTĚRA C (1988) Železnorudný důl Krušná hora - historie a současnost. *Vydavatelstvo Osveta, Martin*, 1-149
- MOHS F (1839) *Leichtfassliche Anfangsgründe der Naturgeschichte des Mineralreiches*. 1-744. Wien
- MOORE PB (1970) Crystal chemistry of the basic iron phosphates. *Am Mineral* 55: 135-169
- NIES A (1877) Strengit, ein neues Mineral. *N Jb Mineral, Geolog, Paläontolog*: 8-16
- NIES A (1880) Vorläufiger Bericht über zwei neue Mineralien von der Grube Eleonore am Dünsberg bei Gießen. *Bericht der Oberhessischen Gesellschaft für Natur-und Heilkunde* 19: 111-113
- NOHAVICOVÁ M (2013) Druhotná mineralizace grafitických hornin Moravy a Slezska. MS, Bakal. práce, PF Masarykova univerzita Brno
- NOHAVICOVÁ M, VÁVRA V (2013) Strengit s proměnlivým obsahem hliníku v grafitem bohatých horninách moldanubika na lokalitě Štěměchy. *Acta Mus Moraviae, Sci geol* 98(2): 51-57
- 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 Tábor (Böhmen) und die erdigen Phosphate aus seiner Paragenese. *Zeit Kristall* 77: 317-336
- PALACHE C, BERMAN H, FRONDEL C (1951) *The System of Mineralogy of James Dwight Dana and Edward Salisbury Dana*, Yale University 1837-1892, Volume II. 7<sup>th</sup> edition 1-1124. John Wiley and Sons, Inc, New York
- 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
- PEACOR DR, DUNN PJ, SIMMONS WB (1983) Ferrostrunzite, the ferrous iron analogue of strunzite from Mullica Hill, New Jersey. *N Jb Mineral, Mt* 524-528
- PEACOR DR, DUNN PJ, SIMMONS WB, RAMIK RA (1987) Ferristrunzite, a new member of the strunzite group, from Blaton, Belgium. *N Jb Mineral, Mt* 433-440
- PONFIKL EJ (1827) Vollständiger Umriss einer statistischen Topographie des Königreichs Böhmen 2: 101. Prag
- PRACHAŘ I (1981) Současný stav výskytu nerostů ve Chvaleticích. *Acta Mus reginaehradec, Sér A* 16: 93-102
- PURKYNĚ C (1913) Geologie okresu Plzeňského. 140 (Doplňky v textu)
- REUSS AE (1854) Neues Vorkommen des Vivianits in Böhmen. *Lotos* 4: 276-277
- REUSS AE (1855) Über Koproliithen im Rothliegenden Böhmens. *Sitz d Akad d Wissen math-natur* 18: 124-132
- REUSS AE (1856) Neue Mineralfundorte in Böhmen. *Lotos* 6: 118-119
- REUSS AE (1858) Mineralogische Notizen aus Böhmen. *Lotos* 8: 258-261
- ROSICKÝ V (1908) Krystalografické zprávy - Vivianit z Košťálova v Čechách. *Rozpr Čes ak tř II*, 17(28): 17-20
- 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, ČERNÝ P, ČEJKA J, FRÝDA J, ONDRUŠ P (2000) K-poor meurigite from the Kněžská hora quarry near Těškov, western Bohemia, Czech Republic. *N Jb Mineral, Mh* 6: 264-278
- SEJKORA J, CÍCHA 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, ŠPALEK J, MACEK I, MALÍKOVÁ R (2014) Fibroferit z historické lokality Valachov (Skřivaň) u Rakovníka (Česká republika). *Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha)* 22(2): 371-375
- SEJKORA J, GREY IE, KAMPF AR, PRICE JR, ČEJKA J (2016) Tvrdýte,  $\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}_5\text{Al}(\text{PO}_4)_4(\text{OH}_5)(\text{OH}_2)_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , a new phosphate mineral from the Krásno near Horní Slavkov, Czech Republic. *Mineral Mag* 80(6): 1077-1088
- SHIELDS GA, CARDEN GAF, VEIZER J, MEIDLA T, RONG JY, LI RY (2003) Sr, C, and O isotope geochemistry of Ordovician brachiopods: A major isotopic event around the Middle-Late Ordovician transition. *Geochim Cosmochim Acta* 67(11): 2005-2025
- SLAČÍK J, BLÜML A (1977) Wavellit z Počepic na Sedlčanskú. *Čas Mineral Geol* 22(4): 428
- SLAVÍK F (1918) Nové výskyty minerálů v Čechách. *Čas Mus Král Čes, Odd přírodověd* 92: 38-42. Praha
- SLAVÍK F (1928) Nerosty z ložisek manganových rud v Železných horách. *Čas Nár Muz, Odd přírodověd* 102(3-4): 113-127
- SLAVÍK F (1931) Gisements de manganese en Bohême orientale. *Congr internat Miner Métall Géol appl* 6: 141-145
- SLAVÍKOVÁ L (1921) Nové výskyty minerálů v Čechách. *Čas Mus Král Čes, Odd přírodověd* 95: 125
- SLAVÍKOVÁ L, SLAVÍK F (1917-1918) Studie o železných rudách českého spodního siluru. *Rozpr Čes ak tř II* 26
- STEINMANN J (1825) Vorträge d öffentl Sitz d k böhm Gesselsch d Wissensch
- STEINMANN J (1826) Kákoxén. *Archiv für die Gesamte Naturlehre* 8: 446-446
- STREINZ WM (1828) Vollständiger Umriss einer Topographie des berauner Kreises im Königsreiche Böhmen. In: PONFIKL JE Vollständiger Umriss einer statistischen Topographie des Königreichs Böhmen 3: 23-46. Prag
- STRENG A (1881) Ueber die Phosphate von Waldgirmes. *N Jb Mineral, Geolog, Palaeontolog*: 101-119
- ŠÍSTEK P, CHOC P (2009) Nové nálezy nerostů v kamenolomu Těškov u Rokycan. *Minerál* 17(6): 486-490
- ŠKODA R, RUS P (2010) Revize dufrénitu z Poniklé. *Minerál* 18(2): 119-123
- TUČEK K (1943) Nové nálezy nerostů I. *Věst Král čes Spol Nauk, Tř matemat přírodověd* 16: 2-3
- TVRDÝ J, OPEKAR L, PECHAR T, NEDVĚD J, PETRŮ M, JEČNÝ M (2017) Závěrečná zpráva. Vyhodnocení ložiskově geologických prací v průzkumném území Trnávka. Ložisko: Chvaletice - odkaliště 1, 2 (B3104804) a Řečany - odkaliště 3 (B3243700). Surovina: manganová ruda. Etapa: průzkum. MS GET Praha, archiv ČGS - Geofond FZ007289
- TVRDÝ J, PLÁŠIL J, SEJKORA J, ŠKODA R, VRTIŠKA L, DOLNÍČEK Z, PETR M, VESELOVSKÝ F (2021) Ferroberaunite, IMA 2021-036. *CNMNC Newsletter* 63; *Mineralogical Magazine*: 85
- TVRDÝ J, PLÁŠIL J, SEJKORA J, ŠKODA R, VRTIŠKA L, DOLNÍČEK Z, PETR M, VESELOVSKÝ F (2022) Ferroberaunite,  $\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}_5(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_5 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , a mixed-valence iron member of the beraunite series, from the Gravel Hill mine, Perranzabuloe, Cornwall, England. *Mineral Mag* 86(3): 363-372
- ULRICH F (1929a) Zprávy z Československé společnosti pro mineralogii a geologii. *Věst Stát geol Úst* 5(1): 322
- ULRICH F (1929b) Variscit a barrandit z Třenic u Zbiroha. *Rozpr II. Tř Čes Akad Věd a Umění* 39(17): 1-13
- ULRICH F (1930) Příspěvky k topografické mineralogii Čech II. *Věst Stát geol Úst* 6: 98-107
- VELEBIL D (2017) Výskyty barytu na ložiscích sedimentární železné rudy ordovického stáří v oblasti Barrandieny. *Minerál* 25(5): 443-451
- VELEBIL D, VRTIŠKA L, ČERNÝ P (2018) Důl Hrbek u Zaječova - slavné historické naleziště fosfátů. *Minerál* 26(5): 412-421
- VRTIŠKA L (2023) Minerální asociace sekundárních puklinových fosfátů v závislosti na typu hostitelské horniny Českého masivu. *Dizertační práce*. Masarykova Univerzita, Brno. 1-109
- VRTIŠKA L, BEDNAŘÍK J (2018) Vivianit z Fe ložiska Poniklá u Jilemnice. *Minerál* 26(5): 452-454



- VRTIŠKA L, MALÍKOVÁ R (2020) Nová data k výzkumu tvrdýtu z Krušné hory u Berouna (Česká republika). Bull Mineral Petrolog 28(2): 406-411
- VRTIŠKA L, PAULIŠ P (2019) Krása Chvaletických rodochrozitů. Minerál 27(5): 387-396
- VRTIŠKA L, MALÍKOVÁ R, SEJKORA J (2016a) Zajímavý výskyt fosfátů v okolí Líštěnce u Votic (Česká republika). Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha) 23(1): 114-131
- VRTIŠKA L, LOUN J, MALÍKOVÁ R, SEJKORA J, (2016b) Fluorwavellit a variscit z Počepic u Sedlčan (Česká republika). Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha) 24(2): 285-297
- 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
- VRTIŠKA L, SEJKORA J, MALÍKOVÁ R (2019a) Studium sekundárních fosfátů s allanpringitem a tvrdýtem z opuštěného ložiska železných rud Krušná hora u Berouna (Česká republika). Bull Mineral Petrolog 27(2): 231-246
- VRTIŠKA L, TVRDÝ J, MALÍKOVÁ R, DOLNÍČEK Z (2019b) Manganem bohatý beraunit, strunzit a fosfosiderit z historického ložiska Fe-Mn rud Morašice u Přelouče (Česká republika). Bull Mineral Petrolog 27(2): 269-278
- VRTIŠKA L, ZEMEK V, MALÍKOVÁ R (2020) Vzácny allanpringit - produkt alterace fluorwavellitu z lomu Milina u Zaječova (Česká republika). Bull Mineral Petrolog 28(1): 126-131
- VRTIŠKA L, TVRDÝ J, PLÁŠIL J, SEJKORA J, ŠKODA R, MASSANEK A, FILIP J, DOLNÍČEK Z, VESELOVSKÝ F (2021) Proposal for discrediting eleonorite and new data on beraunite based on the study of type material CNMNC Newsletter 63; Mineralogical Magazine: 85
- VRTIŠKA L, TVRDÝ J, PLÁŠIL J, SEJKORA J, ŠKODA R, CHUKANOV NV, MASSANEK A, FILIP J, DOLNÍČEK Z, VESELOVSKÝ F (2022a) Redefinition of beraunite,  $\text{Fe}^{3+}_6(\text{PO}_4)_4\text{O}(\text{OH})_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , and discreditation of the name eleonorite: a re-investigation of type material from the Hrbek Mine (Czech Republic). Eur J Mineral 34: 223-238
- VRTIŠKA L, SEJKORA J, DOLNÍČEK Z, MALÍKOVÁ R (2022b) Collinsit ze železnorudného dolu v Nučicích, nový minerál pro Českou republiku - popis a Ramanova spektroskopie. Bull Mineral Petrolog 30(1): 1-10
- VRTIŠKA L, MALÍKOVÁ R, DOLNÍČEK Z, SEJKORA J (2022c) Natrodufrénit z Vlastkovce u Slavonic, Morava, Česká republika. Acta Musei Morav, Sci Geol 107(2): 145-154
- VTĚLENSKÝ J (1959) Mineralogie oolitických železných rud z některých ložisek Barrandienu. Geotechnica 26: 1-71
- WALA J (1867) Verzeichniss der an die k. k. geologische Reichsanstalt gelangten Einsendungen von Mineralie, Gebirgsarten, Petrefacten u. s. w. Jb K-K geol Reichsanst 7(3): 606
- WEISS S, HOCHLEITNER R (2017) Neue Mineralien aus Hagendorf. Lapis 42(9): 42-46
- WELSER P, ZÁRUBA J, SMUTEK D, ZBYŠEK Z, MALEK O (2014) Nové sekundární fosfáty a sírany od Litošic v Železných horách. Minerál 22(4): 307-315
- WIELAND E, STUMM W (1992) Dissolution kinetics of kaolinite in acidic aqueous solution at 25 °C. Geochim Cosmochim Acta 56: 3339-3355
- ZEPHAROVICH MVR (1859) Mineralogisches Lexicon für das Kaiserthum Österreich. 1-628, Wien.
- ZEPHAROVICH MVR (1867) Barrandit von Cerhovic und Sphärit von Zaječov. Sitz Akad Wiss math-naturwiss 56: 19-47
- ZEPHAROVICH MVR (1873) Mineralogisches Lexicon für das Kaiserthum Österreich, 2. band. Wien.
- ZIPPE FXM (1833) Pojednání Král čes spol nauk z roku 1831 a 1832, 44
- ŽÁK L (1972) Metamorphic paragenesis of the manganese-pyrite horizon in the Železné hory Mts. (Bohemia). Čas Mineral Geol 17: 345-356
- ŽÁK L (1978) Mineralogie chvaletického ložiska. Acta Univ Carol Geol 3-4: 457-471
- ŽÁK J, POVONDRA P (1960) Chemismus apatitu z Chvaletic v Železných horách. Acta Univ Carol Geol: 223-240