ISSN 1211-8796

Acta Mus. Moraviae, Sci. geol.
CVI (2021): 1, 51–56, 2021

VIVIANIT Z KVARTÉRNÍCH SEDIMENTŮ V DOLNÍ LUTYNI (SLEZSKO, ČESKÁ REPUBLIKA)

VIVIANITE FROM THE QUATERNARY SEDIMENTS IN DOLNÍ LUTYNĚ (SILESIA, CZECH REPUBLIC)

JAKUB JIRÁSEK, DALIBOR MATÝSEK, ANETA MINAŘÍKOVÁ

Abstract

Jirásek, J., Matýsek, D., Minaříková, A., 2021: Vivianit z kvartérních sedimentů v Dolní Lutyni (Slezsko, Česká republika). – Acta Musei Moraviae, Scientiae geologicae, 106, 1, 51–56 (with English summary).

Vivianite from the Quaternary sediments in Dolní Lutyně (Silesia, Czech Republic)

Vivianite was found in an active sand and gravel pit Dolní Lutyně – Velké Lány, Silesia, Czech Republic. It extracts mineral raw material from Quaternary fluvial? channels filled by glacifluvial gravel and sand with clayey intercalations of moraine origin, overlaid by melting water subglacial sediments of the progressive phase of glaciation and discontinuous sediments from the retreat glaciation phase. Loess loamy clays, peat clays, and peat are locally situated in their overburden. Vivianite forms powdery dark blue aggregates in the silt sediments with organic matter. The unit-cell parameters refined from X-ray powder diffraction data are: a = 10.0319(4), b = 13.4177(4), c = 4.6918(2) Å, β = 102.294(3)° and V = 617.06 Å^3. Microchemical analysis of vivianite (average from 6 spots) corresponds to the empirical formula $Fe^{2+}_{2.99}Mn^{2+}_{0.02}Ca_{0.01}Mg_{0.01}(PO_4)_{1.97}$. 8.01 H_2O, as the water was calculated from the M^{2+} / H_2O ratio according to the ideal formula and after recalculation based on 16 oxygen atoms per formula unit. Minor isomorphic admixtures are Mn (max. 0.025 *apfu*), Mg (max. 0.020 *apfu*), and Ca (max. 0.015 *apfu*). Average SiO_2 content 0.57 wt. % might be ascribed to the surrounding clay matrix. Vivianite is associated with organic matter (leaves, seeds) deposited in the fluvial silt sediments, which supplied both P and reductive environment necessary for the mineral formation.

Key words: vivianite, Holocene, Quaternary, Czech Republic

Jakub Jirásek, Department of Geology, Faculty of Science, Palacký University Olomouc, 17. listopadu 1192/12, 771 46 Olomouc, Czech Republic, e-mail: jakub.jirasek@upol.cz

Dalibor Matýsek, Department of Geological Engineering, Faculty of Mining and Geology, Vysoká škola báňská – Technical University of Ostrava, 17. listopadu 15/ 2172, 708 33 Ostrava-Poruba, Czech Republic, e-mail: dalibor.matysek@vsb.cz

Aneta Minaříková, Department of Geological Engineering, Faculty of Mining and Geology, Vysoká škola báňská – Technical University of Ostrava, 17. listopadu 15/ 2172, 708 33 Ostrava-Poruba, Czech Republic, e-mail: minanny@seznam.cz

1. ÚVOD

Vivianit býval v minulosti na našem území poměrně často popisovaným minerálem, zejména z říčních a jezerních sedimentů a jiných usazených hornin bohatých na organický materiál. V prostoru Moravy a české části Slezska je zmiňován např. z Lískovce u Frýdku-Místku, Dobré nebo Horní Líšně (Moser 1876), z Třebíč-Boroviny (Sekanina 1937),

Vidnavy, Uherského Hradiště a Starého Města u Uherského Hradiště, z Biskupic u Luhačovic a Uherského Brodu a z Dolního Těrlicka (Kruťa 1949, 1952, 1956, 1960) nebo sedimentů Staroměstského rybníka v Telči (Malý 2013) . Dnes jsou tyto nálezy tím, jak se těžba automatizovala a koncentrovala do menšího počtu lokalit, dosti omezené.

V roce 2018 byly při návštěvě štěrkovny Dětmarovice (katastrální území Dolní Lutyně) nalezeny vzorky tmavě modrého zemitého vivianitu. Nález pochází z rozšiřování jihovýchodní stěny (N 49° 55.000', E 018° 27.400') z jílovitého sedimentu bohatého organickou hmotou, který se nachází v nadloží glacifluviálních štěrkových sedimentů. Cílem tohoto příspěvku je charakterizovat jeho výskyt.

2. LOKALIZACE A GEOLOGICKÁ SITUACE

V okolí Bohumína se vyskytují sedimenty obou pleistocenních kontinentálních zalednění známých z našeho území (např. Tyráček 2011; Nývlt *et al.* 2011). Zejména glacilakustrinní a glacifluviální sedimenty ústupových fází zalednění jsou na několika místech stále těženy jako zdroj štěrku a písku, převážně pro stavební průmysl. Jednou z těchto provozoven je štěrkovna Dětmarovice v okrese Karviná, které se týká náš příspěvek.

Štěrkovna Dětmarovice (dobývací prostor Dolní Lutyně–Velké Lány) se nachází severně od obce, a na své východní straně přiléhá k elektrárně Dětmarovice. Těžba v současnosti probíhá výhradně z vody. Další části rozsáhlého vytěženého území neobsahují po rekultivaci odkryvy umožňující geologický výzkum.

Pokud je autorům známo, detailní geologická situace štěrkovny nebyla nikdy publikována. Následující geologická charakteristika je rešerší průzkumných posudků a výpočtů zásob: Ambrož (1953), Kulawczyková (1955), Hájek (1956), Andrejsek (1957) a Zoubek (1957).

Podloží ložiska je tvořeno zelenošedými miocenními slíny. Báze kvartéru je morfologicky variabilní a nachází se v ní systém depresí a ostře zaříznutých rýh. Nejvýraznější z nich se táhne zhruba východo-západním směrem z Polska, prochází pod současným korytem řeky Odry a směřuje k Dolní Lutyni a Skřečoni (místní část Bohumína) v délce přes 7 km. Jde o fosilní koryto nejasného původu („subglaciální koryto“), jehož maximální hloubka je místy větší než 60 m.

Výplní koryt a depresí jsou na bázi glaciofluviální písky a štěrkopísky nažloutlé barvy. V hlubších částech se nachází také proplástky a polohy namodralých jílů, místy s kusy dřev. Interpretované jsou jako materiál morén. Na ně nasedají světlé jemnozrnné písky, lokálně s polohami jílu. Ostře jsou odděleny od hrubozrnných křemenných písků až štěrků obsahujících baltický materiál, považovaných za sedimenty tavných vod postupové fáze ledovce, které ledovec nakonec překročil. V jejich nadloží bývá přítomna nesouvislá poloha křemenných písků a štěrků obsahujících materiál beskydské provenience s příměsí eratického materiálu z ústupové fáze ledovce. Na tyto ložiskově významné polohy nasedají sprašové hlíny variabilní mocnosti, místy i slatinné hlíny a slatiny. Vše bývá nejčastěji zakryté recentními aluviálními sedimenty.

3. METODIKA VÝZKUMU

Identifikace struktury zkoumaného minerálu byla provedena pomocí práškové rentgenové difrakční analýzy. Práškový preparát byl nanesen na nízkopozaďový křemíkový nosič. Analýza byla provedena na přístroji Bruker-AXS D8 Advance s $2\theta/\theta$ reflexní geometrií měření, vybaveném polovodičovým – silicon strip detektorem LynxEye. Měření probíhalo za podmínek: záření CuKα/Ni, napětí 40 kV, proud 40 mA, krokový režim s krokem 0.014° 2θ, čas na kroku 0.25 s, sumace 3 až 5 měření, úhlový rozsah měření 5–80° 2θ. Pro měření a kvalitativní vyhodnocení byl použit firemní software Bruker – AXS Diffrac, resp. Diffrac.EVA a databáze difrakčních dat PDF 2/JCPDS, verze 2011.

Sledování morfologie zkoumaného minerálu probíhalo na přírodních vyplavených agregátech za použití autoemisního elektronového mikroskopu FEI Quanta-650 FEG od firmy FEI. Mikrofotografie byla pořízena pomocí detektoru zpětně odražených elektronů (BSE).

Chemické složení vivianitu bylo kvantitativně studováno pomocí elektronového mikroanalyzátoru Cameca SX 100 (Přírodovědecká fakulta MU, Brno, analytik R. Škoda) za podmínek: vlnově disperzní analýza, napětí 15 keV, proud 10 nA, průměr svazku elektronů 5 μm. Jako standardy byly použity dobře definované homogenní minerály a syntetické fáze: lammerit (As Lα), Mg_2SiO_4 (Mg Kα), sanidin (Si Kα), vanadinit (Cl Kα), fluorapatit (P Kα), wollastonit (Ca Kα), almandin (Fe Kα), gahnit (Zn Kα) a Mn_2SiO_4 (Mn Kα). Obsah vody byl dopočten poměrově ze sumy dvojmocných kationtů s ohledem na poměr ideálního vzorce, empirický chemický vzorec byl následně přepočten na 16 atomů kyslíku.

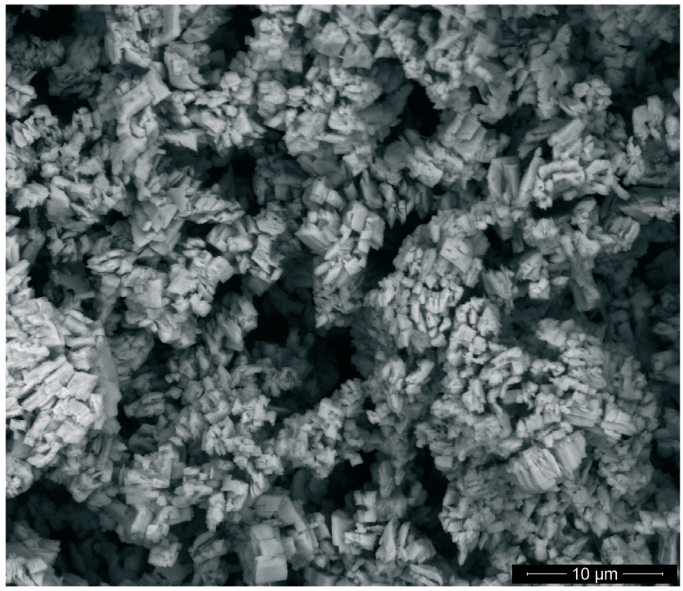
4. CHARAKTERISTIKA VIVIANITU

Vivianit tvoří tmavě modré zemité agregáty (obr. 1), pokrývající plochy menší než 10 cm^2. Makroskopicky je zjevně porézní a místy tvoří tmel klastů. Vzhledem k situaci skrývky nelze jednoznačně identifikovat, z jaké polohy materiál pochází. Jde ale určitě o klastické sedimenty v nadloží hlavních ložiskových poloh. Zjevně šlo o polohu dočasně nebo trvale pod hladinou podzemní vody. Zrnitostně i fázově nehomogenní sediment s vivianitem podle práškové RTG-difrakce dále obsahuje proměnlivé množství křemene, albitu, muskovitu, ortoklasu a minerálu chloritové skupiny.

Obr. 1. Modrý práškovitý vivianit v kvartérním sedimentu. Velikost 5×3 cm. Foto A. Minaříková, 2021.
Fig. 1. Blue powdery vivianite in the Quaternary sediment. Size 5×3 cm. Photo A. Minaříková, 2021.

S využitím zobrazení elektronovým mikroskopem je patrné, že zkoumaný vivianit není tvořen typickými prizmatickými krystaly, ale agregátem tabulkovitě zploštělých částic o velikosti menší než 3 μm (obr. 2). Jeho složení vypočtené na základě šesti bodových analýz lze vyjádřit vzorcem $Fe^{2+}_{2,99}Mn^{2+}_{0,02}Ca_{0,01}Mg_{0,01}(PO_4)_{1,97}$. 8,01 H_2O. Jde o relativně chemicky čistý minerál, maximální bodové izomorfní příměsi na zastupující Fe^{2+} jsou Mn do 0,025 *apfu*, Mg do 0,020 *apfu* a Ca do 0,015 *apfu* (tab. 2). Obsahy Zn, As a Cl byly vždy pod mezí detekce použité metody. Zjištěné obsahy Si (průměr 0,57 hm. %) považujeme za příměs z okolní horninové matrix, danou velmi jemnozrnným charakterem vivianitových agregátů krystalizujících mezi zrny křemenem bohatého sedimentu. Proto tento prvek nebyl do empirického vzorce zahrnut.

Mřížkové parametry vivianitu zpřesněné na základě práškové RTG-difrakce jsou uvedeny v tabulce 1. Jsou v dobré shodě s údaji pro tuto fázi z jiných lokalit. Nepodařilo se prokázat přítomnost difrakčních linií metavivianitu, který by podle barvy mohl být na vzorcích také přítomen jako produkt oxidační nízkoteplotní alterace vivianitu (Sameshima *et al.* 1985; Rodgers 1986).



Obr. 2. Agregát vivianitu zobrazený ve zpětně odražených elektronech (BSE). Foto D. Matýsek, 2020.
Fig. 2. BSE image of the vivianite aggregate. Photo D. Matýsek, 2020.

Tabulka 1. Mřížkové parametry vivianitu.
Table 1. Unit-cell parameters for vivianite.

lokalita	zdroj	a [Å]	b [Å]	c [Å]	β [°]	V [Å]
Dolní Lutyně	tato práce	10.0319(4)	13.4177(4)	4.6918(2)	102.294(3)	617.06
Capeni (Rumunsko)	Marincea et al. (1997)	10.113	13.464	4.723	104.38	622.95
Commentry (Francie)	Capitelli et al. (2012)	10.100(3)	13.494(3)	4.709(3)	104.24(4)	622.1(7)
Settefrati (Itálie)	Capitelli et al. (2012)	10.116(3)	13.473(3)	4.7064(7)	104.33(4)	621.5(2)

Tabulka 2. Chemické složení vivianitu (hm. %) a přepočet koeficientů empirického vzorce na 16 atomů kyslíku; b.d.l. – pod detekčním limitem. * Obsah vody byl dopočten poměrově ze sumy dvojmocných kationtů s ohledem na poměr ideálního vzorce. ** Zdroj Si není izomorfní příměs ve vivianitu, ale křemenná zrna v okolním sedimentu. Proto jsme ho vyloučili z dalšího výpočtu vzorce.

Table 2. Chemical composition of vivianite (% wt.) and calculation of empirical formula coefficients based on 16 oxygen atoms; b.d.l. – below detection limit. * The water content was calculated relative to the sum of divalent cations with respect to the ratio of the ideal formula. **Si source not an isomorphic admixture in vivianite, but surrounding quartz grains in sediment. Therefore, it was excluded from further formula calculation.

	mean	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
FeO	42,30	43,78	43,53	41,93	40,44	44,11	40,00
CaO	0,11	0,06	0,08	0,11	0,10	0,18	0,12
MgO	0,05	0,15	b.d.l.	b.d.l.	0,15	b.d.l.	b.d.l.
MnO	0,29	0,33	0,27	0,28	0,25	0,28	0,33
P_2O_5	27,41	29,09	29,04	25,62	25,20	29,15	26,36
SiO_2**	0,57	0,12	0,28	0,53	1,64	0,50	0,35
Σ	70,72	73,52	73,20	68,48	67,78	74,21	67,16
H_2O*	28,63	29,72	29,36	28,32	27,48	29,83	27,07
Σ	99,35	103,24	102,56	96,80	95,26	104,04	94,23
Fe^{2+}	2,986	2,957	2,966	3,044	3,014	2,969	2,970
Ca^{2+}	0,010	0,005	0,007	0,009	0,009	0,015	0,011
Mg^{2+}	0,006	0,018	0,000	0,000	0,020	0,000	0,000
Mn^{2+}	0,021	0,022	0,018	0,021	0,019	0,019	0,025
Σ	3,022	3,002	2,992	3,074	3,062	3,004	3,007
P^{5+}	1,967	1,997	2,0121	1,891	1,909	1,995	1,990
H_2O*	8,012	7,995	7,956	8,152	8,019	7,970	7,986

5. ZÁVĚR

Vivianit je poměrně běžným minerálem vznikajícím v několika typech geologického prostředí. Nejběžnější je v jemnozrnných sedimentárních horninách bohatých organickou hmotou, která zajišťuje fosfor a také redukční prostředí nutné pro jeho vznik (Rothe *et al.* 2016). Z domácích lokalit je možné jako příklad uvést např. Dolní Těrlicko (Kruťa 1960), Horusice (Bouška 1962), a nově také výše popsanou lokalitu. Na ní vznik vivianitu evidentně souvisí s rozkladem organických složek – běžně se vyskytujících úlomků dřev a jiných rostlinných zbytků. K těmto lokalitám je možné přiřadit i výskyty v tzv. bahňácích, tj. bahenních železných rudách, kde je vivianit také běžný (Moser 1876; Ratajczak a Rzepa 2011).

Vivianit je dále známý jako primární minerál z hydrotermálních mineralizací (u nás např. lom Pohled u Havlíčkova Brodu – Venclík *et al.* 2013), vulkanosedimentárních ložisek železných rud (chvaletický rudní pruh – Slavík 1928) a z některých granitických pegmatitů bohatých fosfáty (např. Přibyslavice – Povondra *et al.* 1987, Hatě u Dolních Borů – Staněk 1991). Velmi vzácně pak vzniká také v uhelných slojích (např. Marincea *et al.* 1997).

PODĚKOVÁNÍ

Vznik tohoto článku byl finančně podpořen grantovými projekty Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy ČR SGS SP2021/65 a využil techniku získanou díky projektu LO1406 stejného poskytovatele. Zapojená studentka za finanční podporu děkuje dotační-

mu programu „Podpora vědy a výzkumu v Moravskoslezském kraji 2019“ (RRC/10/2019) financovanému z rozpočtu Moravskoslezského kraje. Dále děkujeme vedení společnosti CEMEX Czech Republic, s.r.o. za umožnění vstupu a odběru vzorků do štěrkovny Dětmarovice. Ke zlepšení kvality rukopisu přispěly poznámky obou recenzentů – J. Tomana a L. Vrtišky.

LITERATURA

Ambrož, V., 1953: Zpráva o výzkumu a mapování čtvrtohorních pokryvných útvarů v oblasti Mor. Ostravy za rok 1953. – MS, Geofyzika, n.p. Brno.

Andrejsek, K., 1957: Geofysikální výzkum subglaciálních koryt na Ostravsku. – MS, Ústřední ústav geologický. Praha.

Bouška, V., 1962: Goethit ze slaniště „Ruda“ u Horusic. – Acta Universitatis Carolinae, Geologica, 1–2, 39–53.

Capitelli, F., Chita, G., Ghira, M.R., Rossi, M., 2012: Crystal-chemical investigation of $Fe_3(PO_4)_2 \cdot 8\ H_2O$ vivianite minerals. – Zeitschrift für Kristallographie – Crystalline Materials, 227, 2, 92–101.

Hájek, Z. (ed.), 1956: Průzkum štěrkopísků ČSR – 1956 Dolní Lutyně. – MS, Nerudný průzkum, n.p. Brno.

Kruťa, T., 1949: O nerostech, nerostných surovinách a předních nalezištích ve Slezsku. – Přírodovědecký sborník Ostravského kraje, 10, 281–319.

Kruťa, T., 1952: Příspěvky k moravské topografické mineralogii IV. – Časopis Moravského musea v Brně, Vědy přírodní, 37, 52–68.

Kruťa, T., 1956: Příspěvky k moravské topografické mineralogii VI. – Časopis Moravského musea v Brně, Vědy přírodní, 41, 5–30.

Kruťa, T., 1960: Mineralogický výzkum ve Slezsku v roce 1959. – Přírodovědný časopis slezský, 21, 3, 373–384.

Kulawczyková, A., 1955: Litologická charakteristika ložiska slévárenských písků na Bohumínsku. – MS, Přírodovědecká fakulta University Karlovy, Praha.

Malý, K., 2013: Vivianit ze sedimentů Staroměstského rybníka v Telči. Acta rerum naturalium, roč. 15, s. 103–104.

Marincea, S., Constantinescu, E., Ladriere, J., 1997: Relatively unoxidized vivianite in limnic coal from Capeni, Baraolt Basin, Romania. – Canadian Mineralogist, 35, 3, 713–722.

Moser, K., 1876: Ein Beitrag zur mineralogischen Kenntniss des Teschener Kreises. – In: III. Programm der k. k. Staats-Realschule in Teschen am Schlusse des Schuljahre 1875/76, 15–42, Karl Prochaska, Teschen.

Nývlt, D., Engel, Z., Tyráček, J., 2011: Pleistocene glaciations of Czechia. – In: Ehlers, J., Gibbard, P. L., Huhges, P. D. (eds.): Developments in Quaternary Science, Vol. 15, 37–46, Elsevier, Amsterdam, Netherlands.

Povondra, P., Pivec, E., Čech, F., Lang, M., Novák, F., Prachař, I., Ulrych, J., 1987: Přibyslavice peraluminous granite. – Acta Universitatis Carolinae, Geologica, 3, 183–283.

Ratajczak, T., Rzepa, G., 2011: Polskie rudy darniowe. – Wydawnictwa AGH, Kraków, 369 p.

Rodgers, K. A., 1986: Metavivianite and kerchenite: a review. – Mineralogical Magazine, 50, 358, 687–691.

Rothe, M., Kleeberg, A., Hupfer, M., 2016: The occurrence, identification and environmental relevance of vivianite in waterlogged and aquatic sediments. – Earth-Science Reviews, 158, 51–64.

Sameshima, T., Henderson, G. S., Black, P. M., Rodgers, K. A., 1985: X-ray diffraction studies of vivianite, metavivianite, and barićite. – Mineralogical Magazine, 49, 350, 81–85.

Sekanina, J.,1937: Über Zwei neue Phosphatevorkommen in Mähren. Spisy vydávané Přírodovědeckou fakultou Masarykovy university, č. 231, s. 1–9.

Slavík, F., 1928: Nerosty z ložisk manganových rud v Železných horách. Časopis Národního muzea, Oddíl přírodovědný, roč. 102, s. 8–127.

Staněk, J., 1991: Parageneze minerálů pegmatitových žil z Hatí u Dolních Borů na západní Moravě. – Acta Musei Moraviae, Scientiae Naturales, 76, 19–49.

Tyráček, J., 2011: Continental glaciation of the Moravian Gate (Czech Republic). – Sborník geologických věd, Antropozoikum, 27, 39–49.

Venclík, V., Sejkora, J., Škácha, P., Pauliš, P., Stískal, O., 2013: Vivianit z lomu Pohled u Havlíčkova Brodu (Česká republika). – Bulletin mineralogicko-petrografického oddělení Národního muzea v Praze, 21, 2, 191–194.

Zoubek, J. (ed.), 1957: Průzkum slévárenských písků v ČSR 1953 Nerad. – MS, Nerudný průzkum, n. p. Brno.