

BRNĚNSKÝ KŘEMENNÝ VAL

The Brno quartz lode

Antonín Přichystal, Marek Slobodník

Ústav geologických věd PŘF MU, Kotlářská 2, 611 37 Brno; e-mail: prichy@sci.muni.cz

(24–32 Brno)

Key words: Brno batholith, western granitoid zone, quartz vein, hydrothermal fluids

Abstract

A large quartz vein which penetrates through granodiorite in the western zone of the Brno Batholith is described. It is composed from two bodies with different directions with a length of approximately 700 and 450 m, the thickness of vein parts varies around 2.5 m. The longer segment has E–W direction. The vein is built by massive greyish-white quartz of one generation with no traces of younger mylonitization. Its origin is spatially associated with a swarm of late Variscan amphibole diorites and porphyritic microdiorites cutting local granodiorites of the Brno Batholith. Precipitation conditions of quartz have been estimated at 170–300 °C and 400–1600 bar and depth at 1.5 up to 6 km. It represents the largest quartz vein not only within the Brno Batholith but even in the entire territory of south Moravia, so we propose to define it as the Brno quartz lode.

Úvod

Při vyhledávání míst, kde docházelo k pravěké těžbě žilných dioritů a porfyrických mikrodioritů (dioritových porfyrů) v z. granitoidní zóně brněnského batolitu, zdokumentoval prvý z autorů v prostoru mezi Brněnskou přehradou a Rozdrojovicemi obrovskou křemennou žílu, o které zatím chybí v odborné literatuře bližší informace. Na základě současných znalostí se jedná o největší křemennou žílu nejen v prostoru brněnského batolitu, ale na j. Moravě vůbec. Podle vzoru gigantických křemenných žil v j. části moldanubika (bavorský a český křemenný val) a při vědomí určité nadsázky navrhneme označit tuto největší křemennou žílu na j. Moravě jako brněnský křemenný val, neboť v terénu vytváří místy výrazné výchozy a elevace.

Tento výskyt nebyl dříve zaznamenán během žádného výzkumu, i když nerostné suroviny a výskyt rudních či nerudních mineralizací v prostoru brněnského batolitu (dříve brněnského masivu) byly vícekrát detailně studovány a popsány. Ze starších prací je možné zmínit kapitoly v souhrnném kompendiu Zapletala (1931–32, str. 106 a 246), topografické mineralogie Moravy od Burkarta (1953) nebo Kruti (1966), z konce 20. století kapitolu J. Staňka a L. Českové v monografickém zpracování brněnského masivu od Štelcla – Weisse et al. (1986).

Česková (1978) označuje výskyt žil s křemennou asociací v brněnském batolitu jako poměrně vzácný fenomén. Žíly popisuje jako čočkovité, malých mocností, největší žílu s mocností 20 cm uvádí z Brna-Kníniček. Výskyt hydrotermálního křemene spojuje s variskou mineralizací Cu a Mo, s výraznější vazbou na směr SSV–JJZ. V novější době byly nerostné suroviny v prostoru města Brna charakterizovány Grymem (2000). Přítomnost velké křemenné žíly v západní granitoidní části brněnského batolitu nebyla nikomu z výše uvedených autorů známa. Žíla není zaznamenána ani v žádné starší geologické mapě města Brna a jeho

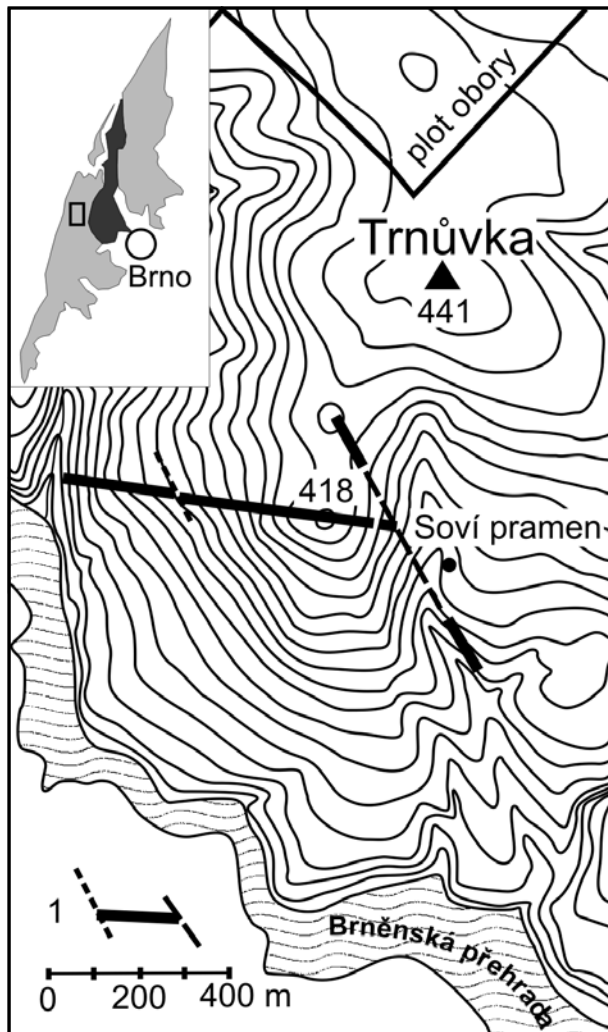
okolí, poprvé je její část vyznačena v Geologické mapě ČR 1 : 50 000 list 24–32 Brno (Novák ed. 1991). Vzhledem k tomu, že jde o ojedinělý geologický fenomén, vyžadoval by si jak ochranu, tak i začlenění do naučné stezky v okolí Brněnské přehrady.

Popis tělesa žíly

Brněnský křemenný val je reprezentován velkou křemennou žílou, která vystupuje jako dvě větve o různých směrech s délkou kolem 700 a 450 m, které se stýkají pod šikmým úhlem v z. svahu údolí se Sovím pramenem, asi 500 m j. od vrcholu kopce, jenž nese v současných mapách název Trnůvka (1,3 km sz. od obce Rozdrojovice). Ve starších mapách nebo v kompendiu Demka – Mackovčina (eds) et al. (2006) je upřednostňován název Trnovka (obr. 1). Mocnost se u obou částí žíly pohybuje kolem 2,5 m.

Obě části křemenné žíly pronikají granodioritem brněnského batolitu, jenž je označován jako typ Veverská Bítýška. V čerstvém stavu je reprezentován růžově šedou hrubozrnnou horninou, v okolí žíly proniknou drobnými křemennými žilkami, což vedlo k jejímu zpevnění a k vytváření drobných skalek. Dál od žíly se granodiorit rozpadá do hrubé písčité frakce. Podle údajů v práci Štelcla – Weisse et al. (1986) se jedná o typický granodiorit s dvojnásobnou převahou plagioklasu nad K-živcem a vedle 6 % biotitu obsahuje rovněž kolem 2,5 % amfibolu. Orientačně změřené hodnoty K, U a Th přenosným gamaspektrometrem Exploranium GR-130 na výchozech v okolí žíly potvrdily údaje uváděné ve výše zmíněném kompendiu, to znamená velmi nízké obsahy U (do 2,7 ppm) a podstatně vyšší zastoupení Th (až 14,4 ppm). Zjištěné hodnoty draslíku (4,6–5,1 %) vycházejí ve srovnání s literárními údaji poněkud vyšší.

Jedna větev má směr v.-z. a celkovou délku 700 m. Má většinou velmi strmý úklon téměř k severu 350–340°/65–75°. Je možné ji sledovat na j. a jz. svazích hřbetu, jenž má



Obr. 1: Schematická mapa s výskytem velké křemenné žíly mezi Brněnskou přehradou a kótou Trnůvka a pozice lokality v rámci brněnského batolitu. 1 – zlom, výchoz křemenné žíly a předpokládaný průběh žíly, GPS souřadnice: 49°15'24.278" N, 16°29'29.972" E.

Fig. 1: Schematic map of the large quartz vein occurrence situated between the Brno dam and elevation point of Trnůvka and location within the Brno batholite. 1 – fault, outcrop of quartz vein and expected continuation of vein, GPS coordinates: 49°15'24.278" N, 16°29'29.972" E.

několik dílčích vrcholů a jeho nejvyšší bod představuje již zmíněná kóta Trnůvka (441 m n. m.). Západní okraj žíly se objevuje v příkrém svahu údolí bezejmenného malého potoka, jenž dosahuje okraje Brněnské přehrady v nadmořské výšce 234 m. Zhruba 150 m s. od okraje přehrady jsou v sutí na svahu přítomny úlomky a balvany křemenné žiloviny nebo granodioritové brekcie tmelené křemenem. Výše ve svahu pak obě horniny tvoří několikametrový výchoz. Žíla pokračuje ve směru 85° na V a překračuje vrstevnicovou cestu, nad níž je pravděpodobně přerušena příčným zlomem. Dále ji lze již kontinuálně sledovat v podobě několikametrových balvanů nebo výchozů až na kótu 418 m n. m (obr. 2). Zde opět končí v podobě desítek drobných křemenných žilek nebo granodioritové brekcie v příkrém svahu nad údolím se Sovím pramenem.



Obr. 2: Balvanitý výchoz v.-z. části křemenné žíly.
Fig. 2: Boulder outcrop of the E-W running part of the quartz vein.

Asi 100 m severněji od posledního výchozu v.-z. průběhu žíly vystupuje v délce několika desítek metrů část křemenné žíly o směru kolem 145°–160° (obr. 3), která může být interpretována jako její druhá větev (segment). Tato větev křemenné žíly, o celkové délce 450 m, se v příkrém svahu opět vytrácí a znovu se objevuje jako morfoloogicky výrazný a kolem 5 m vysoký křemenný val i na v. straně údolí se Sovím pramenem. Úklon této části křemenné žíly je k VSV a kolísá kolem 55–70°/75–80°.



Obr. 3: Morfoloogicky nápadný křemenný val o výšce kolem 5 m vystupující na segmentu žíly o průběhu SSZ-JJV.

Fig. 3: Morphologically conspicuous quartz lode reaching a height up to 5 m and forming the segment with NNW-SSE direction.

Mineralogické složení

Dominujícím minerálem je masivní šedobílý křemen, jenž v některých místech vytváří prizmatické krystaly o délce do 2 cm, které rostou do dutin a nasedají na celistvý křemen. Na volném konci jsou ukončeny kombinací klencových ploch. Nikde nebylo pozorováno, že by na žíle docházelo k pohybům spojeným s drčením křemene a jeho vyhojování mladší generací křemene. Ve střední části v.-z. tělesa žíly je pozoruhodná tvorba kulovitých dutých útvarů, které připomínají geody. Jejich velikost dosahuje až 5 cm, na vnějším povrchu jsou pokryty drobnými křemennými

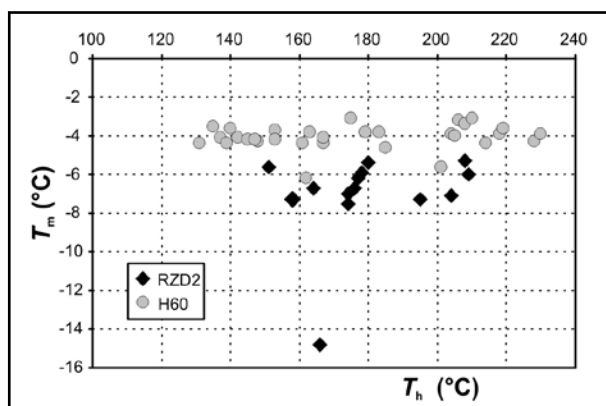
krystalky, uvnitř dutin jsou obvykle negativy po klencových krystalech vyloučených původních karbonátů. Dutiny po rozpuštěných klencích karbonátů, o velikosti do 2–3 cm byly dále nalezeny na více místech v balvanech z okrajových částí žíly. Vzácně byly zjištěny drobné krystalové tvary původního pyritu, nyní zcela nahrazené oxihydroxidy železa. Zřejmě nejzajímavější nález z mineralogického hlediska představuje nález úlomku barytu o velikosti 7×6 cm z kóty 418 m n. m. Bělavý tabulkovitý baryt má místy náznak růžového odstínu. Ve výbrusu je nápadná dokonalá štěpnost barytových krystalů. Ty jsou pronikány mladšími drobnými křemennými žilkami, které tmelí jejich různě velké úlomky. Křemen vykazuje undulozní zřášení a hranice zrn jsou běžně rekrystalovány. Magnetická susceptibilita žiloviny je velmi nízká v celém průběhu obou těles a pohybovala se v rozmezí $0,075\text{--}0,158 \times 10^{-3}$ SI, při čemž zvýšené hodnoty pravděpodobně způsobují uzavřené úlomky okolního granodioritu.

Fluidní inkluze a podmínky vzniku křemene

Křemen obsahuje jen malé fluidní inkluze s běžnými velikostmi mezi 4 a 10 μm . Jejich uspořádání je typické pro syntektonické mineralizace, kdy inkluze tvoří rozsáhlé či menší skupiny nebo jsou uspořádány podél kratších linií.

Inkluze jsou v drtivé většině dvoufázové typu L + V (L – liquid, V – vapour). Poměr fází L/L+V (F) se pohybuje v intervalu 0,95–0,90. Asi 10 % inkluzí je jednofázových (L) a nebo mají větší podíl plynné fáze do 30 % celkového objemu inkluze. Tyto změny poměru fází jsou právě u syntektonických minerálů běžné a vznikají v důsledku ekvibrace inkluzí během dozrívajících deformací a krystalizace minerálu.

Podle eutektických teplot mezi -22 a -20 $^{\circ}\text{C}$, získaných z mikrotermometrického studia, lze usuzovat, že inkluze obsahují jednoduchý vodný roztok s NaCl (systém $\text{H}_2\text{O}\text{-NaCl}$, Davis et al. 1990). Teploty homogenizace inkluzí (T_h) se pohybují v rozsahu $+151$ a $+209$ $^{\circ}\text{C}$ a salinita roztoku je zejména v rozmezí 8,3 až 11,1 hmot. % ekv. NaCl (podle Bodnara 1993, odvozeno z teplot tání ledu: $T_{m\text{ice}} = -7,5$ až $-5,3$ $^{\circ}\text{C}$).

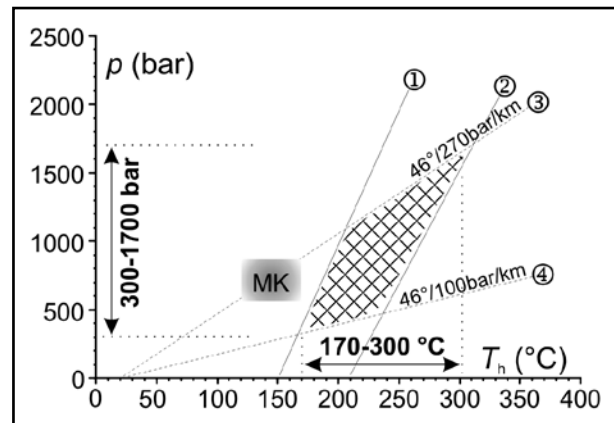


Obr. 4: Mikrotermometrická data (T_h , $T_{m\text{ice}}$) z křemenu variských žil na Hádech u Brna (H60) a z velké křemenné žíly u Rozdrojovic (RZD2, křemenný val).

Fig. 4: Microthermometric data from Variscan quartz veins at Hády near Brno (H60) and from the large quartz vein near Rozdrojovice (RZD2, quartz lode).

O vlastnostech fluid z inkluzí syntektonických (variských) mineralizací z brunovistulika máme zatím poměrně málo informací. Přesnější informace máme z paleozoika v nadloží, kde byly studovány variské žíly ve vápencích Moravského krasu a v klastických sedimentech Drahanské vrchoviny (Slobodník et al. 2006, 2008). Variské křemeny v žilách z líšeňského souvrství na Hádech u Brna obsahují stejný fluidní systém a vykazují velmi blízké hodnoty T_h a $T_{m\text{ice}}$, včetně stejného trendu dat se zřetelným horizontálním protažením ve směru osy x (obr. 4).

Pro první přiblížení genetických podmínek vzniku studovaných křemenných žil byly sestrojeny základní izochory (pro minimální a maximální T_h a průměrnou hustotu fluida). Prostor mezi izochorami a dvěma krajními gradienty, litotermobarickým a hydrotermobarickým gradientem (s použitím hustoty $2,7 \text{ g/cm}^3$ a $1,0 \text{ g/cm}^3$ a hodnotou teplotního gradientu 46 $^{\circ}\text{C}$ podle Franců et al. 1999) reprezentuje p - T podmínky vzniku žil. Z dosud dostupných dat můžeme odvodit teplotní podmínky vzniku žil mezi 170 a 300 $^{\circ}\text{C}$ za tlaku 400 až $1\ 600$ bar, což by odpovídalo hloubkám $1,5$ až 6 km. Tyto hodnoty jsou v poměrně dobré shodě s oblastí p - T podmínek pro variské žíly např. v Moravském krasu (obr. 5), u nichž jsou tyto hodnoty o něco nižší, což je v dobré shodě s jejich pozicí ve vyšším strukturním patru.



Obr. 5: Odhad p - T podmínek vzniku křemene z velké křemenné žíly u Rozdrojovic ve srovnání s podmínkami vzniku variských žil z nadložních paleozoických jednotek (MK). 1, 2 – izochory (pro minimální a maximální T_h); 3, 4 – termobarické gradienty (litostatický a hydrostatický).

Fig. 5: The estimation of p - T conditions of quartz precipitation of the large quartz vein near Rozdrojovice in a comparison with formation conditions of Variscan veins from overlying Palaeozoic units (MK). 1, 2 – isochores (for minimum and maximum T_h); 3, 4 – termobaric gradients (litostatic and hydrostatic).

Diskuze

V úvodu bylo zmíněno, že nikde jinde v prostoru brněnského batolitu a dokonce krystalinika celé jz. Moravy nebyla dosud tak obrovská hydrotermální křemenná žíla popsána. Nejbližší mohutná křemenná žíla v oblasti brunovistulika je známa z fylitů kladeckého krystalinika na střední Moravě, kde v okolí Dětkovic u Konice dosahuje mocnosti od 2 do 8 m a její délka se pohybuje kolem 1,5 km. Jiná velká křemenná žíla v prostoru moravsko-

slezské oblasti (silesikum) byla popsána od Ludvíkova u Vrbna pod Pradědem (Fojt et al. 1988). Tato křemenná žíla protíná kontakt mylonitů kry Orlíku s kvarcitu, fylity a metavulkanity vrbenské skupiny. Má směr SZ–JV, značně proměnlivou mocnost, která ojediněle dosahuje i přes 8 m a podle mapky v citované práci je dlouhá kolem 1 km. Ještě delší hydrotermální křemenná žíla (přes 3 km) stejného směru vystupuje jen asi 2 km na S u osady Bílý potok. Nejspíš se jedná o tentýž žilný systém jako u Ludvíkova, pouze posunutý na příčném zlomu. Několik mohutných křemenných žil proráží i moldanubický pluton v okolí Dačic; místy (např. Radlice) mají rovněž charakter křemenných valů o délce stovek metrů. Protože studovaná žíla u Rozdrojovic má výrazný morfologický projev, nazýváme ji křemenným valem.

Vznik obrovských křemenných žil musí být výsledkem produkce mohutných hydrotermálních systémů. Kromě potřebného velkého množství fluid je zde i fakt výskytu velkých křemenných žil na mnoha místech na světě umístěných ve svrchních částech zemské kůry místo v hlubší kůře, kde jsou vhodnější a stabilnější podmínky rozpustnosti křemene. Pro řešení tohoto rozporu navrhl Bons (2001) mechanismus mobilních hydraulických puklin. V tomto pojetí se určité množství metamorfních fluid bez srážení SiO_2 dostává velmi rychle k povrchu a ve strukturách zdržení/zastavení teprve krystaluje křemen.

Klíčovou otázkou zůstává, co vedlo k uvedení fluid do pohybu a ke vzniku fosilního hydrotermálního systému. Podíváme-li se na geologickou stavbu této části brněnského batolitu, liší se od všech ostatních přítomností rozsáhlého roje žilných dioritů a porfyrických mikrodioritů. Stáří žil porfyrických mikrodioritů (dioritových porfyrů) v br-

něnském batolitu bylo stanoveno na 309–324 milionů let (Šmejkal 1964). Díky tomu šlo jistě o prostor s vyšší hodnotou tepelného toku i intenzivnější dynamometamorfózou, které vedly k mobilizaci metamorfních fluid, jejichž charakter byl prozatím studiem potvrzen. Jednotlivé menší žíly porfyrických mikrodioritů jsou sice známy z mnoha míst všech tří částí brněnského batolitu, avšak pouze v prostoru mezi s. úbočím Chocholy, přes údolí Svratky (Brněnské přehrady) a Trnůvku až po vrchol Knínického Suchrova se táhne zmíněný rozsáhlý systém žil směru SSZ–JJV, respektive SZ–JV. Zhruba uprostřed tohoto systému je situován brněnský křemenný val a jeho jedna část má rovněž průběh SSZ–JJV. Tento konkrétní směr je nejčastější u hydrotermálních variských mineralizací v brněnském batolitu (Češková 1978). Zdá se pravděpodobné, že vznik brněnského křemenného valu spadá rámcově do téhož období.

Závěr

Terénním výzkumem byl zjištěn výskyt rozsáhlé křemenné žíly, jejíž pozice naznačuje genetické vazby na variské magmatické a dynamometamorfní procesy v brněnském batolitu. Mateřské hydrotermální roztoky křemene jsou typu H_2O -NaCl a mají znaky pozdně variských metamorfních fluid, z nichž křemen krystaloval ve vyšší úrovni svrchní kůry.

Poděkování

Autoři děkují recenzentovi S. Houzarovi za podnětné připomínky. Studium proběhlo v rámci výzkumných záměrů MSM0021622427, MSM0021622412.

Literatura

- Bodnar, R. J. (1993): Revised equation and table for determining the freezing point depression of H₂O-NaCl solutions. – *Geochimica Cosmochimica Acta*, 57, 683–684.
- Bons, P. D. (2001): The formation of large quartz veins by rapid ascent of fluids in mobile hydrofractures. – *Tectonophysics*, 336, 1–17.
- Burkart, E. (1953): *Mährens Minerale und ihre Literatur*. 1–1008, NČSAV Praha.
- Češková, L. (1978): Metalogenetická charakteristika některých geologických jednotek při východním okraji Českého masivu. – *Folia Fac. Sci. Nat. Univ. Purk. Brunensis, Geol.*, 19, 3, 5–101. Brno.
- Davis, D. W. – Lowenstein, T. K. – Spencer, R. J. (1990): Melting behavior of fluid inclusions in laboratory-grow halite crystals in the system NaCl–H₂O, NaCl–KCl–H₂O, NaCl–MgCl₂–H₂O and NaCl–CaCl₂–H₂O. – *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 54, 591–601.
- Demek, J. – Mackovčín, P. (eds.) et al. (2006): *Hory a nížiny*. – *Zeměpisný lexikon ČR*. 1–580, AOPK ČR Brno.
- Fojt, B. – Hladíková, J. – Kopa, D. – Reif, J. – Skácel, J. (1988): Paragenetická studie mědnorudného výskytu Ludvíkov u Vrbna pod Pradědem. – *Čas. Slez. Muz. Opava (A)*, 37, 239–265.
- Franců, E. – Franců, J. – Kalvoda, J. (1999): Illite crystalinity and vitrinite reflectance in Paleozoic siliciclastics in the SE Bohemian Massif as evidence of thermal history. – *Geol. Carpath.*, 50, 5, 365–372.
- Grym, V. (2000): Nerostné suroviny. – In: Müller, P. – Novák, Z.: *Geologie Brna a okolí*, 39–41. ČGÚ Praha.
- Kruťa, T. (1966): *Moravské nerosty a jejich literatura*. – 1–379 str. Moravské muzeum v Brně.
- Novák, Z. (ed.) (1991): *Geologická mapa ČR 1 : 50 000. List 24 – 32 Brno*. – Ústřední ústav geologický Praha.
- Peucker-Ehrenbrink, B. – Behr, H. J. (1993): Chemistry of hydrothermal quartz in the post-Variscan „Bavarian Pfahl“ system, F. R. Germany. – *Chemical Geology* 103, 85–102.
- Prosser, G. – Kruhl, J. – Liotta, D. – Yilmaz, T. – Volland, S. (2011): Vein patterns and quartz crystallization in the Pfahl shear zone (Bavarian Forest, Germany): clues to understanding interaction of tectonics and fluid flow in a fossil hydrothermal system. – *Geophysical Research Abstracts Vol. 13, EGU 2011–4270. EGU General Assembly 2011, Vienna*.
- Slobodník, M. – Muchez, Ph. – Král, J. – Keppens, E. (2006): Variscan veins: record of fluid circulation and Variscan tectono-thermal events in Upper Palaeozoic limestones of the Moravian Karst, Czech Republic. – *Geol. Mag.*, 143, 4, 491–508.
- Slobodník, M. – Hurai, V. – Čopjaková, R. (2008): Variská syntektonická fluida generovaná z paleozoických sedimentů Moravského krasu a Dražanské vrchoviny. – *Acta Mus. Moraviae, Sci. geol.*, 93, 113–126.
- Šmejkal, V. (1964): Absolutní stáří některých vyvřelých a metamorfovaných hornin Českého masivu stanovené kalium-argonovou metodou (II. část). – *Sbor. geol. Věd, Ř. G, sv. 4*, 121–136. Praha.
- Štelcl, J. – Weiss, J. et al. (1986): *Brněnský masív*. – 1–255. UJEP v Brně.
- Zapletal, K. (1931–32): *Geologie a petrografie země moravskoslezské s ohledem na užitková ložiska*. – *Vlastivědné publikace moravskoslezské č. 1*, 1–283. Brno.