

## THORIEM BOHATÉ GRANITY ZÁPADNÍ ČÁSTI BRNĚNSKÉHO MASIVU

Th-enriched granites from the Western part of the Brno batholith

Iva Sedláková, Jaromír Leichmann

Ústav geologických věd, PřF MU Kotlářská 2, 611 37 Brno; e-mail: 175169@mail.muni.cz

(24–34 Ivančice)

**Key words:** Brno batholith, red felsic granites, gamma-ray spectrometry

### Abstract

The Brno batholith, as a structure built up of 3 principal parts (ophiolite complex, 2 granitoid parts) is generally characterized by low values of radioactivity. This work provides results of field and laboratory measurements that show locally increased values of radioactivity. A stretch of red felsic granites with increased radioactivity is located in western granitoid zone SW of Brno. The outcomes of airborne gamma-ray spectrometry are compared with own field and laboratory measurements and with other authors outcomes. Mutual comparison proves that rather increased radioactivity of mentioned type of granites is produced first of all by anomaly Th concentration.

### Úvod

Západní granitoidní zóna brněnského masivu je pestřejší a vývojově složitější částí než zóna východní (Hanžl – Leichmann 1999). Mimo granitoidních hornin obsahuje množství enkláv metasedimentárních hornin. Různými autory je zde vydělován rozličný počet typů granodioritů např. Veverská Bitýška, Tetčice, Moravský Krumlov a další (Štelcl – Weiss et al. 1986). Nová geologická mapa Brna (Hanžl et al. 1999) zobrazuje v dané oblasti biotitický granodiorit (typ Tetčice), leukokratní až biotitický granit (typ Černá hora) a menší výskyt žulového porfyru.

Při jednom z prvních mapování dané oblasti ruským geologem Suessem (1905), vznikla mapa zaznamenávající základní rozdělení brněnského masivu na část metabazitovou a 2 granitoidní části. Tento autor však do mapy zakreslil ještě odlišný typ červené horniny, který lemuje z. okraj metabazitové zóny. Ve stejném prostoru pak můžeme najít vymapovaný červený granit také v mapě Přichystala et al. (1990).

Zájmovou oblast jsme studovali pomocí gamaspektrometrie, detekující radioaktivitu hornin, vyvolanou distribucí přírodních gama-zářičů izotopů K, U a Th. K myšlence užití geofyzikální metody vybízejí aerogeofyzikální mapy daného území, na kterých se objevila nevýrazná pozitivní Th anomálie (Gnojek et al. 2005).

Na základě měření radioaktivity brněnského masivu autoři Štelcl – Weiss et al. (1986) docházejí k závěru, že granodiority západní zóny mají úhrnnou aktivitu gama asi 2× vyšší než je známa ve východní zóně.

Koncentrace radioaktivních prvků měřených leteckou gamaspektrometrií vykazují průměrné, nepříliš kontrastní, hodnoty (Gnojek et al. 2005). Na mapách lze nicméně vidět pruh hornin odpovídajících západní granitoidní zóně, které svými hodnotami radioaktivity převyšují okolní, méně radioaktivní horniny.

### Geologická situace

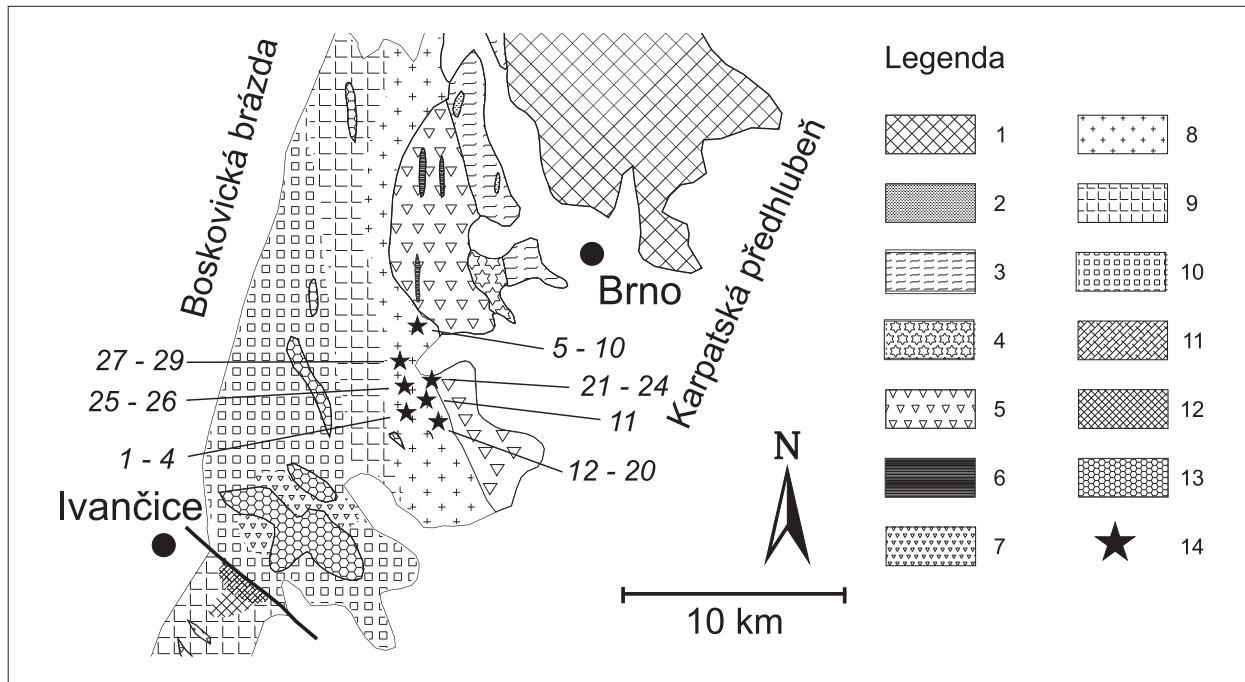
Brněnský masiv lze členit na dvě granitoidní zóny (východní a západní), oddělené metabazitovou zónou (obr. 1) (Štelcl – Weiss et al. 1986). Pozornost je soustředěna na západní granitoidní zónu – litologicky velmi pestrou zónu magmatických hornin s četnými relikty metamorfitů (Hanžl et al. in Müller – Novák et al. 2000).

Ve srovnání s výskyty granitoidů východní zóny jsou granitoidy západní zóny relativně acidnější (místa až granity) a jejich geneze je poněkud složitější. Kromě toho, že obsahují častěji se vyskytující tělesa (ponejvíce žilná) aplitických a pegmatických hornin a celou řadu dalších inhomogenit, jejich vývoj je převážně ovlivněn kontaminací horninami krystalinického pláště (Štelcl – Weiss et al. 1986).

Mezi Černou horou a Moravskými Bránicemi lze vylénit 3 suity: (1) Réna, (2) Tetčice, která tvoří rozsáhlé povrchové výskyty, a (3) Hlína, která se vyskytuje ve formě intruzivních těles pronikajících horninami obou předcházejících suit (Leichman – Höck 2008).

(2) Suita Tetčice zahrnuje dva hlavní podtypy plutonických hornin: granity a biotit-amfibolické diority, které tvoří xenolity v granitech. Kromě dioritů jsou v granitech uzavřeny ještě metasedimentární horniny jako ruly nebo migmatity. Granitoidy jsou extrémně nehomogenní. Můžeme rozlišit 2 základní typy granitů – (1) šedý, jemnozrnný biotitický granodiorit, a (2) červený, hrubozrnný granit (Leichman – Höck 2008).

K suitě Tetčice řadíme i červené granity, které se vyskytují v úzkém pruhu lemujícím metabazitovou zónou od západu. Charakteristickým – kromě červené barvy – je zvýšený obsah K-živců a alterace biotitu na chlorit (Leichman – Höck 2008). Vyznačuje se mírně zvýšenou radioaktivitou, patrnou již v leteckých gamaspektrometrických



Obr. 1: Výřez ze schematické mapy brněnského masivu (modifikováno podle Leichmann – Höck 2008). Vysvětlivky: 1 – křemenné diority, tonality, granodiority, 2 – felsické vulkanity, 3 – bazalty, 4 – trondhjemit, 5 – diority a gabry, 6 – ultramafické horniny, 7 – granátické leukokráttní granity (súita Hlína), 8 – červené granity (súita Tetčice), 9 – přechodná zóna mezi červenými a šedými granity, 10 – šedé, jemnozrné, biotitické granodiority (súita Tetčice), 11 – amfibol-biotitické granodiority (súita Réna), 12 – biotitické granity až granodiority (súita Réna), 13 – diority (súita Tetčice), 14 – odběrové místo: 1-29 vzorek č. viz tab. 1.

Fig. 1: Cut out from the map of the Brno batholith (modified after Leichman – Höck 2008). Legend: 1 – quartz diorites, tonalites, granodiorites, 2 – felsic volcanics, 3 – Basalts, 4 – Trondhjemites, 5 – Diorites and Gabbros, 6 – ultramafics, 7 – Garnet-bearing leukogranites (Hlína suite), 8 – red granites (Tetčice suite), 9 – transition zone between red and gray granites, 10 – gray, fine-grained, biotite-bearing granodiorites (Tetčice suite), 11 – Amphibole-biotite-bearing granodiorites (Réna suite), 12 – Biotite-bearing Granites-Granodiorites (Réna suite), 13 – Diorites (Tetčice suite), 14 – place of sampling: 1-29 sample no. see tab. 1.

mapách. Tyto granity vytváří ve studované oblasti často morfologické elevace, vystupující z mladších sedimentů.

**Metodika**

Provedená měření proběhla jednak ve formě terénních měření na vytipovaných lokalitách, a současně byl proveden i odběr vzorků pro následné měření radioaktivity v laboratoři.

K měření v terénu bylo využíváno spektrometru Explorandium GR-320. Realizováno bylo 18 terénních měření na 5 vytipovaných lokalitách (Bosonohy, Střelice, Ořechov, Anenský mlýn, Troubsko). Měření bylo prováděno především na větších horninových výchozech červených granitů, méně pak na výskytech žilných aplitů.

K laboratornímu měření radioaktivity hornin byl také využit spektrometr GR-320, v tzv. laboratorní konfiguraci s napojením na váhy a počítač. Celý proces byl řízen pomocí softwaru LAB Center. Pro laboratorní měření bylo v terénu odebráno 18 vzorků červeného granitu a také žilný aplit, protínající červené granity. Vzorky byly odebrány ze 7 různých lokalit (Bosonohy, Troubsko, Ostopovice, Nebovídy, Střelice, Ořechov, Anenský mlýn).

Celkem bylo tedy studováno 29 vzorků, které byly změřeny buď in situ, nebo laboratorně, popřípadě oběma způsoby.

**Výsledky**

Již první nahlédnutí do tabulky (tab. 1) ukazuje, že výsledky laboratorních měření jsou mírně odlišné od výsledků terénního měření. Terénní měření může být ovlivněno vnějšími vlivy – geometrie výchozu, obnaženost a zvětrání výchozu, případně kosmické záření a pozadí přístroje, zatímco laboratorní měření má konstantní geometrické podmínky (Mareš 1979).

Na vzorku číslo 4 z tab. 1 lze dobře demonstrovat obecnou platnost nárůstu radioaktivity s rostoucí kyselostí hornin.

Průměrné hodnoty koncentrace K se pohybují kolem hodnoty 4,7%, což je téměř dvojnásobek průměrné koncentrace v horninách zemské kůry. Studované červené granity se vyznačují zvýšeným obsahem K-živců (Leichmann – Höck 2008).

Průměrná koncentrace U je 2,9 ppm (obvyklé hodnoty zemské kůry jsou 2-4 ppm).

Zcela nadprůměrné jsou však koncentrace Th (střední hodnota zem. kůry je 8-12 ppm). V červeném granitu totiž činí 21,6 ppm (u vzorku č. 21 dokonce dosahuje hodnoty 56 ppm, čili téměř trojnásobku). Průměrná hodnota koncentrace z terénních měření je 21,4 ppm. Průměrná hodnota koncentrace z laboratorních měření činí 21,7 ppm. Zvýšené hodnoty vykazují i vzorky č. 1, 2, 3 – šedý granit z Anenského mlýna – hodnoty Th se pohybují v rozmezí

Vz. č.	Lokalita	K (%)	K (%)	U (ppm)	U (ppm)	Th (ppm)	Th (ppm)
		terénní	laboratorní	terénní	laboratorní	terénní	laboratorní
1	Anenský mlýn	5.4	4.9	2.8	2.9	15.5	22.8
2	Anenský mlýn – šedý granit	6.6	n.d.	3.6	n.d.	31.2	n.d.
3	Anenský mlýn – šedý granit	7.0	n.d.	4.3	n.d.	34.4	n.d.
4	Anenský mlýn – diorit	3.7	n.d.	2.4	n.d.	8.1	n.d.
5	Bosonohy	5.2	4.7	3.5	3.2	23.2	12.8
6	Bosonohy	n.d.	4.4	n.d.	1.3	n.d.	22.3
7	Bosonohy	n.d.	2.9	n.d.	0.0	n.d.	18.0
8	Bosonohy	n.d.	4.8	n.d.	1.4	n.d.	16.2
9	Bosonohy	5.2	n.d.	2.4	n.d.	21.6	n.d.
10	Bosonohy	5.2	n.d.	2.6	n.d.	22.7	n.d.
11	Nebovidy	n.d.	4.5	n.d.	0.9	n.d.	19.5
12	Ořechov	5.2	3.8	3.2	2.9	20.2	13.1
13	Ořechov	4.7	n.d.	2.7	n.d.	16.2	n.d.
14	Ořechov	5.1	n.d.	3.5	n.d.	18.9	n.d.
15	Ořechov – aplitová žíla	4.9	n.d.	4.7	n.d.	16.9	n.d.
16	Ořechov – aplitová žíla	4.3	4.4	4.0	3.3	17.9	13.1
17	Ořechov – aplitová žíla	4.4	n.d.	4.2	n.d.	21.0	n.d.
18	Ořechov – aplitová žíla	6.0	n.d.	4.9	n.d.	26.4	n.d.
19	Ořechov – aplitová žíla	7.1	n.d.	5.8	n.d.	31.5	n.d.
20	Ořechov – aplitová žíla	6.0	5.5	5.0	3.3	21.8	20.1
21	Ostopovice	n.d.	4.4	n.d.	2.1	n.d.	56.4
22	Ostopovice	n.d.	3.5	n.d.	3.1	n.d.	24.0
23	Ostopovice	n.d.	4.3	n.d.	2.2	n.d.	18.9
24	Ostopovice	n.d.	5.1	n.d.	2.0	n.d.	38.6
25	Střelice	3.0	1.7	3.2	1.9	17.7	15.5
26	Střelice	n.d.	4.4	n.d.	1.3	n.d.	23.6
27	Troubsko	n.d.	4.2	n.d.	1.8	n.d.	22.0
28	Troubsko	n.d.	5.0	n.d.	1.5	n.d.	17.4
29	Troubsko – aplitová žíla	3.9	4.8	3.3	3.9	19.5	19.8
	<b>Průměrné hodnoty</b>	<b>5.2</b>	<b>4.1</b>	<b>3.7</b>	<b>2.2</b>	<b>21.4</b>	<b>21.7</b>

Tab. 1: Koncentrace přirozených izotopů K, U, Th ve studované oblasti.

Tab. 1: Concentration of natural isotopes K, U, Th in the investigated area.

n.d. – vzorek nebyl měřen

**Literatura**

Gnojek, I. – Sedlák, J. – Zabadal, S. (2005): Geofyzikální podklady z vybraného úseku rosicko-oslavanské pánve – Miligal s.r.o. Brno.  
 Hanžl, P. – Leichmann, J. (1999): The Brno massif: geological setting. – Geolines, vol. 8, Praha.  
 Hanžl, P. – Melichar, R. – Gregerová, M. (2000): Brněnský masív. – In: Müller, P. – Novák, Z. et al.: Geologie Brna a okolí. – ČGÚ. Praha, 92 s.  
 Hanžl, P. – Krejčí, Z. – Vít, J. – Otava, J. – Novák, Z. – Stráník, Z. (1999): Geologická mapa Brna a okolí 1 : 50 000 – ČGÚ. Praha.  
 Leichmann, J. – Höck, V. (2008): The Brno batholith: a view into the magmatic evolution of the cadomian orogeny in the Eastern margin of Bohemian Massif. – In: Journal of Geosciences, 53 (2008), 281–305.  
 Manová, M. – Matolín, M. (1995): Radiometrická mapa České republiky 1 : 500 000 – ČGÚ. Praha.  
 Mareš, S. – Gruntorád, J. – Hrách, S. – Karous, M. – Marek, F. – Matolín, M. – Skopec, J. (1990): Úvod do užité geofyziky. – STNL. Praha.  
 Přichystal, A. – Gregerová, M. – Leichmann, J. (1990): Krystalinikum brněnského masívu 1 : 25 000, list Brno-jih 24–342 – MS, ČGÚ. Praha.  
 Suess, F. E. ed (1905): Geologische Spezialkarte 1 : 75 000, Blatt Brünn. Geologische Reichsanstalt Wien.  
 Štelcl, J. – Weiss, J. et al. (1986): Brněnský masív. – Universita J. E. Purkyně v Brně. 225 s.

22,8–34,4 ppm, zvýšené koncentrace vykazují tedy i tyto šedé granity v bezprostředním kontaktu s červenými granity.

Ačkoliv se zpočátku zdálo, že aplitové žíly (vzorky 15, 16, 17, 18, 19, 20, 29) by mohly vykazovat zdatelně vyšší koncentrace, výsledná průměrná hodnota činí 21 ppm. Vyloučíme-li z celkového průměru hodnoty žilných ekvivalentů (aplitů) dostaneme se na hodnotu 22,3 ppm, což je hodnota reprezentující plutonity dané oblasti.

Nejvyšší hodnoty koncentrace Th vykazuje lokalita Ostopovice.

**Diskuze a závěr**

Granitoidní masivy se generelně vyznačují spíše nadprůměrným obsahem radioaktivních prvků. Kadomský brněnský masív je charakteristický vcelku podprůměrnými hodnotami (Štelcl – Weiss et al. 1986; Manová – Matolín 1995), což vynikne hlavně při srovnání s variskými granity Českého masívu.

Nicméně už Štelcl – Weiss et al. (1986) konstatují, že granodiority západní zóny brněnského masívu vykazují úhrnnou aktivitu gama vyšší než ve východní zóně.

Námi provedená měření ukazují, že jde o červené granity s hojným výskytem jejich žilných ekvivalentů, které vykazují zvýšené hodnoty radioaktivity, způsobené zejména K a Th.

Koncentrace prvků odvozené z letecké gamaspektrometrie jsou obecně nižší (koncentrace Th ve studované oblasti: 8–12 ppm výjimečně až 14 ppm). Přitom v tab. 1 uvedená koncentrace Th je průměrně 23 ppm, lokálně výjimečně až 56 ppm. Při leteckých měřeních je nutné vzít v úvahu fakt, že letadlo snímá jako 1 vzorek oblast zhruba 7 ha a získané hodnoty jsou tak zprůměrnovány a pravděpodobně ovlivněny okolními sedimenty.

Nejvýraznějším radioaktivním prvkem je ve studované oblasti Th, jehož koncentrace se v dané oblasti obvykle pohybují v dvojnásobných hodnotách než běžný průměr pro zemskou kůru. Zcela evidentně se tak touto skutečností odlišují od ostatních granitoidů brněnského masívu.

Otázkou zůstává příčina anomální koncentrace Th ve studovaných horninových vzorcích, která bude vyžadovat podrobnější petrologické, nebo spíše i mineralogické studium.