

PŘIROZENÁ RADIOAKTIVITA METAMORFITŮ, MAGMATITŮ A PŘEDKENOZOICKÝCH SEDIMENTŮ NA MAPOVÉM LISTU 14-41 ŠUMPERK

NATURAL RADIOACTIVITY OF METAMORPHIC AND IGNEOUS ROCKS
AND PRE-CENOZOIC SEDIMENTARY ROCKS ON THE MAP SHEET 14-41 ŠUMPERK

JIRÍ ZIMÁK

Abstract

Zimák, J. (2015): Přirozená radioaktivita metamorfitů, magmatitů a předkenozoických sedimentů na mapovém listu 14-41 Šumperk. – *Acta Mus. Moraviae, Sci. Geol.*, 99, 2, 85-94 (with English summary).

Natural radioactivity of metamorphic and igneous rocks and pre-Cenozoic sedimentary rocks on the map sheet 14-41 Šumperk

The aim of the paper is to inform about natural radioactivity of metamorphic and igneous rocks and pre-Cenozoic sedimentary rocks on the map sheet 14-41 Šumperk. The area covering the map sheet belongs to the Lugicum, namely to five groups of the Orlica-Šnieżnik Unit (Młynowiec-Stronie, Śnieżnik-Gieraltów, Nové Město, Staré Město and Zábřeh Groups) including serpentinites and a so-called tonalite sill, and to the Silesicum (Keprník, Branná and Desná Groups, and Šumperk Massif). Unmetamorphosed pre-Cenozoic sedimentary rocks are represented by siliciclastics of the Bohemian Cretaceous Basin (Bílá Hora and Jizera Formations). Contents of potassium, uranium and thorium were measured using a laboratory gamma-ray spectrometer in 1481 rock samples. Data are tabled and discussed. Most rocks outcropping on the map sheet show low values of mass activity of ^{226}Ra equivalent, lower than that for average Earth crust (about $180 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$). Increased values of mass activity were found in three types of rocks near Ruda nad Moravou: syenitoid ($363 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ in average), rodingite ($465 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$) and leucotonalitic pegmatite with high uranium and thorium contents in a plagioclase+quartz+diopside subunit.

Key words: Lugicum, Silesicum, Bohemian Cretaceous Basin, gamma-spectrometry, natural radioactivity.

Jiří Zimák: Department of Geology, Faculty of Science, Palacký University, 17. Listopadu 12, 771 46 Olomouc, Czech Republic, e-mail: zimak@prfnw.upol.cz

1. ÚVOD

Součástí vysvětlivek k souboru geologických a ekologických účelových map přírodních zdrojů v měřítku 1 : 50 000 vydávaných ČGÚ a následně ČGS je zpravidla jen velmi stručná stať věnovaná přirozené radioaktivitě hornin, založená převážně na výsledcích aeroradiometrie. V rámci leteckého geofyzikálního mapování na Šumpersku byla v 2. polovině 20. století realizována jak měření úhrnné aktivity gama, tak měření gamaspektrometrická. Na základě těchto měření lze posoudit přirozenou radioaktivitu jednotlivých geologických jednotek a vyjádřit se k radonovému riziku (ŠALANSKÝ – MANOVÁ 1999), avšak z více důvodů tyto metody neumožňují zhodnotit přirozenou radioaktivitu jednotlivých horninových typů.

V tomto článku jsou sumarizovány údaje o obsazích hlavních přirozených radioaktivních prvků (K, U a Th) v metamorfitech, magmatitech a předkenozoických sedimentech na mapovém listu 14-41 Šumperk, a to na základě laboratorní gamaspektrometrie.

2. VZORKY A METODY

Území mapového listu 14-41 Šumperk je geologicky značně komplikované (viz OPLETAL *et al.* 1999), stýká se na něm lugikum a silezikum. Lugikum je zde reprezentováno orlicko-sněžnickou jednotkou, zastoupenou pěti skupinami: mlynowiecko-stroňskou, sněžnicko-gierałtowskou, zábřežskou, novoměstskou a staroměstskou. Horninami zábřežské a staroměstské skupiny probíhá „tonalitová“ intruze. S násunovými zlomy oddělujícími jednotlivé šupiny staroměstské skupiny jsou spjata tělesa ultrabazik, považovaná za součást tzv. moravsko-slezské ofiolitové zóny. Silezikum je na listu 14-41 Šumperk reprezentováno keprnickou skupinou, desenskou skupinou, skupinou Branné, šumperským masivem a na jen malé ploše vrbenskou skupinou. Nemetamorfované předkenozoické sedimenty jsou na listu zastoupeny horninami české křídové pánve.

Na listu 14-41 Šumperk bylo na 867 lokalitách odebráno 1481 vzorků reprezentujících jak dominantní horninové typy ve všech výše zmíněných geologických jednotkách a jejich částech, tak i horniny, které jsou na ploše listu zastoupeny jen zcela lokálně. Determinace hornin byla prováděna jen makroskopicky, což v případě zábřežské skupiny působilo zásadní problémy při rozlišování geneticky rozdílných hornin rulového habitu. Původní určení horniny v terénu bylo v některých případech korigováno při přípravě (drcení) vzorku na gamaspektrometrickou analýzu, a nutno přiznat, že někdy až na základě výsledku této analýzy. Stručnou petrografickou charakteristiku hornin studované oblasti lze najít ve vysvětlivkách k listu 14-41 Šumperk (OPLETAL *et al.* 1999).

V horninových vzorcích byly na PřF UP v Olomouci za použití spektrometru SG - 1000 LAB s NaI(Tl) detektorem o objemu $0,35 \text{ dm}^3$ (průměr 76 mm, délka 76 mm) stanoveny obsahy draslíku (přímo na základě koncentrace ^{40}K), uranu a thoria (u obou prvků nepřímo na základě koncentrací dceřiných produktů, a proto jsou jejich obsahy při uvádění výsledků analýz označovány jako eU a eTh). Meze detekce: K = 0,5 hmot. %, U = 1,5 ppm, Th = 1,5 ppm. Při výpočtu hodnot a_m (viz níže) a při statistickém zpracování dat byly obsahy K pod mezí detekce nahrazeny hodnotou 0,33 hmot. %, obdobně v případě eU a eTh hodnotou 1 ppm.

Přirozená radioaktivita hornin je hodnocena na základě hmotnostní aktivity ekvivalentu ^{226}Ra (a_m), která byla z výsledků gamaspektrometrických analýz vypočtena podle vztahu $a_m = 12,35\text{U} + (1,43 \times 4,06 \text{ Th}) + (0,077 \times 313 \text{ K})$, do kterého jsou obsahy uranu a thoria dozovány v ppm, obsahy draslíku v hmot. %.

Před měřeními byly horninové vzorky rozdrceny a uzavřeny do krabiček o objemu 250 ml, v nichž byly následně měřeny. Hmotnost takto připravených vzorků se pohybovala kolem 400 gramů. V případě pegmatitů byly vzhledem k jejich zrnitosti použity nedrcené vzorky o hmotnosti cca 800 až 1000 gramů. Tyto vzorky tedy neměly ideální geometrii, a výsledky gamaspektrometrických analýz proto mohou být zatíženy určitou chybou, která však není zásadně významná (získaná data jsou reprezentativnější než ta, která by byla získána měřeními nehomogenizovaných vzorků podstatně menších hmotností, byť s lepší geometrií).

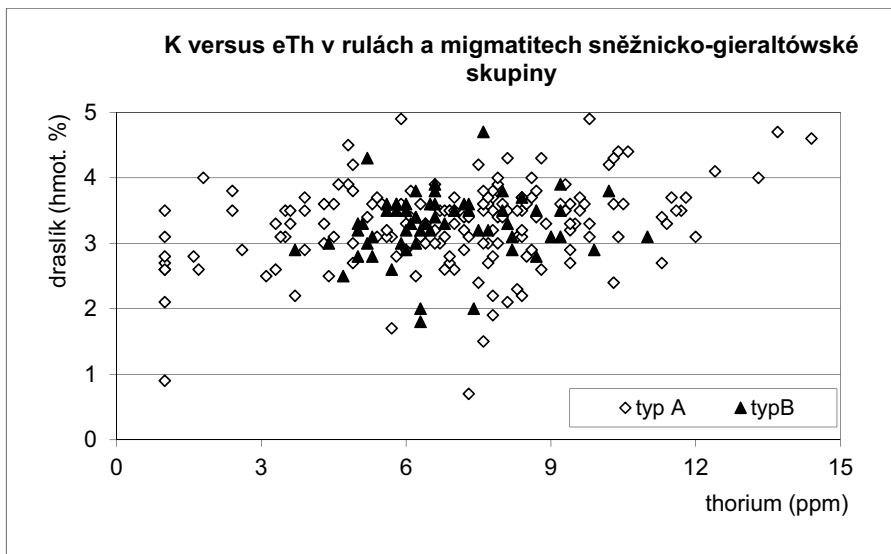
3. VÝSLEDKY A DISKUZE

Výsledky všech provedených laboratorních gamaspektrometrických měření jsou shrnuty v tab. 1 až 5. Významné či zajímavé poznatky jsou komentovány v následujících odstavcích:

1. Ruly sněžnicko-gierałtowské skupiny byly OPLETALEM *et al.* (1980) rozděleny na tři stavbou odlišné typy, v citované práci označované jako typy A, B a C. Toto členění re-spektovali autoři geologické mapy 14-41 Šumperk (viz OPLETAL *et al.* 1999) a také autor této zprávy. Do typu A jsou zařazeny drobnozrnné zrnito-šupinaté dvojslídne ru-

ly (tradičně označované jako ruly gierałtówské). Ruly typu B mají charakter středně až hrubě zrnitých, plástevnatých až zrnito-plástevnatých dvojslídnych rul, případně migmatitů (jde o horniny dříve zčásti řazené k rulám gierałtówským, zčásti k sněžnickým). Ruly typu C jsou hrubě okaté dvojslídne (jde o typické ruly sněžnické). Na listu 14-41 Šumperk jsou ruly (a migmatity) sněžnicko-gierałtówské skupiny zastoupeny převážně typem A, méně typem B. Ruly přiřaditelné jednoznačně k typu C zde zjištěny nebyly, pouze lokálně jsou přítomny ruly, jejichž stavba je přechodu mezi typy B a C (např. na Křížové hoře u Červené Vody). Vztah a vznik výše uvedených typů hornin byl dlouho diskutovaným problémem (viz např. OPLETAL *et al.* 1980, 1999, GRZEŠKOWIAK 2003, BRÖCKER *et al.* 2003, GRZEŠKOWIAK *et al.* 2005, BURIÁNEK *et al.* 2009). V současné době převažuje názor, že gierałtówské a sněžnické ruly (tedy ruly typů A, B a C) jsou odvozeny od jednotného protolitu, jímž byl patrně velký batolit, a že jejich rozdílná stavba je výsledkem rozdílně probíhajících deformačních pochodů a také migmatitizace (BURIÁNEK *et al.* 2009). Průměrná hmotnostní aktivita rul sněžnicko-gierałtówské skupiny na listu 14-41 Šumperk (celkem 226 vzorků) je 149 Bq.kg^{-1} , a tedy je o něco nižší než hmotnostní aktivita vypočtená pro průměrnou zemskou kůru (cca 180 Bq.kg^{-1}). Výsledky gamaspektrometrických analýz obou typů rul jsou sumarizovány v tab. 1, poměr Th versus K je zřejmý z obr. 1. Lze konstatovat, že oba typy rul mají v zásadě shodné průměrné obsahy K, U a Th. Rozpětí obsahů sledovaných prvků jsou o něco širší v rulách typu A, což zčásti může souviset s četností vzorků reprezentujících oba typy. Získaná data by mohla ukazovat na identický protolit, avšak jen na základě těchto dat se nelze vyjádřit k jeho povaze (granitoid versus pelit, resp. metapelit).

2. Zábřežská skupina je na listu 14-41 Šumperk reprezentována svou severní, více metamorfovanou částí, v níž vystupují převážně metasedimenty (původně drobovo-břidličnaté turbidity) charakteru biotitických nebo dvojslídnych rul, které v blízkosti „tonalitové“ intruze (viz následující odstavec) přecházejí do migmatitů (perlových a migmatitických rul), méně hojně jsou zastoupeny kvarciticke ruly až kvarcify, svory, amfibolity a ortoruly (kyselé a intermediární metavulkanity a jejich tufy) – viz JANOŠKA



Obr. 1. Korelace thorium versus draslík v rulách a migmatitech sněžnicko-gierałtówské skupiny.

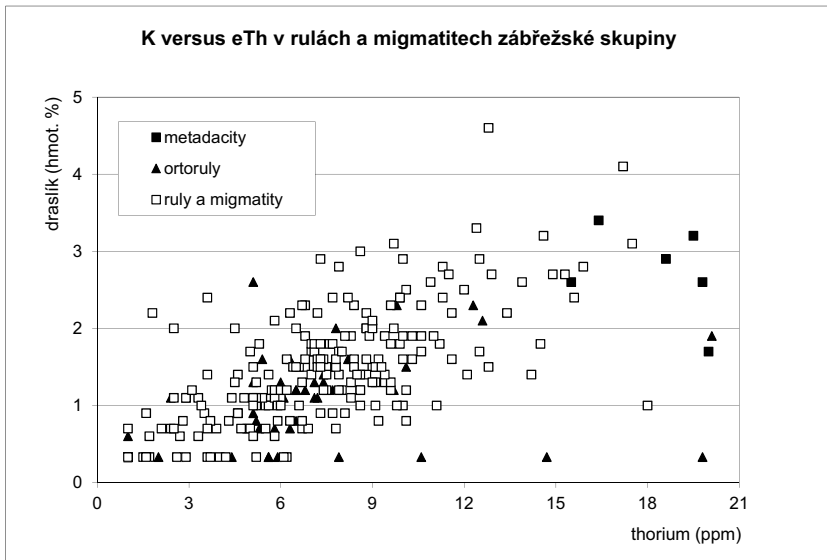
Fig. 1. Thorium versus potassium correlation in gneisses and migmatites of the Śnieżnik-Gierałtów Group.

Tabulka 1. Obsahy přirozených radioaktivních prvků (K, eU, eTh) v horninách orlicko-sněžnické jednotky; n = počet vzorků, x = průměr.

Table 1. Natural radioactive element (K, eU, eTh) contents in rocks of the Orlica-Śnieżnik Unit; n = number of samples, x = average.

geol. jednotka / hornina	n	K (hmot. %)			eU (ppm)			eTh (ppm)		
		min.	max.	x	min.	max.	x	min.	max.	x
<i>mlynowiecko-stroňská skupina a sněžnicko-gieraltowska skupina</i>										
svory	65	1,2	4,2	2,5	1,6	5,7	3,1	6,0	33,4	10,9
ruly (A)	165	0,7	4,9	3,3	<1,5	17,7	2,5	<1,5	14,4	7,0
ruly (B)	61	1,8	4,7	3,3	<1,5	5,6	2,2	3,7	11,0	6,8
<i>novoměstská skupina</i>										
fylity	24	1,2	3,4	2,5	2,1	3,5	2,6	6,9	11,4	8,8
světlé metatufy	2	1,0	1,4	1,2	2,1	2,5	2,3	3,9	5,6	4,8
kvarcity	5	<0,5	1,1	0,6	<1,5	2,2	1,9	<1,5	6,7	5,0
<i>zábřežská skupina</i>										
svory	17	1,1	3,2	1,8	1,9	3,8	2,9	5,1	9,9	7,5
ruly a migmatity	211	<0,5	4,6	1,5	<1,5	20,0	2,6	<1,5	54,9	7,7
ortoruly	60	<0,5	2,6	0,9	<1,5	6,2	2,0	<1,5	20,1	5,9
amfibolity	43	<0,5	0,9	<0,5	<1,5	1,8	<1,5	<1,5	4,6	<1,5
metadacity	6	1,7	3,4	2,7	2,1	9,5	4,7	15,5	20,0	18,3
kvarcity	8	<0,5	1,7	0,8	<1,5	2,6	1,7	<1,5	13,6	5,8
(meta)ultramafity	2	1,3	1,5	1,4	<1,5	1,5	<1,5	2,5	3,9	3,2
serpentinity	1	<0,5	<0,5	<0,5	2,0	2,0	2,0	2,5	2,5	2,5
<i>staroměstská skupina a syenitoidy, serpentinity a rodingity ve staroměstských pásmech</i>										
amfibolity	5	<0,5	0,6	<0,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5
leptynity	10	<0,5	<0,5	<0,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5
metaryolity(dacity)	22	1	2,3	1,5	<1,5	4,2	2,7	2,1	12,1	7,1
(para)ruly a svory	12	1,1	2,3	1,8	<1,5	3,5	2,3	4,7	11,7	7,8
syenitoidy	4	6,3	7,6	7,2	2,2	4,4	3,4	15,5	33,6	25,4
serpentinity	26	<0,5	<0,5	<0,5	<1,5	8,2	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5
rodingity	2	<0,5	<0,5	<0,5	11,8	16,0	13,9	43,8	54,5	49,2
<i>horniny tonalitové suity ve staroměstských pásmech a zábřežské skupině</i>										
tonalitová suita	104	0,5	4,1	2,3	<1,5	9,0	2,8	<1,5	58,7	10,7

(1997), OPLETAL *et al.* (1999) a CHÁB *et al.* (2008). Komentář vyžadují tři soubory hornin, uvedené v tab. 1 jako „ruly a migmatity“, „ortoruly“ a „metadacity“. Jako „ruly a migmatity“ je označen soubor hornin, v němž dominují metasedimenty, ale patrně jen malým počtem vzorků jsou v něm zastoupeny také metamorfované kyselé nebo intermediární vulkanity a jejich tufy (v případě migmatitů je makroskopické hodnocení povahy protolitu zcela nemožné). Přirozená radioaktivita hornin tohoto



Obr. 2. Korelace thorium versus draslík v rulách a migmatitech zábřežské skupiny.

Fig. 2. Thorium versus potassium correlation in gneisses and migmatites of the Zábřeh Group.

souboru je relativně nízká, s výjimkou jediného vzorku vykazujícího $616 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ (díky $54,9 \text{ ppm eTh}$). Horniny, které snad lze považovat za ortoruly, mají v rámci tohoto souboru obsahy sledovaných prvků spíše nižší, podobně jako světlé metavulkanity (v tab. 1 označené jako „ortoruly“), tvořící polohy v pararulách a amfibolitech nebo i větší tělesa (například ve vulkanickém komplexu Nemilky). Z obr. 2 jsou zřejmé obsahy draslíku a thoria v horninách obou skupin (vzorek ruly s výše zmíněným extrémním obsahem thoria není v diagramu vyznačen). Zvýšenou přírodní radioaktivitu (v průměru $230 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$) vykazují světlé metavulkanity na k. ú. Výprachtice a Rýdrovice. V tab. 1 jsou tyto horniny začleněny do zábřežské skupiny a označeny jako „metadacity“. Podle legendy geologické mapy jde o metaryolity, metadacity a jejich metafety. Jejich začlenění do zábřežské skupiny může být problematické, možná jsou součástí skupiny novoměstské (srovnej OPLETAL *et al.* 1999). Svou zvýšenou radioaktivitou se světlé metavulkanity od Výprachtic a Rýdrovic zřetelně liší od ortorul zábřežské skupiny (viz data v tab. 1 a obr. 2).

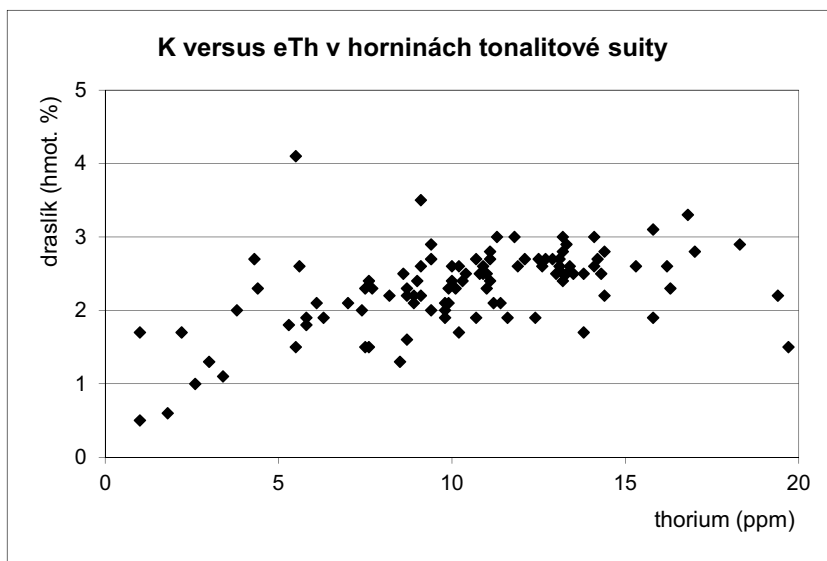
3. Pro tzv. tonalitovou suitu vystupující v prostoru zábřežské skupiny a ve staroměstských pásmech je charakteristická velká petrografická variabilita – převažují granodiority až tonality, ale přítomny jsou i křemenné monzodiority a křemenné diority (viz např. RENÉ 1998, OPLETAL *et al.* 1999), lokálně byly zjištěny i gabroidy. S tím souvisí vysoká proměnlivost obsahů všech tří sledovaných prvků (viz tab. 1 a obr. 3, však s vypuštěním vzorku s anomálním obsahem thoria $58,7 \text{ ppm}$).
4. Keprnické ortoruly a je provázající blastomylonity vykazují poměrně široké intervaly obsahů K, U a Th (tab. 2). Podobnost mezi oběma soubory hornin ukazuje na obdobnou povahu protolitu – to uvádí již ZIMÁK (2013) na základě dat z listu 14-23 Králíky. Je však zajímavé, že velmi podobné obsahy sledovaných prvků byly zjištěny i v muskovitických až muskovit-biotitických v rulách v plášti keprnické ortoruly a také ve vložkách biotitických rul v ortorulách. V tab. 2 jsou oba pozic i složením rozdílné horninové typy uvedeny společně pod položkou „ruly“. O sedimentárním původu jejich protolitu patrně nelze pochybovat, i když podobnost (pokud jde o obsahy K, U a Th) mezi těmito pararulami a keprnickou ortorulou je značná.

Tabulka 2. Obsahy přirozených radioaktivních prvků (K, eU, eTh) v horninách desenské a keprnické skupiny a šumperského masivu; n = počet vzorků, x = průměr.

Table 2. Natural radioactive element (K, eU, eTh) contents in rocks of the Desná and Keprník Groups and the Šumperk Massif; n = number of samples, x = average.

geol. jednotka / hornina	n	K (hmot. %)			eU (ppm)			eTh (ppm)		
		min.	max.	x	min.	max.	x	min.	max.	x
<i>desenské skupina</i>										
metagranitoidy	11	<0,5	4,5	1,9	<1,5	3,8	1,6	<1,5	25,7	12,5
blastomylonity	55	<0,5	2,9	1,6	<1,5	3,4	<1,5	<1,5	11,8	5,3
leukokrání ruly	2	<0,5	<0,5	<0,5	<1,5	<1,5	<1,5	1,9	3,5	2,7
fylonity	5	1,1	3,6	2,4	1,7	4,5	2,7	5,3	8,3	6,9
metaprachovce	1	2,0	2,0	2,0	<1,5	<1,5	<1,5	6,8	6,8	6,8
amfibolity	5	<0,5	0,8	<0,5	<1,5	1,8	<1,5	<1,5	5,6	3,3
krupníky	5	<0,5	<0,5	<0,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5
mastkové břidlice	2	<0,5	<0,5	<0,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5
serpentinity	3	<0,5	<0,5	<0,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5
mramory	5	<0,5	<0,5	<0,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5
aplity a pegmatity	2	1,3	2,4	1,8	<1,5	<1,5	<1,5	3,4	13,7	8,6
<i>keprnická skupina</i>										
ortoruly+metagranitoidy	33	<0,5	5,4	2,4	<1,5	3,3	1,6	<1,5	31,8	9,8
migmatity	3	1,9	2,4	2,1	<1,5	5,6	2,7	6,3	7,2	6,6
blastomylonity	87	<0,5	5,3	2,4	<1,5	4,7	1,6	<1,5	19,5	7,7
ruly	46	1,1	4,8	2,4	<1,5	3,1	<1,5	3,1	27,1	6,8
fylonity	6	1,8	4,9	2,8	<1,5	2,3	1,9	6,1	11,1	9,3
erlany	3	<0,5	1,4	0,8	2,4	3,1	2,7	6,3	7,9	7,3
aplity	4	3,8	5,4	4,6	<1,5	8,3	4,0	1,8	8,7	6,1
pegmatity	75	<0,5	9,2	2,6	<1,5	5,7	2,2	<1,5	12,6	4,6
<i>šumperský masiv</i>										
granitoidy	26	1,9	3,8	2,9	<1,5	8,9	3,6	7,3	18,7	13,9
pegmatity	4	<0,5	3,9	1,3	1,5	2,7	2,0	11,4	13,5	12,8

- V rámci skupiny Branné byla zvýšená přirozená radioaktivita zaznamenána u světlých metavulkanitů (metaryolity, metatrachyty či jim odpovídající metatufy?) s průměrnou hodnotou 223 Bq.kg⁻¹. Fylity a svory skupiny Branné mají velmi podobné obsahy K, U a Th (tab. 3), což ukazuje na identický protolit obou typů metapelitů (viz též ZIMÁK 2013).
- Serpentinity vystupující ve staroměstských pásmech vykazují jen velmi nízkou přirozenou radioaktivitu, obsahy sledovaných prvků jsou až na jedinou výjimku pod mezí detekce (touto výjimkou je vzorek serpentinitu z k. ú. Komňátka s 8,1 ppm eU). Vysoké obsahy uranu (až 16,0 ppm eU) a thoria (až 54,5 ppm eTh) byly zjištěny v rodingitech (resp. metarodingitech), vznikajících přeměnou serpentinitů (oba vzorky v tab. 1 jsou



Obr. 3. Korelace thorium versus draslík v horninách tonalitové suity.

Fig. 3. Thorium versus potassium correlation in rocks of a tonalite suite.

z blízkosti klasické pegmatitové lokality Žďár u Rudy nad Moravou). Rodingity (metarodingity) jsou v rámci listu 14-41 Šumperk horninami s nejvyšší hmotnostní aktivitou, dosahující v obou vzorcích 408 a 522 Bq.kg⁻¹. Pole přirozené radioaktivity však tyto horniny výrazněji ovlivnit nemohou, neboť jejich výskyt v serpentinitových tělesech je patrně jen zcela ojedinělý.

7. Syenitoidy z prostoru staroměstské skupiny jsou zastoupeny pouze čtyřmi vzorky odebranými na k. ú. Ruda nad Moravou, asi 40 m jižně od klasické pegmatitové lokality na Žďáru. Bloky a menší fragmenty syenitoidů se zde vyskytují na elevaci, jejíž okolí je tvořeno serpentinity. Syenitoidy často obsahují hrubozrnější partie s vyšším podílem křemene (jde pak o granitoid), někdy mají tyto partie pegmatoidní charakter. Syenitoidy mají relativně vysokou hmotnostní aktivitu (v průměru 363 Bq.kg⁻¹, max. 428 Bq.kg⁻¹), způsobenou zvýšenými obsahy draslíku a thoria (viz data v tab. 1).
8. Zajímavé poznatky přinesl výzkum pegmatitových těles u Rudy nad Moravou. Na klasické lokalitě Žďár (příp. Žďárská hora) NOVÁK a GADAS (2009, 2010) rozlišují ve směru od okraje do centra pegmatitového tělesa čtyři stavební jednotky: kontaktní, přechodnou, hrubozrnou plagioklas-křemennou a graficko-blokovou. Materiál z kontaktní jednotky gamaspektrometricky studován nebyl (a nutno poznamenat, že autor tohoto článku tuto jednotku za součást pegmatitového tělesa nepovažuje, dle jeho názoru jde o alterovaný serpentinit); výsledky analýz vzorků z ostatních jednotek jsou sumarizovány v tab. 5. V této tabulce je plně respektováno dělení přechodné jednotky (viz NOVÁK a GADAS 2009, 2010) na (I) grossularovou podjednotku, (II) jemně až středně zrnitou leukokrátin podjednotku složenou hlavně z plagioklasu, méně z křemene, diopsidu a minerálů skupiny epidotu, a (III) hrubozrnou diopsidovou podjednotku, složenou převážně z křemene, plagioklasu a diopsidu. Z přechodné jednotky bylo analyzováno 28 vzorků, v nichž byly, až na ojedinělé výjimky, stanoveny zvýšené obsahy uranu (až 16 ppm eU) a thoria (až 201 ppm eTh) – viz data v tab. 5, a tomu odpovídají vysoké hodnoty hmotnostní aktivity (průměr 379 Bq.kg⁻¹, max. 1369 Bq.kg⁻¹). To je zcela v souladu s údaji o složení přechodné jednotky, z níž je uváděno několik nositelů uranu a thoria (např. epidot, allanit, dissakisit – NOVÁK a GADAS

Tabulka 3. Obsahy přirozených radioaktivních prvků (K, eU, eTh) v horninách skupiny Branné a vrbenské skupiny; n = počet vzorků, x = průměr.

Table 3. Natural radioactive element (K, eU, eTh) contents in rocks of the Branná and Vrbno Groups; n = number of samples, x = average.

geol. jednotka / hornina	n	K (hmot. %)			eU (ppm)			eTh (ppm)		
		min.	max.	x	min.	max.	x	min.	max.	x
<i>skupina Branné</i>										
fyliny	13	1,7	3,4	2,5	<1,5	6,3	2,4	7,1	20,4	12,3
svory	55	0,8	5,1	2,7	<1,5	4,7	2,3	4,4	23,0	11,5
erlany	7	<0,5	0,7	0,4	<1,5	7,1	2,3	2,3	11,2	7,5
mramory	41	<0,5	1,8	<0,5	<1,5	3,9	<1,5	<1,5	6,6	1,7
kvarcity	8	<0,5	3,7	1,4	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	11,0	4,9
světlé metavulkanity	2	2,1	6,1	4,1	2,4	4,8	3,6	9,4	18,1	13,8
<i>vrbenská skupina</i>										
svory	12	1,2	4,5	3,0	<1,5	4,9	2,3	3,7	11,9	8,0
kvarcité svory	4	0,9	2,4	1,4	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	5,5	2,6
kvarcity	10	<0,5	1,0	<0,5	<1,5	2,1	<1,5	<1,5	17,2	3,2

2010). Na přechodnou jednotku směrem do centra žily navazuje (IV) hrubozrnná jednotka složená hlavně z plagioklasu a křemene, dále graficky-bloková jednotka členěná výše citovanými autory na (V) grafickou podjednotku tvořenou K-živcem a křemenem, z níž se vyvíjí (VI) blokovaná podjednotka, v níž dominuje K-živce; centrální část tělesa tvoří podle citovaných autorů křemenné jádro. Z hrubozrnné plagioklas-křemenné jednotky a graficko-blokové jednotky NOVÁK a GADAS (2010) uvádí pestrou asociaci akcesorií, z nichž některé obsahují uran a thorium jako podstatnou složku, jiné mohou tyto prvky obsahovat jako příměs (např. zirkon s až 13 % UO_2 , uraninit, thorit, allanit, betafit, fersmit a pyrochlor). Výsledky gamaspektrometrických analýz dokládají, že kvantitativní zastoupení Th minerálů je v obou jednotkách jen velmi malé (ve většině analyzovaných vzorků jsou obsahy thoria pod 1,5 ppm). Geneze pegmatitového tělesa na lokalitě Žďár je dosud nejasná (viz NOVÁK – GADAS 2010). Distri-

Tabulka 4. Obsahy přirozených radioaktivních prvků (K, eU, eTh) v horninách bělohorského a jizerského souvrství; n = počet vzorků, x = průměr.

Table 4. Natural radioactive element (K, eU, eTh) contents in rocks of the Bílá Hora and Jizera Formations; n = number of samples, x = average.

geol. jednotka / hornina	n	K (hmot. %)			eU (ppm)			eTh (ppm)		
		min.	max.	x	min.	max.	x	min.	max.	x
<i>bělohorské souvrství</i>										
psamity	8	<0,5	1,5	0,8	<1,5	1,6	<1,5	2,0	4,9	3,5
aleurity	11	<0,5	0,8	0,5	<1,5	1,7	<1,5	2,3	5,1	3,4
<i>jizerské souvrství</i>										
psamity	16	0,5	2,0	1,0	<1,5	2,3	<1,5	2,2	4,2	3,4
aleurity+pelity	19	<0,5	0,9	0,6	<1,5	1,8	<1,5	2,0	4,5	3,4

Tabulka 5. Obsahy přirozených radioaktivních prvků (K, eU, eTh) v pegmatitových tělesech u Rudy nad Moravou; n = počet vzorků, x = průměr.

Table 5. Natural radioactive element (K, eU, eTh) contents in pegmatite bodies at Ruda nad Moravou; n = number of samples, x = average.

jednotka nebo podjednotka	n	K (hmot. %)			eU (ppm)			eTh (ppm)		
		min.	max.	x	min.	max.	x	min.	max.	x
I - grossularová	5	<0,5	<0,5	<0,5	2,5	5,6	4,0	21,1	45,1	32,0
II - drobnozrná Plg+Qtz	5	<0,5	<0,5	<0,5	5,0	14,3	8,5	22,0	41,9	33,8
III - Plg+Qtz+Di	18	<0,5	2,2	0,7	<1,5	29,2	9,8	<1,5	201,4	41,4
IV - hrubozrná Plg+Qtz	3	<0,5	0,8	<0,5	<1,5	9,5	5,1	<1,5	<1,5	<1,5
V - grafická	5	1,3	4,6	2,9	<1,5	4,7	2,5	<1,5	8,4	2,6
VI - bloková	1	2,8	2,8	2,8	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5

buce thoria v tomto tělese je dalším dokladem výrazné látkové rozdílnosti mezi přechodnou jednotkou (složením odpovídající přibližně leukotonality) a centrální částí tělesa (charakterem odpovídající granitickému pegmatitu).

4. ZÁVĚR

Průměrná hmotnostní aktivita jednotlivých horninových typů budujících krystalinikum na mapovém listu 14-41 Šumperk až na několik výjimek nedosahuje hodnot vypočtených pro průměrnou zemskou kůru (kolem 180 Bq.kg⁻¹). Těmito výjimkami jsou světlé metavulkanity (metaryolity, metadacity a jejich tufy) na k. ú. Výprachtice a Rýdrovice, světlé metavulkanity ve skupině Branné a granitoidy šumperského masivu, s nimiž by mohlo být spojeno i jisté radonové riziko. V rámci hodnoceného listu vykazují anomálně vysoké hodnoty přirozené radioaktivity tři horninové typy, vyskytující se na malé ploše v prostoru lokality Žďár (Žďárská hora) u Rudy nad Moravou, v území budovaném převážně serpentinity – jde o syenitoid (s průměrnou hmotnostní aktivitou 363 Bq.kg⁻¹), rodingit (465 Bq.kg⁻¹) a také o pegmatit leukotonality typu s výrazně nadklarkovými obsahy U a Th v jedné z jeho jednotek. Nemetamorfované předkenozoické sedimenty, zastoupené na listu 14-41 Šumperk pouze horninami české křídové pánve, mají jen velmi nízkou přirozenou radioaktivitu.

LITERATURA

- BRÖCKER, M., LANGE, U., MEZGER, K., ŻELAŻNIEWICZ, A. (2003): The orthogneisses of the Orlica-Śnieżnik dome (West Sudetes, Poland): Sr-Nd isotope characteristics and Rb-Sr geochronology. – *Journal of the Czech Geological Society*, 48, 1-2, 25-26.
- BURIÁNEK, D., VERNER, K., HANŽL, P., KRUMLOVÁ, H. (2009): Ordovician metagranites and migmatites of the Svratka and Orlice-Śnieżnik units, northeastern Bohemian Massif. – *Journal of Geosciences*, 54, 2, 181-200.
- GRZEŚKOWIAK, A. (2003): On the mineralogy and origin of the Śnieżnik versus Gieraltów gneisses, Międzyzycze Unit, OSD, West Sudetes. – *Geolines*, 16, 36-38.
- GRZEŚKOWIAK, A., ŻELAŻNIEWICZ, A., FANNING, M. (2005): Early Palaeozoic syntectonic migmatization preceded Variscan metamorphism in the Orlica-Śnieżnik Dome, Sudetes: U-Pb SHRIMP evidence. – *Geolines*, 19, 46-48.
- CHÁB, J., BREITER, K., FATKA, O., HLADIL, J., KALVODA, J., ŠIMŮNEK, Z., ŠTORCH, P., VAŠÍČEK, Z., ZAJÍC, J., ZAPLETAL, J. (2008): Stručná geologie základu Českého masivu a jeho karbonského a permského pokryvu. – Vydavatelství České geologické služby, Praha.

- JANOŠKA, M. (1997): Stav poznání zábřežského krystalinika a mírovského „kulmu“. – *Acta Universitatis Palackianae Olomucensis, Facultas rerum naturalium, Geologica* 35, 61–80.
- NOVÁK, M., GADAS, P. (2009): Zoned, anorthite- and grossularite-bearing, leucotonalitic pegmatite from serpentized lherzolite at Ruda nad Moravou, Staré Město Unit, Czech Republic. – *Estudos Geológicos*, 19, 261–265.
- NOVÁK, M., GADAS, P. (2010): Internal structure and mineralogy of a zoned anorthite- and grossularite-bearing leucotonalitic pegmatite in serpentized lherzolite at Ruda nad Moravou, Staré Město Unit, Czech Republic. – *Canadian Mineralogist*, 48, 629–650.
- OPLETAL, M. *et al.* (1980): Geologie Orlických hor. Ústřední ústav geologický – Academia Praha.
- OPLETAL, M., KOVERDYNSKÝ, B., REJCHRT, M., HOLÁSEK, O. (1999): Geologie území. In: Müller, V. (ed.): Vysvětlivky k souboru geologických a ekologických účelových map přírodních zdrojů v měřítku 1 : 50 000. List 14-41 Šumperk, 7–32. Český geologický ústav, Praha.
- RENÉ, M. (1998): Evolution of a tonalite suite in the northeastern part of the Bohemian Massif. – *Geolines*, 6, 53.
- ŠALANSKÝ, K., MANOVÁ, M. (1999): Geofyzikální poměry. In: Müller, V. (ed.): Vysvětlivky k souboru geologických a ekologických účelových map přírodních zdrojů v měřítku 1 : 50 000. List 14-41 Šumperk, 32–35. – Český geologický ústav, Praha.
- ZIMÁK, J. (2013): Přirozená radioaktivita metamorfovaných a magmatických hornin na mapovém listu 14-23 Králíky. – *Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku*, 20, 157–161.