

PŘIROZENÁ RADIOAKTIVITA METAMORFITŮ, MAGMATITŮ A PŘEDKENOZOICKÝCH SEDIMENTŮ NA MAPOVÉM LISTU 24-21 JEVÍČKO

NATURAL RADIOACTIVITY OF METAMORPHIC AND IGNEOUS ROCKS
AND PRE-CENOZOIC SEDIMENTARY ROCKS ON THE MAP SHEET 24-21 JEVÍČKO

JIRÍ ZIMÁK

Abstract

Zimák, J. (2014): Přirozená radioaktivita metamorfitů, magmatitů a předkenozoických sedimentů na mapovém listu 24-21 Jevíčko. – Acta Mus. Moraviae, Sci. Geol., 99, 2, 95-101 (with English summary).

Natural radioactivity of metamorphic and igneous rocks and pre-Cenozoic sedimentary rocks on the map sheet 24-21 Jevíčko

The aim of the paper is to inform about natural radioactivity of metamorphic, igneous and pre-Cenozoic sedimentary rocks on the map sheet 24-21 Jevíčko. Contents of potassium, uranium and thorium were measured using a laboratory gamma-ray spectrometer in 1197 rock samples. The studied rocks belong to several geological units: i) four different crystalline complexes, e. g., Nectava Crystalline Complex (composed mainly of orthogneisses, phyllites and marbles) and Kladky Crystalline Complex (phyllonites, phyllites, metabasites), ii) the Konice-Mladeč Belt of the Devonian to Tournaisian age (carbonate rocks and basic volcanites prevail), iii) Givetian flysch sediments (Mohelnice Fm.) and Viséan flysch formations (Protivanov Fm., Rozstání Fm., Myslejovice Fm.), iv) Permian siliciclastic sediments of the Boskovice Furrow and the Orlica Basin, and v) siliciclastic sediments of the Bohemian Cretaceous Basin. Data are tabled and discussed. From calculated values of mass activity of ^{226}Ra equivalent it is evident that natural radioactivity of the studied rocks is low. Slightly increased mass activity values ($296 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ in average) were found in alkali-feldspar paleorhyolite outcropping at Ludmírov.

Key words: map sheet Jevíčko, 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

Přirozená radioaktivita hornin je jedním z parametrů přírodního prostředí. V rámci geologického mapování území České republiky je hodnocena především na základě letické geofyziky (měření úhrnné aktivity gama a gamaspektrometrie). Výsledky těchto měření umožňují posoudit přirozenou radioaktivitu celých geologických jednotek a případně i predikovat radonové riziko na sledovaném území, avšak na základě takto získaných dat nelze 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 24-21 Jevíčko, a to na základě laboratorních gamaspektrometrických stanovení uvedených prvků v 1197 horninových vzorcích.

2. VZORKY A METODY

Území mapového listu 24-21 Jevíčko je geologicky velmi pestré (viz OTAVA 2000). Krystalinikum je na tomto listu zastoupeno čtyřmi celky, a to nectavským krystalinikem a kladeckým krystalinikem (obě zmíněná krystalinika vystupují pouze na listu 24-21 Jevíčko) a dále svinovsko-vranovským krystalinikem a zábřežským krystalinikem. Paleozoikum je na listu zastoupeno konicko-mladečským devonem a karbonem, mohelnickým, protivanovským, rozstáňským a také myslejovickým souvrstvím, poorlickým permem a permem boskovické brázdy. Mesozoikum je reprezentováno pouze svrchnokřídovými sedimenty české křídové pánve (na listu vystupují horniny perucko-korycanského, bělohorského a jizerského souvrství). Stručnou petrografickou charakteristiku hornin studované oblasti lze najít ve vysvětlivkách k listu 24-21 Jevíčko (OTAVA 2000).

Na listu 24-21 Jevíčko bylo na 716 lokalitách odebráno 1197 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. Odebírané horniny byly determinovány jen makroskopicky, což dle názoru autora nepůsobilo žádné podstatnější komplikace. Autor se však přiznává, že v terénu měl často problémy s rozlišováním permských psamitů od psamitů spodnokarbonských a že vzorky nejistého zařazení buď neodebíral, nebo při jejich stratigrafickém zařazení respektoval geologickou mapu.

V horninových vzorcích byly na PŘF UP v Olomouci za použití spektrometru SG - 1000 LAB s NaI(Tl) detektorem o objemu 0,35 dm³ (průměr 76 mm, délka 76 mm) stanoveny obsahy draslíku (přímo na základě koncentrace ⁴⁰K), 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 mezi 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 ²²⁶Ra (a_m), která byla z výsledků gamaspektrometrických analýz vypočtena podle vztahu $a_m = 12,35U + (1,43 \times 4,06 \text{ Th}) + (0,077 \times 313 \text{ K})$, do kterého jsou obsahy uranu a thoria dosazovány v ppm, obsahy draslíku v hmot. %.

3. VÝSLEDKY A DISKUSE

Výsledky všech provedených laboratorních gamaspektrometrických měření jsou shrnuty v tab. 1 až 4. V následujících odstavcích jsou diskutována dle názoru autora zajímavá zjištění:

1. Jednotlivé typy hornin budujících zábřežské, svinovsko-vranovské, nectavské a kladecké krystalinikum vykazují jen nízkou přirozenou radioaktivitu, a to díky převážně podklarkovým obsahům všech tří sledovaných prvků (tab. 1). Hmotnostní aktivita jednotlivých vzorků jen zcela výjimečně překračuje hodnotu 180 Bq.kg⁻¹, což je hodnota vypočtená pro průměrnou zemskou kůru z klarků K, U a Th (mírné překročení této hodnoty bylo zjištěno pouze u čtyř vzorků fylitů z nectavského krystalinika). V případě kladeckého krystalinika lze konstatovat podobnost v obsazích K, U a Th mezi mylonitizovanými granitoidy a horninami fylitového vzhledu (fylity a makroskopicky od nich nerozlišitelné fylonity, které zde převažují - viz HANŽL 1995). Uvedená podobnost by umožňovala závěr, že protolitem těchto fylonitů by mohly být granitoidní horniny (podle výše citovaného autora fylonity kladeckého krystalinika vznikly retrogradní přeměnou cordieritických rul).
2. V souboru paleobazaltů a bazických tufů ze stínavsko-chabičovského souvrství (v tab. 2 jsou tyto horniny označeny jen jako „paleobazalty“) bylo zjištěno několik

Tabulka 1. Obsahy přirozených radioaktivních prvků (K, eU, eTh) v horninách zábřežského, svinovsko-vranovského, nectavského a kladeckého krystalinika; n = počet vzorků, x = průměr.

Table 1. Natural radioactive element (K, eU, eTh) contents in rocks of the Zábřeh, Svinov-Vranová, Nectava, and Kladky Crystalline Complexes; n = number of samples, x = average.

geol. jednotka / hornina	h	K (hmot. %)			eU (ppm)			eTh (ppm)		
		min.	max.	x	min.	max.	x	min.	max.	x
<i>zábřežské krystalinikum</i>										
metagranitoidy	6	<0,5	1,5	0,8	<1,5	<1,5	<1,5	2,2	10,4	4,1
metabazika	4	<0,5	0,9	0,6	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	4,4	1,8
mramory	2	<0,5	<0,5	<0,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5
<i>svinovsko-vranovské krystalinikum</i>										
svory	21	0,8	3,6	2,2	<1,5	2,6	1,8	2,2	13,6	9,4
kvarcity	6	<0,5	<0,5	<0,5	<1,5	1,9	<1,5	<1,5	8,8	4,8
mramory	7	<0,5	1,6	0,7	<1,5	3,8	2,1	<1,5	6,5	2,9
<i>nectavské krystalinikum</i>										
ortoruly	46	<0,5	3,6	2,4	<1,5	2,6	<1,5	1,9	10,8	5,8
svory	8	<0,5	3,1	2,3	<1,5	1,6	<1,5	3,9	11,1	8,9
fylity	20	<0,5	3,2	2,2	<1,5	4,7	2,3	2,8	15,7	11,0
mramory	12	<0,5	1,0	0,5	<1,5	1,5	<1,5	<1,5	3,0	1,9
<i>kladecké krystalinikum</i>										
fylonity a fylity	26	1,4	3,7	2,5	<1,5	3,7	1,7	<1,5	11,9	7,5
silicifikované fylonity	4	<0,5	1,6	1,2	<1,5	2,7	<1,5	2,2	4,8	3,5
mylonitiz. granitoidy	2	2,1	2,2	2,2	1,8	2,2	2,0	8,0	8,5	8,2
zelené břidlice	14	<0,5	1,0	<0,5	<1,5	1,6	<1,5	<1,5	1,7	<1,5

vzorků se zvýšenými obsahy draslíku (až 5,4 hmot. %). Jde o období draselných spilitů a jejich tufů, známých ze šternbersko-hornobenešovském pruhu (GNOJEK a PŘIČHYSTAL 1984).

- Zvýšenou radioaktivitu vykazují kyselé vulkanity vystupující na k. ú. Ludmírov (PŘIČHYSTAL 1993, ZIMÁK a VÝMOLA 2001). Díky vysokému podílu alkalického živce (jde o alkalicko-živcové paleoryolity) mají tyto horniny značné obsahy draslíku, které se projevují jejich zvýšenou hmotnostní aktivitou, dosahující v průměru 296 Bq.kg⁻¹. V tab. 2 jsou tyto horniny označeny jako „paleoryolity“ a zařazeny do stínavsko-chabčovského souvrství, i když jejich stratigrafická příslušnost není dosud jasná: CHLU-PÁČ a SVOBODA (1961) je považují za mladší než spodnokarbonské (patrně perm), PŘIČHYSTAL (1993) předpokládá devonské stáří.
- Na základě gamaspektrometrických dat nelze řešit otázky spojené s proveniencí materiálu variského flyše na území sledovaného listu. Lze však konstatovat, že flyšoidní mohelnické souvrství (givetského stáří – viz OTAVA 2000) se nízkým obsahem přirozených radioaktivních prvků výrazně liší od navzájem si velmi podobných souvrství viséského drahanského flyše, zastoupeného na listu 24-21 Jevíčko významně protivanovským a rozstáňským souvrstvím a na malé ploše souvrstvím myslejovickým, avšak jen jeho spodní částí (viz data v tab. 2 a 3, čísla za označením hornin mohelnického souvrství odpovídají číslům barevných kolonek legendy mapového listu). Látkové rozdíly

Tabulka 2. Obsahy přirozených radioaktivních prvků (K, eU, eTh) v paleozoických sedimentech a vulkanických horninách konicko-mladečského pruhu a mohelnického souvrství; n = počet vzorků, x = průměr.

Table 2. Natural radioactive element (K, eU, eTh) contents in Paleozoic sediments and volcanic rocks of the Konice-Mladeč Belt and the Mohelnice Formation; 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>bazální klastika devonu</i>										
psefity	10	<0,5	<0,5	<0,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5
psamity	12	<0,5	<0,5	<0,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	3,8	1,7
<i>stínavsko-chabičovské souvrství</i>										
paleobazalty	40	<0,5	5,4	1,2	<1,5	4,5	<1,5	<1,5	2,6	<1,5
Fe-rudy	6	<0,5	<0,5	<0,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5
psamity	13	<0,5	2,0	1,1	<1,5	2,6	1,6	<1,5	13,9	6,0
aleurity+pelity	14	0,6	6,8	2,5	<1,5	6,3	1,9	3,9	16,1	8,8
paleoryolity	6	6,2	11,5	8,1	<1,5	2,2	1,5	10,4	17,2	14,0
<i>macošské souvrství, líšeňské souvrství a jesenecké vápence</i>										
lažánecké vápence	9	<0,5	<0,5	<0,5	<1,5	5,7	2,3	<1,5	<1,5	<1,5
vilémovické vápence	89	<0,5	1,0	<0,5	<1,5	3,9	<1,5	<1,5	3,3	<1,5
hádsko-říčské váp.	6	<0,5	<0,5	<0,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5
jesenecké vápence	16	<0,5	<0,5	<0,5	<1,5	2,6	<1,5	<1,5	1,7	<1,5
<i>ponikevské souvrství</i>										
silicity	11	<0,5	0,8	<0,5	<1,5	1,6	<1,5	<1,5	3,7	1,6
křemité břidlice	13	<0,5	3,0	1,7	<1,5	2,0	<1,5	<1,5	11,7	5,9
<i>mohelnické souvrství</i>										
psefity (42+43)	38	<0,5	1,2	<0,5	<1,5	3,2	<1,5	1,6	5,3	3,2
psamity (42)	45	<0,5	2,9	1,0	<1,5	4,7	<1,5	<1,5	8,5	4,5
aleurity+pelity (42)	4	1,8	3,0	2,2	<1,5	2,5	1,6	5,8	11,0	7,6
psamity (41)	28	<0,5	3,8	1,8	<1,5	12,4	2,0	2,2	11,0	5,8
aleurity+pelity (41)	18	1,3	2,8	2,2	<1,5	3,9	2,0	5,5	9,5	7,3
metabazika (44)	4	<0,5	<0,5	<0,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5

mezi flyšem mohelnického souvrství a třemi souvrstvími drahanského flyše (viz např. MAŠTERA 1995, OTAVA a SULOVSKÝ 1997) souvisí nejen s různým obdobím jejich vzniku, ale zejména s rozdílnou geografickou pozicí pánví, v nichž se tyto sedimenty formovaly - nutno poznamenat, že ZAPLETAL (2003) zařazuje tzv. mírovské paleozoikum dokonce do středoevropské oblasti. Nízká přirozená radioaktivita siliciklastik mohelnického souvrství je dána dominancí klastického materiálu pocházejícího ze zvětralin na dlouhodobě peneplenizovaném povrchu (viz např. ZAPLETAL 1992, 1997). V případě polymiktních mírovských slenců je většina nekrémenných klastů tvořena materiálem ze zábřežské skupiny (např. KOVERDYNSKÝ 1965), jejíž horniny vykazují jen velmi nízkou přirozenou radioaktivitu (ZIMÁK 2014). Obdobné složení má i valounová aso-

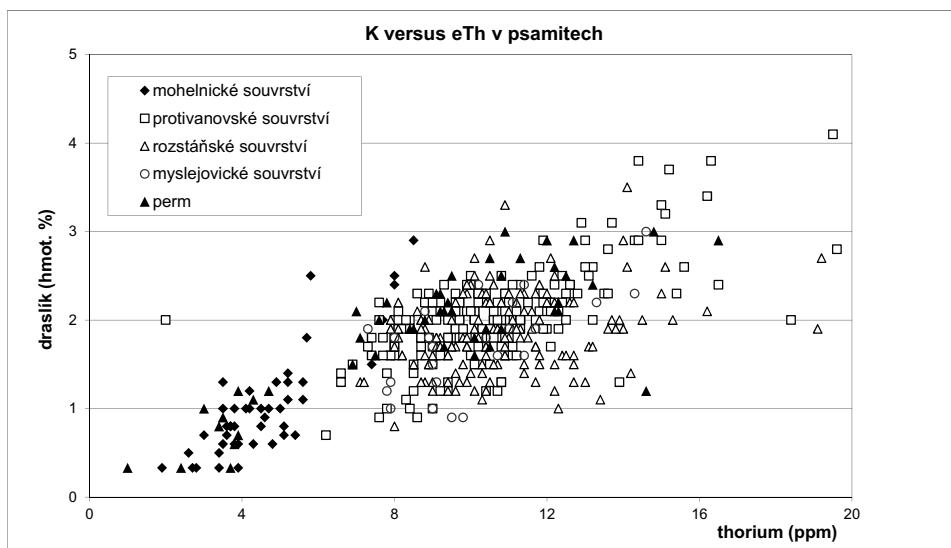
Tabulka 3. Obsahy přirozených radioaktivních prvků (K, eU, eTh) ve viséských, permských a křídových sedimentech; n = počet vzorků, x = průměr.

Table 3. Natural radioactive element (K, eU, eTh) contents in Viséan, Permian and Cretaceous sediments; 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>protivanovské souvrství</i>										
psefity	40	1,3	3,2	2,1	1,5	7,1	3,0	8,1	16,1	10,4
psamity	212	0,7	4,1	2,0	<1,5	6,8	2,8	2,0	19,6	10,5
aleurity+pelity	35	0,9	3,6	2,4	<1,5	6,5	3,5	6,4	26,2	11,9
<i>rozstáňské souvrství</i>										
psefity	9	1,3	2,5	1,9	<1,5	4,9	2,6	3,1	11,7	8,0
psamity	150	0,8	3,5	1,8	<1,5	7,5	2,7	7,1	19,2	10,8
aleurity+pelity	79	1,2	5,2	2,6	1,6	12,4	3,7	6,7	18,2	11,6
<i>myslejovické souvrství</i>										
psefity	3	1,7	1,9	1,8	1,7	2,2	1,9	7,2	9,0	8,2
psamity	24	0,9	3,0	1,7	1,6	4,2	2,5	73,3	14,6	10,1
aleurity+pelity	8	1,7	3,2	2,6	2,1	3,7	2,7	9,9	14,5	11,7
<i>perm boskovické brázdy a poorlický perm</i>										
psefity	12	<0,5	3,3	1,5	<1,5	2,9	<1,5	1,7	12,7	5,8
psamity	49	<0,5	3,0	1,9	<1,5	3,3	1,7	<1,5	16,5	8,8
aleurity+pelity	7	0,6	3,0	2,0	<1,5	3,3	2,0	4,6	13,3	9,2
<i>perucko-korycanské souvrství</i>										
psamity	19	<0,5	1,6	0,6	<1,5	1,7	<1,5	<1,5	6,1	3,1
<i>bělohorské souvrství</i>										
psamity	20	<0,5	0,6	<0,5	<1,5	3,7	<1,5	<1,5	4,9	2,0
aleurity	4	<0,5	0,6	<0,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	2,8	2,0
<i>jizerské souvrství</i>										
psamity	4	<0,5	0,7	0,6	<1,5	<1,5	<1,5	1,9	3,7	3,2

ciace ve slepencích malonínské hrásti, i když lokálně jsou zde hojně zastoupeny klasy bazických vulkanitů spilitové povahy (ZAPLETAL 1992). V případě sedimentů protivanovského, rozstáňského a spodní části myslejovického souvrství je přepokládán hlavní přísun materiálu z oblasti poličského krystalinika, letovického krystalinika, svratecké klenby, orlicko-kladského krystalinika, silezika a svinovsko-vranovského krystalinika (ČOPIAKOVÁ *et al.* 2001).

5. V permských sedimentech boskovické brázdy a orlické pánve byla zjištěna poměrně široká rozpětí obsahů sledovaných prvků, zejména draslíku (tab. 3, obr. 1). To může být způsobeno tím, že klastický materiál byl derivován z místních zdrojů (kulmské droby, flyšové sedimenty mohelnického souvrství, ruly nectavského krystalinika...) a že tyto zdroje se na dotování materiálu do rozdílných úseků pánve podílely různou měrou.



Obr. 1. Korelace thorium versus draslík v psamitech mohelnického, protivanovského, rozstáňského a myslejovického souvrství a v permských psamitech.

Fig. 1. Thorium versus potassium correlation in psammites of the Mohelnice, Protivanov, Rozstání and Myslejičice Formations and in Permian psammites.

4. ZÁVĚR

Hmotnostní aktivita metamorfítů, magmatitů a předkenozoických sedimentů na mapovém listu 24-21 Jevičko až na výjimky nedosahuje hodnoty pro průměrnou zemskou kůru, tedy kolem 180 Bq.kg^{-1} . Mírné překročení této hodnoty bylo zjištěno pouze u některých vzorků fylitů z nectavského krystalinika a ve všech vzorcích kyselých vulkanitů (alkalicko-živcových paleoryolitů) na k. ú. Ludmírov. Tyto paleovulkanity tvoří jen malé těleso v kladeckých fylitech, které bylo při výkopových pracích zastiženo i v intravilánu Ludmírova. Hlavní příčinou zvýšené přirozené radioaktivity těchto paleovulkanitů (s průměrnou hmotnostní aktivitou 296 Bq.kg^{-1}) jsou vysoké obsahy draslíku (v průměru 8,1 hmot. % K); obsahy uranu jsou mírně podklarkové, a proto by tyto horniny neměly představovat žádné radonové riziko.

LITERATURA

- ČOPIAKOVÁ, R., SULOVSKÝ, P., OTAVA, J. (2001): Využití chemismu detritických granátů pro určení proveniencie a litostratigrafii kulmu Drahanské vrchoviny. - *Mineralia slovacca*, 33, 509-511.
- GNOJEK, I., PŘICHYSTAL, A. (1984): Metalogenetický význam leteckých draslíkových anomálií Nížkého Jeseníku. - *Acta Universitatis Carolinae, Geologica*, 4, 361-388.
- HANŽL, P. (1995): Výsledky mapování kladeckého krystalinika pro mapu 1 : 50 000 Jevičko. - *Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku v roce 1994*, 85-86.
- CHLUPÁČ, I., SVOBODA, J. (1961): Geologické poměry koniko-mladečského devonu na Drahanské vrchovině. - *Sborník Ústředního ústavu geologického*, 28, oddíl geologický, 347-386.
- KOVERDYNSKÝ, B. (1965): Über einige Probleme vom varistischen Flysch aus der Umgebung von Mohelnice (Nord-Mähren). - *Zprávy Krajského vlastivědného muzea v Olomouci*, 121, 6-8.
- MAŠTERA, L. (1995): Petrofacie ve spodnokarbonských drobách na severním okraji Drahanské vrchoviny. - *Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku v roce 1994*, 57-60.

- OTAVA, J. (2000): Geologie území. – In: Müller, V. (ed.): Vysvětlivky k souboru geologických a ekologických účelových map přírodních zdrojů v měřítku 1 : 50 000. List 24-21 Jevíčko, 7–17. – Český geologický ústav, Praha.
- OTAVA, J., SULOVSKÝ, P. (1997): Materiálové srovnání mohelnického souvrství mírovského vývoje paleozoika a moravskoslezského kulmu. – *Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku v roce 1996*, 76–78.
- PŘICHYSTAL, A. (1993): Vulkanismus v geologické historii Moravy a Slezska. – In: Přichystal, A., Obstová, V., Suk, M. (eds.): *Geologie Moravy a Slezska*, 59–70.
- ZAPLETAL, J. (1992): Mírovské konglomeráty – nejstarší člen flyšových variscid na Moravě. – *Geologický průzkum*, 34, 182–183.
- ZAPLETAL, J. (1997): Konglomeráty drobových členů zábřežského krystalinika a mírovského kulmu a jejich význam. – *Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku v roce 1996*, 89–92.
- ZAPLETAL, J. (2003): Příspěvek do diskuse o postavení mírovského paleozoika v Českém masivu. – *Moravskoslezské paleozoikum 2003*, 24–25.
- ZIMÁK, J. (2014): Přirozená radioaktivita metamorfítů, magmatitů a předkenozoických sedimentů na mapovém listu 14-41 Šumperk. – *Acta Mus. Moraviae, Sci. Geol.*, 2, 85–94.
- ZIMÁK, J., VÝMOLA, J. (2001): Alkalicko-živcový paleoryolit z Dražanské vrchoviny. – *Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku v roce 2000*, 68–71.