

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA
KATEDRA GEOLOGIE

**Přirozená radioaktivita hornin
konicko-mladečského pruhu**

bakalářská práce

Gabriela Šenkýřová

**Environmentální geologie (B1201)
prezenční studium**

vedoucí práce: doc. RNDr. Jiří Zimák, CSc.

červen 2010

Bibliografická identifikace:

Jméno a příjmení autora: Gabriela Šenkýřová

Název práce: Přirozená radioaktivita hornin konicko-mladečského pruhu

Typ práce: bakalářská

Pracoviště: Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, katedra geologie

Vedoucí práce: doc. RNDr. Jiří Zimák, CSc.

Rok obhajoby práce: 2010

Abstrakt: Práce se zabývá měřením přirozené radioaktivity hornin konicko-mladečského pruhu. Měření bylo provedeno jak terénní, tak i laboratorní gamaspektrometrií. Výsledky terénní gamaspektrometrie byly porovnány s výsledky laboratorní gamaspektrometrie. Změřené hodnoty byly zpracovány a vyhodnoceny v závěru práce.

Klíčová slova: konicko-mladečský pruh, vulkanity, vápence, přirozená radioaktivita, gamaspektrometrie

Počet stran: 43

Počet příloh: 1 (CD-ROM)

Jazyk: čeština

Bibliographical identification:

Autor's first name and surname: Gabriela Šenkýřová

Title: Natural radioactivity of rocks of the Konice-Mladeč Belt

Type of thesis: bachelor

Institution: Palacký University in Olomouc, Faculty of Science, Department of Geology

Supervisor: doc. RNDr. Jiří Zimák, CSc.

The year of presentation: 2010

Abstract: The work occupies by measurement of natural radioactivity of rocks of Konice-Mladeč Belt. The measurement were made by field and the laboratory gammaspectrometry. The results of field gammaspectrometry were compared with the results of laboratory. The measured values were processed and evaluated at the end of work.

Keywords: Konice-Mladeč Belt, volcanic rocks, limestones, natural radioactivity, gamma-spectrometry

Number of pages: 43

Number of appendicies: 1 (CD-ROM)

Language: Czech

Poděkování

Velmi ráda bych poděkovala zejména vedoucímu mé bakalářské práce, doc. RNDr. Jiřímu Zimákovi, CSc., za jeho odbornou pomoc v terénu a za cenné rady při tvorbě a dokončování této práce.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem zadanou bakalářskou práci vypracovala samostatně pod odborným vedením doc. RNDr. Jiřího Zimáka, CSc. a použila jsem pouze uvedenou literaturu.

V Nové Vsi dne 23. června 2010

.....

podpis

Obsah

1. Úvod	6
2. Metodika	6
3. Přirozená radioaktivita hornin a její příčiny	8
4. Geologická charakteristika konicko-mladečského pruhu	13
5. Výsledky měření a jejich diskuze	27
5.1. Terénní měření	27
5.2. Laboratorní měření	31
6. Závěr	41
Literatura	42

1. Úvod

Cílem mé bakalářské práce s názvem „Přirozená radioaktivita hornin konicko-mladečského pruhu“ je vypracování geologické charakteristiky konicko-mladečského pruhu se zaměřením na petrografické poměry (na základě literární rešerše) a zhodnocení přirozené radioaktivity hornin této geologické jednotky (hlavně na základě gamaspektrometrického stanovení obsahů K, U a Th ve vzorcích odebraných v terénu). V souladu se zadáním bakalářské práce jsem provedla i terénní gamaspektrometrická měření v prostoru konicko-mladečského pruhu a též studium přirozené radioaktivity klastických sedimentů v jeskyních Javoříčského a Mladečského krasu. V závěru jsem zhodnotila a porovнала naměřené výsledky v konicko-mladečském pruhu.

2. Metodika

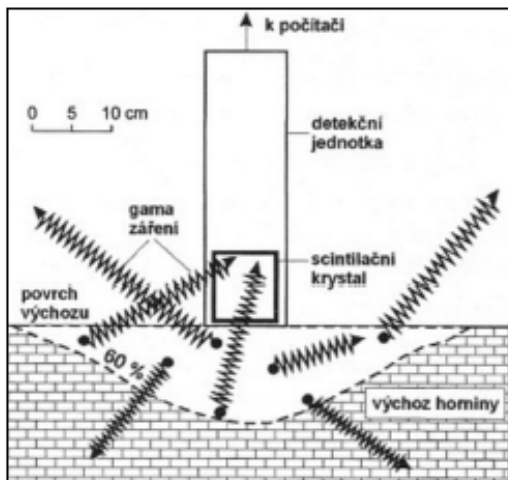
Po provedení literárně rešeršní přípravy a po prostudování map jsem provedla terénní práce. V průběhu terénních prací byl proveden odběr horninových vzorků (celkem 137) k laboratornímu gamaspektrometrickému stanovení obsahů K, U a Th. Na vybraných lokalitách jsem provedla i nejzákladnější geologickou dokumentaci (poloha míst odběru jednotlivých vzorků, jejich základní charakteristika a také fotodokumentace z terénu jsou obsaženy v příloze). Na vhodných lokalitách jsem provedla i terénní gamaspektrometrická měření.

V terénu byly gamaspektrometricky stanoveny obsahy draslíku, uranu a thoria v horninách pomocí terénního gamaspektrometru GRM-260 (obr. 1). Je to přenosný gamaspektrometr se scintilačním NaI(Tl) detektorem, který umožňuje stanovit přírodní radionuklidy detekcí záření o energiích 1461 keV (^{40}K), 1764 keV (^{214}Bi) a 2615 keV (^{208}Tl). Na základě ^{40}K je vyčíslena koncentrace draslíku v hornině (v hmot. % K), na základě ^{214}Bi je nepřímou stanovena koncentrace uranu (ppm eU), na základě ^{208}Tl je nepřímou stanovena koncentrace thoria (ppm eTh).

Terénní gamaspektrometrická měření by měla být prováděna na plochých výchozech, kde většina detekovaných gama kvant prochází z objemu horniny ve tvaru mísy o průměru asi 2 m (viz obr. 2).



Obr. 1: Terénní gamaspektrometr GRM-260 při měření na plochem výchozu.



Obr. 2. Objem horniny, který je zdrojem kvant gama při terénním gamaspektrometrickém měření na plochem výchozu (Štelcl a Zimák 2006).

Pro laboratorní gamaspektrometrická měření jsem v terénu odebrala 137 vzorků o hmotnosti asi 600 g. Vzorky jsem vysušila (při 110 °C), nadrtila (velikost úlomků do 1 cm) a vložila do plastových kelímků o objemu 250 ml. Vzorky v kelímcích byly „hermeticky“ uzavřeny. Měření byla provedena minimálně čtyři týdny po vložení vzorků do kelímků. Laboratorní gamaspektrometrická měření byla provedena na katedře geologie PřF UP, k měřením použit laboratorní 1024-kanálový gamaspektrometr SG-1000 LAB. Kelímky se vzorky jsou v tomto gamaspektrometru vkládány do válcové komory nad detektorem NaI(Tl) o průměru 76mm x 76mm. Doba měření vzorku je 1800 s.

Ze stanovených koncentrací K, U a Th (terénně i laboratorně) byl proveden výpočet hmotnostní aktivity a_m ekvivalentu ^{226}Ra , která vyjadřuje gama aktivitu horniny v daném nebo v daném vzorku.

Pro výpočet hodnot hmotnostní aktivity byly použity přepočtové koeficienty uváděné Štelclem a Zimákem (2006):

$$\begin{aligned}1 \text{ \% K v hornině} &= 313 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ } ^{40}\text{K} \\1 \text{ ppm U v hornině} &= 12,35 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ } ^{226}\text{Ra} \\1 \text{ ppm Th v hornině} &= 4,06 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ } ^{232}\text{Th}\end{aligned}$$

Samotný výpočet hmotnostní aktivity jsem provedla podle vztahu:

$$a_m = 12,35 \text{ U} + (1,43 \times 4,06 \text{ Th}) + (0,077 \times 313 \text{ K})$$

Hodnoty U a Th jsou do uvedeného vztahu dosazovány v ppm; hodnoty K jsou v hmotnostních %. Při výpočtu hmotnostní aktivity hornin z terénních gamaspektromerických měření jsem použila průměrné hodnoty naměřených koncentrací prvků.

Ve výsledcích laboratorních měření byly u některých vzorků koncentrace sledovaných prvků pod mezí detekce: u draslíku je mez detekce 0,5 hmot. %, u uranu a thoria je mez detekce 1,5 ppm. V těchto případech jsem při výpočtu hmotnostní aktivity počítala s hodnotou meze detekce.

Reprezentativní vzorky hornin konicko-mladečského pruhu byly využity ke zhotovení 12 výbrusů na PřF MU Brno (panem Jiřím Povolným). Výbrusy byly zhodnoceny standardními optickými metodami na polarizačním mikroskopu Olympus BX50, na němž byly též pořízeny mikrofotografie pomocí kamery Olympus C-7070.

3. Přirozená radioaktivita hornin a její příčiny

Přirozenou radioaktivitu můžeme považovat za jednu ze základních fyzikálních vlastností hornin. Přirozená radioaktivita minerálů a hornin souvisí s přítomností přirozených nestabilních izotopů (radionuklidů) v horninách. Jejich jádra se samovolně přeměňují (rozpadají) na jiná jádra. Rozpad jádra je provázen jaderným zářením. Rozlišují se tři hlavní druhy radioaktivního záření: alfa, beta a gama.

Jak uvádí např. Štelcl a Zimák (2006) je alfa záření tvořeno letícími heliovými jádry ^4He (jsou složena ze dvou protonů a dvou neutronů), označovanými též jako alfa částice.

Rychlost alfa záření dosahuje maximálně jen 10 % rychlosti světla. Vzhledem k relativně velkým rozměrům heliových jader je průchodnost alfa záření hmotou silně omezena. Doběh alfa částic ve vzduchu je řádově v cm, v minerálech a v horninách z nich složených jde jen o setiny mm.

Záření beta je tvořeno proudem elektronů, jejichž rychlost může dosáhnout až 99 % rychlosti světla. Beta záření je asi 100x pronikavější než záření alfa, doběh ve vzduchu je několik metrů, v horninách může jít i o několik cm. Záření gama je nejpronikavější, neboť jde o elektromagnetické vlnění podobné světlu, které má však ve srovnání se světlem mnohonásobně vyšší energii. Doběh kvant gama záření ve vzduchu je zhruba 700 m, v horninách do 1 m. K pohlčení gama záření by byl zapotřebí plát olova o síle několika cm.

Jako aktivita se označuje počet rozpadů v daném množství radionuklidu za jednotku času. Pokud v určité látce dojde k 1 jaderné přeměně za 1 sekundu, má aktivita této látky hodnotu 1 Bq. Aktivitu hornin zpravidla vyjadřujeme pomocí veličiny zvané hmotnostní aktivita a_m (odpovídající aktivitě ekvivalentního množství ^{226}Ra), kterou uvádíme v jednotkách $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$. Pokud v 1 kg horniny proběhne 1 jaderná přeměna za 1 sekundu, pak má tato hornina hmotnostní aktivitu $1 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ (Štelcl a Zimák 2006).

Stabilitu atomových jader vyjadřujeme pomocí poločasu přeměny (rozpadu). To je doba, během které se přemění (rozpadne) právě jedna polovina jader určitého izotopu (nuklidu). Podle poločasu přeměny lze přirozené izotopy rozdělit do tří skupin (Polaňski a Smulikovski 1978, Štelcl a Zimák 2006): skupina I zahrnuje izotopy s poločasem přeměny nad 1×10^{12} roků (stabilita těchto jader je velmi vysoká, a proto jsou v geochemii tyto izotopy označovány jako stabilní), do skupiny II se řadí izotopy s poločasem přeměny v intervalu 1×10^8 až 1×10^{12} roků (viz tab. 1), skupinu III tvoří izotopy s poločasem přeměny pod 1×10^8 roků. Z údajů v tab.1 lze získat i představu o tom, jaká procentuelní část jader zůstane zachována po uplynutí 4 mld. let v závislosti na velikosti poločasu přeměny. (Pozn.: stáří Země je zhruba 4,6 mld. let.)

Podle původu se izotopy v zemské kůře dělí na dvě skupiny (Polaňski a Smulikovski 1978): primární (primordiální) izotopy a sekundární izotopy. Primární izotopy byly již součástí „prahmoty“, z níž se naše Země vytvořila. Jsou to tedy izotopy, které byly na Zemi přítomny již od jejího vzniku. Sekundární izotopy vznikly až v průběhu vývoje zemského tělesa. Nejvýznamnější skupinu sekundárních izotopů

představují tzv. radiogenní izotopy, které jsou produktem radioaktivních přeměn nestabilních jader.

Z hlediska přirozené radioaktivity minerálů a hornin jsou důležité radionuklidy s poločasy přeměny souměřitelnými se stářím Země. Jde o izotopy skupiny II, z nichž však vzhledem k látkovému složení hornin zemské kůry mají zásadní význam pouze izotopy draslíku, uranu a thoria (viz tab. 1).

Převážná většina prvků v zemské kůře je směsí několika izotopů. Například přírodní draslík je směsí tří: ^{39}K (tvoří 93,2581 % veškeré hmoty K), ^{40}K (0,0117 %) a ^{41}K (6,7302 %). Poměr mezi izotopy draslíku je v různých minerálech a horninách v podstatě stejný; mění se pouze v čase díky radioaktivní přeměně, a to i v geologickém měřítku velice pomalu (nejméně stabilní izotop draslíku ^{40}K má poločas přeměny 1,31 mld. let). Stanovíme-li v hornině např. obsah ^{40}K , můžeme na základě výše uvedených údajů snadno vypočítat celkový obsah draslíku v této hornině.

Tab. 1. Z hlediska přirozené radioaktivity významné primární radioaktivní izotopy skupiny II - podle Polański a Smulikovski (1978), Štelcl a Zimák (2006), upraveno.

izotop	poločas přeměny (roky)	podíl izotopu na složení prvku (%)	průměrný obsah prvku v zemské kůře (ppm)	konečné stabilní produkty přeměny
^{235}U	$7,02 \times 10^8$	0,720	2,7	^{207}Pb , ^4He
^{40}K	$1,31 \times 10^9$	0,0117	20 900	^{40}Ca , ^{40}Ar
^{238}U	$4,51 \times 10^9$	99,275	2,7	^{206}Pb , ^4He
^{232}Th	$1,41 \times 10^{10}$	100	9,6	^{208}Pb , ^4He

Údaje o obsazích a způsobu vazby K, U a Th v horninách zemské kůry uvádí např. Matolín a Chlupáčová (1997) a Štelcl a Zimák (2006).

Draslík je vázán hlavně na draselné živce, biotit, muskovit a illit, v malém množství je přítomen v plagioklasech. Radioaktivní izotop ^{40}K ($T = 1,31 \times 10^9$ roků), jehož podíl na složení draslíku činí jen 0,0117 %, se přeměňuje beta rozpadem na ^{40}Ca (88,8 % přeměn ^{40}K) a záchytem elektronu na ^{40}Ar (11,2 %) – viz tab. 1. Izotop ^{40}K je tedy zdrojem beta a gama záření. 1 g přírodního draslíku (jde o směs všech tří izotopů K ve výše uvedeném poměru) emituje 3,3 kvant gama za 1 sekundu.

Uran tvoří samostatné minerály (např. uraninit, coffinit) nebo může být jako příměs přítomen v jiných minerálech (allanit, zirkon, apatit, titanit, monazit a xenotim) nebo může být vázán na organickou hmotu. Přírodní uran je tvořen směsí tří izotopů: ^{234}U

(tvoří jen 0,005 % veškeré hmoty uranu), ^{235}U (0,720 %) a ^{238}U (99,275 %). Žádný z těchto izotopů není stabilní. Izotopy ^{235}U ($T = 0,702 \times 10^9$ roků) a ^{238}U ($T = 4,51 \times 10^9$ roků) jsou mateřskými nuklidy dvou různých přeměnových (rozpadových) řad, jejichž konečnými produkty jsou stabilní izotopy ^{207}Pb a ^{206}Pb ; izotop ^{234}U je přechodným členem přeměnové řady ^{238}U . Uran a dceřiné produkty v obou přeměnových řadách jsou zdrojem záření alfa, beta a gama. 1 gram přírodního uranu spolu s produkty přeměny emituje cca 50 000 kvant gama za sekundu (z toho více než 90 % je generováno přeměnovou řadou ^{238}U).

Thorium se může v horninách vyskytovat v podobě samostatných minerálů (thorit, thorianit - jde však o nerosty relativně vzácné) nebo může být jako příměs přítomno v jiných minerálech (např. v allanitu, zirkonu, apatitu, titanitu, monazitu a xenotimu, ale také v jílových minerálech). Thorium má šest přírodních izotopů, ale jen ^{232}Th je izotopem s dlouhým poločasem přeměny ($T = 1,41 \times 10^{10}$ roků). Tento izotop je mateřským nuklidem thoriové přeměnové řady, která končí stabilním ^{208}Pb . Členy této přeměnové řady jsou zdrojem záření alfa, beta a gama. 1 gram thoria je spolu s produkty přeměny zdrojem cca 15 000 kvant gama za sekundu. Zbývajících pět izotopů thoria (^{227}Th , ^{228}Th , ^{230}Th , ^{231}Th a ^{234}Th) jsou přechodnými členy přeměnových řad ^{235}U , ^{238}U a ^{232}Th a vyznačují se velmi krátkými poločasy přeměny (zastoupení těchto pěti izotopů thoria je zcela minimální - v tab. 1 je proto uvedeno, že se na složení přírodního thoria podílí ^{232}Th stoprocentně).

Jak uvádí např. Štelcl a Zimák (2006), přirozená radioaktivita hornin závisí na procesech a podmínkách jejich vzniku. V případě magmatitů se jejich radioaktivita zvyšuje s rostoucí kyselostí (tj. s rostoucím obsahem SiO_2). Radioaktivita syenitů, granitů a granodioritů bývá vysoká; extrémně nízkou radioaktivitu mají bazika a ultrabazika. Vulkanity mají obvykle vyšší radioaktivitu než jejich hlubinné ekvivalenty.

Radioaktivita sedimentů závisí na povaze usazovaného materiálu a na průběhu diagenetických a případně i dalších pozdějších procesů, které ovlivnily koncentrace přirozených radioaktivních prvků v hornině. Klastika mají zpravidla vyšší radioaktivitu než cementační sedimenty. Ve skupině klastických sedimentů se koncentrace radioaktivních prvků zpravidla zvyšuje s klesající velikostí klastů. Pelity proto mají obvykle vyšší přirozenou radioaktivitu než např. psamity. Výjimkou mohou být psamity se zvýšeným podílem těžkých minerálů s obsahem Th a U (např. zirkon, monazit, thorit). Mezi pelitickými horninami zaujímají z hlediska radioaktivity mimořádné

postavení tzv. černé břidlice (bituminózní až grafitické), které mohou obsahovat velmi vysoké koncentrace U a někdy i Th. Zvýšené koncentrace obou prvků mohou být i v kaustobiolitech uhelné řady (různé typy uhlí i rašelina). Karbonátové horniny (vápence a dolomity) jsou zpravidla jen slabě radioaktivní.

Radioaktivitu metamorfitů určuje hlavně složení protolitu, může však být výrazně ovlivněna přínosem či odnosem radioaktivních prvků (hlavně U a K) v průběhu metamorfních procesů (Štelcl a Zimák 2006).

Obsahy přirozených radioaktivních prvků ve vybraných typech hornin jsou uvedeny v tab. 2.

Tab. 2. Průměrné obsahy K, U a Th ve vybraných typech hornin (podle Matolína a Chlupáčové 1997, Štelcl a Zimáka 2006).

	K (%)	U (ppm)	Th (ppm)		K (%)	U (ppm)	Th (ppm)
granity	3,73	5,4	24,6	jílové břidlice	2,29	3,4	11,5
granodiority	2,34	3,1	12,4	černé břidlice	2,60	20,2	10,9
syenity	4,75	8,6	27,8	vápence	0,66	2,5	2,0
tonality	1,50	2,0	6,4	dolomity	0,40	3,7	2,8
gabra	0,60	0,59	3,1	fylity a svory	2,97	3,0	12,9
ultrabazika	0,02	0,05	0,10	ruly	3,10	4,1	12,5
pískovce	0,74	2,0	5,5	migmatity	3,6	3,2	16,1
droby	1,33	2,0	6,9	mramory	0,2	1,1	2,2

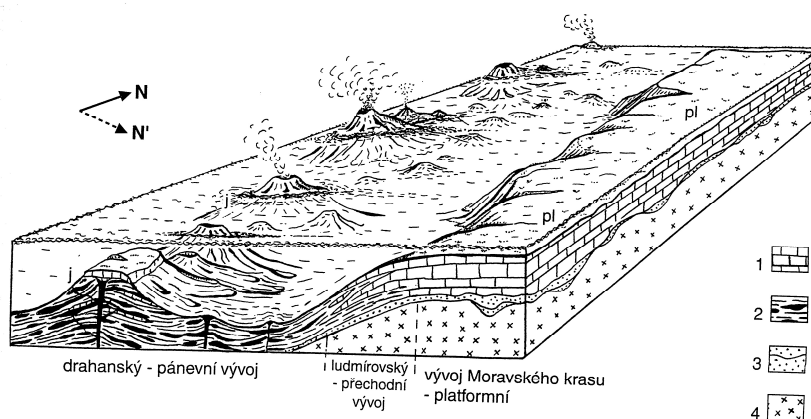
Výsledky podrobného studia radioaktivity hornin Českého masivu sumarizuje Matolín (1970), Manová - Matolín (1989, 1995) a Matolín - Chlupáčová (1997).

Údaje o radioaktivitě hornin na území naší republiky lze vyčíst z mapy dávkového příkonu záření gama hornin ČR v měřítku 1:500 000, cenné informace poskytuje i komentář k této mapě (Manová - Matolín 1995). Uvedená mapa zobrazuje povrchovou radioaktivitu velkých geologických objektů (nad 500 m) formou izolinií dávkového příkonu záření gama. V této mapě uvedené hodnoty leží v intervalu 6 až 245 nGy.h⁻¹ se střední hodnotou 65,6 ± 19,0 nGy.h⁻¹. Uvedená střední hodnota je mírně vyšší ve srovnání s odhadem průměrné globální terestrické radiace 55 nGy.h⁻¹ (Manová - Matolín 1995). Mezi nejvíce radioaktivní horniny na území ČR se podle citovaných autorů řadí variské magmatity (granity, granodiority, syenity) spolu s migmatity a terciárními vulkanity typu fonolitů. Mezi sedimenty vykazují zvýšenou radioaktivitu

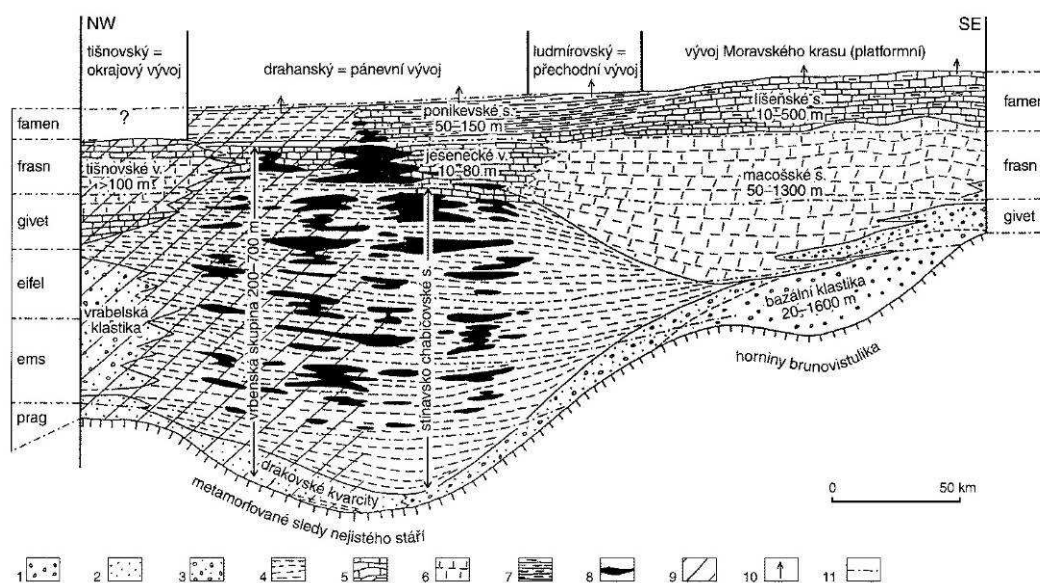
jílové horniny. Vápence náleží k nejméně radioaktivním horninám na území ČR (viz např. Matolín 1970, Manová - Matolín 1989, 1995, Matolín - Chlupáčová 1997).

4. Geologická charakteristika konicko-mladečského pruhu

Jako konicko-mladečský pruh je označována část jednotky zvané „moravskoslezský devon a spodní karbon“ (viz např. Svoboda et al. 1964, Mísař et al. 1983). Jde o pruh devonských hornin vystupující v severní části Drahanské vrchoviny z podloží kulmských sedimentů, a to přibližně mezi Konicí a Mladčí. V jižní části pruh je devon v tzv. drahanském (pánevním) vývoji, převažují v něm břidlice a produkty vulkanismu spilit-keratofyrové formace. V okolí Ludmírova, tj. ve střední části konicko-mladečského pruhu, je tzv. přechodní vývoj devonu, v němž se břidličná sedimentace redukuje na spodní část sledu, vulkanity zde chybí, mohutně jsou vyvinuty karbonátové horniny (vápence). Severní část pruhu je ve vývoji Moravského krasu (platformní vývoj). Převažují v ní karbonátové horniny, které odpovídají vápencům macošského souvrství (vývoj karbonátové sedimentace je zde poněkud odlišný než v prostoru Moravského krasu). Rozdíly mezi třemi uvedenými vývoji jsou zřejmé ze schématu na obr. 3 a 4.



Obr.3. Rekonstrukce vztahů hlavních vývojů moravskoslezského devonu v době svrchního givetiu až spodního frasnú (Chlupáč et al. 2002). Vysvětlivky: 1 – mělkovodní karbonáty macošského souvrství; 2 – převážně břidličné horniny stínavsko-chabičovského souvrství s tělesy vulkanitů; 3 – bazální klastické uloženiny; 4 – kadomský konsolidovaný podklad (brunovistulikum); j – jesenské vápence; pl – karbonátová platforma (mělkovodní korálo-stromatoporoidové facie); N – dnešní orientace; N' - možná orientace v devonu.



Obr. 4. Stratigrafické schéma moravskoslezského devonu (Chlupáč et al. 2002).

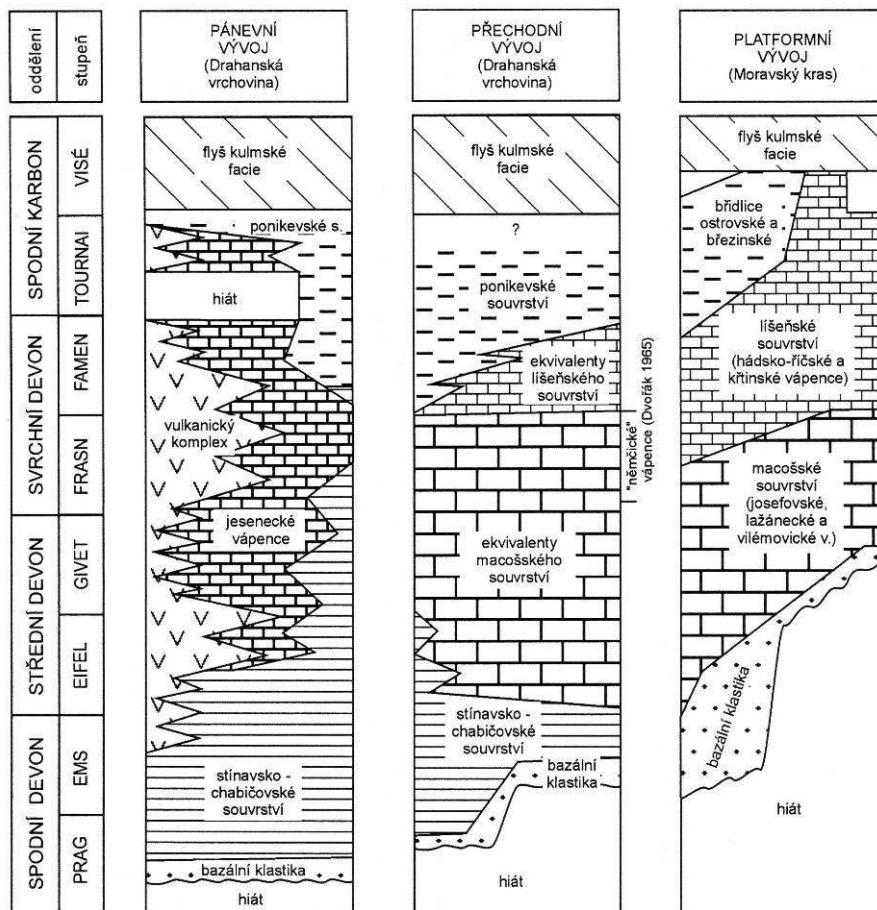
1 – bazální klastika; 2 – pískovce, kvarcitty; 3 – pískovce a slepence; 4 – břidličné facie (v metamorfovaných sledech fylity „svory aj.“); 5 – vápence různých typů; 6 – mělkovodní korálo-stromatoporoidové karbonátové facie; 7 – břidlice s lydity; 8 – vulkanity; 9 – projevy regionální metamorfózy; 10 – sedimentace pokračuje do karbonu; 11 – chronostratigrafické hranice stupňů. v. – vrstvy, s. – souvrství. Délkové měřítko vyjadřuje předpokládanou vzdálenost před tektonickými deformacemi.

Horniny konicko-mladečského pruhu transgredují na tzv. kladecké fylity, které vystupují zejména v okolí Konice (u obce Kladky, podle níž byly pojmenovány). Kladecké fylity jsou původně peliticko-psamitické sedimenty předdevonského stáří, postižené epizonální metamorfózou. Jde většinou o sericit-chloritické fylity s vložkami bazických vulkanogenních hornin (Chlupáč, Svoboda 1963, Mísař et al. 1983).

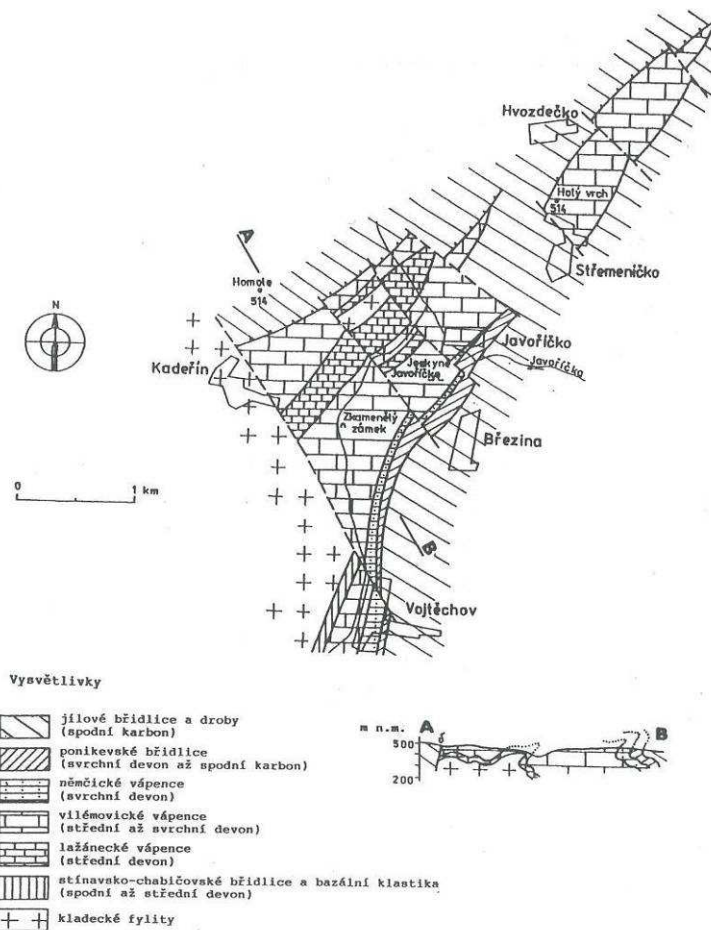
Nejnižším členem spodního devonu v konicko-mladečském pruhu jsou bazální klastické uloženy (obr. 5), které mají charakter šedých drobnozrnných až hrubozrnných křemenných slepenců, jejichž mocnost byla i přes 100 m (Müller et al. 2000). V reliktech tyto horniny vystupují jižně od Kladek a východně od Ludmírova (kde jsou slabě metamorfovány). Během mořské transgrese v emsu se zde uložily šedé jemnozrnné až středně zrnité pískovce, většinou vápnité, jejichž mocnost je do 15 m (Müller et al. 2000). Tyto klastické sedimenty náleží k stínavsko-chabičovskému souvrství (jsou na jeho bázi), v němž převládají slabě metamorfované (anchimetamorfované) jílové a siltové břidlice, místy i vápnité (Chlupáč et al. 2002).

V těchto břidlicích se vyskytují polohy bazických vulkanitů, tufů, nečistých vápenců a též akumulace železných rud typu Lahn-Dill.

V drahanském vývoji v prostoru vulkanických elevací vznikly jesenecké vápence, které mohou podle Bábka et al. (2001a, b) přecházet ze středního devonu až do spodního karbonu (tournai) – viz obr. 5. Nejvyšší stratigrafickou jednotkou tohoto vývoje jsou břidlice ponikevského souvrství. Jde o šedé nebo nazelenalé, ve zvětralém stavu žlutavě a pestře zbarvené siltové a jílové břidlice s vložkami silicitů (radiolaritů). Tyto horniny jsou fosiliferní; vedle radiolárií obsahují jehlice hub a konodonty, což umožňuje jejich datování (svrchní frasn až hranice tournai-visé – viz např. Bábek 2001a, b, Chlupáč et al. 2002).

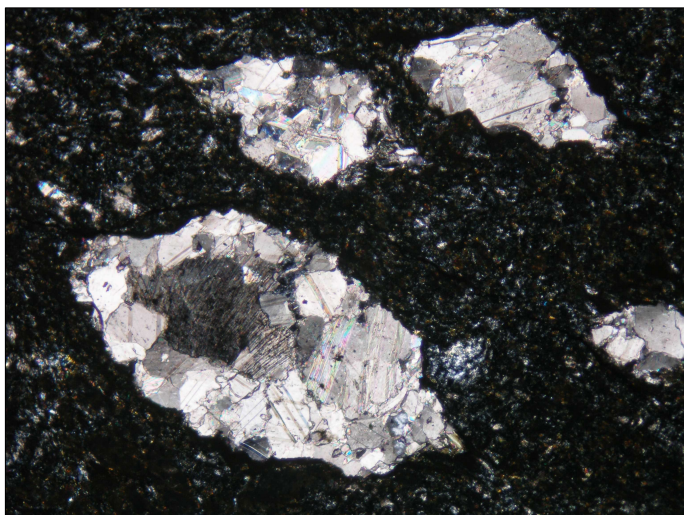


Obr. 5. Reprezentativní litostratigrafická schémata faciálních vývojų moravskoslezského devonu (Bábek 2001b).



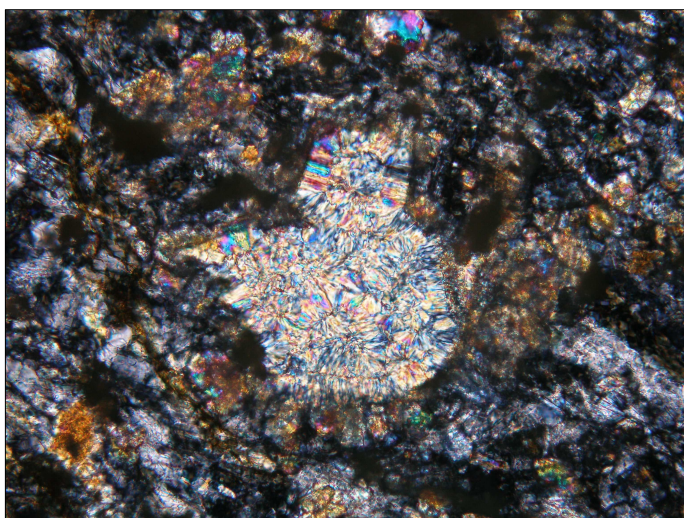
Obr. 6. Odkrytá geologická mapa konicko-mladečského devonu v okolí Javoříčka (Fabík 1975, Štelcl a Zimák 2001).

Pro drahanský vývoj je typická přítomnost produktů submarinního vulkanismu spilit-keratofyrové formace, detailně studovaných Barthem (1964). Tento autor zde rozlišuje intruzivní a efuzivní horniny. Mezi intruzivní patří ložní žíly afanitických až jemnozrnných, zčásti porfyrických „diabasů“, které se vyskytují v západní části vulkanického komplexu (Vichoňova hora) a také mimo vlastní vulkanický komplex v kladeckých fylitech (Liškovy skalky). Produktem efuzivní činnosti jsou tzv. „normální“ (nerozčleněné) lávy mandlovcových spilitů, které jsou v této oblasti velmi rozšířeny (jejich charakter je zřejmý z obr. 7), granulované lávy a pillow-lávy, které vystupují např. mezi Ladínem a Ponikví (Barth 1964). Produkty explozivní činnosti jsou zastoupeny aglomerátovými, lapillovými a pískovými tufy. Z vulkanosedimentárních hornin citovaný autor uvádí tufity a miktity („spilito-karbonátové horniny“).

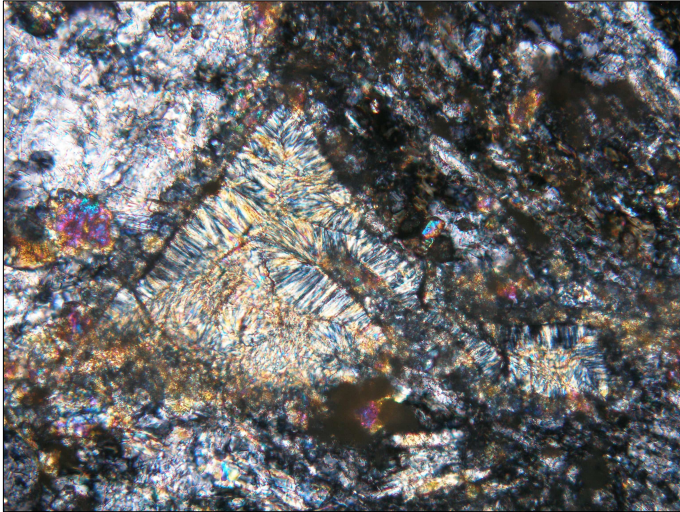


Obr. 7. Mandlovcový paleobazalt (výplň mandlí tvoří kalcit) na lokalitě Vichoňova hora u Dzbele. Výbrus, XPL, šířka snímku 2 mm.

Přichystal (1993) uvádí, že jsou ve vulkanickém komplexu zastoupeny i subvulkanické hrubozrnné metadolerity a také polohy zelených břidlic (obr. 8 a 9). Jak uvádí citovaný autor, intermediární keratofyry ani jejich tufy nebyly z konicko-mladečského pruhu dosud popsány. Kvarckeratofyry a jejich tufy byly zastiženy vrtem u Ludmírova (Přichystal 1993), o vulkanitech tohoto typu se však zmiňuje již Chlupáč a Svoboda (1963) – tyto horniny označují v duchu dříve používané terminologie jako křemenný porfyr. V okolí Ludmírova byl v kladeckých fylitech vymapován v délce cca 100 m pruh alkalicko-živcového paleoryolitu, které patrně souvisí s popisovaným vulkanickým komplexem (Přichystal 1993, Zimák a Výmola 2001) – podrobnou petrografickou charakteristiku této horniny (viz obr. 10 až 14) lze najít ve zprávě Zimáka a Výmoly (2001).



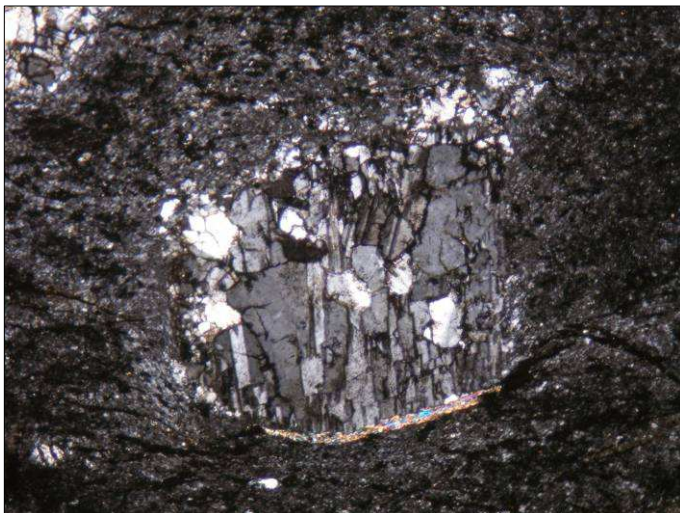
Obr. 8. Pseudomorfozy minerálů serpentínové skupiny po pyroxenu (?) v zelené břidlici z lokality Vichoňova hora u Dzbele. Výbrus, XPL, šířka snímku 0,4 mm.



Obr. 9. Pseudomorfózy minerálů serpentínové skupiny po pyroxenu (?) v zelené břidlici z lokality Vichoňova hora u Dzbele. Výbrus, XPL, šířka snímku 0,4 mm.



Obr. 10. Fenokryst alkalického živce v paleoryolitu z Ludmírova. Výbrus, XPL, šířka snímku 2 mm.



Obr. 11. Fenokryst alkalického živce v paleoryolitu z Ludmírova. Výbrus, XPL, šířka snímku 2 mm.



Obr. 12. Fenokryst alkalického živce v alterovaném paleoryolitu z Ludmírova. Výbrus, XPL, šířka snímku 2 mm.



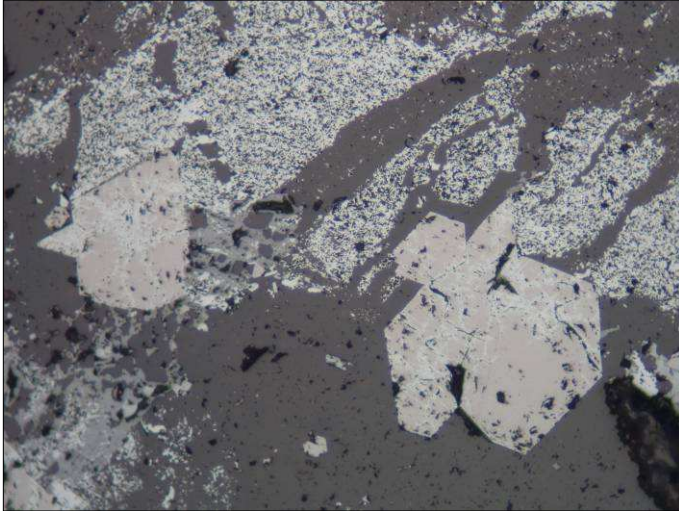
Obr. 13. Magmaticky korodovaný fenokryst křemene v alterovaném paleoryolitu z Ludmírova. Výbrus, XPL, šířka snímku 2 mm.



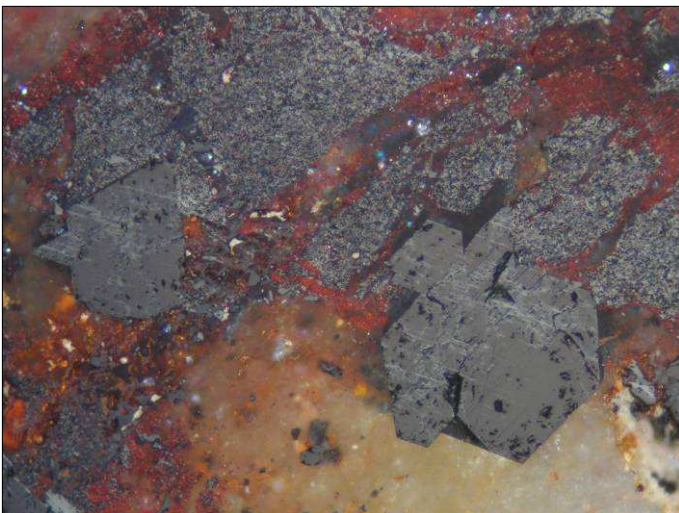
Obr. 14. Undulózně zhášeující fenokryst křemene v alterovaném paleoryolitu z Ludmírova. Výbrus, XPL, šířka snímku 2 mm.

V prostředí vulkanitů a vulkanosedimentárních hornin na Konicku se vyskytují tělesa železných rud lahn-dillského typu, tvořená především magnetitem, hematitem,

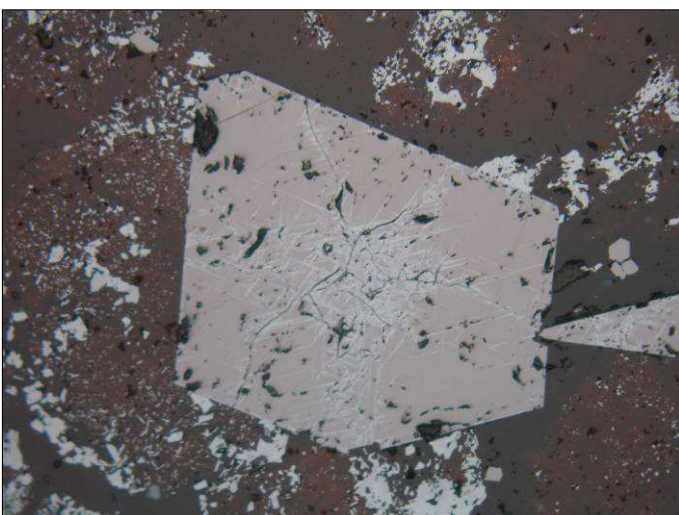
kalcitem, křemen a chloritem (Barth 1964) – charakter rud tzv. „kyselých rud“ je zřejmý z obr. 15 až 18. Tyto rudy byly v minulosti dobývány na řadě lokalit v okolí Jesence, Březska, Ponikve, Dzbelu a Ladína (obr. 19).



Obr. 15. Hematit-magnetitová ruda z lokality Jesenec-Vršky. Nábrus, bez analyzátoru, šířka snímku 0,8 mm.
Hypautomorfnní až automorfnní magnetit je postižen zčásti martitizací.



Obr. 16. Hematit-magnetitová ruda z lokality Jesenec-Vršky. Nábrus, s analyzátozem, částečně rozkřížené nikoly, šířka snímku 0,8 mm.



Obr. 17. Automorfnní magnetit částečně martitizovaný v hematit-magnetitové rudě z lokality Jesenec-Vršky. Nábrus, bez analyzátozem, šířka snímku 0,4 mm.



Obr. 18. Šupinky hematitu v jaspilitu z lokality Jesenec-Vršky. Nábrus, bez analyzátoru, šířka snímku 0,8 mm.



Obr. 19. Pinky po těžbě Fe-rud v lese u Dzbele.

Horninový komplex přechodního vývoje vystupuje ve střední části konicko-mladečského pruhu v okolí obce Ludmírov, a proto je tento vývoj někdy označován jako vývoj ludmírovský. Spojuje znaky vývoje drahanského a vývoje Moravského krasu. Vrstevní sled přechodního vývoje začíná bazálními klastiky (křemenné slepence a písčité vápence). Na ně nasedají břidlice stínavsko-chabičovského souvrství, které mají podobnou povahu jako ve vývoji drahanském, avšak nejsou v nich zastoupeny produkty vulkanismu a jejich celková mocnost je výrazně menší. Nadloží břidlic stínavsko-chabičovského souvrství je tvořeno vápenci, které přibližně odpovídají macošskému souvrství (Chlupáč et al. 2002). V nadloží stínavsko-chabičovského souvrství jsou ponikevské břidlice (jde o břidlice s radiolarity, které lokálně obsahují karbonátové polohy).

Ve vývoji Moravského krasu výrazně převažuje karbonátová sedimentace. Severní část konicko-mladečského pruhu je budována karbonátovými horninami, které odpovídají macošskému souvrství, jež je v typické podobě vyvinuto na území Moravského krasu. Karbonátové horniny jsou místy silně zkrasovělé, na povrchu jsou často vyvinuty charakteristické škrapy (obr. 20 a 22). V prostoru konicko-mladečského pruhu je vyvinuta řada krasových forem, včetně veřejnosti přístupných Mladečských jeskyní (obr. 21 a 23) a Javoříčských jeskyní, ale také např. jeskyně „Ve štole“, označovaná také jako „Třesínská jeskyně“, několik veřejnosti nepřístupných jeskyní v prostoru Javoříčského krasu (např. na Zkamenělém zámku – viz obr. 24) a „Průchodnice“ (obr. 25) u Ludmírova. Na řadě lokalit zde byly karbonátové horniny těženy (např. i nad jeskyněmi Pod Šplázem v Javoříčském krasu – viz obr. 26), v současnosti těžba probíhá v lomu Skalka (firma Vitoul) u Měrotína; některé z opuštěných lomů jsou chráněny (např. Taramka a Brodka – viz obr. 27 a 28).



Obr. 20. Škrapy na povrchu zvrásněných vápenců v lomu u Srdéčka u Hvozdu.



Obr. 21. Škrapy na devonských vápencích na návštěvní trase v Mladečských jeskyních.



Obr. 22. Škrapy na devonských vápencích na návštěvní trase v Mladečských jeskyních.



Obr. 23. Stalagmit „Mumie“ v Mladečských jeskyních.



Obr. 24. Skalní okno na Zkameněném zámku v Javoříčském krasu.



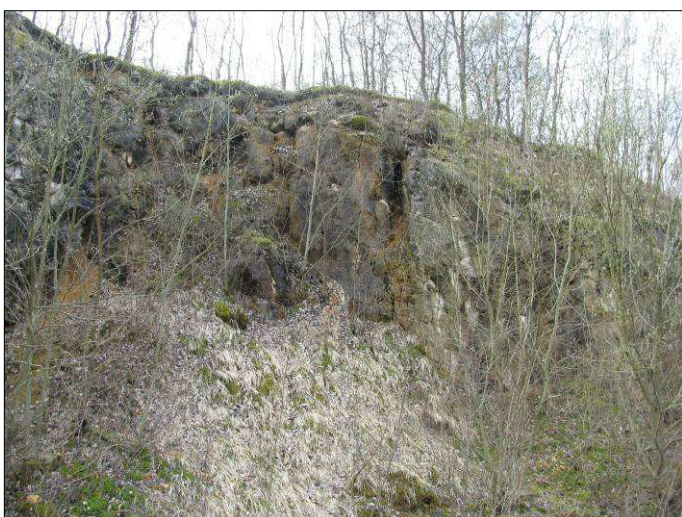
Obr. 25. Jeskynní chodba na lokalitě „Průchodnice“ u Ludmírova.



Obr. 26. Gamaspektrometrické měření na lomové stěně na lokalitě Špláz v Javoříčském krasu.



Obr. 27. Výchozy vápenců na lokalitě Taramka.



Obr. 28. Vápence odkryté v lomu Brodka u Měrotína – trhliny vyplňuje terra rosa.

Kulmské sedimenty vystupující v bezprostředním okolí konicko-mladečského devonu náleží ke dvě souvrstvím: protivanovskému a rozstáňskému (jde o souvrství

spodnokarbonského stáří, tvořená zde převážně drobnými, siltovci, siltovými břidlicemi a jílovými břidlicemi.

Kvartérní pokryv území je tvořen deluviálními sedimenty (kamenitopísčité, kamenitohlinité, hlinitokamenité sedimenty), sprašemi a sprašovými hlínami. Na karbonátových horninách jsou časté terra rosy (obr. 28 a 29); kvartérní sedimenty jsou přítomny i ve výplni krasových dutin (nacházejících se např. v jeskyni Ve štole v Mladečském krasu (obr. 30 a 31).



Obr. 29. Terra rosa ve výplni pukliny v lomu pod Třesínem v Mladečském krasu.



Obr. 30. Deluviální hlinito-kamenité sedimenty ve výplni krasové dutiny zastižené štolou vedoucí do jeskyně Ve štole.



Obr. 31. Střídání fluviálních písků různé zrnitosti ve výplni krasové dutiny zastižené štolou vedoucí do jeskyně Ve štole.

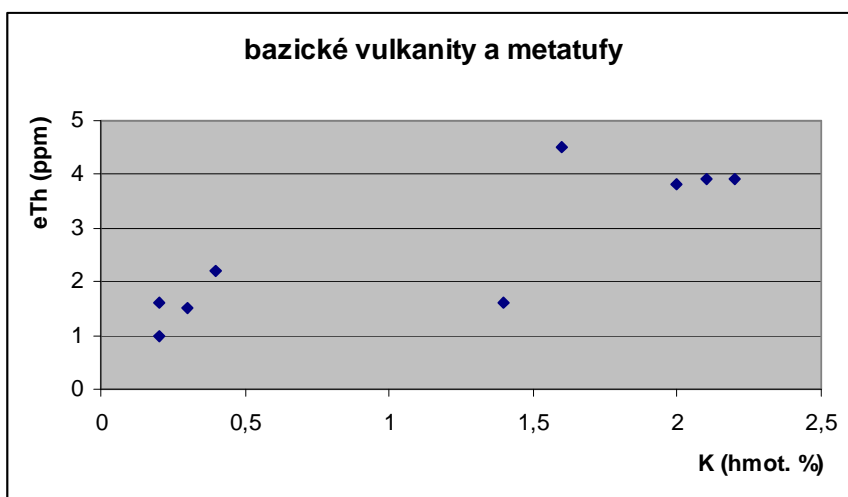
5. Výsledky měření a jejich diskuze

V této kapitole jsou uvedeny výsledky všech provedených gamaspektrometrických měření, a to jako terénních, tak laboratorních.

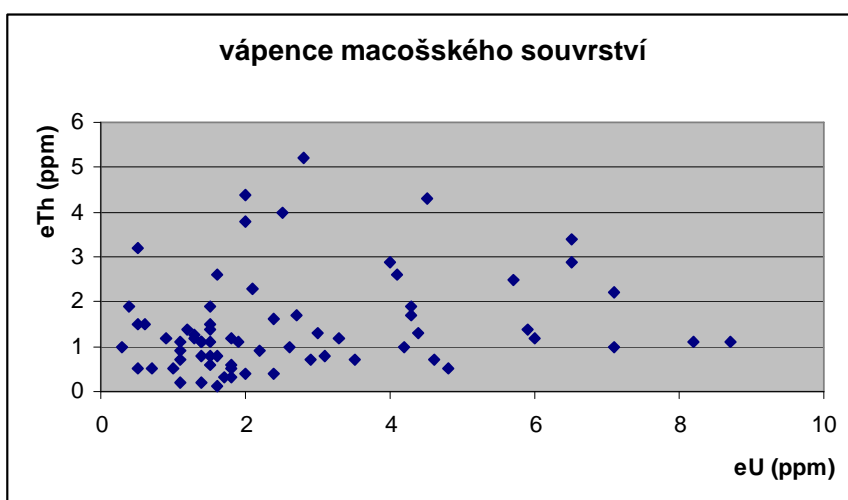
5.1. Terénní měření

Terénní měření bylo na lokalitách v konicko-mladečském pruhu provedeno vždy minimálně třikrát na jedné lokalitě. Výsledky všech provedených měření jsou uvedeny v tab. 3; z obsahů K, U a Th byla vypočtena hmotnostní aktivita. Poloha lokalit je zřejmá z údajů pod tab. 5.

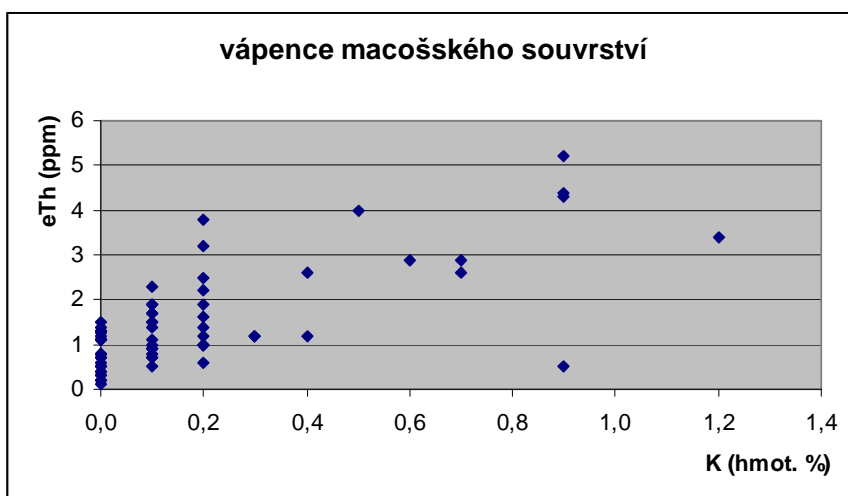
Z údajů v tab. 3 je zřejmé, že nejvyšší přirozenou radioaktivitu v rámci terénních měření vykazují bazika, a to díky relativně vysokému obsahu uranu (v průměru 3,9 ppm eU, max. 8,9 ppm). Výsledky terénních gamaspektrometrických měření na těchto horninách ukazují na pozitivní korelaci mezi draslíkem a thoriem (viz obr. 32). Za zajímavé lze považovat i poměrně vysoké obsahy uranu na výchozech vápenců macošského souvrství i vápenců jeseneckých. V případě vápenců macošského souvrství je průměrná hodnota eU 2,7 ppm, max. 8,7 ppm. Mezi hodnotami K, eU a eTh ve vápencích neexistuje žádný výrazný vztah – v případě vápenců macošského souvrství jsou korelace eU versus eTh a korelace K versus eTh znázorněny na obr. 33 a 34.



Obr. 32. Korelace K versus eTh v bazických vulkanitech a metatufech na základě výsledků terénní gamaspektrometrie.



Obr. 33. Korelace eU versus eTh ve vápencích macošského souvrství na základě výsledků terénní gamaspektrometrie.



Obr. 34. Korelace K versus eTh ve vápencích macošského souvrství na základě výsledků terénní gamaspektrometrie.

Tab. 3. Výsledky terénních gamaspektrometrických měření.

lokality č.	jednotka	hornina	K (%)	U (ppm)	Th (ppm)	am
80	StChaS	paleobazalt	1,4	8,9	1,6	153
80	StChaS	paleobazalt	0,3	4,1	1,5	67
80	StChaS	paleobazalt	0,4	3,7	2,2	68
80	StChaS	paleobazalt	0,2	4,2	1,6	66
80	StChaS	paleobazalt	0,2	4,3	1,0	64
88	StChaS	bazic.metatuf	2,0	2,2	3,8	97
88	StChaS	bazic.metatuf	2,1	3,0	3,9	110
88	StChaS	bazic.metatuf	1,6	2,0	4,5	89
88	StChaS	bazic.metatuf	2,2	2,3	3,9	104
92	MaS	vápenec	0,0	1,8	0,5	25
92	MaS	vápenec	0,0	2,0	0,4	27
92	MaS	vápenec	0,0	1,7	0,3	23
92	MaS	vápenec	0,0	1,5	0,8	23
92	MaS	vápenec	0,0	1,5	0,6	22
93	MaS	vápenec	0,2	0,9	1,2	23
93	MaS	vápenec	0,3	1,3	1,2	30
93	MaS	vápenec	0,1	1,1	0,9	21
94	MaS	vápenec	0,0	1,4	1,1	24
94	MaS	vápenec	0,0	1,9	1,1	30
94	MaS	vápenec	0,1	1,1	0,7	20
97	MaS	vápenec	0,0	1,4	0,8	22
97	MaS	vápenec	0,0	1,5	1,4	27
97	MaS	vápenec	0,0	1,1	1,1	20
98	MaS	vápenec	0,0	1,4	0,2	18
98	MaS	vápenec	0,0	1,3	1,25	23
98	MaS	vápenec	0,0	2,4	0,4	32
99	MaS	vápenec	0,0	1,6	0,8	24
99	MaS	vápenec	0,0	0,5	0,5	9
99	MaS	vápenec	0,0	0,7	0,5	12
103	MaS	vápenec	0,0	1,8	0,3	24
103	MaS	vápenec	0,0	1,1	0,2	15
103	MaS	vápenec	0,0	1,4	1,1	24
105	MaS	vápenec	0,1	4,3	1,9	67
105	MaS	vápenec	0,1	3,1	0,8	45
105	MaS	vápenec	0,9	4,8	0,5	84
106	MaS	vápenec	0,1	2,7	1,7	46
106	MaS	vápenec	0,0	2,9	0,7	40
106	MaS	vápenec	0,1	1,2	1,4	25
106	MaS	vápenec	0,5	2,5	4,0	66
106	MaS	vápenec	0,0	1,8	1,2	29
108	MaS	vápenec	0,1	1,5	1,1	27

lokality č.	jednotka	hornina	K (%)	U (ppm)	Th (ppm)	am
108	MaS	vápenec	0,0	1,6	0,1	20
108	MaS	vápenec	0,1	1,5	1,5	30
108	MaS	vápenec	0,2	2,6	1,0	43
143	JesVá	vápenec	0,5	1,3	2,6	43
143	JesVá	vápenec	0,8	1,7	1,4	48
143	JesVá	vápenec	0,5	0,5	1,2	25
143	JesVá	vápenec	0,5	1,7	2,1	45
170	MaS	vápenec	0,7	4,0	2,9	83
170	MaS	vápenec	0,9	2,0	4,4	72
170	MaS	vápenec	0,9	2,8	5,2	86
170	MaS	vápenec	0,2	2,4	1,6	44
170	MaS	vápenec	0,4	3,3	1,2	57
170	MaS	vápenec	0,4	1,6	2,6	44
174	MaS	vápenec	0,1	4,3	1,7	65
174	MaS	vápenec	0,1	7,1	1,0	96
174	MaS	vápenec	0,2	5,9	1,4	86
174	MaS	vápenec	0,2	4,2	1,0	62
174	MaS	vápenec	0,2	2,0	3,8	52
174	MaS	vápenec	0,7	4,1	2,6	83
179	MaS	vápenec	0,3	6,0	1,2	88
179	MaS	vápenec	0,9	4,5	4,3	102
179	MaS	vápenec	1,2	6,5	3,4	129
179	MaS	vápenec	0,2	7,1	2,2	105
179	MaS	vápenec	0,2	5,7	2,5	90
179	MaS	vápenec	0,6	6,5	2,9	111
181	MaS	vápenec	0,0	3,0	1,3	45
181	MaS	vápenec	0,2	1,5	1,9	34
181	MaS	vápenec	0,1	2,2	0,9	35
181	MaS	vápenec	0,1	2,1	2,3	42
183	MaS	vápenec	0,0	4,4	1,3	62
183	MaS	vápenec	0,0	4,6	0,7	61
183	MaS	vápenec	0,0	8,2	1,1	108
183	MaS	vápenec	0,0	8,7	1,1	114
183	MaS	vápenec	0,1	3,5	0,7	50
185	MaS	vápenec	0,1	0,6	1,5	19
185	MaS	vápenec	0,1	1,0	0,5	18
185	MaS	vápenec	0,2	1,8	0,6	31
185	MaS	vápenec	0,2	0,5	3,2	30
185	MaS	vápenec	0,1	0,4	1,90	18
185	MaS	vápenec	0,2	0,3	1,0	14
185	MaS	vápenec	0,0	0,5	1,5	15

Tab. 4. Obsahy přirozených radioaktivních prvků (K, U, Th) a vypočtené hodnoty hmotnostní aktivity (a_m) na základě terénních měření.

hornina	n	K (%)		U (ppm)		Th (ppm)		a_m (Bq.kg ⁻¹)	
		rozpětí	Ø	rozpětí	Ø	rozpětí	Ø	rozpětí	Ø
StChS-bazika	9	0,2-2,2	1,2	2,0-8,9	3,9	1,0-4,5	2,7	64-153	91
MaS-vápence	69	0-1,2	0,2	0,3-8,7	2,7	0,1-5,2	1,5	9-129	46
JesVá-vápence	4	0,5-1,7	1,3	0,5-1,7	1,3	1,2-2,6	1,8	25-48	40

5.2. Laboratorní měření

Výsledky všech provedených gamaspektrometrických laboratorních měření jsou obsaženy v tab. 5 a 6. V tab. 6 jsou výsledky měření karbonátových hornin za podmínek, při nichž byly limity stanovitelnosti na hodnotách 0,1 hmot. % K, 0,3 ppm U a 0,3 ppm Th, což umožnilo sledování rozdílů mezi vápenci macošského souvrství a jeseneckými vápenci.

Tab. 5. Výsledky všech laboratorních gamaspektrometrických měření.

vzorek	jednotka	hornina	K		eU		eTh		a_m Bq.kg ⁻¹
			%	sd	ppm	sd	ppm	sd	
24-21-16	StChaS	paleobazalt	2,3	0,1	<1,5		2,3	0,3	<87
24-21-17	JesVá	vápenec	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-21-18	MaS	vápenec	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-21-19	MaS	vápenec	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-21-20		terra rosa	1,3	0,1	<1,5		9,8	0,4	<107
24-21-21		terra rosa	1,6	0,1	<1,5		10,0	0,4	<115
24-21-22	MaS	vápenec	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-21-23	MaS	vápenec	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-21-74	JesVá	vápenec	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-21-75	JesVá	vápenec	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-21-76	StChaS	paleobazalt	2,4	0,1	<1,5		1,7	0,2	<86
24-21-77	JesVá	vápenec	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-21-78	StChaS	paleobazalt	1,4	0,0	<1,5		<1,5		<61
24-21-79	StChaS	paleobazalt	2,7	0,1	<1,5		<1,5		<92
24-21-80	StChaS	paleobazalt	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-21-81	StChaS	paleobazalt	<0,5		<1,5		<1,5		<39

vzorek	jednotka	hornina	K		eU		eTh		a _m Bq.kg ⁻¹
			%	sd	ppm	sd	ppm	sd	
24-21-82	StChaS	paleobazalt	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-21-83	BaKID	slepenec	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-21-84	StChaS	Fe-ruda	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-21-85	StChaS	Fe-ruda	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-21-86	StChaS	paleobazalt	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-21-87	StChaS	bazic.metat	2,6	0,1	<1,5		2,3	0,3	<95
24-21-88	StChaS	bazic.metat	1,7	0,1	<1,5		1,9	0,2	<71
24-21-89	MaS	vápenec	<0,5		1,6	0,1	<1,5		<41
24-21-90	MaS	vápenec	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-21-91	MaS	vápenec	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-21-92	MaS	vápenec	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-21-93	MaS	vápenec	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-21-94	MaS	vápenec	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-21-95	PonS	křemitá	3,0	0,1	2,0	0,1	11,7	0,3	165
24-21-96	PonS	křemitá	2,2	0,1	1,5	0,1	8,8	0,3	123
24-21-97	MaS	vápenec	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-21-98	MaS	vápenec	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-21-99	MaS	vápenec	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-21-100	MaS	vápenec	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-21-101	MaS	vápenec	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-21-102	MaS	vápenec	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-21-103	MaS	vápenec	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-21-104	MaS	vápenec	<0,5		2,1	0,1	<1,5		<47
24-21-105	MaS	vápenec	<0,5		1,8	0,1	<1,5		<43
24-21-106	MaS	vápenec	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-21-107	MaS	vápenec	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-21-108	MaS	vápenec	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-21-109	MaS	vápenec	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-21-110	JesVá	vápenec	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-21-111	JesVá	vápenec	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-21-112	JesVá	vápenec	<0,5		<1,5		1,7	0,1	<40
24-21-113	StChaS	paleobazalt	0,8	0,0	<1,5		<1,5		<47
24-21-114	StChaS	paleobazalt	1,2	0,0	<1,5		<1,5		<56
24-21-115	StChaS	bazický tuf	<0,5		<1,5		2,1	0,2	<43
24-21-116	StChaS	bazický tuf	<0,5		<1,5		2,3	0,2	<44
24-21-117	StChaS	paleobazalt	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-21-118	StChaS	paleobazalt	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-21-119	StChaS	bazická	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-21-120	StChaS	paleobazalt	2,4	0,1	<1,5		<1,5		<85
24-21-121	StChaS	paleobazalt	1,5	0,0	<1,5		1,8	0,2	<65
24-21-122	StChaS	magnetitov	<0,5		<1,5		<1,5		<39

vzorek	jednotka	hornina	K		eU		eTh		a _m Bq.kg ⁻¹
			%	sd	ppm	sd	ppm	sd	
24-21-123	StChaS	hematitová	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-21-124	StChaS	hematitová	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-21-125	StChaS	paleobazalt	5,4	0,1	<1,5		2,6	0,1	<164
24-21-126	StChaS	paleobazalt	3,6	0,1	<1,5		2,6	0,2	<120
24-21-127	StChaS	paleobazalt	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-21-128	StChaS	paleobazalt	4,1	0,1	<1,5		<1,5		<126
24-21-129	StChaS	paleobazalt	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-21-130	StChaS	paleobazalt	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-21-131	StChaS	paleobazalt	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-21-132	StChaS	paleobazalt	0,6	0,0	<1,5		<1,5		<42
24-21-133	StChaS	paleobazalt	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-21-134	StChaS	paleobazalt	3,5	0,1	4,5	0,1	1,6	0,3	149
24-21-135	JesVá	vápenec	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-21-136	StChaS	paleobazalt	<0,5		<1,5		1,6	0,1	<40
24-21-137	StChaS	paleobazalt	0,5	0,0	<1,5		1,9	0,2	<42
24-21-138	StChaS	paleobazalt	0,7	0,0	<1,5		2,0	0,2	<47
24-21-139	StChaS	paleobazalt	1,0	0,0	<1,5		2,1	0,2	<55
24-21-140	StChaS	paleobazalt	1,1	0,1	<1,5		1,7	0,2	<55
24-21-141	StChaS	bazický	1,4	0,1	<1,5		<1,5		<61
24-21-142	StChaS	paleobazalt	<0,5		<1,5		1,8	0,2	<41
24-21-143	JesVá	vápenec	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-21-144	JesVá	vápenec	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-21-145	JesVá	vápenec	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-21-146	JesVá	vápenec	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-21-147	JesVá	vápenec	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-21-148	BaKID	slepenec	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-21-151	JesVá	vápenec	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-21-152	JesVá	vápenec	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-21-153	StChaS	paleobazalt	0,9	0,0	<1,5		1,9	0,2	<51
24-21-154	StChaS	paleobazalt	<0,5		<1,5		1,6	0,2	<40
24-21-155	BaKID	slepenec	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-21-156	StChaS	jílová-	1,3	0,1	<1,5		6,9	0,4	<90
24-21-170	MaS	vápenec	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-21-171	MaS	vápenec	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-21-172	MaS	vápenec	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-21-173	MaS	vápenec	<0,5		2,2	0,1	1,6	0,1	49
24-21-174	MaS	vápenec	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-21-175	MaS	vápenec	<0,5		1,7	0,1	<1,5		<42
24-21-176		terra rosa	2,5	0,1	4,0	0,2	13,7	0,6	189
24-21-179	MaS	vápenec	<0,5		2,1	0,1	<1,5		<47
24-21-180	MaS	vápenec	<0,5		1,6	0,1	<1,5		<41

vzorek	jednotka	hornina	K		eU		eTh		a _m Bq.kg ⁻¹
			%	sd	ppm	sd	ppm	sd	
24-21-181	MaS	vápenec	<0,5		1,6	0,1	<1,5		<41
24-21-182	MaS	vápenec	<0,5		1,8	0,1	<1,5		<43
24-21-183	MaS	vápenec	<0,5		2,4	0,1	<1,5		<50
24-21-184	MaS	vápenec	<0,5		2,1	0,1	<1,5		<47
24-21-185	MaS	vápenec	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-21-186	MaS	vápenec	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-21-187	MaS	vápenec	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-21-188		terra rosa	1,6	0,1	<1,5		14,5	0,5	<141
24-21-189		terra rosa	1,9	0,1	<1,5		15,1	0,5	<152
24-21-190		spraš	1,4	0,1	2,5	0,2	9,5	0,4	120
24-21-191		spraš	1,7	0,1	2,7	0,2	10,4	0,4	135
24-21-192		spraš	1,6	0,1	2,5	0,2	10,9	0,4	133
24-21-193		jesk.hlína	<0,5		<1,5		3,0	0,2	<48
24-21-194		fluviál.sed.	2,0	0,1	2,7	0,1	11,2	0,4	147
24-21-195		fluviál.sed.	1,6	0,1	3,3	0,2	14,6	0,5	164
24-21-196		fluviál.sed.	1,7	0,1	3,1	0,2	15,6	0,5	170
24-21-197		fluviál.sed.	2,0	0,1	3,0	0,2	14,5	0,5	169
24-21-198	StChaS	paleoryolit	7,8	0,1	1,9	0,2	13,5	0,4	290
24-21-199	StChaS	paleoryolit	7,5	0,1	2,2	0,2	16,6	0,5	304
24-21-200	StChaS	paleoryolit	8,3	0,1	1,9	0,2	14,0	0,4	305
24-21-201	StChaS	paleoryolit	11,5	0,2	<1,5		17,2	0,6	<396
24-21-202	StChaS	paleoryolit	6,2	0,1	<1,5		10,4	0,3	<228
24-21-203	StChaS	paleoryolit	7,4	0,1	<1,5		12,4	0,4	<269
24-21-204	BaKID	pískovec	<0,5		<1,5		1,7	0,1	<40
24-21-205	BaKID	pískovec	0,5	0,0	<1,5		2,8	0,2	47
24-21-206	BaKID	pískovec	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-21-207	BaKID	pískovec	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-22-526	MaS	vápenec	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-22-527	MaS	vápenec	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-22-528	MaS	vápenec	<0,5		<1,5		<1,5		<39
24-22-529	MaS	vápenec	<0,5		<1,5		<1,5		<39
14-44-58	MaS	vápenec	<0,5		<1,5		<1,5		<39
ML-97	MaS	vápenec	<0,5		<1,5		<1,5		<39
ML-98	MaS	vápenec	<0,5		<1,5		<1,5		<39
ML-107	MaS	vápenec	<0,5		<1,5		<1,5		<39
ML-108	MaS	vápenec	<0,5		<1,5		<1,5		<39
MLS-101	MaS	vápenec	<0,5		<1,5		<1,5		<39
JAV-22	MaS	vápenec	<0,5		<1,5		2,1	0,1	<43
JAV-24	MaS	vápenec	<0,5		3,1	0,2	<1,5		<59

Tab. 6. Výsledky laboratorních gamaspektrometrických měření karbonátových hornin.

vzorek	jednotka	K %	eU ppm	eTh ppm	a _m Bq.kg ⁻¹
24-21-92	MaS	<0,1	0,7	<0,3	<13
24-21-93	MaS	<0,1	0,5	<0,3	<10
24-21-94	MaS	<0,1	0,9	0,4	<16
24-21-97	MaS	<0,1	0,3	0,5	<9
24-21-98	MaS	<0,1	0,8	<0,3	<14
24-21-99	MaS	<0,1	<0,3	<0,3	<8
24-21-100	MaS	<0,1	1,2	0,3	<19
24-21-101	MaS	<0,1	<0,3	<0,3	<8
24-21-102	MaS	<0,1	0,3	0,4	<8
24-21-103	MaS	<0,1	1,1	<0,3	<18
24-21-104	MaS	<0,1	2,1	<0,3	<30
24-21-105	MaS	<0,1	1,8	<0,3	<26
24-21-106	MaS	<0,1	0,9	<0,3	<15
24-21-107	MaS	<0,1	1,1	0,7	<20
24-21-108	MaS	<0,1	0,6	<0,3	<12
24-21-109	MaS	<0,1	0,4	<0,3	<9
24-21-110	JesVá	0,1	0,8	0,5	15
24-21-111	JesVá	<0,1	0,9	<0,3	<15
24-21-112	JesVá	<0,1	0,3	1,7	<16
24-21-135	JesVá	<0,1	0,5	0,5	<11
24-21-143	JesVá	<0,1	0,5	0,7	<13
24-21-144	JesVá	<0,1	0,5	0,6	<12
24-21-145	JesVá	<0,1	0,4	<0,3	<9
24-21-146	JesVá	<0,1	1,0	<0,3	<17
24-21-147	JesVá	<0,1	0,6	0,8	<14
24-21-151	JesVá	<0,1	0,5	1,0	<14
24-21-152	JesVá	<0,1	0,6	0,6	<13
24-21-170	MaS	<0,1	0,6	0,7	<14
24-21-171	MaS	<0,1	0,5	0,6	<12
24-21-172	MaS	<0,1	0,6	0,8	<14
24-21-173	MaS	0,3	2,2	1,6	44
24-21-174	MaS	<0,1	1,0	0,4	<17
24-21-175	MaS	<0,1	1,7	0,5	<26
24-21-179	MaS	<0,1	2,1	0,6	<32
24-21-180	MaS	0,2	1,6	0,6	28
24-21-181	MaS	<0,1	1,6	0,5	<25
24-21-182	MaS	<0,1	1,8	<0,3	<26
24-21-183	MaS	<0,1	2,4	0,4	<34
24-21-184	MaS	<0,1	2,1	<0,3	<30

vzorek	jednotka	K %	eU ppm	eTh ppm	a_m Bq.kg ⁻¹
24-21-185	MaS	<0,1	<0,3	0,4	<8
24-21-186	MaS	<0,1	<0,3	<0,3	<8
24-21-187	MaS	<0,1	<0,3	<0,3	<8
24-22-526	MaS	<0,1	<0,3	<0,3	<8
24-22-527	MaS	<0,1	<0,3	<0,3	<8
24-22-528	MaS	<0,1	<0,3	<0,3	<8
24-22-529	MaS	<0,1	<0,3	<0,3	<8
14-44-58	MaS	<0,1	<0,3	<0,3	<8
ML-97	MaS	<0,1	0,4	<0,3	<9
ML-98	MaS	<0,1	<0,3	<0,3	<8
ML-107	MaS	<0,1	<0,3	<0,3	<8
ML-108	MaS	<0,1	<0,3	<0,3	<8
MLS-101	MaS	<0,1	<0,3	<0,3	<8
JAV-22	MaS	<0,1	2,1	0,4	<31
JAV-24	MaS	<0,1	3,1	<0,3	<42

Základní údaje o gamaspektrometricky studovaných vzorcích jsou uvedeny v následujícím přehledu:

- 24-21-16: Ladín, výchoz, cca 450 m zjz. od kóty 548 m – paleobazalt;
- 24-21-17: Ladín, fragment v eluviu, cca 520 m zjz. od kóty 548 m – vápenec;
- 24-21-18: Měník, výchoz, na kótě 343 m (Třesín) – vápenec;
- 24-21-19: Měník, výchoz, na kótě 343 m (Třesín) – vápenec;
- 24-21-20: Měník, lom, cca 450 m jz. od kóty 343 m (Třesín) – terra rosa;
- 24-21-21: Měník, lom, cca 450 m jz. od kóty 343 m (Třesín) – terra rosa;
- 24-21-22: Měník, lom, cca 450 m jz. od kóty 343 m (Třesín) – vápenec;
- 24-21-23: Měník, lom, cca 450 m jz. od kóty 343 m (Třesín) – vápenec;
- 24-21-74: Jesenec, lom v obci, cca 100 m vjv. od kóty Horka – vápenec;
- 24-21-75: Jesenec, lom v obci, cca 100 m vjv. od kóty Horka – vápenec;
- 24-21-76: Jesenec, blok v deluviu, cca 600 m sv. od kóty Vršky – paleobazalt;
- 24-21-77: Dzbel, blok v deluviu, cca 800 m sv. od kóty 604,4 m (Vichoňova hora) – vápenec;
- 24-21-78: Dzbel, fragment na haldě po těžbě Fe-rud, cca 850 m vsv. od kóty 604,4 m (Vichoňova hora) – paleobazalt;
- 24-21-79: Dzbel, fragment na haldě po těžbě Fe-rud, cca 850 m vsv. od kóty 604,4 m (Vichoňova hora) – paleobazalt;
- 24-21-80: Dzbel, fragment na haldě po těžbě Fe-rud, cca 850 m vsv. od kóty 604,4 m (Vichoňova hora) – paleobazalt;
- 24-21-81: Dzbel, fragment na haldě po těžbě Fe-rud, cca 900 m východně od kóty 604,4 m (Vichoňova hora) – paleobazalt;
- 24-21-82: Dzbel, fragment na haldě po těžbě Fe-rud, cca 900 m východně od kóty 604,4 m (Vichoňova hora) – paleobazalt;
- 24-21-83: Dzbel, fragment na haldě po těžbě Fe-rud, cca 900 m východně od kóty 604,4 m (Vichoňova hora) – slepenec;
- 24-21-84: Dzbel, fragment na haldě po těžbě Fe-rud, cca 900 m východně od kóty 604,4 m (Vichoňova hora) – hematit-magnetitová ruda;
- 24-21-85: Dzbel, fragment na haldě po těžbě Fe-rud, cca 900 m východně od kóty 604,4 m (Vichoňova hora) – magnetitová ruda;

24-21-86: Dzbel, fragment na haldě po těžbě Fe-rud, cca 900 m východně od kóty 604,4 m (Vichoňova hora) – paleobazalt;

24-21-87: Jesenec, výchoz v polní cestě, cca 570 m jv. od kóty 577,0 m (Vršky) – bazický metatuf;

24-21-88: Jesenec, výchoz v polní cestě, cca 620 m jv. od kóty 577,0 m (Vršky) – bazický metatuf;

24-21-89: Ludmírov, výchoz, cca 350 m východně od kóty Průchodnice – vápenec;

24-21-90: Ludmírov, výchoz, cca 350 m východně od kóty Průchodnice – vápenec;

24-21-91: Ludmírov, lom, cca 370 m jv. od kóty Průchodnice – vápenec;

24-21-92: Březina, výchoz v lese, cca 320 m jjz. od kóty 481 m – vápenec;

24-21-93: Březina, výchoz v lese, cca 270 m jjz. od kóty 481 m – vápenec;

24-21-94: Březina, výchoz v lese, cca 200 m jjz. od kóty 481 m – vápenec;

24-21-95: Vojtěchov, blok v deluviu v zářezu cesty, cca 300 m jižně od kóty 481 m – jílová až-siltová břidlice;

24-21-96: Vojtěchov, blok v deluviu v zářezu cesty, cca 220 m jižně od kóty 481 m – jílová až-siltová břidlice;

24-21-97: Březina, výchoz v lese, cca 100 m jz. od kóty 538,9 m (Špláz) – vápenec;

24-21-98: Březina, lom, cca 40 m jz. od kóty 538,9 m (Špláz) – vápenec;

24-21-99: Březina, lom, pod kótou 538,9 m (Špláz) – vápenec;

24-21-100: Březina, výchoz, cca 70 m jv. od kóty 538,9 m (Špláz) – vápenec;

24-21-101: Březina, výchoz v lese, cca 130 m východně od kóty 538,9 m (Špláz) – vápenec;

24-21-102: Březina, výchoz u lesní cesty, cca 220 m vsv. od kóty 538,9 m (Špláz) – vápenec;

24-21-103: Březina, výchoz pod chatou Jeskyňka, cca 450 m ssv. od kóty 538,9 m (Špláz) – vápenec;

24-21-104: Březina, výchoz v lese, cca 300 m severně od kóty 538,9 m (Špláz) – vápenec;

24-21-105: Březina, výchoz v lese, cca 280 m severně od kóty 538,9 m (Špláz) – vápenec;

24-21-106: Březina, výchoz, u kóty 442 m (Zkamenělý zámek) – vápenec;

24-21-107: Březina, výchoz, u kóty 442 m (Zkamenělý zámek) – vápenec;

24-21-108: Březina, výchoz, cca 50 m ssz. od kóty 442 m (Zkamenělý zámek) – vápenec;

24-21-109: Vojtěchov, výchoz v areálu speleoterapeutické léčebny, cca 400 m jz. od kóty 481 m – vápenec;

24-21-110: Dzbel, lom, cca 200 m sz. od kóty 528 m (Horka) – vápenec;

24-21-111: Dzbel, lom, cca 200 m sz. od kóty 528 m (Horka) – vápenec;

24-21-112: Jesenec, blok v deluviu, cca 600 m jv. od kóty 577,0 m (Vršky) – vápenec;

24-21-113: Jesenec, blok v eluviu, cca 520 m vjv. od kóty 577,0 m (Vršky) – paleobazalt;

24-21-114: Jesenec, blok v deluviu, cca 500 m jv. od kóty 577,0 m (Vršky) – paleobazalt;

24-21-115: Jesenec, blok v deluviu, cca 400 m vjv. od kóty 577,0 m (Vršky) – alterovaný bazický tuf;

24-21-116: Jesenec, blok v deluviu, cca 400 m vjv. od kóty 577,0 m (Vršky) – alterovaný bazický tuf;

24-21-117: Jesenec, blok v deluviu, cca 400 m vjv. od kóty 577,0 m (Vršky) – paleobazalt;

24-21-118: Jesenec, blok v deluviu, cca 400 m vjv. od kóty 577,0 m (Vršky) – paleobazalt;

24-21-119: Jesenec, blok v deluviu, cca 400 m vjv. od kóty 577,0 m (Vršky) – bazická Fe-ruda;

24-21-120: Jesenec, blok v eluviu, cca 280 m vsv. od kóty 577,0 m (Vršky) – paleobazalt;

24-21-121: Jesenec, blok v eluviu, cca 350 m východně od kóty 577,0 m (Vršky) – paleobazalt;

24-21-122: Jesenec, fragment v ornici, cca 300 m sv. od kóty 577,0 m (Vršky) – magnetitová ruda;

24-21-123: Jesenec, fragment v ornici, cca 300 m sv. od kóty 577,0 m (Vršky) – hematitová ruda;

24-21-124: Jesenec, fragment v ornici, cca 300 m sv. od kóty 577,0 m (Vršky) – hematitová ruda;

24-21-125: Jesenec, blok v eluviu, cca 300 m sv. od kóty 577,0 m (Vršky) – paleobazalt;

24-21-126: Jesenec, blok v eluviu, cca 300 m sv. od kóty 577,0 m (Vršky) – paleobazalt;

24-21-127: Jesenec, blok v eluviu, cca 330 m ssv. od kóty 577,0 m (Vršky) – paleobazalt;

24-21-128: Jesenec, blok v eluviu, cca 400 m ssv. od kóty 577,0 m (Vršky) – paleobazalt;

24-21-129: Dzbel, blok v eluviu, cca 680 m vjv. od kóty 604,4 m (Vichoňova hora) – paleobazalt;

24-21-130: Dzbel, blok v eluviu, cca 680 m vjv. od kóty 604,4 m (Vichoňova hora) – paleobazalt;

24-21-131: Dzbel, agrární halda, cca 480 m vých. od kóty 604,4 m (Vichoňova hora) – paleobazalt;
 24-21-132: Dzbel, agrární halda, cca 480 m vých. od kóty 604,4 m (Vichoňova hora) – paleobazalt;
 24-21-133: Dzbel, agrární halda, cca 480 m vých. od kóty 604,4 m (Vichoňova hora) – paleobazalt;
 24-21-134: Kladky, blok v eluviu, cca 370 m sv. od kóty 604,4 m (Vichoňova hora) – paleobazalt;
 24-21-135: Dzbel, blok v deluviu, cca 250 m sv. od kóty 604,4 m (Vichoňova hora) – vápenec;
 24-21-136: Dzbel, blok v deluviu, cca 180 m ssv. od kóty 604,4 m (Vichoňova hora) – paleobazalt;
 24-21-137: Dzbel, blok v deluviu, cca 180 m ssv. od kóty 604,4 m (Vichoňova hora) – paleobazalt;
 24-21-138: Dzbel, agrární halda, cca 60 m vjv. od kóty 604,4 m (Vichoňova hora) – paleobazalt;
 24-21-139: Dzbel, agrární halda, cca 60 m vjv. od kóty 604,4 m (Vichoňova hora) – paleobazalt;
 24-21-140: Dzbel, agrární halda, cca 60 m vjv. od kóty 604,4 m (Vichoňova hora) – paleobazalt;
 24-21-141: Dzbel, agrární val, cca 450 m jv. od kóty 604,4 m (Vichoňova hora) – bazický tuf až tufit;
 24-21-142: Dzbel, agrární halda, cca 750 m jv. od kóty 604,4 m (Vichoňova hora) – paleobazalt;
 24-21-143: Dzbel, lom „Na Kozénku“, cca 520 m jz. od kóty 577,0 m (Vršky) – vápenec;
 24-21-144: Dzbel, lom „Na Kozénku“, cca 520 m jz. od kóty 577,0 m (Vršky) – vápenec;
 24-21-145: Kladky, lom, cca 600 m severně od kóty 604,4 m (Vichoňova hora) – vápenec;
 24-21-146: Kladky, lom, cca 600 m severně od kóty 604,4 m (Vichoňova hora) – vápenec;
 24-21-147: Kladky, lom, cca 600 m severně od kóty 604,4 m (Vichoňova hora) – vápenec;
 24-21-148: Kladky, agrární halda, cca 170 m jv. od kóty 564 m – slepenec;
 24-21-151: Kladky, lom, cca 380 m zsz. od kóty 564 m – vápenec;
 24-21-152: Kladky, lom, cca 380 m zsz. od kóty 564 m – vápenec;
 24-21-153: Kladky, lom, cca 380 m zsz. od kóty 564 m – paleobazalt;
 24-21-154: Kladky, lom, cca 380 m zsz. od kóty 564 m – paleobazalt;
 24-21-155: Kladky, agrární halda, cca 420 m zsz. od kóty 564 m – slepenec;
 24-21-156: Kladky, agrární halda, cca 420 m zsz. od kóty 564 m – jílová až siltová břidlice;
 24-21-170: Hvozď, lom, cca 1050 m zsz. od kóty 535 m (Stráž) – vápenec;
 24-21-171: Hvozď, lom, cca 1050 m zsz. od kóty 535 m (Stráž) – vápenec;
 24-21-172: Hvozď, lom, cca 1050 m zsz. od kóty 535 m (Stráž) – vápenec;
 24-21-173: Hvozď, lom, cca 1050 m zsz. od kóty 535 m (Stráž) – vápenec;
 24-21-174: Hvozď, lom, cca 1250 m zsz. od kóty 535 m (Stráž) – vápenec;
 24-21-175: Hvozď, lom, cca 1250 m zsz. od kóty 535 m (Stráž) – vápenec;
 24-21-176: Hvozď, lom, cca 1250 m zsz. od kóty 535 m (Stráž) – terra rosa;
 24-21-179: Hvozď, lom, cca 180 m severně od kóty 489 m (Horka) – vápenec;
 24-21-180: Hvozď, lom, cca 180 m severně od kóty 489 m (Horka) – vápenec;
 24-21-181: Hvozď, výchoz, cca 130 m severně od kóty 489 m (Horka) – vápenec;
 24-21-182: Hvozď, výchoz, cca 130 m severně od kóty 489 m (Horka) – vápenec;
 24-21-183: Hvozď, výchoz, kóta 489 m (Horka) – vápenec;
 24-21-184: Hvozď, výchoz, kóta 489 m (Horka) – vápenec;
 24-21-185: Měrotín, lom „Brodka“, cca 600 m jjv. od kóty 343 m (Třesín) – vápenec;
 24-21-186: Měrotín, lom „Brodka“, cca 600 m jjv. od kóty 343 m (Třesín) – vápenec;
 24-21-187: Měrotín, lom „Brodka“, cca 600 m jjv. od kóty 343 m (Třesín) – vápenec;
 24-21-188: Měrotín, lom „Brodka“, cca 600 m jjv. od kóty 343 m (Třesín) – terra rosa;
 24-21-189: Měrotín, lom „Brodka“, cca 600 m jjv. od kóty 343 m (Třesín) – terra rosa;
 24-21-190: Měník, jeskyně „Ve štole“ (úvodní část) – spraš;
 24-21-191: Měník, jeskyně „Ve štole“ (úvodní část) – spraš;
 24-21-192: Měník, jeskyně „Ve štole“ (úvodní část) – spraš;
 24-21-193: Měník, jeskyně „Ve štole“ (cca 45 m od vchodu) – jeskynní hlína (deluviální sediment);
 24-21-194: Měník, jeskyně „Ve štole“ (cca 3 m před „Křižovatkou“) – fluviální sediment;
 24-21-195: Měník, jeskyně „Ve štole“ (cca 3 m před „Křižovatkou“) – fluviální sediment;
 24-21-196: Měník, jeskyně „Ve štole“ (cca 6 m za „Křižovatkou“) – fluviální sediment;
 24-21-197: Měník, jeskyně „Ve štole“ (cca 6 m za „Křižovatkou“) – fluviální sediment;
 24-21-198: Ludmírov, výkop v obci u domu č.p. 16, cca 360 m zjz. od kóty 459 m – paleoryolit;
 24-21-199: Ludmírov, výkop v obci u domu č.p. 16, cca 360 m zjz. od kóty 459 m – paleoryolit;
 24-21-200: Ludmírov, výkop v obci u domu č.p. 16, cca 360 m zjz. od kóty 459 m – paleoryolit;
 24-21-201: Ludmírov, výkop v obci u domu č.p. 16, cca 360 m zjz. od kóty 459 m – paleoryolit;
 24-21-202: Ludmírov, blok v eluviu, cca 550 m sz. od kóty 459 m – paleoryolit;

24-21-203: Ludmírov, blok v eluviu, cca 550 m sz. od kóty 459 m – paleoryolit;
 24-21-204: Ludmírov, agrární halda, cca 450 m ssz. od kóty 459 m – pískovec;
 24-21-205: Ludmírov, agrární halda, cca 450 m ssz. od kóty 459 m – pískovec;
 24-21-206: Ludmírov, agrární halda, cca 450 m ssz. od kóty 459 m – pískovec;
 24-21-207: Ludmírov, agrární halda, cca 450 m ssz. od kóty 459 m – pískovec;
 24-22-526: Měrotín, lom Vitoul – vápenec;
 24-22-527: Měrotín, lom Vitoul – vápenec;
 24-22-528: Měrotín, lom Vitoul – vápenec;
 24-22-529: Měrotín, lom Vitoul – vápenec;
 14-44-58: Mladeč, výchoz u jeskyně Podkova – vápenec;
 ML-97: Mladeč, Mladečské jeskyně – vápenec;
 ML-98: Mladeč, Mladečské jeskyně – vápenec;
 ML-107: Mladeč, Mladečské jeskyně – vápenec;
 ML-108: Mladeč, Mladečské jeskyně – vápenec;
 MLS-101: Měník, jeskyně „Ve štole“ – vápenec;
 JAV-22: Březina, Javoříčské jeskyně – vápenec;
 JAV-24: Březina, Javoříčské jeskyně – vápenec;

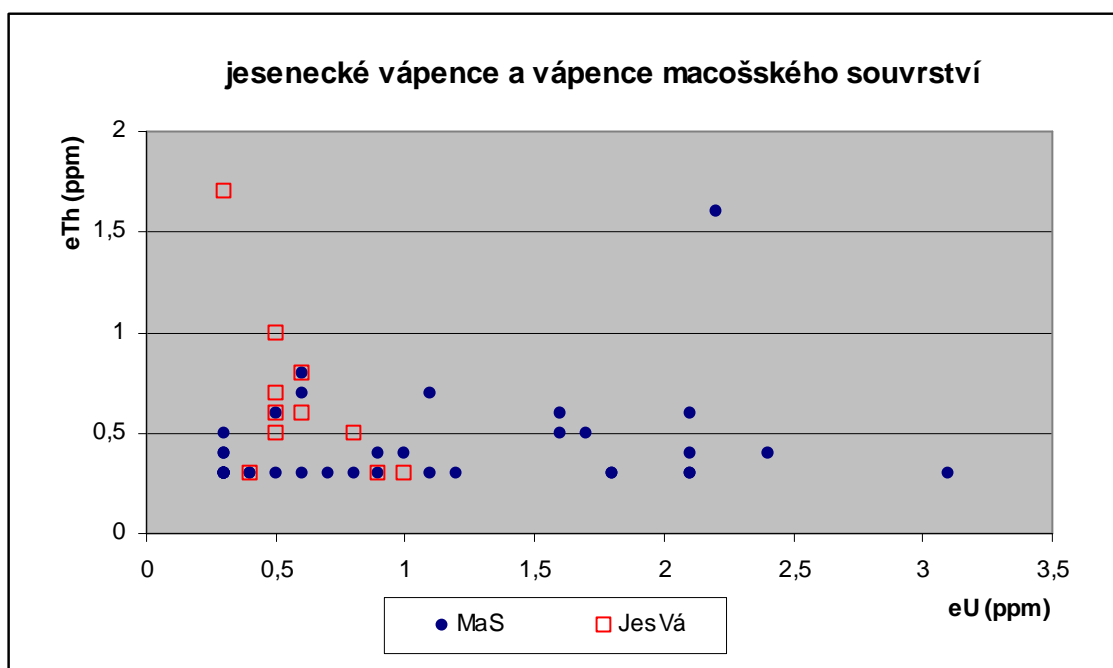
Výsledky laboratorních měření jsou sumarizovány v tab. 7. Nejvyšší přirozenou radioaktivitu v rámci studovaného souboru hornin vykazují kyselé vulkanity (paleoryolity) stínavsko-chabičovského souvrství, které se vyskytují v okolí Ludmírova. Jejich průměrná hmotnostní aktivita je 300 Bq.kg^{-1} . Tato vysoká hodnota je způsobena „nadklarkovými“ obsahy draslíku a thoria (viz data v tab. 7). Bazické vulkanity stínavsko-chabičovského souvrství mají přirozenou radioaktivitu jen velmi nízkou, a to díky nízkým obsahům všech tří sledovaných prvků. Obdobně nízkou radioaktivitu mají i železné rudy lahndillského typu. Nízkou radioaktivitu vykazují i siliciklastické sedimenty konicko-mladečského pruhu (bazální klastika devonu a také břidlice stínavsko-chabičovského souvrství a souvrství ponikevského).

Nízká přirozená radioaktivita je obecně typická pro karbonátové horniny. Platí to i o vápencích macošského souvrství a jeseneckých vápencích ve sledovaném území. Je však zajímavé, že obě skupiny vápenců se mírně liší obsahem uranu. To je zřejmé např. z obr. 35: Zatímco v souboru jeseneckých vápenců dosahují obsahy eU hodnoty max. 1 ppm, v případě vápenců macošského souvrství jsou hodnoty eU zhruba v jedné polovině vzorků nad 1 ppm (max. 3,1 ppm) – viz obr. 35.

Spraše a terra rosy ve studované oblasti mají relativně nízkou přirozenou radioaktivitu, což souvisí s „klarkovými“ obsahy U a Th a „podklarkovými“ obsahy draslíku. Totéž platí o jeskynních sedimentech, které jako podstatnou složku mohou obsahovat redeponované spraše (nebo sprašové hlíny) a produkty zvětrávání karbonátových hornin (složením podobné terra rose).

Tab. 7. Obsahy přirozených radioaktivních prvků (K, U, Th) a vypočtené hodnoty hmotnostní aktivity (a_m) na základě laboratorních měření.

hornina	n	K (%)		U (ppm)		Th (ppm)		a_m (Bq.kg ⁻¹)	
		rozpětí	Ø	rozpětí	Ø	rozpětí	Ø	rozpětí	Ø
BaKID – pískovce, slepence	7	0,5-0,5	0,5	1,5-1,5	1,5	1,5-2,8	2,25	39-47	47
StChS – bazika	35	<0,5-5,4	1,4	<1,5-4,5		<1,5-2,6		<39-164	
StChS – paleoryolity	6	6,2-11,5	8,1	<1,5-2,2		10,4-17,2	14	228-396	300
StChS – Fe-rudy	6	<0,5-0,5		<1,5-1,5		<1,5-1,5		<39	
StChS – siltová břidlice	1	1,3		<1,5		6,9		<90	
PonS – křemité břidlice	3	2,2-3,0	2,6	1,5-2,0	1,7	8,8-117	10,2	123-165	144
JesVá – vápence	15	<0,1-0,1		<0,3-1,0	0,6	<0,3-1,7	0,6	<9-15	
MaS – vápence	50	<0,1-0,3		<0,3-3,1		<0,3-1,7		<8-44	
jeskynní sedimenty	5	<0,5-1,7	1,5	<1,5-3,3	2,7	3-15,6	11,8	<48-170	140
spraše	3	1,4-1,7	1,6	2,5-2,7	2,6	9,5-10,9	10,3	120-135	129
terra rosa	5	1,3-1,9	1,6	1,5-1,5	1,5	9,8-15,1	12,3	107-152	129



Obr. 35. Korelace eU versus eTh ve vápencích macošského souvrství a v jeseneckých vápencích na základě výsledků laboratorní gamaspektrometrie.

Tab. 8. Srovnání nových údajů o vápencích macošského souvrství s publikovanými daty.

<i>výsledky nových laboratorních měření vápenců MaS z celého konicko-mladečského devonu:</i>									
vápence	50	<0,1-0,3		<0,3-3,1		<0,3-1,7		<8-44	
<i>výsledky nových terénních měření vápenců MaS z celého konicko-mladečského devonu:</i>									
vápence	69	0-1,2	0,2	0,3-8,7	2,7	0,1-5,2	1,5	9-129	46
<i>výchozy nad celým systémem Javoříčských jeskyní a v okolí (Zimák a Štelcl, 2001, 2004):</i>									
vápence	192	0-1,3	0,3	0,3-5,7	1,8	0-6,5	1,6	9-105	38
<i>povrchové výchozy na celém území Mladečského krasu: (Zimák a Štelcl, 2001, 2004):</i>									
vápence	96	0-1,4	0,5	0,2-3,0	1,3	0-8,7	2,9	2-113	44

V tab. 8 jsou uvedeny údaje o přirozené radioaktivitě vápenců macošského souvrství na základě terénních povrchových gamaspektrometrických měření a měření laboratorních. Výsledky nově provedených měření jsou v souladu s daty Zimáka a Štelcla (2001, 2004).

Laboratorní měřeními bylo potvrzeno, že některé vápence macošského souvrství skutečně vykazují zvýšené obsahy uranu (až 3,1 ppm eU). Ze srovnání výsledků laboratorní a terénních měření je zřejmé, že terénní gamaspektrometrie poskytuje v některých případech nereálně vysoké hodnoty K, eU a eTh v karbonátových horninách (zdůvodnění této skutečnosti uvádí např. Štelcl a Zimák 2006).

6. Závěr

Hlavním úkolem bakalářské práce bylo zhodnocení přirozené radioaktivity hornin konicko-mladečského pruhu a vypracování geologické charakteristiky konicko-mladečského pruhu.

V terénní části jsem provedla gamaspektrometrické měření na vhodných výchozech a na lokalitách jsem odebrala horninové vzorky pro laboratorní gamaspektrometrické stanovení draslíku, uranu a thoria. v horninách. Toto laboratorní stanovení bylo provedena na souboru 137 vzorků, v němž jsou zastoupeny bazální klastika devonu (pískovce a slepence), horniny stínavsko-chabičovského souvrství (bazika, paleoryolity, Fe-rudy a siltové břidlice), sedimenty ponikevského souvrství (křemenité břidlice), vápence macošského souvrství, jesenecké vápence a také kvartérní sedimenty (jeskynní sedimenty, spraše a terra rosy).

Nejvyšší přirozená radioaktivita v rámci studovaného souboru hornin byla zjištěna u kyselých vulkanitů (paleoryolity) stínavsko-chabičovského souvrství z okolí Ludmírova.

Karbonátové horniny macošského souvrství a jesenecké vápence se mírně liší obsahem uranu: v souboru jeseneckých vápenců byly laboratorní gamaspektrometrií zjištěny obsahu eU do 1 ppm, cca ½ studovaných vzorků vápenců macošského souvrství má obsahy nad 1 ppm eU (max. 3,1 ppm eU). Laboratorní gamaspektrometrií tak byly potvrzeny relativně vysoké obsahy uranu v karbonátových horninách konicko-mladečského pruhu, zjištěné již dříve terénními gamaspektrometrickými měřeními.

Literatura

- Bábek O. (2001a): Konodontová biostratigrafie jeseneckých vápenců na území konicko-mladečského pruhu na Moravě, Český masív. - Acta Mus. Morav., Sci. geol., 86, 161-173. Brno.
- Bábek O. (2001b): Konodontová biostratigrafie vápenců přechodního (ludmírovského) vývoje na území konicko-mladečského pruhu, Dražanská vrchovina. - Přírodovědné studie Muzea Prostějovska, 4, 17-29. Prostějov.
- Barth V. (1964): Faciální vývoj vulkanického komplexu jižní části konicko-mladečského devonu na Dražanské vrchovině. Acta Univ. Palacki. Olomuc., Fac. rer. nat. 17, Geogr.-geol. VI, 13-67. Praha.
- Chlupáč I., Brzobohatý R., Kovanda J., Stráník Z. (2002): Geologická minulost České republiky. Academia Praha.
- Chlupáč I., Svoboda J. (1963): Geologické poměry konicko-mladečského devonu na Dražanské vrchovině.- Sborník ÚÚG, 28, odd.geol., 347-386. Praha.
- Manová M., Matolín M. (1989): Radioaktivita hornin ČSSR. In Ibrmajer J., Suk M. et al.: Geofyzikální obraz ČSSR, 196-213. ÚÚG - Academia Praha.
- Manová M., Matolín M. (1995): Radiometrická mapa České republiky 1 : 500 000. ČGÚ Praha.
- Matolín M. (1970): Radioaktivita hornin Českého masívu. Kniha. Ústř. úst. geol., 41. Praha.
- Matolín M., Chlupáčová M. (1997): Radioaktivní vlastnosti hornin. In Kobr M. et al.: Petrofyzika, 109-126. Vydavatelství Karolinum Praha.
- Mísař Z., Dudek A., Havlena V., Weiss J. (1983): Geologie ČSSR I. Český masív. SPN Praha
- Müller P., Novák Z. et al. (2000): Geologie Brna a okolí. ČGÚ Praha.
- Polański A., Smulikowski K. (1978): Geochémia. SPN Bratislava.
- Přichystal A. (1993): Vulkanismus v geologické historii Moravy a Slezska od paleozoika do kvartéru. - In: Přichystal A., Obstová V., Suk M. (eds.): Geologie Moravy a Slezska, 59-70. Moravské muzeum Brno a PřF MU Brno.
- Svoboda J. a kol. (1964): Regionální geologie ČSSR. Díl I. Český masív. Sv. 1.,2. Nakladatelství ČSAV, Praha.
- Štelcl J., Zimák J. (2001): Geologické parametry Javoříčských jeskyní. In: Jirka Z. et al.: Speleoterapie: principy a zkušenosti, 47-71. Univerzita Palackého Olomouc.
- Štelcl J., Zimák J. (2006): Přirozená radioaktivita horninového prostředí Moravského krasu. Univerzita Palackého v Olomouci.

- Zimák J., Štelcl J. (2001): Rock radioactivity in the Javoříčko Karst and the Mladeč Karst (Czech Republic). - Acta Univ. Palacki. Olomuc., Fac. Rer. Nat., Geologica 37, 67-83. Olomouc.
- Zimák J., Štelcl J. (2004): Přirozená radioaktivita horninového prostředí v jeskyních České republiky. Univerzita Palackého v Olomouci.
- Zimák J., Výmola J. (2001): Alkalicko-živcový paleoryolit z Ludmírova na Dražanské vrchovině. - Geol.výzk.Mor.Slez. v r. 2000, 68-71. Brno.