

Měření přirozené radioaktivity na Vyšehradě

P. Guhlová – Gymnázium Na Vítězné pláni Praha

M. Slavík – Gymnázium Jana Masaryka Jihlava

mellkori@seznam.cz

R. Žlebčík – Gymnázium Christiána Dopplera

V. Artušenko – Soukromé šestileté Gymnázium Ostrava

Supervisor: Ing. Z. Berka

Abstrakt:

Přirozená radioaktivita je všude okolo nás, na každého z nás působí a také se jí každý bojí, protože ji našimi smysly nemůžeme zachytit. V našem projektu jsme se zaměřili na zmapování radiační situace na pražském Vyšehradě, na hradbách a uvnitř kasemat, které jsou častým cílem turistů. Z měření jsme zjistili, že množství radioaktivních prvků obsažených v půdě odpovídá standardním hodnotám. Koncentrace radonu v půdě navezené na hradbách je nižší než v původním podloží, a i tam je na dolní hranici obvyklých koncentrací.

1 Úvod

Vyšehrad byl v minulosti významným strategickým bodem v Praze a to především vzhledem ke své poloze. V minulosti byl proto poměrně intenzivně využíván k vojenským účelům a byl součástí pražského obranného systému. V 17. stol. došlo k celkovému přebudování vyšehradského opevnění, byly vybudovány mohutné hradby s podzemními ochozy (tzv. kasematy) a celý prostor mezi hradbami byl zarovnan. Toto opevnění se zachovalo až do současnosti, prochází prakticky podél celých vnějších hradeb a částečně i pod střední částí vyšehradské plošiny. Některé části kasemat jsou přístupné veřejnosti.

V našem projektu jsme se zaměřili na problematiku přirozené radioaktivity, co to je přirozená radioaktivita, jak vzniká, kde ji najdeme a jak ji měříme. Dále jsme se rozhodli zmapovat úroveň radioaktivity na Vyšehradě a jestli zde přítomnost radonu a radiace neohrožuje zdraví průvodců a turistů.

2 Přirozená radioaktivita

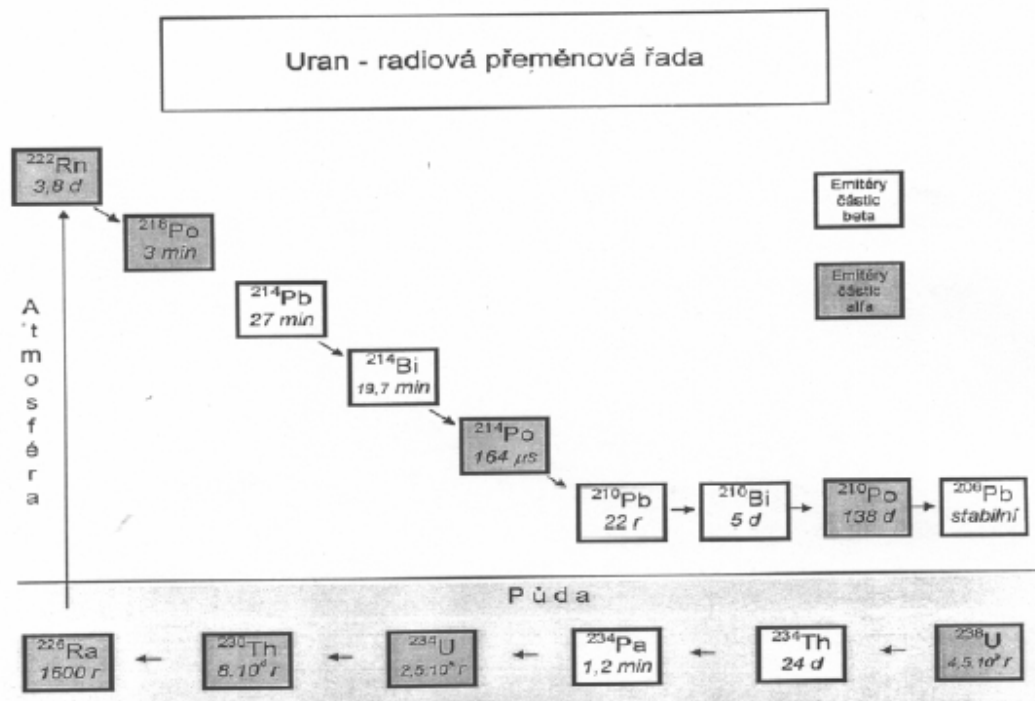
Je to přeměna nestabilních jader prvků na stabilní za vzniku alfa, beta nebo gama záření.

Záření alfa V podstatě jde o atomová jádra ${}^4_2\text{He}$, což jsou těžké nabitě částice. Energie těchto částic je řádové v jednotkách megaelektronvoltů (MeV). Částice alfa nesou dva elektrické

náboje, proto při průchodu prostředím silně ionizují a velmi rychle ztrácejí svoji energii. Dosah záření alfa je tudíž značně omezen. Ve vzduchu činí jenom několik milimetrů, ve vodě nebo v tkáni jenom zlomky milimetrů. V přírodě ho lze najít u ^{226}Ra a jeho dceřiných produktů.

Záření beta je tvořeno proudem elektronů nebo pozitronů. Jde o částice lehké, jejichž dosah v látce je větší než u záření alfa. V přírodě ho lze také najít u některých dceřiných produktů radonu.

Záření gama je elektromagnetické záření, které je tvořeno fotony. Na rozdíl od předchozích dvou typů jde o tzv. nepřímou ionizující záření, kdy při průchodu látkou jsou produkovány elektrony (tzv. sekundární částice) o příslušné energii. Vysílají ho některé nuklidy uranové, thoriové nebo aktiniové řady.



Většina přírodních radioaktivních nuklidů je součástí přeměnových řad (např. uran – radiové řady), nuklid ^{40}K se v těchto řadách nevyskytuje.

Nejvýznamnějšími složkami přírodní radioaktivity jsou: radon-222 (jako zdroj vnitřního ozáření, zejména plic), gama-záření pocházející z některých prvků v podloží (především draslík-40, radium-226, thorium-232), kosmické záření a záření prvků, které člověk přijímá s potravou a které se usazují v jeho těle. Z hlediska ochrany před takovými složkami tzv. přírodního radioaktivního pozadí hraje nejdůležitější roli minimalizace doby pobytu v rizikových prostorách, případně se přistupuje i k aktivním opatřením jako je např. větrání. Vyhledávání rizikových oblastí a analýza rizikových faktorů patří k jednomu z hlavních úkolů ochrany před přírodním zářením.

Přístroje a vybavení

Spektrometrie

Přirozenou radioaktivitu prvků jsme měřili pomocí scintilačního spektrometru s alkalickým halogenem NaI, aktivovaným těžkým kovem Tl. Tento druh dosahuje ze všech známých scintilátorů nejlepší energetické rozlišovací schopnosti pro fotonové záření.

Součástí scintilačního spektrometru:

Scintilační sonda, obsahující scintilátor, fotokatodu a fotonásobič, a mnohokanálový analyzátor, dělí se na A/D převodník a čítač.

Princip detekce záření:

Fotony záření γ interagují se scintilátorem třemi hlavními mechanismy:

1. Fotoefekt

2. Comptonův efekt

3. Tvorba párů elektron pozitron

Konečným produktem všech vyjmenovaných procesů je elektron nebo elektron-pozitronový pár. Tyto částice excitují atomy scintilátoru, které při zpětné deexcitaci vyzáří světlo. Světlo dopadne na fotokatodu, kde pomocí fotonásobičů vzniká nábojový impuls. Tento impuls je dále upravován, zesilován a přechází do mnohokanálového analyzátoru, kde je vyhodnocováno již finální spektrum záření prvků.

Na počátku měření je třeba provést energetickou kalibraci, pro určení vztahu mezi energií a kanálem, která je důležitá pro následné určení prvků zjištěného spektra. Tuto kalibraci jsme prováděli pomocí thoria-232.

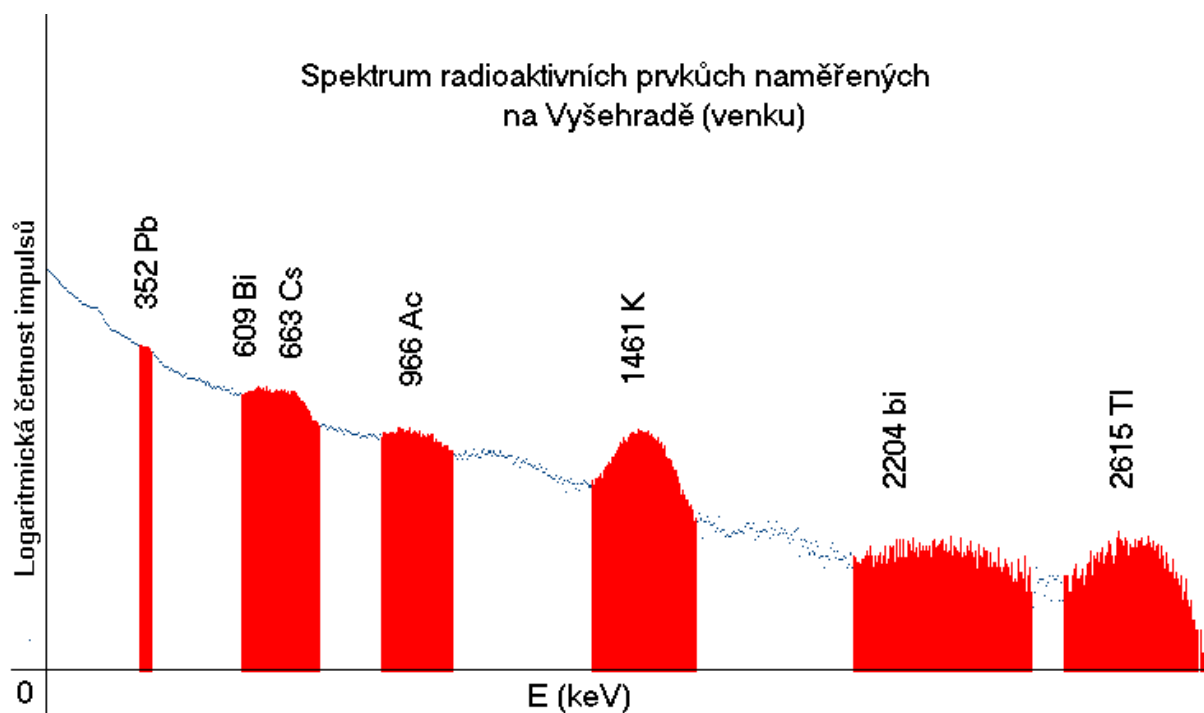
Měření dávkového příkonu

Toto měření jsme prováděli jak pomocí měřiče dávkového příkonu záření gama Tesla MB 3201 se scintilační sondou, tak pomocí měřiče dávkového příkonu záření gama Eberline FH 40F2 (Geiger-Müllerova detektoru).

Měření Radonu v půdním plynu

Je prováděno pomocí metody ztracených hrotů, při níž jsme odebrali půdní vzduch a ten jsme analyzovali pomocí soupravy pro stanovení koncentrace radonu v půdním vzduchu ERM2.

3 Výsledky:



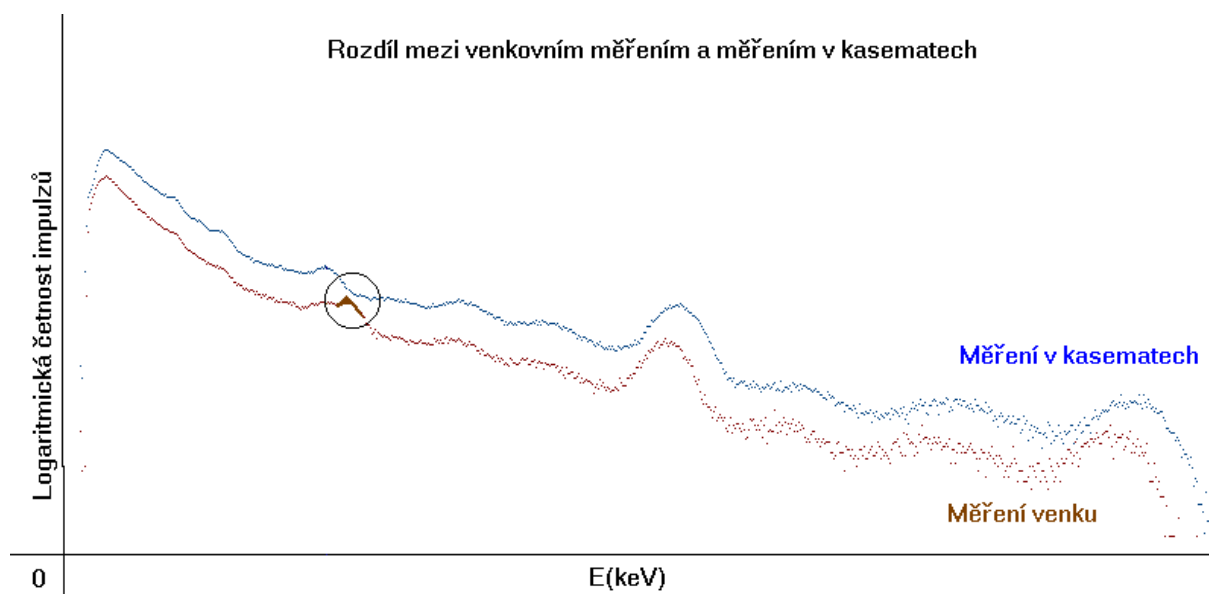
Z tohoto spektra vyplývá, že ve zkoumané lokalitě jsou tyto radionuklidy:

^{214}Pb a ^{214}Bi – patří do uranové řady

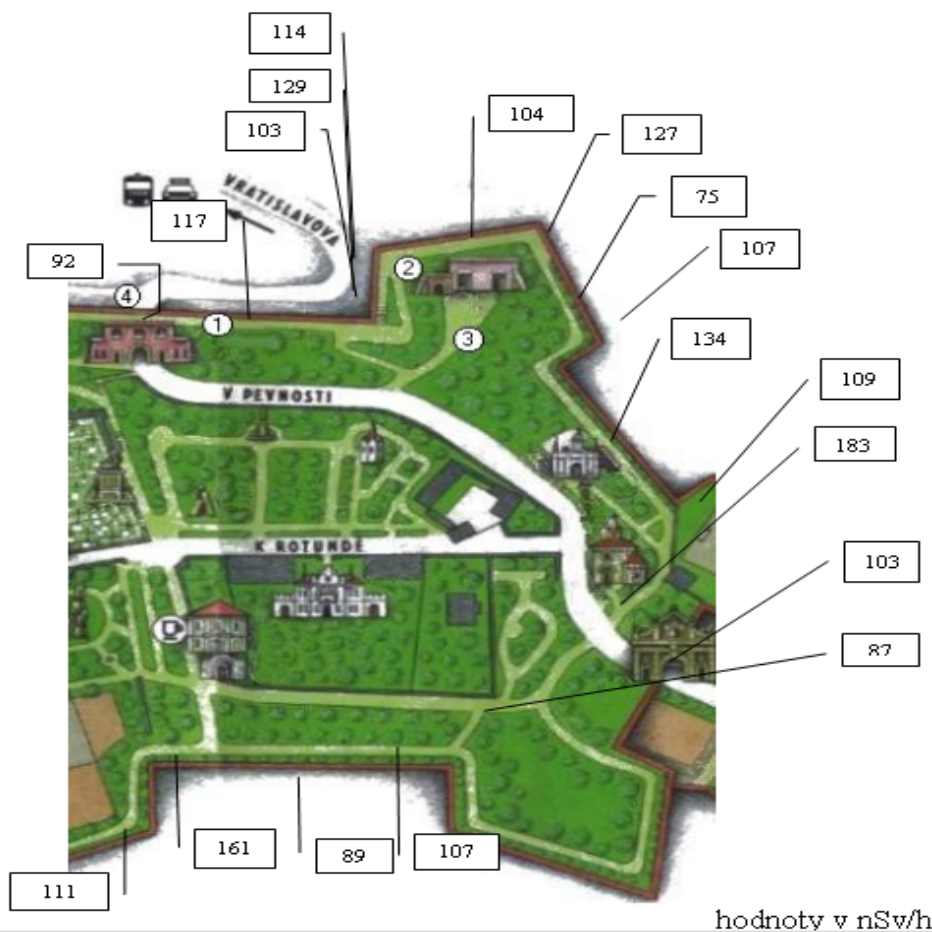
^{228}Ac a ^{208}Tl – patří do thoriové řady

^{40}K – je samostatný přírodní nuklid

^{137}Cs – není přírodní prvek, je umělým produktem.



Tento graf ukazuje rozdíl mezi venkovním spektrem a spektrem v kasematech. Při měření venku jsme objevili na energetické hladině 663 keV přítomnost ^{137}Cs , jež je označena kroužkem.



Na tomto plánu jsou vyznačeny hodnoty dávkového příkonu γ na povrchu na různých místech Vyšehradu.

Legenda:

1. Hradby nad Cihelnou bránou
 - měření dávkového příkonu: 200 nSv/h
 - měření aktivity radonu v půdním vzduchu : $< 3 \text{ kBq/m}^3$
2. Násep nad Gorlicí
 - měření dávkového příkonu: 220 nSv/h
 - měření aktivity radonu v půdním vzduchu : $3,7 \text{ kBq/m}^3$
3. Dětské hřiště před Gorlicí
 - měření dávkového příkonu: 170 nSv/h
 - měření aktivity radonu v půdním vzduchu: 24 kBq/m^3
4. Pozemek před Cihelnou bránou
 - měření aktivity radonu v půdním vzduchu: 9 kBq/m^3

Diskuse:

Z naměřených hodnot aktivity radonu v půdním vzduchu vyplývá, že navezená hornina na hradbách je chudší na ^{226}Ra (resp. ^{238}U) než původní podloží, měřené uvnitř areálu (dětské hřiště) i mimo areál (před Cihelnou bránou). Obě podloží patří do nízkého radonového rizika. Měřič dávkového příkonu záření gama Tesla MB 3201 se scintilační sondou v porovnání s měřičem dávkového příkonu záření gama Eberline FH 40F2 mírně podhodnocuje, protože nemusí pracovat ve stejném energetickém rozsahu. Naměřené hodnoty se pohybují v běžném rozmezí, což je 100-200 nSv/h. Při venkovním měření spektra jsme objevili přítomnost ^{137}Cs , které není přírodním prvkem. Při testování jaderných zbraní (v 50. letech 20. stol) a haváriích

jaderných zařízení se tento prvek dostává do atmosféry a odtud je vymýván deštěm do půdy. Proto jsme jej nezachytili při měření v kasematech.

4 Shrnutí

Při měření jsme nezaznamenali k žádné vyjímečné odchylky od předpokládaných hodnot a radioaktivita zde není zdraví nebezpečná.

Poděkování

Děkujeme RNDr. L. Thinové, Ing. Z. Berkovi a Ing. K Knappovi, CSc. za veškerou pomoc a informace, které nám poskytli, a V. Svobodovi, CSc. za možnost zúčastnit se Fyzikálního týdne.

Reference:

- [1] GERNDT, J. : *Detektory ionizujícího záření*, Vydavatelství ČVUT Zikova 4 Praha 6, 1994
- [2] *Fyzika pro IV.ročník gymnázií*, SPN 1987
- [3] ČECHÁK, T.: *Základní fyzikální pojmy z oblasti radioaktivity*, ČVUT FJFI
- [4] MOUČKA, L.: *Zdroje a transport radonu v budovách*, Státní ústav radiační ochrany
- [5] MAREŠ, S. a kol.: *Úvod do užité geofyziky*, Vydavatelství ALFA 1979