

Radiační zátěž od kosmického záření na palubě letadla

Lukáš Malina¹
Helena Paschkeová²
Zbyněk Štajer³
Robert Taichman⁴
Barbora Zavadilová⁵
Supervizor: Ondřej Ploc^{6,7}

¹Gymnázium Christiana Dopplera, lukas-malina@seznam.cz

²Gymnázium Brno – Řečkovice, Ebelka@seznam.cz

³Gymnázium Františka Palackého Valašské Meziříčí, Zbyna.Staja@seznam.cz

⁴Masarykovo gymnázium, mr.serj@bk.ru

⁵Gymnázium Bučovice, barbora.zavadilova@seznam.cz

⁶Katedra dozimetrie a aplikace ionizujícího záření, FJFI ČVUT

⁷Oddělení dozimetrie záření, Ústav jaderné fyziky Akademie věd ČR
ploc@ujf.cas.cz

Abstrakt:

Zkoumali jsme změnu absorbované dávky od ionizujícího záření v závislosti na nadmořské výšce. Měření jsme uskutečnili během tří letů do 4600 m n. m. pomocí scintilačního krystalového detektoru a tkániэкvivalentního proporcionalního počítače. Zjistili jsme, že v této nadmořské výšce absorbovaná dávka přesahuje hodnotu na zemi téměř dvojnásobně.

1 Úvod

Kosmické záření bylo objeveno v roce 1913 rakouským fyzikem Viktorem Hessem, jemuž byla za tento objev v roce 1936 udělena Nobelova cena. Dva roky poté francouzský fyzik Pierre Auger zjistil přítomnost rozsáhlých „spršek“ částic v atmosféře.

Toto záření je nedílnou součástí celkového ozáření člověka na Zemi, které je tvořeno mimo jiné radonem v budovách, gama zářením ze Země i radionuklidy v těle samotného člověka. V dnešní době zajímá problematika ionizujícího záření širokou veřejnost, která dbá o své zdraví více než kdy předtím. Dávkový příkon¹ od kosmického záření však závisí na mnoha faktorech například na vlastnostech magnetického pole Země, plošné hustotě atmosféry, či aktivitě Slunce. Naše vědecká skupina se zabývala jeho závislostí na nadmořské výšce.

2 Přístroje

Pro zjištění dávek od záření jsme použili dvě zařízení. Prvním z nich je scintilační detektor NB3201 s detekční jednotkou krystalem jodidu sodného aktivovaným thaliem (NaI(Tl)), ve kterém dochází ke scintilacím (krátké záblesky při průchodu částice krystalem), které jsou pak zesíleny fotonásobičem a detekovány jako elektrický proud. Druhým užitým přístrojem je tkániequivaleční proporcionální počítač typu HAWK, jehož detekční jednotkou je propan o tlaku 930 Pa. Uvnitř detektoru jsou částice urychlovány vysokým napětím (řádově stovky Voltů), proto zde dochází k sekundární ionizaci.

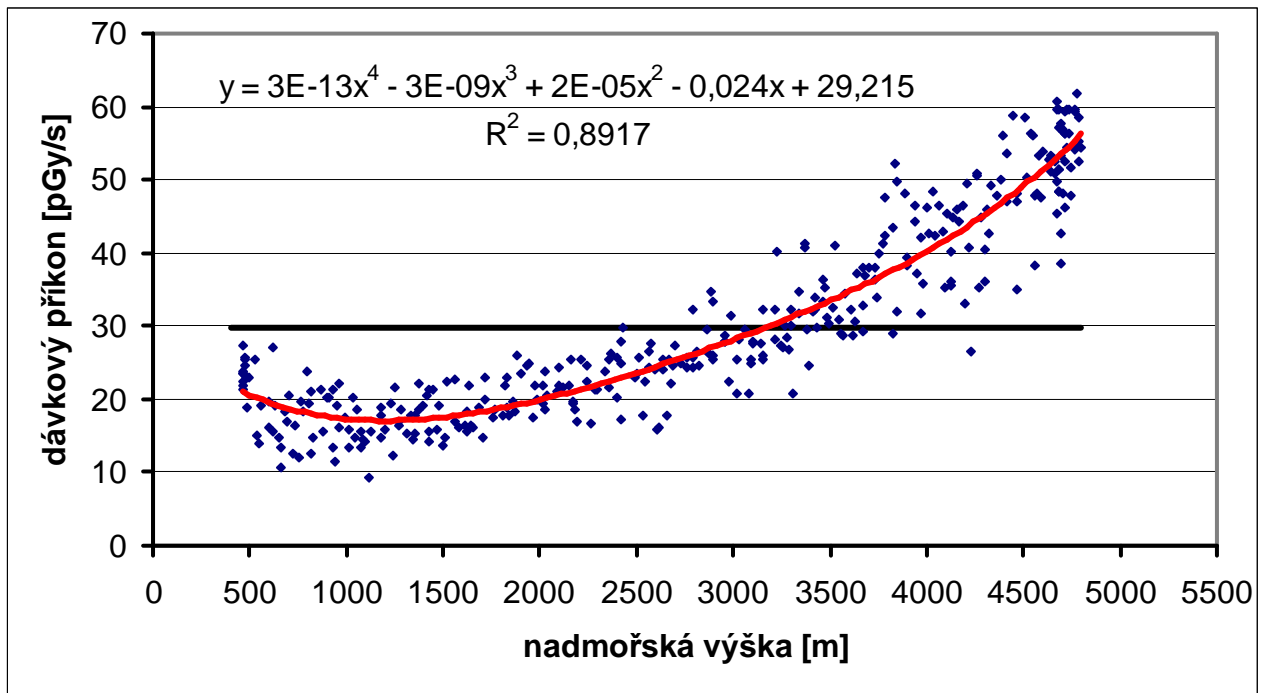
Pro měření nadmořské jsme využili dva přístroje. Modelářský výškoměr ALTI2 je digitální záznamník umožňující záznam výšky na základě změn atmosférického tlaku vzduchu. Dále jsme použili GPS model Garmin eTrex Legend. Pro výpočet polohy pro GPS navigátory je nutný výhled na oblohu a signál alespoň 3 družic. Přesnost určení pozice tohoto přístroje se pohybuje v rozmezí 3 – 15m a přesnost nadmořské výšky bývá 5 – 30 m.

3 Měření

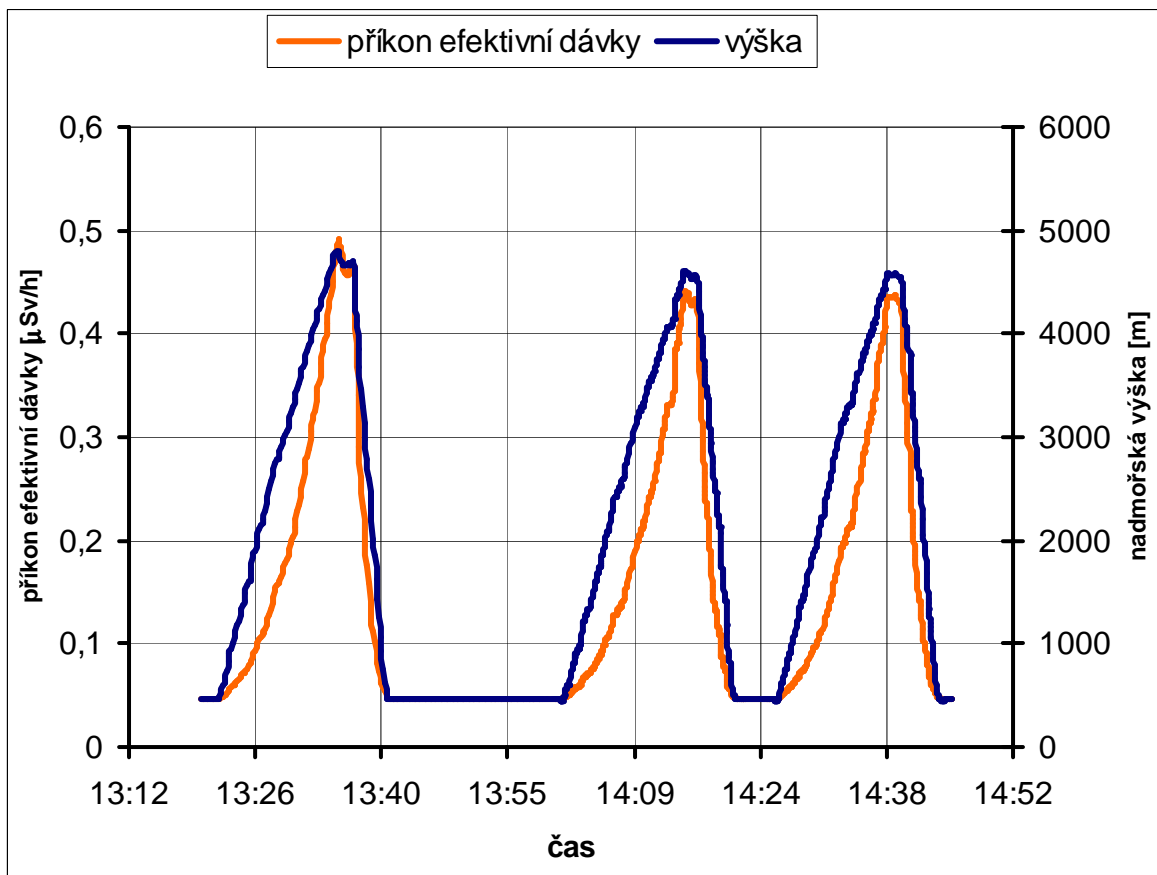
Nejprve jsme v laboratoři pomocí zářičů o známé aktivitě (^{60}Co a ^{137}Cs) zkalibrovali detektory. Dále jsme změřili absorbovanou dávku^{II} z přírodního pozadí v laboratorních podmínkách a na letištní ploše. Měření dávkového příkonu jsme uskutečnili během tří dvacetiminutových letů na palubě výsadkářského letadla L 410 – Turbolet. Ze scintilačního detektoru jsme odečítali hodnoty v desetivteřinových intervalech. Tkániequivaleční proporcionální počítač zaznamenával absorbované dávky v minutových intervalech. Dále jsme měřili výšku a zeměpisnou polohu pomocí GPS a výškoměru.

4 Výsledky

Na obrázku 1 jsou vyneseny hodnoty dávkového příkonu v závislosti na nadmořské výšce. Hodnota je proložena regresní křivka s funkčním předpisem polynomem čtvrtého řádu. Naměřenou závislost jsme porovnali s hodnotou naměřenou na letištní ploše (29,9 pGy/s), která je znázorněná na obrázku vodorovnou křivkou. Na obrázku 2 je modrou čarou znázorněn výškový profil všech tří letů a oranžovou čarou je vyznačen teoreticky stanovený (pomocí programu Cari 6) příkon efektivní dávky. Bohužel zde nemůžeme sledovat pokles dávkového příkonu, neboť program Cari 6 neuvažuje gama záření ze Země a počítá pouze s kosmickým zářením z vesmíru. Z tabulky integrálních absorbovaných dávek je zřejmé, že průměrná absorbovaná dávka se v různých přírodních prostředích liší jen velmi málo. Tato skutečnost je však ovlivněna letovým profilem (kdyby většina letu byla ve větší výšce, míra ozáření by též vzrostla).



Obrázek 1: Graf závislosti dávkového příkonu na nadmořské výšce
 (Rovnoběžná křivka znázorňuje hladinu dávkového příkonu při povrchu Země)



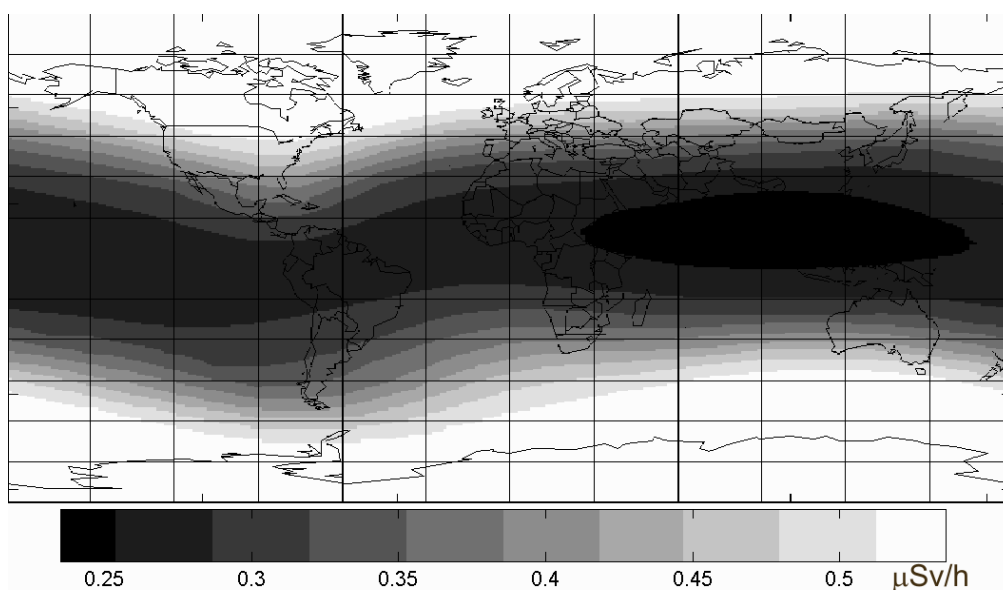
Obrázek 2: Letový profil

Tabulka 1: Integrální absorbované dávky měřené pomocí scintilačního detektoru

Místo měření	Průměrný dávkový příkon [pGys ⁻¹]	Dávka za 20 minut [nGy]
Kancelář	38,9	46,7
Ozařovna (⁶⁰ Co)	28800	34600
	24358*	29235*
Přistávací dráha	29,9	35,9
Letištní budova	27,9	33,5
1. let	32,4	40,8
2. let	30,6	41,8
3. let	30,7	42,4

* měřeno pomocí HAWK

Dále jsme využili program Cari 6 pro výpočet příkonů efektivní dávky v závislosti na zeměpisné poloze, což nám poskytuje jejich poměrně přesné plošné rozložení. Program Cari 6 nám vyhodnotil ze zadaných údajů (nadmořská výška, zeměpisná poloha a aktuální aktivita Slunce) matici 256x256 bodů, kterou jsme následně zobrazili pomocí MatLabu do profilu (Obrázek 3), kde jeden pixel odpovídá jedné hodnotě příkonu efektivní dávky. Z mapy je zřejmé, že největší radiační zatížení z kosmického záření se nachází v oblastech pólů. Míru zatížení výrazně ovlivňuje magnetické pole Země, které má vliv na pohyb a rychlost částic přicházejících z vesmíru. Mezi pólem a rovníkem můžeme pozorovat až rozdíl 0,3 $\mu\text{Sv/h}$ pro nadmořskou výšku 4500 m.



Obrázek 3: Plošné rozložení příkonů efektivních dávek na Zemi

5 Shrnutí

Experimentálně jsme ověřili, že absorbovaná dávka s rostoucí nadmořskou výškou nejprve klesá (v okolí Příbrami do výšky cca 1200 metrů nad mořem), což je způsobeno poklesem intenzity gama záření ze Země (klesá nepřímo úměrně kvadrátu výšky), a dále s výškou roste (kvůli postupně převládajícímu kosmickému záření).

Naše měření bylo poměrně přesné, o čemž svědčí relativní odchylka měření $\sigma = 0,019$ (relativní rozdíl mezi očekávanou a změřenou hodnotou dávkového příkonu ze záření ^{60}Co) a korelační koeficient polynomické regrese $R = 0,944$. Přesto by se daly navrhnout změny v experimentech, k výraznému zpřesnění by přispělo snížení vertikální rychlosti letadla (tím i prodloužení vlastního letu), volné zavěšení detektorů v letadle by omezilo chyby způsobené vibracemi konstrukce letadla. K dalšímu zpřesnění by též vedlo snížení pohybu a množství osob v blízkosti detektorů (kvůli přítomným radionuklidům v těle člověka).

^I Dávkový příkon je časová derivace absorbované dávky, jehož základní jednotkou je Gray za sekundu $[\text{Gy}\cdot\text{s}^{-1}] = [\text{m}^2\cdot\text{s}^{-3}]$

^{II} Absorbovaná dávka je absorbovaná energie v jednotce hmotnosti, jejíž základní jednotkou je Gray $[\text{Gy}] = [\text{m}^2\cdot\text{s}^{-2}]$. Absorbovaná dávka závisí na materiálu detektoru.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat našemu supervizorovi Ondřeji Plocovi za jeho obrovskou dávku trpělivosti a ochoty odpovědět na všechny dotazy. Dále děkujeme organizátorům Fyzikálního týdne za zprostředkování a financování krásného miniprojektu.

Reference:

PLOC, O.: *Diplomová práce – K některým dalším aspektům expozice posádek letadel kosmickému záření*, 2005,

GERNDT, J. *Detektory ionizujícího záření* ČVUT, 1996,

KLENER, V. A KOLEKTIV AUTORŮ: *Principy a praxe radiační ochrany* Azin CZ, 2000,

MECHLOVÁ, E. - KOŠTÁL, K. A KOLEKTIV AUTORŮ: *Výkladový slovník fyziky pro základní vysokoškolsky kurz fyziky*, Prométheus, 2001