

Radiační zátěž na palubách letadel

M. Flusser¹, L. Folwarczny², D. Kalasová³, L. Lachman⁴,
V. Větrovec⁵

¹Smíchovská střední průmyslová škola, Praha, martin.flusser@atlas.cz

²Gymnázium Komenského, Havířov, lfolwarczny@seznam.cz

³Gymnázium Boskovice, Boskovice, dominika.kalasova@seznam.cz

⁴Gymnázium Otomara Vaňorného, Vysoké Mýto,
lukicinho@seznam.cz

⁵Gymnázium Třebíč, Třebíč, v.vetrovec@gmail.com

Abstrakt:

Naše práce má za cíl změřit závislost dávkového příkonu na nadmořské výšce. Při jejím vypracování jsme letěli letadlem do výšky 4500 m n. m. se scintilačním detektorem a GPS zařízením pro záznam nadmořské výšky. Naměřená data jsme statisticky analyzovali, určili jsme minimální hodnotu dávkového příkonu a odpovídající nadmořskou výšku. Dále jsme porovnali hodnoty dávkového příkonu na letišti, v 4500 m n. m., v budově a v ozařovně.

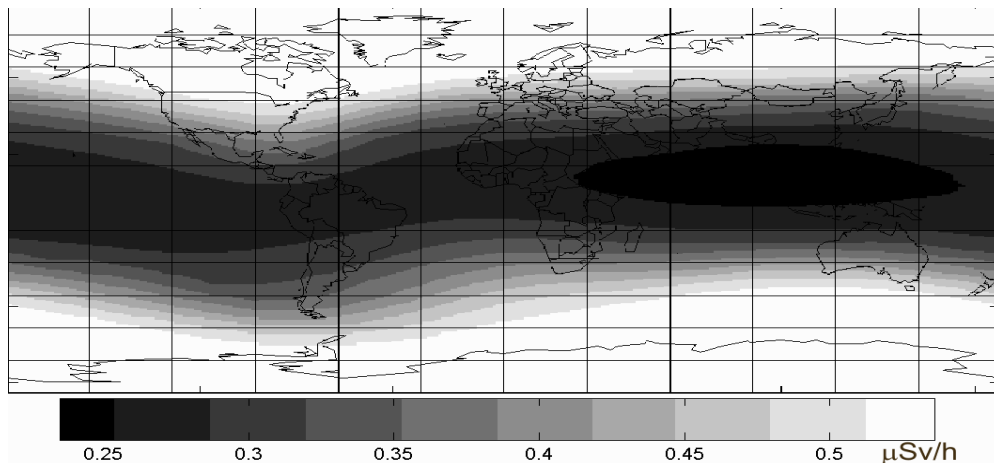
1 Úvod

Kosmické záření tvoří při zemském povrchu 16% přírodní radiace. S rostoucí nadmořskou výškou roste jeho podíl a zároveň klesá příspěvek terestriálního záření. V letových výškách komerčních letadel je příspěvek kosmického záření natolik vysoký, že lidé pravidelně cestující na jejich palubách (piloti, letušky, atd.) jsou považováni za pracovníky se zářením. Jejich radiační zátěž se stanovuje výpočtem pomocí programů, např. CARI-6 [1] a EPCARD [2].

Kosmické záření můžeme rozdělit na primární a sekundární. Primární kosmické záření má dvojí původ (sluneční, galaktický). Je tvořeno z 95% protony, zbytek tvoří elektrony a těžká nabitá jádra. Sekundární kosmické záření se vytváří v atmosféře po interakci primárního záření s prvky atmosféry. Intenzita kosmického záření v atmosféře je ovlivněna třemi faktory:

- nadmořskou výškou (kosmické záření je stíněno zemskou atmosférou)
- zeměpisnou polohou (kosmické záření je stíněno magnetickým polem Země)
- sluneční aktivitou (kosmické záření je stíněno magnetickým polem Slunce).

V rámci našeho projektu jsme sledovali první z těchto faktorů, zjišťovali jsme závislost dávkového příkonu záření na nadmořské výšce. Závislost kosmického záření na zeměpisné poloze znázorňuje obr.č.1, kde tmavší plochy v oblastech rovníku značí nižší dávky radiace než světlé plochy v oblastech pólů.



obr.č.1-plošné rozložení
příkonů efektivních dávek
v nadmořské výšce 4500
m.n.m.

obr.č.1

Kosmické záření objevil roku 1911 rakouský fyzik Victor Franz Hess a na jeho výzkumu se podílel také český vědec František Běhounek, který založil Státní radiologický ústav ČR a katedru dozimetrie na Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské.

2 Metody

Cílem bylo zjistit závislost dávkového příkonu na nadmořské výšce. K tomu jsme použili detektor - plastický scintilátor NB3201 a GPS Garmin. Dávkový příkon je definovaný jako: $\dot{D} = \frac{\Delta D}{\Delta t}$, kde D je absorbovaná dávka definovaná vztahem: $D = \frac{\Delta E}{\Delta m}$

t je čas, E je deponovaná energie a m je hmotnost [3].

Před samotným měřením jsme detektor kalibrovali pro aktuální hodnotu dávkového příkonu. Kalibraci jsme provedli s cesiovými zdroji - jednak s lehkým, přenosným, jednak se stacionárním silným, umístěným v ozařovně. V obou případech jsme znali dávkový příkon v čase t_0 a bylo potřeba uvažovat radioaktivní zákon přeměny pro stanovení aktuálního dávkového příkonu

$$N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t} \quad (1)$$

kde N(t) je počet jader radionuklidu v čase t, N_0 je počet radionuklidů v čase t_0 a λ je přeměnová konstanta – dá se stanovit pomocí poločasu přeměny $T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$.

Předpokládali jsme, že dávkový příkon \dot{D} je přímo úměrný počtu jader N, takže pro výpočet jsme použili upravený vztah (1). Za $T_{1/2}$ jsme dosadili poločas přeměny ^{137}Cs , $T_{1/2} = 30,07$ let. Ostatní hodnoty použité ve výpočtu jsou uvedeny v tab.č.1, vypočítané hodnoty jsou ve třetím sloupci.

Záříč	t_0	\dot{D}_0 [nGy s ⁻¹]	\dot{D} [nGy s ⁻¹]
Malý přenosný	10.4.2008	1,705	1,66
Velký stacionární	1.1.1997	62,6 .10 ³	46,9 .10 ³

Tab.č.1

Podle vypočítaných hodnot pro malý záříč jsme provedli kalibraci přístroje na letišti a uskutečnili s ním měření na palubě letadla. Podle vypočítaných hodnot pro stacionární záříč jsme v ozařovně experimentálně ověřili vypočítanou hodnotu dávkového příkonu, která byla $\dot{D} = 47,2 \cdot 10^3$ nGy s⁻¹, což přibližně odpovídá vypočítané hodnotě.

3 Výsledky

Měření na palubě letadla jsme uskutečnili třikrát. Časové závislosti naměřeného dávkového příkonu a nadmořské výšky jsou uvedeny na obrázcích č.1,2,3.



Obr.1



Obr.2

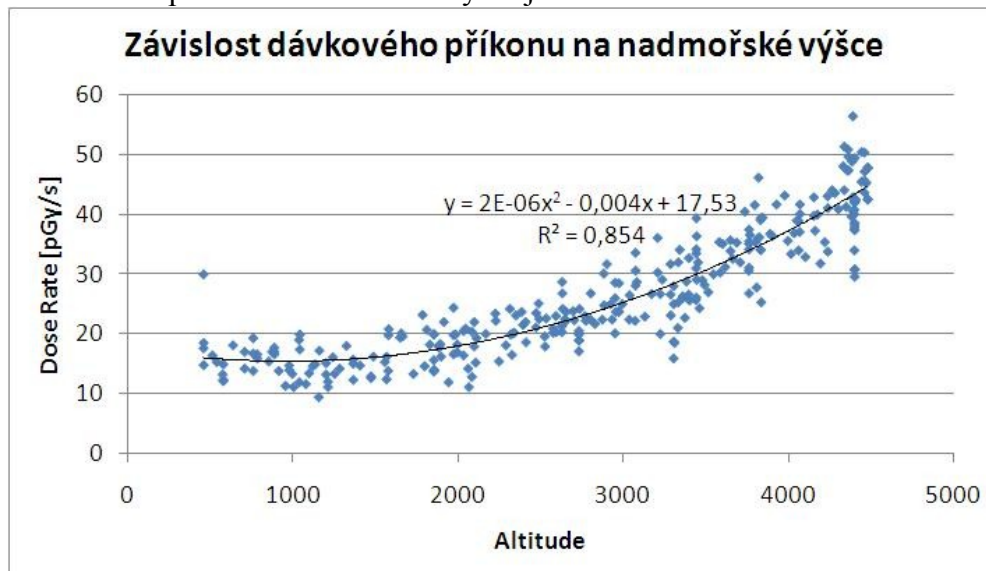


Obr.3

Na levé ose y jsou naneseny hodnoty dávkového příkonu v pGy s^{-1} , které jsme naměřili scintilačním detektorem na palubě letadla během letu. Na levé ose y je nanesena nadmořská výška (letiště se nachází v 454 m n. m. a maximální výška, do níž jsme vystoupali, je 4480 m

n. m.). Absolvovali jsme celkem 3 lety, každý o délce 20 minut. Velké skoky v hodnotách dávkového příkonu na začátku a na konci měření jsou způsobeny vibracemi letadla během poježdění po dráze a reakcí detektoru na tento jev zvýšením signálu. Na letištní ploše jsme naměřili hodnotu dávkového příkonu $30,7 \text{ pGy s}^{-1}$.

Závislost dávkového příkonu na nadmořské výšce je uvedena na obrázku č.4.



Obr.4

Na ose y jsou zaneseny hodnoty dávkového příkonu v pGy s^{-1} naměřené během všech tří měření na palubě letadla a na ose x nadmořská výška. Do grafu je vložena polynomická regresní přímka 2. řádu. Regresi jsme ověřili výpočtem pro přesnější vyjádření regresních koeficientů: $a=2,35061\text{E}-06$, $b=-0,004504216$ a $c=17,53096433$. Na letištní ploše (454 m n. m.) bylo naměřeno $30,7 \text{ pGy s}^{-1}$. V 958 m n. m. dosáhl dávkový příkon nejnižší hodnotu $15,4 \text{ pGy s}^{-1}$ a v 4480 m n.m. nejvyšší hodnotu $44,5 \text{ pGy s}^{-1}$.

Z obrázku č.4 je zřejmé, že hodnota dávkového příkonu nejdříve klesá a po určité výšce (v tomto případě 958 m n. m.) začne opět stoupat. To je způsobené úbytkem terestriálního záření, které je dostatečně stíněno narůstající vrstvou vzduchu.

Dále jsme provedli srovnání naměřených dávek na letišti, během letu, v budově Oddělení dozimetrie záření (ODZ) a v ozařovně. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce č.2.

Místo	Dávkový příkon [nGy h^{-1}]
Letištní plocha (454 m n.m.)	$110,52 \pm 5,53$
Minimální dávka (958 m n.m.)	$55,44 \pm 8,32$
Maximální dávka (4480m n.m.)	$167,31 \pm 24,05$
Místnost v budově ODZ	$122,25 \pm 18,34$
Ozařovna	$169,92 \cdot 10^6 \pm 8,50 \cdot 10^6$

Tab.č.2

4 Shrnutí

Změřili jsme dávkovou závislost na nadmořské výšce a zjistili jsme, že se dá proložit kvadratickou funkcí. Minimum této závislosti jsme našli ve výšce 958 m n. m. a jeho hodnota je $15,4 \text{ pGy s}^{-1}$. Hodnota na letištní ploše je vzhledem k nalezenému minimu přibližně dvojnásobná, tj. $30,7 \text{ pGy s}^{-1}$. Letěli jsme až do výšky 4480 m n. m., kde jsme naměřili

hodnotu dávkového příkonu přibližně trojnásobnou vzhledem k minimu, tj. 44,5 pGy s⁻¹. Stejné hodnoty jako na letištní ploše jsme dosáhli až ve výšce 3070 m n. m.

Ze srovnání dávkových příkonů v letadle a v budově (viz tab č.2) vyplývá, že piloti létající do těchto výšek nejsou významně ozářeni kosmickým zářením. Na rozdíl od těchto pilotů piloti dopravních letadel létající v nadmořských výškách 10-12 km jsou vystaveni významně vyšší radiaci, a proto jsou zařazeni mezi pracovníky s ionizujícím zářením.

Poděkování

Tímto bychom rádi poděkovali Fakultě jaderně a fyzikálně inženýrské ČVUT a organizátorům Fyzikálního týdne za možnost uskutečnění tohoto projektu, zvláště pak našemu supervizorovi Ondřeji Plocovi.

Reference:

- [1] CARI <http://jag.cami.jccbi.gov/cariprofile.asp> 16.6.2009
- [2] EPCARD http://www.helmholtz-muenchen.de/epcard2/index_en.phtml 16.6.2009
- [3] KLENER V. A KOL. *Principy a praxe radiační ochrany* SÚJB 2000 str. 83