

Kozmické žiarenie a oblačnosť na Lomnickom štíte

M. Kancírová¹, K. Kudela¹, I. Parnahaj²

¹ Ústav experimentálnej fyziky, SAV, Košice, Slovensko, m.kancirova@centrum.sk

² Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach, Slovensko

Abstract

The Earth's climate has always been changing. This is documented in historical as well as in geological records. The reasons for these changes, however, have always been subject to discussions and are still not well understood. The most promising candidate is a change in cloud formation because clouds have a very strong impact on the radiation balance and because only little energy is needed to change the cloud formation process. One of the ways to influence cloud formation might be through the cosmic ray flux that is strongly modulated by the varying solar activity. We examined daily means of cosmic ray (CR) neutron monitor count rates at Lomnický štít (2634 m a.s.l) and the cloudiness as measured by Slovak Hydrometeorological Institute at the same site for period 1982 – 2010.

Keywords: Cloudiness, Solar activity, Cosmic ray

Abstrakt

Zemská klima se neustále mění. Je to zdokumentováno tak v historických i v geologických záznamech. Důvody těchto změn byly však vždy předmětem diskusí a stále jim dobře nerozumíme. Nejslibnějším kandidátem je změna v tvorbě oblaků, neboť ty mají velmi silný dopad na radiační bilanci a protože je potřebná jen malá energie na změnu procesů tvorby oblaků. Jedním ze způsobů ovlivňování tvorby oblaků by mohlo být prostřednictvím toku kosmického záření, které je silně modulované měnící se sluneční aktivitou. Dopad změn toku kosmického záření na oblačnost jsme zkoumali na základě údajů z Lomnického štítu (2634 m n. m.) a Slovenského hydrometeorologického ústavu za období 1982 - 2010.

Klíčová slova: oblačnost, sluneční aktivita, kosmické záření

1 Úvod

Podnebie v celej histórii Zeme prešlo veľkými zmenami. Predpokladá sa, že existuje niekoľko faktorov, ktoré ovplyvňujú podnebie Zeme ako napríklad zmeny obežnej dráhy Zeme okolo Slnka, veľké sopečné erupcie, zmeny v koncentrácii skleníkových plynov a zmeny slnečnej aktivity. Od roku 1850 zemské podnebie prešlo významným oteplením. Príčiny tohto oteplenia sú predmetom mnohých debát. Súčasný konvenčný pohľad na globálne otepľovanie vyzerá tak, že vo veľkej miere je zapríčinené vzrastom skleníkových plynov. Niektorí vedci tvrdia, že Slnko môže zohrávať dôležitú úlohu pri zmenách klímy Zeme. Výskumníci preto skúmajú, ako môže ovplyvniť klímu na Zemi.

Svensmark a Friis-Christensen (1997) na základe analýzy dát z ISCCP – C2 dokázali priame spojenie medzi celkovou oblačnosťou a tokom kozmického žiarenia. Ale skutočné mikrofyzikálne vysvetlenie takéhoto vzťahu zatiaľ chýba. Existuje niekoľko možností, ktoré všetky závisia na voľných nabitých iónoch nachádzajúcich sa v dolnej stratosfére a v troposfére produkovaných kozmickým žiarením. Túto teóriu následne rozvinul Svensmark (2000). Oblačnosť je silne ovplyvnená intenzitou kozmického žiarenia. Oblaky ovplyvňujú vyžarovacie vlastnosti atmosféry ako je ochladenie pomocou odrazu dopadajúceho krátkovlnného žiarenia a ohrievania zachytávaním odchádzajúceho dlhovlnného žiarenia (skleníkový efekt). Samotné výsledky závisia do značnej miery od výšky oblakov a ich optickej hrúbky (vysoké opticky tenké oblaky majú tendenciu sa ohrievať, zatiaľ čo nízke opticky hrubé oblaky majú tendenciu sa ochladzovať). Podľa Dormana (2012) priame satelitné merania posledných dvoch slnečných cyklov ukazujú iba 0,1% vplyv slnečného žiarenia na zemskú klímu. Táto hodnota je príliš malá k vysvetleniu pozorovaných klimatických zmien počas slnečných cyklov. Na druhej strane uvádza vzťah medzi kozmickým žiarením a nízkou oblačnosťou. Použitím najaktuálnejších dát Kristjánsson (2004) potvrdil veľkú negatívnu koreláciu medzi celkovou priemernou nízkou oblačnosťou a slnečným žiarením. Ale nebol zistený tento vzťah ako štatisticky významný. Korelácia medzi nízkou oblačnosťou a galaktickým kozmickým žiarením je oveľa slabšia ako medzi slnečným žiarením a nízkou

oblačnosťou, aj keď odstránenie trendu dát oblačnosti podstatne zvyšuje koreláciu. Argumentuje, že priestorové korelačné vzory majú väčší zmysel než korelácie využívajúce celkovo spriemerované oblasti. Toto nás motivuje k pokusu určiť vzájomnú súvislosť toku galaktického kozmického žiarenia a oblačnosti v jednom mieste, nameranom na Lomnickom štíte.

Pri krátkodobých zmenách intenzity kozmického žiarenia (Forbushove efekty, GLE) podľa Dormana (2012) nie je žiadna korelácia, zatiaľ čo pri dlhodobých zmenách je pozitívna korelácia medzi oblačnosťou a intenzitou kozmického žiarenia. Rozsiahla štúdia (Calogovic et al, 2010) nezaznamenáva žiadnu významnú reakciu oblačnosti na Forbushove poklesy.

Cieľom tejto práce je zistiť lokálny súvis medzi nízkou oblačnosťou (oblaky siahajúce od povrchu zeme do výšky 2 km) a kozmickým žiarením meraným na Lomnickom štíte.

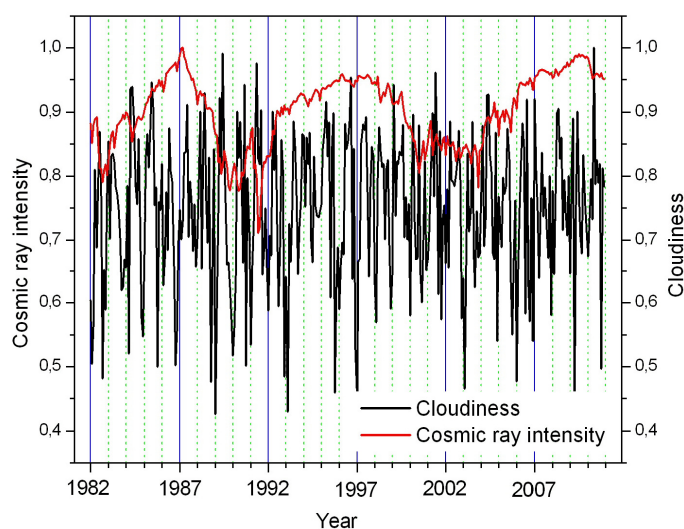
2 Dáta

V našej práci sme vychádzali z dvoch súborov dát obsahujúcich denné hodnoty priemerov intenzít kozmického žiarenia a oblačnosti pokrývajúce obdobie 1982 – 2010. Súbor dát reprezentujúci denné priemery intenzít kozmického žiarenia (Obr.2) sme získali z hodinových dát, ktoré zaznamenal neutrónový monitor na Lomnickom štíte (<http://neutronmonitor.ta3.sk/archive.php>). Hodinové dáta sú normované 100% úrovňou dosiahnutou v septembri 1986, ktorá predstavuje 1 745 200 počet častíc za hodinu.

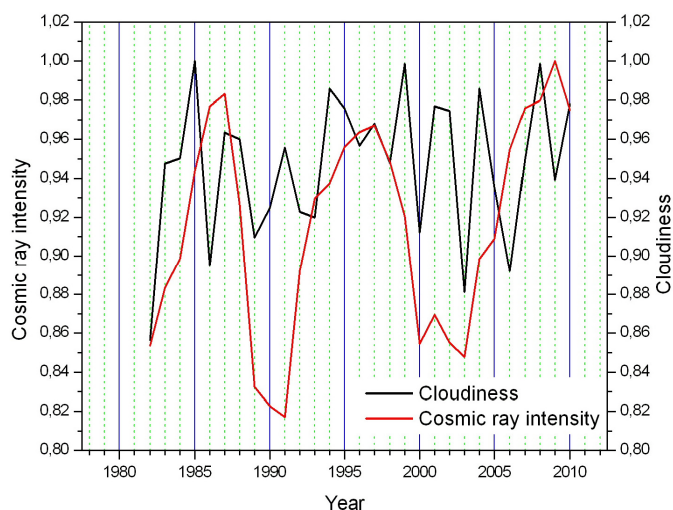
Hodnoty denných priemerov oblačnosti sme získali zo Slovenského Hydrometeorologického ústavu (SHMÚ) v Košiciach od A. Vinceovej. SHMÚ je špecializovaná organizácia vykonávajúca hydrologickú a meteorologickú službu na národnej aj medzinárodnej úrovni. Slovenský hydrometeorologický ústav zriadilo 1. januára 1969 Ministerstvo lesného a vodného hospodárstva. SHMÚ pokračoval v meteorologickej a hydrologickej službe, ktoré pôsobili na území Slovenska približne od polovice 19. storočia. (<http://www.shmu.sk/sk/?page=1793>)

Množstvo oblačnosti vyjadruje akú celkovú časť oblohy v desatinách oblačnosť pokrýva. Množstvo oblačnosti sa odhaduje z miesta, ktoré umožňuje prehliadnúť celú oblohu. Oblaky roztrúsené po oblohe si predstavíme zoskupené tak, aby sa neprekrývali a zároveň, aby neboli medzi nimi medzery. Potom sa odhaduje koľko desiatín plochy oblohy je pokrytých oblakmi, prípadne hmlou. Odhadnutý počet desiatín zapíšeme v celých číslach a to od 0 po 10. Množstvo oblačnosti 0 sa zapisuje len vtedy, ak je obloha bez jediného obláčika. Stupeň množstva oblačnosti 1 sa musí zapísať aj vtedy, keď na oblohe sú viditeľné len malé stopy po oblakoch, t.j. aj vtedy, ak sú pri celkom zakrytej oblohe medzi oblakmi iba malé modré medzery. Číslo 10 znamená, že celá obloha je pokrytá oblačnosťou alebo hustou hmlou a nie je vidieť ani kúsok modrej oblohy alebo hviezdneho neba.

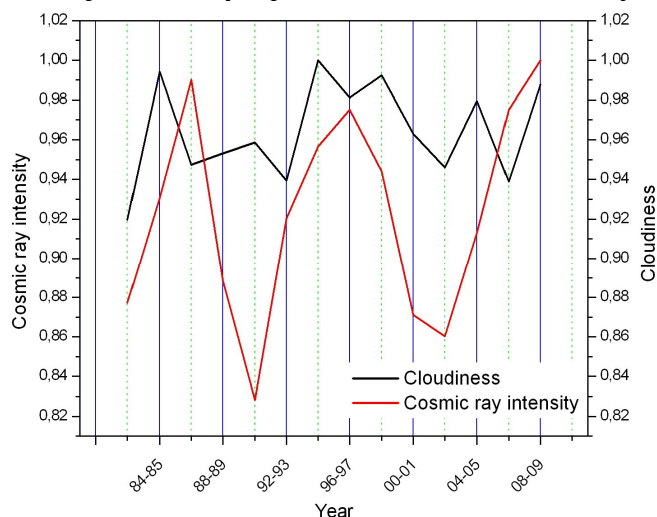
Spojenie intenzity kozmického žiarenia a oblačnosti je ilustrované na obrázkoch 2 až 4. Z nich môžeme vidieť, že prakticky nie je spojenie medzi mesačnými priermi intenzít kozmického žiarenia a oblačnosťou (Obr. 2), ale ukazuje sa slabšia závislosť medzi ročnými a dvojročnými priermi (Obr. 3, Obr. 4). Na potvrdenie resp. vyvrátenie závislosti sme použili jednoduchú štatistickú analýzu.



Obr. 2 *Priebeh mesačných priemerov intenzít kozmického žiarenia normovaných hodnotou 102,73 dosiahnutou v marci 1987 a priebeh mesačných priemerov oblačnosti normovaných hodnotou 9,08 dosiahnutou v máji 2010.*



Obr. 3 Priebek ročných priemerov intenzít kozmického žiarenia normovaných hodnotou 101,15 dosiahnutou v 2009 a priebek ročných priemerov oblačnosti normovaných hodnotou 7,16 dosiahnutou v 1985.



Obr. 4 Priebek dvojočných priemerov intenzít kozmického žiarenia normovaných hodnotou 100,12 dosiahnutou v 2008 – 2009 a priebek dvojočných priemerov oblačnosti normovaných hodnotou 7,02 dosiahnutou v 1994 – 1995.

3 Metóda analýzy údajov

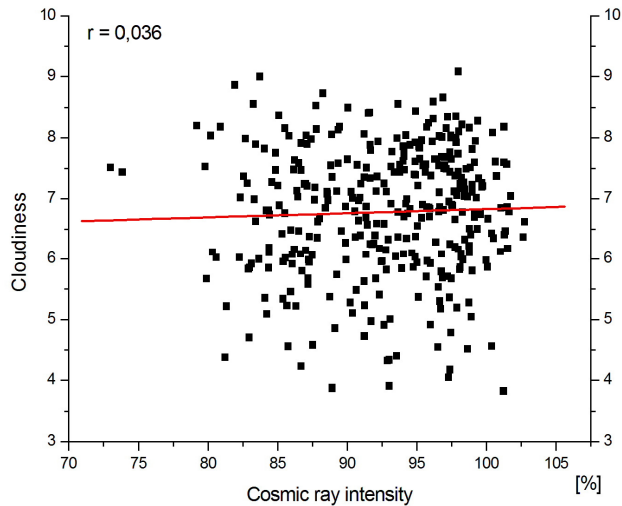
V tejto práci sme použili na skúmanie vzťahu medzi oblačnosťou a intenzitou kozmického žiarenia korelačnú analýzu. Je to najbežnejšie používaná štatistická metóda. Koeficient lineárnej korelácie (označenie r) meria štatistickú lineárnu závislosť medzi dvoma premennými. Nadobúda hodnoty z intervalu $\langle -1, 1 \rangle$. V prípade, že koeficient je rovný 0 medzi premennými neexistuje lineárna závislosť. Kladné hodnoty koeficienta korelácie svedčia o pozitívnej závislosti a záporné hodnoty o negatívnej závislosti. Vypočíta sa podľa vzťahu:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

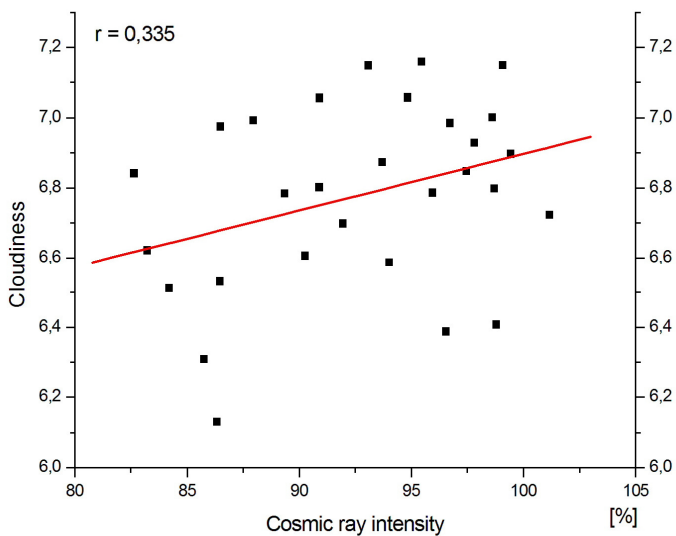
Kde x_i a y_i sú hodnoty premenných a \bar{x} a \bar{y} sú priemery premenných (Chajdiak, 2003).

4 Výsledky

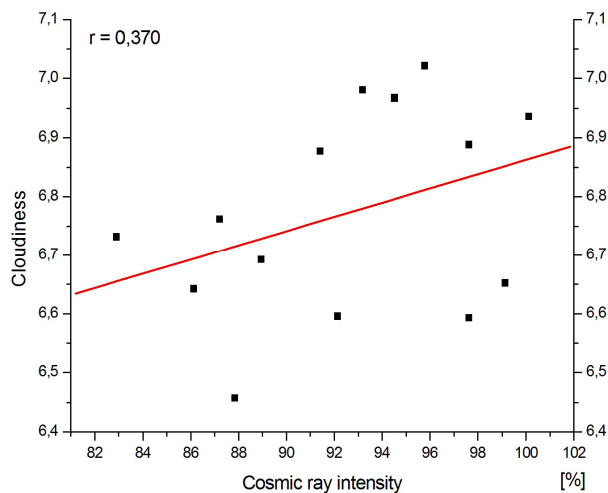
Skúmali sme závislosť medzi mesačnými (Obr. 5), ročnými (Obr. 6) a dvojročnými (Obr. 7) priemerami hodnôt oblačnosti a intenzít kozmického žiarenia použitím dostupných údajov. Z grafov môžeme odhadnúť pozitívnu korelačnú závislosť medzi premennými. Tento predpoklad môžeme overiť výpočtom korelačného koeficienta pre všetky tieto tri prípady.



Obr. 5 Graf ukazuje závislosť mesačných priemerov oblačnosti od mesačných priemerov intenzít kozmického žiarenia za obdobie 1. 1. 1982 – 31. 12. 2010. Korelačný koeficient r má hodnotu 0,036 (z $n = 348$ bodov).



Obr. 6 Graf ukazuje závislosť ročných priemerov oblačnosti od ročných priemerov intenzít kozmického žiarenia za obdobie 1. 1. 1982 – 31. 12. 2010. Korelačný koeficient r má hodnotu 0,335 (z $n = 29$ bodov).



Obr. 7 Graf ukazuje závislosť dvojiročných priemerov oblačnosti od dvojiročných priemerov intenzít kozmického žiarenia za obdobie 1. 1. 1982 – 31. 12. 2010. Korelačný koeficient r má hodnotu 0,370 (z $n = 14$ bodov).

Korelačný koeficient vypočítaný pre mesačné priemery oblačnosti a intenzít kozmického žiarenia má hodnotu $r = 0,036$, teda medzi týmito dvoma súbormi dát nie je lineárna závislosť. Hodnota korelačného koeficienta vypočítaná pre ročné a dvojiročné priemery týchto súborov údajov má hodnotu $r = 0,335$ a $r = 0,370$ v uvedenom poradí. Vypočítaná hodnota ukazuje slabšiu pozitívnu závislosť medzi týmito údajmi. Výsledok nie je štatisticky významný, t.j. medzi údajmi, ktoré sme mali k dispozícii nie je lineárna závislosť.

5 Záver

Naša analýza bola uskutočnená preto, aby sme sa pokúsili zistiť, či môže mať kozmické žiarenie lokálny vplyv na nízku oblačnosť. Výsledky štúdia neposkytli jednoznačný dôkaz tohto vzťahu. Z údajov, ktoré sme mali k dispozícii sa javí len slabšia závislosť. Pre vyslovenie jednoznačného záveru je potrebné dlhšie časové obdobie merania a tiež aj pochopenie fyzikálnej podstaty, ako môže kozmické žiarenie ovplyvňovať oblačnosť.

PodĎakovanie

Tento príspevok podporovala agentúra VEGA, v rámci grantového projektu 2/0040/13. Poďakovanie patrí SHMÚ za poskytnutie dát.

Referencie

1. Calogovic, J., Albert, C., Arnold, F., Beer, J., Desorgher, L., Flueckiger, E. O. Sudden cosmic ray decreases: No change of global cloud cover, *Geophysical Research Letter*, Vol. 37, L03802, doi: 10.1029/2009GL041327, 2010.
2. Dorman, L.I. Cosmic rays and space weather: effects on global climate change, *Ann. Geophys.*, 30, 9 – 19, doi: 10.5194/angeo-30-9-2012.
3. Chajdiak, J. 2003. Štatistika jednoducho. 1. vyd. Bratislava: STATIS, 2003. 194 s. ISBN 80 – 85659 – 28 – X.
4. Kristjánsson, J.E., Kristiansen, J., Kaas, E. Solar activity, cosmic rays and climate – an update, *Advances in Space Research*, 34, 407 – 415, 2004.
5. Svensmark, H., Friis-Christensen, E. Variation of cosmic ray flux and global cloud coverage – a missing link in solar – climate relationships, *Journal of Atmospheric and Solar – Terrestrial Physics*, Vol. 59, No. 11, pp. 1225 – 1232, 1997.
6. Svensmark, H., Cosmic rays and Earth's climate, *Space Sci. Rev.*, 93, 155 – 166, 2000.
7. Židek, D., Lipina, P., Návod pro pozorovatele meteorologických stanic, ČHMÚ, Ostrava, 2003, 90 s. Metodický předpis č. 13.

Prezentace: [zareni.ppt](#)