

Možné korelace mezi geomagnetickou aktivitou a globální teplotou vzduchu

Jaroslav Střeščík

Geofyzikální ústav Akademie věd České republiky, v.v.i., Praha, Česká republika

Abstrakt: Roční hodnoty indexů geomagnetické aktivity *aa* byly porovnány s průměrnými ročními hodnotami globální teploty vzduchu za období 1850-2012. Přes velký rozptyl vychází kladná významná korelace. Ta však pouze odráží velmi podobnou dlouhodobou změnu obou sledovaných veličin, která nemusí mít společnou příčinu. Krátkodobější změny s periodami řádově roky či desetiletí jsou u obou veličin zcela jiné a vzájemná korelace je nulová. Při porovnání kratších úseků v délce jen několika desítek let, kde se dlouhodobá změna příliš neprojeví, vycházejí korelace různé. Významná korelace nalezená pro celé období tedy není perzistentní. Není tak prokázán žádný vliv geomagnetické aktivity na globální teplotu vzduchu v kratších časových dimenzích a nelze tedy využít odhadu možného budoucího průběhu geomagnetické aktivity k předpovědi globální teploty v budoucnosti. Při použití teplotních dat z jednotlivých stanic namísto teploty globální mohou vyjít korelace jiné, ale ani tyto nejsou perzistentní. Stejně tak při jakékoli jiné volbě kratších intervalů.

Possible correlations between geomagnetic activity and global air temperature

Abstract: Annual values of the geomagnetic activity indices *aa* have been compared with the annual mean values of global air temperature during 1850-2012. Despite of a big noise level a significant positive correlation takes place. However, it only reflects a very similar long-term change occurring in both investigated quantities, which must not have a common origin. Short periodical changes with periods of years or decades are at both quantities quite different and their correlation is negligible. When shorter parts with the length of about some decades have been compared, resulting correlations were different. The significant correlation for the whole period is therefore not persistent. No influence of the geomagnetic activity on global temperature in shorter time dimensions has been proved and therefore it is not possible to use any estimate of a possible course of the geomagnetic activity for a prediction of the global temperature in the future. Using the temperature data from the individual stations instead of the global ones different correlations can be obtained but even these are not persistent. The same result will follow using any other selection of shorter intervals.

Hledání souvislostí mezi změnami sluneční či geomagnetické aktivity a počasím nebo klimatem je starého data. Badatelé dodnes nejsou v této otázce jednotni, najdou se nadšení zastánci mimozemských vlivů i jejich zapřísnění odpůrci. Sluneční a geomagnetická aktivita podléhá různým periodickým i neperiodickým změnám, které by se měly odrážet i v chodu meteorologických veličin v různém časovém období. Vcelku se badatelé shodují v tom, že jistá podobnost existuje u dlouhodobých změn (Love et al., 2011, Scafetta and West, 2006). Lze však namítnout, že mnohé tyto výsledky vycházejí ze zpracování relativně krátkého období – jen několik dlouhodobých period – a to nemusí být průkazné. Při postupu do kratších časových dimenzí se podobnost vytrácí, přesto však bývá občas nalezena (Bucha, 2012, El Borie et al., 2012), avšak právě zde se jedná o zpracování poměrně krátkých časových úseků. V každém případě výrazná 11-letá periodičita u sluneční aktivity nemá svou obdobu v chodu žádné meteorologické veličiny. Zde se zaměříme na porovnání geomagnetické aktivity a globální teploty vzduchu za období 160 let, tedy na změny střednědobé až dlouhodobé. Podobnost obou těchto veličin budeme posuzovat i v různých kratších obdobích.

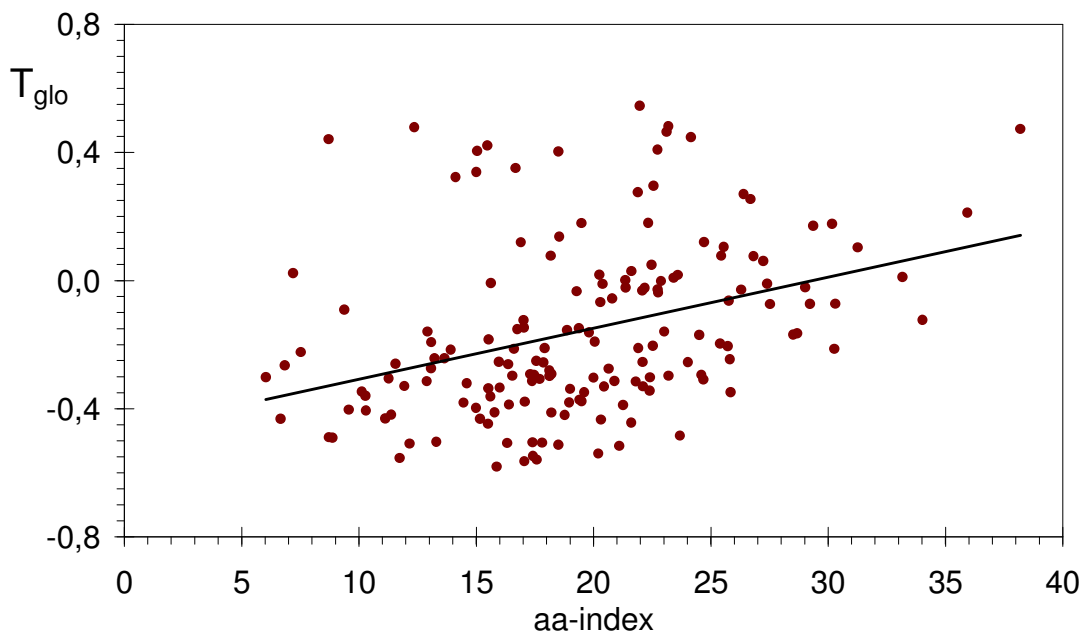
Nejdelší nepřerušovaná řada indexů, které popisují úroveň geomagnetické aktivity, je řada indexů *aa* (Mayaud, 1972). Ty jsou určovány ze záznamů geomagnetických observatoří na dvou protilehlých místech Země, v Anglii a v Austrálii. K dispozici jsou hodnoty pro každý den počínaje rokem 1868. Přístupné jsou na internetových stránkách ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/GEOMAGNETIC_DATA/AASTAR/aaindex. Později Nevanlinna a Kataja (1993) rozšířili řadu dále do minulosti až k roku 1844 na základě nepřímých a neúplných dat, avšak pro toto rozšíření byly určeny pouze roční hodnoty *aa*-indexů. Zde se zaměříme především na průměrné roční hodnoty těchto indexů, zčásti i na jejich měsíční průměry. Běžně používané celozemské indexy *Ap*, určené na základě *K*-indexů ze sítě stanic, jsou k dispozici teprve od r. 1932.

Globální teplota je průměrná teplota vzduchu spočtená ze sítě vybraných stanic rozmístěných po celé zeměkouli. Hodnoty jsou vztaženy k průměru za roky 1971-2000, který je tak roven nule. K dispozici jsou měsíční hodnoty od roku 1850 (Brohan et al., 2006), které jsou dostupné také na internetových stránkách <http://hadobs.metoffice.com/hadcrut3/diagnostics/index.html>. Zde jsou použity pouze roční hodnoty.

Na obr. 1 je ukázán vztah mezi ročními hodnotami geomagnetické aktivity dané indexem *aa* a průměrnou roční globální teplotou za období 1850-2012. Přes velký rozptyl obrázek ukazuje, že v letech s vyšší geomagnetickou aktivitou lze očekávat vyšší globální teplotu. Korelační koeficient je zde 0,36 a je významný na 99% úrovni významnosti. Téměř stejný obrázek i korelační koeficient dostaneme pro roční časový

posuv, tj. když globální teplotu porovnááme s loňskou geomagnetickou aktivitou. Teprve při větším posuvu korelace rychle klesá. Obdobný graf pro sluneční aktivitu (Wolfova čísla) namísto geomagnetické aktivity by ukázal rozptýl bodů větší a korelaci slabší, koeficient je jen 0,15, což je právě na hranici 95% významnosti. Korelace mezi sluneční a geomagnetickou aktivitou za stejné období je vysoká, avšak ne příliš, koeficient dosahuje jen hodnoty 0,58. Geomagnetická aktivita není tedy pouhým odrazem aktivity sluneční, zahrnuje v sobě ještě mnoho dalších vlivů a dá se tedy považovat alespoň zčásti za faktor nezávislý. Proto je takový rozdíl v korelaci globální teploty se sluneční nebo s geomagnetickou aktivitou.

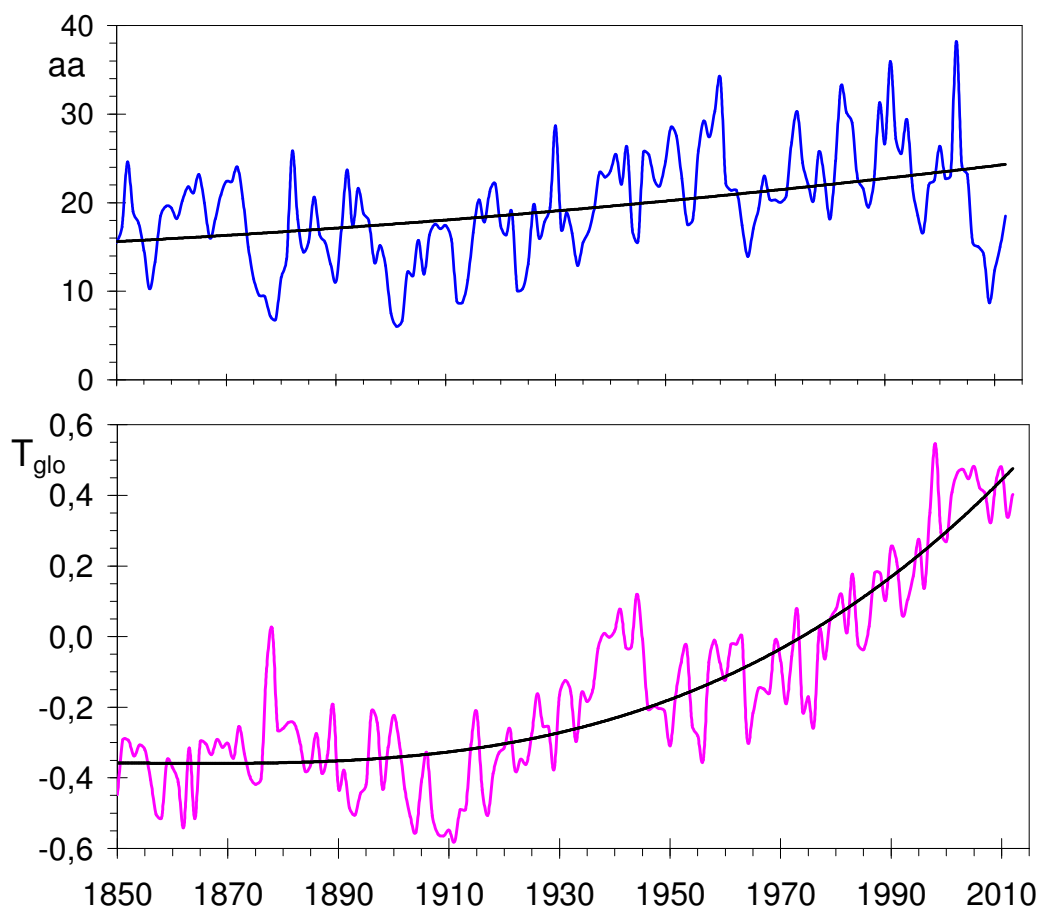
Zde bychom mohli skončit se závěrem, že jsme prokázali, jak geomagnetická aktivita ovlivňuje globální teplotu. Jenže celá věc není zdaleka tak jednoduchá. Především je třeba mít stále na paměti, že korelace, byť statisticky významná, v žádném případě automaticky neznamená příčinný vztah, pokud neznáme mechanismus takového působení. Na druhé straně významná hodnota korelace naznačuje, že je třeba se daným problémem dále zabývat a pokusit se nalézt, čím je tato korelace způsobena.



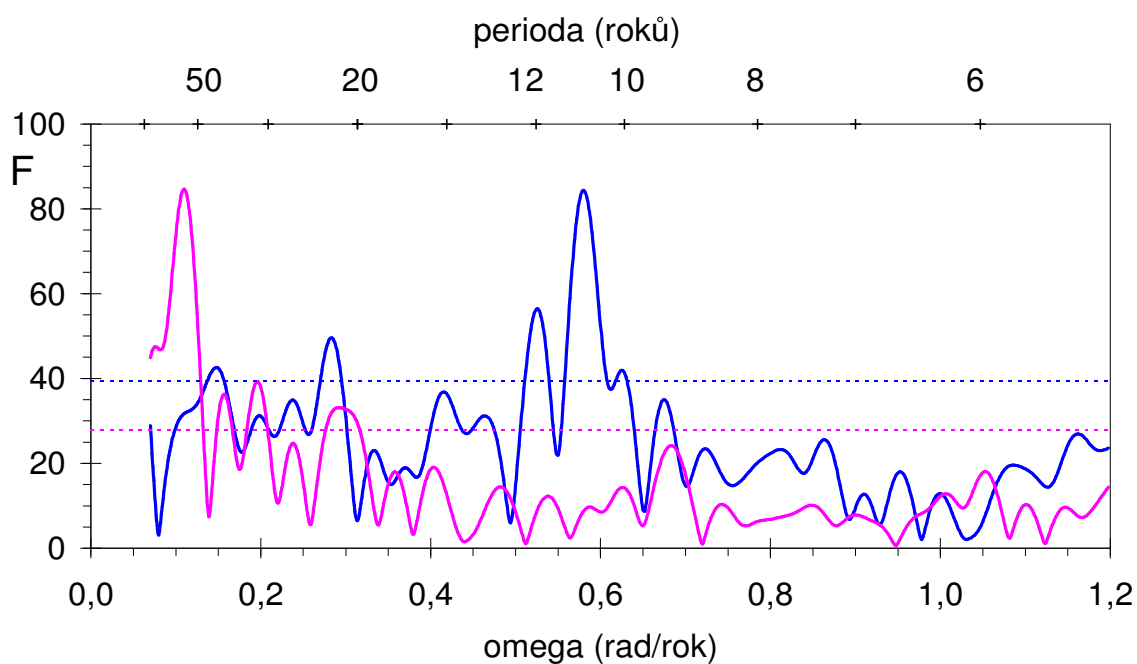
Obr. 1. Korelace mezi ročními hodnotami indexu aa a ročními hodnotami globální teploty vzduchu za období 1850-2012.

Mnohé nám napoví průběh obou porovnávaných veličin za celou dobu pozorování. Ten je nakreslen na obr. 2. Průběh globální teploty názorně ukazuje globální oteplení. Přibližně v první třetině období teplota kolísá kolem jisté stálé hodnoty, pak ale začíná růst a tento růst se stále zrychluje. Kromě toho lze pozorovat jistou 60-letou periodu: vždy po 60 letech (po roce 1880, 1940 a 2000) se růst na určitou dobu zastaví, zpomalí nebo dokonce teplota poklesne (Střeščík, 2009). Průběh je ovšem doprovázen značným kolísáním s kratšími periodami. U geomagnetické aktivity je krátkodobé kolísání mnohem větší a je dáno především odrazem 11-leté periody sluneční aktivity. K tomu se přidávají drobnější fluktuace. Ve druhé polovině období je aktivita celkově vyšší, takže lze i zde mluvit o jistém dlouhodobém růstu, i když v mnohem menším rozsahu než u globální teploty. Na samém konci období aktivita silně klesá. U sluneční aktivity (na obr. 1 nenakreslené) zcela převládá výrazná 11-letá perioda, avšak i zde lze pozorovat jistý dlouhodobý růst, neboť poslední cykly jsou v maximu vyšší než cykly na začátku zkoumaného období.

U všech veličin tedy musíme rozlišovat dvojí druh variací: jednak krátkodobé změny převážně neperiodické a možné periody přibližně do 20 let, jednak dlouhodobý trend bez náznaku dlouhodobé periodicity, s možnými periodami nad 150 let. U sluneční aktivity naprosto převládá perioda 11-letá, ostatní krátkoperiodické změny jsou vzhledem k ní zanedbatelné. U geomagnetické aktivity se taktéž projevuje tato perioda, je však doprovázena mnoha periodami dalšími a značným šumem. U globální teploty 11-letá perioda chybí, zbývá pouze neperiodický šum a náznak 60-leté periody. Dlouhodobý trend má u všech veličin podobný průběh – hodnoty za 160 let rostou a tento růst se nepravidelně zrychluje. Jen velikost tohoto růstu je různá: u sluneční aktivity mnohem slabší než amplituda 11-leté periody, u geomagnetické aktivity je růst jen o něco slabší než krátkodobé fluktuace, u globální teploty výrazně převyšuje krátkoperiodické variace. Významná hodnota korelačního koeficientu pro data znázorněná na obr. 1 je tedy dána především podobným dlouhodobým trendem u obou veličin, zatímco krátkodobé změny jsou u každé veličiny zcela jiné.



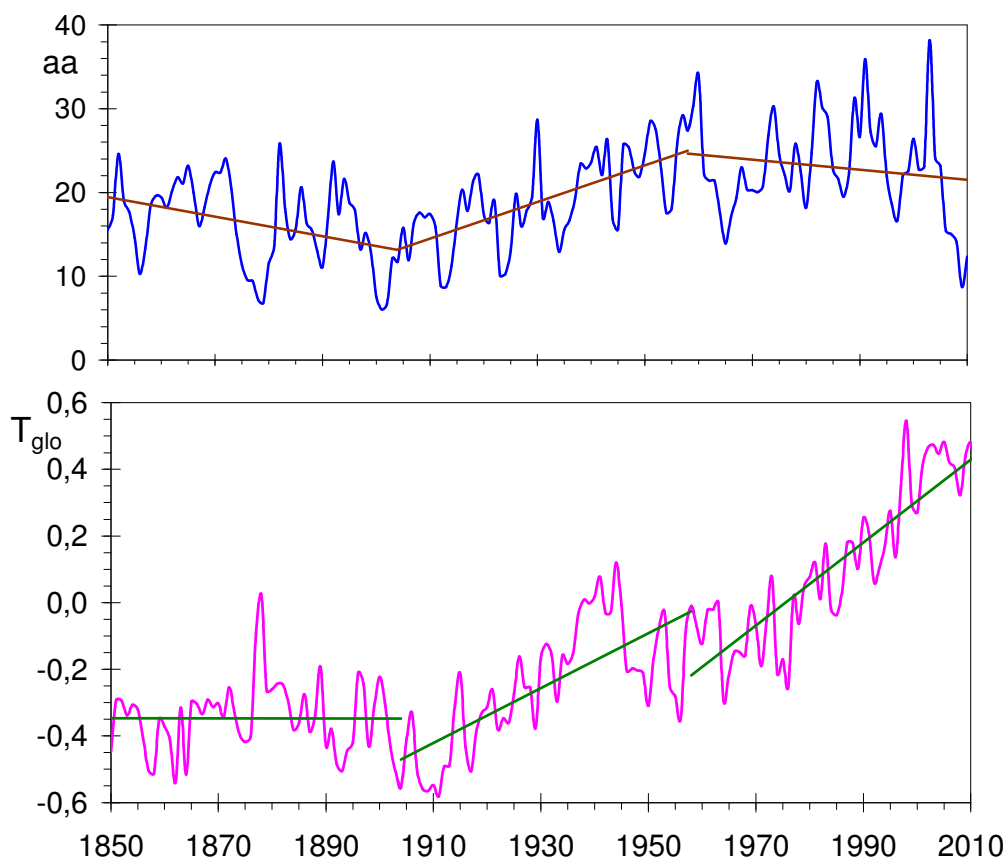
Obr. 2. Průběh geomagnetické aktivity *aa* (nahore) a globální teploty vzduchu (dole) za období 1850-2012. Doplněna aproximace polynomem druhého stupně za celé období (černě u obou).



Obr. 3. Spektra indexů geomagnetické aktivity *aa* (modře) a globální teploty vzduchu (červeně) v oboru period . Čárkovaně je vyznačena hranice 95% významnosti.

Vyhladíme-li datové řady pomocí klouzavých průměrů či pomocí jakékoli jiné metody, potlačí se podíl krátkoperiodických variací a zesílí se význam dlouhodobého trendu, a to tím více, čím lépe je řada vyhlazena. Sníží se rozptýlení bodů na obrázku a vzroste hodnota korelačního koeficientu. Při použití Woolhouseovy formule k vyhlazení vzroste korelace mezi geomagnetickou aktivitou a globální teplotou na 0,46, mezi sluneční aktivitou a globální teplotou na 0,24 a mezi sluneční aktivitou a geomagnetickou aktivitou na 0,79. Naopak odstraněním dlouhodobého trendu, např. odečtením hodnot odpovídajících černým křivkám na obr. 2, korelace mezi globální teplotou a sluneční nebo geomagnetickou aktivitou silně klesne na hodnoty kolem 0,05 a bude tedy naprosto bezvýznamná.

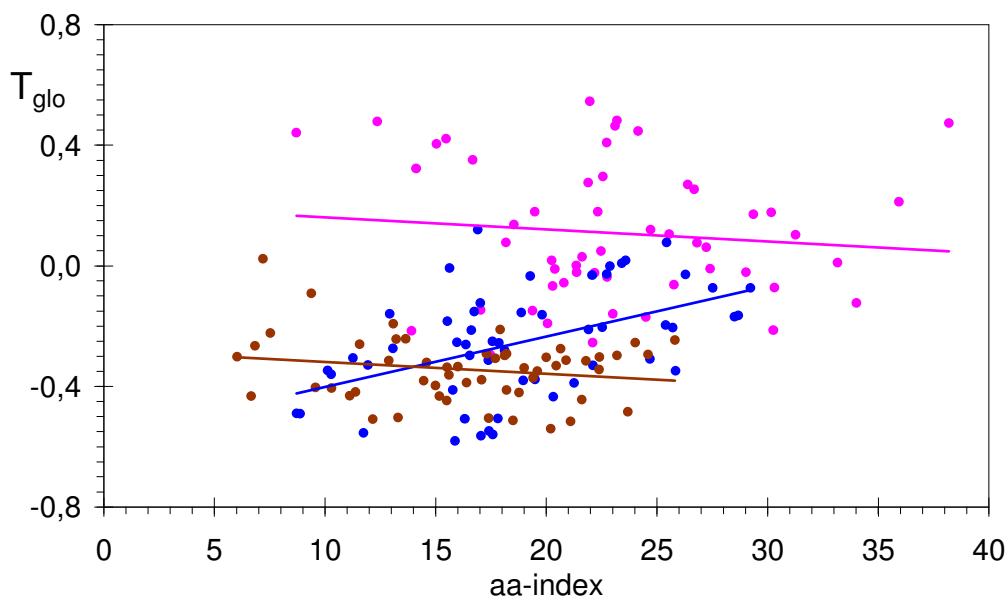
Nízké či spíše nulové korelace po odfiltrování dlouhodobého trendu odpovídají také různá spektra pro obě veličiny v oboru přibližně do 100 let. Ta jsou nakreslena na obr. 3. Ve spektru geomagnetické aktivity podle očekávání vyniká vrchol v periodě kolem 11 let, doprovázený dalšími s blízkými periodami (tyto periody pouze dokreslují nepřilíh hladký průběh aktivity) a menší vrchol v periodě kolem 22 let. Podobné vrcholy se ve spektru globální teploty nevyskytují, nejvyšší je vrchol v periodě kolem 60 let doprovázený několika nižšími méně významnými, jimž naopak neodpovídá nic ve spektru geomagnetické aktivity, případně jen nevýznamné vrcholy. Shodu lze nalézt jen u některých nižších nevýznamných vrcholů.



Obr. 4. Průběh geomagnetické aktivity *aa* (nahore) a globální teploty vzduchu (dole) za období 1850-1904, 1904-1958 a 1958-2012. Doplněna aproximace přímkou pro každý úsek zvlášť.

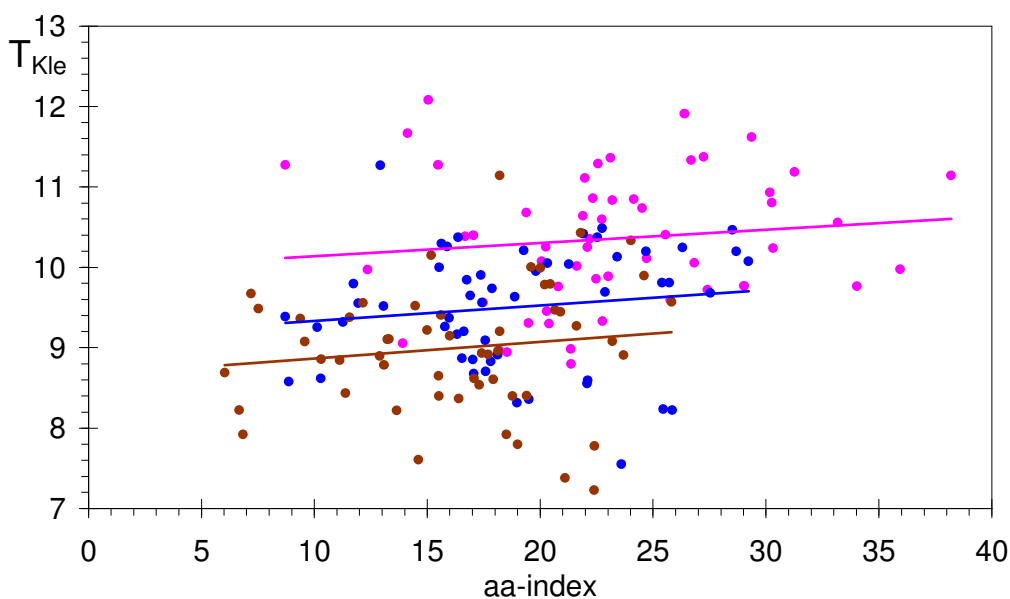
Rozdělíme-li celou řadu jakýmkoliv způsobem na části a posoudíme dlouhodobou změnu v každé části zvlášť, ukáže se, že je v každé části jiná. Regresní přímkou jsou dodány k průběhu obou zkoumaných veličin na obr. 4, kde jsme řadu rozdělili na tři stejně dlouhé úseky po 54 letech. V první a třetí části hodnoty indexu *aa* mírně klesají, ve střední části silně rostou. Globální teplota nejprve nevykazuje žádnou změnu, ve druhé a třetí části však nastává růst, který je ve třetí části rychlejší. Proto také korelace je v každém z těchto úseků jiná. V prvním úseku je dlouhodobý trend nepatrný, podstatná část změny je dána krátkodobými fluktuacemi a korelace je nízká a nevýznamná: $-0,14$ (záporná vzhledem k poklesu hodnot *aa*-indexu). Ve druhé části je nápadný shodný dlouhodobý trend, což se projeví i na hodnotě korelačního koeficientu: dosáhne významné kladné hodnoty $0,48$. Ve třetí části je trend zcela jiný u obou veličin a proto je korelace opět nízká: $-0,13$ (záporná vzhledem k opačnému trendu u *aa*-indexu a teploty). Toto vše je názorně vidět na obr. 5. Ten je shodný s obr. 1, pouze body jsou rozlišeny barevně podle příslušnosti k uvedeným částem a pro každou tuto část je nakreslena regresní přímka. Všimněme si, jak body pro poslední část leží výše vzhledem k celkově vyšší globální teplotě. Průběh regresních přímek potvrzuje výše uvedené hodnoty korelačních koeficientů. Pouze ve

střední části roste globální teplota spolu s rostoucí geomagnetickou aktivitou. Různé hodnoty korelačních koeficientů a různé regresní přímky pro jednotlivé části jsou názorným a poučným dokladem toho, jak může být výsledek ovlivněn výběrem úseku, pro který se korelace zkoumá. Zde předvedené výsledky ukazují, že významná kladná korelace pro střední úsek ani pro celé období není perzistentní a nespĺňuje tedy nejdůležitější podmínku pro to, aby mohla být považována za reálnou.



Obr. 5. Korelace mezi ročními hodnotami indexu aa a ročními hodnotami globální teploty vzduchu za období 1850-1904 (hnědě), 1904-1958 (modře) a 1958-2012 (červeně) s regresními přímkami stejné barvy zvlášť pro každou skupinu.

Při porovnání geomagnetické aktivity (indexy aa) s teplotou vzduchu v Klementinu (namísto globální teploty) za celé období dostaneme obrázek velmi podobný obr. 1, také korelační koeficient vyjde stejný: 0,36. Rozdělení celého období na tři části stejně jako pro globální teplotu (obr. 4 a 5) však vede k výsledkům odlišným (obr. 6). Korelace je velmi nízká ve všech třech částech (koeficienty 0,11, 0,15 a 0,13) a statisticky nevýznamná. Obrázek současně ukazuje, jak postupně rostla teplota vzduchu za 160 let. Tento růst je v Klementinu vyšší než pro globální teploty. Avšak závislost na geomagnetické aktivitě se ani zde neprojevuje.



Obr. 6. Korelace mezi ročními hodnotami indexu aa a ročními hodnotami teploty vzduchu v pražském Klementinu za období 1850-1904 (hnědě), 1904-1958 (modře) a 1958-2012 (červeně) s regresními přímkami stejné barvy zvlášť pro každou skupinu.

Vybereme-li kratší úseky jinak, může v některém vhodně zvoleném období vyjít korelace vysoká. Tak např. pro období 1960-2000, což se jen málo liší od období vyznačeného červenými body a přímkou na obr. 6, vyjde korelační koeficient dokonce 0,42. Z grafu na obr. 6 by odpadly mj. čtyři červené body vlevo nahoře a čtyři uprostřed vpravo a tím se podstatně změní sklon regresní přímky ve shodě s vyšší hodnotou korelačního koeficientu. Avšak pro globální teploty za období stejné období by vyšla korelace jen o málo vyšší: 0,22.

Dosud jsme mluvili jen o ročních průměrných hodnotách. K dispozici jsou i měsíční průměry. Můžeme je použít dvojím způsobem. Nejjednodušší je zahustit obě časové řady, takže místo 160 bodů (roků) bude $160 \times 12 = 1920$ bodů (měsíců). Tímto postupem se změní jen jedno: značně se zvýší rozptyl bodů na všech obrázcích a klesnou hodnoty všech korelačních koeficientů, kde žádný nepřekročí hodnotu 0,2. To proto, že použitím měsíčních hodnot přibudou variace s periodou jeden rok a méně, které jsou jiné u geomagnetické aktivity a u globální teploty. Je také možné vzít místo každého roku průměry pouze za leden, potom za únor atd., takže budou opět dvojice po 160 bodech. I v tomto případě budou všechny korelace mnohem nižší, protože výpočet ročního průměru dochází k jistému vyhlazení a tím k odstranění krátkodobých variací různých u geomagnetické aktivity a u globální teploty. Můžeme dále zkoumat korelace s časovým posuvem, např. geomagnetickou aktivitu v lednu porovnávat s globální teplotou v únoru, v březnu atd., geomagnetickou aktivitu v únoru pak s teplotou v březnu, v dubnu atd. Významnější korelaci však nenajdeme pro žádnou z takto sestavených kombinací. I pro tyto výpočty platí, že při výběru určitého kratšího úseku v délce jen několika málo desetiletí se může dojít k výsledkům značně odlišným. Může vyjít pro určitou kombinaci korelace mnohem vyšší, nebo naopak nulová či mírně záporná. Všechny takové odchylky je však třeba považovat za náhodné kolísání, které nemá obecnou platnost.

Závěrem můžeme tedy konstatovat, že při vhodné volbě zkoumaného období se může nalézt významná kladná korelace mezi geomagnetickou aktivitou a globální teplotou vzduchu v ročních hodnotách. Ta je však způsobena shodným či alespoň podobným dlouhodobým chodem obou sledovaných veličin v průběhu zkoumaného období. Krátkodobé variace jsou u globální teploty vzduchu zcela jiné než u geomagnetické aktivity. Při jiné volbě zkoumaného období může vyjít korelace nulová. To proto, že právě v tomto období jsou dlouhodobé trendy rozdílné. Občas nalezená kladná korelace není tedy perzistentní a to znamená, že reálná a obecně platný vliv geomagnetické aktivity na globální teplotu vzduchu není prokázán.

Literatura

- Brohan P., Kennedy J. J., Harris I., Tett S. F. B., Jones P. D. (2006): Uncertainty estimates in regional and global observed temperature change: A new data set from 1850. *Journal of Geophysical Research* 111, D12106, doi: 10.1029/2005JD006548.
- Bucha V. (2012): Changes in geomagnetic activity and global temperature during the past 40 years. *Studia geophysica et geodaetica* 56, 1095-1107.
- El-Borie M. A., Abd-Elzaher M., Shenawy A. L. (2012): Solar and geomagnetic activity effects on global surface temperatures. *American Journal of Environmental Engineering* 2, 80-85.
- Love J. J., Mursula K., Tsai V. C., Perkins D. M. (2011): Are secular correlations between sunspots, geomagnetic activity and global temperature significant? *Geophysical Research Letters* 31, L21703, doi: 10.1029/2011GL049380.
- [Mayaud](#) P. N. (1972): The aa index: a 100-year series characterizing the geomagnetic activity, *Journal of Geophysical Research* 77, 6870–6874.
- Nevanlinna H., Kataja E. (1993): An extension of the geomagnetic activity index series aa for two solar cycles (1944-1968), *Geophysical Research Letters* 20, 2703-2706.
- Scafetta N., West B. J. (2006): Phenological solar signature in 400 years of reconstructed Northern Hemisphere temperature record. *Geophysical Research Letters* 33, L17718, doi: 10.1029/2006GL027142.
- Štěpánek J. (2009): Analýza růstu globální teploty. Konference „Meteorologie ve službách společnosti a ochrany životního prostředí“, Křtiny, 2009, elektronická publikace, stránky nečíslovány.

Prezentace: [magmet.ppt](#)