

## Variace s periodami kolem 1,3 roku ve sluneční a geomagnetické aktivitě

Jaroslav Střeščík

Geofyzikální ústav AV ČR, v.v.i., Boční II 1401, 141 31 Praha 4

### Variations with periods near 1.3 year in solar and geomagnetic activity

**Abstract:** Some years ago it was found that solar wind velocity regularly fluctuates with a period about 1.3 years. This period, and some other near (e.g. 1.1 and 0.9 yr) were found also in some biological data. They are not present at any time, they were observed most in the early nineties. Here the occurrence of these periods in solar and geomagnetic activity between 1932 and 2005 is being investigated. The period of 1.3 yr is present in geomagnetic activity only in a short interval after 1990 and in lesser extent around 1942, otherwise it is very weak or not present at all. Other periods are much weaker and they appear only sporadically. A connection between all these periods and solar cycles (e.g. difference even – odd) has not been proved. It is possible that there is a long-term periodicity in the occurrence of the 1.3-yr period but time series available do not allow confirming this idea. There are no such periodicities in solar activity. The origin of all these periodicities is to look for in the interplanetary space.

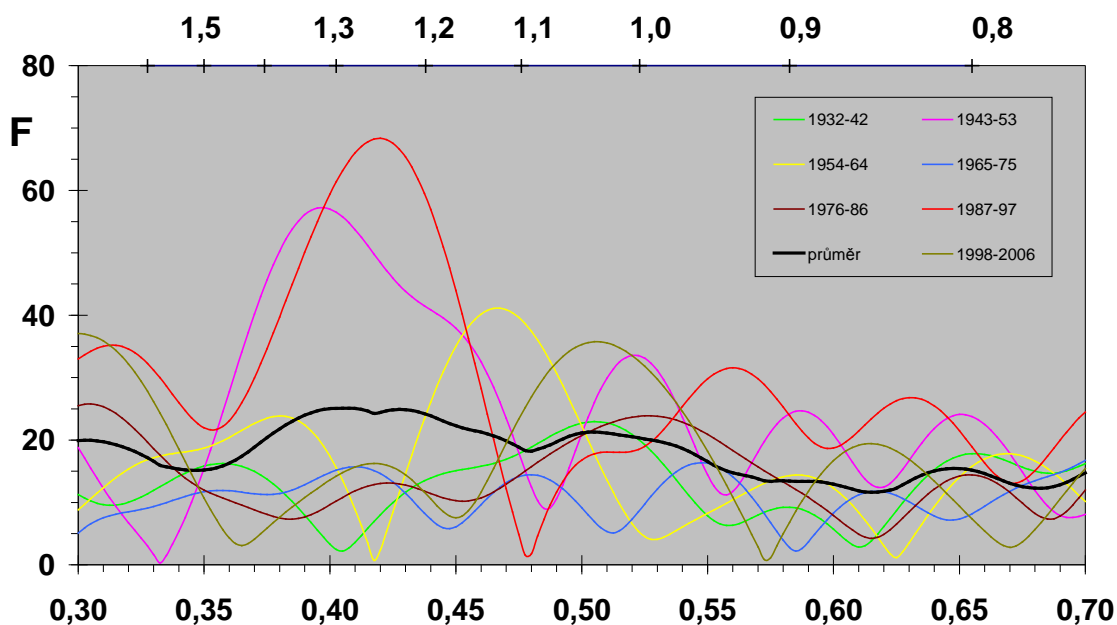
V mnoha fyzikálních i biologických dějích na Zemi se vyskytuje výrazná variace s periodou 1 rok, která je dána oběhem Země kolem Slunce. Pokud se někde vyskytnou variace s periodami blízkými této periodě, ale s mnohem nižší amplitudou, které mají jiný původ, pak jsou touto roční variací překryty. V meziplanetárním prostoru však není důvod očekávat variace s roční periodou, takže hledání variací s periodami blízkými jednomu roku může být úspěšné. Takto bylo přibližně před 10 lety objeveno, že rychlost slunečního větru v blízkosti Země pravidelně kolísá s periodou přibližně 1,3 roku, tj. asi 16 měsíců nebo 480 dní (Richardson et al., 1994), vžilo se však užívání desetin roku. Autoři našli tuto variaci v datech za posledních několik let, tedy kolem roku 1990, a sami přitom uvádějí, že před rokem 1987 nebyla pozorována. Vyslovili domněnku, že tato variace souhlasí s periodicitou 1,4 roku nalezenou u pozorování polárních září ve Švédsku (1721-1943), která se objevuje pravidelně v cyklech vždy po 60-65 letech. Rovněž další studie (Paularena et al., 1995, Szabo et al., 1995, Gazis, 1996) prokázaly existenci 1,3-leté vlny ve slunečním větru, geomagnetické aktivitě, meziplanetárním magnetickém poli atd., avšak vždy pouze po roce 1987. Paularena et al. (1995) uvádějí slabší výskyt této periody též kolem r. 1942. Mursula a Zieger (2000) zpracovali pozorovanou řadu rychlosti slunečního větru od r. 1964 a indexů geomagnetické aktivity od r. 1932 a ukázali silnou 1,3-letou variaci na přelomu 80. a 90. let. Celkově jim vychází výraznější 1,3-letá variace v sudých slunečních cyklech, zvláště ve 22. a 18. cyklu V lichých cyklech se objevila variace s periodou delší (kolem 1,5–1,7 roku) a s mnohem nižší amplitudou. Převážně koncem 80. let se objevila také variace s periodou kolem 0,7 roku (snad polovina 1,3 roku?).

Halberg a jeho skupina hledali obdobné variace v nejrůznějších biologických jevech na Zemi, samozřejmě takových, u nichž se nevyskytuje zjevná roční variace, tedy např. v datech z tropických oblastí. Byli vedeni myšlenkou, že perioda nalezená u meziplanetárních veličin se musí odrážet v pozemských dějích, které jsou těmito kosmickými faktory ovlivňovány. Opravdu často našli výrazné pravidelné změny právě s touto periodou (např. Halberg et al., 2003, 2004). Spolu s touto „hlavní“ variací našli ještě další blízké periody, např. kolem 1,1 roku, 0,9 roku aj. Variacím s periodami delšími než jeden rok pak dali název „transyear“, variacím s periodami pod jeden rok „cisyear“.

V této práci se budeme zkoumat periody v intervalech 0,5–2,5 roku a podrobněji 0,75–1,8 roku v různých veličinách, které popisují geomagnetickou a sluneční aktivitu. Použijeme především geomagnetické indexy  $A_p$  od r. 1932 do 2006, pro srovnání  $\Sigma K_p$  za stejné období, bouřkový index  $Dst$  1957–2006, ze slunečních dat Wolfova čísla  $W$  1932–2006, erupční index  $SFI$  1966–2006 a sluneční rádiový tok na frekvenci 2800 MHz (vodíková čára  $H\alpha$ ) 1947–2006. Pro uvedené účely bohatě postačí měsíční průměry všech těchto hodnot.

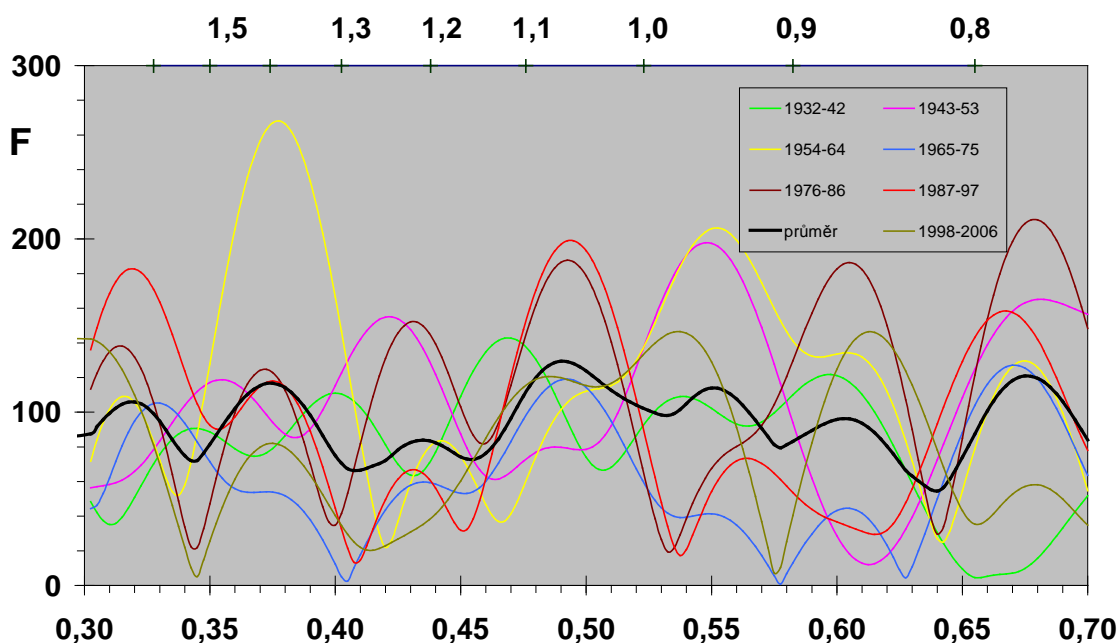
Ve spektru indexů  $A_p$  za celé období 1932–2006 se neobjeví žádné významné maximum ve zkoumaném intervalu, a stejně je tomu u všech ostatních veličin. Spektrum je roztříštěno na velké množství nízkých vrcholů, z nichž žádný nemá požadovanou významnost. Proto jsme celý soubor dat rozdělili na části dlouhé 11 let a to tak, aby začátek každé této části odpovídal přibližně poloze minima sluneční aktivity v rámci 11-letého cyklu. Intervaly jsou vybrány takto: 1932–1942, 1943–1953, 1954–1964, 1965–1975, 1976–1986, 1987–1997 a poslední neúplný 1998–2006. Protože jednotlivé cykly jsou různě dlouhé, nekryjí se tyto vybrané části zcela přesně se slunečními cykly, ale chyba v začátku období (čili přibližně v začátku cyklu) je obvykle jen několik měsíců a navíc v období minima, kdy jsou hodnoty velmi nízké, takže spektra se tím ovlivní jen nepatrně. Spektra řady  $A_p$ -indexů v jednotlivých těchto intervalech jsou souhrnně uvedena na obr. 1, kde jsou též barevně rozlišena. Podstatné je, že jednotlivá spektra se navzájem od sebe velmi liší a podobnost mezi nimi není žádná. Nápadný a významný vrchol v periodě 1,25 roku se nachází pouze u jediného spektra, podle očekávání jde o období 1987–1997. Méně významný dvojitý vrchol v blízkých periodách 1,2–1,3 roku se objevuje také u spektra v období 1943–1953 a za zmínku snad ještě stojí vrchol v periodě 1,1 roku u spektra v období 1954–1964. Žádné další vrcholy významné nejsou. Směrem ke kratším periodám mimo obrázek nejsou rovněž žádné

významné vrcholy, směrem k delším periodám by se objevilo zvýšení jen v uvedených třech spektrech kolem period 2,3–2,7 roku (dvojnásobek převládající periody = subharmonická?) s amplitudou kolem tří čtvrtin výšky hlavního vrcholu.



Obr. 1. Spektra řad indexů geomagnetické aktivity  $A_p$  v 11-letých obdobích. Na dolním okraji je  $\omega$  v rad/měsíc, na horním perioda v letech.

Prakticky stejné výsledky vycházejí ze spekter indexů  $\Sigma Kp$  za stejné období, rozdíly ve výškách jednotlivých vrcholů jsou o něco menší (vrchol v periodě 1,3 roku v období 1987–1997 vyčnívá méně a vrchol v periodě 1,1 roku v období 1954–1964 je ještě slabší). Pro index  $Dst$  je situace podobná jako u  $A_p$ , vrchol v periodě 1,3 roku v období 1987–1997 je však ještě výraznější a navíc vrchol v periodě 1,7 roku v období 1976–1986 je významný.

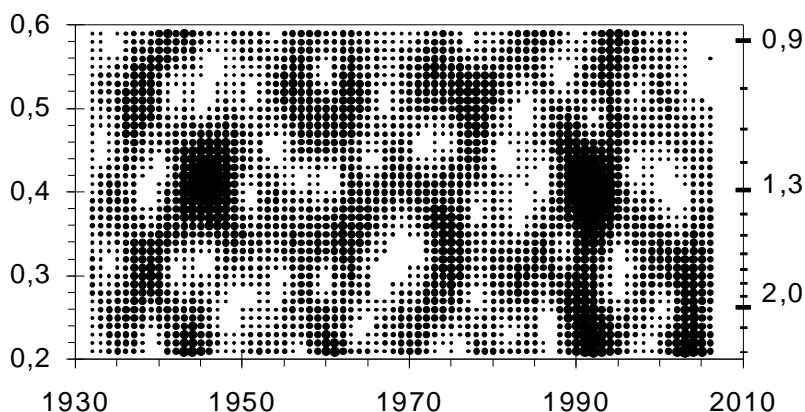


Obr. 2. Spektra řad Wolfových čísel v 11-letých obdobích. Na dolním okraji je  $\omega$  v rad/měsíc, na horním perioda v letech. Barevné rozlišení stejné jako na obr. 1.

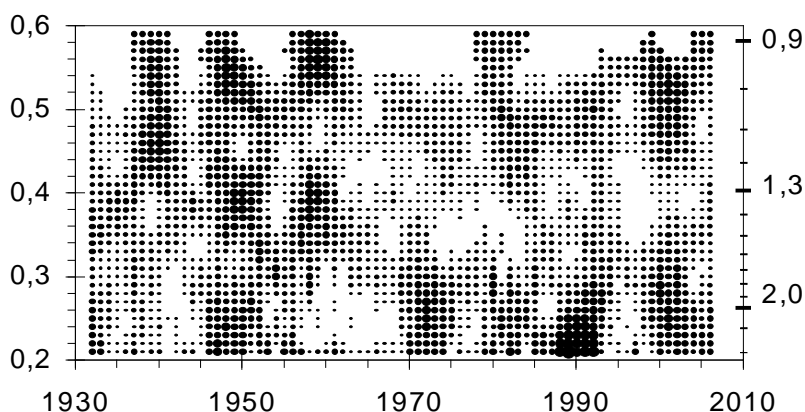
Zcela jiná jsou spektra charakteristik sluneční činnosti. Na obr. 2 jsou souhrnně uvedena spektra řady Wolfových čísel v jednotlivých obdobích zvolených stejně jako pro indexy  $A_p$ . Nejvyšší vrchol leží v periodě kolem 1,4 roku a platí pro období 1954–1964, převyšuje však ostatní vrcholy jen málo. Ty jsou rozloženy více méně nahodile, žádný významný vrchol však nepřísluší obdobím 1987–1997 ani 1943–1953. Obdobně pro

erupční indexy, pro něž jsou ovšem k dispozici data za kratší období, se nalezne nejvyšší hodnota v periodě kolem 1,5 roku také pro období 1954-1964, jinak žádné významné vrcholy nejsou. Úplně stejné vlastnosti mají i spektra pro sluneční rádiový tok.

Změnu frekvenčního obsahu v dané časové řadě lze přehledně sledovat pomocí vlnkové analýzy (wavelet analysis). K tomu účelu je na internetu k dispozici program, pomocí kterého lze výpočty povádět *in-line* (na adrese <http://paos.colorado.edu/research/wavelets/>). Některé parametry lze přitom volit, avšak jen v omezeném rozsahu. Ukázalo se, že rozlišovací schopnost je pro naše účely malá a nelze ji volbou parametrů dále zvýšit. Proto jsme změnu frekvenčního obsahu sledovali pomocí dynamických spekter. Nejprve jsme spočítali spektra v překrývajících se desetiletých intervalech 1932-1941, 1933-1942 atd. až 1997-2006, to je celkem 75 spekter. Při použití pětiletých intervalů 1932-1936 atd. by se zvýšila rozlišovací schopnost v čase, ale podstatně by se snížila ve frekvencích, takže tato varianta je nevyhovující. Každé spektrum bylo počítáno ve 41 frekvencích od 0,2 do 0,6 rad/rok, což pokrývá rozsah period od 0,9 do 2,6 roku. Takto vznikla matice v rozsahu 75 x 41 hodnot spekter. Každou hodnotu pak vyneseme do grafu, jehož vodorovná osa udává časovou polohu spektra a svislá osa frekvenci (periodu). Samotná hodnota spektra se zobrazí tmavým plným kroužkem, jehož velikost je úměrná zobrazované hodnotě. Kroužek pro maximální hodnotu zabírá celou vyhrazenou plochu. Stupnice pro velikosti kroužků lze vhodně volit, nemusí lineárně záviset na zobrazované hodnotě spektra. Vhodně volenými mezemi lze např. potlačit příliš vysoké hodnoty, které by jinak zastiňovaly hodnoty nižší. Oblast, kde se soustřeďují tmavé plochy, pak označuje maximální výskyt vlny s danou periodou v odpovídajícím čase.



Obr. 3. Dynamické spektrum indexů geomagnetické aktivity  $\Sigma Kp$  za období 1932-2006 v oboru period 0,9–2,5 roku. Tmavší plošky znázorňují vyšší hodnoty spektra. Stupnice vlevo je  $\omega$  v rad/měsíc, vpravo perioda v letech.

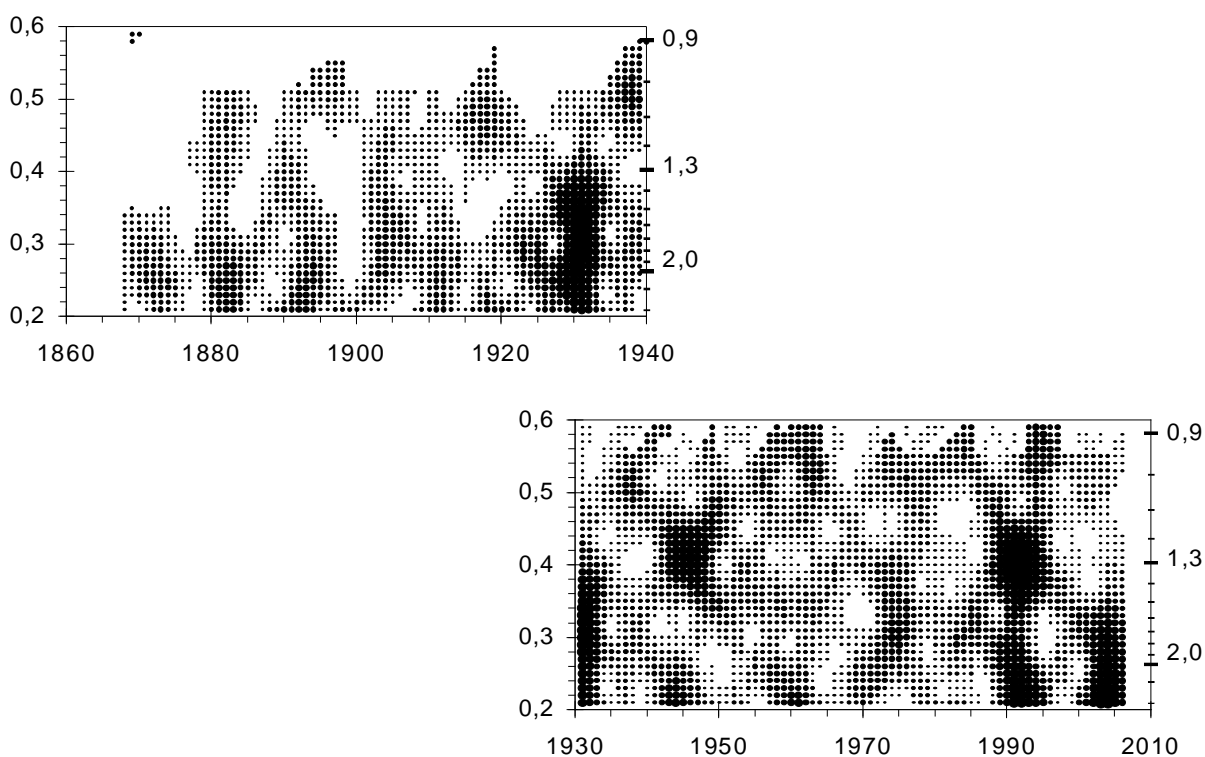


Obr. 4. Dynamické spektrum Wolfových čísel sluneční aktivity za období 1932-2006 v oboru period 0,9–2,5 roku. Tmavší plošky znázorňují vyšší hodnoty spektra. Stupnice vlevo je  $\omega$  v rad/měsíc, vpravo perioda v letech.

Na obr. 3 je toto provedeno pro index  $\Sigma Kp$ . Nápadné je maximum v periodě kolem 1,3 roku přibližně v letech 1988-1994, které převyšuje všechny ostatní hodnoty. Další zvýšení se nachází v téže periodě v letech 1942-1948. Obě tato maxima jsou doprovázena podružnými maximy přibližně v témže čase v periodě kolem 2,5 roku. Menší tmavé plošky se vyskytují sporadicky v různých periodách v krátkých obdobích, nejsilnější z nich je v periodě kolem 2,5 roku v letech 2002-2006. Dále několik menších oblastí kolem period 1,5-1,7 roku a 0,9-1,0 roku v různých časových obdobích. Všechny tyto údaje přesně souhlasí s maximy ve spektrech ve

vybraných obdobích, jak jsou uvedena na obr. 1. Pro index  $A_p$  vyjde graf úplně stejný, jen menší tmavé plošky jsou trochu méně výrazné. Pro index  $Dst$  vyjde také graf téměř totožný, menší tmavé plošky jsou výrazné stejně jako u  $A_p$ -indexu a téměř chybí tmavá ploška v periodě kolem 2,5 roku po roce 2000. Graf pro index  $Dst$  ovšem zabírá jen část období, teprve od r. 1957. Zcela jiný je graf pro sluneční aktivitu sestavený naprosto stejným způsobem (obr. 4). V periodě kolem 1,3 roku se nevyskytuje vůbec žádná tmavší ploška, menší tmavé plošky jsou rozloženy více méně nahodile a jsou v jiných místech než maxima na obr. 3. Nejvýraznější je maximum v periodě 2,5 roku kolem roku 1990, které jediné se shoduje s maximem v geomagnetické aktivitě. Prakticky totéž ukáže graf pro erupční index  $SFI$  (ovšem až od roku 1966), pouze chybí malá tmavá ploška v periodě 1,5–1,7 roku po roce 2000.

Pro hodnocení geomagnetické aktivity před rokem 1932 máme k dispozici jedinou veličinu, a to  $aa$ -index, který je odvozen z měření na dvou protilehlých stanicích (v Anglii a v Austrálii) a je k dispozici od roku 1868. Na obr. 5 je uvedeno dynamické spektrum řady tohoto indexu za celé období 1868–2006. Formát obrázku je nastaven tak, aby byl zachován stejný poměr měřítek na obou osách jako na obr. 3 (tj. délka svislé osy je shodná se stejným časovým úsekem na vodorovné ose na obou obrázcích). V pravé polovině jsou tmavé plošky na stejných místech a ve stejném rozsahu jako na obr. 3. Levá polovina je chudší, zde je výskyt tmavých plošek slabší, především kolem periody 1,3 roku se již v žádném časovém období nenacházejí. Obdobný graf pro Wolfova čísla za stejné období se nijak neliší od grafu na obr. 4. Významné tmavé plošky, jako jsou na grafech pro indexy geomagnetické aktivity, se zde nevyskytují ani před rokem 1932.



Obr. 5. Dynamické spektrum řady  $aa$ -indexů geomagnetické aktivity za období 1868–2006 (rozdělené na dvě části) v oboru period 0,9–2,5 roku. Tmavší plošky znázorňují vyšší hodnoty spektra. Stupnice vlevo je  $\omega$  v rad/měsíc, vpravo perioda v letech.

Z uvedených obrázků plynou dva důležité závěry. Za prvé původ variace s periodou 1,3 roku nelze hledat na Slunci, protože v charakteristikách sluneční činnosti se tato perioda nevyskytuje. Původ je třeba hledat v meziplanetárním prostoru, z něhož přechází na zemské magnetické pole a dále pak na pozemské jevy, které jsou meziplanetárními veličinami a geomagnetickou aktivitou ovlivňovány. Je třeba ovšem uvážit, že informace o přítomnosti této variace v meziplanetárních veličinách je zatížena jistou chybou, protože v datech jakýchkoli meziplanetárních veličin jsou časté a někdy i dlouhé mezery. Za druhé variace s periodou 1,3 roku se nevyskytuje stále, nýbrž jen v krátkých přesně určených obdobích: kolem roku 1990 a před tím někdy kolem roku 1945. Je zřejmé, že perioda 1,3 roku se pak objeví ve všech jevech, které jsou nějak ovlivněny geomagnetickou aktivitou, pokud jsou zkoumány v období zahrnujícím roky, kdy se tato variace vyskytuje. Nepotvrzuje se názor, že perioda 1,3 roku je přítomna pravidelně v sudých cyklech sluneční aktivity, protože v některých těchto cyklech chybí docela. Ze zpracování posledních desetiletí by se zdálo, že její výskyt se pravidelně opakuje přibližně po 45 letech, ale data z  $aa$ -indexů (obr. 5) to příliš nepotvrzují. Ostatní variace s blízkými periodami mezi 0,6 a 2,2 lety (podle Halberga transyear a cisyear) se objevují také jen sporadicky bez

zřejmé zákonitosti a jsou daleko slabší než variace s periodou 1,3 roku. Nepotvrzuje se jejich zvýšený výskyt v lichých cyklech sluneční aktivity ani souvislost se sluneční aktivitou. Jsou-li kterékoli z uvedených variací pozorovány v některých veličinách (zpravidla biologických) na Zemi jako významné a odpovídá jim obdobně významná vlna v geomagnetické aktivitě nebo v meziplanetárním prostředí, je to silný argument pro tvrzení, že toto ovlivnění je reálné. Pokud jim však obdobně silná vlna v geomagnetické aktivitě nebo v meziplanetárním prostředí neodpovídá, pak je třeba hledat původ těchto pravidelných variací někde jinde.

**Poděkování:** Tento výzkum je podporován Grantovou Agenturou AV ČR, grantem č. A 300 12 06 08.

## Literatura

- Gazis P.R. (1996): Long-term enhancements in solar wind speed. *J. Geophys. Res. A*, 101, 415-424.
- Halberg F., Cornélissen G. et al. (2003): Blood pressure self-surveillance for health also reflects 1.3-year Richardson solar wind variation: spin-off from chronomics. *Biomed. Pharmacother.*; 57 (Suppl. 1), 58-76.
- Halberg F., Cornélissen G., Bakken E.E. et al. (2004): Transyears: new endpoints for gerontology and geriatrics or confusing sources of variability? *J. Gerontol. A. Biol. Sci. Med. Sci.* 59, 1344-1347.
- Mursula, K., Zieger, B. (2000): The 1.3-year variation in solar wind speed and geomagnetic activity. *Adv. Space Res.*, 25, 1939-1942.
- Paularena K.I., Szabo A., Richardson J.D. (1995): Coincident 1.3-year periodicities in the ap geomagnetic index and the solar wind. *Geophys. Res. Lett.*, 21, 3001-3004.
- Richardson J.D., Paularena K.I., Belcher, J.W., Lazarus, A.J. (1994): Solar wind oscillations with a 1.3 year period. *Geophys. Res. Lett.*, 21, 1559-1560.
- Szabo A., Lepping P., King J.H. (1995): Magnetic field observations of the 1.3-year solar wind oscillation. *Geophys. Res. Lett.*, 22, 1845-1848.