

Pravidelnosti v rozložení magnetického pole na Slunci i v čase

V. Bumba, M. Klvaňa

Astronomický ústav Akademie věd České republiky, Observatoř Ondřejov

Abstrakt:

V práci ukazujeme, že sluneční pozad'ová (slabá) magnetická pole jsou na povrchu Slunce rozdělena velmi pravidelně. Tyto pravidelnosti se mění s rozsahem heliografických šířek a jsou pozorovatelné v celém rozsahu více než čtyř slunečních cyklů, pro které máme přímá měření magnetických polí. V čase se periody, se kterými se pravidelnosti mění, shodují s periodami, nalezenými jinými autory pro různé projevy sluneční aktivity.

Úvod.

Nedávno jsme ukázali, že pozad'ová magnetická pole na Slunci jsou rozložena velmi pravidelně v heliografické délce, a to tak, že vytváří koncentrace (aktivní délky), které se v heliografické délce stále posunují s časem v závislosti na rozsahu studovaného šířkového intervalu (Bumba et al., 2007 a Bumba, Klvaňa, 2006). Kromě toho posuny v délce a poloha i čas pravidelností v rozložení polí úzce korelují s časovou posloupností průmětů heliografických délek opozic a konjunkcí některých planetárních dvojic do Carringtonových map magnetických polí. V rovníkovém pásmu je touto hlavní dvojicí planet Merkur a Země, ve vyšších šířkách Venuše a Jupiter. Jemná struktura délkového rozložení polí ukazuje i vliv zejména dvojice Merkur, Jupiter. Časový posun polí i těchto posloupností a frekvence jejich variací jsou totožné s hodnotami rotace a frekvencí některých projevů sluneční aktivity, nalezenými v poslední době řadou autorů.

Nedávno Charvátová (Charvátová, 2008) publikovala práci, vysvětlující úlohu vnitřních planet, zejména pak Venuše a Země, v pohybu Slunce kolem těžiště soustavy s periodou 1.6 roku, dobře známou z projevů sluneční aktivity i slunečně-zemních vztahů.

Už v roce 1952 Kopecký s Mayerem (Kopecký et al., 1952) ukázali na 50 synodických obězích Venuše, že sluneční relativní číslo je podstatně vyšší v období kolem opozice Venuše se Zemí nežli kolem jejich konjunkcí. V sedmdesátých letech jsme spolu s Ambrožem a později Sýkorou (Ambrož et al., 1971; Bumba, Sýkora, 1974) studovali vztah aktivních oblastí produkujících protonové erupce k pozad'ovému magnetickému poli a jeho topologii a našli jsme, že tato aktivní centra jsou vázána na charakteristické útvary pravidelně vytvářené jak zápornou, tak i kladnou polaritou. I další jejich studium ukazuje, že vznik těchto pravidelných velkoškálových struktur je časově spojeno s opozicemi a konjunkcemi Venuše a Země.

Na grafu Charvátové ukazujícím dráhu Slunce za 90 let vidíme pět období, kdy bývá střed nejbližší těžišti soustavy a tato období, jak konstatuje Charvátová, jsou časově velmi blízká dobám opozic Venuše a Země. Jak dále uvádí Charvátová, v těchto časových úsecích se Slunce může pohybovat až 25 krát pomaleji nežli ve vzdálenějších částech své dráhy, které časově musí být blízko konjunkcím Venuše se Zemí. Ještě jeden, už zmíněný fakt nám grafy Charvátové připomínají: K opozicím i konjunkcím dochází v pěti stálých polohách obou planet v ekliptice a tím i v pěti stálých časových úsecích roku: např. opozice nastávají v lednu, srpnu, dubnu, na přelomu října a listopadu a v červnu. Konjunkce v tomto případě jsou posunuty tak, že po lednové opozici proběhne další konjunkce na přelomu října a listopadu, pak v srpnu, atd.

V roce 1978 tři pulkovské slunečnice (Petrova et al., 1978) ukázaly, že sluneční aktivita, vyjádřená Wolfovým relativním číslem za období let 1800 až 1974, je ovlivňována ekliptikální délkou těžiště celé sluneční soustavy vůči slunečnímu středu: maxim cyklů číslo 9 až 16 bylo dosaženo při ekliptikálních délkách těžiště v intervalu 0° až 120° s největšími hodnotami aktivity kolem délky 60° - 75° , cyklů č. 5 až 8 a 18 až 20 v intervalu délek 160° - 270° , s největšími hodnotami aktivity kolem ekliptikální délky těžiště 180° - 195° . Absolutní minimum sluneční činnosti je u všech cyklů spojeno s ekliptikální délkou těžiště okolo 315° . Autorky připomínají, že tento směr je totožný se směrem, kterým se promítá do ekliptiky směr pohybu sluneční soustavy v prostoru, a podle dříve publikované práce autorek i se směrem, kterým se do ekliptiky promítá osa velkostrukturálního magnetického pole naší Galaxie v blízkosti sluneční soustavy.

Vzájemné vztahy planet během opozic a konjunkcí Venuše a Země.

Všechno co bylo řečeno nás vedlo k pokusu určit není – li rozložení pozad'ových magnetických polí na Slunci za poslední tři cykly, pro které máme systematická měření, ovlivněno polohou opozic a konjunkcí Venuše a Země v ekliptice a do jaké míry by mohly při tom vstupovat do hry polohy Jupitera a Saturnu, planet, které nejvíce přispívají do těžiště sluneční soustavy.

Jak grafy heliocentrických pozic vnitřních planet a Jupitera a Saturnu, tak i grafy úhlové vzdálenosti Jupitera a Saturnu od Země a Venuše během opozic a konjunkcí obou posledních planet za posledních pět cyklů sluneční činnosti ukazují, že Venuše, Země, Jupiter a Saturn se potkávají v období maximálních fází těchto cyklů, a to pro

opozice v lichých cyklech, pro konjunkce v cyklech sudých. V období minim sluneční aktivity jsou polohy čtyř hlavních planet nejvíce rozptýleny.

Podíváme-li se na postavení planet v jednotlivých cyklech během období blízkých k maximálním fázím cyklů, pak v lichém cyklu 19 pro opozice směr daný spojnicí Venuše a Země (a naopak) je totožný se směrem Jupitera a Saturnu (otočka č. 1428 a 1450) a pro konjunkce společný směr Jupitera a Saturnu se liší o 90° od směru Venuše - Země (otočka č. 1417 a 1439). Při tom velké planety jednou předcházejí, po druhé se zpožďují vůči směru Venuše-Země. V cyklu 21 pro opozice je tomu podobně (otočka 1707 a 1728). Pro konjunkce opět stejně (otočky č. 1696 a 1717). Totéž platí i pro cyklus 23 (pro opozice otočky č. 1963 a 1985, pro konjunkce č. 1953 a 1974, event. Č. 2038.)

V sudém 20. Cyklu pro časové úseky blízké maximální fázi cyklu v opozici se směry Jupitera a Saturnu liší o 90° od směru Venuše - Země, v tomto případě ale vzájemný směr obou velkých planet se liší o 180° (otočky č. 1535, 1578 a 1600). V konjunkcích se směry všech planet ztotožňují, jen Jupiter a Saturn míří každý na opačnou stranu (otočky č. 1546, 1567 a 1589). Stejně je tomu u sudého cyklu 22 (pro opozice otočky č. 1814, 1835, 1856, pro konjunkce č. 1824 a 1846).

Pokud jde o zbývající dvě vnitřní planety Merkur a Mars, je na grafech vzájemných úhlových vzdáleností jasně vidět vliv souměřitelnosti jejich oběhů, a to u Merkura hlavně s Jupiterem, u Marsu s Venuší i se Zemí.

Je tedy možné shrnout, že během posledních pěti jedenáctiletých cyklů sluneční aktivity během jejich maximálních fází čtyři uvažované planety (Venuše, Země, Jupiter a Saturn) kromě toho že se vzájemně potkávají, jejich postavení je zhruba shodné vždy v lichých (3 cykly) a v sudých (2 cykly) cyklech jak během opozic, tak i konjunkcí Venuše se Zemí. Ale v lichých cyklech postavení během opozic je shodné s postavením během konjunkcí v cyklech sudých a naopak. V průběhu minim všech cyklů jsou tyto planety nejvíce rozptýleny ve svých heliocentrických délkách.

Mimochodem, k opozicím i konjunkcím Venuše se Zemí během uvedených Carringtonových otoček, tj. okolo maximálních fází cyklů, dochází dvakrát častěji v dubnovém a červnovém časovém úseku, tedy při heliocentrických délkách Země okolo 196° a 265°. Směry pro maxima aktivity, které uvádí Petrova a spol (1978) jsou 180°- 195° a 60°- 75° (+180°= 240°- 255°).

Zdá se tedy, že vzájemné postavení planet v prostoru by skutečně mohlo ovlivňovat rozdělení magnetických polí na slunečním povrchu a tím i jeho aktivitu. Pak ale by kromě gravitace vlastní sluneční soustavy mohl vstupovat do hry i další činitel, např. magnetická nebo i elektrická pole jednotlivých planet a Slunce, nebo i gravitace a podobné síly vyšší hvězdné soustavy.

Změny v délkovém rozložení integrovaných magnetických polí.

Dále jde o to, do jaké míry a jestli vůbec mají vzájemná postavení planet a rozdílná rychlost pohybu Slunce během opozic a konjunkcí Venuše se Zemí vliv na průběh rozložení slunečních magnetických polí a aktivity. Vzájemné vzdálenosti a směry planet by měly hrát roli nejen v projevech gravitace, nýbrž by měly mít velký význam i při působení magnetických a elektrických polí, či jiných sil, eventuálně ovlivňujících celou planetární soustavu.

Zde je situace poněkud složitější, protože systematická měření slunečních magnetických polí stejného typu máme pouze pro tři poslední cykly. Pro předchozí dva cykly, kromě měření na observatoře na Mt. Wilsonu, prováděná jinou technikou, máme jen mapy polí, sestavené z rozložení filamentů a fakulových polí ve vodíkové čáře H-alfa.

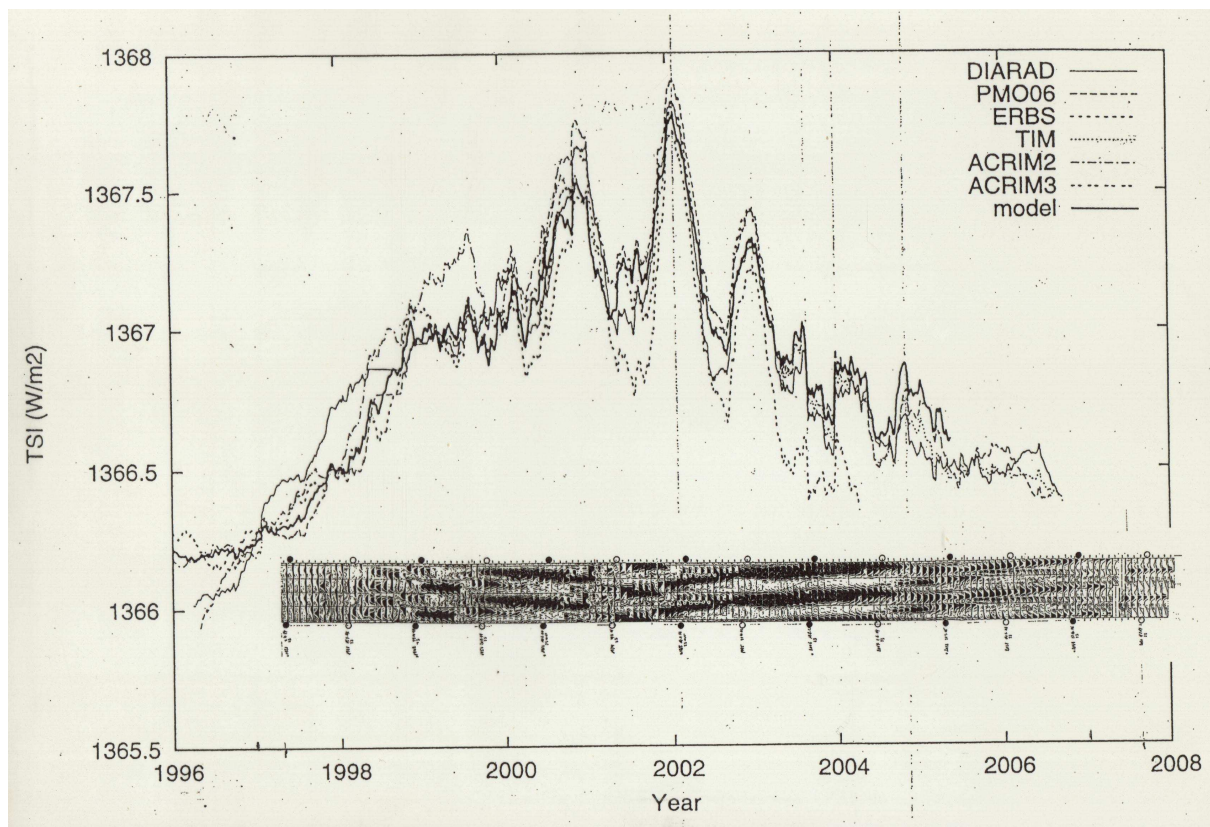
Už před více než dvaceti lety jsme studovali délkové rozložení magnetických polí měřených na Mt. Wilsonu za období Carringtonových otoček č. 1490 (1965) až č. 1690 (1979), a to tak, že jsme integrovali měření (někdy málo homogenní) po čtvercích 10°x 10° (Bumba, Hejna, 1986; 1988). Získané hodnoty pro pole záporné polarity jsme pak uváděli odděleně pro rovníkové (+/- 20°) a vyšší +/- (20°- 40°) heliografické šířky v časovém sledu čtyř následujících otoček. Vrátime-li se k tehdy publikovaným grafům a označíme-li otočky v době opozic a konjunkcí Venuše a Země, vidíme, že ve většině případů v otočkách blízkých časově setkání obou planet, se nápadně mění délková struktura pásů pole, a to ve všech, zejména pak vyšších šířkových pásmech. K nejmenším změnám dochází na sestupné větvi, v tomto případě 20. Cyklu, k největším při nástupu jak cyklu 20, tak i 21.

Tentokrát jsme použili synoptické mapy integrovaných magnetických polí (source surface synoptic charts) Wilcoxovy observatoře ze Stanfordu pro celé období jejich existence (Carringtonovy otočky 1642 až 2060, tj. 1976 až 2008), to znamená cykly 21, 22 a téměř celý 23. Omezili jsme se na širší rovníkové pásy map (+/-40°), které jsme sestavili do časových řad, vždy ve sledu dvou následujících otoček, aby bylo možné studovat vývoj a změny pole v průběhu cyklu. V takto sestavených pásách časového vývoje globálního magnetického pole v aktivní zóně a rozložení jeho polarit v heliografické délce jsme označili otočky, probíhající v dobách opozic a konjunkcí Venuše se Zemí.

Grafy ukazují, že stejně jako v předchozím případě, dochází v časovém intervalu několika málo otoček okolo opozic a konjunkcí Venuše a Země k významné přestavbě délkového rozložení polarit integrovaného magnetického pole, opět nejvíce patrné v období růstu a maximální fáze cyklů. Přiřadíme-li k délkovému rozložení integrovaných polí 23. Cyklu graf průběhu totální sluneční zářivosti, publikovaný Mekaoniem a

Dewitem (2008), vidíme nejen dobrou shodu změn rozložení pole a zářivosti, nýbrž i souhlas obou změn se setkáními Venuše a Země.

Při interpretaci uvedených výsledků je ovšem třeba brát do úvahy řadu okolností, např. fakt, že přestavba magnetického pole je proces, probíhající během několika slunečních otoček. Srovnáváme-li přímo měřené stanfordské mapy s mapami integrovaného pole, na přímo měřených mapách více vnímáme rozsáhlé unipolární struktury velmi slabých polí, zatím co na integrovaných mapách důležitější úlohu hrají intenzity pole, soustředěné do menších ploch. Tato fakta jsou velice důležitá zejména při studiu pravidelnosti tvorby už zmíněných velkoškálových topologických útvarů obou polarit a jejich souvislostí se setkáváním Venuše a Země.



Obr.: 1 Přestavba délkového rozložení polarit integrovaného magnetického pole a graf průběhu totální sluneční zářivosti ve 23. cyklu.

Pravidelné velkoškálové struktury pozad'ových magnetických polí.

Prvním, kdo upozornil na jejich existenci na mapách polí z observatoře Mt. Wilson, byl Ambrož et al. (1974; Bumba, Sýkora, 1974; Bumba, 1976). Tyto struktury, do kterých jsou zkoncentrována pole opačných polarit, mají každá tvar velké kapky, rozprostírající se v celé šířce aktivní zóny přes polovinu heliografické délky slunečního rovníku. Jejich tělo je tvořeno vedoucí polaritou jedné polokoule a chvost se prostírá jako chvostová polarita druhé polokoule v jejích vysokých šířkách na desítky stupňů daleko. V ideálním případě se těžiště struktur opačných polarit soustředí na opačných stranách Slunce a útvary obou polarit jsou antisymetrické. Jejich „viditelnost“ je nejzřetelnější na synoptických mapách pole sestavených z rozložení vodíkových filamentů a flokulí (McIntosh, 1979; Makarov, Sivaraman, 1986), protože zobrazují rozložení pole nejschematičtěji, pak na mapách z observatoře Mt. Wilson. Na stanfordských mapách jejich zřetelnost kolísá, zřejmě je ovlivněna stejnými faktory, jako délkové rozložení pole.

Závěr:

Vznik a časový vývoj struktur je možné v řadě případů sledovat. Je to proces trvající zhruba 11 – 12 otoček Slunce se strmějším nástupem a pozvolnějším rozptylováním. Jeho vyvrcholením je často vznik komplexu aktivity produkujícího velké protonové erupce. Tvar struktur je výsledkem působení zejména diferenciální rotace a pohybu polí k pólům, ale znalosti o hlavních faktorech jejich vzniku: načasování produkce nového magnetického toku a jeho rozložení na slunečním povrchu je třeba hlouběji prostudovat, stejně jako je třeba zpřesnit vazbu jejich periodicity se setkáváním se Venuše a Země, tj. ztotožnit vznik struktur s náhlými změnami délkového rozložení pozad'ových magnetických polí Slunce, ukázaných výše.

Poděkování:

Tato práce byla realizována díky účinné podpoře grantových projektů GAČR 205/04/2129, GAAV ČR IAA 300 30808 a Výzkumného záměru AV0Z 100 30 501.

Literatura:

- Ambrož P., Bumba V., Howard R.: 1971, Solar Magnetic Fields, Howard (ed.), 696
Bumba V.: 1976, Basic Mechanisms of Solar Activity, Bumba, Kleczek (eds.), 47
Bumba V., Hejna L.: 1986, Studia Geoph. Et Geod. 30, 158
Bumba V., Hejna L.: 1988, Bull. Astron. Inst. Czechosl. 39, 8
Bumba V., Klvaňa M., 2006, Sborník z 18. Celoštatného slnečného Seminára, I. Dorotovič (ed.), Slov. Ústred. Hvezdáreň Hurbanovo
Bumba V., Sýkora J.: 1974, Coronal Disturbances, G. Newkirk, Jr. (ed.), 73
Bumba V., Klvaňa M., Garcia A.: 2007, The Physics of Chromospheric Plasmas, APS Conference Series, Vol. 368, P. Heinzel, I. Dorotovič, J. Rutten (eds.), 511
Charvátová, I.: 2008, New Astronomy 14, 25
Kopecký M., Mayer P., Borovičková V.: 1952, Bull. Astron. Inst. Czechosl. 3, 38
Makarov V. I., Sivaraman K. R.: 1986, Atlas of H-Alpha Synoptic Charts For Solar Cycle 19 (1955 – 1964), Carrington Solar Rotations 1355 to 1486, Indian Inst. Of Astrophysics
McIntosh P., S.: 1979, Report UAG – 70: Annotated Atlas of H – Alpha Synoptic Charts for Solar Cycle 20 (1964 – 1974) Carrington Solar Rotations 1487 – 1616
Petrova N. S., Shpitalnaya A. A., Vassilyeva G. Ja.: 1978, Sol. Dannye No. 12, 89