

# Praktický test modelu sluneční aktivity - predikce maxima 24. slunečního cyklu

P. Kalenda, Ústav Struktury a Mechaniky hornin AV ČR, V Holešovičkách 41, Praha 8, pkalenda@irms.cas.cz

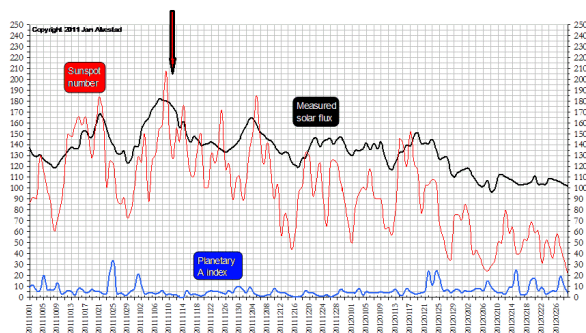
## Abstrakt

Dne 12.12.2006 byla na semináři slunečních astronomů v Ondřejově vyslovena predikce maxima 24. slunečního cyklu, která měla připadnout na 11.11.2011. Tato predikce vycházela z modelu sluneční aktivity, který je řízen gravitačními vlivy planet (Kalenda a Málek 2006a, 2008). Tato úspěšná predikce potvrdila správnost představeného modelu.

V tomto příspěvku je souhrnně představen model sluneční aktivity, ve kterém si všechna tělesa vyměňují své orbitální rotační momenty, které se mohou transformovat do spinového rotačního momentu Slunce a ve kterém je maximum sluneční aktivity především závislé na poloze Jupitera vůči Slunci, postavení velkých planet a poloze barycentra Sluneční soustavy.

## 1. Úvod

Dne 12.12.2006 bylo na slunečním semináři na Astronomickém ústavu v Ondřejově předpovězen čas maxima 24. slunečního cyklu (Kalenda, Málek 2006b). Na základě rozboru polohy Jupitera vůči barycentru Sluneční soustavy a na základě odhadnutého momentu barycentra bylo vypočteno, že maximum sluneční aktivity bude druhého typu a pro tento typ maxima bude nejpravděpodobnější úhel mezi Jupiterem, Sluncem a barycentrem cca  $220^\circ$ , který nastane v listopadu 2011. A aby to bylo numerologicky hezké, bylo předpovězeno datum 11.11.2011 s tím, že přesnost tohoto odhadu není lepší než 1 měsíc. Skutečné maximum sluneční aktivity ve 24. cyklu nastalo 9.11.2011, tedy o 2 dny dříve (viz obr. 1).



Obr. 1 Sluneční aktivity od 1.10.2011 do 1.3.2012 (převzato od J. Alvestada 2012) a předpovězené datum maxima 24. slunečního cyklu (šipka)

V tomto příspěvku jsou shrnuty základní úvahy, které vedly k predikci okamžiku maxima sluneční aktivity. Úspěšná predikce potvrdila představený

teoretický model vlivu poloh planet na sluneční aktivitu (Kalenda, Málek 2006a, 2008).

## 2. Teoretické úvahy o vlivu planet na sluneční aktivitu

Teoretický model vlivu planet na sluneční aktivitu byl popsán v Kalenda a Málek (2008). Ten předpokládá, že sluneční aktivita  $W$  je přímo úměrná změnám rotačního spinového momentu Slunce  $L_S^S$  podle vztahu

$$W = K \text{abs}(d^2L_S^S / dt^2) \quad /1/$$

Změnu rotačního spinového momentu Slunce zapříčiňují planety svým silovým působením podle vztahu

$$dL_S^S / dt = Q F \sin \alpha \quad /2/$$

kde  $Q$  je faktor účinnosti transformace orbitálního na spinový rotační moment,  $F$  je velikost výsledného vektoru gravitačních sil všech planet a  $\alpha$  je úhel mezi vektorem  $F$  a průvodičem k barycentru  $r$ . Z tohoto vztahu vyplývá, že pak by bylo možno určit směr k barycentru  $\alpha$  a Slunce by představovalo svou aktivitou gravitační kompas. Hlavním objektem, který by pak určoval převážnou část sluneční aktivity by byl Jupiter.

Protože v průběhu jedné otočky Slunce okolo barycentra by došlo k minimálně dvěma polohám, ve kterých jsou tangenciální složky síly  $F_t$  nulové a ke dvěma polohám, ve kterých jsou tangenciální složky síly  $F_t$  maximální (i když s opačnými znaménky), pozorovali bychom dvě maxima sluneční aktivity v průběhu tohoto jednoho oběhu. Současně bychom pozorovali v jedné polovině oběhu zrychlování spinu Slunce a ve druhé polovině oběhu jeho zpomalování. Opět diferenciální rotace Slunce by vykazovala 2

maxima – jedno kladné a jedno záporné. Toto předpokládal i Jose (1965), který reverzoval polarity sluneční aktivity podle čísla cyklu (kladné cykly opačně než záporné) a teprve takovou sluneční aktivitu srovnával se změnou orbitálního rotačního momentu.

### 3. Empirické odvození polohy barycentra Sluneční soustavy

Když vezmeme známé hmoty ve Sluneční soustavě a vypočteme polohu jejich těžiště, zjistíme, že okolo takového těžiště obíhá Slunce s periodou cca 18,6 let po trajektorii neuzavřené cykloidy (solar inertial motion – SIM) (Jose 1965, Jakubcová and Pick 1987). V závislosti na vzájemném postavení planet má cykloida přibližně 60 let pravidelný charakter, který se střídá s nepravidelným obdobím (Charvátová 1988, 1997). Sluneční aktivita je rozdílná v uspořádaném období od období neuspořádaného (Charvátová 1990).

Když spočteme vzájemné polohy těžiště známých planet ve Sluneční soustavě, Slunce a Jupitera, o kterém předpokládáme, že by měl mít největší vliv na sluneční aktivitu, nedostaneme shodu mezi pozorovanými maximy sluneční aktivity (Wolfova čísla) a obdobnou polohou Jupitera vůči barycentru, přestože ve spektru sluneční aktivity jsou prokazatelně synodické periody Jupitera s velkými planetami (9,9 let = S/2, 12,8 let = N, 13,7 let U) (Charvátová and Střeščík 1991, Bumba 2011).

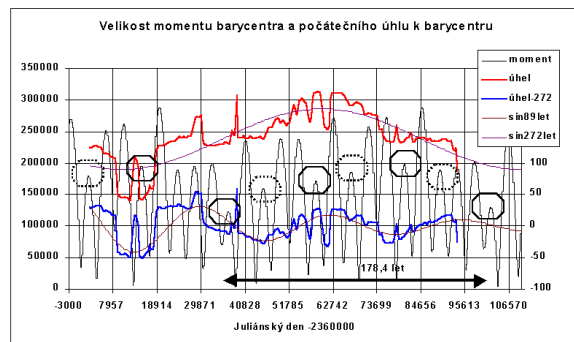
K tomu, abychom dostali významnou shodu mezi pozorovanou sluneční aktivitou a gravitačními vlivy planet, musíme předpokládat, že ve Sluneční soustavě se nacházejí další, dosud neobjevené hmoty, které spolu se známými hmotami určují polohu barycentra celé Sluneční soustavy tak, že okolo něj obíhá Slunce s přibližnou periodou 24,88 let. V práci Kalenda a Málek (2006a) jsme odhadli na základě distribuční křivky hmot ve Sluneční soustavě, že by se taková tělesa mohla nacházet mezi 160 a 850 AU. V pozdější práci (Kalenda a Málek 2008) jsme optimalizací přenosů rotačních momentů mezi planetami a Sluncem odhadli těžiště neznámých hmot na 1140 AU s tím, že zůstaly zachovány momenty, určující polohu barycentra vůči Slunci, které okolo něj obíhá s přibližnou periodou 24,88 let. Protože vlastní pohyb Slunce není jednoduchá křivka (elipsa, cykloida) nastávají okamžiky, kdy se rotační momenty mezi planetami a Sluncem přenášejí lépe a kdy hůře. Proto koeficient korelace mezi sluneční aktivitou a první derivací gravitačních sil známých planet za 10-leté období kolísá mezi 0,1 a 0,95 s tím, že po většinu doby se nacházel nad úrovní 0,8, ale s periodou cca 60 let nastávaly pravidelně období, kdy klesal až na své minimální hodnoty (viz obr. 5 a 6 v Kalenda a Málek 2006 nebo obr.5a,b v Kalenda a Málek 2008).

### 4. Predikce maxima 24. slunečního cyklu

Predikce maxima 24. slunečního cyklu byla spočtena v roce 2006 na základě tří předpokladů:

- Ve Sluneční soustavě se nacházejí dosud neznámé hmoty, které mají vliv na polohu barycentra soustavy (Kalenda a Málek 2006a).
- Sluneční aktivitu řídí planety, které si předávají mezi sebou a také Slunci své orbitální rotační momenty. Na Slunci se tyto příspěvky rotačních momentů transformují zejména do spinového rotačního momentu Slunce (Kalenda a Málek 2008).
- Dominantní vliv na sluneční aktivitu má Jupiter a jeho poloha vůči Slunci a barycentru určuje, jak velká bude sluneční aktivita. Wolfův cyklus sluneční aktivity je totožný se synodickou periodou Slunce a Jupitera vůči barycentru Sluneční soustavy.

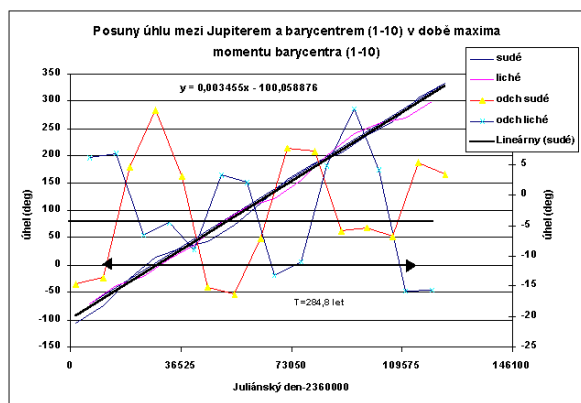
V prvním kroku jsme spočetli polohu barycentra Sluneční soustavy včetně neznámých hmot vůči Slunci tak, že jsme neznámý chod polohy aproximovali sinusovkou s periodou 24,88 let a tu jsme opravili na 272-letou a 89-letou variaci počátečního úhlu (viz obr. 2).



Obr. 2 Velikost momentu Slunce a počátečního úhlu od Slunce k barycentru

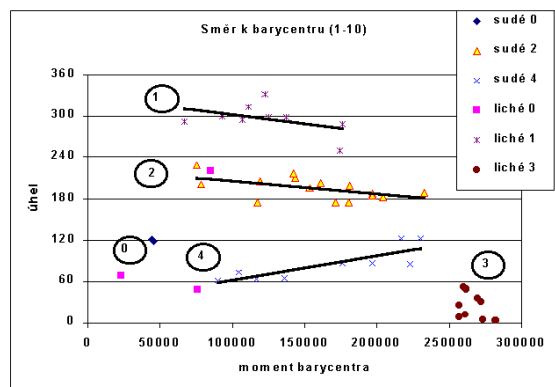
Ve druhém kroku jsme spočetli orbitální moment Slunce od barycentra, o kterém jsme se domnívali, že by mohl mít vliv na velikost sluneční aktivity i na posun maxima aktivity v čase (viz obr. 2).

O zásadním vlivu Jupitera na polohu barycentra Sluneční soustavy nemůže být nejmenší pochyby, přesto v dobách největších momentů Slunce není směr k barycentru totožný se směrem k Jupiteru a odchylka činí až  $17^\circ$  (viz obr.3). Perioda opakování všech cyklů je 284,8 let, což je synodická perioda mezi polovinou oběhu Slunce okolo barycentra (24,88/2 let) a Jupiterem (11,87 let). Perioda opakování kladných a záporných odchylek v sudých/lichých cyklech je 142,4 let (viz obr. 3).



**Obr. 3 Úhly od Slunce k barycentru Sluneční soustavy a k Jupiteru (levá osa) a odchylka mezi úhly k barycentru a Jupiteru v sudých a lichých cyklech (pravá osa)**

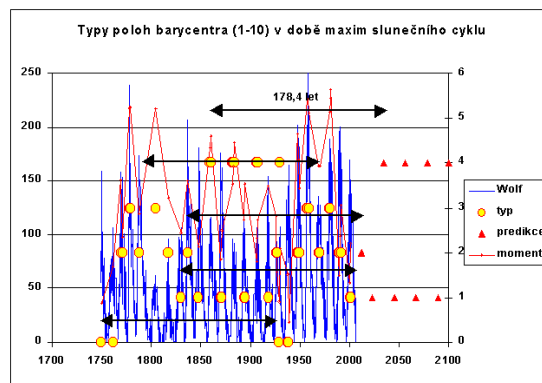
Ve třetím kroku jsme zjistili pro okamžiky maxima sluneční aktivity předchozích cyklů (včetně výrazných sekundárních maxim) úhly barycentra vůči Slunci v závislosti na momentu Slunce a na sudém/lichém cyklu (viz obr. 4). Jak je patrné, je možno všechna maxima sluneční aktivity rozdělit do 5 skupin. Ve skupině 0 se vyskytují jak maxima sudých, tak i lichých cyklů a to v době minimálního momentu Slunce. Naopak, ve skupině č.3 se lichá maxima sluneční aktivity nacházejí v době maximálního momentu Slunce a v době, kdy je úhel k barycentru mezi  $0^\circ$  a  $60^\circ$ . U skupin maxim v lichých (1) a sudých (2) cyklech závisí úhel k barycentru na velikosti momentů tak, že čím větší je moment Slunce, tím dříve (menší úhel) nastává maximum sluneční aktivity. Naopak pro typ č.4 nastává maximum v sudých cyklech tím později, čím je větší moment Slunce. Křivkami č. 1, 2 a 4 byly proloženy lineární závislosti a byly spočteny střední úhly barycentra vůči Slunci na momentu Slunce.



**Obr. 4 Závislosti úhlu barycentra v dobách maxim sluneční aktivity. Jevy jsou rozděleny do 5 skupin pro sudé (0,2,4) a liché cykly (0,1,3).**

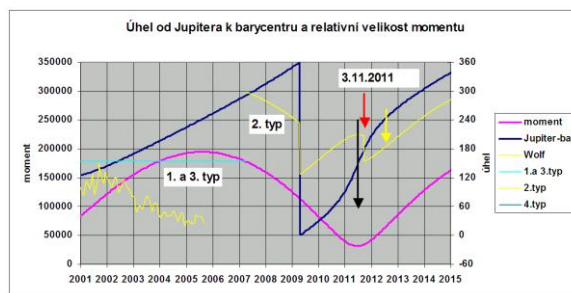
Jak je možno jednoduše ukázat, skupiny 0-4 se nevyskytují v čase náhodně, ale mají pravidelný chod, kdy se střídají typy 1 a 4 s typy 2 a 3, mezi které jsou vsunuty typy 0 (viz obr. 5). Celý cyklus střídání typů

má periodu 178,4 let, která je dána opakováním podobného postavení velkých planet vůči sobě (Jose 1965). 24. sluneční cyklus bude mít maximum typu 2 a 25. sluneční cyklus bude mít maximum typu 1. Dále se pak po dobu 80 let budou střídát typy maxim 1 a 4.



**Obr. 5 Srovnání vývoje sluneční aktivity (Wolfova čísla) a typů maxim sluneční aktivity**

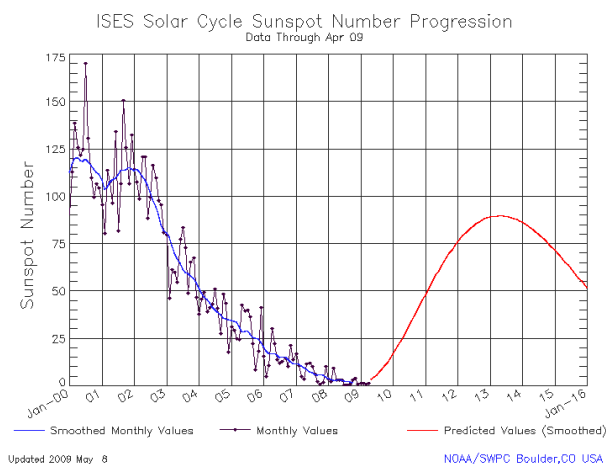
Ve čtvrtém kroku jsme spočetli teoretické polohy barycentra a Jupitera pro dobu maxima sluneční aktivity 24. cyklu v závislosti na momentu Slunce a určili okamžik, kdy skutečný úhel bude totožný s teoretickým úhlem (viz obr. 6). Protože počátek (30.7.2010) a konec (1.7.2012) období maximální aktivity ve 24. cyklu nejsou symetrické, předpokládali jsme, že skutečné maximum bude posunuto více do poloviny listopadu a proto jsme predikovali listopad 2011 jako období maximální sluneční aktivity.



**Obr. 6 Moment Slunce a teoretické polohy Jupitera pro 1.a 3. typ ve 23. slunečním cyklu a pro 2. typ ve 24. slunečním cyklu. Černou šipkou je vyznačen počátek maximální sluneční aktivity (30.7.2011), kdy se začíná výrazně sblížovat teoretický úhel k Jupiteru se skutečným a žlutou šipkou se vyznačen konec maxima sluneční aktivity (1.7.2012), kdy se přestává vzdalovat teoretický úhel Jupitera od skutečného. Červenou šipkou je vyznačeno předpokládané ostré maximum sluneční aktivity (3.11.2011).**

Shodu mezi predikovaným maximem a skutečně pozorovaným maximem sluneční aktivity můžeme porovnat na obrázku č.1. Ta je zcela odlišná od oficiálních predikcí NASA

(<http://www.swpc.noaa.gov/SolarCycle/SC24/index.html>), která v roce 2009 (tedy 3 roky po naší predikci) predikovala maximum 24. slunečního cyklu na polovinu roku 2013 (viz obr. 7).



**Obr. 7 Predikce vývoje sluneční aktivity ve 24. cyklu (převzato z NASA)**

## 5. Závěr

V tomto příspěvku je souhrnně představen model sluneční aktivity, ve kterém si všechna tělesa vyměňují své orbitální rotační momenty, které se mohou transformovat do spinového rotačního momentu Slunce a ve kterém je maximum sluneční aktivity především závislé na poloze Jupitera vůči Slunci, postavení velkých planet a poloze barycentra Sluneční soustavy.

Úspěšná predikce maxima 24. slunečního cyklu potvrdila správnost modelu a kromě jiného ukázala, že jsou splněny předpoklady, na kterých byl výpočet založen včetně dosud neznámých hmot ve sluneční soustavě, které mění výrazným způsobem polohu barycentra celé Sluneční soustavy, okolo kterého obíhá Slunce s průměrnou periodou cca 24,88 let.

## LITERATURA

- Bumba, V., Klvaňa, M. (2011): Co ovlivňuje průběh jedenáctiletého cyklu sluneční aktivity. Zborník referátov z 20. celoštátneho slnečného seminára, 64-71. ISBN: 978-80-85221-68-8.
- Charvátová, I. (1988): The solar motion and the variability of solar activity. *Advances in Space Res.* 8, 7, 147-150.
- Charvátová, I. (1990): The relations between solar motion and solar variability. *Bull. Astr. Inst. Czechosl.* 41, 56-59.
- Charvátová, I. and Štřeštík, J. (1991): Long-term variations in duration of solar cycles. *Bulletin of Astronomical Institutes of Czechoslovakia*, vol. 42, no. 2, p. 90-97.
- Charvátová, I. (1997): Solar motion (main article), in *Encyclopedia of Planetary Sciences* (Eds. J.H. Shirley and R.W. Fairbridge), Chapman & Hall, New York, London, pp. 748-751.

Jakubcová I., Pick M. (1987): Correlation between solar motion, earthquakes and other geophysical phenomena. *Ann. Geophys.* 5B, 135-142.

Jose, P. D. (1965): Sun's motion and sunspots, *Astron. J.*, 70, 193±200.

Kalenda, P., Málek, J. (2006a): Sluneční aktivita je řízena slapy na Slunci. 18. celoštátny slnečný seminár, Modra, Slovensko. <http://stara.suh.sk/obs/slnsem/18css/kalenda.pdf>.

Kalenda, P., Málek, J. (2006b): Gravitační pole planet řídí sluneční aktivitu. Přednáška na semináři odd. sluneční astronomie AV ČR, Ondřejov.

Kalenda, P., Málek, J. (2008): Je sluneční aktivita spojená s variacemi momentu hybnosti Slunce? Zborník referátov z 19. celoštátneho slnečného seminára, 36-44. (ISBN verzie na CD: 978-80-85221-60-2). <http://stara.suh.sk/obs/slnsem/19css/kalenda.pdf>.