

# Sluneční aktivita je řízena slapy na Slunci

P. Kalenda, ÚSMH AV ČR Praha, [pkalenda@volny.cz](mailto:pkalenda@volny.cz)

J. Málek, ÚSMH AV ČR Praha, [malek@irsm.cas.cz](mailto:malek@irsm.cas.cz)

## Abstrakt

Nalezli jsme korelaci mezi sluneční aktivitou (měsíčními Wolfvými čísly) a slapy na Slunci (časově vyhlazené derivace slapového potenciálu, vztažené k barycentru celé sluneční soustavy). Oba časové průběhy sluneční aktivity a odvozeného slapového potenciálu mají shodné pozice maxim, minim, kmítení i uzlů a podobnou obálku. Na tomto základě jsme schopni predikovat sluneční aktivitu. Za předpokladu, že solární slapy, vztažené k barycentru sluneční soustavy, jsou hlavním řídicím mechanismem sluneční aktivity, jsme schopni spočítat střední periodu rotace barycentra okolo středu Slunce a následně odhadnout množství dosud neobjevených a nekompensovaných hmot ve sluneční soustavě za dráhou Pluta (3.1025 až 5.1024 kg).

## Úvod

Kolísání sluneční aktivity se pokoušela a pokouší vysvětlit celá řada modelů, ale dosud žádný z nich nedokázal vysvětlit všechny aspekty tzv. slunečního cyklu, který je přibližně dlouhý 22 let. Většina prací se snaží nalézt příčiny tohoto cyklu uvnitř Slunce (Schatten et al. 1978, Charbonneau and Dikpati 2000, Basu and Antia 2003, Dikpati et al. 2006), avšak existují též argumenty, které svědčí o vlivu planet na sluneční cyklus. Bigg (1967) ukázal, že perioda Merkuru se ukazuje v datech sluneční aktivity (počtu slunečních skvrn) a že tento vliv závisí i na postavení dalších planet s největšími gravitačními vlivy (Venuše, Země a Jupiter). Wood (1972) se pokusil vysvětlit chování sluneční aktivity pomocí slapových vlivů planet. Bumba et al. (2002) ukázal, že geometrické rozmístění slunečních skvrn odpovídá polohám konjunkcí slapové významných planet.

Další práce ukazují, že ve sluneční aktivitě jsou zřetelně obsaženy informace o poloze geometrického středu Slunce vůči těžišti celé Sluneční soustavy (barycentru). Jose (1965) našel základní periodu opakování podobné polohy Slunce vůči planetám 178,7 let a Diamantides (1997) toto nezávisle potvrdil statistickou analýzou Wolfvých čísel. Charvátová (1988, 1990, 1997) navíc ukázala, že v období, kdy se střed Slunce nachází v blízkosti středu Sluneční soustavy a velké planety jsou rovnoměrně rozmístěny okolo Slunce, je sluneční aktivita v minimu. Takto je možno vyzorovat cca 60-leté periody chování sluneční aktivity.

Nejnovější modely sluneční aktivity, založené na slunečním dynamu (Charbonneau and Dikpati 2000, Dikpati et al. 2006) sice vysvětlují možný kvaziperiodický mechanismus sluneční aktivity, avšak nedávají odpověď na otázku, proč sluneční aktivita

obsahuje stejné periody, jaké jsou obsaženy ve vzájemných polohách planet a Slunce.

## Model gravitačního působení

Náš model gravitačního působení planet na sluneční aktivitu je založen na myšlence, že sluneční dynamo je nám dosud neznámým mechanismem ovlivňováno gravitačními vlivy planet obdobně, jako jsou způsobovány oceánské slapy na Zemi. Tento "slapový" vliv je téměř symetrický na přivrácené i odvrácené straně Slunce (resp. v hloubkách, kde je v činnosti termojaderná reakce), je však různě orientován vůči poloze vlastního slunečního dynamu. V době, kdy je vliv přibližně paralelní, jsou jeho účinky maximální a naopak v době, kdy je sluneční dynamo a poloha planety na sebe kolmá, je vliv minimální.

Podle Keplerových zákonů obíhá střed Slunce okolo těžiště celé Sluneční soustavy. Tyto dva body nejsou totožné. Těžiště Sluneční soustavy je definováno vztahem

$$\mathbf{r} = \sum_j m_j \cdot \mathbf{d}_j, \quad \text{kde} \quad 1/$$

$\mathbf{r}$  je vektor polohy těžiště,  $m_j$  je hmotnost  $j$ -tého tělesa a  $\mathbf{d}_j$  je vektor polohy  $j$ -tého tělesa. Ve středu Slunce  $\mathbf{S}$  je vzájemně kompenzována odstředivá síla  $\mathbf{T}$  a gravitační síla  $\mathbf{G}$  Slunce. V bodě symetrickém se středem Slunce  $\mathbf{S}$  okolo těžiště Sluneční soustavy  $\mathbf{S}'$  je odstředivá síla stejná jako ve středu Slunce  $\mathbf{S}$ , ale gravitační síla je menší. Obdobně tomu bude i v bodě  $\mathbf{r}'$  symetrickém s těžištěm  $\mathbf{r}$  podle středu Slunce. Tam bude odstředivá síla větší ale gravitace bude stejná jako v bodě  $\mathbf{r}$ . Tímto vzniká na Slunci dvojice sil, která vytváří vlny obdobné slapovým vlnám na Zemi jen s tím rozdílem, že se nejedná o slapy na Slunci v pravém smyslu slova dané vlastní rotací Slunce, ale "slapy" dané pohybem ostatních hmot okolo těžiště Sluneční soustavy. Vektor

gravitační síly Slunce  $\mathbf{G}$  je stejný, jako součet všech vektorů gravitačních sil hmot celé Sluneční soustavy

$$\mathbf{G} = - \sum \mathbf{G}_j \quad 2/$$

Přírůstky "slapové" síly od jednotlivých planet v bodě A na Slunci pak jsou přímo dány Newtonovým gravitačním zákonem

$$\mathbf{F} = \chi * m_p * m_s / \mathbf{d}^2 \quad 3/$$

kde  $\chi$  je gravitační konstanta,  $m_p$  je hmotnost planety,  $m_s$  je hmotnost Slunce a  $\mathbf{d}$  je vzdálenost planety od Slunce. Protože hledáme pouze relativní změny na Slunci, můžeme uvažovat o zrychlení

$$\mathbf{a} = \mathbf{F} / m_s \quad 4/$$

Druhou myšlenkou, která byla formulována při našich výzkumech v oblasti vlivů zemských slapů a zemětřesení (Fischer et al. 2006, Kalenda et al. 2006) je, že v kapalinách má největší význam nikoli časový průběh vlastní síly, ale její první časová derivace. Předpokládáme, že na Slunci, které je téměř ideální kapalinou, se projeví maximální sluneční aktivita v době maxima první derivace gravitačních sil a nikoli v období maxima gravitačních sil.

Třetím předpokladem, použitým v našem modelu je, že vlastní termojaderný reaktor (sluneční dynamo) má svou setrvačnost, která vyhlazuje krátkoperiodické složky působení planet. Proto jsme zvolili v modelu roční okno, ve kterém se průměrují a tím i shlazují všechny vlivy.

### Výsledky modelování sluneční aktivity gravitačními vlivy

Od všech známých planet jsme spočítali s 10-denním krokem jejich příspěvky "slapových" vlivů podle vztahu /3/ resp. /4/ na základě jejich efemerid (NASA - Ephemerid generator: <http://ssd.jpl.nasa.gov/cgi-bin/eph>) od roku 1750 do roku 2005, od kdy jsou známa měsíční Wolfova čísla sluneční aktivity. Jak se ukázalo, spočtený vliv velkých a blízkých planet je v celkovém součtu rozhodující a planety i Pluto jsou již v sumárním vlivu zanedbatelné. Příspěvky dalších těles jako 2003-UB313 Sedna nebo dosud neznámých těles naší Sluneční soustavy mají zanedbatelné příspěvky vzhledem k relativně malé hmotnosti a velkým vzdálenostem od Slunce. Můžeme tedy říci, že "slapový" vliv planet je s velkou přesností známý a spočítatelný podle NASA od roku 3000 BC do roku 3000 našeho letopočtu.

Při výpočtu relativních "slapových" vlivů vůči slunečnímu dynamu jsou jedinými neznámými veličinami střední úhlová rychlost rotace slunečního dynamu a jeho počáteční úhel vůči ekliptice. Vůči tomuto směru jsme počítali relativní slapové vlivy všech planet. Tento směr nemusí představovat samotné sluneční dynamo, ale nějaký nám neznámý mechanismus, který je tímto směrem orientován. Optimální parametry střední úhlové rychlosti rotace  $\omega$  a počátečního úhlu  $\phi_0$  byly zjištěny korelací mezi první derivací "slapové" síly a Wolfovým číslem pro období 1.1.1800 - 6.9.2005. Výsledek je na obrázku č.1. Je vidět, že za toto období je ve shodě počet slunečních

půlcyklů (11-letých) i jejich relativní amplituda s křivkou prvních derivací "slapové" síly. Samotná "slapová" síla vykazala za toto období pouze 2 maxima a 2 minima, tedy poloviční počet, než je počet interferenčních rázových "balíků" ve sluneční aktivitě. Interferenční maxima připadají na roky 1770, 1840, 1890, 1950 a 2000, tedy přesně do období minimálních hodnot "slapové" síly a současně maxim první derivace této "slapové" síly. Interferenční minima připadají na roky 1800, 1860, 1920 a 1970, tedy do období extrémů slapové síly.

První derivace vypočtené "slapové" křivky v některých slunečních cyklech mají velice blízký tvar jako křivka sluneční aktivity (viz obr.2). Na druhé straně je patrné, že dochází k posunům křivek sluneční aktivity vůči křivce "slapových" vlivů. To pravděpodobně znamená, že úhlová rychlost slunečního dynamu se v čase mění a že není konstantní a kolísá okolo střední hodnoty 0,0792°/den, která odpovídá střední periodě 12,44 let.

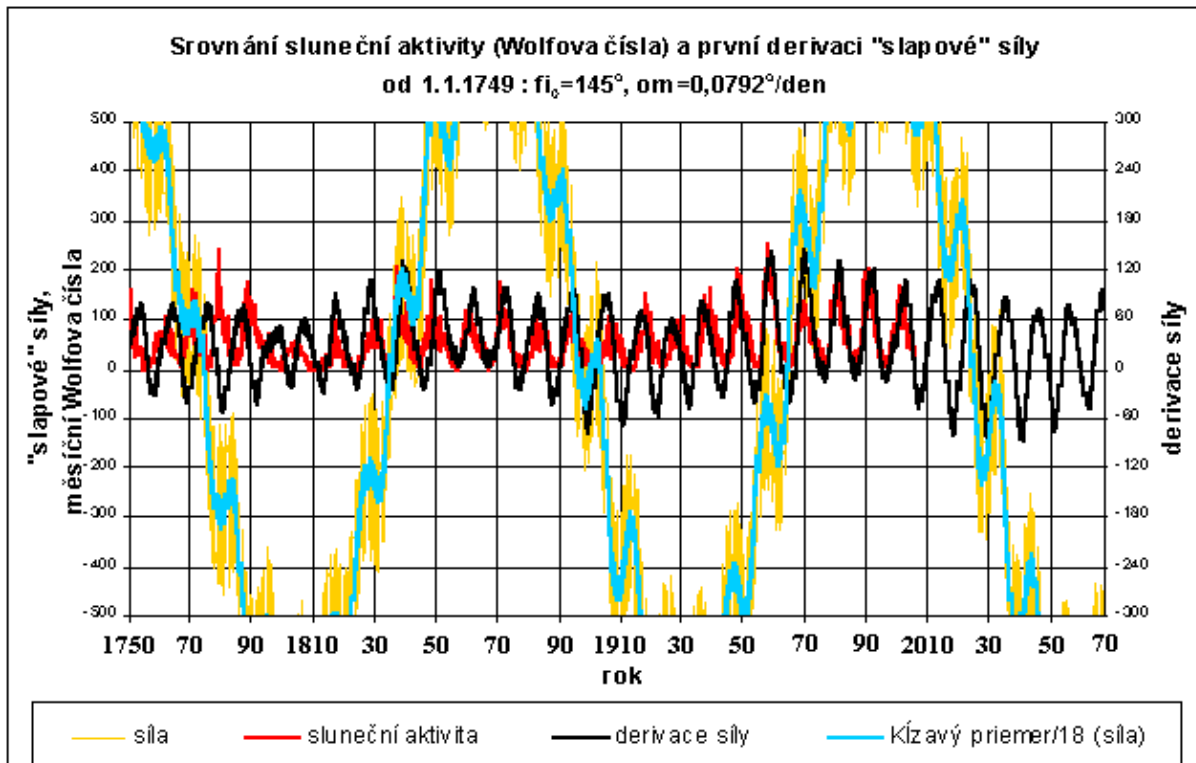
### Diskuse periody rotace slunečního dynamu

Otázkou zůstává fyzikální podstata, která řídí periodu rotace slunečního dynamu (nebo jiného mechanismu), vůči kterému se vztahuje gravitační vliv planet. To, že se jedná o nerovnoměrný pohyb pravděpodobně znamená, že se jedná o kombinaci různých zdrojů. Tyto zdroje mohou být jak uvnitř, tak vně Slunce. Blízkou hodnotu má oběžná doba Jupitera kolem Slunce (11,87 let), ale ta nesouhlasí přesně a ani se nemění v čase. Druhou možností by bylo několik zdrojů (dynamu) uvnitř Slunce, které by ve svém součtu měly střední periodu 12,44 let nebo 24,88 let, pokud by byly např. vektorově orientovány nebo měly dvě maxima v jedné periodě jako slapové vlny. Třetí možností je, že perioda 12,44 let je polovinou rotační periody Sluneční soustavy jako celku. Na tuto myšlenku nás přivedla diskuse s Dr.I.Charvátovou. Rozeberme si teoreticky tuto možnost.

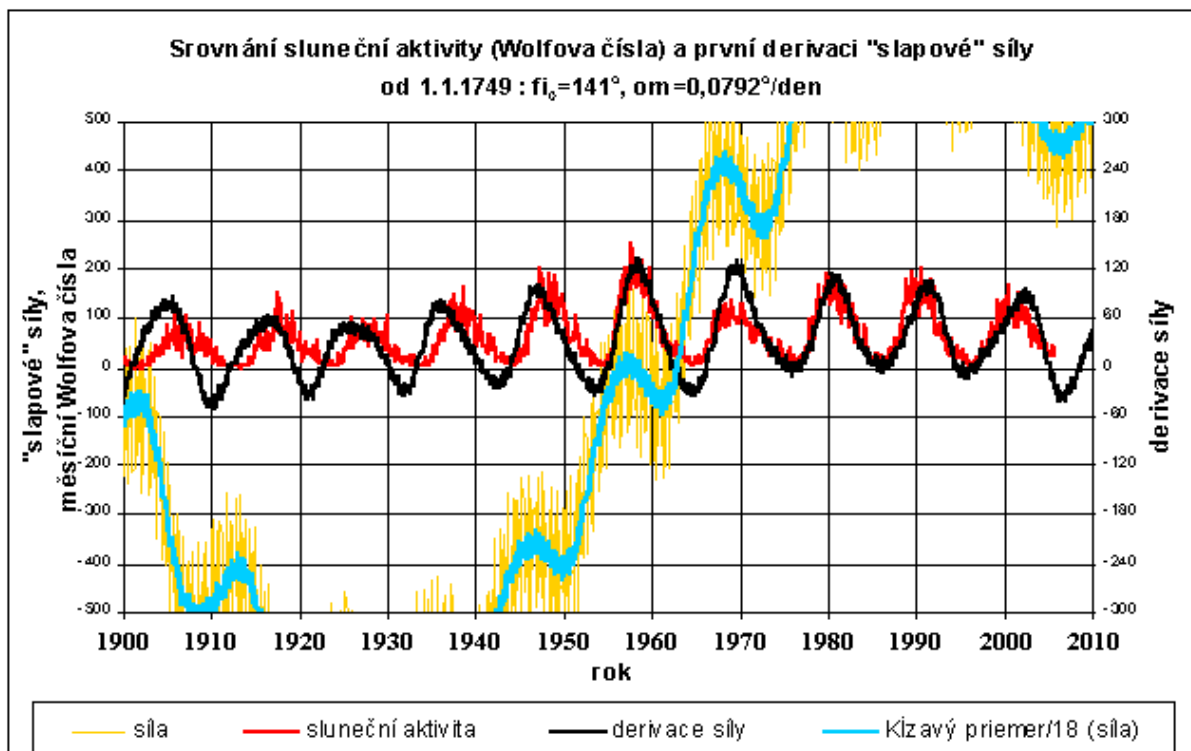
Známé hmoty obíhají okolo Slunce se střední periodou cca 19,03 let, pokud počítáme momenty setrvačnosti dle vztahu

$$M_p = m_p \cdot d \quad 5/$$

Z distribuční křivky hmot ve Sluneční soustavě a maximálního gravitačního vlivu Slunce (maximálních rozměrů Sluneční soustavy) můžeme odhadnout příspěvky momentů dosud neznámých hmot. Pro naše účely definujeme maximální rozměr Sluneční soustavy jako vzdálenost, ve které si může Slunce hmotu udržet na relativně stabilní orbitě, kdy vlivy okolních planet a vnějších hmot jsou mnohem menší než vlivy Slunce. Gravitační dosah Slunce a všech planet, sahá tedy mnohem blíže, než je Oortův oblak (50000 AU), protože z něj může pouze na hranici "vytrhávat" hmotu, která pak může ve formě komet nebo asteroidů zamířit ke Slunci. Za vnější hranice Sluneční soustavy jsme proto uvažili vnější omezení Kupierova pásu. Toto vnější omezení je ve vzdálenosti cca 1000AU.



Obr. 1 Časový vývoj sluneční aktivity (měsíční Wolfova čísla) a gravitačních vlivů planet.



Obr. 2 Časový vývoj sluneční aktivity (měsíční Wolfova čísla) a gravitačních vlivů planet od roku 1900 do roku 2010

Nyní jsem hledali distribuční křivku hmot ve Sluneční soustavě (viz obr.3), která by odpovídala periodě rotace celé Sluneční soustavy 24,88 let. Tato úloha je nejednoznačná. Uvažovali jsme proto, že hmota je soustředěna na diskrétní orbity a že existuje zákon distribuce hmoty na těchto orbitách se vzdáleností od Slunce. Distribuční funkce je počínaje Jupiterem a konče Neptunem nejlépe vyjádřena empirickým vztahem

$$\log d [\text{AU}] = 0,245 N - 0,727, \quad 6/$$

kde  $N$  je číslo orbity ve smyslu empirického zákona (viz obr.4). Tento vztah jsme extrapolovali i na vzdálenější orbity, kde dosud nejsou všechna tělesa objevena. Poslední číslo orbity, které jsme uvažovali je 15. Když jsme tuto teoretickou hmotu přiřadili orbitám 11 - 15 i s tím, že na orbitě č.11 již byla nalezena menší tělesa, ale že část hmoty nalezena ještě nebyla, dostali jsme střední periodu rotace hmot takové celé Sluneční soustavy cca 24,92 let, což je velice blízko hodnotě, zjištěné ze srovnání "slapových" vlivů a sluneční aktivity.

Můžeme tedy říci, že nejpravděpodobnějším vysvětlením orientace slunečního dynamu nebo jiného mechanismu, který je ovlivňován slapovými vlivy planet, je vliv rotace Slunce okolo těžiště všech hmot Sluneční soustavy a tedy orientace tohoto dynamu do směru spojnice středu Slunce a těžiště celé Sluneční soustavy včetně dosud neobjevených hmot.

Pokud přijmeme tento mechanismus, je možné provést odhad celkového množství dosud neobjevených hmot ve Sluneční soustavě, který by byl mezi  $5 \cdot 10^{24}$  kg a  $3 \cdot 10^{25}$  kg materiálu. To odpovídá hmotnosti cca 38 - 228 Plut. Je možné také odhadnout směr k těžišti celé Sluneční soustavy a tím i k těžišti neznámých hmot po odečtení těžiště známých planet.

### **Vliv polohy těžiště Sluneční soustavy na orientaci slunečního dynamu**

V předchozí kapitole jsme zdůvodnili, že nejpravděpodobnějším vysvětlením hlavní periody, vůči které se projevují "slapové" vlivy planet, je perioda oběhu středu Slunce vůči těžišti celé Sluneční soustavy a orientace slunečního dynamu (nebo jiného mechanismu) do směru jejich spojnice. Pokud by tomu tak bylo, pak by tento pohyb neměl být rovnoměrný, ale měl by záviset na periodách planet, které by se měly do něj promítat. Navíc bychom měli pozorovat i periodu (periody) dosud neznámých těles.

Jak vyplývá z obrázku č.4, počínaje Jupiterem, jsou momenty setrvačnosti všech planet (kromě planetek a Pluta) téměř konstantní (jsou v rozsahu jednoho řádu s mírně klesající tendencí) a tedy mají téměř stejnou váhu a vliv na polohu těžiště na rozdíl od slapových vlivů, které jsou počínaje Plutem zanedbatelné. (Logaritmičtí ubývá hmotnosti planet ale současně exponenciálně narůstá jejich vzdálenost a to téměř ve stejném poměru.) Tímto mechanismem bychom neměli pozorovat v posunech polohy těžiště pouze blízké planety, ale měli bychom pozorovat také všechny vzdálené planety, jejichž momenty jsou srovnatelné. Proto by se měl

výrazně projevit vliv Neptuna a vzdálenějších těles včetně dosud neobjevených hmot. Pokud se tato hypotéza potvrdí, získáme tím zajímavý nástroj pro odhad polohy vzdálených hmot na základě sluneční aktivity.

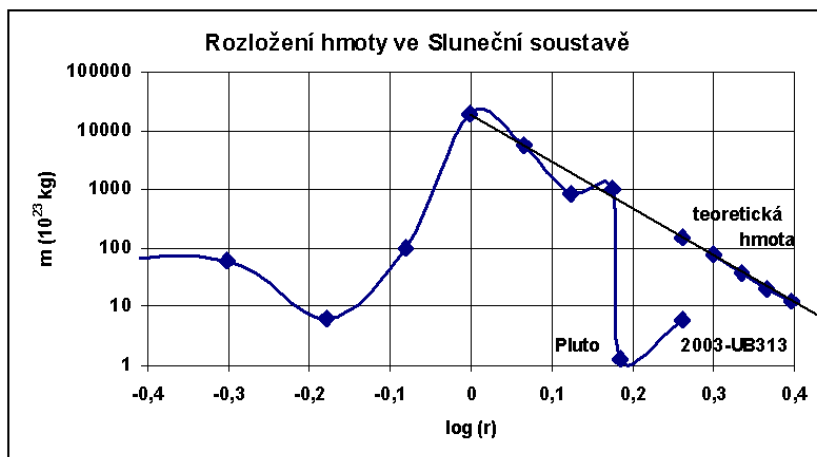
Počítali jsme proto počáteční fázi  $\varphi_0$  (posun) při konstantní střední úhlové rychlosti rotace  $\omega = 0,0792^\circ/\text{den}$  a to v okně dlouhém 10 let s ročním krokem tak, aby koeficient korelace mezi měsíčními Wolfovými čísly a první derivací "slapové" síly byl co největší.

Na obrázku 5 je vidět, že korelace mezi "slapy" a měsíčními Wolfovými čísly v 10-letém intervalu dosahuje hodnot větších než 0,9. Jsou dobře patrná cca 30-letá období vysokých hodnot koeficientu korelace (1800 - 1830, 1860 - 1890, 1920 - 1960 a 1980 - 2005), která se střídají s 30-letými obdobími s nízkými koeficienty korelace, kdy se koeficient korelace pohybuje až pod hodnotami 0,4.

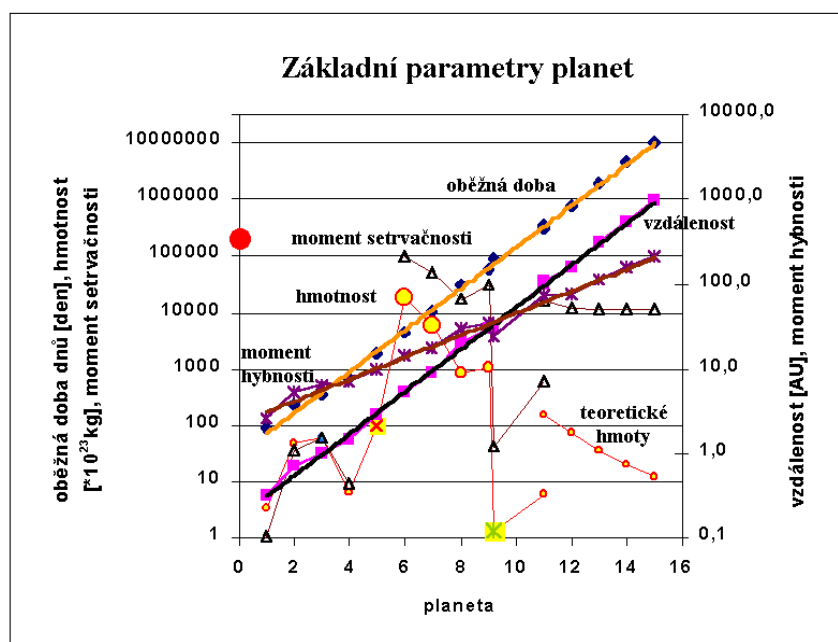
Posun počátečního úhlu  $\varphi_0$  ukazuje na základní periodu cca 272 let s odchylkami až  $\pm 45^\circ$  (interpolace je na obrázku 5 znázorněna černými čarami, tlustě funkcí  $\sin$  a tenčí polynomem 4. řádu). Pokud uvážíme, že se jedná o "slapové" působení, tak základní perioda oběhu by byla dvojnásobná, tedy cca 544 let. Protože ve Sluneční soustavě neznáme žádné těleso s takovou oběžnou dobou (Pluto má dobu oběhu 248 let, viz tabulka 1), jedná se nejpravděpodobněji o složený vliv velkých planet. Pokud odečteme tento základní periodický trend, dostaneme již mnohem lépe interpretovatelné výchylky počátečního úhlu (viz obr.6). Na obrázku 6 opět vidíme periodickou funkci výchylek s periodou přibližně 85,4 let a odchylkou od střední hodnoty  $\varphi_0$  až  $\pm 45^\circ$  (v letech 1750 - 1790) a s klesajícím trendem. Když si vyneseme do grafu polohy planet v době maximálních výchylek úhlu  $\varphi_0$ , pak vidíme, že velké planety v této době spolupůsobí s nějakou další hmotou na výchylku úhlu  $\varphi_0$  a jejich poloha (deklinace) má všeobecně rostoucí trend (viz obr.7).

Při detailnější analýze jsme schopni spočítat, že tato dosud neznámá hmota obíhá okolo Slunce s periodou cca 4500 - 5000 let. Samotné známé planety nejsou schopny bez dalších spolupůsobících hmot vyvolat takový průběh výchylek úhlu  $\varphi_0$ , protože jejich vzájemné konjunkce, opozice nebo kvadratury jsou mnohem častější, než bylo pozorováno na křivce výchylek úhlu  $\varphi_0$ . Jejich četnost by přibližně odpovídala četnosti lokálních maxim a minim okolo let 1780 - 1790 a 1900 - 1920. V době, kdy se jejich vliv ruší s vlivem vzdálených a dosud neznámých hmot, tak výchylky úhlu  $\varphi_0$  nejsou pozorovány.

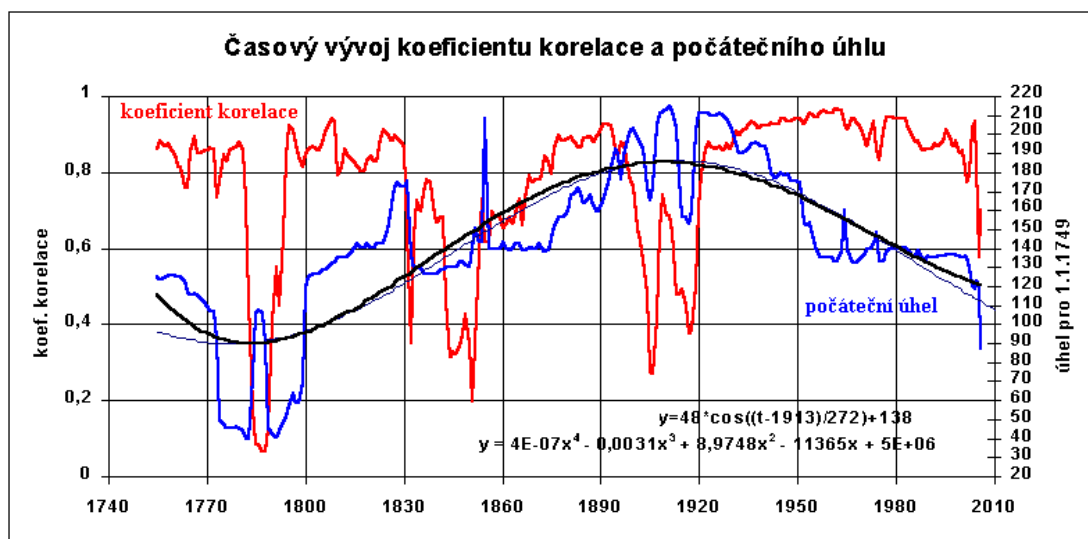
Je velmi zajímavé, že odhad střední doby oběhu neznámých hmot 4500 - 5000 let odpovídá oběžné periodě středu Kupierova pásu podle Keplerova zákona. Je vysoce pravděpodobné, že těžiště těchto dosud neznámých hmot se nachází právě tam.



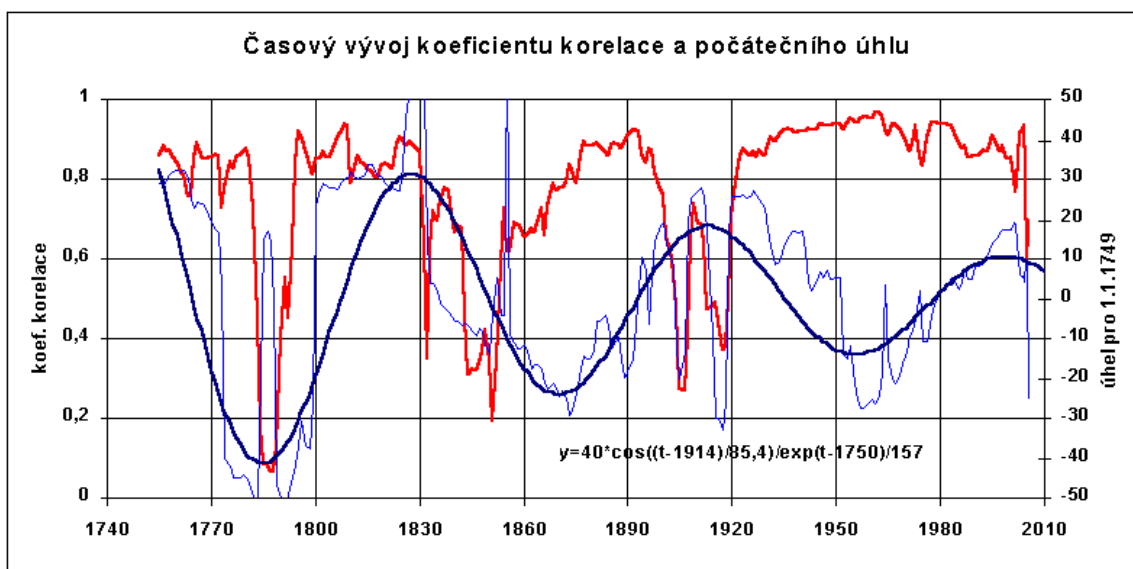
Obr. 3 Distribuční funkce hmot ve Sluneční soustavě



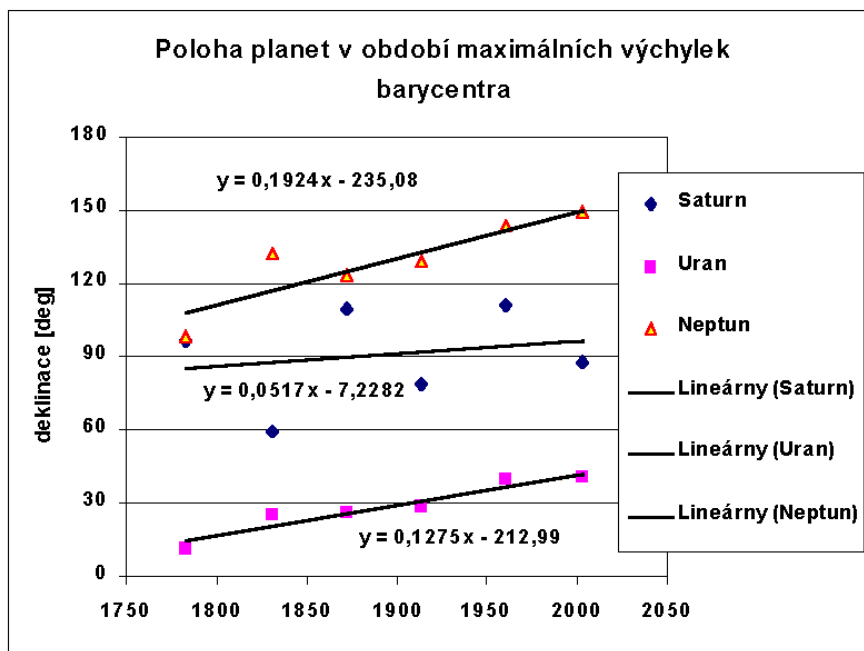
Obr. 4 Základní parametry planet ve Sluneční soustavě



Obr. 5 Časový vývoj posunu počátečního úhlu pro největší korelaci sluneční aktivity a "slapového" vlivu planet.



Obr. 6 Časový vývoj posunu počátečního úhlu pro největší korelaci sluneční aktivity a "slapového" vlivu planet s odečtením 272-letého cyklu.



Obr. 7 Polohy planet v době maximálních výchylek počátečního úhlu  $\phi_0$ .

## Závěr

Byly předloženy argumenty, které svědčí pro hypotézu, že gravitační vlivy planet ovlivňují sluneční dynamo. Předložený model v sobě zahrnuje jak vliv oběhu Slunce okolo těžiště Sluneční soustavy, tak i "slapové" vlivy, vyvolávající změnu této trajektorie. Z modelu vyplývá, že tyto "slapové" vlivy se uplatňují pouze v době, kdy jsou přibližně paralelní se směrem spojnice středu Slunce s těžištěm Sluneční soustavy. Tímto způsobem je možno vysvětlit jak pozorování občasného slapového vlivu planet na sluneční aktivitu, tak i periody 60 nebo 178,4 let, vyplývající ze vzájemných poloh planet a Slunce. Fyzikální

mechanismus vlivu těchto velmi malých sil na sluneční dynamo není zatím znám.

Byla testována ta vlastnost modelu, že sluneční dynamo je orientováno do směru spojnice středu Slunce s těžištěm celé Sluneční soustavy. Byla extrapolována distribuční funkce rozložení hmot ve Sluneční soustavě až do vzdálenosti vnějšího omezení Kupierova pásu a bylo konstatováno, že střední perioda rotace takových hmot ve Sluneční soustavě (24,92 let) odpovídá střední periodě rotace slunečního dynama (24,88 let), zjištěného optimalizací korelace mezi měsíčními Wolfovými čísly a relativními "slapovými" vlivy planet. Příмым důsledkem modelu je odhad hmotnosti dosud neobjevených hmot ( $5 \cdot 10^{24}$  kg až  $3 \cdot 10^{25}$  kg) a jejich rozložení ve Sluneční soustavě.

Na základě optimalizace diferencí mezi střední orientací slunečního dynamu a aktuální orientací v 10-letém okně při srovnání "slapových" vlivů a sluneční aktivity bylo zjištěno, že odchylky těchto diferencí ukazují na odchylky v polohách obřích planet včetně dosud neobjevených hmot. Tedy jinými slovy: Pomocí srovnání "slapů" planet a sluneční aktivity je možno pozorovat polohy obřích planet a vzdálených dosud neobjevených hmot, které sice mají zanedbatelný "slapový" vliv, ale jejich moment setrvačnosti působí velice významně na polohu těžiště Sluneční soustavy. Bylo zjištěno, že střední perioda oběhu těchto dosud neobjevených hmot k období 1750 - 2005 je cca 4500 - 5000 let. Těchto dosud neobjevených těles je celkem více než 3 (optimálně 5-6 významných) a jejich těžiště se nachází přibližně v geometrickém středu Kupierova pásu.

## Summary

We have found high correlation between the solar activity (monthly Wolf's number) and solar "tides" (the smoothed time derivative of solar tidal potential). These two time series have also similar position of minims and maxims of their envelopes. We can predict future solar activity using computed solar tides related to barycentre of solar system.

Assuming that the solar tides are unique factor ruling the solar activity, we can determine the orbital period of the gravity centre of our solar system. This period is used to estimate undiscovered mass distribution in our solar system. The total mass of undiscovered uncompensated bodies is between  $3 \cdot 10^{25}$  and  $5 \cdot 10^{24}$  kg.

## References

- Basu, S., Antia, H.M. (2003): Changes in solar dynamics from 1995 to 2002. *Astrophys. J.*, 585, 553-565.
- Bigg, E.K. (1967): On Mercury's influence on solar tides and the sunspots (exact title unknown). *Astron. J.*, Vol. 72, p. 463.
- Bumba, V., Klvaňa, M., Garcia, A. (2002): Short-term solar activity regularities. Proc. 10<sup>th</sup> European Solar Physics Meeting, Prague, Czech Republic, 9-14 Sept. 2002.
- Charbonneau, P., Dikpati, M. (2000): Stochastic fluctuations in a Babcock-Leighton model of the solar cycle. *Astrophys. J.*, 543, 1027-1043.
- 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. (1997): Solar motion (main article), in *Encyklopedia of Planetary Sciences* (Eds. J.H.Shirley and R.W.Fairbridge), Chapman & Hall, New York, London, pp.748-751.
- Diamantides, N.,D. (1998): Long-term solar activity and terrestrial connections. *Ann. Geophysicae*, 16, 479-491.
- Dikpati, M., de Toma, G., Gilman, P.A. (2006): Predicting the strength of solar cycle 24 using a flux-transport dynamo-based tool. *Geophysical Res.Lett.*, Vol.33,L05102, doi:10.1029/2005GL025221.
- Fischer, T., Kalenda, P., Skalský, L. (2006): Weak indications of tidal triggering of earthquake swarms in NW-Bohemia/Vogtland, Tectonophysics. Submitted.
- Gribbin, J. R., and S. Plagemann (1974): *The Jupiter effect*. Walker, New York.
- Jose, P. D. (1965): Sun's motion and sunspots. *Astron. J.*, 70,193-200.
- Kalenda, P., Málek, J., Skalský, L. (2006): Tidal and non-tidal frequencies found in the seismicity of California. *Publs. Pol. Acad. Sci.* submitted.
- Kirkwood, D. (1867): On the theory of meteors. *Proc. of Am. Assoc. for the Advancement of Science* for 1866, 8-14.
- NASA - Ephemerid generator: <http://ssd.jpl.nasa.gov/cgi-bin/eph>.
- Schatten, K.,H., Scherrer, P.,H., Svalgaard, L., Wilcox, J.,M. (1978): Using dynamo theory to predict the sunspot number during the solar cycle 21. *Geophys. Res.Lett.*, 5, 411-414.
- Wood, K. D.(1972): Sunspots and planets. *Nature*, 240 .

**Tabulka 1: Základní fyzikální parametry planet a neobjevených těles**

	N	log N -0,78	m [ $10^{23}$ kg]	T [dny]	v [km/s]	r [AU]
Mercury	1	-0,78	3,302	88,8	47,87	0,318
Venus	2	-0,479	48,685	224,7	35,021	0,723
Earth	3	-0,3029	59,736	365,25	29,78	1,000
Mars	4	-0,1779	6,4185	688	25,19	1,452
asteroids	5	-0,081	100	1800	18	2,800
Jupiter	6	-0,0018	18986	4335	13,069	5,173
Saturn	7	0,0651	5684,61	10750	9,6624	9,043
Uranus	8	0,1231	868	30588,59	5,48	19,830
Neptune	9	0,1742	1024	59799		29,986
Pluto	9,2	0,1838	1,314	90589,6	4,749	31,030
2003-UB313	11	0,2614	6	300000		97,000
předpokládaná	11	0,2614	150	350000		105,000
dosud	12	0,2992	75	750000		160,000
neobjevená	13	0,3339	37	2000000		290,000
tělesa	14	0,3661	20	4500000		505,000
(hmoty)	15	0,3961	12	10000000		890,000