

## Průměr kmene stromu a Měsíc: podrobný rozbor periodických vztahů

Miroslav Mikulecký sen.<sup>1</sup> a Jaroslav Střešík<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Head, Dept. of Biometrics and Statistics, Neuroendocrinology Letters

Honorary Member, BioCos, University of Minnesota, USA,

<sup>2</sup> Geofyzikální ústav AV ČR, v.v.i., , Praha, Česká republika

E. Zürcher a M.-G. Cantiani (Nature, 1998) referovali o "silné korelaci" mezi rytmickými změnami průměru kmene smrku na jedné straně a gravimetrickými lunisolárními slapy na straně druhé. Vztah mezi průměrem kmene  $D$  a slapovou silou  $G$  je zde testován exaktnějšími biometrickými prostředky. Celkem 75 hodinových hodnot průměrů kmene a slapového zrychlení bylo zpracováno Halbergovou kosinorovou regresí a Barlettovou zkříženou „korelací“. Maxima průměrů kmene se vyskytují 0,7-2,8 hodin po maximech obráceného chodu slapů. Zkřížená „korelace“ mezi  $D$  a  $G$  jako funkce posuvu vykazuje 24-hodinovou periodu s maximální odchylkou korelačního koeficientu od nuly při  $G$  zpožděném za  $D$  o 4 hodiny. Výsledná variace je však spojena se značnou statistickou nejistotou, danou širokým konfidenčním koridorem pro "korelační" koeficient, což může odpovídat nejen lunárnímu ( $\tau = 24,8$  hod.), ale i solárnímu ( $\tau = 24,0$  hod.) dni. V každém případě zde nemůže být pochyb, že rotace Země je původní, „velkou“ příčinou, ale že mechanismus může jít přes jiné zprostředkovatele nebo jejich řetězy, včetně geomagnetické aktivity, počasí a jiných, které vykazují cirkadiánní periodu.

### Tree stem diameter and the Moon: a detailed analysis of periodic relationships

E. Zürcher and M.-G. Cantiani (Nature, 1998) reported "a strong correlation" between rhythmic fluctuations of diameter of spruce stem on one side and gravimetric lunisolar tides on the other. The relationship between stem diameter  $D$  and tidal force  $G$  has been tested by more exact biometrical means. The 75 diameter and gravity hourly values have been processed by the Halberg cosinor regression and by Bartlett cross-"correlation". The higher peaks of the stem curve are located at 0.7-2.8 hours later than the peaks of the inverted tides. The cross-"correlation" between  $D$  and  $G$  as the function of time lag shows a 24-hour periodicity with its maximal significant deviation from zero for  $G$  delayed after  $D$  by 4 hours. But the resulting cycling is connected with the statistical uncertainty, given by the wide confidence corridor for the "correlation" coefficient, which could correspond not only to the *lunar* ( $\tau = 24.8$  h) but also to the *solar* day ( $\tau = 24.0$  h). Anyway, there should be no doubt that the Earth's rotation is the original, "grand" cause but the mechanisms can go over various other mediators, or their chains, including geomagnetic activity, weather and other, displaying circadian periodicity.

### Úvod

V časopise Nature (Vol. 392, 16 April 1998), referovali E. Zürcher a M.-G. Cantiani o "silné korelaci" mezi rytmickými kolísáními průměru kmene smrku na jedné straně a gravimetrickými lunisolárními přílivy na straně druhé. Jako důkaz předložili tři křivky. Obě kmenové křivky a *obrácená* přílivová křivka jsou navzájem zhruba rovnoběžné, což naznačuje zápornou "korelaci" čili reciprocitu. Při pečlivější prohlídce a přesném měření je však možné zjistit pouze přibližnou shodu vrcholů a dolů.

### Cíl

Budeme testovat vztah mezi průměrem kmenu a přílivem exaktnějšími biometrickými prostředky a posoudíme, do jaké míry jsou závěry původních autorů správné.

### Materiál

Jak horní, tak i dolní křivka průměru kmene  $D$  (a), tak přílivová křivka  $G$  (b) na obr. 1 původní práce budou podrobeny našemu zkoumání. Přílivová křivka byla dost nešťastně původními autory graficky invertována. Kromě grafické analýzy všech tří křivek jsme z horní  $D$  křivky a z křivky  $G$  získali po 75 diskrétních číselných hodnotách pro každou hodinu. Odpovídají časovému intervalu od 17. července 1988, 5 hod ráno, do 20. července 1988, 7 hod. ráno.

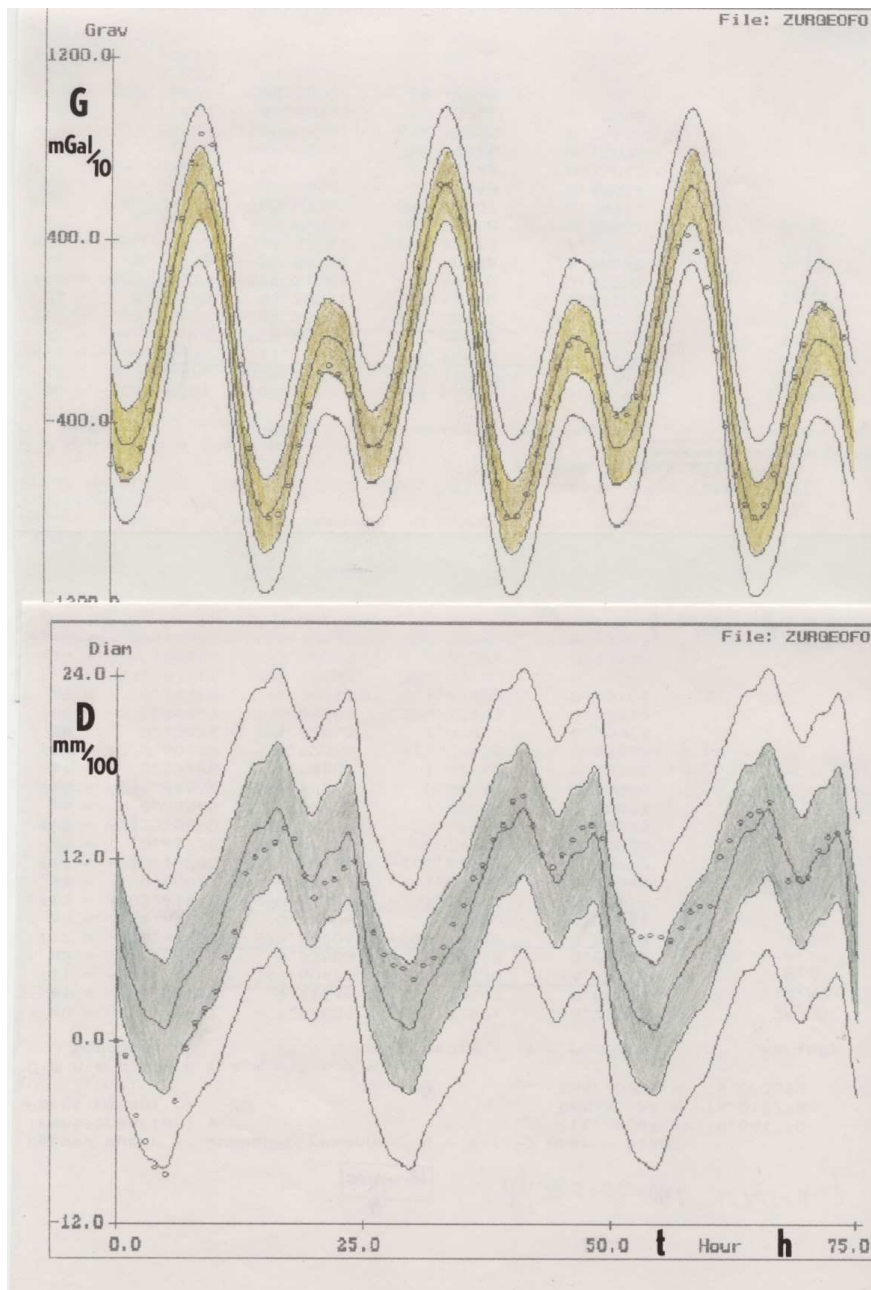
### Metody

Nejprve se změřily vzájemné časové posuny mezi vrcholy jedné i druhé křivky průměru kmene  $D$  na jedné straně a vrcholy křivek invertovaných přílivů  $G$  na straně druhé. Totéž se vykonalo pro dolní 75 hodnot průměru kmene horní křivky ( $D$ ) a skutečné, *ne invertované*, hodnoty lunisolární gravitace ( $G$ ) jsme zpracovali Halbergovou kosinorovou regresí (Bingham a spol., 1982) pro jednu i druhou veličinu. Tak se testovala přítomnost 24,8-hodinového rytmu a jeho harmonických až po desátou. Na obou chronogramech možno znovu vizuálně posoudit vzájemnou polohu vrcholů a dolů, tentokrát se správně znázorněnou lunisolární gravitací. Bartlettovou (1953) zkříženou "korelací" (Komorník, 2000), odpovídající ve skutečnosti postupné, při mnohonásobném testování hodnocené lineární regresí, se zkoumal vztah mezi  $D$  a  $G$  při jejich různých vzájemných časových posunech ( $L$ , lag, hodiny). Parabolickou regresí se vyšetřila závislost  $D$ -hodnot na  $G$ -

hodnotách při časovém zpoždění odpovídajícím maximální absolutní hodnotě koeficientu zkřížené “korelace”.

### Výsledky

Vyšší vrcholy obou křivek průměru kmene  $D$  jsou situovány 0,7-2,8 hod. později než vrcholy invertovaných přílivů  $G$ , zatímco nižší vrcholy křivek průměru  $D$  jsou situovány o 1,0-2,6 hod. dříve. Následkem toho jeví jejich časové intervaly střídání kratších a delších časových vzdáleností, zřetelně viditelné na původním grafu kmenové šířky jednoho i druhého stromu. Pro přílivy je však tato nepravidelnost vyjádřena daleko méně. Mělké i hlubší doly obou křivek průměru se vyskytují o 0,0-3,9 hod. dříve než doly invertovaných přílivů.



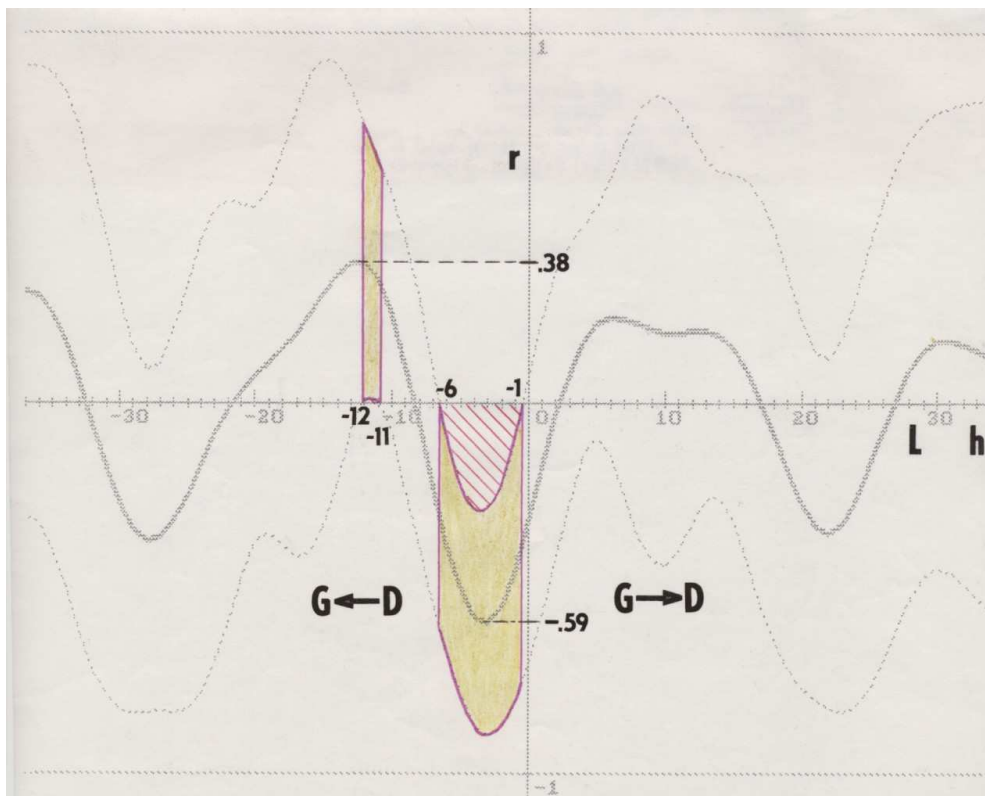
Obr. 1. Hodnoty lunisolární gravitace  $G$  (horní část obrázku) a průměru stromu  $D$  (dolní jeho část) v časovém intervalu 75-hodinového pozorování Zürchera a Cantianiové (1998), aproximované pomocí 10 period lunárního dne. Střední křivka odpovídá vždy bodovému odhadu aproximující funkce, užší pásmo koidoru 95% spolehlivosti a širší pásmo koridoru 95% tolerance. **Fyzikální rozměr  $G$  je udán podle původní práce chybně, ve skutečnosti jde o mikrogaly / 10.**

Kosinorová aproximace ukázala signifikantní přítomnost periody lunárního dne a jeho druhé harmonické v neinvertované gravitační funkci  $G$ , zatímco ve stromové křivce  $D$  byla významná navíc i třetí harmonická (Obr. 1). Přiléhavost regrese byla samozřejmě lepší u  $G$  (vysvětleno 92% celkového rozptylu hodnot) než u  $D$  (vysvětleno 64%). Už při vizuálním srovnání obou záznamů je zřejmá reciprocita velkých vrcholů a dolů a souběžnost nízkých vrcholů křivky  $G$  s nižšími vrcholy křivky  $D$ . Podobně vyznívá i zkřížená “korelace” mezi

$G$  a  $D$  jako funkce časového zdržení  $L$  (Obr. 2): jeví 24-hodinovou periodicitu (s náznakem i 12-hodinové) “korelačního” koeficientu s jeho maximálním signifikantním odklonem od nuly ( $r = -0,59$ ) pro příliv  $G$  opožděný za hodnotami průměru kmene  $D$  (pouze zdánlivě paradoxně) o 4 hodiny. Při tomto časovém posunu svědčí také signifikantní parabolická regrese závislé stromové veličiny  $D$  proti nezávislé veličině - gravitaci  $G$  pro záporný vztah: na grafu (Obr. 3) spadá odhad  $D$  se zvyšováním přílivové gravitace ( $G$ ) stále prudčeji, tedy parabolicky dolů:

$$D = 9,7 - 0,01 G - 0,00001 G^2.$$

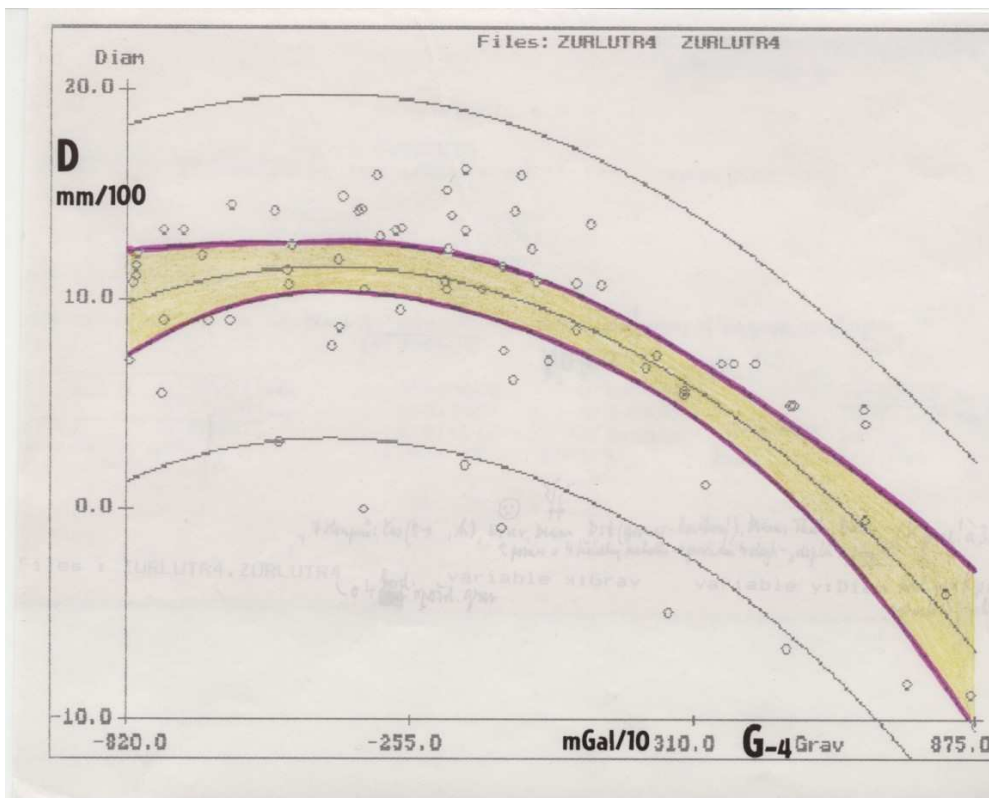
Oba regresní koeficienty, lineární i kvadratický, jsou vysoce statisticky významné ( $p < 0,001$ ).



Obr. 2. Zkřížená „korelace“ mezi lunisolární gravitací  $G$  a průměrem stromu  $D$  v závislosti na jejich vzájemném časovém posunu  $L$  (hodiny), vyjádřená bodovým odhadem korelačního koeficientu  $r$  (svislá osa a střední, silnější křivka) s jeho koridorem 95% spolehlivosti. Směr zdržení ukazují šipky. Statisticky významný ( $\alpha = 0,05$ ) odklon od nulové hodnoty korelačního koeficientu je zvýrazněn šrafováním volné plochy a stínováním příslušného úseku koridoru 95% spolehlivosti.

### Diskuse

“Silná korelace” (*in sensu latiori*, t.j. všeobecně vztah, ne korelační koeficient *sensu strictiori*) v podání komentované dvojice švýcarských autorů se v hrubých rysech potvrdila na úrovni podrobnějšího zkoumání interakcí mezi fluktuacemi lunisolární přílivové síly  $G$  a rytmickou expanzí a depresí průměru  $D$  kmene smrku. Tyto dvě periodické časové řady se stejnou délkou periody vykazují vzájemný “korelační” koeficient, jehož grafický záznam v závislosti na časovém posunu ( $L$ ) obou veličin ( $G$  i  $D$ ) se rovněž vlní. Výsledný cyklický jev je však spojen se statistickou nejistotou, danou širokým koridorem spolehlivosti pro tento vlnící se “korelační” koeficient, což by mohlo připustit vliv nejen *lunárního* ( $\tau = 248$  hod.), ale i *solárního* ( $\tau = 24,0$  hod.) dne. To zpochybňuje věrohodnost “důkazu”, že “měsíční přílivová síla” (ve skutečnosti jde o lunisolární gravitaci!) je bezprostřední příčinou fluktuací průměru kmene.



Obr. 3. Regresní parabolická závislost veličiny odpovědi (response variable)  $D$  na vysvětlující veličině (explanatory variable)  $G-4$ , opožděné o 4 hodiny. Pozorované hodnoty jsou znázorněny body, střední parabola odpovídá bodovému odhadu regresní funkce, užší koridor jeho 95% spolehlivosti a širší koridor jeho 95% toleranci.

Nicméně nelze pochybovat o tom, že rotace Země je původní, “velkou” příčinou v pozadí, přičemž mechanismy mohou působit cestou rozmanitých jiných mediátorů nebo dokonce jejich řetězců, jako geomagnetická aktivita, počasí a jiné faktory, jež mají cirkadiánní rytmičnost a vytvářejí komplexní periodický systém, jakýsi “orchestr” rytmicky kmitajících kosmo- a geofyzikálních, ale i biologických veličin. Bylo by proto nerozumné kauzalitu zjištěných vztahů včetně statistické závislosti mezi lunisolárními slapovými vlnami a kinetikou stromového průměru, jak jsme o ní pojednali i v tomto příspěvku, na jedné straně omezit jen na studovanou dvojici proměnných (a tím se vystavit nebezpečí výtky “correlation is not causation”), a na druhé straně připustit úplné odmítnutí příčinnosti s tím, že “vysoká korelace je jen shodná variace při vhodném posuvu, ale nemusí mít příčinný vztah”. Potom je však na místě se zeptat, čím je tedy způsobena “shodná variace”? Snad pouhou náhodou? I v našem a v dalším, obdobném “geomagnetickém” případě by to bylo trochu příliš mnoho náhod...

### Literatura

- Bartlett M S. An introduction to stochastic processes with special reference to methods and applications. *Cambridge University Press*. Cambridge 1953.
- Bingham Ch, Arbogast B, Cornélissen G G, Lee J K, Halberg F. Inferential statistical methods for estimating and comparing cosinor parameters. *Chronobiologia* 1982, Vol. 9, 397-439.
- Komorník J. Cross-correlation. Computer programme. *Comtel* Bratislava. 2000.
- Zürcher E, Cantiani M-G. Tree stem diameter fluctuate with tide. *Nature* 1998, Vol. 392, p. 665.