

# BEZTELESKOPICKÉ POZOROVANIA SLNKA – SÚČASNOSŤ A MINULOSŤ

CSATÁRYOVÁ Mária, BEGENI Peter

Fakulta humanitných a prírodných vied  
Prešovská univerzita v Prešove, Slovensko

## Abstract

Autori sa v svojom článku zaoberajú bezteleskopickými pozorovaniami Slnka. Analyzujú dáta zozbierané za posledných 18 rokov od Slovenských a Českých pozorovateľov. Prvotným cieľom analýzy týchto dát je nájdenie vzťahu, ktorý umožní definovať mieru slnečnej aktivity z týchto pozorovaní a zároveň určí závislosť medzi napozorovanými dátami bez ďalekohľadu a inými merateľnými prejavmi slnečnej aktivity. Aproximácia týchto dát do minulosti pomôže upresniť doteraz odhadnuté dlhodobé periódy cyklov slnečnej aktivity.

## 1. Úvod

V súčasnosti máme k dispozícii dva nezávislé súbory pozorovaní slnečných škvŕn bez ďalekohľadu. Prvý je historický, kde pozorovania siahajú až do r. 800 p.n.l.. Je však veľmi sporadický a riedky (asi jedno pozorovanie na jeden slnečný cyklus). Druhým súborom sú pozorovania zo súčasnosti, ktorých máme k dispozícii neporovnateľne viac (asi tisíc pozorovaní na jeden cyklus). Vzhľadom na to, že množstvo pozorovaní pripadajúcich na jeden cyklus je v týchto súboroch neporovnateľné, chýba v súčasnosti ich prepojenie. Aby sme mohli pochopiť význam historických pozorovaní, potrebujeme dôkladne analyzovať pozorovania Slnka bez ďalekohľadu zo súčasnosti, ktorých máme asi 3300 z obdobia posledných dvoch slnečných cyklov.

## 2. Historické záznamy

Prvé záznamy o bezteleskopických pozorovaniach slnečných škvŕn nájdeme v jednej z najstarších čínskych kníh, už z čias okolo roku 800 p.n.l. (Stephenson, 1990). Tu sa spomína, že: „dou je viditeľné v Slnku“ a „mei je videné v Slnku“, pričom čínske slová dou a mei sa dajú preložiť ako stmavnutie alebo zatemnenie. A práve z Číny sa zachovali najpočetnejšie záznamy pozorovaní slnečných škvŕn. Hlavne čínske pozorovania slnečných škvŕn zozbierali Wittman & Xu (1987), ktoré siahajú od r. 164 p.n.l. do roku 1684 n.l. Tieto pozorovania aktualizovali a rozšírili (hlavne v období 1685 až 1918) Yau & Stephenson (1988). Wittman (1992) doplnil tieto dáta „modernými“ pozorovaniami (po r. 1764, ale hlavne z 20. storočia) a celý katalóg skompletizoval. Za zmienku stojí aj prvý zakres slnečnej škvŕny, pochádzajúci zo dňa 8.12.1128 (n.l.), ktorý nájdeme v kronike anglického mnícha a kronikára Johna z Worcesteru (Van Helden, 1996).

Historické záznamy teleskopických pozorovaní Slnka sa začínajú rokom 1610, keď Galileo Galilei ako prvý použil teleskop na pozorovanie Slnka. Od tohto obdobia sa začínajú záznamy škvŕn až dodnes. Avšak kvantitatívne spoľahlivé údaje sú až od roku 1749.

Historické pozorovania slnečných škvŕn bez ďalekohľadu sú však sporadické a riedke. Vo všeobecnosti môžeme povedať, že v priemere na jeden slnečný cyklus pripadá jedno pozorovanie slnečnej škvŕny. Aby sme mohli na historické dáta aplikovať súčasne pozorovania slnečných škvŕn bez ďalekohľadu, ktorých počet na jeden cyklus je neporovnateľne väčší, musíme dôkladne analyzovať súčasne pozorovania.

## 3. Súčasná pozorovania

Prvé systematické bezteleskopické pozorovania Slnka sa u nás začali vtedy, keď Hollan (1991) vypracoval podrobný návod na pozorovanie Slnka bez ďalekohľadu. Následne bola spustená pozorovacia kampaň a začali sa zbierať a archivovať bezteleskopické pozorovania od Českých a Slovenských pozorovateľov. Takto boli zozbierané pozorovania od r. 1988 do r. 1995. Všetky tieto dáta spadajú do 22. slnečného cyklu, ktorý začal v r. 1986 a skončil v r. 1996 (s maximom v r. 1989). Pozorovacie dáta, ktoré sme z tohto cyklu zatiaľ spracovali, začínajú tesne pred maximom cyklu a končia asi rok pred jeho koncom. V období ďalšieho 23. cyklu sa pozorovaniu Slnka bez ďalekohľadu venovala Kysucká hviezdáreň v Kysuckom Novom Meste. Pravidelne pozorujú a archivujú pozorovania od r. 1999 do súčasnosti. Poskytli nám tieto pozorovania, ktoré boli vykonávané od r. 1999 do r. 2006. Tieto pozorovacie dáta začínajú viac ako rok pred maximom slnečného cyklu a trvajú až do jeho konca. Celkovo sme použili 3289 pozorovaní, z ktorých v 1233 prípadoch bola pozorovateľná aspoň jedna škvŕna bez ďalekohľadu. Celkovo bolo pozorovaných 1782 slnečných škvŕn.

Oba súbory pozorovacích dát z oboch cyklov obsahujú, okrem iných údajov, aj údaje o polohe škvŕny a jej zdanlivej veľkosti (intenzite) – či už formou zakresu, alebo formou zápisu. Pre účely tohto článku nás,

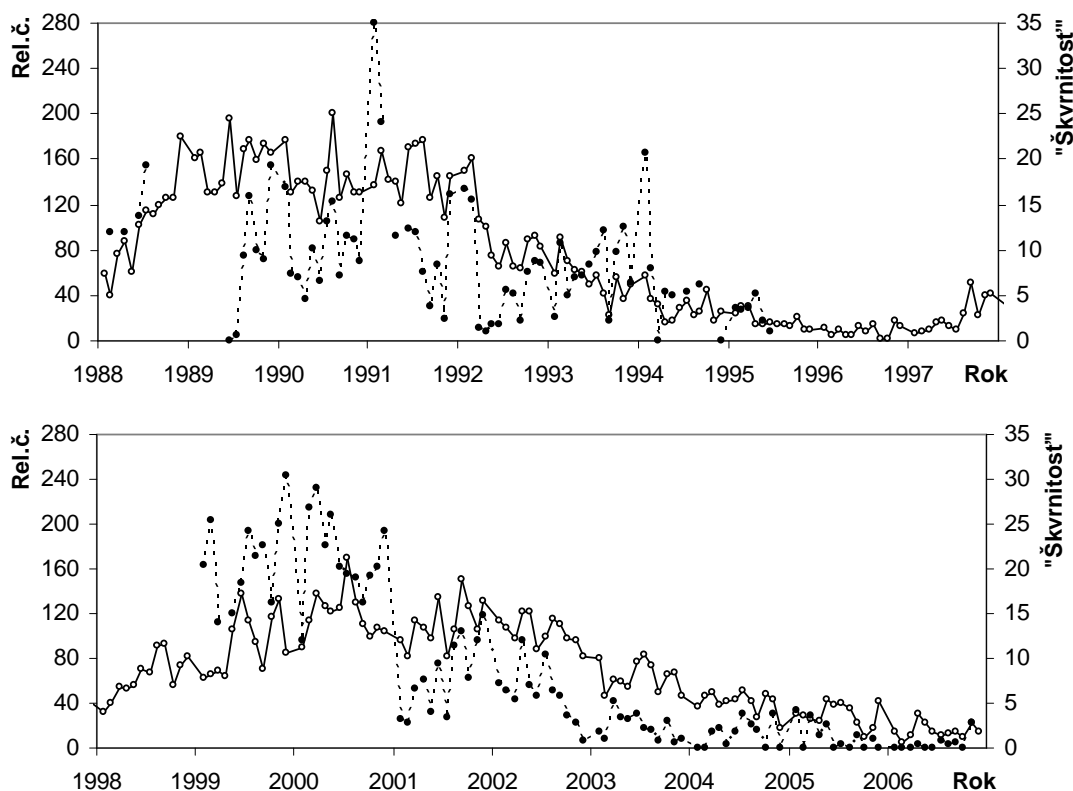
okrem počtu škvŕn pri jednom pozorovaní, zaujímala aj zdanlivá veľkosť škvŕny – intenzita. Je určovaná subjektívne pozorovateľom v stupnici od 1 po 4, pričom hodnota 1 je škvŕna na hranici viditeľnosti a hodnota 4 je zreteľne rozoznateľný špecifický útvar. Skúsení pozorovatelia sa nevyhýbali určovať intenzitu nie len celočíselnou hodnotou zo stupnice, ale aj desatinným miestom.

#### 4. Spracovanie a výsledky

Z napozorovaných údajov sme sa snažili zdefinovať index, ktorý by popisoval mieru slnečnej aktivity, podobne ako relatívne (Wolfovo) číslo popisuje slnečnú činnosť z teleskopických pozorovaní. Vychádzajúc z definície relatívneho čísla ( $10 \cdot$  počet skupín škvŕn + počet jednotlivých škvŕn), sme zaviedli hodnotu, ktorú sme nazvali „škvŕnitosť“ –  $S$ , a definovali sme ju ako

$$S = 10 \cdot k + \sum I, \quad (1)$$

kde „ $k$ “ je počet škvŕn viditeľných bez ďalekohľadu a „ $\sum I$ “ je súčet intenzít viditeľných škvŕn. Priebeh mesačných priemerov takto vypočítanej „škvŕnitosti“ v porovnaní s relatívnym číslom znázorňuje obr.1.



**Obr.1.** Priebeh „škvŕnitosti“ definovanej ako  $S = 10 \cdot k + \sum I$  (prerušovaná čiara) v porovnaní s relatívnym číslom (plna čiara) – mesačné priemery.

Na nájdenie vzťahu medzi relatívnym číslom a pozorovaniami Slnka bez ďalekohľadu sme „škvŕnitosť“ definovali všeobecne ako

$$S = A \cdot k + B \cdot \sum I, \quad (2)$$

kde „ $k$ “ a „ $\sum I$ “ je počet škvŕn a súčet intenzít rovnako, ako pri rovnici (1) a „ $A$ “ a „ $B$ “ sú konštanty, ktoré hľadáme. Použitím metódy simplexov sme hľadali také hodnoty konštánt  $A$  a  $B$ , aby sa priebeh takto definovanej „škvŕnitosti“ čo najviac zhodoval s priebehom relatívneho čísla. Po výpočte sme dospeli k nasledujúcemu vzťahu:

$$S = 55 \cdot k + 6,6 \cdot \sum I.$$

Ak predpokladáme, že existuje určitá minimálna hodnota relatívneho čísla, pod ktorou už nepozorujeme žiadnu škvŕnu bez ďalekohľadu, potom by  $k$  rovnici (2) mala byť pripočítaná práve takáto hodnota minimálneho relatívneho čísla (konštanta  $C$ ). Eddy et al. (1989) určili takúto hodnotu relatívneho čísla na  $R_{min} = 50$ . Preto sme rovnako hľadali konštanty pre „škvŕnitosť“ definovanú ako

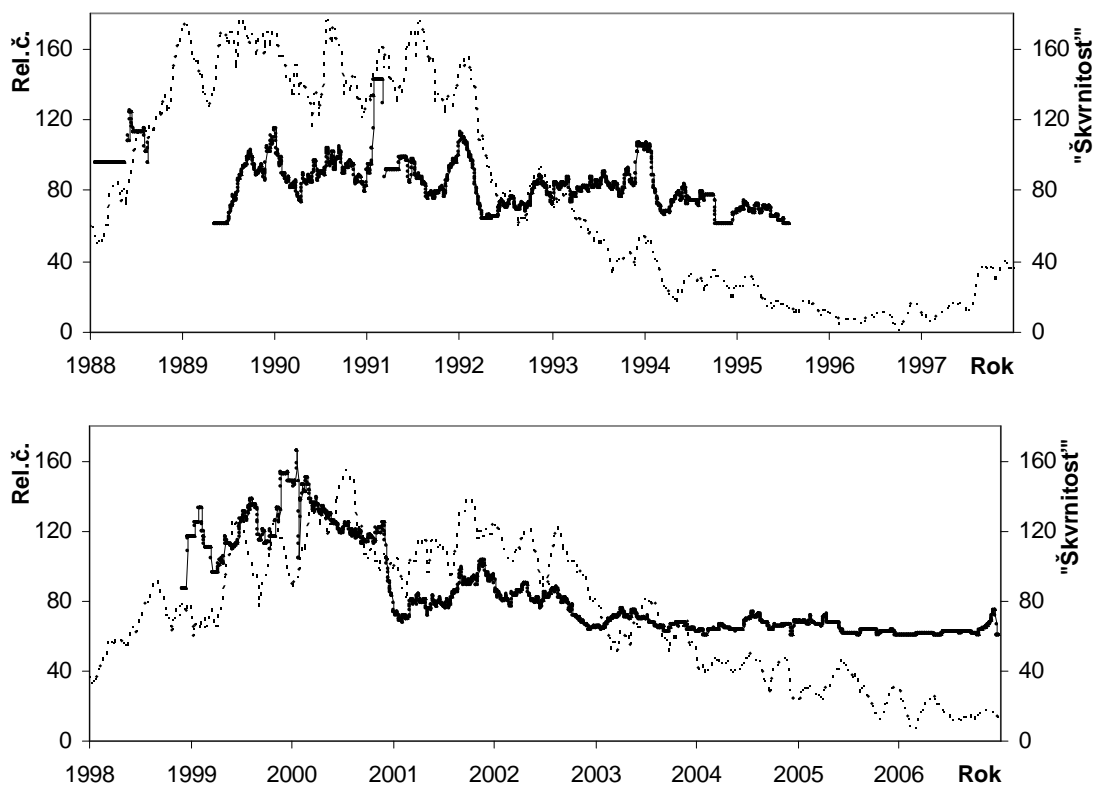
$$S = A \cdot k + B \cdot \sum I + C. \quad (3)$$

Po nájdení hľadaných konštánt rovnici (3) nám vyšiel celkom „pekny“ vzťah:

$$S = 20 \cdot k + 10 \cdot \sum I + 58. \quad (4)$$

Priebeh takto vypočítanej hodnoty „škvŕnitosti“ a hodnoty relatívneho čísla je na obr.2. Z uvedeného grafu a z rovnice (4) vidno, že konštanta  $C = 58$  by mala reprezentovať hodnotu minimálneho relatívneho čísla ( $R_{min}$ ), pod ktorou už škvŕnu na Slnku bez ďalekohľadu nevidíme. Ak by sa existencia takého čísla

( $R_{min}$ ) potvrdila, mohli by sme pri analýze dát ignorovať dni, kedy je relatívne číslo ( $R$ ) menšie ako  $R_{min}$ . Prípadne by sme pre dni, kedy  $R < R_{min}$ , priradili pre  $R = R_{min}$ . Ale ako na obr.2 vidno, aj pri hodnotách  $R < 50$ , je zjavne viditeľná aktivita „škvritosti“. Preto sme sa následne rozhodli overiť hodnotu takéhoto minimálneho relatívneho čísla.

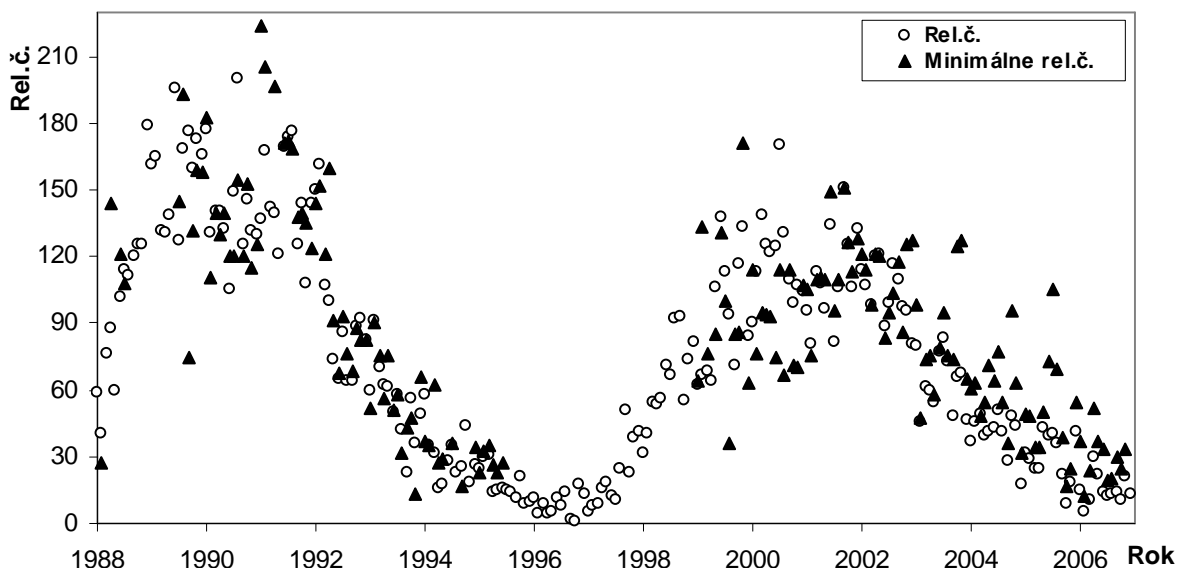


**Obr.2.** Priebeh „škvritosti“ definovanej ako  $S = 20 \cdot k + 10 \cdot \sum I + 58$  (plná čiara) v porovnaní s relatívnym číslom (prerušovaná čiara) – vyhladené dáta s 30 dňovým intervalom.

Pri hľadaní minimálneho relatívneho čísla  $R_{min}$  sme rozdelili pozorovania na obdobia 30 dní. Takto určený interval bol dostatočne vhodný na to, aby sa v danom období vo väčšine prípadov nachádzali aj pozorovania, kedy bola viditeľná škvirna a aj pozorovania, kedy škvirna bez ďalekohľadu viditeľná nebola. V každom období sme určili minimálne relatívne číslo  $R_{min}$  podľa nasledujúcich pravidiel:

- a. Ak v danom období boli iba negatívne pozorovania, potom  $R_{min} = \text{maximum rel. čísiel } R \text{ daného obdobia.}$
- b. Ak v danom období boli iba pozitívne pozorovania, potom  $R_{min} = \text{minimum rel.čísliel } R \text{ daného obdobia.}$
- c. Ak v danom období boli aj negatívne aj pozitívne pozorovania, určili sme z pozitívnych pozorovaní hodnotu  $R_{pozmin} = \text{minimum z } R \text{ (podľa bodu „b“)} \text{ a z negatívnych hodnotu } R_{negmin} = \text{maximum z } R \text{ (podľa bodu „a“). Potom:}$ 
  - I. ak  $R_{pozmin} > R_{negmin}$  potom  $R_{min} = (R_{pozmin} + R_{negmin}) / 2$
  - II. ak  $R_{pozmin} < R_{negmin}$  (väčšina prípadov), potom  $R = \text{priemer } R \text{ z dní, kedy bolo } R < R_{negmin} \text{ a zároveň } R > R_{pozmin}$

Priebeh takto určených minimálnych relatívnych čísiel v porovnaní s priebehom relatívneho čísla je na obr. 3. Ako z obrázku vidno, v období minima slnečnej aktivity boli viditeľné škvirny bez ďalekohľadu aj pri hodnotách  $R < 20$  a naopak, v období maxima boli prípady, keď škvirny neboli viditeľné ani pri  $R > 180$ . Týmto sa nepotvrdila hodnota minimálneho relatívneho čísla určená Eddy et al. (1989), ktorí spracovávali pozorovania iba z úseku 13 mesiacov v období maxima slnečného cyklu. Rovnako nebolo možné jednoznačne určiť maximálnu hodnotu relatívneho čísla, kedy by bolo možné vždy vidieť škvirnu bezteleskopicky.



**Obr.3.** Priebeh nájdených minimálnych relatívnych čísiel, kedy ešte bola pozorovaná slnečná škvrna bez ďalekohľadu (plné trojuholníky) v porovnaní s priebehom relatívneho čísla (prázdne krúžky) – mesačné priemery.

Zistili sme fakt, ktorý sa dal aj očakávať, že hodnota minimálneho relatívneho čísla, pod ktorou už nepozorujeme škvryny bez ďalekohľadu, značne závisí na fáze slnečného cyklu. Preto nie je možné zovšeobecniť hodnotu konštanty v rovnici (3).

## 5. Záver

Určenie hodnoty minimálneho relatívneho čísla, pod ktorou už nepozorujeme slnečné škvryny bez ďalekohľadu, nie je možné zovšeobecniť. Táto hodnota značne závisí od fázy slnečného cyklu, v maxime cyklu tato hodnota dosahovala hodnoty väčšie ako 180 a opačne v minime menšie ako 20. Preto sa nepotvrdila hodnota  $R_{min}=50$  určená Eddy et al. (1989). Rovnako nie je možné zovšeobecniť hodnotu maximálneho relatívneho čísla, kedy by bolo možné vždy vidieť škvryny bez ďalekohľadu.

Pri hľadaní indexu, ktorý by popisoval mieru slnečnej aktivity z bezteleskopických pozorovaní, sme obdobne, ako relatívne číslo, použili lineárnu závislosť na počte škvŕn a súčte ich intenzít. Z výsledkov vyplýva, že takto definovaný index, síce koreluje s priebehom slnečnej aktivity určenej z relatívneho čísla, no nepopisuje ho dostatočne. Predpokladáme, že pri hľadaní takého indexu by boli vhodnejšie nelineárne závislosti.

## Pod'akovanie

Prezentované výsledky boli z časti získané v rámci grantu VEGA 2 č. 1/4027/07. Autori ďakujú RNDr. Jánovi Mäsiarovi, riaditeľovi Kysuckej hviezdárne v Kysuckom Novom Meste, za poskytnutie pozorovaní Slnka bez ďalekohľadu z obdobia 23. slnečného cyklu.

## 6. Literatúra

- Eddy, J.A., Stephenson, F.R., Yau, K.K.C.: **1989**, *Q. Jl R. astr. Soc.*, **30**, 65-73  
 Hollan, J.: **1991**, *Jak pozorovat Slunce bez ďalekohľadu*, Hvězdárna a Planetárium Brno  
 Stephenson, F.R.: **1990**, *Phil. Trans. R. Soc. London*, **A330**, 499-512  
 Van Helden, A.: **1996**, *Proc. Am. Phil. Soc.*, **140**, 358-396.  
 Wittmann, A.D.: **1992**, *Catalog of Large Sunspots (165 B.C. - 1992)*, Solar Physics Department, University Observatory Göttingen  
 Wittmann, A.D., Xu, Z.T.: **1987**, *Astron. Astrophys. Suppl.*, **70**, 83-94  
 Yau, K.K.C., Stephenson, F.R.: **1988**, *Quart. J. Roy. Astron. Soc.*, **29**, 175-197