

Štatistická závislosť výskytu slnečných škvŕn pozorovaných voľným okom a fázou slnečného cyklu

Ladislav Kulčár

*Ekonomická fakulta UMB Banská Bystrica, Inštitút manažérskych systémov –
Detašované pracovisko Poprad, Slovenská republika*

Abstrakt. Táto práca nadväzuje na predbežné analýzy a výsledky publikované M. Csatáryovou a P. Begenim (Člověk ve svém pozemském a kosmickém prostředí, Úpice, 2007). Je v nej použitý rozsiahly pozorovací materiál obsahujúci pozorovania slnečných škvŕn voľným okom za dva slnečné cykly. Ako hlavný parameter charakterizujúci slnečné škvŕny pozorované voľným okom bola považovaná ich intenzita. Výskyt slnečných škvŕn s rôznou intenzitou bol štatisticky vyhodnotený a diskutovaný v závislosti na výskyte v rôznych fázach slnečného cyklu.

Úvod

Je všeobecne známe, že tak ako v minulosti, aj v súčasnosti z času na čas je možné pozorovať slnečné škvŕny (obyčajne veľké), resp. väčšie skupiny slnečných škvŕn za vhodných astronomických a/alebo meteorologických podmienok (opar, hmla, dym, pri východe alebo západe Slnka, cez jemné oblaky napr. cirrus a pod.) aj voľným okom. Najstaršie zachované záznamy, hlavne z Číny, o pozorovaní slnečných škvŕn voľným okom siahajú až do 5. storočia pred naším letopočtom, prípadne niektoré sporadické záznamy pochádzajú dokonca až z roku 800 p.n.l. (Stephenson, 1990).

Cieľom pozorovania a analyzovania pozorovaní slnečných škvŕn voľným okom, či už uskutočnených v dávnej minulosti alebo aj v súčasnosti, je hlavne korektné vedieť naviazať súčasné (teda asi od začiatku 17. storočia, resp. od polovice 18. storočia) teleskopické pozorovania slnečných škvŕn na dávne bezteleskopické pozorovania. Splnenie tejto úlohy by mohlo viesť k lepšiemu poznaniu slnečnej aktivity v minulosti (napr. stabilita periódy alebo fázy slnečných cyklov), z čoho by sa nepriamo mohli získavať informácie aj o stave zemskej atmosféry v dávnej minulosti. Niektorí autori na základe historických záznamov určili strednú dĺžku slnečného cyklu v minulosti, napr. Wittmann (1978) na 11,135 rokov, Letfus a Kulčár (2007) na 10,993 rokov. Iní autori na základe takýchto pozorovaní vyslovili predpoklad o fázovej stabilite slnečných cyklov (napr. Stix, 1983, 1984), iní zase tieto údaje využili vo svojich teoretických úvahách o mechanizme slnečnej aktivity. V literatúre bolo publikovaných niekoľko katalógov, ktoré obsahujú pozorovania slnečných škvŕn voľným okom tak z dávnej minulosti, napr. Wittmann a Xu (1987), Yan a Stephenson (1988), ako aj z pomerne nedávnych období, napr. Wittmann (1992).

Pozorovací materiál a spôsob jeho spracovania

Ako pozorovací materiál sme použili pozorovania slnečných škvŕn voľným okom, ktoré boli vykonané pozorovateľmi v Českej a Slovenskej republike za posledné dva slnečné cykly. Tieto pozorovania boli vykonávané systematicky a jedným z impulzov na ich začatie bola publikácia Hollana (1991), ktorý v nej opísal návod na pozorovanie Slnka voľným okom bez ďalekohľadu. Pozorovania pokrývajú časti 22. (od februára 1988 do júna 1995) a 23. slnečného cyklu (od januára 1999 do decembra 2007). Z uvedených časových intervalov vidieť, že jedna časť nami spracovaných pozorovaní začína tesne pred maximom 22. cyklu, ktoré nastalo v r. 1989, a končí tesne pred koncom cyklu, ktorý nastal v r. 1996. Pozorovania v 23. slnečnom cykle pochádzajú takmer všetky z Kysuckej hvezdárne v Kysuckom Novom Meste. Tieto pozorovania začínajú opäť pred maximom 23. cyklu, ktoré nastalo v r. 2000, a trvali až do jeho konca (v r. 2007). Podrobnejší opis spôsobu získavania, archivovania, spracovania a vyhodnocovania nami použitého pozorovacieho materiálu možno nájsť aj s uvedením niektorých výsledkov v práci Csatáryovej a Begeniho (2007).

Oba súbory pozorovacích údajov obsahujú pre každé pozorovanie okrem iných údajov aj údaje o polohe škvŕny a jej zdanlivej veľkosti (intenzite). Na základe údajov o polohe škvŕny a pozorovateľovi, ktorý pozorovanie uskutočnil, bolo možné urobiť identifikáciu slnečnej škvŕny tak, že jej mohlo byť pridelené katalógové číslo. Pod „intenzitou“ škvŕny rozumieme určitú hodnotu škvŕne pridelenú pozorovateľom, ktorý jej ju prideliť na základe jeho subjektívneho dojmu, pričom hlavným faktorom určujúcim jej intenzitu bol stupeň jej viditeľnosti, resp. zreteľnosti. Je zrejmé, že v tomto parametri charakterizujúcom intenzitu škvŕny je zahrnutý tak okamžitý stav počasia počas pozorovania, geografická poloha a nadmorská výška pozorovateľa, stav a čistota všetkých vrstiev zemskej atmosféry na spojnici pozorovateľ-škvŕna, samotná lineárna veľkosť (plocha) škvŕny, prípadne jej poloha na disku Slnka, ako aj skúsenosť pozorovateľa a jeho fyziologická schopnosť zraku. V 22. cykle bola pre intenzity škvŕn pozorovateľmi používaná stupnica od hodnoty 1 (škvŕny najslabšie, na hranici viditeľnosti) do hodnoty 4 (najsilnejšie, zreteľne rozoznateľné útvary), v 23. cykle od 1 (najsilnejšie) iba do 3 (najsilnejšie). Z toho dôvodu sme pre naše ďalšie účely zlúčili škvŕny intenzity 3 a 4 do jednej intenzitnej kategórie, ktorú sme ďalej označovali názvom „škvŕny silnej intenzity“. Pod „škvŕnami strednej intenzity“

rozumieme škvry, ktorým pozorovatelia priradili intenzitný stupeň 2 a „škvry slabej intenzity“ sú tie, ktoré boli ocenené pozorovateľmi intenzitným stupňom 1. V originálnych pozorovacích záznamoch sa používa aj stupeň intenzity 0, ktorý odpovedá situácii, keď sa pozorovanie v danom dni vykonalo, ale nebola viditeľná žiadna škvry (tzv. negatívne pozorovanie).

V originálnych záznamoch pozorovaní boli prípady, kedy rôzni pozorovatelia ocenili tú istú škvry rozdielnym stupňom intenzity, čo je vzhľadom na množstvo vplyvov (napr. vyššie vymenovaných) vplyvajúcich na jej viditeľnosť pochopiteľné. Pretože pre naše účely bolo potrebné zatriediť každú škvry jednoznačne do jednej z troch nami vytvorených intenzitných kategórií (t.j. medzi škvry silnej“, „strednej“ alebo „slabej intenzity“), pri definitívnom zatriedovaní jednotlivých škvry do intenzitnej kategórie sme postupovali tak, ako je to uvedené v tabuľke 1. V tabuľke je uvedených niekoľko ilustratívnych príkladov, kde sú pre jednotlivé vybrané dátumy uvedené katalógové čísla škvry, ktoré boli pozorované rôznymi pozorovateľmi, a v poslednom stĺpci tabuľky tiež výsledné naše zatriedenie týchto škvry do príslušných troch intenzitných stupňov. V poslednom stĺpci tabuľky sú uvedené počty škvry pozorované v danom dni, pričom pomlčka oddeľuje počty škvry jednotlivých intenzitných stupňov v takomto poradí: „silná“ – „stredne silná“ – „slabá intenzita“ škvry. Z uvedenej tabuľky je zrejme, že v prípadoch rozdielného zatriedenia tej istej škvry do rôznych intenzitných kategórií rôznymi pozorovateľmi sme postupovali tak, že sme danej škvry prisúdili nakoniec takú výslednú intenzitnú kategóriu, ktorá bola akýmsi „váženým“ priemerom („kompromisom“) jednotlivých intenzitných kategórií určených jednotlivými pozorovateľmi.

Tabuľka 1: Ilustratívne príklady určovania denných počtov pozorovaných škvry rôznych intenzitných stupňov na základe pozorovaní od rôznych pozorovateľov.

Dátum pozorovania	Číslo pozorovateľa	Intenzita 4	Intenzita 3	Intenzita 2	Intenzita 1	Intenzita 0	Výsledný počet škvry zatriedených do intenzitných stupňov
2.4.2002	1	-	-	10239	-		0 – 2 – 0
	2	-	-	10240	-		
	3	-	-	10239	-		
	4	-	-	10240	-		
3.4.2002	1	10240	-	10239	-		1 – 1 – 0
	2	-	10240	10239	-		
6.4.2002	1	-	-	-	-	1	0 – 0 – 0
4.10.1989	1	-	-	-	-	2	0 – 0 – 0
25.4.2002	1	-	-	-	10246		0 – 1 – 0
	2	-	-	10246	-		
10.5.2002	1	-	10247	-	-		0 – 2 – 0
	2	-	-	10248	-		
	3	-	-	-	10247		

Vysvetlenie k tabuľke 1:

Dňa 2.4.2002 dvaja pozorovatelia (č. 1 a 3) videli tú istú škvry označenú pod katalogizovaným číslom 10239, ktorú obaja ocenili intenzitou 2, a ďalší dvaja (č. 2 a 4) videli inú škvry (10240) s rovnakou intenzitou 2. Teda v danom dni boli pozorované dve rôzne škvry (10239 a 10240) intenzity 2, čomu odpovedá zápis 0 – 2 – 0, t.j. 0 škvry silnej intenzity – 2 škvry strednej intenzity – 0 škvry slabej intenzity.

Dňa 3.4.2002 videl pozorovateľ 1 dve škvry, jednu škvry (10240) intenzity 4 a ďalšiu škvry (10239) intenzity 2. Tie isté škvry videl aj pozorovateľ 2 a ocenil ich intenzitnými stupňami 3 a 2. Teda v tomto dni boli pozorované dve rôzne škvry, jedna škvry (10240) intenzity silnej (stupne 3 a 4 používané pozorovateľmi sú zlúčené do jednej intenzitnej kategórie, a to do „silnej“) a ďalšia škvry (10239) intenzity strednej (2).

V dňoch 6.4. a 8.4.2002 bolo vykonané pozorovanie, avšak neboli na Slnku pozorované žiadne škvry (tzv. negatívne pozorovanie), pričom dňa 6.4. bolo Slnko pozorované iba raz a 8.4. bolo pozorované dvakrát. Preto počty pozorovaných škvry pre tieto dni sú pre všetky tri intenzitné stupne nulové.

Dňa 25.4.2002 bola škvry katalogizovaného čísla 10246 ocenená pozorovateľom 1 ako škvry intenzity 1 a tá istá škvry sa javila pozorovateľovi 2 ako škvry intenzity 2. V takomto prípade sme sa prikláňali k vyššej intenzite, a preto pre tento deň uvádzame 0 škvry silnej intenzity, 1 škvry strednej intenzity (teda tú, ktorú videl pozorovateľ 2) a 0 škvry slabej intenzity. Pozorovanie pozorovateľa 1 sme pokladali za menej dôveryhodné ako pozorovanie pozorovateľa 2, a preto sme toto pozorovanie nebrali do úvahy.

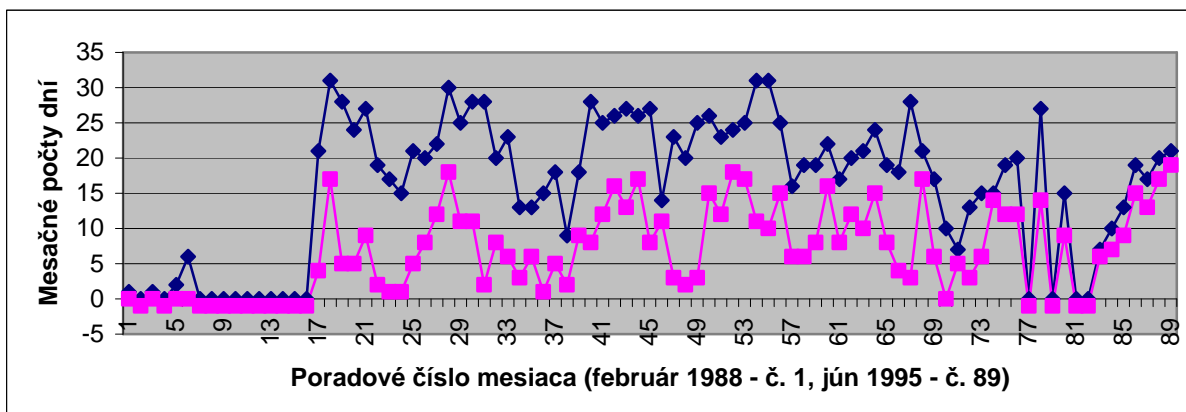
Dňa 10.5.2002 bola pozorovateľom 2 pozorovaná škvry katalogizovaného čísla 10248 ako škvry intenzity 2. Pozorovateľmi 1 a 3 bola rovnaká škvry (10247) ocenená raz intenzitou 3 a raz intenzitou 1. Preto v tomto prípade sme škvry 10247 priradili akúsi strednú intenzitu medzi 1 a 3, teda intenzitu 2. Preto v tomto dni uvádzame výskyt dvoch škvry (10247 a 10248) s rovnakou intenzitou 2.

Poznámka: Dátumy pozorovania v tabuľke 1 sú iba ilustratívne zvolené a nemusia odpovedať reálnej situácii.

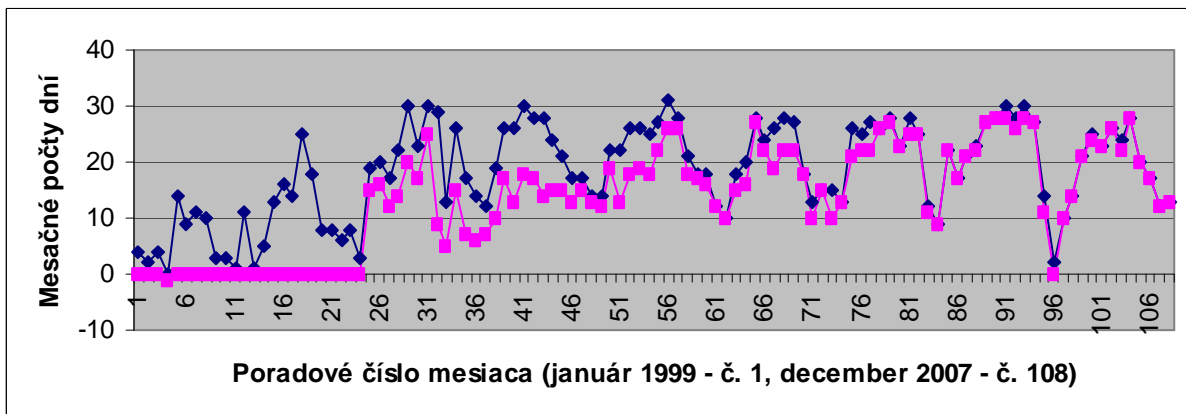
Takto získané denné počty pozorovaných škvŕn s rozdielnymi intenzitami sme ďalej sčítavali za jednotlivé mesiace a porovnávali ich s mesačnými nevyhladenými relatívnymi číslami slnečných škvŕn, ktoré sme prevzali zo Sunspot Index Data Center z Bruselu (2008) a z publikácie L. Schmieda (1997). Všetky takto získané údaje boli zdrojovými údajmi pre ďalšie hľadanie vzájomných závislostí a vzájomných vzťahov. Pre 22. slnečný cyklus sme analyzovali mesačné údaje pokrývajúce interval 89 mesiacov od februára 1988 do júna 1995, pričom z tohto intervalu sme pre analýzu vzájomných závislostí mohli použiť 73 mesiacov, v ktorých bolo vykonané aspoň jedno pozorovanie. Šestnásť mesiacov, ktoré neboli pokryté ani jedným denným pozorovaním, sa kumulovalo najmä na začiatku tohto intervalu (marec, máj 1988, od augusta 1988 do mája 1989) a na konci 22. cyklu (jún, august, október a november 1994). Pre 23. slnečný cyklus z celkového počtu 108 mesiacov, ktoré sme mali k dispozícii od januára 1999 do decembra 2007 nebol aspoň jedným denným pozorovaním pokrytý iba jeden mesiac (apríl 1999), a teda pre ďalšiu analýzu sme mali k dispozícii 107 mesiacov s príslušnými mesačnými údajmi.

Získané výsledky a ich diskusia

V prvej časti analýzy údajov sme zisťovali pokrytie oboch slnečných cyklov pozorovaniami. Na obrázku 1 sú pre cyklus 22 a na obrázku 2 pre cyklus 23 znázornené mesačné počty dní, v koľkých dňoch v príslušnom mesiaci boli vykonané pozorovania a mesačné počty dní, v ktorých boli vykonané pozorovania, ale neboli pozorované žiadne škvŕny. V cykle 22 sú mesiace s najväčším pokrytím pozorovaniami mesiace s poradovými číslami 18-21 (júl – október 1989), 28-31 (máj – august 1990), 40-45 (máj – október 1991), 54-55 (júl – august 1992), 67 (august 1993), 78 (júl 1994) a 86-89 (marec – jún 1995). V cykle 23 to boli mesiace s poradovými číslami 5-8 (máj – august 1999), 18-19 (jún – júl 2000), 29-34 (máj – október 2001), 39-43 (marec – júl 2002), 52-57 (apríl – september 2003), 65-69 (máj – september 2004), 75-82 (marec – október 2005), 89-94 (máj – október 2006), 100-104 (apríl – august 2007). Z uvedeného je pre oba cykly zrejmé, že najväčšia obsadenosť mesiacov dňami, kedy sa vykonávali pozorovania, bola hlavne v mesiacoch letných, prípadne v niektorých rokoch aj v neskorých jarných a skorých jesenných. Príčinou sú zrejme v týchto mesiacoch lepšie meteorologické podmienky na pozorovanie slnečných škvŕn voľným okom v porovnaní s inými ročnými obdobiami.



Obrázok 1: Mesačné počty dní, v koľkých boli vykonané pozorovania (čierna línia \diamond) a počty dní, v ktorých neboli pozorované žiadne škvŕny (fialová línia \square) – cyklus 22.



Obrázok 2: Mesačné počty dní, v koľkých boli vykonané pozorovania (čierna línia \diamond) a počty dní, v ktorých neboli pozorované žiadne škvŕny (fialová línia \square) – cyklus 23.

Z uvedených obrázkov je zrejme, že časový priebeh jednej veličiny pomerne dobre kopíruje priebeh veličiny druhej, čo je zvlášť vidieť v 23. cykle, až na úsek z obdobia maxima cyklu (mesiace 1 až 24, t.j. január 1999 až december 2000). Tento úsek svedčí o fakte, že v tomto období nebol ani jeden taký mesiac, v ktorom by sa nepozorovala aspoň jedna škvrna voľným okom (až na apríl 1999, kedy neboli konané žiadne pozorovania – na grafe je tomuto mesiacu priradená hodnota – 1). Avšak tento časový interval nie je porovnateľný s úsekom podobného charakteru z cyklu 22, pretože v tomto cykle za obdobie prvých 16 mesiacov (február 1988 – máj 1989) bolo 12 mesiacov, za ktoré neboli uskutočňované žiadne pozorovania.

O pomerne tesnej závislosti medzi týmito parametrami svedčí vysoká hodnota koeficientu korelácie 0,84 pre cyklus 23 a hodnota koeficientu korelácie 0,54 pre cyklus 22. Tento porovnateľný priebeh oboch parametrov svedčí o tom, že čím sú oba parametre v danom mesiaci hodnotami bližšie, tým je menší počet takých dní, v ktorých boli slnečné škvrny pozorované. Interpretovať tento výsledok možno tak, že slnečné škvrny pozorované voľným okom sú väčšinou pozorované počas malého počtu dní v každom mesiaci. Do určitej miery značná rozdielnosť hodnôt oboch parametrov, teda pre mesiace 17 – 60 (t.j. jún 1989 – január 1993) v cykle 22 a mesiace 5 – 54 (t.j. máj 1999 – jún 2003) v cykle 23, svedčí o tom, že v týchto obdobiach boli slnečné škvrny pozorované voľným okom vo väčšine dní daného mesiaca. V oboch cykloch tieto časové úseky odpovedajú maximu a začiatku vetvy poklesu slnečnej aktivity vyjadrenej relatívnym číslom. Tento výsledok potvrdzuje naše očakávanie, že v maxime, prípadne na začiatku vetvy poklesu sa pozorujú slnečné škvrny voľným okom častejšie ako v iných fázach cyklu.

Mossman (1989) pozoroval slnečný disk voľným okom počas obdobia 13 mesiacov v rokoch 1981 – 1982, teda krátko po slnečnom maxime. Zistil, že slnečné škvrny boli zaregistrované voľným okom v 73 percentách prípadov z celkového počtu pozorovacích dní. Naše výsledky Mossmanovo zistenie potvrdili iba čiastočne. V 22. cykle sme za obdobie poklesu cyklu pokladali interval od júna 1990 do decembra 1992 a v 23. cykle od júna 2001 do decembra 2003. V 22. cykle boli na vetve poklesu škvrny zaregistrované voľným okom v 60-tich percentách a v 23. cykle iba v 31 percentách prípadov z celkového počtu pozorovacích dní. Za celý 22. cyklus táto hodnota bola 57 % a za celý 23. cyklus to bolo iba 26 %.

V ďalšej časti našej analýzy sme skúmali súvislosti výskytu škvrn pozorovaných voľným okom rôznych intenzít jednak vzájomne medzi sebou a jednak v závislosti s nevyhladenými mesačnými relatívnymi číslami separátne pre oba cykly. Za predpokladu lineárnej závislosti medzi mesačnými počtami škvrn silnej, stredne silnej a slabej intenzity a počtom škvrn bez rozdielu intenzít (ktorý bol tvorený súčtom slnečných škvrn pozorovaných za mesiac všetkých intenzít) a nevyhladeným mesačným relatívnym číslom sme ako mieru tesnosti ich vzájomnej závislosti považovali koeficient korelácie. Získané hodnoty koeficientov korelácie sú uvedené v tabuľke 2 pre 22. cyklus (horné hodnoty) a pre 23. cyklus (dolné hodnoty).

Tabuľka 2: Koeficienty korelácie medzi sledovanými mesačnými parametrami v cykloch 22 a 23.

	Počet škvrn silnej intenzity	Počet škvrn stredne silnej intenzity	Počet škvrn slabej intenzity	Počet škvrn bez rozdielu intenzít	Nevyhladené relatívne číslo slnečných škvrn
Počet škvrn silnej intenzity	1	0,5699 0,6451	0,2409 0,4542	0,7476 0,8531	0,6254 0,7090
Počet škvrn strednej silnej intenzity		1	0,6177 0,6978	0,9115 0,9128	0,6094 0,6461
Počet škvrn slabej intenzity			1	0,7606 0,7943	0,3266 0,5266
Počet škvrn bez rozdielu intenzít				1	0,6478 0,7444

Na základe údajov z obsahnutých v tabuľke 2 možno pre cykly 22 a 23 urobiť nasledovné uzávery:

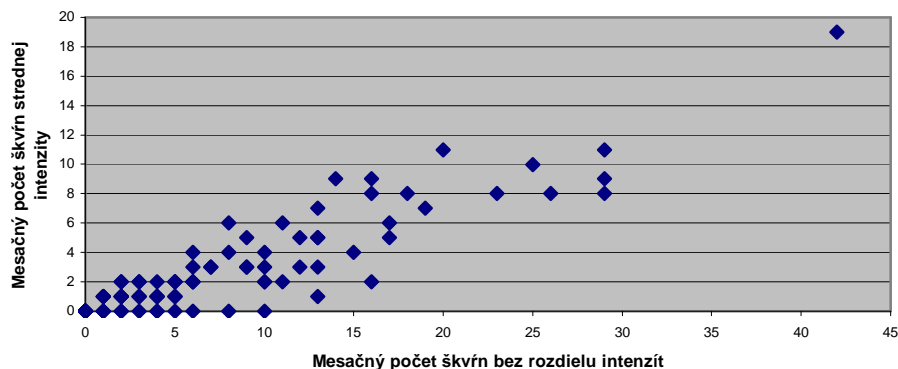
1. Všetky hodnoty koeficientov korelácie sú vyššie pre cyklus 23 ako pre cyklus 22, i keď v niektorých prípadoch nie výrazne.

2. Vyššie koeficienty korelácie medzi počtami škvrn tzv. „susedných intenzít“ (t.j. „silná“ – „stredne silná“ a „stredne silná“ - „slabá“ intenzita), ktoré sú v tabuľkách vytlačené kurzívou, v porovnaní s koeficientmi korelácie pre tzv. „nesusedné intenzity“ (t.j. „silná“ – „slabá“ intenzita) svedčia zrejme o tom, že pozorované škvrny sa kontinuálne v čase vyvíjali od „silnej“ cez „stredne silnú“ až po „slabú“ intenzitu (alebo naopak). Alebo, na druhej strane to môže svedčiť aj o tom, že rôzni pozorovatelia tie isté škvrny klasifikovali nie rovnakým, ale blízkym (teda „susedným“) stupňom intenzity, čo mohlo byť spôsobené okrem iného aj rozličnými pozorovacími podmienkami (meteorologickými alebo aj inými) jednotlivých pozorovateľov.

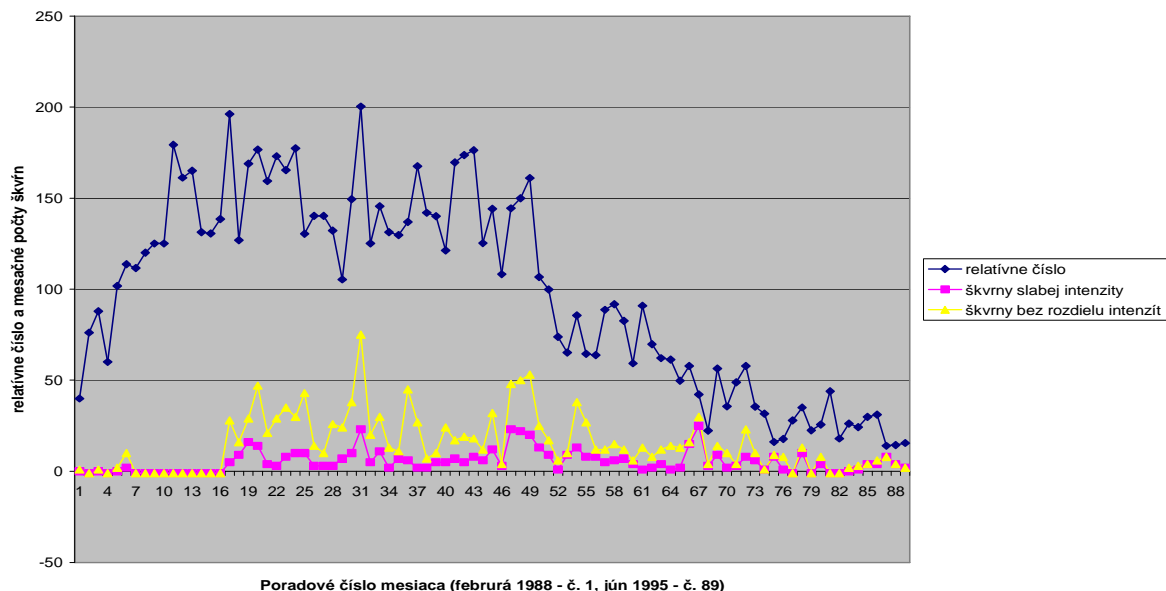
3. Existuje stredne silná až silná závislosť medzi počtami pozorovaných škvrn jednotlivých intenzít a počtom škvrn bez rozdielu intenzít (hodnoty koeficientov korelácie vytlačené tučne). V oboch cykloch je najtesnejšia táto závislosť medzi škvrnami strednej intenzity a škvrnami bez rozdielu intenzít (Pozri obrázok 3

pre cyklus 23; závislosť pre cyklus 22 je podobná.). Výsledok možno interpretovať tak, že na celkovom počte škvŕn bez rozdielu intenzít sa najviac podieľajú škvŕny strednej intenzity.

4. Závislosť medzi mesačnými počtami škvŕn rôznych intenzít a relatívnym číslom možno vo všeobecnosti charakterizovať ako stredne silnú (posledný stĺpec tabuľky 2), pričom najslabšia je medzi škvŕnami slabej intenzity a relatívnym číslom a najsilnejšia medzi škvŕnami bez rozdielu intenzít a relatívnym číslom (pre cyklus 22 koeficienty korelácie 0,3266, resp. 0,6478). Toto môže byť spôsobené tým, že škvŕny slabej intenzity sú pozorované rovnomernejšie vo všetkých fázach slnečného cyklu ako škvŕny silnejších intenzít (pozri obrázok 4 pre cyklus 22).



Obrázok 3: Závislosť mesačných počtov škvŕn bez rozdielu intenzít a škvŕn so strednou intenzitou v 23. cykle.



Obrázok 4: Priebeh mesačných počtov škvŕn slabej intenzity, bez rozdielu intenzít a relatívneho čísla v 22. cykle.

PodĎakovanie

Autor ďakuje všetkým pozorovateľom, ktorí svojimi pozorovaniami škvŕn voľným okom umožnili vytvorenie tejto práce. Tiež ďakuje P. Begenimu za poskytnutie údajov k tomuto výskumu a ich prvotné spracovanie a tiež M. Csatáryovej za cenné rady a konzultácie. Táto práca bola realizovaná v rámci grantu Slovenskej akadémie vied VEGA č. 1/4027/07 „Analýza dlhodobých slnečných cyklov a ich modelovanie matematicko-štatistickými metódami“.

Literatúra

- Stephenson, F.R.: 1990, Phil. Trans. R. Soc. London, A330, 499-512
- Wittmann, A. D., Xu, Z. T.: 1987, Astron. Astrophys. Suppl. Ser. 70, 83 – 94.
- Yan, K.K.C., Stephenson, F.R.: 1988, Quart. J. Roy. Astron. Soc. 29, 175 – 197.
- Wittmann, A.D.: 1992, Catalog of Large Sunspots (165 B.C. - 1992), Solar Physics Department, University Observatory Göttingen
- Wittmann, A. D.: 1978, Astron. Astrophys. 66, 93 –97.
- Stix, M.: 1983, Mitt. Astron. Ges. 60, 95.
- Stix, M.: 1984, Astron. Nachr. 305, 215.
- Hollan, J.: 1991, Jak pozorovat Slunce bez dalekohledu, Hvězdárna a Planetárium Brno.

9. Letfus, V. , Kulčár, L.: 2007, In: Člověk ve svém pozemském a kosmickém prostředí (ed. E. Marková), 15 – 19, Hvězdárna Úpice, ISBN 978-80-86303-11-6.
10. Csatáryová, M., Begeni, P.: 2007, In: Člověk ve svém pozemském a kosmickém prostředí (ed. E. Marková), 25 – 28, Hvězdárna Úpice, ISBN 978-80-86303-11-6.
11. Schmied, L.: 1997, Štatistické a grafické prehľady slnečnej činnosti od roku 1610, SÚH Hurbanovo.
12. Sunspot Index Data Center, Brussels, dostupné na: <http://sidc.oma.be/sunspot-data/>.
13. Mossman, J.E.: 1989, Quart. J. Roy. Astron. Soc. 30, 59.