

Doplnění katalogu polárních září pozorovaných v nižších šířkách 1001-1779

Jaroslav Střeščík

Geofyzikální ústav Akademie věd České republiky, v.v.i., Praha, Česká republika

Abstrakt: V roce 1985 vydali Křivský a Pejml katalog polárních září pozorovaných od roku 1000 do roku 1900 v místech, jejichž geomagnetická šířka byla nižší než 55° . V roce 1996 vydal Křivský ještě dodatek. Celkem tento doplněný katalog shrnuje všechny dříve publikované údaje a byl tedy ve své době nejuplněnější. V roce 2004 byly publikovány dosud neznámé údaje o polárních zářích pozorovaných v Koreji v letech 1001-1779. Až na výjimky tyto záře nejsou uvedeny v Křivského katalogu, a naopak. Zde je prezentován souhrnný katalog polárních září, obsahující jak data Křivského, tak data z Koreje pro období 1001-1779. Dále jsou uvedeny některé zákonitosti výskytu září vyplývající z doplněného katalogu. Rozložení výskytu září v čase velmi dobře souhlasí s rekonstruovanou řadou Wolfových čísel a vykazuje shodné periodicity, zvláště dlouhodobé.

A completion of the catalog of polar aurorae observed in lower latitudes in 1001-1779

Abstract: In 1985 Křivský and Pejml published a catalog of polar aurorae observed in 1001-1900 in latitudes lower than 55° N. In 1996 Křivský published a supplement to this catalog. This common catalog collects all data concerning the aurorae published earlier and it was in its time the most complete one. In 2004 appeared till now unknown data about polar aurorae observed in Korea in 1001-1779. These data are, only with a few exceptions, not included in the catalog of Křivský, and vice versa. Here the comprehensive catalog is presented, containing the Křivský's data as well as those from Korea. Further some regularities in the occurrence of aurorae are presented using the comprehensive catalog. The distribution of aurorae in time agrees well with the reconstructed series of sunspot numbers and displays similar periodicities, especially the long-term ones.

Před časem vydali Křivský a Pejml (1985) katalog polárních září pozorovaných v místech, jejichž geomagnetická šířka byla nižší než 55° , a to od roku 1000 do roku 1900. Polární záře ve vyšších šířkách jsou poměrně častým jevem, v nižších šířkách se však vyskytují zřídka, jsou nízko nad severním obzorem a nejsou tak barevné jako na dalekém severu, nejčastěji vypadají jako červená záře nad severním obzorem. Přesto jakožto zvláštní jev poutaly pozornost a jsou proto zaznamenány ve starých kronikách.

Polární záře, zjednodušeně řečeno, vznikají jako následek vpádu elektricky nabitých částic původem ze Slunce do zemské atmosféry, kde srážkami s neutrálními atomy plynů způsobují světélkování. Působením zemského magnetického pole je proud těchto částic nasměrován do pásma kolem 70° geomagnetické šířky. Zde jsou pak polární záře pozorovány v zenitu. Směrem na jih a na sever od tohoto pásma přichází částic méně, poloha září se posunuje stále více k obzoru a klesá jejich barevnost. Výskyt polárních září souvisí se sluneční aktivitou, takže jejich počet kolísá stejně jako kolísá sluneční aktivita. Při vyšší sluneční aktivitě je proud částic silnější a také se rozšiřuje oblast, kde se záře vyskytují, proto je možné je občas spatřit i v místech vzdálenějších od 70 . stupně šířky. Záznamy o výskytu září v nižších šířkách tedy poskytují informace o sluneční aktivitě v dávné minulosti, o níž nejsou k dispozici přímá pozorování.

Zmíněný katalog samozřejmě není prvním seznamem polárních září. Již dříve mnozí autoři publikovali přehled podobných záznamů ze starých kronik, ovšem obvykle jen z určité oblasti. Zásluha Křivského a Pejmla spočívá v tom, že shrnuli všechny starší prameny a vytvořili na svou dobu nejuplněnější katalog. Mnohé údaje se ovšem v jednotlivých katalozích opakují, jiné jsou však často uvedeny jen v jednom. Kromě dat z Evropy byly použity záznamy z Číny a Japonska, které významně doplňují chybějící evropská data. Později Křivský (1996) vydal ještě doplněk k původnímu seznamu na základě dalších pramenů, které byly mezi tím publikovány, a obsahují data v původním katalogu neuvedená. Celkem doplněný katalog obsahuje 6290 pozorování polárních září v nižších šířkách. Ani tak si katalog v žádném případě nečiní nárok na úplnost. Je jisté, že především ve vzdálené minulosti mnohé polární záře nebyly zaznamenány ani v Evropě ani v Asii nebo že se záznamy nedochovaly.

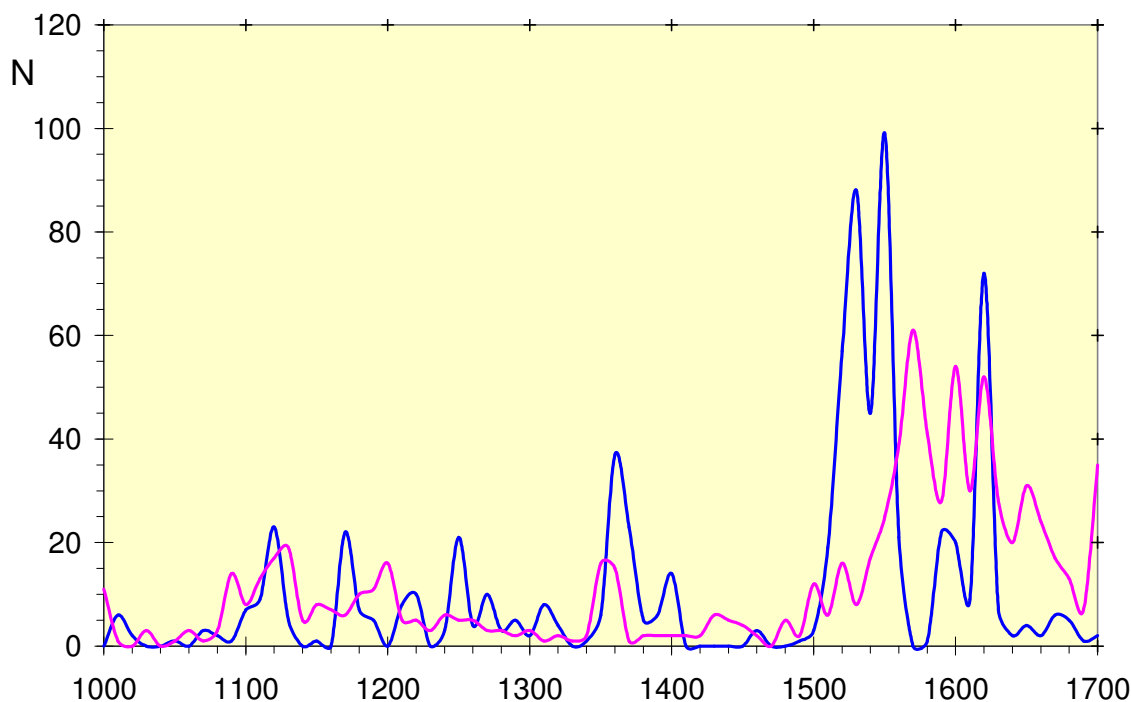
Vývoj však pokračuje dál. Nedávno byl publikován katalog polárních září pozorovaných v Koreji od roku 1001 do roku 1779 (Lee et al., 2004). Korea je vůbec zajímavá země. Se svými 60 miliony obyvatel (oba dnešní korejské státy dohromady) je to na asijské poměry malý stát, zvláště v sousedství Číny a Japonska. Přesto však po více než 1000 let to byl stále stát samostatný, vyspělý a prosperující. Korejci více než 1000 let používají vlastní písmo odlišné od čínských znaků. Odedávna zde existovali kronikáři, kteří zaznamenávali všechny významné události, samozřejmě též výskyt polárních září. Je zvláštní, že pro Evropany byla Korea vždy ve stínu

Číny a Japonska. Křivský ani žádný z pramenů jím použitých neuvádí žádná data o polárních zářích pozorovaných v Koreji. Zmíněný korejský katalog je tedy zcela nová a nezávislá informace.

Ještě několik číselných údajů: Křivského katalog i s doplňky obsahuje 6290 pozorování polárních září, z toho u 41 údajů je uveden pouze rok a u dalších 92 je uveden pouze rok a měsíc, celkem tedy kompletní data jsou pro 6157 září. Do roku 1779 bylo pozorováno celkem 2277 září, u 40 je uveden pouze rok a u dalších 78 rok a měsíc, kompletní data jsou pro 2159 září. Data z Koreje do roku 1779 obsahují celkem 788 září, z nich 780 s kompletními údaji. Z toho jen několik málo září bylo současně pozorováno i v Evropě a jsou tedy zahrnuty v Křivského katalogu, několik dalších by bylo možné ztotožnit s těmi, u nichž Křivský uvádí pouze rok nebo rok a měsíc (ale mohlo jít také o jinou září).

V obou použitých pramenech lze pozorovat obrovský nárůst počtu pozorování od 18. století a ještě více v 19. století u Křivského. To je dáno vědeckou technickou revolucí, kdy vzrostl zájem o zaznamenávání všech událostí a záznamy se pořizovaly v kopiích, čímž se zmenšilo riziko jejich ztráty. Údajů z 18. století je tolik, že svým počtem zastíní všechny variace v počtu září v předcházejících stoletích, které pak jsou v porovnání s 18. stoletím daleko méně výrazné. Proto v dalším zpracování a na obrázcích se omezíme jen na období do r. 1700, vynecháme tedy posledních 80 let ze století osmnáctého.

Na obr. 1 jsou graficky ukázány počty pozorování polárních září od r. 1000 do r. 1700 podle katalogu Křivského (1996) a Lee et al. (2004). Zobrazeny jsou součty za jednotlivá desetiletí a tyto hodnoty jsou spojeny hladkou čarou. Shoda mezi údaji z obou zdrojů je poměrně malá. To je dáno tím, že data obsažená v jednom katalogu nejsou obsažena v druhém. Přesto obě řady vykazují stejná období nižší aktivity, zvláště po r. 1400 a 1600 (o tom víc dále). Zajímavé je vysoké maximum u korejských dat po r. 1500, kdy zřejmě v Evropě bylo málo pozorování, a naopak vysoké maximum u evropských dat později, kdy zase naopak korejských pozorování bylo zřejmě málo. I to může být bráno jako připomínka, že žádný katalog nemůže být úplný, že stále mnohá data z různých důvodů chybí.

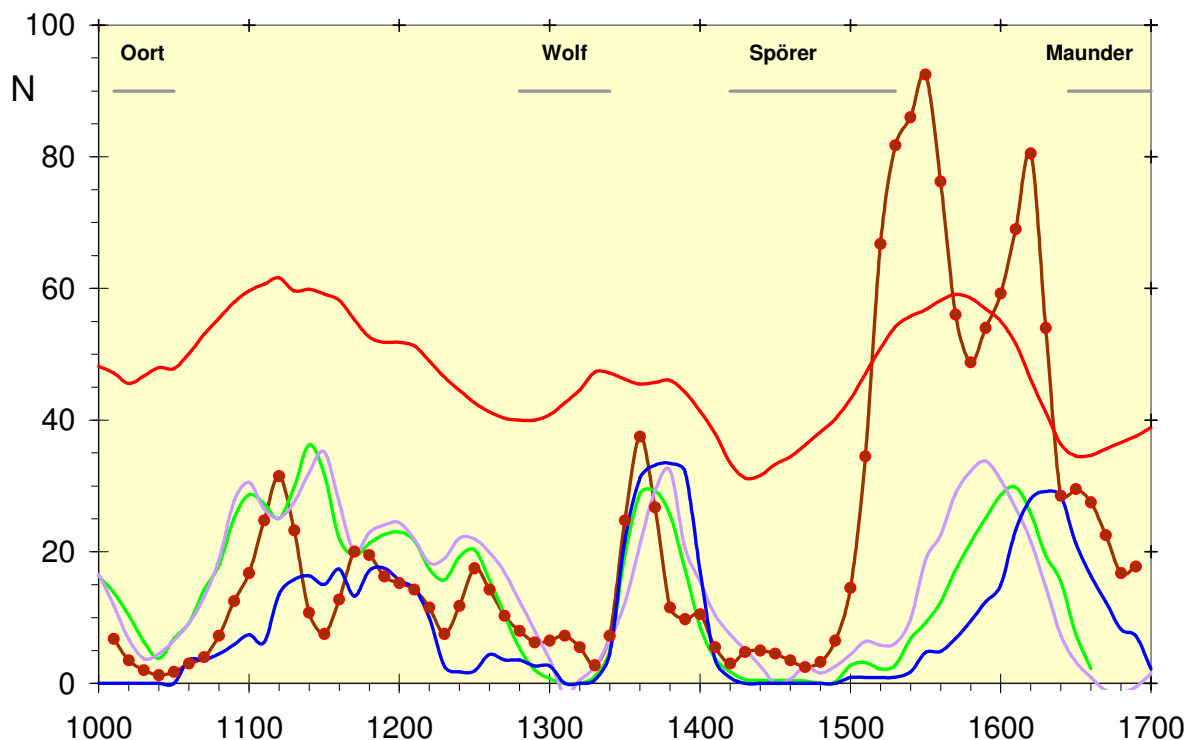


Obr. 1. Počty pozorovaných polárních září v nižších šířkách podle katalogu Křivský 1996 (červeně) a Lee 2004 (modře). Součty pro jednotlivé dekády jsou spojeny hladkou čarou.

Data z katalogu Lee et al. (2004) byla přidána k datům z doplněného katalogu Křivského (1996) a vytvořen tak rozšířený seznam pozorování polárních září v nižších šířkách od roku 1001 do roku 1779. Z tohoto seznamu byla vynechána pozorování, kde není uvedeno kompletní datum. Celkem do něho bylo zařazeno 2909 pozorování, všechna jsou uvedena v přehledné tabulce v Příloze 1. Dále v Příloze 2 jsou uvedeny roční počty pozorovaných polárních září. Ani tento seznam si nečiní nárok na úplnost, stále je možné, že v budoucnu budou publikována ještě další, dosud neznámá pozorování. A je nutné počítat i s tím, že v dávnějších dobách mnohé záře nebyly zaznamenány buď vůbec, nebo že se záznamy nedochovaly.

Na obr. 2 jsou uvedeny počty pozorování polárních září zařazených do souhrnného katalogu (Příloha), na rozdíl od obr. 1 je řada vyhlazena pomocí Woolhouseovy formule (na obrázku hnědě). Zcela nahoře jsou zakreslena dlouhodobá minima sluneční aktivity, pojmenovaná podle významných astronomů. Je dobře vidět, že

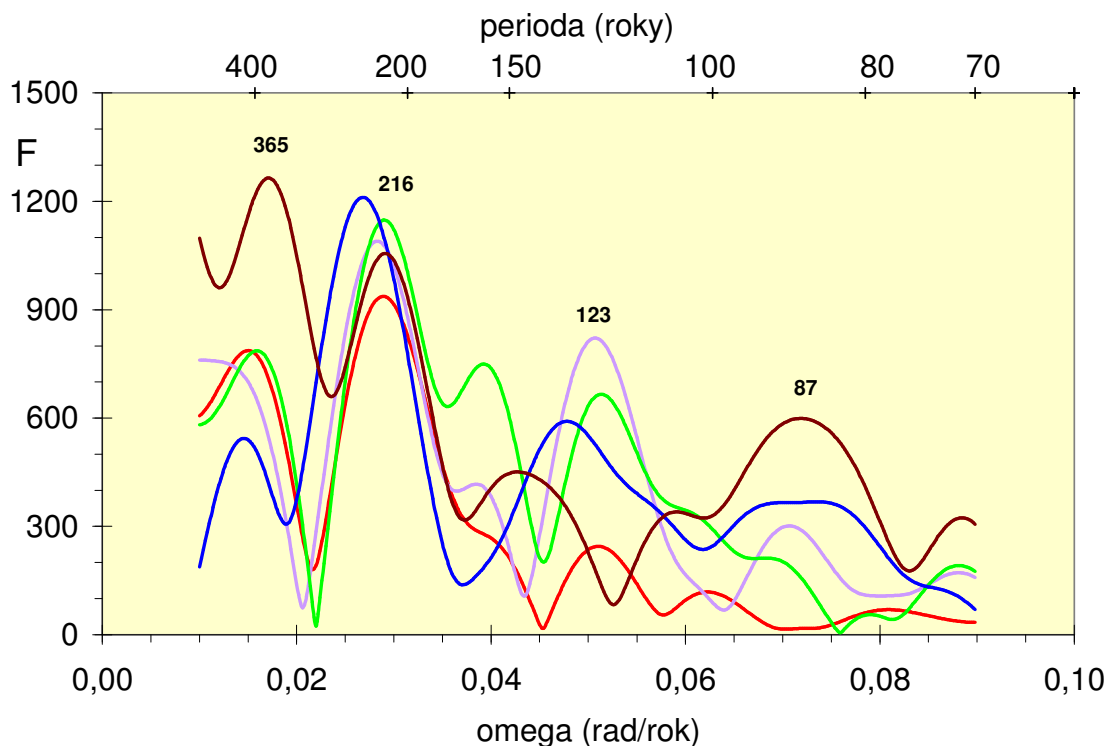
těmto minimům také odpovídají minima v počtu pozorování polárních září. Mezi nimi pak se projevuje poněkud rozkolísané maximum kolem 12. století, ostré a krátké maximum ve 14. století (v literatuře označované jako středověké maximum – medieval maximum) a nakonec dvojité maximum v 16. století. To poslední je dáno právě různým počtem pozorování v Evropě a v Koreji. Výška tohoto maxima neznamená extrémně vysokou sluneční aktivitu, to je jen odraz toho, že z tohoto století se dochovalo více záznamů než z dob starších.



Obr. 2. Počty pozorovaných polárních září v nižších šířkách podle spojeného katalogu Křivský (1996) plus Lee et al. (2004) (hnědě s červenohnědými kroužky) spolu s odhady sluneční aktivity v minulosti: aurorální index (červeně), Wolfova čísla podle obsahu C^{14} (světle zeleně a fialově) a pozorování slunečních skvrn pouhým okem (modře). Zcela nahoře jsou vyznačena dlouhodobá minima sluneční aktivity.

Spolu s počty polárních září v dekadách je na obr. 2 uvedeno několik rekonstruovaných průběhů sluneční aktivity v minulosti. Především je zde aurorální index podle Schove (1980) uvedený autorem v podobě klouzavých průměrů v intervalech po 10 letech (na obrázku červeně). Graf je velmi hladký a velmi dobře vystihuje dlouhodobá minima a maxima sluneční aktivity. Dvojité maximum v pozorování polárních září v 16.-17. století se slilo do jednoho. Dále jsou uvedena průměrná Wolfova čísla v desetiletých intervalech podle měření obsahu radioaktivního uhlíku C^{14} ve vrtech v ledovcích v Grónsku, a to ze dvou pramenů – Usoskin & Kovaltsov (2004) (na obrázku světle zeleně) a Solanki et al. (2004) (na obrázku fialově). Obě tato měření se navzájem liší jen málo a dobře se shodují s počty pozorovaných polárních září, kromě dvojitého vrcholu v 16.-17. století – tato maxima se slévají do jednoho podobně jako u aurorálního indexu. Konečně je zde počet pozorování slunečních skvrn pouhým okem (na obrázku modře) podle Vásquez & Vaquero (2009), vždy součet za desetiletí. Není pravda, že sluneční skvrny objevil Galileo Galilei, velké skvrny byly pozorovány pouhým okem mnohem dříve buď přes filtr nebo přes tenkou vrstvu mraků a tato pozorování byla zaznamenána v kronikách. Protože jde o pozorování z Evropy, chybí zde „korejské“ maximum kolem r. 1550.

Dlouhá řada pozorování je ideální materiál pro hledání dlouhodobých periodicit. Tím se zabývali také autoři obou výše zmíněných katalogů. Rozšířený a doplněný katalog umožní přesnější určení převládajících period v celém souboru. Na obr. 3 jsou zobrazena spektra všech veličin, jejichž průběh je nakreslen na obr. 2, přičemž jednotlivé grafy jsou odlišeny stejnou barvou jako na obr. 2. U všech veličin je vidět shodné maximum v periodě něco přes 200 roků (údaj 216 roků se vztahuje na polární záře), pouze u slunečních skvrn pozorovaných pouhým okem vychází perioda o něco delší. V literatuře se nejčastěji uvádí dlouhodobá perioda sluneční aktivity kolem 206 roků, někdy 205 až 208. Přibližně po této době se s velkým rozptylem opakují dlouhodobá minima sluneční aktivity nakreslená na obr. 2. Delší perioda kolem 400 roků u všech veličin patrně souvisí s další dlouhodobou periodou ve sluneční aktivitě, jejíž délku nelze z časové řady dlouhé 700 let přesněji určit. Menší význam mají vrcholy v kratších periodách, které se u slunečních skvrn a polárních září příliš neshodují. Naznačují nesinusový průběh sledovaných hodnot a proměnnou délku převládajících period.



Obr. 3. Spektrum řady pozorovaných polárních září 1000-1700 ze spojeného katalogu Křivský 1996 plus Lee et al. 2004 (hnědě) a dalších řad uvedených na obr. 2 (stejně barevné rozlišení).

Závěrem lze konstatovat, že údaje o pozorování polárních září v nižších šířkách po dobu mnoha staletí dávají dobrý obraz o sluneční aktivitě v dávné minulosti, který se shoduje s údaji zjištěnými z jiných pramenů, a to především co se týče dlouhodobých zákonitostí. To názorně ukazují také spektra těchto veličin. Výskyt polárních září vykazuje nejvyšší korelaci s aurorálním indexem podle Schove (1980), přičemž všechny korelace jsou o něco málo vyšší při použití dat z doplněného katalogu než při použití dat z jednotlivých katalogů starších. Je však zajímavé, že všechny korelace jsou vyšší pro úsek 1001-1500 než pro úsek 1001-1779. Důvodem jsou patrně značné rozdíly mezi počty pozorování v Evropě a v Koreji v 18. století.

Literatura

- Křivský L., Pejml K. (1985): Solar activity, aurorae and climate in Central Europe in the last 1000 years. *Travaux géophysiques XXXIII*, No 606, 77-151, Academia, Praha.
- Křivský L. (1996): Supplement of the catalogue of polar aurorae < 55° N in the period 1000-1900. *Travaux géophysiques XXXVII*, 1-21, Geophys. Inst. Acad. Sci. Czech Rep., Praha.
- Lee E.H., Ahn Y.S., Yang H.J, Chen K.Y (2004): The sunspot and auroral activity cycle derived from korean historical records of the 11th – 18th century. *Solar Physics* 224, 373-386.
- Solanki S.K., Usoskin I.G., Krome B., Schüssler M., Beer J. (2004): Unusual activity of the Sun during recent decades compared to the previous 11,000 years. *Nature* 431, Issue 7012, 1084-1087.
- Schove D.J. (1980): Sunspot cycles. Hutchinson Ross Publ. Comp., Stroudsburg.
- Usoskin I.G., Kovaltsov G.A. (2004): Long-term solar activity: direct and indirect study. *Solar Physics* 224, 37-47.
- Vásquez M., Vaquero J.M. (2009): The Sun recorded through history. *Astrophysics and space science library*, Vol. 361.

Příloha 1: Seznam polárních září pozorovaných v šířkách do 55° v letech 1000-1779 – sloučení katalogu Křivský (1996) a Lee et al. (2004) a **Příloha 2:** Roční počty polárních září pozorovaných v šířkách do 55° v letech 1000-1779 – sloučený katalog - jsou umístěny v „04 - Střeštík - přílohy 1 a 2.doc“ a 04 - Střeštík - přílohy 1 a 2.pdf“