

Předpověď sluneční aktivity ve 24. a 25. cyklu

Jaroslav Střeščík¹, Miroslav Mikulecký Sr.²

¹ Geofyzikální ústav Akademie věd České republiky, v.v.i., Praha, Česká republika

² Oddelenie biometriky a štatistiky, Neuroendocrinology Letters, Stockholm-Bratislava, Sweden-Slovenská republika

Abstrakt: V polovině devadesátých let jsme vydali předpověď sluneční aktivity v cyklech č. 23 až 26. Pro tuto předpověď jsme použili data za období 1500-1995 reprezentovaná deseti významnými délkami period s nejnižšími hodnotami parametru p . Pomocí superpozice odpovídajících sinusových vln byla data za období 1500-1995 výborně aproximována. Předpověď pro období 1996-2040 byla vytvořena jako extrapolace tohoto průběhu. Předpověděli jsme tak, že cykly č. 23 a 24 budou delší a hodnoty Wolfova čísla v maximech budou nižší, než jaké byly v cyklu č. 22. Tyto předpovědi byly zhruba splněny s výjimkou maxima 23. cyklu, které nastalo ve skutečnosti o něco dříve. To je důvod proč sestupná část 23. cyklu se nacházela těsně pod 95% koridorem tolerance naší předpovědi. S použitím dat 1500-2010 a stejné metody předpovědi jsme nyní sestavili novou předpověď na cykly č. 24 a 25. Oba cykly by měly být opět delší, podobně jako cyklus č. 23 v naší první předpovědi. Hodnoty Wolfových čísel v maximech by měly být ještě o něco nižší. „Oficiální“ předpověď publikovaná na stránkách National Geophysical Data Center uvádí maximum 24. cyklu o něco málo vyšší než naše předpověď, jinak vše stejné jako předpověď prezentovaná zde.

Prediction of solar activity in the 24th and 25th cycles

In the half of nineties we prepared a prediction of solar activity in cycles No 23 to 26. For this prediction we used the data from 1500-1995 representing 10 significant period lengths with lowest p -values. Using the superposition of these sine waves the data of 1500-1995 were excellently fitted. The prediction for 1996-2040 was constructed as an extrapolation of this course. We predicted that cycles No 23 and 24 will be longer and the value of sunspot numbers in the maximum will be lower than that in the cycle No 22. These predictions have been so far roughly fulfilled, except only the maximum of the 23rd cycle appeared in reality a little earlier. This is why the descending part of the 23rd cycle observations found itself closely under the 95% tolerance corridor of our prediction. Using now the data since 1500 till 2010 and the same prediction method we prepared a new prediction for the cycles No 24 and 25. Both cycles should be also longer, similarly as the cycle No 23 in our first prediction as well as in the reality. Values of sunspot numbers in maxima should be even lower. The “official” prediction published on the web pages of the National Geophysical Data Center mentions the maximum of the 24th cycle a little higher than our prediction, other statements agree with ours.

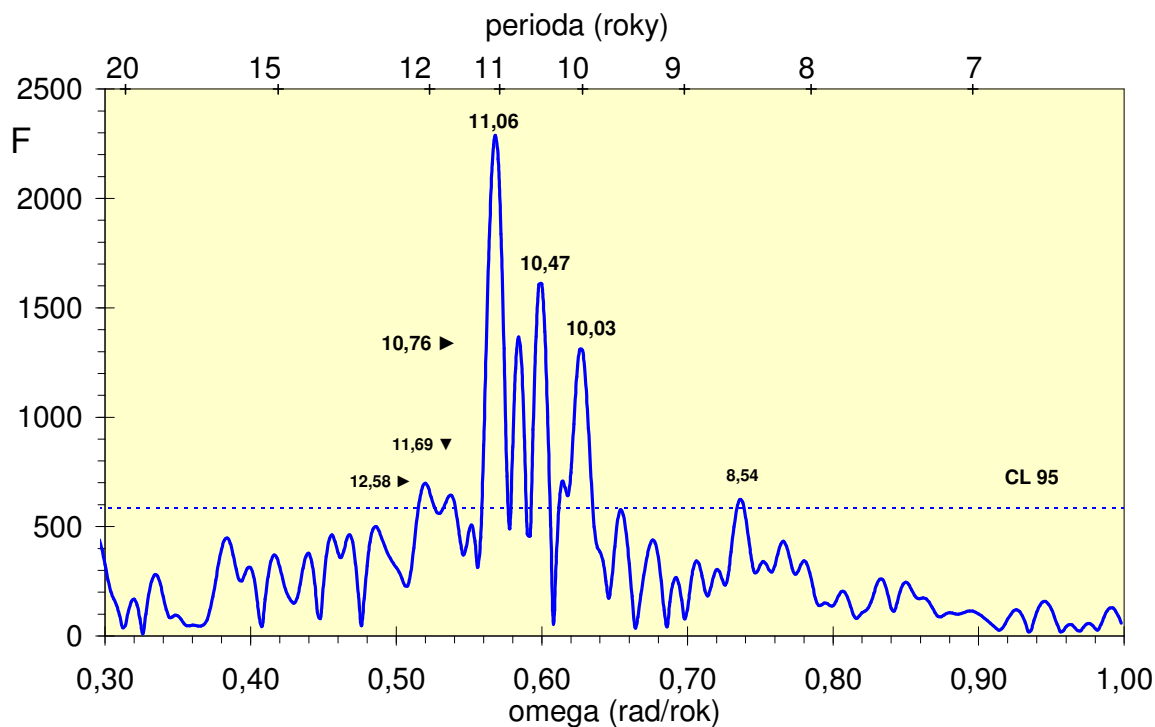
Před 15 lety, po skončení 22. cyklu sluneční aktivity, jsme se pokusili o předpověď sluneční aktivity v několika dalších cyklech (Mikulecký, Střeščík, 2002). Použili jsme k tomu roční hodnoty Wolfových čísel podle pozorování za období 1610–1996 (Waldmeier, 1961), k nimž jsme přidali rekonstruované roční hodnoty Wolfových čísel až k roku 1500 podle Schove (1983).

Protože všechno bylo již publikováno, zmíníme se o této předpovědi jen stručně. Postup je v podstatě velmi jednoduchý. Metodou spektrální analýzy jsme nejprve určili převládající periody v celé použité časové řadě. Z nich jsme vybrali 10 vrcholů ve spektru, které splňovaly podmínku 95% významnosti. Sestavili jsme pak superpozici deseti sinusových vln s odpovídajícími periodami, amplitudami a fázemi. Tato křivka nejlépe vystihuje průběh původní řady v celé její délce. Je samozřejmé, že v některých místech (tj. v některých letech) se od původních dat poněkud liší, protože nemůže respektovat všechny drobné a více méně náhodné odchylky (pokud bychom pozměnili parametry některé sinusové vlny, dostali bychom křivku jinou, která by se od původních dat lišila na některém jiném místě, a to celkově více než ta spočítaná na základě dat ze spekter). Extrapolací této křivky za rok 1996 pak získáme odhad pokračování zpracovávané řady v dalších letech.

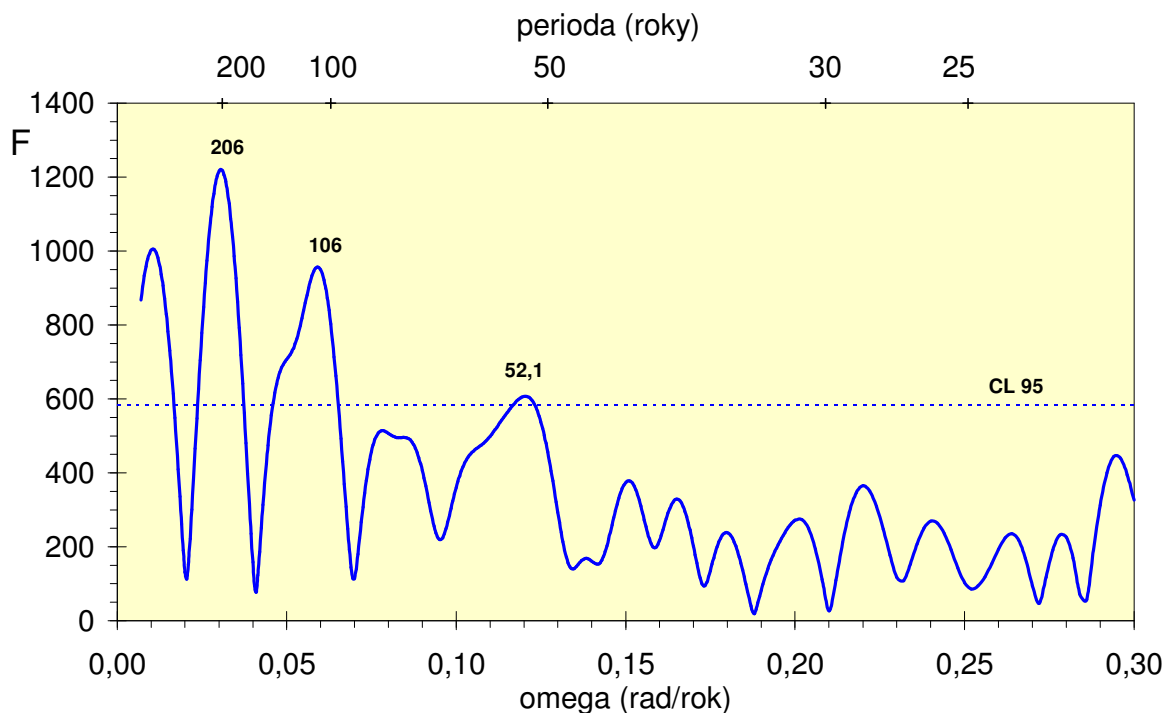
Dříve než jsme přistoupili k vlastní předpovědi, ověřili jsme si celý postup na již známých hodnotách. Ukončili jsme řadu Wolfových čísel rokem 1950, vyhledali převládající periody v období 1500-1950 a sestavili superpozici významných sinusových vln. Extrapolaci za rok 1950 jsme pak porovnali s pozorovanými hodnotami Wolfových čísel. Pokud bychom po roce 1950 tímto způsobem předpověděli sluneční aktivitu v následujících cyklech (myšleno ovšem čistě teoreticky, protože rekonstrukce Wolfových čísel k roku 1500 byla publikována mnohem později), dala by se tato předpověď považovat za úspěšnou. Časové polohy čtyř následujících minim a tří maxim slunečních cyklů (cykly 20, 21 a 22) se poměrně dobře shodovaly

s pozorovanými – rozdíly byly menší než jeden rok – a výška těchto tří cyklů (hodnoty W v maximech) byla ve skutečnosti jen o málo vyšší než předpověděná.

Vlastní předpověď na období po roce 1996, tj. cykly 23 a následující, pak říkala, že 23. cyklus bude nižší než předcházející (hodnota Wolfova čísla v maximu cyklu) a že bude delší. Maximum bude dosaženo v r. 2002 a následující minimum až v r. 2008. Další cykly měly být také nižší a o něco delší než cyklus 22. V literatuře uváděné předpovědi před rokem 1996 počítaly s kratším a vyšším 23. cyklem, teprve později se objevovaly předpovědi nižšího a delšího cyklu. Ve skutečnosti nastalo maximum 23. cyklu dříve než námi předpověděné a bylo o něco málo vyšší, předpověď dlouhého cyklu a minima až v r. 2008 se splnila.

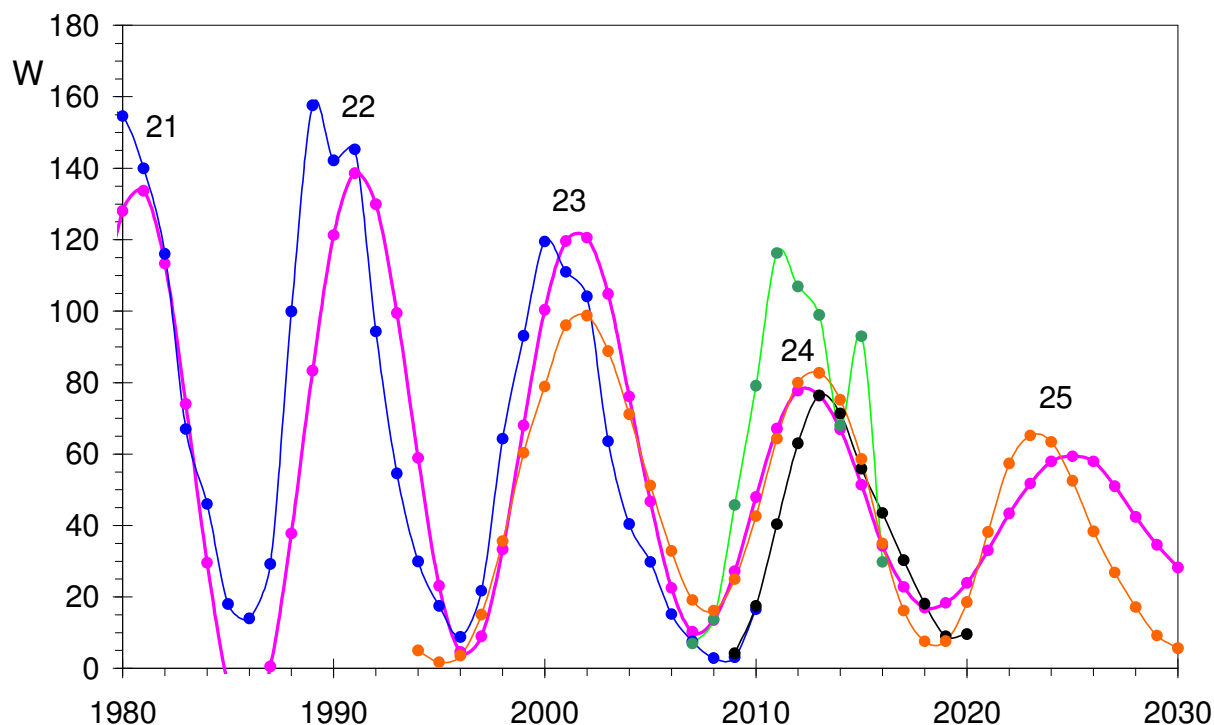


Obr. 1. Spektrum řady Wolfových čísel za období 1500-2010 v oboru krátkých period.



Obr. 2. Spektrum řady Wolfových čísel za období 1500-2010 v oboru dlouhých period.

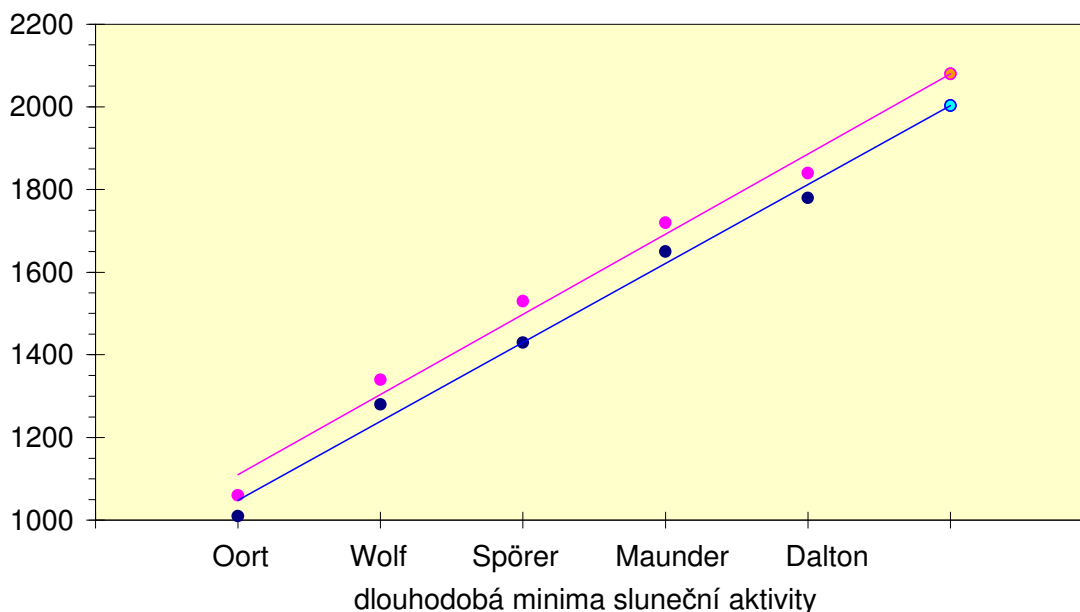
Dnes máme k dispozici pozorované hodnoty Wolfových čísel v průběhu 23. cyklu a proto se můžeme pokusit o novou předpověď následujících cyklů. Ukážeme si nejprve spektra řady ročních Wolfových čísel za období 1500-2010: obr. 1 pro oblast krátkých period, obr. 2 pro oblast dlouhých period. Spektra za období 1500-1996 jsou velmi podobná, číselné hodnoty period, amplitud a fází se liší jen nepatrně. Na obr. 1 převládá samozřejmě perioda kolem 11 roků. Hlavní vrchol je doprovázen několika dalšími, které odrážejí nestejnou délku slunečních cyklů v průběhu staletí a nesymetrický tvar průběhu sluneční aktivity během cyklu. Na obr. 2 převládá perioda kolem 206 roků, která vyjadřuje pravidelné dlouhodobé kolísání vysokých a nízkých cyklů, tedy střídání dlouhodobých minim a maxim sluneční aktivity. Opět je hlavní vrchol doprovázen několika dalšími, které mají význam vyšších harmonických.



Obr. 3. Superpozice deseti nejvýznamnějších sinusových vln v období 1500-2010 extrapolovaná do r. 2030 jako předpověď sluneční aktivity (červeně), pozorované roční hodnoty Wolfových čísel (modře), předpověděné hodnoty Wolfových čísel podle NGDC (černě), podle Wang et al. (zeleně) a starší předpověď Wolfových čísel na základě dat 1500-1996 (oranžově). Zobrazeno období 1980-2030, tj. sluneční cykly č. 21 – 25.

Superpozice deseti vybraných sinusových vln s periodami uvedenými na obr. 1 a 2 je nakreslena pro období 1980-2030 na obr. 3. Spolu s ní jsou uvedeny pozorované roční hodnoty Wolfových čísel a některé další předpovědi sluneční aktivity ve 24. cyklu. Především je do obrázku dokreslena naše starší předpověď z roku 1997 (překresleno). Cyklus č. 23 je zde ovšem uveden jako předpověď a je tedy nižší než skutečnost, jak už bylo řečeno. Předpověď cyklu 24. se shoduje, pro cyklus 25. se liší (starší předpověď jej předpovídá kratší s rychlejším nástupem). Na stránkách <ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/solar-data> lze najít předpověď ročních Wolfových čísel na roky pokrývající celý příští cyklus (do r. 2020) a vydanou v roce 2009. Tuto předpověď je možné považovat za „oficiální“. Poměrně dobře se shoduje s naší, pouze nástup 24. cyklu předpovídá asi o rok později než naše předpověď, a to se zřejmě splní. Předpovídá však rychlejší růst, takže časová poloha maxima se shoduje s naší předpovědí a téměř stejná je i předpověď pro sestupnou větev cyklu, jen minimum předpovídají o rok později. Na těchto stránkách se neuvádí, jakou metodou byla předpověď vytvořena, ani kdo je jejím autorem. Předpověď se zřejmě aktualizuje každý rok. O něco dříve předpověděl sluneční aktivitu kolektiv Wang et al. (2008). Předpověď je však značně odlišná, nástup cyklu i maximum cyklu předpovídá mnohem dříve, maximum by mělo být dvojité a vysoké. Vývoj v letech 2009-2010 ale tomu příliš nenasvědčuje. Snad nejzajímavější předpověď předložil Kane (2006). Použil prakticky stejnou metodu, jako je naše, a stejně jako dříve my si i on vyzkoušel její spolehlivost na starších datech. Pro výpočet však použil data Wolfových čísel jen za 100 let, ačkoliv jsou k dispozici řady delší. Proto nemohl zahrnout do superpozice sinusových vln periody delší, jaké jsou uvedeny na obr. 2, čímž zanedbal dlouhodobé variace ve výškách maxim slunečních cyklů. Proto předpověď výšek cyklů při testování na starších datech dobře nevychází. Pro cykly 24, 25 a 26 předpovídá hodnoty v maximu vyšší, 80 – 120, maxima mají nastat v letech 2011-2014, 2022-2023. Cituje ještě jiné předpovědi, u nichž hodnoty W v maximech cyklů kolísají ještě v širších pásmech. Mnohé předpovědi se týkají

pouze výšky maxima nadcházejícího cyklu. Ogurtsov (2009) shromáždil několik takových předpovědí od různých autorů, podle nichž hodnoty W v maximu cyklu mohou kolísat mezi 60 a 160. Podle jeho vlastní předpovědi se má hodnota W v maximu pohybovat mezi 68 a 101, což dobře zapadá do grafů na obr. 3. V každém případě má být 24. cyklus nižší než 23. Polohou maxima 24. cyklu a průběhem 25. cyklu se zatím nikdo další nezabývá.



Obr. 4. Polohy předcházejících dlouhodobých minim sluneční aktivity a výhled na polohu následujícího minima.

Pokud se předpovědi nižší sluneční aktivity ve 24. cyklu a pravděpodobně i v dalších cyklech splní, byli bychom v současné době na začátku dalšího dlouhodobého minima sluneční aktivity. Tato minima se opakují přibližně každých 200 let a mají jména podle významných astronomů. V posledním tisíciletí bylo pozorováno celkem pět takových minim. Na obr. 4 jsou graficky znázorněny časové polohy jednotlivých dlouhodobých minim podle Usoskina (2003). Ten cituje současně další autory podle nichž se časy začátků a konců těchto minim liší až o 30 let. Na vodorovné ose je pořadové číslo (místo něho je jméno toho minima), na svislé ose letopočty, a barevnými kroužky jsou označeny začátky a konce minim. Nakresleny jsou také regresní přímky. Kdyby byl odstup mezi jednotlivými minimy stále stejný, ležely by kroužky na regresní přímce. Rozptyl je však poměrně značný. Extrapolace k dalšímu pořadovému číslu (zatím bezejmenné minimum) naznačuje, že další minimum by mělo nastat mezi roky 2003-2080, tedy nastávající 24. cyklus by mohl již spadat do tohoto minima. Vzhledem ke kolísání bodů kolem regresní přímky je však možný jistý posuv. Je-li v tomto kolísání nějaká pravidelnost, o níž vzhledem k malému počtu minim mnoho nevíme, mohlo by nastávající minimum začít později, snad až po skončení 24. cyklu, a skončit dříve.

Literatura

- Kane R.P. (2006): Solar cycle predictions based on extrapolation of spectral components: An update. *Solar Physics* 246, 487-493.
- M. Mikulecký, J. Střešík (2002): A solar activity forecast: cycles 23-23. *Romanian Astronomical Journal*, Vol. 12, 29-36.
- Ogurtsov M.G. (2009): Prediction of cycle 24 based on information about solar activity during the last 10 000 years. *Geomagnetism and Aeronomy*, Vol. 49, No 3, 408-411.
- D. J. Schove (1983): Sunspot cycles. *Benchmark Pap. Geol.*, Vol. 68, Hutchinson-Ross Publ. Co., Stroudsburg, Pa.
- Usoskin I. (2003): Millenium-scale sunspot numbers reconstruction: Evidence for an unusually active sun since the 1940s. *Phys. Rev. Letters*, Vol. 91, 211101.
- Waldmeier M. (1961): *The sunspot activity in the years 1610–1960*, 171 pp., Schulthess & Co., Zürich, Switzerland.
- Wang J.L., Miao J., Lin S.Q., Gong J.C. Zhu C.L. (2008): Prediction of the smoothed monthly mean sunspot numbers for solar cycle 24. *Science in China, Series G: Physics, Mechanics and Astronomy* Vol. 51, No 12, 1938-1946.