

# Oscilácie v G páse , krídle čiary Ca II H v aktívnej oblasti NOAA AR10789 a v G páse a strede čiary v aktívnej oblasti NOAA AR10910.

V.Karlovský, Hvezdáreň a planetárium Hlohovec, astrokar @gmail.com

## Abstrakt

V aktívnej oblasti NOAA 10789 z 13.7.2005 z pozorovaní získaných pomocou ďalekohľadu DOT (La Palma, Kanárske ostrovy, Španielsko) bola analyzovaná zmena plochy slnečnej škvrny v G páse a Ca II H krídle čiary. Zmena plochy na prahovej hodnote 0,4 bola analyzovaná za pomoci vlnkovej transformácie na určenie významnosti nájdených periód. Vzhľadom na rozdielne rozloženie periód v čase v týchto dvoch spektrálnych oblastiach bola skúmaná koherencia medzi oboma časovými radmi pozorovaní. Okrem toho bola skúmaná koherencia oscilácií v G páse a v čiare Ca II H v aktívnej oblasti NOAA 10910 z 20.9.2006 .

## 1. ÚVOD

Metóda vlnkovej transformácie umožňuje analyzovať podobne ako fourierovská transformácia časový rad hodnôt a zisťovať periódy. Na rozdiel od fourierovskej transformácie umožňuje zisťovať rôzne periódy pre každú okamih radu. Vlnková transformácia sa zakladá na hľadaní podobnosti rôzne dlhých častí celého súboru údajov s prekrývajúcimi sa, rôzne škálovanými funkcia-mi (vlnami) potrebných vlastností. Na vlastné výpočty boli použité počítačové programy pre vlnkovú analýzu svetelných kriviek premenných hviezd ako aj program, ktorý je prístupný na internetovej adrese :

<http://paos.colorado.edu/research/wavelets>.

Krížová vlnková transformácia ukazuje oblasti s vysokým spoločným výkonom a ukazuje tiež informáciu o vzťahoch fáz jednotlivých radov. O vlnkovej koherencii môžeme uvažovať ako o lokálnej korelácii medzi časovými radmi v časovo frekvenčnom priestore. V lokálnej mierke vlnková koherencia ukazuje, či fáza časových radov má rovnaké chovanie.

## 2. METÓDY

V našej práci bola použitá spojená vlnková transformácia (CWT). Podrobnosti možno nájsť v práci Torrence a Compo 1998 . Popis metódy krížovej vlnkovej transformácie a vlnkovej koherencie ako aj popis niektorých problémov je v prácach Grinsted, Moore a Jevrejeva (2004) a tiež Maraun a Kurths (2004).

## 3. DÁTA

Dáta boli získané z pozorovaní ďalekohľadu DOT (La Palma, Kanárske ostrovy, Španielsko) v G páse a v krídle čiary Ca II H. Aktívna oblasť NOAA 10789 sa nachádzala v polohe N17 W 28 ( $\mu = 0.86$ ). Časové rady majú dĺžku 166 minút, jednotlivé snímky sú exponované s intervalom 30 sekúnd. Zmeny plôch boli určované na prahovej hodnote 0,4 (40% intenzity) .

Aktívna oblasť NOAA 10910 sa nachádzala v polohe S9 E31 ( $\mu = 0.824$ ). Časové rady majú dĺžku 51 minút, jednotlivé snímky sú exponované s intervalom 18 sekúnd. Zmeny plôch boli určované na prahovej hodnote 0,4 (40% intenzity)

Krídlo čiary CaII H v NOAA 10789 bolo snímané na vlnovej dĺžke 396,612 nm (3966.12 Angstrom), čo je – 2.35 Angstromov od jadra čiary (3968.47 Angstrom). To je približne 160 km nad hladinou, odkiaľ prichádza žiarenie kontinua v blízkom okolí čiary CaII H, Beck C. et al. (2008)

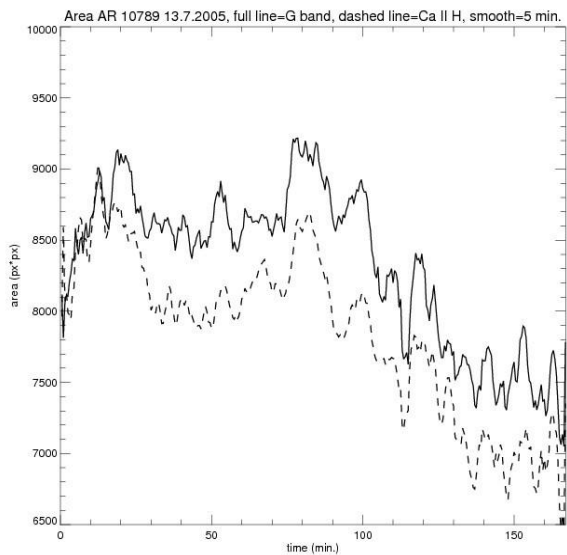
Na analýzu všetkých radov bola použitá spojená vlnková transformácia s tzv. Morletovou materskou vlnkou, kde sínusová vlnka je modulovaná v čase Gaussovou funkciou. Na súbory dát bol aplikovaný výpočtový algoritmus Torrence a Compa (1998) v jazyku IDL. Na určenie významnosti lokálnych maxim výkonového spektra bol použitý červený šum (red noise). Lokálne maximá boli určené na hladine spoľahlivosti 95 %.

Ďalej bol na súbory dát radov aplikovaný výpočtový algoritmus pre určovanie spoločného (krížového) výkonového spektra vlnkovej transformácie a na určovanie vlnkovej koherencie vyvinutý Aslakom Grinstedom ( 2004 ) v prostredí MatLab

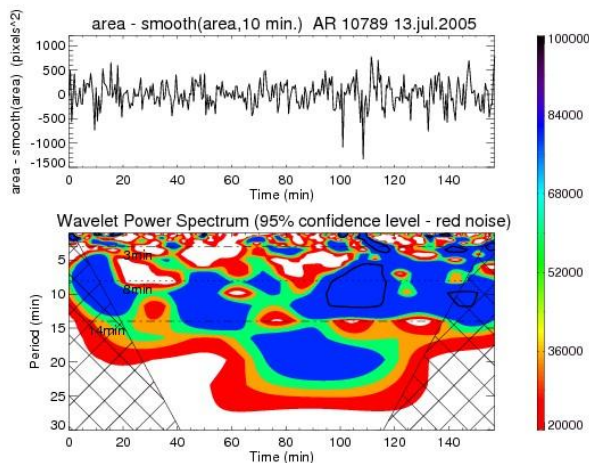
#### 4. VÝSLEDKY

Plochy skúmanej škvŕny AR10789 sa ku koncu časového radu zmenšujú v G páse aj v krídle čiary CaII H (obr.1). Na obrázku č.2 vidíme vlnkovú analýzu časového radu v G páse a na obrázku č.3 vlnkovú analýzu v krídle čiary CaII H. V časových radoch bol odstránený trend a už na prvý pohľad je vidieť rozdielny charakter spektra períod vo vlnkovej analýze. Vzhľadom na určité rozdiely vlnkovej analýzy v G páse a v krídle čiary CaII H bola skúmaná koherencia medzi oboma časovými radmi. Výsledok vidíme na obr.4. Hrubá čiara označuje hladinu 95% spoľahlivosti pri červenom šume (red noise). Krátke šípky označujú fázový uhol.

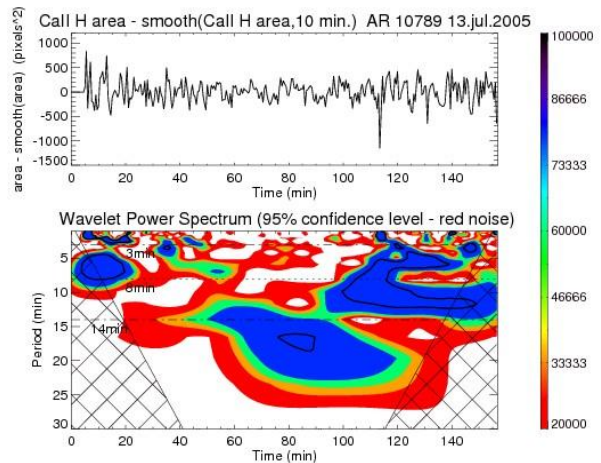
Plochy skúmanej škvŕny AR10910 boli takmer stacionárne obrázok č.6. Na obrázku č.7 vidíme vlnkovú analýzu časového radu v G páse a na obrázku č.8 vlnkovú analýzu v čiare CaII H. Koherencia medzi oboma radmi aktívnej oblasti 10910 je na obrázku č.9.



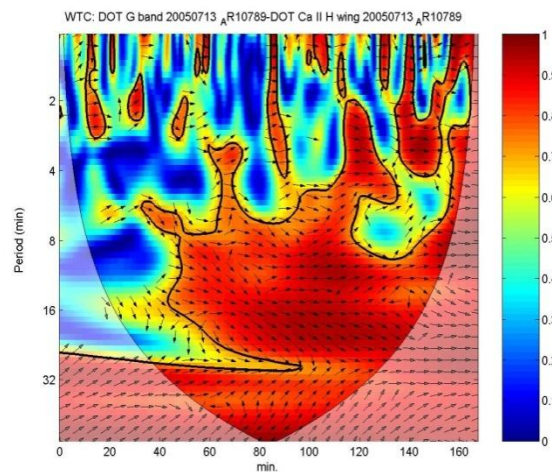
**Obr.1** Plochy skúmanej škvŕny NOAA 10789 na prahovej hodnote 0.4



**Obr.2** Vlnková analýza časového radu NOAA 10789 v G páse



**Obr.3** Vlnková analýza časového radu NOAA 10789 v krídle čiary CaII H

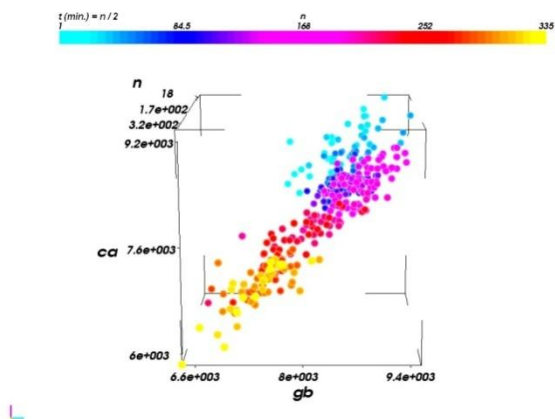


**Obr.4** Fázová koherencia časových radov NOAA10789 (G band – krídlo CaII H), šípka smerujúca vpravo označuje fázový uhol 0 stupňov, dolu 90°, vľavo 180°, nahor 270°.

#### 5. DISKUSIA A ZÁVER

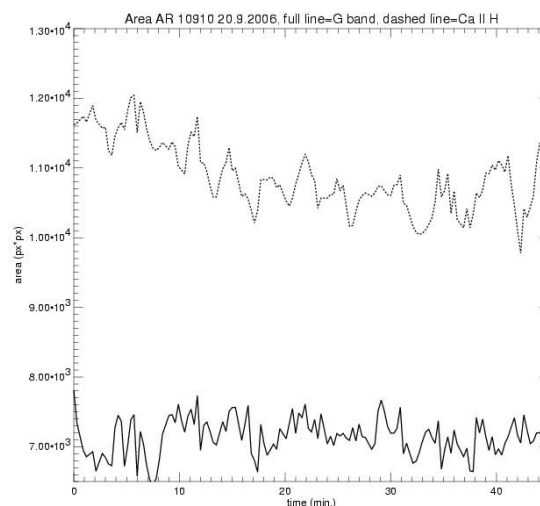
Výsledky analýzy ukazujú, že v G páse sú periódy 3, 7 (5-10), 9 (8-13), 11 (6-13), 11 (9-13), a 20 minút pre 90% hladinu spoľahlivosti (biely šum), Dorotovič et al.2009. Pre 95% hladinu spoľahlivosti (červený šum) sú periódy nasledovné: 3, 7 (5-10), 9 (8-13), 11 (6-13) minút, obr.2. V krídle čiary CaII H pre 95% hladinu spoľahlivosti (červený šum) sa vyskytujú periódy: 3, 7 (4-8), 11 (4-13), 17 (16-18) minút, obr.3. Rozloženie períod v čase je pri G páse a krídle CaII H čiary rozličné. Koherencia oboch časových radov na začiatku je významná iba na perióde 32 minút (0,52 mHz), sporadická koherencia do 40 minút od začiatku pozorovania je na perióde 2 minúty (8,3 mHz) a 6 minút (2,77 mHz). Od 40 minút po začiatku nastáva koherencia v intervale 7 – 16 minút (2,38 – 1,04 mHz), od 80 minút v intervale 6 – 24 minút (2,77 – 0,69 mHz), od 100 minút v intervale 5 – 64 minút (3,33 – 0,26 mHz). K úplnej koherencii v skúmanom intervale períod

dochádza až po 156 minút od začiatku (10 minút pred koncom časových radov). Ako je vidieť z obrázku č.4 nie vždy je fázový uhol  $0^\circ$ . Porovnaním výsledkov (obr.1 a obr.4) môžeme konštatovať, že ku koherencii oboch radov na väčšine skúmaných periód dochádza pri celkovom poklese plôch 100 minút od začiatku a k úplnej koherencii tesne pred koncom časových radov, kedy celková plocha v G páse a v krídle čiary CaII H klesla o približne 20%. Škvrna je na konci pozorovania kompaktnejšia. Určitý náhľad na situáciu nám dáva aj trojrozmerný graf (obr.5). Čo sa týka koherencie v G páse a čiary Ca II H v aktívnej oblasti 10910 je vidieť, že je významná iba v určitých frekvenčno- časových oblastiach. Na periódach nad 3 minúty, je to iba na perióde 9 minút. Vzhľadom na relatívne krátke časové rady z aktívnej oblasti 10910 nebolo možné skúmať koherenciu pre periódy väčšie ako 16 minút. Analýza v oboch skúmaných aktívnych oblastiach dáva určité indicie o tom, že smerom od fotosféry do chromosféry sa koherencia oscilácií stráca.

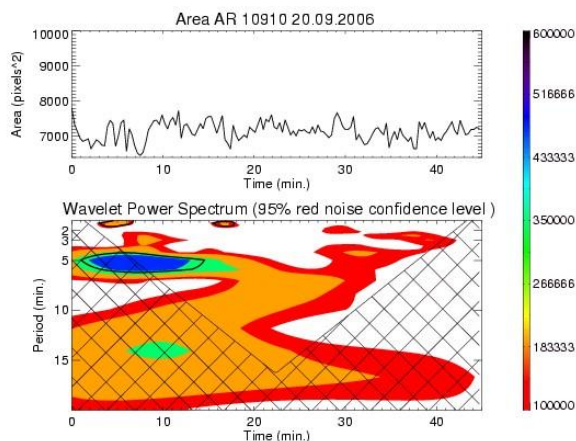


**Obr.5** Trojrozmerný graf vývoja plochy v G páse a v krídle čiary CaII H. Farebne je označený časový priebeh.

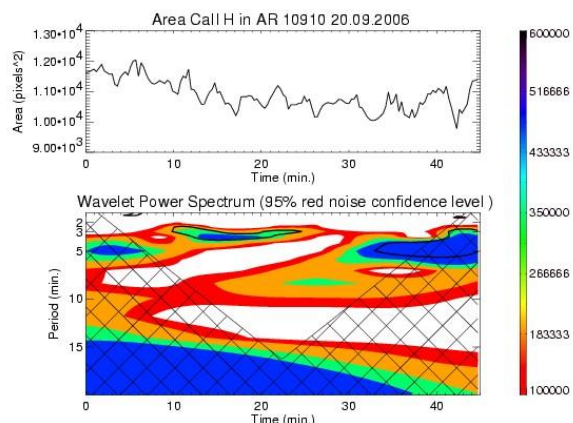
Animácia časového vývoja škvorny NOAA 10789 v G páse je prístupná v elektronickej verzii dokumentu (NOAA\_10789.gif). Prahová hladina 0,4 je hranica medzi umbrou a penumbrou.



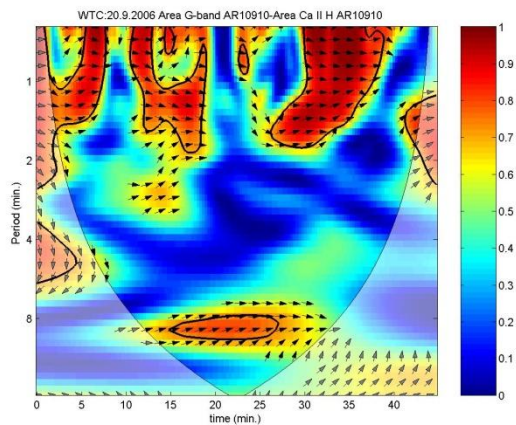
**Obr.6** Plochy skúmanej škvorny NOAA 10910 na prahovej hodnote 0.4



**Obr.7** Vlnková analýza časového radu NOAA10910 v G páse .



**Obr.8** Vlnková analýza časového radu NOAA10910 v čiare CaII H



**Obr.9 Fázová koherencia časových radov NOAA 10910 (G band – CaII H), šípka smerujúca vpravo označuje fázový uhol 0 stupňov, dolu 90°, vľavo 180°, nahor 270°.**

### **Pod'akovanie**

Výpočty boli urobené za použitia modifikovaných programov algoritmov vlnkovej transformácie, originál ktorých bol vyvinutý C.Torrence a G.Compo (Wavelet software was provided by C.Torrence a G.Compo, and is available at URL:

<http://paos.colorado.edu/research/wavelets/>)

v programovacom jazyku IDL.

Pod'akovanie patrí aj Aslakovi Grinstedovi za software vyvinutý na krížovú vlnkovú transformáciu a vlnkovú koherenciu v programovacom prostredí MatLab (2002-2004).

<http://www.pol.ac.uk/home/research/waveletcoherence/download.html>

(Crosswavelet and wavelet coherence software were provided by A.Grinsted)

### **LITERATÚRA**

Beck C., Schmidt W., Rezaei R. and Rammacher W., 2008  
Astronomy&Astrophysics (2008), Vol.479, No.1, p.218

Dorotovič I., Erdélyi R., Karlovský V., Márquez Rodriguez I., 2009  
[www.jenam2009.eu](http://www.jenam2009.eu), Book of Abstracts, s.170, kod.C-P05

Grinsted A., Moore J.C., and Jevrejeva S., 2004, Nonlinear Processes in Geophysics (2004) 11: 561-566

Maraun D. and Kurths J., 2004 Nonlinear Processes in Geophysics (2004), 11: 505-514

Torrence C., Compo G.P., 1998 Bulletin of the American Meteorological Society, 79, 61