

Analýza slnečných erupcií z 27. 3 a 3. 4. 2017

Ján Karlovský, Hvezdáreň a planetárium M.R.Štefánika Hlohovec, jan.karlovsky@gmail.com
Vladimír Karlovský, Hvezdáreň a planetárium M.R.Štefánika Hlohovec, astrokar@gmail.com

Abstrakt

V príspevku sú analyzované slnečné erupcie zo dňa 27. marca, a 3. apríla pozorované v čiare H alfa.

1. ÚVOD

Erupcie boli pozorované prístrojmi: H alfa LUNT - LS60THa kompletný slnečný ďalekohľad s 60 mm apertúrou a 500 mm ohniskovou vzdialenosťou, Filter B 1200 - priepustnosť < 0.75 Angstrom, možnosť pozorovania erupcií a filamentov na disku Slnka a pozorovanie protuberancií na okraji disku Slnka. Ďalej bola použitá CCD kamera G1-2000 (CCD chip: ICX274AL) výrobca: Moravské přístroje a.s. <http://www.mii.cz>.



Obr.1 H alfa LUNT - LS60THa kompletný slnečný ďalekohľad



Obr.2 CCD kamera G1-2000 (CCD chip: ICX274AL) výrobca: Moravské přístroje a.s. <http://www.mii.cz>

2. METÓDY

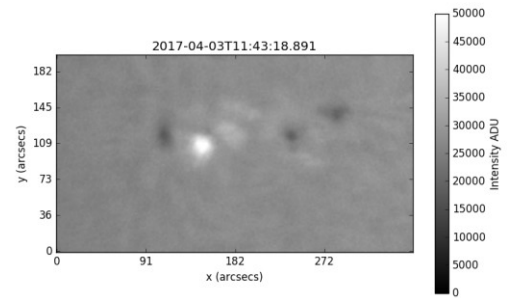
Erupcie boli snímané pomocou softwaru ku CCD kamere - SIPS (Scientific Image Processing System). Kadencia snímok fits bola 2 sekundy. Analýza priebehu erupcií, plochy a intenzity signálu bola zisťovaná pomocou programu Slnečná fotometria (autor: Ján Karlovský, 2017) v programovacom jazyku Python.

Na ďalšie analýzy variability bol použitý pôvodný software pre fourierovskú analýzu v programovacom prostredí IDL a tiež pre metódu EEMD kód, ktorý vyvinul Zhaohua Wu v roku 2009. Algoritmus metódy EEMD bol použitý v programovacom prostredí MatLab. Vlastný algoritmus je uverejnený na webovej stránke: http://rcada.ncu.edu.tw/research1_clip_program.htm

Tiež bol použitý program vlnkovej transformácie pre analýzu variability intenzity erupcií (Torrence a Compo, 1998).

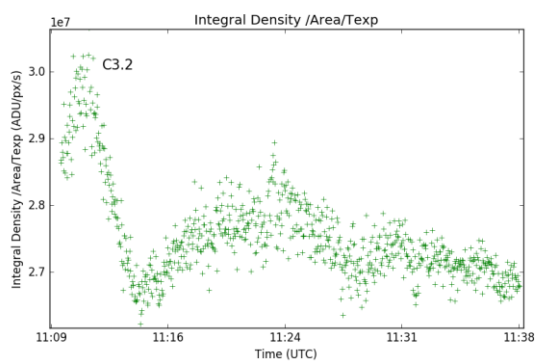
3. LOKALIZÁCIA ERUPCIÍ

Lokalizácia jednotlivých erupcií je nasledovná. Erupcia z 27.marca 2017 C3.2 (GOES15). Erupcia vznikla v aktívnej oblasti NOAA 12645 na pozícii S 07 E 63. Podľa GOES15 jej začiatok je o 11:07 UT maximum o 11:12 UT, koniec o 11:18 UT. Erupcia z 3.apríla 2017 C2.6 (GOES15). Vznikla v aktívnej oblasti NOAA 12645 so začiatkom o 11:40 UT, jej maximum bolo o 11:43 UT a koniec o 11:45 UT

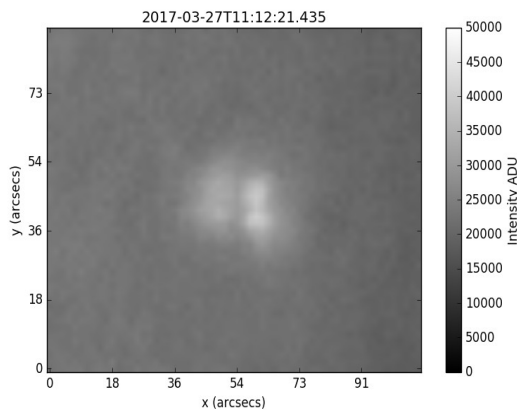


Obr.4 Erupcia 3.apríla 2017 v H alfa.

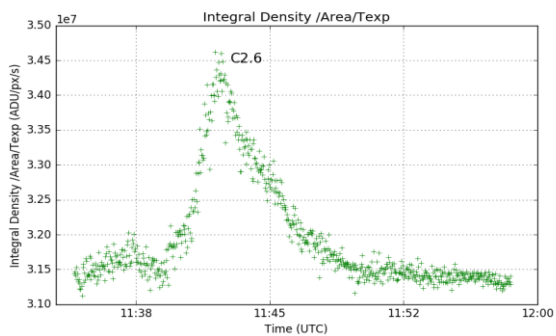
4. PRIEBEH JEDNOTLIVÝCH ERUPCIÍ



Obr.1 Priebek erupcie z 27.marca 2017.

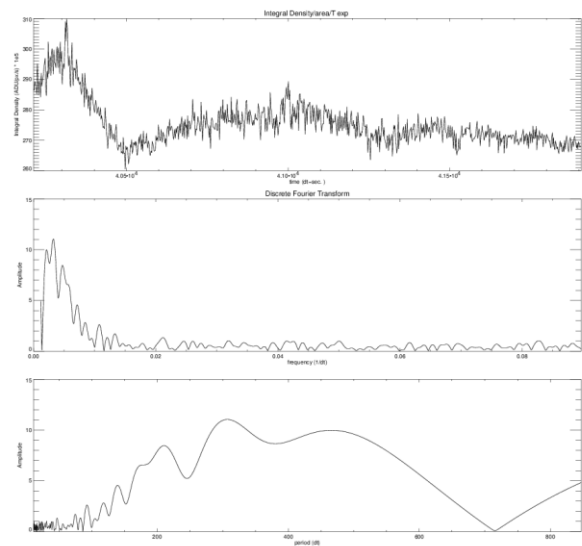


Obr.2 Erupcia 27.marca 2017 v H alfa.

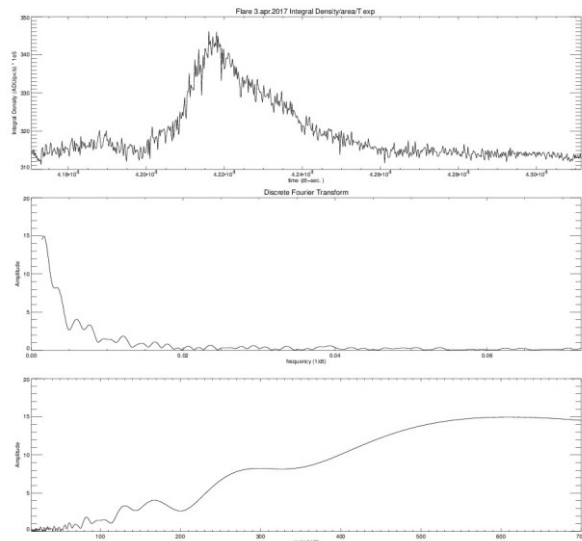


Obr.3 Priebek erupcie z 3.apríla 2017.

5. FOURIEROVSKÁ ANALÝZA



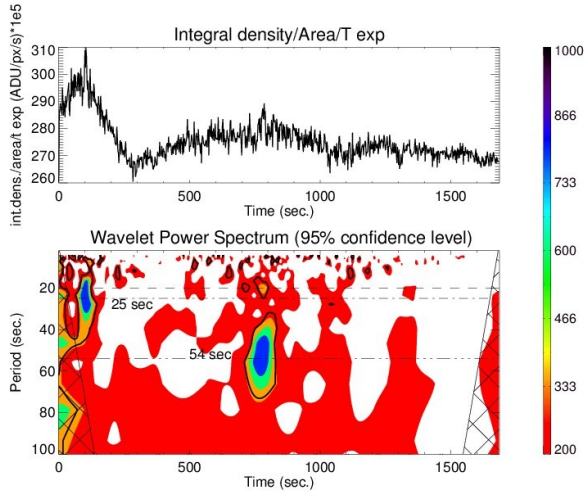
Obr.5 Výsledok fourierovskej analýzy priebehu erupcie z 27.marca 2017.



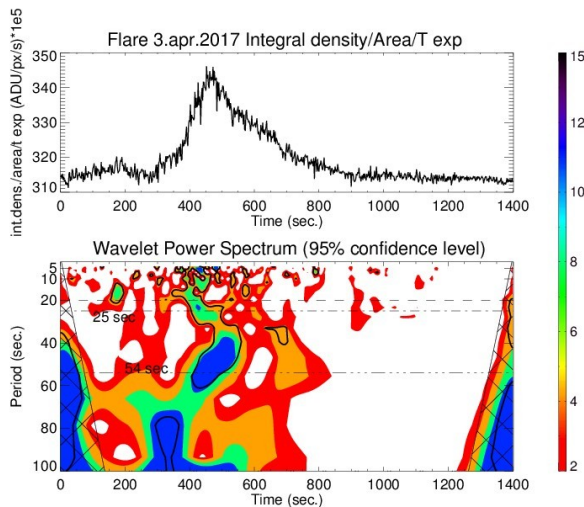
Obr.6 Výsledok fourierovskej analýzy priebehu erupcie z 3.apríla 2017

6. VLNKOVÁ ANALÝZA

Výpočty variability priebehu erupcií boli urobené aj za použitia modifikovaných programov algoritmov vlnkovej transformácie, originál ktorých bol vyvinutý Torencom a Compom (1998). Výkonové spektrum je počítané pre GWS šum.



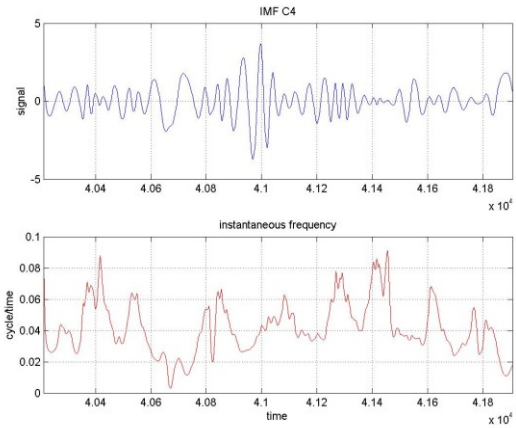
Obr.7 Výkonové spektrum vlnkovej transformácie erupcie z 27.marca 2017



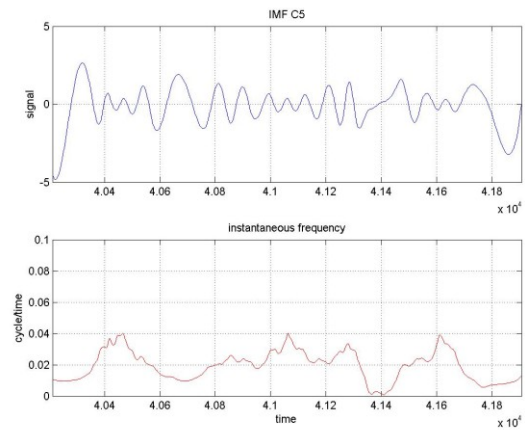
Obr.8 Výkonové spektrum vlnkovej transformácie erupcie z 3.apríla 2017

7. ANALÝZA METÓDOU EEMD

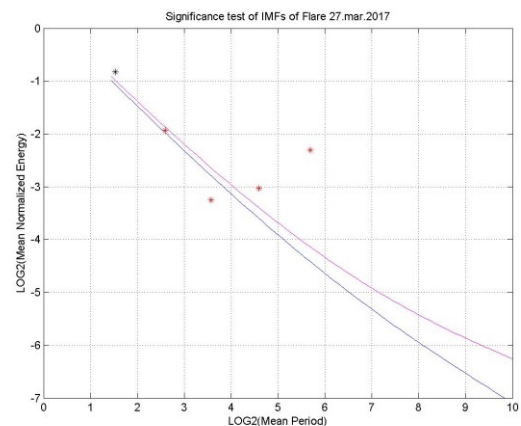
Použili sme metódu EEMD, podobne ako Bradley L. Barnhart B.L. a Eichinger W.E. (2011), ktorá umožňuje analyzovať nelineárne a nestacionárne dáta a dáta nemusia byť robustné. Použitie tejto metódy je podrobne popísané v prácach autorov: Huang, N. E. , Z. Shen, and S. R. Long, M. C. Wu, E. H. Shih, Q. Zheng, C. C. Tung, and H. H. Liu (1998), Huang, N. E. (2003), Kolotkov D.Y., Broomhall A.-M., Nakariakov V.M. 2015 , Torres M. E., Colominas M. A., Schlotthaeuer G., Flandrin P. (2011).



Obr.9 IMF C4 erupcie z 27.marca 2017

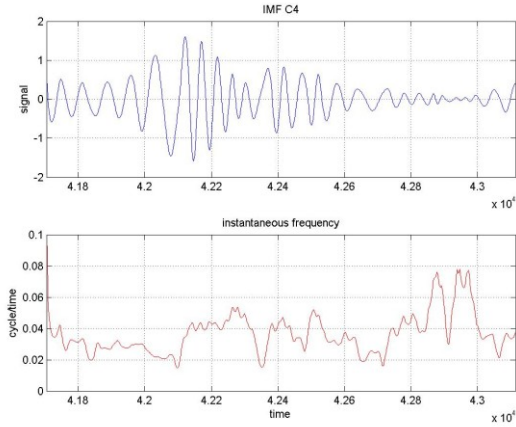


Obr.10 IMF C5 erupcie z 27.marca 2017

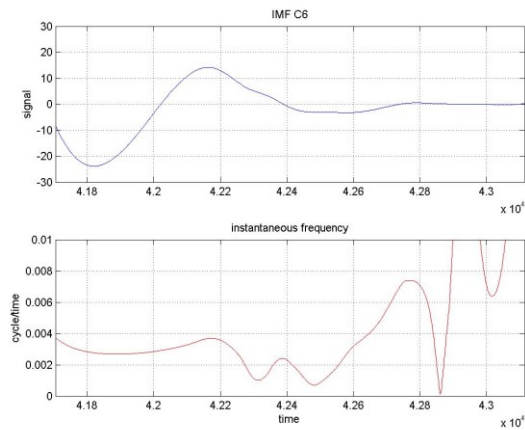


Obr.11 Test významnosti funkcií IMF pre erupciu z 27.marca 2017

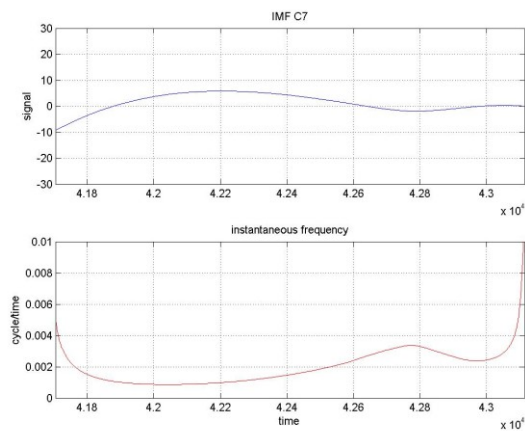
Metóda empirickej modálnej dekompozície ukazuje pri erupcii z 27.marca 2017 na periódy 24 sekúnd a 52 sekúnd . Významosť jednotlivých modálnych funkcií je na obrázku č.11



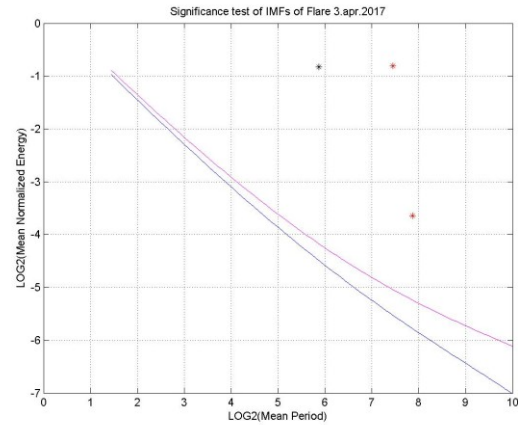
Obr.12 IMF C4 erupcie z 3.apríla 2017



Obr.13 IMF C6 erupcie z 3.apríla 2017



Obr.14 IMF C7 erupcie z 3.apríla 2017



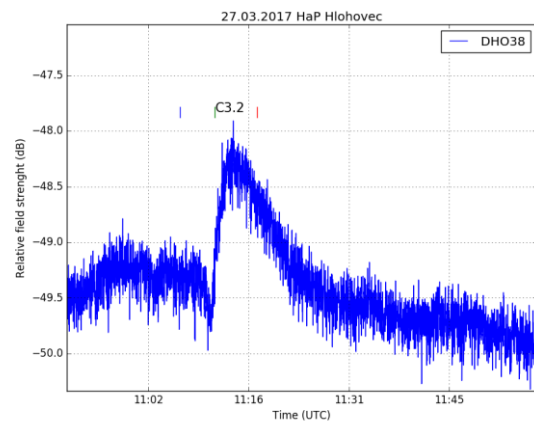
Obr.15 Test významnosti funkcií IMF pre erupciu z 3.apríla 2017

Metóda empirickej modálnej dekompozície ukazuje pri erupcii z 3.apríla 2017 na periódy 27, 56, 169 a 222 sekúnd . Významosť jednotlivých modálnych funkcií je na obrázku č.15

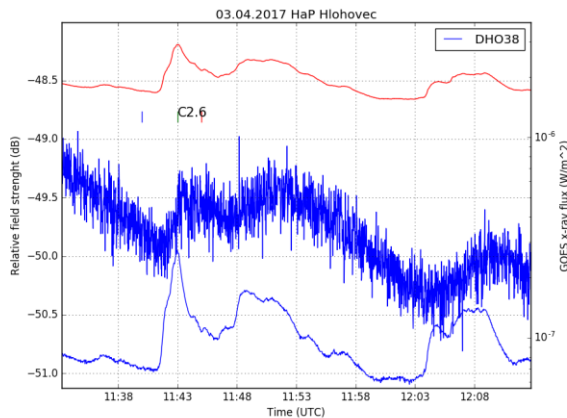
Významnosť jednotlivých modálnych funkcií: Nad červenou krivkou je spoľahlivosť nad 99 %, nad modrou nad 95%.

8. RÁDIOASTRONOMICKÉ POZOROVANIA ERUPCIÍ

Okrem pozorovaní v čiare H alfa sme erupciu pozorovali tiež v rádiovnej oblasti a to nepriamo pomocou našich SID monitorov . Na obrázkoch vidíme reakciu D vrstvy ionosféry na erupcie na frekvencii 23.4 kHz (vysielač DHO38 Rhauderfehn, Nemecko).

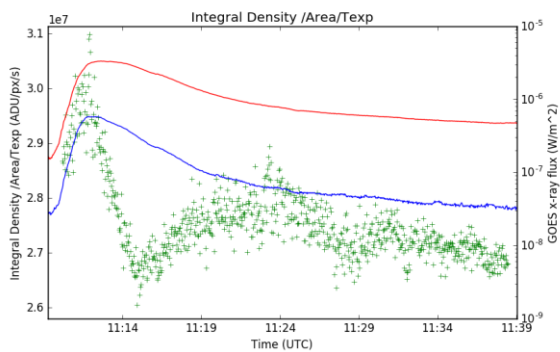


Obr.16 Záznam SID monitoru – erupcia 27.3.2017

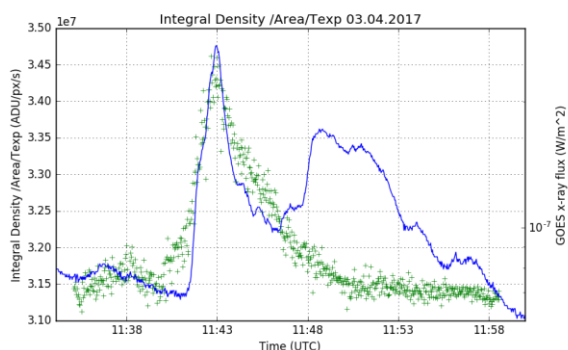


Obr.17 Záznam SID monitoru – erupcia 3.4.2017

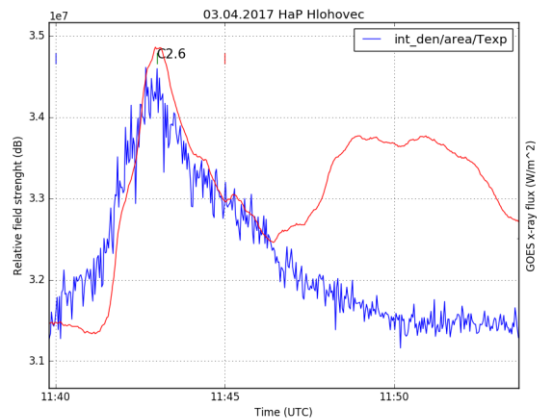
Na obrázku 17 vidíme aj priebeh X žiarenia zo satelitu GOES 15. Priebeh erupcií v H alfa voči registrácii GOES 15 vidíme na ďalších obrázkoch 18, 19 a 20.



Obr.18 Priebeh erupcie 27.3.2017 v H alfa a tok žiarenia GOES 15 1.0-8.0 Angstrom (červená krivka), a 0.5-4.0 Angstrom (modrá krivka).

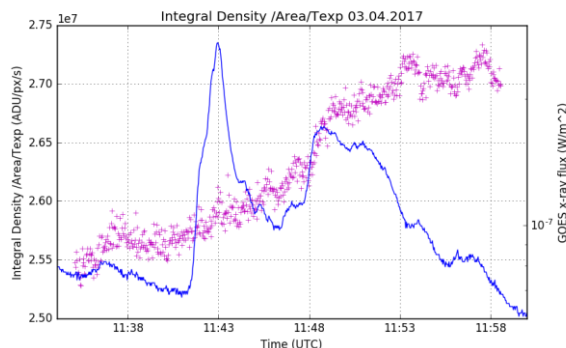


Obr.19 Priebeh erupcie 3.4.2017 v H alfa a tok žiarenia GOES 15 0.5-4.0 Angstrom.



Obr.20 Priebeh erupcie 3.4.2017 v H alfa a tok žiarenia GOES 15 1.0-8.0 Angstrom.

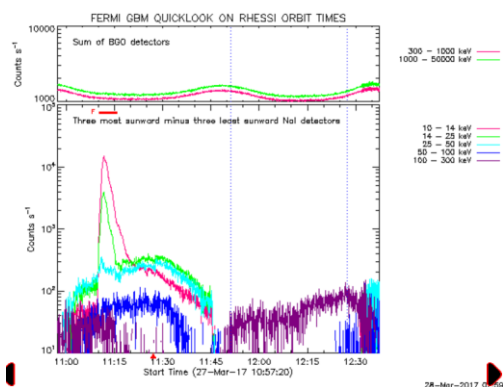
Na obrázkoch 19 a 20, erupcie z 3.4.2017 vidíme dve maximá v toku 0.5-4.0 Angstrom a 1.0-8.0 Angstrom. Je to spôsobené tým, že GOES 15 registruje žiarenie celého Slnka a naše meranie v H alfa je osobitne v aktívnej oblasti NOAA 12645. Druhé maximum žiarenia je spôsobené aktivitou v H alfa v aktívnej oblasti NOAA 12644. Naše meranie v H alfa oblasti NOAA 12644 vidíme na obrázku 21.



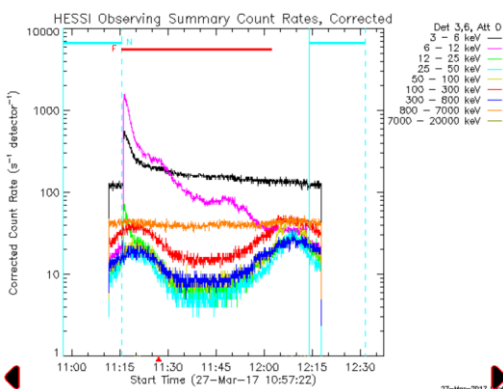
Obr.21 Priebeh merania aktívnej oblasti NOAA 12644 v H alfa a tok žiarenia 0.5-4.0 Angstrom zo satelitu GOES 15.

9. ĎALŠIE POZOROVANIA ERUPCIE

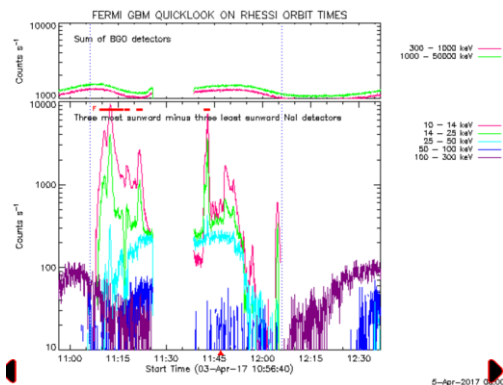
Erupcie boli pozorované aj družicou FERMI, či RHESSI. Registráciu vidíme na obrázkoch 22, 23, 24 a 25.



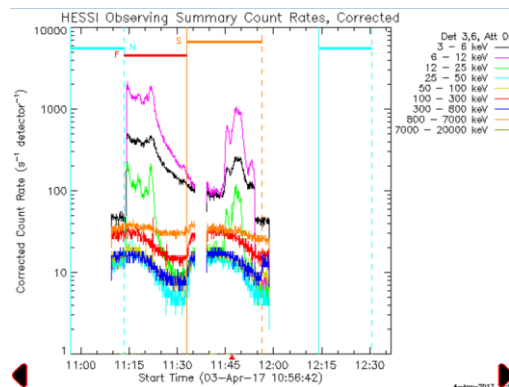
Obr.22 Registrácia erupcie z 27.3.2017 - FERMI



Obr.23 Registrácia erupcie z 27.3.2017 - RHESSI



Obr.24 Registrácia erupcie z 3.4.2017 - FERMI



Obr.25 Registrácia erupcie z 3.4.2017 - RHESSI

10. DISKUSIA A ZÁVER

Celková plocha a tiež intenzita erupcií oscillovala. Našli sme tieto periódy :

Pre erupciu z 27.marca 2017, sú to periódy 24 a 52 sekúnd (EEMD) a 20 a 54 sekúnd (wavelet). Ale tiež aj 20, 48, 200 a 300 sekúnd (fourier).

Pre erupciu z 3. apríla 2017, sú to periódy 27, 56, 169 a 222 sekúnd (EEMD) a 18, 25, 53 sekúnd (wavelet). Ale tiež 82,130,170 a 280 sekúnd (fourier). Periody pri týchto erupciách pravdepodobne súvisia jednak so zmenou intenzity jadra erupcie, ale aj s prelievaním aktivity medzi ďalšími časťami erupcie.

Pod'akovanie

Pod'akovanie patrí Zhaohua Wu. Výpočty boli urobené za použitia algoritmov metódy EEMD, originál ktorých bol vyvinutý Zhaohua Wu v roku 2009 v programovacom jazyku MatLab.

Výpočty variability boli urobené aj 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.

LITERATÚRA

Barnhart, B. L. a Eichinger, W. E.. 2011, Analysis of Sunspot Variability Using the Hilbert –Huang Transform, *Solar Phys.* **269**: 439–449

Huang, N. E. , Z. Shen, and S. R. Long, M. C. Wu, E. H. Shih, Q. Zheng, C. C. Tung, and H. H. Liu, 1998: The empirical mode decomposition method and the Hilbert spectrum for non-stationary time series analysis, *Proc. Roy. Soc. London*, **454A**,903-995.

Huang, N. E., 2003: Empirical Mode decomposition for analyzing acoustic signal, US Patent 10-073857, August, 2003, Pending.

Karlovský J., 2017 . Program Slnčná fotometria (in Python).

Kolotkov D.Y., Broomhall A.-M., Nakariakov V.M. 2015 Hilbert-Huang transform analysis of periodicities in the last two solar activity cycles., *MNRAS*, 451, 4360-4367

Torres M. E., Colominas M. A., Schlotthauer G., Flandrin P., 2011. A complete Ensemble Empirical Mode decomposition with adaptive noise. *IEEE Int. Conf. on Acoust., Speech and Signal Proc. ICASSP-11*, Prague. 4144-4147.

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

Wu, Z., and N. E Huang (2008), Ensemble Empirical Mode Decomposition: a noise-assisted data analysis method. *Advances in Adaptive Data Analysis*. Vol.1, No.1. 1-41.