

# Vybrané slnečné rádiové vzplanutia v rokoch 2016 - 2017 registrované rádiovými spektrometrami v Hurbanove a v Hlohovci

*I. Dorotovič, Slovenská ústredná hviezdáreň, Hurbanovo, ivan.dorotovic @suh.sk  
J. Karlovský, Hviezdáreň a planetárium M. R. Štefánika Hlohovec, jan.karlovsky @gmail.com  
V. Karlovský, Hviezdáreň a planetárium M. R. Štefánika Hlohovec, astrokar @gmail.com*

## Abstrakt

Tento príspevok prezentuje charakteristiky vybraných slnečných rádiových vzplanutí v rokoch 2016 – 2017, ktoré boli registrované pomocou rádiových spektrometrov inštalovaných v dvoch slovenských hviezdárňach. Jeden spektrometer CALLISTO, ktorý poskytol C. Monstein z ETH (Zürich, Švajčiarsko) v rámci siete ISWI e-Callisto (<http://www.e-callisto.org/>) je nainštalovaný v SÚH Hurbanovo. Slnečný rádiový spektrometer, ktorý zostavil J. Karlovský (<http://www.karlovsky.info/sid/rtl/>), bol inštalovaný v Hlohovci. V niekoľkých prípadoch boli vykonané merania rýchlosti zmeny frekvencie rádiového žiarenia, z čoho možno odhadnúť rýchlosť pohybu nabitých častíc. Diskutovaný je tiež dopad rádiových vzplanutí na kozmické počasie.

## 1. ÚVOD

Slnečná aktivita je často sprevádzaná rádiovými vzplanutiami (SRV) rôzneho typu (Wild a kol, 1950). SRV môžu byť typu I, II, III, IV, V, VI alebo krátkodobé (s trvaním menej ako 1 sekunda) typu S. Rádiové žiarenie pochádza zvyčajne z procesov urýchlenia elektricky nabitých častíc pochádzajúcich zo slnečných erupcií a následných výtryskov koronálnej hmoty (coronal mass ejections – CME). Prehľad aktuálnych teoretických poznatkov a údajov z pozorovaní SRV typu II a ich dôsledkov na vývoj kozmického počasia prezentovali napr. Cairns a kol. (2003). Erupcie, pri ktorých sa uvoľňuje röntgenové alebo extrémne ultrafialové (EUV) žiarenie, sú často spojené s rádiovým žiarením typu III. Miteva, Samwel a Krupar (2017) publikovali štatistickú štúdiu o pozorovaných emisiách SRV súvisiacich so zvýšeným tokom slnečných energetických častíc (solar energetic particles – SEPs), t. j. komplexnú analýzu SRV typu II, III a IV súvisiacich s erupciami produkujúcimi protóny a s CME počas obdobia 1996 - 2016. Charakteristiky SRV typu III a typu S skúmali napr. Morosan a Gallagher (2018).

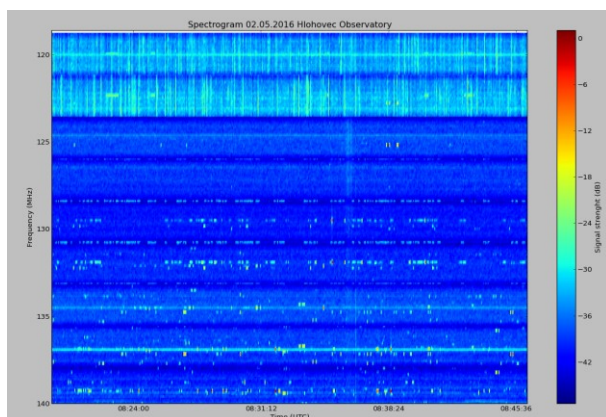
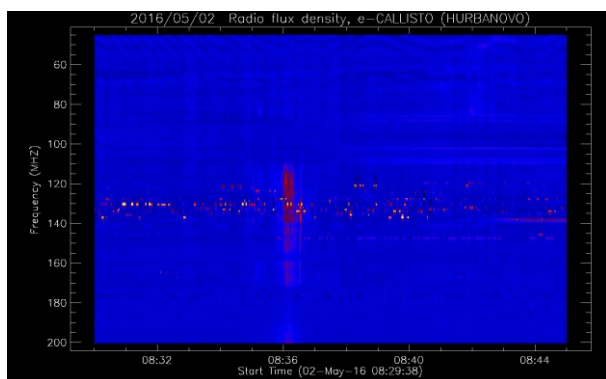
Slnečný rádiový spektrometer CALLISTO inštalovaný v decembri 2011 v SÚH Hurbanovo bol opísaný v prácach Dorotovič a Pintér (2012, 2014) a v práci Dorotovič, J. Karlovský a V. Karlovský (2016). Podrobné informácie o spektrometri a o medzi-

národnej pozorovateľskej sieti e-CALLISTO možno nájsť na nasledovných internetovej adrese: <http://www.e-callisto.org/>. Aktuálne spektrogramy z celosvetovej siete ISWI e-CALLISTO možno nájsť na adrese: <http://soleil.i4ds.ch/solarradio/callistoQuicklooks/>. Ďalší veľmi jednoduchý a lacný slnečný rádiový spektrometer bol inštalovaný koncom roka 2013 vo Hviezdárni a planetáriu M. R. Štefánika v Hlohovci. Zostavil ho J. Karlovský pomocou log-periodickej antény a softvérového definovaného rádiového prijímača RTL-SDR. Podrobnosti o tomto spektrometri možno nájsť v práci Dorotovič, J. Karlovský a V. Karlovský (2016).

## 2. VYBRANÉ SLNEČNÉ RÁDIOVÉ VZPLANUTIA (2016 – 2017)

V tejto časti uvádzame rádiové spektrogramy a s tým súvisiace charakteristiky pre štyri vybrané SRV.

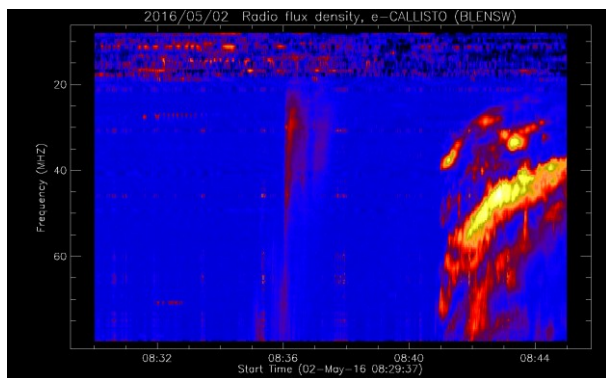
## 2.1. SRV 2. 5. 2016



**Obrázok 1.** Dynamické spektrum rádiového vzplanutia typu V/2 registrovaného v hurbanovskej hviezdárni (horný obrázok) a v hlohoveckej hviezdárni (dolný obrázok) 2. mája 2016 o 8:36 UT.

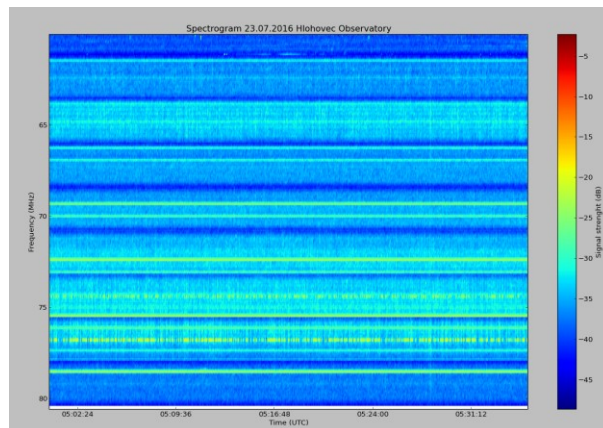
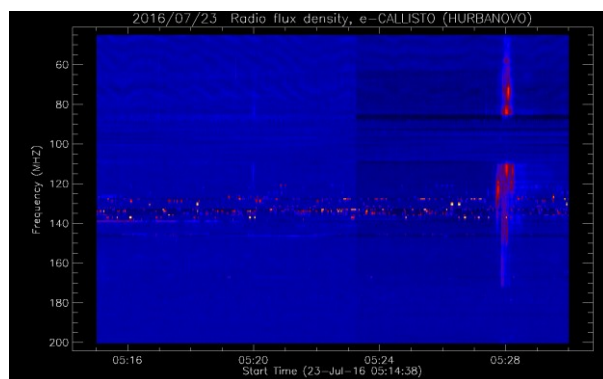
Toto SRV mohlo súvisieť s erupciou typu C3.5, ktorá bola zaznamenaná 2. 5. 2016 od 8:32 do 8:47 UT (s maximom o 8:42 UT).

Pomocou spektrometra pripojeného na 7-metrový rádiateleskop (ETH, Bleien, Švajčiarsko) sa získava dynamické spektrum, v ktorom možno skúmať jemnú štruktúru rádiového vzplanutia (obr. 3).



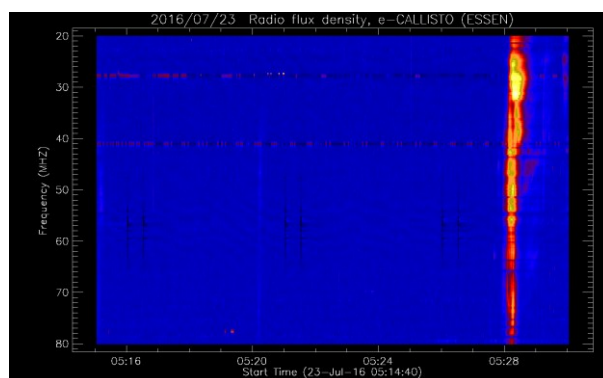
**Obrázok 2.** Dynamické spektrum rádiového vzplanutia typu V/2 a typu II registrovaného s väčším frekvenčným rozlíšením v Bleiene vo Švajčiarsku 2. mája 2016.

## 2.2. SRV 23. 7. 2016

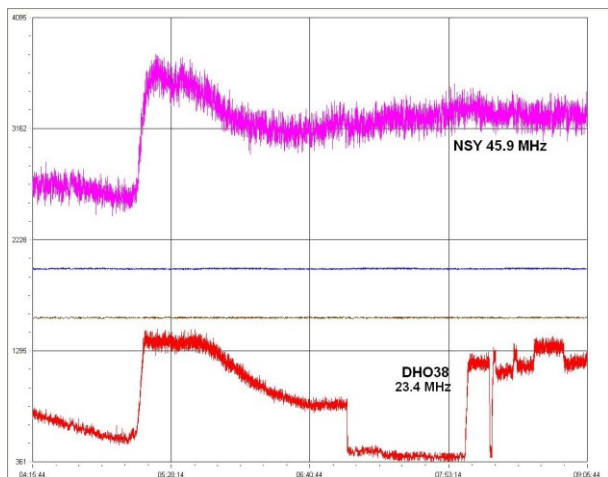


**Obrázok 3.** Dynamické spektrum rádiového vzplanutia typu V/3 registrovaného v hurbanovskej hviezdárni (horný obrázok) a v hlohoveckej hviezdárni (dolný obrázok) 23. júla 2016 o 5:28 UT.

Toto SRV súviselo s erupciou typu M5.5, ktorá bola zaznamenaná 23. 7. 2016 od 5:27 do 5:33 UT (s maximom o 5:31 UT).

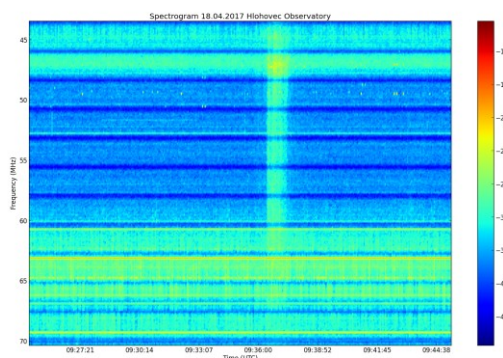
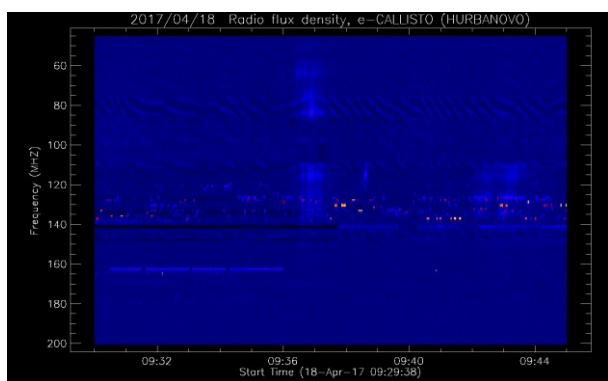


**Obrázok 4.** Spektrometer CALLISTO v Essene (Nemecko) registroval dané SRV s väčším frekvenčným rozlíšením.



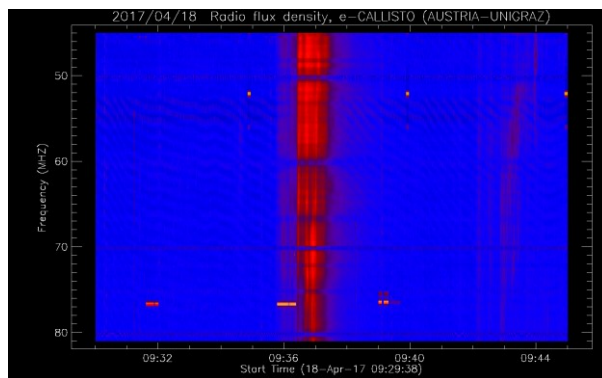
**Obrázok 5.** Registrácia zo SID monitora hlohoveckej hviezdárne na frekvenciách 23,4 kHz (Rauderfehn, Nemecko) a 45,9 kHz (Sicília, Taliansko).

### 2.3. SRV 18. 4. 2017



**Obrázok 6.** Dynamické spektrum rádiového vzplanutia typu V/2 registrovaného v hurbanovskej hviezdárni (horný obrázok) a v hlohoveckej hviezdárni (dolný obrázok) 18. apríla 2017 o 9:36 UT.

Toto SRV súviselo s erupciou typu C2.1, ktorá bola zaznamenaná 18. 4. 2017 od 9:29 do 9:55 UT (s maximom o 9:41 UT).

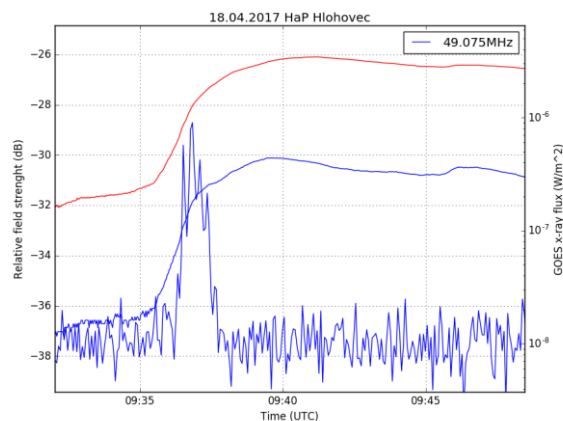


**Obrázok 7.** Spektrometer CALLISTO v Grazi (Rakúsko) registrovalo dané SRV s väčším frekvenčným rozlíšením.

V danom prípade sme sa pokúsili zmerať frekvenčný drift. Pretože na intervale 60 kHz až 600 MHz je daná závislosť (Alvarez 1973)  $df/dt$ :

$$df/dt = -\alpha f^\beta$$

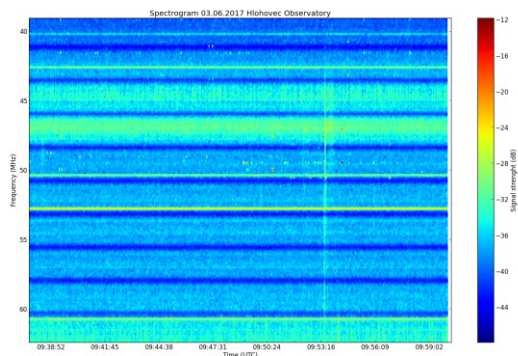
kde  $\alpha = 0,01$   $\beta = 1,84$ , pre frekvenciu  $f = 49,0756$  MHz vychádza drift  $df/dt = 12,91$  MHz. Nami nameraná hodnota je 10,575 MHz. Rýchlosti elektrónov vychádzajú v priemere 0,3 rýchlosti svetla. (Stewart R.T., Australian J.Phys., 18,67,1965)



**Obrázok 8.** Porovnanie priebehu toku röntgenového žiarenia (GOES) a registrácie dynamického spektra na frekvencii 49,075 MHz (Hviezdáreň Hlohovec).

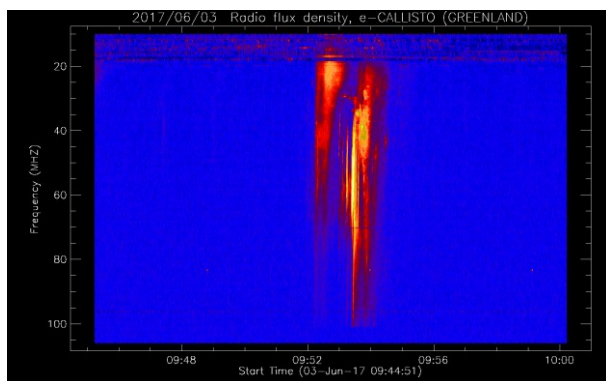


## 2.4. SRV 3. 6. 2017



**Obrázok 9. Dynamické spektrum rádiového vzplanutia typu VI/2 registrovaného v hlohoveckej hviezdárni 3. júna 2017 o 9:53 UT. V hurbanovskej hviezdárni nebolo registrované v tom čase žiadne vzplanutie.**

Toto SRV súviselo s erupciou typu C3.3, ktorá bola zaznamenaná 3. 6. 2017 od 9:37 do 10:05 UT (s maximom o 9:57 UT).



**Obrázok 10. Spektrometer CALLISTO na Grónsku registroval dané SRV s väčším frekvenčným rozlíšením.**

## Pod'akovanie

Jeden z autorov (I. D.) je povďačný C. Monsteinovi z ETH Zürich (Švajčiarsko) za poskytnutie rádiového spektrometra CALLISTO a pomoc pri jeho inštalácii v Hurbanove.

## LITERATÚRA

Alvarez H., Haddock F.T., Solar Phys. 29, 197, 1973

Cairns I. H., Knock S. A., Robinson P. A., Kuncic Z.: 2003, Type II Solar Radio Bursts: Theory and Space Weather Implications, *Space Sci. Rev.*, 107, 27.

Dorotovič I., Pintér T.: 2012, Slniečny rádiový spektrometer CALLISTO v Hurbanove – prvé výsledky, Zborník referátov z 21. celoštátneho slnečného seminára, Stará Turá 2012, I. Dorotovič (ed.), SÚH Hurbanovo, <http://stara.suh.sk/obs/slnsem/21css/28w.pdf>

Dorotovič, I., Pintér, T.: 2014, Solar Radio Spectrometer CALLISTO in Hurbanovo - first results, *Sun and Geosphere*, 9 (2), 105.

Dorotovič I., Karlovský J., Karlovský V.: 2016, Slniečné rádiové spektrometre na Slovensku – správa o stave registrácie slnečných rádiových vzplanutí, Zborník referátov z 23. celoštátneho slnečného seminára, Liptovský Mikuláš 2016, I. Dorotovič (ed.), SÚH Hurbanovo, <http://www.suh.sk/obs/slnsem/23css/41w.pdf>

Miteva R., Samwel S. W., Krupar V.: 2017, Solar energetic particles and radio burst emission, *J. Space Weather Space Clim.* 2017, 7, A37

Morosan D. E. a Gallagher P. T.: 2018, Characteristics of type II radio bursts and solar S bursts, <https://arxiv.org/abs/1802.10460>.

Stewart. R.T. Australian J.Phys. 18, 67, 1965

Wild, J. P., and L. L. McCready. Observations of the Spectrum of High-Intensity Solar Radiation at Metre Wavelengths. I. The Apparatus and Spectral types of Solar Burst Observed. *Aust. J. Sci. Res. A*, 3, 387, 1950.

Wild, J. P. Observations of the Spectrum of High-Intensity Solar Radiation at Metre Wavelengths. II. Outbursts. *Aust. J. Sci. Res. A*, 3, 399, 1950.

Wild, J.P., Observations of the spectrum of high intensity solar radiation at metre wavelengths. III. Isolated bursts, *Aust. J. Sci. Res. A*, 3, 541, 1950.