

Ellermanove bomby – hon za najmenej energetickou bielou erupciou – Rimavská Sobota 22. 4. 2011 – “level 1”

*P. Rapavý, KHaP M. Hella – Hvezdáreň v Rimavskej Sobote, Rimavská Sobota
J. Rybák, Astronomický ústav SAV, Tatranská Lomnica*

Abstrakt

Akú najmenej energetickú erupciu, meranú napríklad tokom röntgenového žiarenia, dokážeme ešte pozemskými prístrojmi pozorovať ako bielu erupciu (Ellermanovu bombu)? A nemáme na mysli len prístroje profesionálnych vedeckých inštitúcií, ale aj d'alekohľady s potrebným vybavením popularizačne zameraných observatórií či amatérov – nadšencov pozorovaní slnecnej aktivity. Príspevok prezentuje nami definovanú úroveň “level 1” – pozorovanie počiatkovej fázy malej erupcie v aktívnej oblasti NOAA 11195, ktoré sa podarilo urobiť v bielom svetle 22. apríla 2011 o 09:34:05,078 UT na Hvezdárni v Rimavskej Sobote. Táto erupcia vrcholila, podľa meraní družice GOES 15, v toku röntgenového žiarenia (1 – 8 Å) o 09:46 UT na úrovni C2.6 no jej prekursoru v čase snímky v bielom svetle zodpovedal tok röntgenového žiarenia len $7 \times 10^{-7} \text{ W/m}^2$ – úroveň B7.0. Aký bude “level 2”?

1. ÚVOD

Nedávne pozorovania vyvrátili zaužívanú predstava, že erupcie pozorované v bielom svetle musia byť nevyhnutne mimoriadne energetické. Vo viacerých prácach boli prezentované pozorovania bielych erupcií klasifikovaných v röntgenovom žiarení ako C1 či C2 (Matthews a kol., 2003; Hudson a kol., 2006; Jess a kol., 2008). Akú najmenej energetickú erupciu dokážeme ešte pozemskými prístrojmi pozorovať ako bielu erupciu či Ellermanovu bombu? Dokážeme dosiahnuť spomínanú úroveň pozorovaní bielych erupcií i pomocou amatérskych prístrojov?

2. POZOROVANIE - LEVEL 1

K príspevku nás motivovali pozorovania vykonané na Hvezdárni v Rimavskej Sobote (RS) 22. apríla 2011 v aktívnej oblasti NOAA 11195 kde boli zaznamenané opakované výrazné zjasnenia malých priestorových rozmerov. Pozorovania boli robené pomocou refraktora 160/2450, ktorý je spolu s ďalšími prístrojmi umiestnený na nemeckej paralaktickej montáži s pohonom AWR (obr. 1.). Ohnisková vzdialenosť je telekonvertorom predĺžená na 4900 mm. Pred objektívom je fotografická fólia Astrosolar (ND = 3,8). V ohnisku je umiestnený filter Baader Solar Continuum s maximom priepustnosti pri 537 nm a s pološírkou pásma ~8 nm. CCD kamera SHT 1.3 je s počítačom prepojená pomocou FireWire kábla a PCI karty (framegrabber Shark), ovládanie je programom Photo4-

Shark4 sample App V4.9. Zorné pole CCD kamery je 4,8 x 6,0', rozlíšenie je 0,28"/px a expozičná doba ~20 ms. Doba ukladania snímok na disk je ~0,24 s čo umožňuje získať kvalitné snímky aj pri relatívne nevhodnom seeingu sekvenčným snímkaním. Súboru sú ukladané vo formáte TIFF (1280x1024 pixelov, 16 bit) a čas [UT] je zaznamenaný v názve súboru.



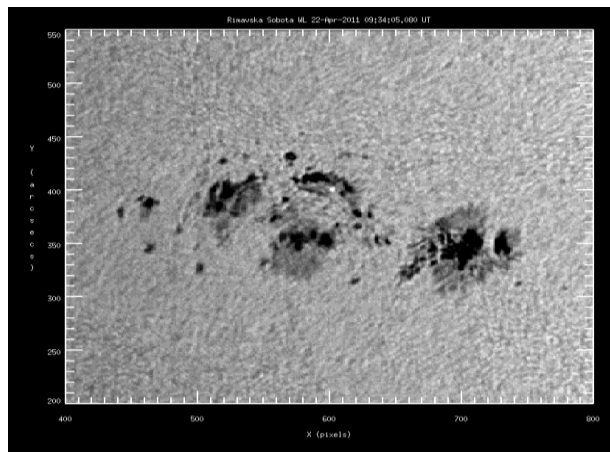
Obr. 1. Okulárová časť d'alekohľadu s detailom filrovej časti.

Základné spracovanie je urobené v programe MSB Astroart 3.0 tak, že od originálnych snímok je odčítaný “flat field”. Experimentálne bolo overené, že pre takéto pozorovania možno zanedbať korekcie o temný tok a bias (Lindišová, 2011). Pre prezentačné účely boli snímky upravené pomocou tzv. “unsharp” masky vhodnej na zvýraznenie detailov fotosférických útvarov a odstránenie veľkorozmerových gradientov. Príklad jednej snímky pre čas 09:34:05,078 UT s výrazným zjasnením so súradnicami (600, 400) pixelov je na obr. 2.

3. POROVNANIE S POZOROVANIAMÍ SDO

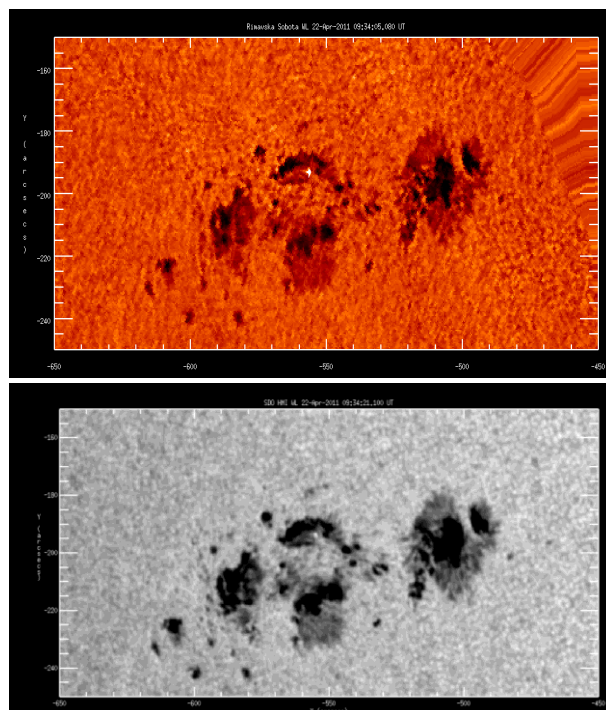
Pre overenie hodnovernosti pozorovaných zjasnení sme použili dostupné merania urobené prístrojmi AIA a HMI na družici SDO. Vybrali sme pre porovnanie len tie snímky, ktoré boli získané v tej istej sekunde ako pozorovanie v RS. Z prístroja AIA sú to snímky získané síce v mierne rozdielnych časoch, ale v rôznych filtroch umožňujúcich sledovať emisie v odlišných teplotných režimoch: filter 1600 nm – fotosféra a prechodová oblasť (5000 ± 10^5 K), filter 304 nm – chromofotosféra a prechodová oblasť (5×10^4 K), filter 171 nm – pokojná koróna a prechodová oblasť ($6,5 \times 10^5$ K). Prístroj AIA v bielom svetle v danom čase nevykonával žiadne pozorovania. Tieto pozorovania boli ale získané prístrojom HMI na tejto družici.

Na obr. 3 a 4 (panel hore) je snímka z RS približne zosúladená s pozorovaniami prístroja a HMI. Bielou farbou sú označené tie pixely RS snímky, ktorých intenzita prekročila úroveň 1,15 normovanej intenzity kontinua pre danú heliografickú vzdialenosť RS snímky. Tieto pixely tvoria oblasť $\sim 1,3'' \times 1,3''$ so súradnicami $(-556'', -194'')$.



Obr. č. 2. Snímka aktívnej oblasti NOAA 11195 získaná 22. apríla 2011 o 09:34:05,078 UT na hviezdárni RS. Výrazné zjasnenie sa nachádza na mieste so súradnicami (600, 400) pixelov.

Na obr. č. 3 a 4 (panel dole) je snímka získaná prístrojom HMI v bielom svetle len 15 sekúnd po exponovaní aktívnej oblasti v RS. Zjasnenie sa i na ňom nachádza a to na tom istom mieste ako na snímke z RS!



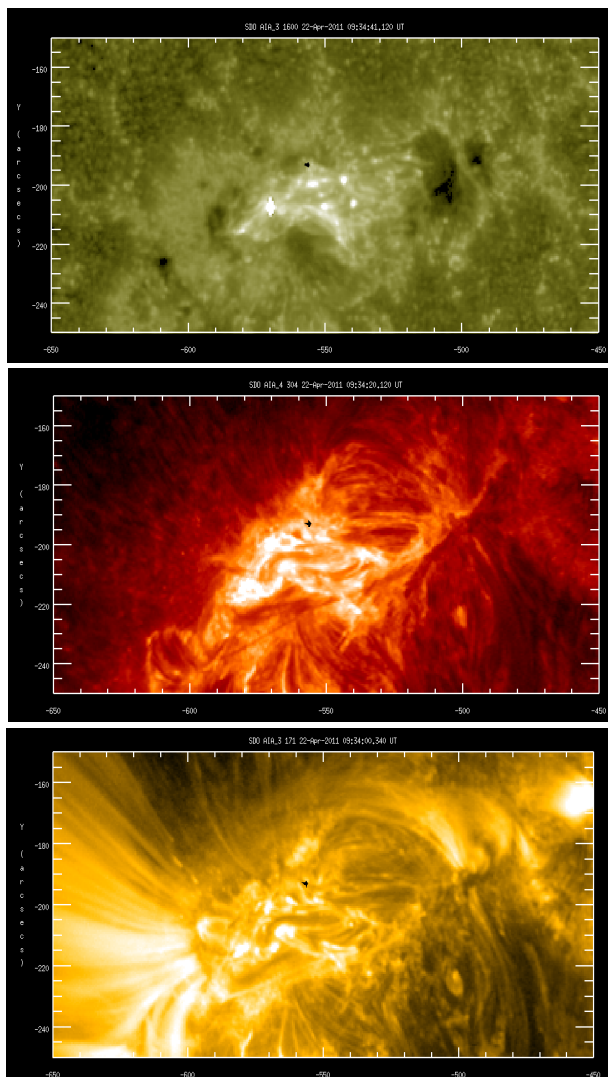
Obr. č. 3 a 4. Snímka aktívnej oblasti NOAA 11195 získaná 22. apríla 2011 o 09:34:05,078 UT na hviezdárni RS (horný panel) a o 09:34:21,100 UT prístrojom HMI (dolný panel). Farebný RS obrázok je tu spracovaný tak aby bola dosiahnutá rovnaká orientácia ako na snímke z prístroja HMI.

Pre porovnanie boli analyzované aj pozorovania v ďalších filtroch: 1600 nm, 304 nm, 171 nm), na obrázkoch je zobrazené rovnaké zorné pole ako výrez snímky z RS v bielom svetle. Pixely označujúce miesta zjasnenie v bielom svetle sú tu zvýraznené čiernou farbou (obr. č. 5 – 7).

Pri spracovaní boli originálne snímky normované na intenzitu v danej heliografickej oblasti a pixely v intenzitou nad 1,15 intenzity kontinua boli označené (oblasť $\sim 1,3 \times 1,3''$).

Porovnaním lokalizácie v jednotlivých filtroch je možné vidieť, že zjasnenie v bielom svetle zodpovedá aj zjasneniu vo všetkých kanáloch AIA, hoci zďaleka nie najintenzívnejším emisiám v týchto teplotných režimoch. Vo filtri 1600 nm je dokonca iné miesto omnoho intenzívnejšie, avšak časový rozdiel medzi touto snímkou a snímkou z RS je až 36 s. V porovnaní s koronálnou emisiou je lokalizácia zjasnenia v bielom svetle v ukotvení nízkej a malej koronálnej slučky.

Vďaka možnosti porovnania snímky z RS a z prístroja HMI v bielom svetle skoro v tom istom čase, ako i zosúladenia dostupných, skoro simultánnych, snímok emisie v teplotných režimoch chromosféry, prechodovej oblasti a koróny dostávame konzistentný obraz potvrdzujúci hodnovernosť merania zjasnenia v bielom svetle na observatóriu v Rimavskej Sobote napriek jeho malému uhlovému rozmeru a horšiemu priestorovému rozlíšeniu.



Obr. č. 5 – 7. Snímky aktívnej oblasti NOAA 11195 získané prístrojmi AIA na družici SDO v tej istej minúte ako pozorovanie v RS. Snímky sú zosúladené a zorné pole je rovnaké. V poradí zhora dolu sú zoradené AIA filter 1600 nm – fotosféra a prechodová oblasť (5000 a 105 K), AIA filter 304 nm – chromofotosféra a prechodová oblasť (5×10^4 K), AIA filter 171 nm – pokojná koróna a prechodová oblasť ($6,5 \times 10^5$ K).

4. SÚVIS S RÖNTGENOVÝM ŽIARENÍM

Porovnanie časového priebehu celodiskového toku röntgenového žiarenia zo Slnka s okamihom snímky z RS ukazuje, že v tomto momente neprebíhal na Slnku žiadny jav, ktorý by sa prejavoval v celodiskovom priemere výraznejším izolovaným lokálnym maximom (obr. č. 8). Najbližším časovo a intenzitne rozlíšeným javom je hneď po momente snímky v bielom svetle začínajúca emisia s trvaním ~ 7 minút viditeľná len v toku žiarenia v intervale $0,5 - 4,0$ Å na úrovni A0, v toku žiarenia v intervale $1,0 - 8,0$ Å je tok len na pozadí $\sim B8$.

Prehľad viacerých snímok z RS z tejto aktívnej oblasti a z tohoto dňa ukazuje opakovaný výskyt takýchto priestorovo malých, ale výrazných zjasnení

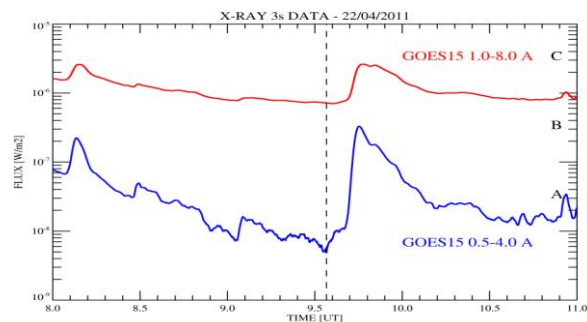
v bielom svetle na rôznych miestach tejto aktívnej oblasti. Získané snímky však neumožňujú analýzu časového vývoja zjasnení v bielom svetle pre porovnanie s časovým priebehom celodiskového toku röntgenového žiarenia Slnka.

5. DISKUSIA A ZÁVER

Porovnaním simultánných snímok v bielom svetle z rôznych prístrojov (RS, SDO/HMI) a na základe súhlasu so zjasneniami v skúmaných emisiách, zaznamenaných takmer simultánne prístrojom AIA, môžeme považovať pozorovanie z RS za hodnoverné. Nech už pozorovanie zjasnenia v bielom svetle nazveme bielou mini-erupciou alebo Ellermanovou bombou (hoci pre toto označenie nemáme potrebné pozorovanie v ďalekom krídle čiary $H\alpha$ 656,3 nm).

Prezretie snímok aktívnej oblasti NOAA 11159 z 22. apríla 2011, urobených opísaným prístrojom, nám dovoľuje vysloviť tvrdenie, že za vhodných pozorovacích podmienok a s pomocou úspešného výberu okamihov s dobrým seeingom je možné aj v našich podmienkach sledovať priestorovo malé zjasnenia v slnečných aktívnych oblastiach. A to aj v prípadoch, keď je tok röntgenového žiarenia Slnka na úrovni pozadia, ktoré je vlastne sumárnym tokom do ktorého prispievajú i emisie z takýchto javov.

Podarí sa niekomu zaznamenať ešte slabšie zjasnenia v bielom svetle a prekonať prezentovaný "level 1"?



Obr. č. 8. Časový priebeh celodiskového toku röntgenového žiarenia zo Slnka v okolí času pozorovaného zjasnenia.

Pod'akovanie

Práca vznikla vďaka projektu grantovej agentúry VEGA 02/0064/09. Tento článok bol vytvorený realizáciou projektu ITMS číslo 26220120029, na základe podpory operačného programu Výskum a vývoj financovaného z Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Autori ďakujú Dr. Jaroslavovi Dudíkovi za upozornenie na možnosť využitia snímok prístroja HMI pre potreby článku.

LITERATÚRA

- Hudson, H. S., Wolfson, C. J., & Metcalf, T. R. 2006, *Sol. Phys.* **234**, 79
 Jess, D.B., Mathioudakis, M., Crockett, P.J., & Keenan, F.P. 2008, *Astrophysical Journal* **688**, L119
 Lindišová, E., 2011, Štúdium slnečnej aktivity (bakalárska práca), Masarykova univerzita, Brno
 Matthews, S. A., van Driel-Gesztelyi, L., Hudson, H. S., & Nitta, N. V. 2003, *Astronomy & Astrophysics* **409**, 1107