

Pozorování erupcí v emisních čarách a jejich zpracování

Libor Lenža¹, Jiří Srba¹, Bára Gregorová^{1,2}, Martina Exnerová¹, Naděžda Lenžová¹,

¹Hvězdárna Valašské Meziříčí, p. o., libor.lenza @astrovm.cz, jsrba @astrovm.cz, mexnerova @astrovm.cz, nlenzova @astrovm.cz

²Ústav teoretické fyziky a astrofyziky, Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita, Brno, gregoba @mail.muni.cz

Abstrakt

Nový observační systém slunečních přehledových i detailních dalekohledů, umožňující pozorování chromosférických erupcí v čarách CaII K a H α včetně monitoringu kontinua, přináší nové možnosti.

Referát představuje základní informace k systému, vybrané ukázky pozorování chromosférických erupcí (včetně základního zpracování obrazových dat) a představuje možnosti jejich dalšího zpracování. Referát také seznamuje s pravidly archivace a přístupu k primárním snímkům a dalším informacím.

1. ÚVOD

Hvězdárna Valašské Meziříčí má v pozorování projevů sluneční aktivity již dlouhou historii. Celkové snímky sluneční fotosféry (fotograficky) jsme začali pořizovat v roce 1957 (Mezinárodní geofyzikální rok). Později (v roce 1970) se přidalo sporadické snímkování protuberancí, (1979) detailů aktivních oblastí ve fotosféře, (1991) pravidelná fotografické pozorování protuberancí a skupin slunečních skvrn a (2001) pravidelné snímkování chromosféry (TV CCD kamery). Od roku 2008 jsme zavedli využívání 16bitových CCD kamer (CCD G1-2000) (1).

2. NOVÝ SYSTÉM PRO POZOROVÁNÍ PROJEVŮ SLUNEČNÍ AKTIVITY

Začátek pozorování erupcí na Hvězdárně Valašské Meziříčí, p. o. se datuje od roku 1998, kdy byly využívány televizní CCD kamery a záznam byl pořizován na videopásku S-VHS, případně přímo do PC. V roce 2008 jsme začali budovat systém pro pozorování projevů sluneční aktivity na základě 16bitových CCD kamer.

K pozorování erupcí jsou využívány následující přístroje, umístěné na společné paralaktické montáži Zeiss VII v kopuli odborného pracoviště:

- chromosférický dalekohled 135/2350 mm, efektivní ohnisko 5170 mm, dalekohled je vybaven H α filtrem DayStar 0,7 Å
- protuberanční koronograf 150/1950 mm, se Šolcovým H α filtrem 656,3 nm s pološífkou 0,5 nm a termostatem – pozorování protuberancí

(ve výstavbě – kamera G2-4000 (2)) – pozorování erupcí na okraji disku, případně erupтивních protuberancí

- vápnickový dalekohled Zeiss 80/1200 mm, vybavený vápnickovým filtrem pro CaII K, LS152TCaKMD vybavený vnitřním filtrem s propustností lepší než 2,4 Å (3)
- refraktor AS 200/3000 mm (helioskopický okulár, neutrální filtr, Solar Continuum, CCD G1-2000) – monitoring případných bílých erupcí

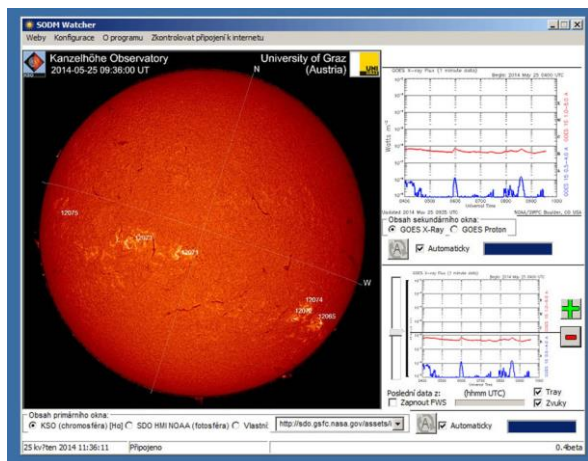
Na pozorovací plošině jsou dále umístěny dva synoptické dalekohledy pro pozorování celého slunečního disku v čáře vodíku H α (656 nm) a vápniku CaII K (393 nm). Oba dalekohledy jsou vybaveny CCD G1-2000.

Kamery jsou ovládány firemním softwarem, data jsou ukládána na počítače a jsou zálohována na externích discích. Kromě snímků jsou pořizovány série snímků pro dark frame a flat field (4). Systém je průběžně modernizován a jsou zohledňovány připomínky pozorovatelů jak z řad pracovníků observatoře, tak hostujících studentů.

Pozorovací technika je používána nejen pracovníky hvězdárny, ale také externími spolupracovníky, studenty a členy neformální „Sluneční skupiny“ při hvězdárně.

Kromě vlastních pozorování se skupina zaměřila na usnadnění a zefektivnění postupu pozorování a sběru potřebných dat, ukládání dat apod. V rámci této oblasti jeden ze studentů (Jáchym Bulek) připravil balík softwaru, který umožňuje zvýšit efektivitu pozorování.

Jedná se zejména o programy *Compressor* – komprimace a ukládání dat, *Collector* – slouží pro efektivní sběr údajů z internetu pro dané pozorování či pozorovací den, *Watcher* – umožňuje on-line sledování sluneční aktivity s využitím dostupných a volitelných zdrojů z internetu se zvukovou signalizací zvýšení toku rentgenového záření z družic GOES.



Obr. č. 1. Ukázka jednoho ze softwarů pro podporu pozorování – systém Watcher (autor Jáchym Bulek).

3. SYSTÉM POZOROVÁNÍ

Základem pozorovacího systému pro pozorování slunečních erupcí je jednoduchý systém SSPS – Synoptický Systém pro Pozorování Slunce, který je umístěn na pozorovací plošině a skládá se ze dvou výše zmíněných dalekohledů. Jejich úkolem je pořizovat celkové snímky Slunce v čarách H α a CaII K v intervalech od několika desítek minut až po 2 snímky za sekundu (v případě výskytu erupce).

Úkolem systému SSPS je zejména:

- erupční patrola ve spolupráci se zdroji na internetu
- pořizování celkových (přehledových) snímků slunečního disku s cílem kvalitně zaznamenat a dokumentovat celkovou morfologii aktivních oblastí na Slunci a jejich rozložení
- sledovat případnou odezvu sluneční atmosféry na erupční procesy
- pozorování filamentů (protuberancí) a jejich časového vývoje v globálním měřítku
- pozorování rozložení a časového vývoje vápníkových pláží (pro dalekohled CaII K)



Obr. č. 2. Pohled na dvojici dalekohledů systému SSPS.

Na systém SSPS pořizující základní přehledová data o sluneční aktivitě ve dvou spektrálních čarách, navazuje několik dalekohledů pro detailní pozorování (přehled viz kapitola 2).

Cílem detailních pozorování projevů sluneční aktivity, zejména erupcí, je získat kvalitní snímky (z hlediska časového, prostorového rozlišení, seeingu aj.) aktivních oblastí a projevů aktivity v nich ve sluneční chromosféře (čára vodíku H α a CaII K) a fotosféře. Důraz je kladen zejména na časové pokrytí pozorování a pokrytí pozorování aktivních projevů simultánními pozorováními všemi přístroji (kontinuum, H α a CaII K) s časovým rozlišením 1-2 snímky za sekundu.

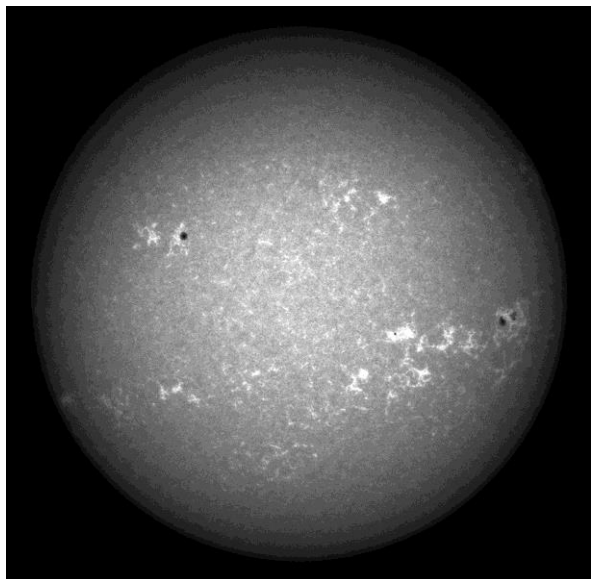
Pozorování provádí jeden až dva pozorovatelé z pozorovacího stanoviště v kopuli. Data jsou ukládána přímo na pevný disk notebooku a odtud nejméně jednou za den přepokopována na přenosný USB flash disk, externí HD nebo přes počítačovou síť k základnímu zpracování. Po zpracování a výběru jsou data nahrávána na dvě nezávislé paměťové jednotky.

4. UKÁZKY POZOROVÁNÍ

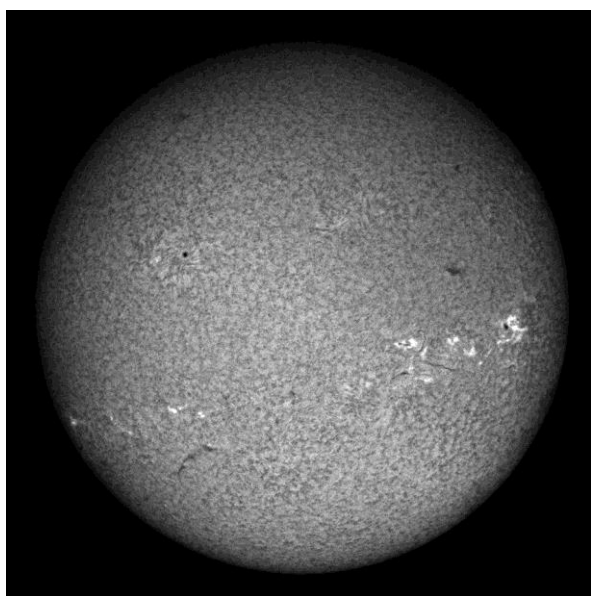
Celý systém jako celek je zatím v ověřovacím provozu, i když některé jeho části již pracují několik let. Jako celek je dokončen teprve v druhé polovině roku 2014.

Naší prioritou je simultánní pozorování slunečních erupcí (bez ohledu na velikost) a na základě těchto pozorování studovat změny intenzity záření v erupcích nejen jako celku, ale také vybraných oblastí ve vazbě na celkovou erupční morfologii aktivní oblasti.

S ohledem na informativní povahu referátu níže přinášíme snímky některých pozorování s cílem ukázat možnosti pozorovacího systému širší odborné veřejnosti a nabídky možné vzájemné spolupráce nejen při pozorování, ale zejména při zpracování, měření a interpretaci pozorování.



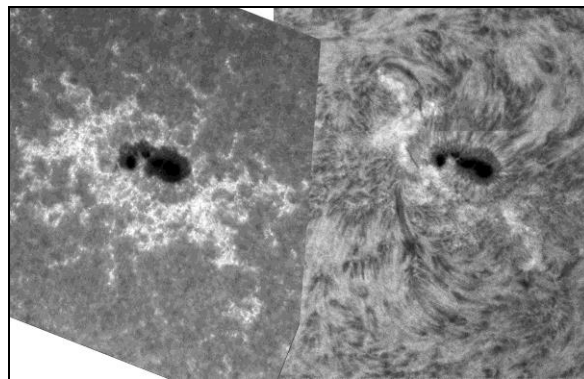
Obr. č. 3. Celkový snímek slunečního disku v čáře CaII K ze dne 27.07.2013 v 10:18:05 UT. Snímek byl kalibrován pouze základním zpracováním (dark, flat).



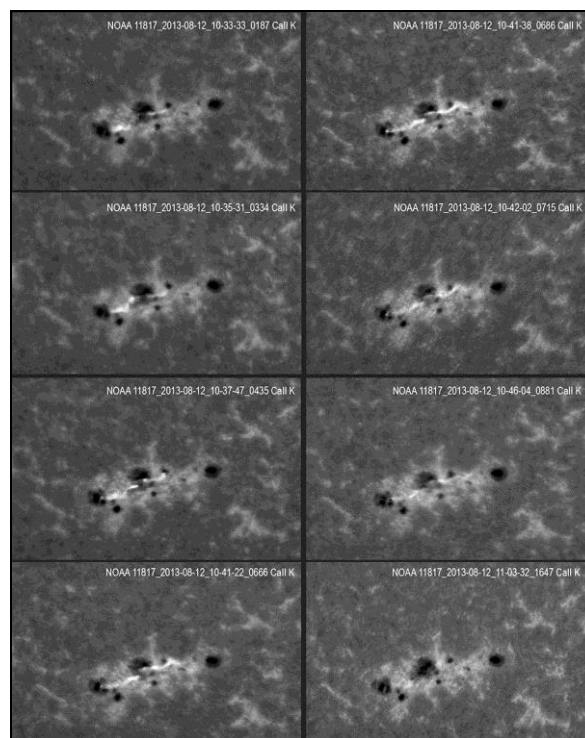
Obr. č. 4. Celkový snímek slunečního disku v čáře vodíku Ha ze dne 27.07.2013 v 10:15:17 UT. Snímek byl kalibrován pouze základním zpracováním (dark, flat). Porovnejte se snímkem č. 3.

V případě vyšší sluneční aktivity pořizujeme celkové snímky s kadencí přibližně dvakrát za hodinu. V případě výskytu aktivního jevu se kadence zvyšuje až k hranici 1-2 snímků za sekundu.

Systém a organizace pozorování detailů závisí od počtu dostupných pozorovatelů, počtu aktivních oblastí na Slunci a také úrovně aktivity. V případě běžné rutiny jsou systémy obsluhovány jedním pozorovatelem, v případě zvyšující se aktivity, velkého počtu aktivních oblastí, dobrých pozorovacích podmínek atp. se může počet pozorovatelů zvýšit až na tři.



Obr. č. 5. Porovnání snímků aktivní oblasti NOAA 11745 ze dne 16.05.2013 v čáře CaII K (vlevo – Zeiss 80/1200 m, vybaveným vápníkový filtrem pro CaII K, LS152CaKMD.) a Ha (vpravo – 135/2350 mm, efektivní ohnisko 5170 mm, dalekohled je vybaven Ha filtrem DayStar 0,7 Å).



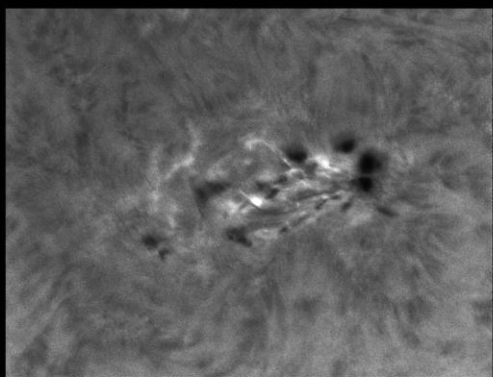
Obr. č. 6. Časový vývoj erupce v čáře CaII K v aktivní oblasti NOAA 11817 ze dne 12.08.2013. Snímáno dalekohledem Zeiss 80/1200 m, vybaveným vápníkový filtrem pro CaII K, LS152CaKMD.

Snahou týmu pozorovatelů je získávat zejména kompletní záznamy erupcí všemi dostupnými přístroji tak, aby mohla získaná data sloužit zejména pro studium změn intenzity záření erupce v průběhu času.

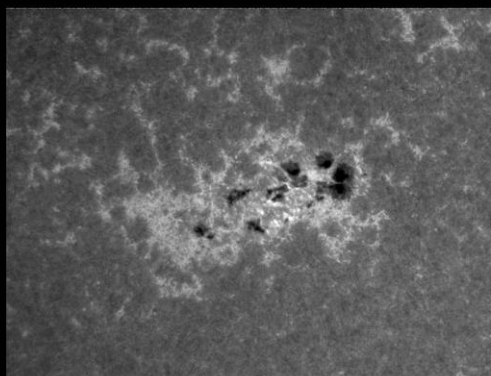
AKTIVNÍ OBLAST NOAA 11875 22.10.2013



08:34:30 UT



08:43:26



09:13:26 UT

Obr. č. 7. Ukázka jednoho z prvních simultánních pozorování sluneční erupce v oblasti NOAA 11875 v kontinuu, čáře *H α* a čáře *CaII K*. V případě fotosféry se ještě jedná o zkušební provoz systému pro pozorování.

5. PROBLÉMY POZOROVÁNÍ

Každý systém i přístroje mají své problémy a vlastnosti, které je potřeba identifikovat a dále s nimi

pracovat (redukovat je, zahrnout je do procesu kalibrace apod.).

Hlavními problémy pozorování jsou zejména:

- kvalita pozorovacích podmínek (seeing i nekolid v bezprostředním okolí pozorovatelny)
- pořízení kvalitních kalibračních dat s ohledem na specifika pozorování Slunce – hodně světla (zejména flat fieldu při slunečních pozorováních v úzce vymezené oblasti spektra)
- vyšší šum detektoru (CCD kamera G1 není aktivně chlazená, pouze ventilována) zejména v letních měsících
- nepozornost a nekvalitní práce pozorovatelů na všech stupních pořízení a zpracování dat
- různé technické problémy (zejména nepřesně vedená montáž, která způsobuje drobný, ale citelný pohyb pozorované oblasti v zorném poli, což vede k problémům při zpracování)

Zásadním problémem je kvalita obrazu, která je závislá na stavu atmosféry, ale také na stavu a povaze bezprostředního okolí pozorovatelského stanoviště. Proto na rok 2015 předběžně připravujeme v rámci celkové rekonstrukce objektu opatření, která by měla bezprostřední okolí změnit tak, aby se turbulence v okolí snížily.

V průběhu času se ukázal i další problém, a to ukládání primárních dat (zejména záznamů erupcí), která jsou objemná a dlouhodobým řešením není ukládání na pevné disky počítačů či serverů včetně zálohování na externích discích. V současné době hledáme možnosti efektivního a nepřiliš technicky ani finančně náročného řešení.

6. ZPRACOVÁNÍ DAT A DALŠÍ ROZVOJ SYSTÉMU

Informace ke zpracování dat a kalibraci (zejména z hlediska použití CCD kamer a následné kalibrace) jsou uvedeny v (4).

Kromě základní kalibrace (dark frame, flat field) je důležitým prvkem zpracování také výběr snímků pro trvalou archivaci. Tento výběr je v současnosti prováděn ručně pozorovatelem, což je velmi náročné jak na pozorovatele, tak na čas. Obvykle je z jedné běžné série (bez erupce) trvale archivováno 3-7 nejlepších snímků. Ostatní snímky jsou vymazány. Hlavním hlediskem jsou jak kvalita obrazu, ostrost, kontrast, tak i dobrá viditelnost konkrétních detailů či celková kvalita snímku.

Snímky z pozorování erupcí jsou archivovány pro další zpracování všechny s úmyslem u méně intenzivních jevů po zpracování (relativní fotometrii) ponechat jen nejlepší snímky ze série a ostatní snímky z důvodů úspory místa na datových úložištích smazávat.

V současné době hledáme technické a softwarové řešení pro zpracování dostupných snímků erupcí s cílem získat následující informace:

- hodnotu relativní intenzity erupce v dané spektrální čáře metodou relativní fotometrie, a to

jak z pohledu celé erupce (aktivní oblasti), tak z pohledu vybraných částí erupce (erupčních vláken apod.) s ohledem na celkovou morfologii aktivní oblasti

- o časovém vývoji a změnách tvaru, jasu a struktury erupčních vláken či erupčních bodů
- o změnách morfologie erupčních struktur v čáře H α či CaII K v kontextu změn jejich relativní intenzity

V současnosti je největším problémem absence vhodného softwaru a metodiky fotometrického zpracování napozorovaných dat. Oblast fotometrie slunečních dat tohoto typu je složitější. I když jsme již nějaké pokusy učinili, zatím žádná z použitých metod nebyla natolik dobrá, abychom ji dále rozpracovali a vyvinuli do použitelné formy.

V této oblasti velmi uvítáme případnou spolupráci z řad kolegů i studentů. Praktická pozorování i kalibrace a následné zpracování dat jsou dobrou příležitostí pro široké středoškolské i vysokoškolské studenty. Své výsledky i dění v oblasti pozorování Slunce a sluneční fyziky se snažíme pokrýt komunikační platformou na adrese:

pozorovanislunce.eu/pozorovanieslnka.eu.

7. ZÁVĚR

Můžeme konstatovat, že celkový systém pro pozorování slunečních erupcí je v současné době v závěrečné fázi svého ověřovacího provozu. Dosavadní výsledky ukazují, že bude pro účely pozorování slunečních erupcí s časovým rozlišením cca 1 snímek za sekundu (16 bitů v obraze) a dvou spektrálních čarách (H α a CaII K) a kontinuu použitelný.

V nejbližší době se zaměříme spíše na procesy kalibrace a následného zpracování dat s publikačními výstupy.

8. LITERATURA

- (1) G0 and G1 series of imaging/guiding cameras, Moravian Instruments, online <http://www.gxccd.com/art?id=328&lang=409>; (June 18, 2014)
- (2) G2-2000 and G2-4000 CCD Cameras, Moravian Instruments, online <http://www.gxccd.com/art?id=361&lang=409>; (June 18, 2014)
- (3) Filtr Lunt LS152TCaKMD vápníkový modul, online <http://www.supra-dalekohledy.cz/filtr-luntls152tcakmd-vapnikovy-modul-3-4723.html>; (June 18, 2014)
- (4) SIPS version 2.2 released, <http://www.gxccd.com/art?id=423&lang=409>; (June 18, 2014)
- (5) CCD G1-2000 - CCD pozorování chromosféry na Hvězdárně Valašské Meziříčí, online <http://www.astrovm.cz/cz/odbornacinnost/pozorovani-slunce/fotograficka-a-ccd-pozorovani/ccd-g1-2000.html>; (June 18, 2014)