

**FORMULÁR ZS1****Záverečná správa o riešení projektu****Evidenčné číslo projektu:** APVV-0066-06**Názov projektu:** Ohrev slnečnej koróny: observačná verifikácia fyzikálnych mechanizmov**Meno zodpovedného riešiteľa:** RNDr. Ján Rybák, PhD.**Príjemca:** Astronomický ústav SAV, Tatranská Lomnica**Začiatok riešenia projektu (MM/RR):** 02/07 | **Koniec riešenia projektu (MM/RR):** 12/09

Potvrdzujeme, že údaje uvedené v správe a jej prílohách sú pravdivé a úplné.

Podpis:.....  
zodpovedný riešiteľPodpis:.....  
štatutárny zástupca

Dátum:

Pečiatka

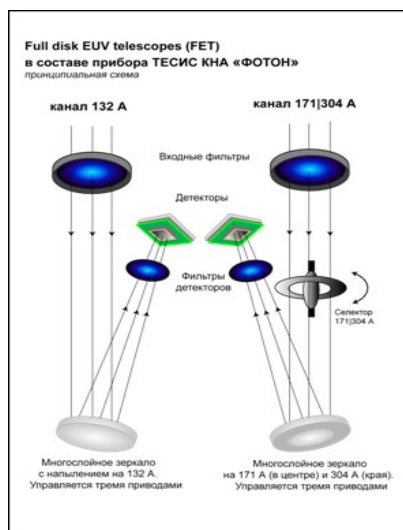
## ROZBOR RIEŠENIA PROJEKTU

### POSTUP PRÁČ PRI RIEŠENÍ PROJEKTU ZA POSLEDNÝ ROK U PRÍJEMCU VZHĽADOM NA HARMONOGRAM RIEŠENIA PROJEKTU:

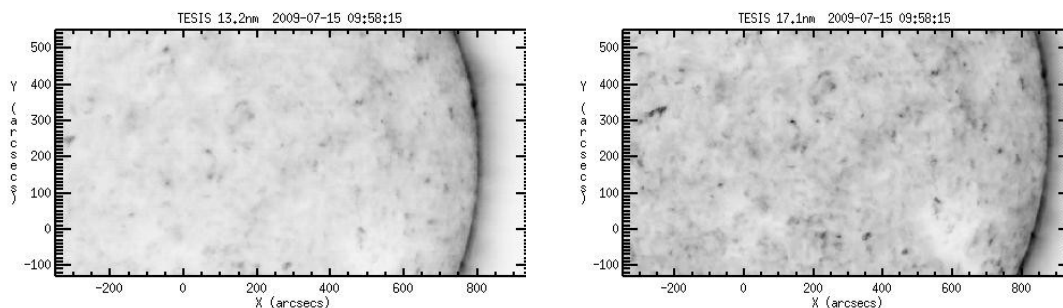
**Pozorovania – záznam dát:** začiatok 01/2009 – koniec 7/2009

V rámci projektu bola vykonané v roku 2009 len jedno ďalšie testovacie pozorovanie Slnka a pripravila sa len jedna aplikácia pre prístup k ďalším možným pozorovacím dátam, ktoré by mali byť k dispozícii v blízkej budúcnosti, keďže ťažisko práce v rámci projektu bolo venované interpretácii pozorovaní a prezentácii výsledkov projektu:

- 1. testovacie pozorovanie: TESIS/KORONAS-PHOTON:** Na základe zistení získaných počas spracovania a analýzy dát pozorovaní, ktoré mal projekt k dispozícii pre vedecký cieľ 3/ projektu v rámci spolupráce s ETH/Institute for astronomy, Zurich (Švajčiarsko), bolo rozhodnuté pokúsiť sa testovať vhodnosť dát, ktoré je možné získavať pomocou prístrojov FET/TESIS na družici KORONAS-PHOTON. Táto družica bola vypustená na obežnú dráhu len v januári 2009 ([http://www.tesis.lebedev.ru/about\\_tesis.html](http://www.tesis.lebedev.ru/about_tesis.html)). Preto bol pripravený v spolupráci s tímom prístroja (Bogachev, Kuzin) pozorovací program pre testovanie vhodnosti takýchto dát pre náš vedecký cieľ. Program bol prevedený prístrojom 15/7/2009 v požadovanom rozsahu. Výsledky predbežnej analýzy týchto dát boli už prezentované na konferencii a sú uvedené nižšie.



Obr. 1: Prístroje TESIS družice KORONAS-PHOTON po skompletovaní (vľavo) a schéma dvojčiek ďalekohľadov FET tohto prístroja použitých projektom pre testovacie pozorovanie (vpravo).



Obr. 2: Príklady simultánných pozorovaní slnečnej pokojnej koróny ďalekohľadmi FET prístroja TESIS. Emisia iónov Fe VIII v okolí vlnovej dĺžky 13,2 nm (vľavo) a emisia iónov Fe IX/X v okolí vlnovej dĺžky 17,1 nm (vpravo) získané 15. júla 2009. Prístroj TESIS je nateraz jediným prístrojom ktorý umožňuje súčasné pozorovanie na rozdiel od všetkých ostatných, ktoré poskytujú len sekvenčné snímkovanie v jednotlivých filtroch.

2. **aplikácia: AIA/SDO - Atmospheric Imaging Assembly/Solar Dynamic Observatory:** avizovaná družica Solar Dynamic Observatory (<http://sdo.gsfc.nasa.gov/>) s odloženým štartom na 9/2/2009 by mala poskytovať najoptimálnejšie dáta pre vedecký cieľ 3/ projektu. Preto bola v spolupráci s kolegami z observatórií v Zagrebe, Zurichu a Bruseli pripravená aplikácia pre prístup k pozorovacím dátam, ktoré by mali byť k dispozícii v blízkej budúcnosti z prístroja AIA sondy. Dáta by mal tím sondy poskytovať spracované a analýza dát bude prevedená na základe skúseností získaných v projekte hneď po ich získaní.

**Redukcia a zosúladenie dát:** začiatok 01/2009 – koniec 12/2009

V rámci projektu boli vykonané pokračovacie práce na redukcii pozorovacieho materiálu a na zosúladení týchto dát pre vybrané pozorovania erupcií, koronálnych zjasnení a slnečnej supergranulačnej siete pre viacero pozorovacích dní. Jedná sa o dáta z hlavnej pozorovacej kampane projektu z augusta 2007 - 22/8/2007 a 24/8/2007 a z následných kampaní z roku 2008 – z 28/6 a 6/7/2008 a z 8/10/2008. Na zosúladenie dát pozorovaní, ktoré je pre pozorovania s vysokým priestorovým rozlíšením nevyhnutné, boli použité skúsenosti a programy, vyvinuté členmi projektu. Dáta boli pripravené do špeciálneho, členmi projektu vyvinutého systému, umožňujúcu efektívnu prácu na analýze dát. Plánuje sa dáta spojiť i s niektorými rádiovými pozorovaniami malých rádiových zjasnení v decimetrovom pásme získaných rádioteleskopom RT-3 Astronomického ústavu AV ČR v Ondřejeve.

**Analýza dát:** začiatok 01/2009 – koniec 12/2009

**Vedecký cieľ 1/ - Supergranulačná sieť:** Pre výskum ohrevu slnečnej koróny na hraniciach supergranulačnej siete boli použité najlepšie dáta pozorovaní z 19/10/2005. Analýza dát

pomocou programu na identifikáciu a sledovanie vývoja jasných bodov v G páse spektra bola prevedená pomocou algoritmov Mgr. D. Utza (IGAM, Graz, Rakúsko) a zároveň boli tieto isté dáta spracované i vlastnou aplikáciou algoritmu vyvinutého Bergerom (LMSAL, Lockheed, USA).

Práce začaté v roku 2008 na analýze spektropolarimetrických meraní z 6/6/2008 pokračovali dokumentujúc priebeh ukázkového javu vynárania magnetickej slučky v granúlárnej štruktúre blízko supergranulačnej siete z pozorovaní ďalekohľadu VTT vrátane detailnej semiempirickej simulácie pozorovaného javu vynárajúcej sa slučky s výpočtom spektropolarimetrických prejavov javu pri pozorovaní pomocou použitého ďalekohľadu VTT a spektropolarimetra TIP.

Pozorovania prístroja SOT družice Hinode v G-páse slnečného spektra boli analyzované s cieľom určiť skutočné, pozorovaniami neovplyvnené, vlastné rýchlosti ukotvení vertikálnych magnetických polí v slnečnej chromosférickej sieti. Inovatívna analýza dvoch pozorovacích radov snímok pokojnej slnečnej fotosféry v G-páse umožnila overiť oprávnenosť prijatého ad-hoc predpokladu, ktorý viedol k zisteniu skutočných hodnôt vlastných pohybov jasných bodov neovplyvnených kadenciou pozorovaní.

**Vedecký cieľ 2/ - Slnečné mikroerupcie:** Pre výskum ohrevu slnečnej koróny v mikroerupciách v aktívnych oblastiach boli stále používané doteraz najlepšie dáta pozorovaní z 4/7/2006, keďže následujúce pozorovacie kampane neposkytli lepší pozorovací materiál na analýzu mikroerupcií kvôli dlhodobo pretrvávajúcej minimálnej úrovni slnečnej aktivity. Kvôli predĺženému minimu slnečného cyklu o najmenej jeden rok voči dĺžke priemerného slnečného cyklu aktivity nebolo pripravené opakovanie pozorovacej kampane v roku 2009.

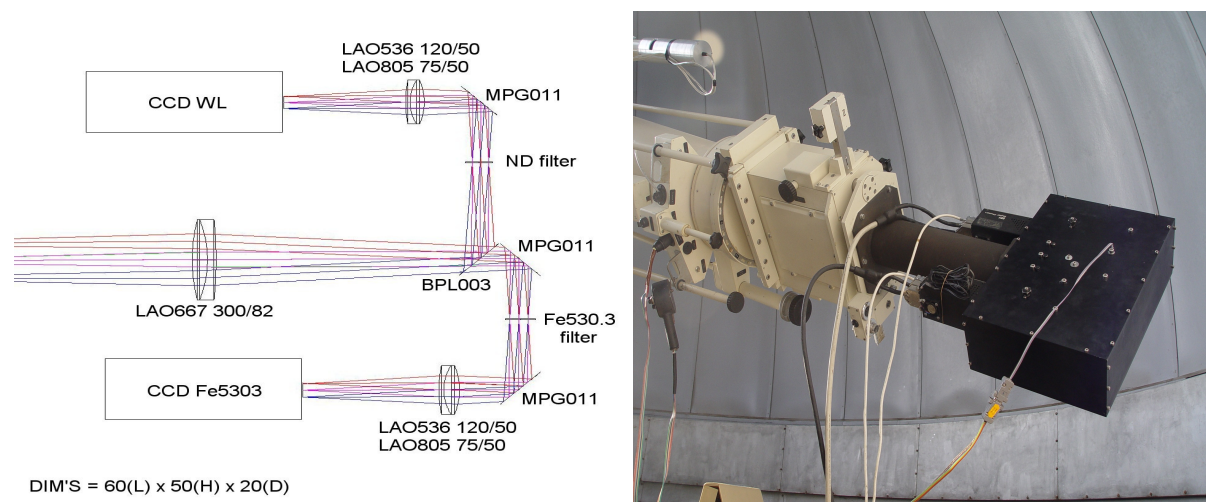
Práca sa preto zamerala na rozšírenie analýzy erupcie z 6/7/2006 o nové analytické možnosti analýzy röntgénových pozorovaní družicou RHESSI pre vyšetrenie priebehu "odparovania" chromosférickej plazmy pôsobením urýchlených elektrónov po rekonexii magnetického toku.

Doplnenie a rozšírenie programov pre vlnkovú analýzu rádiového žiarenia zo slnečných erupcií umožnilo v roku 2008 nájsť observačné potvrdenie teoreticky predpovedaných oscilácií v koronálnej plazme („tadpoles-žubrienky“) v rádiovom žiarení vznikajúcom v slnečnej erupcii. Analýza ďalších pozorovaní v roku 2009 na rozdiel od tadpole vzoru gyrosynchrotronej emisie ukázala existenciu tadpole vzoru s frekvenčným driftom indikujúcim, že rádiová emisia môže byť niekedy i produktom plazmového emisného mechanizmu.

**Vedecký cieľ 3/ - Koronálne zjasnenia:** Pre tento cieľ sme pokračovali v spracovaní unikátnych pozorovaní z 12/07/1996 analýzou pomocou novej korelačného súvisu sledovaných javov. Pre túto tému boli hľadané ďalšie možné pozorovacie dáta z prístrojov TRACE, EIT, CDS a EIS no nakoniec sa ako najperspektívnejšie ukázali dáta získané z testovacích pozorovaní ďalekohľadmi FET prístroja TESIS. Predbežná analýza ukázala potrebu upravenia pozorovacieho programu pre dosiahnutie optimálnych dát pre tento cieľ projektu. Pozorovania budú požadované i v roku 2010 ale spolu s ďalšími prístrojmi v rámci koordinovanej kampane. Paralelne bola posúdená možnosť použitia dát z budúcej družice

SDO, konkrétne z jej prístroja AIA.

**Vedecký cieľ 4/ - Vysokofrekvenčné oscilácie koronálnych slučiek:** Pre tento cieľ sa ešte nezískali vlastné "ostré" pozorovania. Nateraz boli robené po skončení základnej inštalácie prístroja SECIS na koronografe observatória na Lomnickom štíte len testovacie merania a boli identifikované nevyhnutné úpravy prístroja súvisiace s vysokohorskou polohou observatória – ohrev/temperovanie filtrov, kalibrácia ich pásiem priepustnosti, temperovanie kamier i počítača prístroja, ako i s umiestnením na koronografe pohybujúcom sa na nemeckej montáži – výrobe nového pointera pre koronograf. Mechanické, elektronické i optické úpravy prístroja sa pripravujú pre optimalizáciu prístroja a uľahčenie jeho ovládania pomocou materiálu a nástrojov zakúpených pred koncom doby riešenia projektu. Pre prístroj boli nájdené optimálnejšie detektory, ktoré sa pokúsime získať prostredníctvom projektu SPAWELo, o ktorý sme požiadali v novembri 2009. Predkladáme, že prvé vedecky využiteľné pozorovania bude možné získať prístrojom SECIS na jar roku 2010.



Obr. 3. Prístroj SECIS pre observatórium Lomnický štít: optická schéma prístroja (vľavo) a fotografia inštalovaného prístroja na koronografe observatória (vpravo).

**Interpretácia observačných výsledkov:** začiatok 01/2009 – koniec 12/2009

**Vedecký cieľ 1/ - Slnecná supergranulačná sieť:** Spektrofotometrické pozorovania s vysokým priestorovým rozlíšením zaznamenali časový vývoj vynárania nového magnetického toku vo vnútri granuly v slnecnej fotosfére. Pozorovania ukázali že proces vynárania magnetického toku je dominantne určovaný magnetickým poľom horizontálneho smeru vo vnútri vynárajúcej sa granuly a boli odvodené parametre javu (rok 2008). V roku 2009 bola dopracovaná detailná simulácia pozorovaného javu vynárajúcej sa slučky s výpočtom spektropolarimetrických prejavov javu pri pozorovaní pomocou použitého ďalekohľadu VTT a spektropolarimetra TIP. Pozorovania a výsledky numerických simulácií preukázali veľmi dobrú zhodu. **Preukázanie takýchto vynárajúcich sa slučiek ukázalo akým spôsobom je možné vytváranie významnej časť magnetickej štruktúry pokojnej fotosféry a chromosféry umožňujúcej efektívne šírenie vlnení, ktoré môžu spôsobovať ohrev slnecnej pokojnej atmosféry.**

Novostanovené rozdelenie rýchlostí vlastných pohybov jasných bodov pozorovaných v G-páse slnečného spektra – indikátorov ukotvení magnetických polí v chromosférickej sieti – opravené po prvýkrát vôbec o vplyv vzorkovania pozorovaní jednoznačne potvrdilo predošlé teoretické predpoklady o výraznom zastúpení (až 12%) vysokorýchlostných vlastných pohybov (>4 km/s) vertikálnych ukotvení magnetických slučiek, čo je **potvrdením dostatku energie pre priamy ohrev slnečnej pokojnej koróny AC mechanizmami na hraniciach supergranúl za prítomností koncentrácií magnetických ukotvení.**

**Vedecký cieľ 2/ - Slnečné erupcie:** v spolupráci s rakúskymi a chorvátskymi kolegyňami a kolegami sme jednoznačne dokázali, že **mikroerupcie sú**, čo sa týka ako magnetickej topológie tak i prejavov v multivlnovom žiarení plazmy, **porovnateľné s normálnymi erupciami, t.j. prebiehajú ako javy spôsobované a energeticky zabezpečené opakovanou a masívnou rekonexiou magnetického toku v koróne.** Analýza ukázala i jednoznačne preukázané viaczožkové ustálené pohyby plazmy v jednom rozlíšenom elemente a prítomnosť výrazných netermálnych rozdelení i v mikroerupciách s minimálnou energiou v porovnaní so štandardnými erupciami.

V spolupráci s kolegami z AsÚ AV ČR, ktorý pozorujú rádiové žiarenie spôsobované slnečnými erupciami, sme analýzou ich pozorovaní pomocou vlastných doplnených a rozšírených programov pre vlnkovú analýzu, vyvinutých v rámci projektu, našli observačné potvrdenie teoreticky predpovedaných oscilácií v koronálnej plazme („tadpoles-žubrienky“) v rádiovom žiarení vznikajúcom v slnečnej erupcii. Toto potvrdenie je **prvým observačným overením predpovede magnetohydrodynamických modelov fyzikálnych javov v slnečnej plazme spôsobovaných erupciami.** Analýza pozorovaní ukázala že okrem „tadpole“ vzoru gyrosynchrotronnej emisie existuje i „tadpole“ vzor s frekvenčným driftom indikujúcim rádiovú emisiu ako produkt plazmového emisného mechanizmu. Len prvý typ vzoru bol doteraz teoreticky predpovedaný a modelovaný, druhý vzor bol len teoreticky predpovedaný a nebola doteraz urobená nikým jeho numerická simulácia. Výsledky boli publikované ako „letters“ v najprestížnejších svetových astrofyzikálnych časopisoch The Astrophysical Journal a Astronomy and Astrophysics.

**Vedecký cieľ 3/ : Definitívna interpretácia dát,** ktoré máme k dispozícii pre tento cieľ projektu, **nebola doteraz urobená ako dôsledok zistení obmedzení implicitne obsiahnutých v dostupných dátach** (SOHO: EIT, CDS, SUMER, MDI). Naopak výsledky predbežnej analýzy posledných testovacích dát z prístroja TESIS sú nádejné. V roku 2010 sa pokúsime o získanie nových dát z tohto prístroja a z prístroja AIA sondy SDO.

**Vedecký cieľ 4/ : Sklz v ukončení prípravy prístroja SECIS pre observatórium Lomnický štít** odsunul získanie relevantných vedeckých pozorovaní a ich interpretáciu pre cieľ 4/ až na rok 2010. Práce v roku 2009 boli zamerané hlavne na testovanie pôvodnej konfigurácie prístroja a prípravu jeho úprav. Prejavy výraznej aktivity v slnečnej koróne absentujúce počas skoro celého roku 2009 kvôli predĺženému minimu slnečnej aktivity by znemožnili úspešné pozorovania i keby bol prístroj už hotový v definitívnej podobe.

**Zoznam príspevkov na konferenciách v roku 2009:**

*„Central European Solar Physics Meeting CESPMM IV“, Bairisch Kuehdorf, 30.9.-2.10. 2009, Rakúsko*

- 1/ Rybák, J., Jurcak, A. Hanslmeier, A. Kucera, H. Wohl, S. Wedemeyer-Boehm. O. Steiner „Observational evidence for shocks in the solar photosphere – Hinode SOT/SP data promise“
- 2/ Rybák, J., S. Bogachev, R. Brajsa, A. Benz „Heating events in the quiet solar corona: UV imaging data of the TESIS/CORONAS PHOTON instrument“
- 3/ Ambróz, J., Radziszewski, K., Rudawy, P., Rybák, J., Phillips, K. „SECIS instrument on the Lomnický Peak Observatory“
- 4/ Bodnárová, M., Utz, D., Rybák, J., Hanslmeier, A. „Dynamics of the DOT/LaPalma G-band bright points derived using two fully automated algorithms“
- 5/ Utz, D., Hanslmeier, A., Veronig, A., Rybak, J., Muller, R., Muthsam, H., "G-band to Blue-Continuum Excess as quasi total field strength magnetogram First Results and Outlook"
- 6/ Veronig, A., Rybak, J., Gömöry, P., Berkebile-Stoiser, S., Temmer, M., Otruba, W., Vrsnak, B., Pötzi, W. "A case study of electron-beam-driven chromospheric evaporation"

*The Third Hinode Science Meeting, 1-4 December 2009, Hitotsubashi Memorial Hall, Tokyo, <http://hinode.nao.ac.jp/meeting/hinode-3>*

- 7/ Utz, D., Hanslmeier, A., Muller, R., Veronig, A., Rybak, J., Muthsam, H. „Lifetime and velocity distributions of small-scale magnetic fields derived from Hinode/SOT G-band filtergrams“

**Zoznam referovaných prác publikovaných v roku 2009:**

- 1/ 'Tadpoles in Wavelet Spectra of a Solar Decimetric Radio Burst', Meszarosova, H., Karlicky, M., Rybák, J., Jiricka, K., *Astrophysical Journal* 697, Issue 2, L108-L110 (2009)
- 2/ 'Drifting tadpoles in wavelet spectra of decimetric radio emission of fiber bursts', Meszarosova, H., Karlicky, M., Rybák, J., Jiricka, K., *Astronomy and Astrophysics* 502, Issue 2, L13-L15 (2009)
- 3/ 'Multi-wavelength fine structure and mass flows in solar microflares', Berkebile-Stoiser, S., Gomory, P., Veronig, A., Rybák, J., Sutterlin, S. *Astronomy and Astrophysics* 505, 811-823 (2009)
- 4/ 'Dynamic Ly alpha jets'

Koza, J., Rutten, R.J., Vourlidas, A.  
Astronomy and Astrophysics 499, 917-921 (2009)

5/ 'Multi-wavelength Observations of Microflares Near an Active Region',  
Bein, B., Veronig, A., Rybák, J., Gömöry, P., Berkebile-Stoiser, S., Sutterlin, P.,  
Central European Astrophysical Bulletin 33, 179-182 (2009)

6/ 'Observations of Chromospheric Evaporation Flows in RHESSI Microflares',  
Berkebile-Stoiser, S., Gomory, P., Veronig, A., Rybák, J.,  
Central European Astrophysical Bulletin 33, 169-178 (2009)

### **Zoznam referovaných prác prijatých do tlače po úspešnom recenznom pokračovaní na rok 2010:**

1/ 'Dynamics of isolated magnetic bright points derived from Hinode/SOT G-band observations '

D. Utz, A. Hanslmeier, R. Müller, A. Veronig, Rybák, J., H. Muthsam  
Astronomy and Astrophysics, (2010), in press,  
Accepted: 20 November 2009, DOI: 10.1051/0004-6361/200913085

2/ 'Magnetic loop emergence within a granule',

Gomory, P., Beck, C., Balthasar, H., Rybák, J., Kucera, A., Koza, J., Wohl, H.,  
Astronomy and Astrophysics, (2010), in press,  
Accepted: 29 August 2009, DOI: 10.1051/0004-6361/200912807

3/ 'The SECIS instrument on the Lomnický Peak Observatory',

Ambroz, J., Radziszewski, K., Rudawy, P., Rybák, J., Phillips, K.,  
Contributions of Astronomical Observatory Skalnaté Pleso (2010), accepted

### **ROZBOR VÝSLEDKOV ZA CELÉ OBDOBIE RIEŠENIA VZHLADOM NA STANOVENÉ CIELE**

Projekt mal stanovené štyri čiastkové ciele, pričom všetky sa týkali zamerania projektu na observačnú verifikáciu fyzikálnych mechanizmov navrhnutých teoreticky ako potenciálne zodpovedné za dostatočne efektívny ohrev slnečnej koróny v rôznych štruktúrach slnečnej koróny. Prvé dva ciele predpokladali využitie existujúcich pozemských a družicových prístrojov na nové koordinované pozorovania slnečnej atmosféry. Tretí cieľ bol založený na použití už získaného súboru dát koordinovaného sledovania slnečnej koróny. Ostatný cieľ bol založený na príprave vlastného prístroja pre observatórium Lomnický štít adaptáciou prístroja SECIS pôvodne používaného na pozorovania počas slnečných zatmení a analýze ním získaných pozorovaní.

Projektu sa podarilo výrazne prekročiť predpokladaný rozsah nových výsledkov v prípade prvých dvoch čiastkových cieľov „Slnečná supergranulačná sieť“ a „Slnečné erupcie“. Výsledky boli založené na mimoriadnej zhode okolností umožňujúcich odvodenie nových



originálnych výsledkov zo získaných pozorovaní. Originálne výsledky o:

- vynárajúcich sa magnetických slučiek v slnečnej fotosfére a transporte magnetického toku takýmito javmi,
- o výsledkoch dynamických fibríl pozorovaných v čiare Lyman alfa a ich pôvode v magnetoakustických vlnách,
- o skutočnom zastúpení vlastných rýchlostí ukotvení magnetických slučiek poskytujúcim dostatočnú energiu za podmienok vhodných pre AC mechanizmy ohrevu koronálnej plazmy,
- o akcelerácii koronálnych výronov hmoty už veľmi nízko nad slnečným povrchom,
- o podstate mikroerupcií zhodnej s podstatou normálnych erupcií vrátane detailných prejavov týchto javov,
- o existencii "tadpole" vzoru gyrosynchrotrónnej emisie bez frekvenčného driftu i existencii "tadpole" vzoru s frekvenčným driftom indikujúcim rádiovú emisiu produkovanú plazmovým emisným mechanizmom pri rôznych erupciách

boli prijaté pre publikovanie v najprestížnejších astrofyzikálnych svetových časopisoch.

V prípade tretieho čiastkového cieľa „Koronálne zjasnenia“ bol ako výsledok opätovného spracovania a analýzy existujúceho súboru dát prijatý záver že definitívnu interpretáciu dát, ktoré sú k dispozícii pre tento cieľ projektu, nie je možné urobiť kvôli obmedzeniam implicitne obsiahnutým v dostupných dátach (družica SOHO: prístroje EIT, CDS, SUMER, MDI). Kvôli tomu sa projekt zamerlal na získanie nových súborov dát nezaťažených takýmito obmedzeniami z prístroja TESIS na družici KORONAS/PHOTON a z prístroja AIA sondy SDO a urobil prvé kroky týmto smerom. Predpokladáme, že takéto dáta získame už v roku 2010.

Štvrtý čiastkový cieľ „Vysokofrekvenčné oscilácie koronálnych slučiek“ nebol projektom splnený kvôli sklzu v ukončení úpravy prístroja SECIS pre observatórium Lomnický štít. Prepracovanie prístroja zo zatmeňového na koronografický a navyše umiestnenom na vysokohorskom observatóriu, si vyžiadalo nepredpokladane veľký rozsah úprav jeho mechaniky, elektroniky ako i úprav a rozšírení samotného koronografu observatória. Kvôli týmto príčinám sa predpokladá získanie relevantných vedeckých pozorovaní pre tento cieľ až v roku 2010. Prejavy výraznej aktivity v slnečnej koróne absentovali počas skoro celého roku 2009 kvôli predĺženému minimu slnečnej aktivity, čo by znemožnilo úspešné pozorovania pre tento cieľ i keby bol prístroj už hotový v definitívnej podobe.

Tím projektu zvládol prípravu, zabezpečenie a prevedenie koordinovaných pozorovacích kampaní viacerými pozemskými slnečnými ďalekohľadmi a prístrojmi umiestnenými na družiciach a komplexné využitie pozorovacích údajov. Väčšia časť týchto kampaní bola prevedená ako výsledok úspechu v otvorených súťažiach o pridelenie pozorovacieho času.

Projektu sa podarilo počas doby trvania získať nielen rozsiahly pozorovací materiál, ktorý bude využívaný i v budúcnosti, ale prezentoval svoju prácu a jej výsledky ako vo vedeckej verejnosti na konferenciách uskutočnených v Európe tak pre laickú verejnosť formou príspevkov a vystúpení v masmédiách a prednáškami.

Skúsenosti členov projektu boli využívané v pedagogickom procese v prednáškach

magisterského a doktorandského štúdia astrofyziky na UPJŠ v Košiciach a FMFI UK v Bratislave a v školení doktorandov na AsÚ SAV v Tatranskej Lomnici.