

Súčasnost' Observatória Lomnický štít AsÚ SAV

*J. Rybák, J. Ambróz, M. Kozák, P. Habaj, J. Kavka, R. Mačura, P. Schwartz
Astronomický ústav SAV, Tatranská Lomnica*

Abstrakt

Príspevok sa venuje stručnému popisu súčasného stavu prístrojového vybavenia a infraštruktúry Observatória Lomnický štít AsÚ SAV a plánom observatória do budúcnosti. V príspevku je predstavený príklad pozorovaní získavaných prístrojom CoMP-S ako i informácie o stave prác na rozšírení tohoto prístroja, o príprave ďalších prístrojov a o zmenách infraštruktúry observatória.

1. ÚVOD

Observatórium Lomnický štít AsÚ SAV (LSO) sa už viac ako 50 rokov venuje pozorovaniu a výskumu slnečnej koróny a protuberancií. Dnes sa v jeho kupole nachádzajú na spoločnej ekvatoriálnej montáži dva šošovkové koronografy ZEISS 20/300 navrhnuté a vyrobené firmou Carl Zeiss Jena (Lexa, 1963). Tieto prístroje boli pripravené podľa pôvodného konceptu popísaného v prácach B. Lyota (Lyot, 1932, 1939). Tri dodatočné šošovky, ktoré korigujú geometrické aberácie prístroja, spôsobujú, že prístroje sú difrakčne limitované v intervale vlnových dĺžok 500 - 1100 nm. Otáčanie postfokálnych prístrojov okolo optickej osi koronografom umožňuje pozorovať protuberancie a korónu vo všetkých pozíciách uhlov okolo celého slnečného limbu. Výsledky z patrolných i špeciálnych meraní emisných čiar protuberancií a koróny boli prezentované mnohokrát v predošliých zborníkoch z celoštátnych slnečných seminárov Dr. Rybanským, Ing. Minarovjehom a Dr. Rušinom.

Na základe analýzy súdobého stavu (~2008) pozorovacích metód, prístrojov, plánov iných observatórií a vesmírnych agentúr vo výskume slnečnej koróny a protuberancií, bola navrhnutá nová koncepcia výskumu Slnka pomocou koronografom observatória. Naša primárna snaha sa zamerala na dvojrozmernú spektropolarimetriu protuberancií a koróny pomocou merania emisných čiar vo vizuálnej a infračervenej oblasti slnečného spektra. Naším plánom je vykonávať rovnaký typ spektropolarimetrických meraní aj na slnečnom disku. Rozhodnutie bolo urobené na základe stále pretrvávajúcej potreby takýchto pozorovaní ako nad slnečným limbom tak i na slnečnom disku. Pozorovania sú potrebné pre výskum pokojných štruktúr a aktívnych javov v slnečnej atmosfére ako sú napr. pokojné a erupatívne protuberancie. Toto rozhodnutie podporujú aj výsledky dlhodobej štatistiky astroklímy na observatóriu (Rybák a kol., 2010a).

Realizácia týchto plánov je umožnená vďaka finančným prostriedkom Štrukturálnych fondov Európskej únie pre SR - Operačný program Veda a Výskum - v rámci Centra excelentnosti "Centrum kozmických výskumov: vplyvy kozmického počasia".

2. LSO – DVOJNÁSOBNÁ POCTA B. LYOTOVI

Koronograf Lyotovho typu využíva ako primárny objektív len jednoduchú šošovku, ktorá má výraznú farebnú chybu. Koronograf tak vytvára fokusovaný obraz súčasne len pre jedinú vlnovú dĺžku. Pre túto je intenzívne žiarenie slnečného disku odrážané von z koronografu kruhovou prekážkou - „umelým mesiacom“, nachádzajúcim sa v ohnisku primárneho objektívu. Žiarenie slnečného disku iných vlnových dĺžok však prechádza okolo „umelého mesiaca“ ďalej a šíri sa v koronografe až do jeho finálnej ohniskovej roviny.

Preto je pre pozorovania nevyhnutné vybaviť koronograf postfokálnym spektrálnym zariadením, ktoré svetlo ostatných vlnových dĺžok, ktoré neboli fokusované presne na „umelom mesiaci“, nejakým spôsobom odblokuje. Pre nové prístroje pre observatória je preto ako jadro týchto zariadení vybraný úzkopásmový filter, založený na interferencii a polarizácii žiarenia, ktorý bol vyvinutý B. Lyotom (Lyot, 1933, 1944) a nezávisle i Y. Öhmanom (Öhman, 1938). Takýto filter je dnes najvhodnejším typom zariadenia pre dvojrozmerné merania spektra s dostatočne úzkou šírkou pásma priepustnosti a s potrebným ladením vo vlnovej dĺžke.

Takto je dnes Observatórium Lomnický štít vlastne dvojnásobnou poctou B. Lyotovi. B. Lyot pôvodne navrhol koronograf ako špeciálny ďalekohľad, umožňujúci pozorovania koróny na vysokohorských observatóriách, a takisto vynašiel i interferenčno-

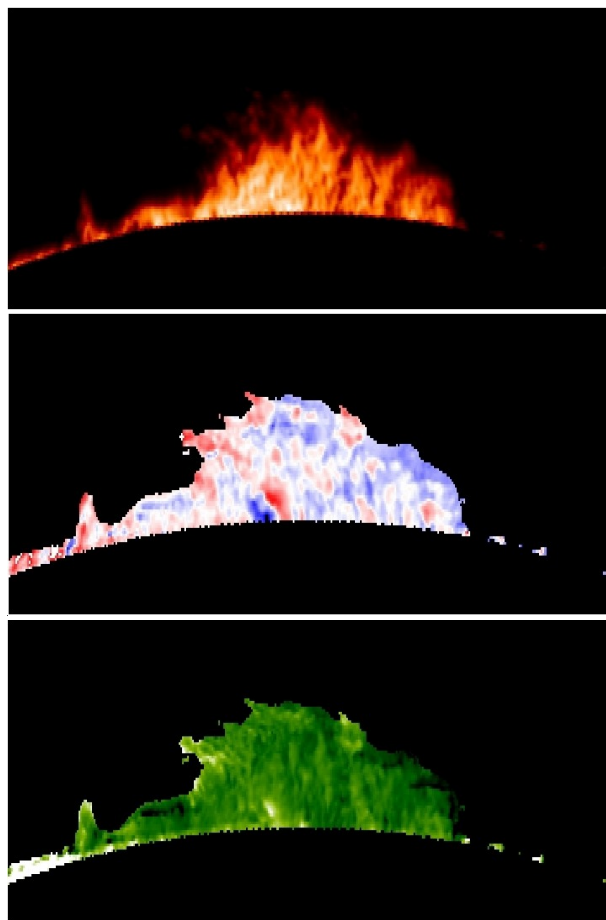
polarizačný úzkopásmový filter, ktorý sme sa rozhodli využívať v nových postfokálnych zariadeniach. Dvojnásobná pocta – a to i po osemdesiatich rokoch od doby týchto Lyotových nepatentovaných vynálezov!

3. PRÍSTROJ CoMP-S

Prvým takýmto zariadením, inštalovaným na koronografe observatória v roku 2011, je spektropolarimeter s názvom "Koronálny Multikanálový Polarimeter pre Slovensko" (CoMP-S). Tento prístroj bol vyrobený tímom HAO/NCAR, vedeným Dr. S. Tomczykom a Ing. S. Sewellom. Prístroj už bol prezentovaný v príspevkoch, publikovaných v zborníkoch z predošlých slnečných seminárov (Rybák a kol. 2010B, 2012), ako i v práci Kučeru a kol. (2011).

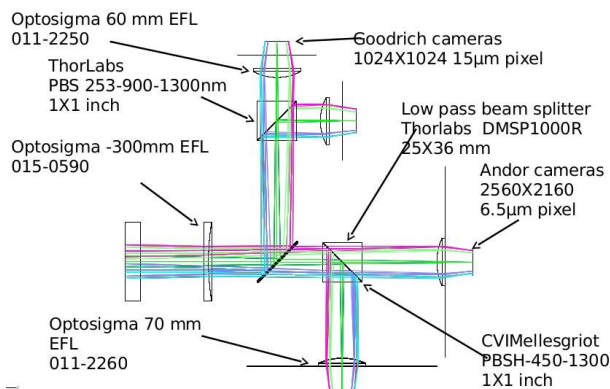
Prístroj CoMP-S bol navrhnutý na základe skúseností s prístrojom CoMP, umiestneným na observatóriu Mauna Loa na Havajských ostrovoch, ktorý prevádzkuje inštitúcia HAO/NCAR (Tomczyk a kol., 2008). Počas testovacej prevádzky prístroja CoMP-S boli vykonané na prístroji viaceré vylepšenia, napr. úpravy mechanického modulu medzi prístrojom a koronografom, zmeny systému ohrevu filtrového modulu prístroja, zber dát z detektorov len využitím jediného počítača ktorý súčasne riadi i pozorovania. Pôvodné detektory boli nahradené novšími s niektorými aktualizáciami, ktoré umožňujú ich ľahšie a spoľahlivejšie ovládanie. Navyše bolo potrebné prístroj elektricky izolovať od budovy, zlepšiť tepelnú izoláciu kamerového a filtrového modulu prístroja ako i zaviesť chladenie kamerového modulu prístroja. Pôvodný počítačový program pre ovládanie prístroja bol priebežne upravovaný podľa skúseností z pozorovaní. Mechanické ovládanie difúzera pred objektívom koronografu, fokusovania objektívu a rotácie celého prístroja bolo s inštaláciou nového prístroja automatizované.

Ako príklad pozorovaní, získavaných pomocou prístroja CoMP-S, uvádzame merania pokojnej slnečnej protuberancie z 20. októbra 2012 (07:09 UT, pozičný uhol $\sim 170^\circ$), získané v rámci koordinovanej pozorovacej kampane HOP 186 „Mass loading of quiescent prominences from multi-wavelength observations“ vedenej P. Schwatzom z AsÚ SAV. Merania prebiehali v spektrálnej čiare H α (656,28 nm) postupne 11 meraniami cez spektrálny profil čiar s krokom 0,01, resp. 0,02 nm s expozičným časom 50 ms počas celkovo 20 s. Spracovanie bolo urobené len pre Stokesov I parameter s výsledným priestorovým vzorkovaním 1,3 oblúkovej sekundy. Profily spektrálnej čiar boli aproximované gaussovským profilom nezávislo v každom bode merania. Výsledné parametre gaussovskej aproximácie spektrálneho profilu čiar - amplitúda, dopplerovský posun čiar voči laboratórnej vlnovej dĺžke, šírka profilu – sú znázornené na obr.1.

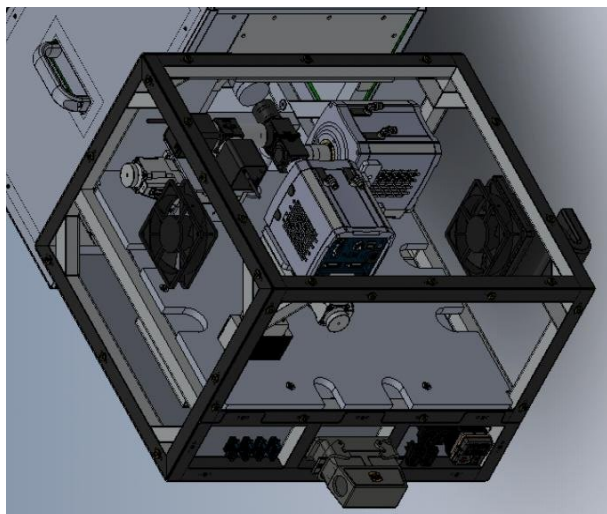


Obr.1: Výsledné parametre gaussovskej aproximácie spektrálneho profilu čiar H α (656,28 nm) pokojnej slnečnej protuberancie, získaného prístrojom CoMP-S na koronografe ZEISS 20. októbra 2012 (07:09 UT, poz. uhol $\sim 170^\circ$): amplitúda (horný panel), dopplerovský posun čiar voči laboratórnej vlnovej dĺžke (stredný panel, rozsah: ± 12 km/s, modrá/červená farba $\sim$ pohyb smerom k/od pozorovateľa), šírka profilu (dolný panel, rozsah: 0,020-0,045 nm).

Rozšírenie prístroja CoMP-S o dodatočné detektory citlivé v blízkej infračervenej oblasti spektra, spomínané v práci Rybáka a kol. (2012), je v súčasnosti vo fáze priprav jeho technickej inštalácie na observatóriu. Nový kamerový modul bude obsahovať ako nevyhnutnú zobrazovaciu optiku, tak i dichroickú optickú kocku s deliacou hranou ~ 1000 nm, dvojicu nových detektorov pre vizuálnu oblasť spektra a dvojicu detektorov pre blízku infračervenú oblasť spektra (obr.2), polohovacie stolíky pre uchytenie detektorov, systém chladenia vzduchu v module a elektroniku nevyhnutnú pre ovládanie detektorov, stolíkov, ohrevu/chladenia prístroja, a elektroniku pre prenos signálov a dát pozorovaní medzi modulom a riadiacim počítačom (obr.3).

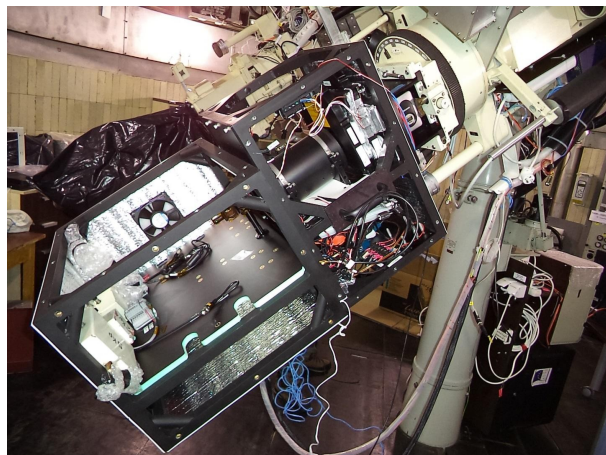


Obr.2: Optická schéma nového kamerového modulu prístroja CoMP-S s označením použitých optických členov – achromatickej negatívnej optickej sústavy, dichroického optického člena, deliacich polarizačných optických kociek, pozitívnych optických členov pred detektormi – a detektorov pre vizuálnu a infračervenú oblasť spektra.



Obr.3: 3D náhľad modelu nového kamerového modulu prístroja CoMP-S s umiestnením použitých optických členov, detektorov pre vizuálnu a infračervenú oblasť spektra, polohovacích stolíkov, ventilátorov chladenia a konektorov elektrických a optických káblov.

Ako infračervené detektory boli vybrané kamery Goodrich GA1280J (1280 x 1024 15µm pixlov, kvantová účinnosť viac ako 65 % vo vlnovom rozsahu 0,95-1,65 µm, materiál InGaAs, 12-bitový výstup, kadencia vyčítavania 30 snímokov/s, dynamický rozsah 900:1, teplota čipu +30°C). Pre vizuálnu oblasť spektra budú použité kamery Andor Neo sCMOS s vynikajúcimi prevádzkovými parametrami: 2560 x 2160 6,5 µm pixlov, kvantová účinnosť viac ako 50 % vo vlnovom rozsahu 500 – 700 nm (> 30% do 830 nm), 16-bitový výstup, kadencia vyčítavania 30 snímokov/s, dynamický rozsah 16000:1, teplota čipu -30°C, šum vyčítavania 2 e⁻).



Obr.4: Odkrytované mechanické rámové konštrukcie nového kamerového (na obrázku vľavo doľu) a filtrového modulu (v strede obrázku) prístroja CoMP-S počas mechanických testov upevnenia a pevnosti v kupole observatória. Vo filtrovom module vidieť (naklonený) čierny valec samotného Lyotovho filtra. V kamerovom module vidieť len základnú dosku optickej časti modulu, jeden z ventilátorov a testovacie závažia, ktoré počas skúšok nahrádzali hmotnosť detektorov, optických a elektronických častí modulu.

Nový kamerový modul bude dostatočne mechanicky stabilný a tepelne izolovaný s implementovaným systémom prípadného chladenia vnútra modulu. V jeseni 2014 bude pokračovať ďalšia séria mechanických, elektronických a optických testov prístroja smerujúca k finálnej inštalácii prístroja v kupole observatória na začiatku roku 2015. Ukážka mechanických testov v kupole je uvedená na obr.4.

4. POINTER R

Označením „Pointer R“ je dnes na observatóriu pomenovaný nový pointovací systém, vyvinutý na AsÚ SAV Ing. Kozákom. Tento pointer je využívaný pravidelne pre presné navádzanie pravého koronografu na stred slnečného disku počas pozorovaní.

Pointer dokáže upraviť navádzanie zabezpečované hodinovým strojom montáže v rozsahu ± 150 oblúkových sekúnd. Výsledná presnosť navádzania pointera R je $\pm 2,5$ oblúkovej sekundy. V porovnaní s dovtedy používaným systémom má nový koncept pointovania schopnosť korigovať nielen nepresnosť chodu hodinového stroja, pohyb Slnka v deklinácii, či zmeny polohy slnečného disku spôsobené nehomogenitami vzduchu („seeing“). Pointer si dokáže poradiť i s deformáciami tvaru koronografu počas dňa spôsobené zmenou vzájomnej orientácie vektora gravitačného zrýchlenia a optickej osi koronografu. Pointer R dnes využíva ako objektív šošovku (singlet, BK7, 50/3000mm) upevnenú priamo na obrube primárneho objektívu koronografu. Štvorica fotodiód je upevnená pevne blízko umelého mesiaca koronografu. Diódy dávajú pre ovládací softvér informáciu o polohe obrazu slnečného disku, vytvoreného týmto malým

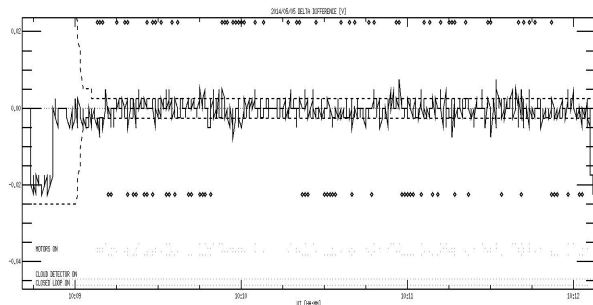
objektívom. Primárny objektív koronografu a malý objektív pointra majú rovnakú závislosť ohniskovej vzdialenosti na vlnovej dĺžke. Fotografia z roku 2012 (obr.5) zachytáva pôvodný i nový typ pointra na pravom koronografe.



Obr.5: Pôvodný a nový pointer (pointer R) na pravom koronografe. Pôvodný pointer využíval len malý tubus upevnený na koronografe blízko deklinačnej osi montáže (tenká rúra nad telom koronografu). Objektív nového pointra vidieť umiestnený pred hnedou rúrou pointra (na obrázku vpravo) v strede cloniackej plochy. Diódy sú umiestnené na konci tejto rúry (vľavo dole).

Pointer R v spätnej väzbe reguluje rýchlosť motora hodinového stroja čo upravuje pohyb koronografu v rektascenzii. Zároveň pointer reguluje aj naklonenie polohy telesa koronografu voči deklinačnej osi. Využitie pointera je možné až po nasmerovaní optickej osi koronografu na stred slnečného disku, ktoré je potrebné nastaviť manuálne s vizuálnou kontrolou obrazu detektorov CoMP-S. Ovládací program pointera je vytvorený v grafickom programovacom prostredí LabVIEW a program tiež automaticky ukladá denné záznamy činnosti pointera na disk (obr.6).

Postupná inovácia pozorovacích prístrojov si vyžiadala aj vývoj novej elektroniky pointera R, ktorá by mala v porovnaní so súčasnou verziou zlepšiť presnosť pointera desaťnásobne. Dokončenie a testovanie tejto elektroniky by malo byť hotové do konca roku 2014.



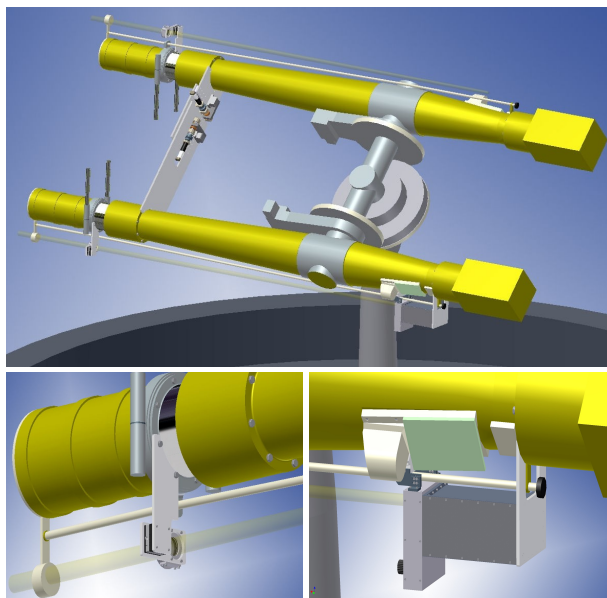
Obr.6: Ukážka záznamu činnosti pointra R počas ~3 minút pri korekcii smeru v deklinácii. Súvislá čiara znázorňuje navádzanie okolo požadovaného smeru, ktoré je po istom čase nastavené na rozsah len $\pm 2.5''$ (prerušované čiary). Značkami v grafe sú označené okamihy akcií motora pohybu koronografu v smere deklinácie, ktoré boli vynútené prekročením nastavenej tolerancie navádzania.

5. POINTER H

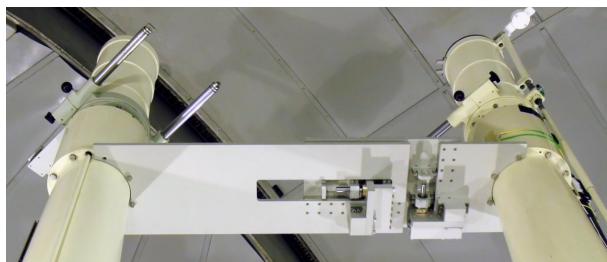
Od inštalácie druhého koronografu v kupole observatória v septembri 1970 bolo cieľom dokázať pozorovať oboma koronografmi súčasne (Rybanský, 1971). Len tak je totiž možné kvôli farebnej aberácii primárnych objektívov koronograficky pozorovať protuberancie či emisnú korónu v dvoch rozdielnych vlnových dĺžkach súčasne. Po namontovaní druhého koronografu na spoločnú montáž s prvým koronografom sa zistilo, že optické osi koronografov - napriek tomu, že koronografy bolo možné nezávislo nastavovať v deklinácii - vykazujú vždy veľkú odchýlku v hodinovom uhle (rádovo až stovky oblúkových sekúnd). Podrobné merania tejto vzájomnej odchýlky optických osí koronografov, vykonané v ostatných rokoch ukázali, že odchýlka sa mení pri sledovaní Slnka v priebehu dňa a pohybuje sa v rozsahu od $0-500''$ v deklinácii a $150-470''$ v hodinovom uhle. Merania prebiehali v časovom intervale $\pm 6,5$ hodiny od miestneho poludnia pre dni v období okolo letného slnovratu. Vykonané testy ohybu telesa samostatného koronografu v celom využívanom rozsahu deklinácie a hodinového uhla ukázali odklony od priameho smeru v oveľa menšom rozsahu - len do $\sim 100''$ v oboch smeroch. Maximálna zmena tvaru nastáva v čase miestneho poludnia okolo letného slnovratu ($\sim 8''/\text{hod}$). Porovnanie týchto výsledkov viedlo k uzávieru, že na vzájomnej odchýlke optických osí koronografu sa musí podieľať i deklinačná os montáže, resp. mechanické časti telesa montáže medzi deklinačnou osou a samotným koronografom.

Návrh technického riešenia tohoto problému poskytla AsÚ SAV technická štúdia pripravená firmou HANKOM Engineering (Rotterdam, Holandsko). Optimálne riešenie je založené na koncepcii použitej už i v pointri R. Pointačný ďalekohľad pozostáva zo šošovky, upevnenej priamo na obrube primárneho objektívu koronografu, a z detektora polohy obrazu slnečného disku pointra, uchyteného pevne v blízkosti umelého mesiaca koronografu. Pointačný ďalekohľad je namontovaný na každom z koronografov (obr.7). Analógová elektronika, vyhodnocujúca polohu obrazov slnečného disku, vytvorených týmito pointrami, umožňuje v spätnej väzbe upravovať vzájomnú polohu predných častí koronografov s primárnymi objektívmi. Korekciu vykonáva v deklinácii aj v hodinovom uhle, a tak eliminuje vzájomnú odchýlku optických osí koronografov. Systém samozrejme pred samotnou inštaláciou vyžadoval presné zosúladienie optických osí koronografov a optických osí pointačných ďalekohľadov. Štúdia na základe meraní tuhosti mechanického systému koronografov, vykonaných na observatóriu firmou HANKOM Engineering, tiež ukázala, že je technicky dosiahnuteľné mechanické odstránenie ohybu tubusu koronografov v ich prednej časti natoľko, že ich optické osi sú rovnobežné. Mechanizmus využíva malé elektromotory s extrémnym mechanickým prevodom (1:16000) pre dosiahnutie potrebnej sily na zmenu tvaru telesa koronografu a to

nezávisle v deklinácii a hodinovom uhle. Napriek priestorovým, hmotnostným a elektronickým obmedzeniam dokáže pointer H zachovať rovnobežnosť optických osí v celom rozsahu deklinácií a hodinového uhla s presnosťou lepšou ako 2". Mechanická zosúladzovacia konštrukcia pointra H je umiestnená medzi prednými časťami telies koronografov (obr.8).



Obr.7: Ilustrácia technického riešenia zosúladenia optických osí koronografov navrhnutého firmou HANKOM Engineering. Horný panel je celkovým pohľadom na navrhovanú inštaláciu. Detail uchytenia objektívu pointačného ďalekohľadu (vľavo dole) a detail detekčnej jednotky (vpravo dole) ukazujú navrhované technické upevnenie zariadení na koronografe.

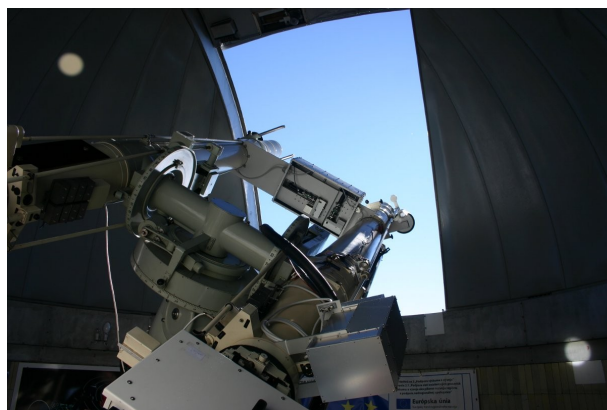


Obr.8: Ukážka odkrytovej zosúladzovacej mechanickej konštrukcie medzi prednými časťami koronografov s kompletnou mechanikou ale bez elektromotorov, prevodoviek a elektroinštalácie.

Technickou realizáciou tohto pointačného systému bola opäť poverená firma HANKOM Engineering a vykonala ju v novembri 2012 s následnou úpravou na základe výsledkov testovacej prevádzky zariadenia v septembri 2013.

Prvé skutočné simultánne pozorovania pomocou oboch koronografov vybavených prístrojmi CoMP-S a prototypom prístroja CorMag boli potom prvýkrát vykonané 21. mája 2014 v rámci koordinovanej pozorovacej kampane s prístrojmi EIS, XRT a SOT

družice Hinode a s družicou IRIS zameranej na pozorovania protuberancií a slnečných tornád. Tento dátum sa stal tak pre observatórium historickým, keďže v tento deň bol dosiahnutý nakoniec cieľ vytýčený pracovníkmi observatória už na konci 60-tych rokov minulého storočia. Tento okamih dokumentuje obrázok zachytávajúci na vnútornom plášti kupoly dve odrazené svetlá z umelých mesiacoch oboch koronografov súčasne (obr.9). Vyriešenie tohoto problému podstatne rozšíri naše pozorovacie a interpretačné možnosti keďže môžeme vykonávať pozorovania v dvoch rôznych emisných čiarach súčasne. V budúcnosti ešte plánujeme zjednodušiť ovládanie celého pointačného systému.



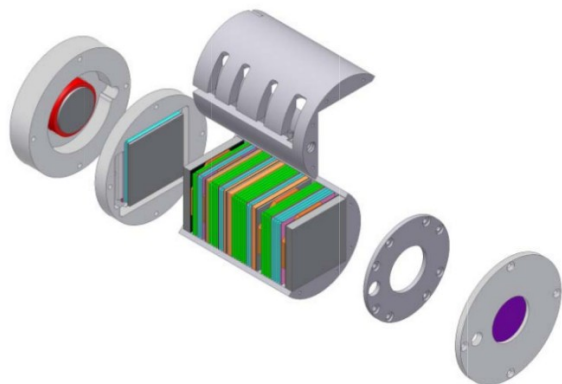
Obr.9: Zachytenie historického momentu súčasných pozorovaní oboma koronografmi observatória naraz 21. mája 2014. Dva kruhové jasné plochy na vnútornom plášti a stene kupoly sú vytvorené svetlom slnečného disku odrazenom na umelom mesiaci z oboch koronografov súčasne. V strede medzi prednými časťami koronografov je vidieť vnútro zosúladzovacej konštrukcie.

6. PRÍSTROJ CorMag

Oddelenie fyziky Slnka AsÚ SAV spolupracuje so skupinou prof. S. Fineschiho (INAF-Osservatorio Astrofisico di Torino, Torino, Taliansko) na príprave ďalšieho postfokálneho prístroja pre ľavý koronograf observatória (Capobianco a kol., 2014). Jedná sa znova o spektropolarimeter, založený na Lyotovom type úzkopásmového filtra, vybavený polarimetrom.

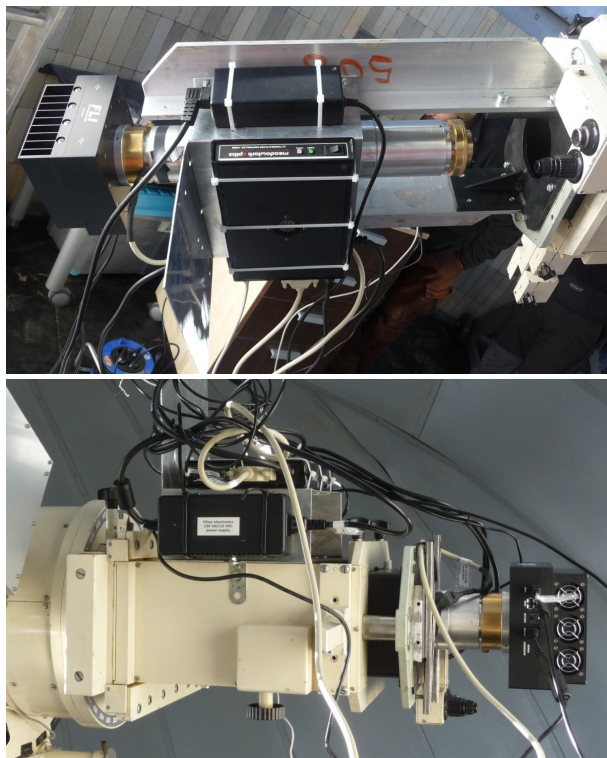
Pôvodne bol tento filter pripravovaný pre prístroj ASPIICS, koronograf na pozorovanie emisnej koróny na technologickej družici PROBA 3 vesmírnej agentúry ESA (Fineschi a kol., 2011). Filter s apertúrou 20 mm pozostáva zo štyroch stupňov laditeľných pomocou tekutých kryštálov v okolí zelenej koronálnej čiary (530,28 nm). Jeho pásmo priepustnosti má šírku 0,15 nm a voľné spektrálne pásmo je ~2.7 nm. Krok ladenia je minimálne 0,01 nm. Predfilter firmy ANDOVER má pásmo priepustnosti široké 1,89 nm s centrom pri 530,69 nm. Polarimeter prístroja pozostáva s štvrtvlnovej doštičky a tekutého kryštálu (obr.10). Prístroj je vybavený CCD kamerou FLI Pro line 1001E

s čipom Kodak KAF-1001E (1024 x 1024 24 μm pixlov, 16-bitový výstup) a interferenčným filtrom blokujúcim parazitné infračervené svetlo prepúšťané predfiltrom prístroja.



Obr.10: 3D vizualizácia Lyotovho filtra prístroja CorMag s predfiltrom, tekutým kryštálom polarimetra, zostavou štyroch stupňov filtra a štvrt'vlnovou doštičkou polarimetra (zľava doprava).

Prístroj CorMag bol pre inštaláciu na koronografe observatória pôvodne pripravený v telecentrickom zväzku s využitím dodatočnej optickej sústavy pre filter a medzi filtrom a kamerou. Na základe výsledkov testov tohto usporiadania sa však prijalo rozhodnutie prerobiť prístroj pre konvergentný zväzok a navyše pripraviť filter s predfiltrom s náklonom 5°



Obr.11: Prístroj CorMag počas testov na ľavom koronografe observatória – pôvodná optická konfigurácia v telecentrickom zväzku (hore) a dočasná mechanická konštrukcia konfigurácie v konvergentnom zväzku (dolu).

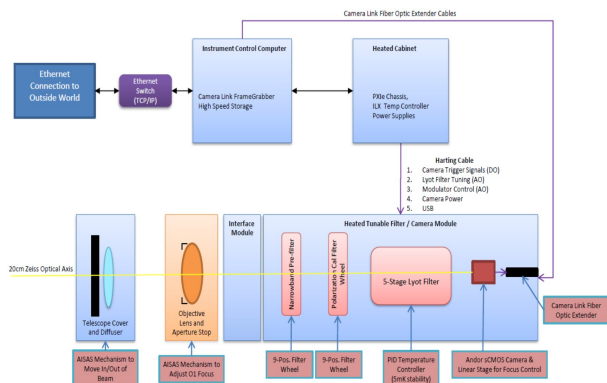
voči optickej osi koronografu (obr.11). Dôvodom pre tieto zmeny boli neúmerne silné parazitné obrazy vo výslednom obraze spôsobované opakovanými odrazmi svetla medzi predfiltrom a kolimačnou optikou prístroja, resp. medzi predfiltrom a zobrazovacím objektívom koronografu. Testy predfiltra a filtra s takýmto náklonom voči optickej osi v laboratóriu preukázali dostatočne malú úroveň parazitných odrazov svetla.

Ako dopadnú merania a pozorovania priamo pomocou koronografu už s optimalizovanou mechanikou pre konvergentnú konfiguráciu prístroja s týmto náklonom predfiltra a filtra sa ukáže už čoskoro. Opätovné namontovanie prístroja na koronograf má začať v deň uzávierky pre príspevky do tohto zborníka.

7. PRÍSTROJ SCD

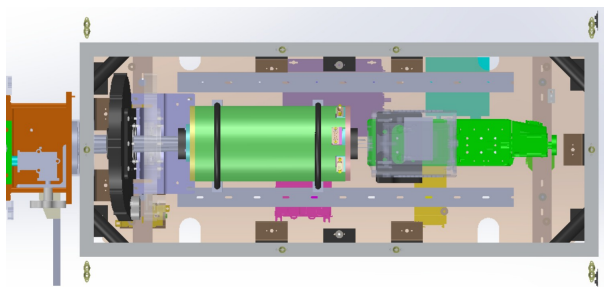
Na základe viacerých astrofyzikálnych dôvodov sa Oddelenie fyziky Slnka AsÚ rozhodlo rozšíriť pozorovacie možnosti observatória i o spektropolarimetrické pozorovania slnečnej atmosféry v chromosférických čiarach priamo na slnečnom disku. Hlavným dôvodom bola potreba pozorovať prejavy aktivity Slnka v chromosfére, ktorých časti sú na observatóriu sledované i nad slnečným limbom.

Podobne ako je to v prípade prístroja CoMP-S, mal i pripravovaný prístroj SCD svojho predchodcu, ktorým je projekt s názvom CHROMAG (McIntosh a kol., 2012) ktorý je v príprave pre Mauna Loa Observatory. Prístroj SCD pre naše observatórium má rovnaký koncept ako prístroj CHROMAG s tým rozdielom, že jeho Lyotov filter bude mať len 5 stupňov s pásmom priepustnosti širokým od 0,012 (550 nm) do 0,046 nm (1100 nm). Predfiltre prístroja budú umožňovať pozorovať spektrálne čiary v rozsahu 500-1100 nm, menovite čiary chromosféry He I 587.6 nm, Na I 589.6 nm, H I 656.3 nm, Ca II 849.8 nm, Ca II 854.2 nm, Ca II 866.2 a He I 1083.0 nm a fotosférické čiary Fe I 557.6 nm, Fe I 630.15 nm a Fe I 630.25 nm. Prístroj bude vybavený polarimetrom rovnakého typu ako prístroj CoMP-S (Tomczyk a kol., 2010) a jeho detektorom bude už spomínaná kamera Andor Neo sCMOS. Prístroj bude umiestnený na ľavom koronografe observatória s podobným ovládaním periférií ako v prípade prístroja CoMP-S (obr.12). Jeho zorné pole v tomto prípade bude minimálne $800'' \times 600''$ s teoretickým priestorovým rozlíšením od $0,7''$ do $1,4''$. Tepelná regulácia prístroja, elektrická inštalácia, ovládanie periférií na koronografe i riadenie prístroja bude podobné ako v prípade prístroja CoMP-S.



Obr.12: Konceptná schéma prístroja SCD v prípade umiestnenia na koronografe observatória.

V súčasnosti pracovníci nášho observatória d výrobcem dolaďujú už len niektoré technické detaily prístroja SCD ako napr. elektrická kabeláž, termálna regulácia, mechanika prístroja (obr.13). Prístroj SCD sa pripravuje tak, aby ho bolo možné napájať alternatívne i achromatickým objektívom ZEISS AS 150/2250 a aby poskytoval celodiskové pozorovania Slnka s priestorovou škálou $\sim 1''/\text{pixel}$. Prístroj SCD bude vyrábaný na prelome rokov 2014/2015 s dodávkou vo februári 2015.



Obr.13: Pohľad zhora na komponenty prístroja SCD (zľava doprava): mechanický interfejs, karusel predfiltrov (čierne), kalibračný karusel (slabosivý), Lyotov filter (svetlozelený), kamera Andor (tmavosivá), polohovacie zariadenie (zelené). Rozmery prístroja budú 30 x 110 x 40 cm (š,v,h).

8. INFRAŠTRUKTÚRA OBSERVATÓRIA

Inštalácia nových zariadení koronagrafov s polovodičovými detektormi si v ostatných rokoch vynútila vykonať viacero úprav a rozšírení infraštruktúry observatória. V suteréne budovy v spodnej časti železobetónového základu montáže koronagrafov bola zriadená serverovňa observatória s rozmermi 1,6 x 1,6 m vybavená jedným 19" stojanom, dvojtitou podlahou a redundantnou klimatizáciou. V serverovni sa nachádzajú sieťové prvky, riadiace počítače postfokálnych prístrojov a počítač R, počítač pre spracovanie dát pozorovaní, diskové polia pre uloženie dát a záložné zdroje napájania.

V budove observatória je plne realizovaná nová elektrická a optovláknová kabeláž medzi serverovňou a kupolou. Jej náčrt už bol uverejnený v zborníku z predošlého seminára (Rybák a kol, 2012, obr.6). Súčasne bolo v kupole realizované elektrické napájanie jednotlivých prístrojov a motorov na montáži ako i výhrevných a ventilačných zariadení prístrojov potrebnými elektrickými napätiami.

V roku 2014 bola vykonaná generálna oprava Ni-Cd batérií používaných na observatóriu. Pre tieto batérie a ich nabíjacie zariadenie bola vytvorená nová miestnosť bližšie ku kupole. Batérie majú kapacitu ~ 10 Ah pri napätí 24 V. Tieto batérie sa dnes používajú pre zabezpečenie ohrevu kritických častí prístrojov observatória v prípade výpadku dodávky elektrickej energie na observatóriu, resp. počas vypnutia napájania elektrickej siete 230 V.

Firma Carl Zeiss Jena na začiatku 60-tych rokov dodala i kupolu observatória s špeciálnym systémom elektrického ohrevu niektorých častí kupoly observatória s príkonom 27 x 800 W tak, aby bolo zabezpečené rozmrazenie ľadu a snehu, brániaceho v zime otáčaniu kupoly a otváraní/zatváraní štrbiny kupoly. Toto zariadenie prešlo nedávno generálnou opravou s obnovením jeho plnej funkčnosti a elektrickej bezpečnosti. Po skúsenostiach s jeho prevádzkou však bolo upustené od pravidelného používania tohto zariadenia. Používanie zariadenia by totiž mohlo viesť v niektorých situáciách k mechanickému poškodeniu kupoly a jej štrbiny. To by mohlo spôsobiť stav, keď by nebolo možné zatvoriť otvorenú kupolu.

Pre preventívne zníženie zaťaženia a zasneženia kupoly s možným vniknutím snehu, ľadu a pre zamedzenie tvorby námrazy vo vnútri kupoly bolo zavedené stále natáčanie kupoly štrbinou proti smeru vetra na Lomnickom štíte. Okrem toho bol na streche observatória inštalovaný sklápací rebrík, z ktorého je možné manuálne s pomocou prípravkov odstrániť podstatnú časť ľadu a snehu z kupoly. K zníženiu zasneženia kupoly prispieva v zime i pravidelné udržiavanie čistého priestoru okolo múru kupoly, ktoré umožňuje zlepšené obtekanie vetra so snehom okolo kupoly.

V priebehu roka 2011 bola našimi pracovníkmi vykonaná nevyhnutná úprava kupoly vynútená postupným poškodzovaním opláštenia kupoly pri otváraní, resp. zatváraní jej štrbiny. Hlavnou časťou úpravy bola mechanická úprava hornej časti štrbiny tak, aby táto neničila opláštenie kupoly a aby bolo súčasne minimalizované prenikanie snehu a ľadu do kupoly.

V tom istom roku pracovníci observatória vykonali i výmenu koncových spínačov pohybu štrbiny kupoly a opravu brzdy pohybu štrbiny kupoly, ktoré boli nevyhnutne potrebné pre zabezpečenie pozorovaní a ochranu kupoly a jej zariadení.

Štrbina kupoly observatória sa skladá z dvoch vertikálne nad sebou umiestnených častí, ktoré je v letnom období potrebné okolo obeda rozpájať, aby bolo možné pozorovať i pri vysokej výške Slnka nad obzorom. V roku 2011 bola vykonaná generálna oprava elektrického pohonu a ovládania tohto zariadenia ako i jeho mechanických častí.

9. BUDOVA OBSERVATÓRIA

Samotná budova observatória prešla v ostatných rokoch tiež viacerými zmenami, ktoré boli vynútené prevádzkou observatória.

V roku 2009 sa prestala používať fotokomora observatória na svoj pôvodný účel. V roku 2014 bola táto miestnosť vynovená a je dnes používaná hosťami observatória ako spálňa a súčasne pracovňa.

V roku 2012 boli vykonaná úpravu suterénu budovy ktoré umožnili urobiť generálnu opravu nádrží na úžitkovú vodu s celkovým objemom 11,5 m³. Nádrže boli po viac ako 50 rokoch prvýkrát vyčistené a boli vybavené montážnymi otvormi pre ich pravidelné čistenie.

Miestnosti observatória a samotná kupola boli nedávno vybavené novým kvalitným nábytkom pripraveným na mieru podľa našich potrieb. Nábytok pre štyri ubytovacie miestnosti, jednu pracovňu a špeciálny nábytok do kupoly vyrobila a inštalovala firma Trendwood-twd z Banskej Bystrice. Vďaka láskavej ochote riaditeľa firmy Ing. I. Patráša bol tento nábytok sponzorským darom firmy Observatóriu Lomnický štít AsÚ SAV.

Ďalších donorom observatória sa stala v roku 2013 firma RI-okna (Bzenec, ČR) ktorá darovala AsÚ SAV 22 hliníkových okien systému PONZIO PE 68 HI so sklami typu Planibel Clear. Tieto nahradili hliníkové okná inštalované na observatóriu v 80-tych rokoch s ktorými boli už v posledných rokoch výrazné problémy a boli nanajvýš nehospodárne.

10. DO BUDÚCNOSTI OBSERVATÓRIA

Tento príspevok je len stručnou správou o súčasnom stave observatória a o plánoch na najbližšie obdobie. Kvôli obmedzenému rozsahu nebolo možné popísať všetky technické detaily riešení, ktoré sme v príspevku spomenuli.

Dúfame, že v najbližších rokoch sa nám podarí ďalej pokročiť v realizácii našich technických a observačných plánov a že tak obsah tohto príspevku bude už v najbližšom čase len správou o stave observatória dávno minulosť a zabudnutom. Veď práve taký by mal byť

osud všetkých príspevkov o observatóriách s názvom „Súčasný stav...“

Pod'akovanie

Príspevok vznikol vďaka podpore projektu grantovej agentúry VEGA 02/0064/09 a bol podporovaný i Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-0816-11. Tento článok bol vytvorený realizáciou projektu ITMS číslo 26220120029 na základe podpory operačného programu Výskum a vývoj financovaného z Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Autori príspevku ďakujú za pomoc ďalším pracovníkom AsÚ SAV, ktorí sa podieľali na prácach na Observatóriu Lomnický štít, menovite F. Budzákovi, J. Kleinovi a S. Štefánikovi.

Na záver by sme radi poďakovali našim predchodcom, pracujúcim na Observatóriu Lomnický štít, ktorí v priebehu predošlých desaťročí zrealizovali zriadenie observatória a zabezpečovali na ňom pravidelné koronografické pozorovania protuberancií a emisnej koróny. Bez nimi v minulosti vykonanej práce na observatóriu by tento príspevok nemohol byť napísaný.

LITERATÚRA

Capobianco, G., Fineschi, S., Massone, G., Rybak, J., Ambroz, J., Kozak, M., Kucera, A., 2014, SPIE Newsroom, DOI: 10.1117/2.1201407.005531, on-line: <http://spie.org/x109046.xml?highlight=x2418&ArticleID=x109046>

Fineschi, S., Capobianco, G., Massone, G., Baur, T., Bemporad, A., Abbo, L., Zangrilli, L., Dadeppo, V. 2011, Proc. SPIE 8184, p. 814808, doi:10.1117/12.897793

Kučera, A., Ambróz, J., Gömöry, P., Kozák, M., Rybák, J., 2011, Contributions of the Astronomical Observatory Skalnaté Pleso 40, 135

Lexa, J., 1963, Bulletin of the Astronomical Institutes of Czechoslovakia 14, 107

Lytot, B., 1932, Zeitschrift für Astrophysik 5, 73

Lytot, B., 1939, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 99, 580

Lytot, B., 1933, Comptes Rendus Acad. Sci., 197, 1593

Lytot, B., 1944, Annales d'Astrophysique 7, 31

McIntosh, S. W., Casini, R., Lites, B., Tomczyk, S., Berger, T., Cauzzi, G., Reardon, K., Ortiz, A., Rouppe van der Voort, N., 2012, <http://www.hao.ucar.edu/CommunityWorkshopGroundBasedSolarResearch/whitePages/McIntoshScott-SH-ChroMag.pdf>

Öhman, Y., 1938, Nature 141, 157

Rybák, J., Mačura, R., Gömöry, P., Kučera, A., 2010a, Zborník z 20. celoslovenského slnečného seminára Papradno 2010, SÚH Hurbanovo, 191

Rybák, J., Ambróz, J., Gömöry, P., Kozák, M., Kučera, A., Tomczyk, S., Sewell, S., Summers, R., Sutherland, L., Watt, A., 2010b, Zborník

z 20. celoslovenského slnečného seminára Papradno 2010, SÚH Hurbanovo, 196

Rybák, J., Ambróz, J., Gömöry, P., Kozák, M., Kučera, A., Tomczyk, S., Sewell, S., Aumiller, P., Summers, R., Sutherland, L., Watt, A., 2012, Zborník z 21. celoslovenského slnečného seminára Stará Turá 2012, SÚH Hurbanovo, ISBN: 978-80-85221-74-9, 36

Rybanský, M., 1971, Říše hvězd 52, 25

Tomczyk, S., Card, G., Darnell, T., Elmore, D., Lull, R., Nelson, P., Streander, K., Burkepile, J., Casini, R., Judge, P., 2008, Sol. Phys. 247, 411

Tomczyk, S., Casini, R., and de Wijn, A., 2010, Applied Optics 49, 3580

S. Vives, P. Lamy, M. Venet, P. Levacher, J.L. Boit, 2007, SPIE 6689, 66890F-1 - 66890F-12