

## Pozorovacie programy MPH na AGO v Modre

L. Kornoš, Katedra astronómie, fyziky Zeme a meteorológie,  
Fakulta matematiky, fyziky a informatiky, Univerzita Komenského v Bratislave

### Abstrakt

Astronomické a geofyzikálne observatórium (AGO) Fakulty matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského v Bratislave sa nachádza približne 50 km SV od Bratislavy v katastri mestečka Modra v Malých Karpatoch, v nadmorskej výške 530 m. Pozorovacie programy na AGO sa v oblasti medziplanetárnej hmoty orientujú na astrometriu asteroidov a komét, fotometriu asteroidov, doplnkové programy – zákryty hviezd planétkami, veľkoškálové javy komét a okrem MPH tranzity exoplanét. Ďalšou veľkou skupinou sú pozorovania meteorov troma technikami: radarom, fotograficky a TV systémom.

### 1. Pozorovania hlavným ďalekohľadom

Hlavným astronomickým prístrojom observatória je 60 cm reflektor  $f/5,5$  s ohniskovou vzdialenosťou 329 cm. V primárnom ohnisku sa postupne vystriedali CCD kamery SBIG ST6, SBIG ST8 a v súčasnosti Apogee Ap8. Zorné pole kamery je  $25 \times 25$  arcmin, škála  $1,5''/\text{pixel}$  a dosahovaná limitná magnitúda okolo  $20^m$ , v závislosti od pozorovacích podmienok.

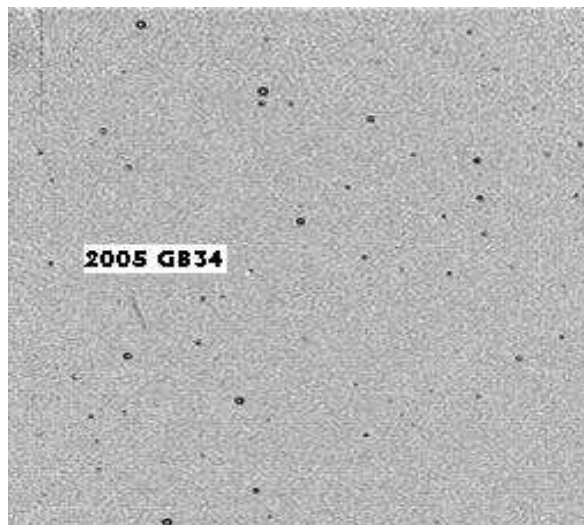
Riadenie ďalekohľadu, CCD kamery a kupoly je ovládané cez PC a lokálnu sieť elektronikou a programom vyvinutým na observatóriu. V testovacom režime pracuje prvá verzia kontroly chodu pohonu a autopointácia prístroja.

#### 1.1 Astrometria

Prvým pravidelným pozorovacím programom so 60 cm ďalekohľadom bola astrometria malých telies slnečnej sústavy. Od r. 1995 získavame presné pozície vybraných asteroidov a komét a zasielame ich do Centra pre malé planéty pri IAU. Donedávna to bolo niekoľko tisíc pozícií ročne. Počas tohoto obdobia sa nám podarilo objaviť vyše 160 asteroidov z hlavného pásu a dva blízkozemské asteroidy,  $2005 GB_{34}$  typu Apollo a  $2008 UW_5$  typu Amor. Takmer 30 asteroidov dostalo na návrh objaviteľov pomenovanie, mnohé z nich podľa našich miest, inštitúcií a významných osobností, resp. blízkych osôb, napr. *Comeniana*, *Istropolitana*, *Antonhajduk*, *Janfischer*, *Satinský*, *Siráň*, *Svoreň* a ďalšie.

V súčasnosti vo svete pracujú veľké prehliadkové projekty (LINEAR, Spacewatch, Siding Spring Survey, Catalina Sky Survey a ďalšie), zamerané na vyhľadávanie telies nebezpečných pre Zem. Náš astrometrický program sa preto zredukoval najmä na telesá objavené prehliadkami, kde je potrebné potvrdiť realitu objavu a zabezpečiť ďalšie sledovanie aspoň dovedy, kým sa nezíska prvá predbežná dráha, aby sa objekt nestratil. Tiež pokračujeme v sledovaní komét, čo umožňuje spresňovať neregulárne parametre ich dynamiky.

*Blízkozemský asteroid 2005 GB34, objavený na AGO, sa vďaka rýchlemu uhlovému pohybu na prvej sérii snímok prejavil ako čiarka*

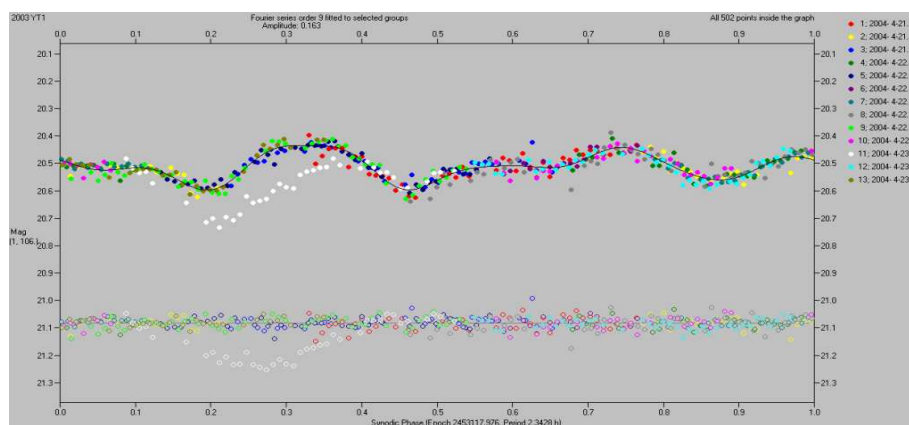


## 1.2 Fotometria

Fotometria asteroidov je v súčasnosti hlavným pozorovacím programom so 60 cm ďalekohľadom. Limitná magnitúda sa vzhľadom na požadovanú presnosť, lepšiu ako  $0,03^m$ , pohybuje okolo  $16^m$  -  $17^m$ . Z toho vychádza aj výber pozorovaných objektov: blízkozemské asteroidy, krížiče Marsu a telesá vnútorného hlavného pásu.

Z našich fotometrických pozorovaní z Modry sa podarilo určiť alebo spresniť synodickú rotačnú periódu pre viac ako 70 asteroidov. Pre niekoľko ďalších asteroidov sme nezávisle potvrdili a spresnili výsledky fotometrických pozorovaní z iných observatórií. V spolupráci s viacerými observatóriami sme sa zapojili aj do výskumu rotácie niekoľkých malých blízkozemských asteroidov, ako aj do skúmania asteroidov, ktoré okrem rotácie vykonávajú aj precesný pohyb, a navyše sme v niektorých prípadoch prispeli k odhaleniu podvojných systémov.

V spolupráci s viacerými ďalšími observatóriami na rôznych zemepisných dĺžkach sa zúčastňujeme programu Photometric Survey for Asynchronous Binary Asteroids, dr. P. Pravec, Ondřejov, ktorého cieľom je študovať binárne asteroidy, ktorých zložky nemajú viazanú rotáciu a nájst' výberové pozorovacie efekty pôsobiace v skúmanej vzorke.



*Svetelná krivka asteroidu 2003 YF1 (naproti dole). Asteroid bol pozorovaný niekoľko nocí na viacerých observató-riách. Pokles jasnosti, prvýkrát pozorovaný na AGO, naznačuje podvoj-nosť systému, ktorú po-tvrdil radar Arecibo. Zdroj: P. Pravec*

### 1.3 Doplnkové pozorovania

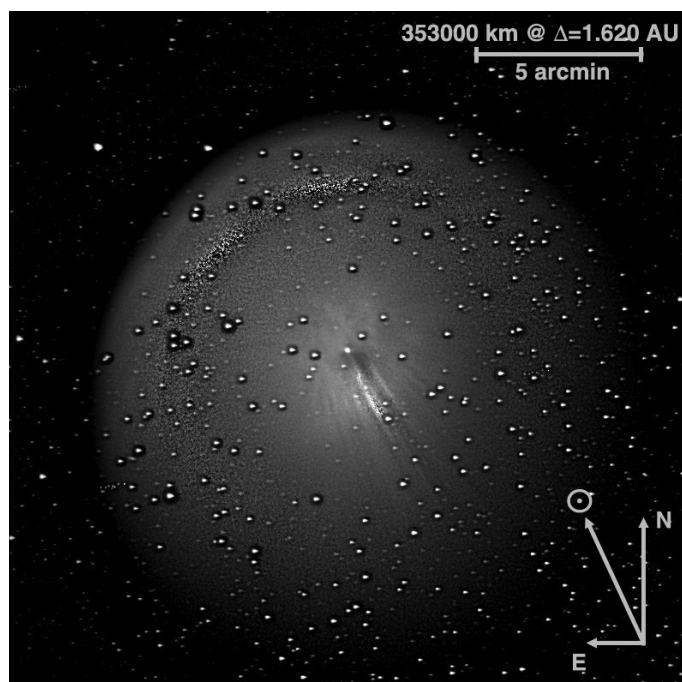
#### *Zákryty hviezd planétkami*

Pri vhodných geometrických podmienkach sa snažíme získať pozorovanie zákrytu technikou vypnutého hodinového stroja. Všetky hviezdy na snímke sa tak javia ako čiary, na stope zakrývanej hviezdy je vidieť na určitom úseku zoslabenie. Presnosť okamihu javu sa takto dá určiť asi na 0,1 s. Treba poznamenať, že sa nám podarilo získať len niekoľko málo pozitívnych pozorovaní.

#### *Veľkoškálové javy v okolí jadier komét*

Program je limitovaný zriedkavým výskytom jasných komét. Len snímky dostatočne jasných komét sa dajú vyhodnotiť rôznymi digitálnymi technikami spracovania obrazu. Potom je možné študovať pohyby výtryskov, únik menších úlomkov z jadra, rozširovanie obálky kométy a pod..

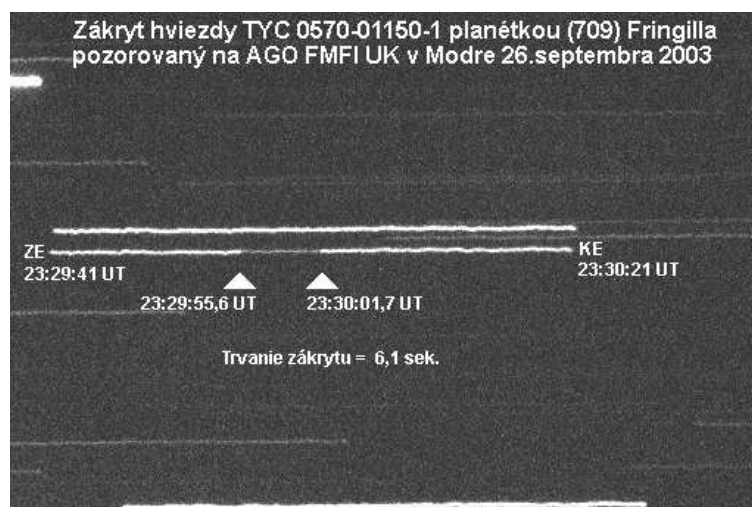
Počítačovo spracovaná snímka kométy 17P/Holmes pri neočakávanom zjasnení v roku 2007. Z fotometrických rezov kolmých k priemetu vektora Slnko - kométa sme zmerali priečny priemer komy v jednotlivých nociach, 9,1 a 15,4 oblúkových minút, čo zodpovedá lineárnym rozmerom približne 643000 a 1086000 km. Za predpokladu rovnomerného rozpínania prachovej komy bola rýchlosť rozpínania odhadnutá na 550 m/s.



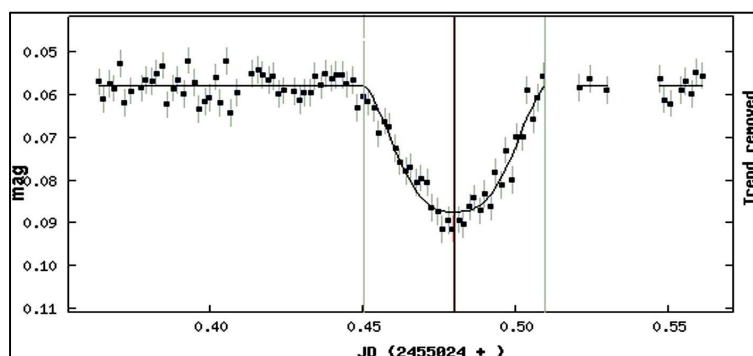
#### *Zákryty hviezd exoplanétami*

Fotometrickou technikou sa nepriamo dajú pozorovať aj niektoré planéty pri iných hviezdach. Za pokles jasnosti materskej hviezdy je zodpovedná extrasolárna planéta prechádzajúca popred disk hviezdy. Z poklesu jasnosti a trvania zákrytu sa dá určiť polomer planéty, sklon jej dráhy k rovine zorného lúča a obežná doba okolo hviezdy.

Tento program beží len okolo splnu vo veľkých uhlových vzdialenostiach od Mesiaca. Očakávané poklesy jasnosti hviezdy sú okolo  $0,015^m$  -  $0,03^m$ , čo kladie vysoké nároky na kvalitu pozorovania.



Zákryt hviezdy TYC 0570-01150-1 asteroidom (709) Fringilla. Pri vypnutom hodinovom stroji sa hviezdy zobrazujú ako rovnobežné čiary. Pokles jasnosti hviezdy, vyznačený šípkami, je spôsobený prechodom planétky popred hviezdu



Tranzit exoplanéty TrES-3b. Pokles jasnosti materskej hviezdy bol len  $0,03^m$  a je spôsobený extrasolárnou planétou prechádzajúcou popred disk hviezdy

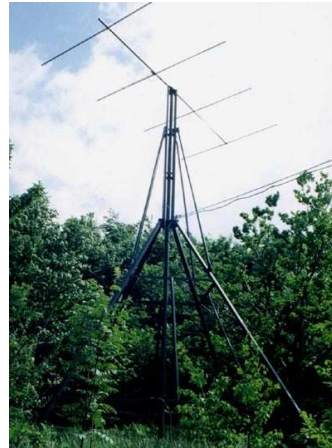
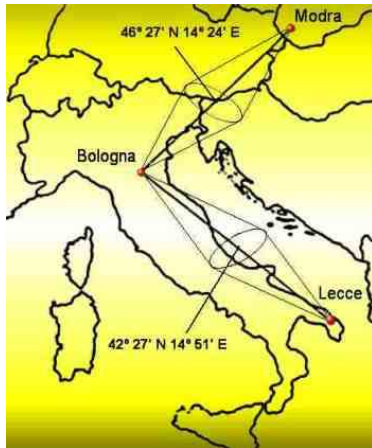
## 2 Meteory

### 2.1 Radarové pozorovania meteorov

Na observatóriu v Modre je umiestnený prijímač dopredného radaru, ktorý je súčasťou systému dopredných radarov Bologna - Lecce - Modra (BLM). Systém je v pravidelnej činnosti od septembra 1996. Jeho koncepcia bola postavená na základe skúseností s niekoľkoročnou prevádzkou základne Bologna - Lecce.

Systém prevádzkuje Oddelenie fyziky stredných vrstiev atmosféry a meteorov CNR - ISAC (Taliansko) v spolupráci s Astronomickým ústavom SAV a FMFI UK.

Vysielač systému je umiestnený v lokalite Budrio neďaleko Bologne (Taliansko). Príslušná dĺžka základne Budrio – Lecce je 728 km, jej azimut je 128°. Dĺžka základne Budrio – Modra je 612 km s azimutom je 44°.



*Schéma systémov dopredných radarov Bologna - Lecce – Modra (vľavo). Prijímacia anténa na AGO (vpravo)*

Systém pracuje na frekvencii 42,77 MHz. Vysiela amplitúdovo modulovaný signál o frekvencii 1 kHz. Prijímače sú pevne ladené na vysielačnú frekvenciu. Výkon vysielača je max. 1 kW. Výstup z prijímačov je privádzaný na vstup analógovo – číslicového prevodníka. Počítačom sú automaticky registrované čas, dĺžky trvania a amplitúdy ozvien, ako aj ich časové priebehy.

Systém je v činnosti v okolí maxima aktivity hlavných meteorických rojov a v obdobiach pozorovania sporadického pozadia. Z doterajších pozorovaní systémom BLM boli publikované niekoľkoročné analýzy aktivity a hmotnostného exponentu nasledovných meteorických rojov: Kvadrantidy, Lyridy, Zeta Perzeidy, Beta Tauridy, Orionidy, Leonidy a Geminidy.

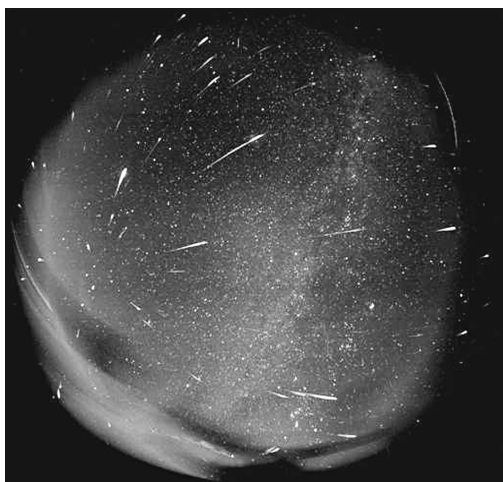
## 2.2 Fotografická celooblohová komora

Stanica č. 21 na AGO UK v Modre je súčasťou Európskej bolidnej siete EN (European Network). Celooblohová komora pozostáva z objektívu typu rybie oko, Zeiss Distagon 3,5/30 mm, tesne pred fotografickou platňou je umiestnený rotujúci sektor, ktorý prerušuje svetelnú stopu meteoru s frekvenciou 10 krát za sekundu.

Počas viac ako 17-ročnej nepretržitej prevádzky sa na stanici zaznamenalo takmer 800 bolidov. Po premeraní snímok údaje slúžili na výpočet presných dráh takmer sto meteoroidov. Z nich zvlášť tie jasné a pomalé môžu byť kandidátmi na pád meteoritu. Takéto udalosti však nie sú časté a závisia od veľkostného rozdelenia telies prichádzajúcich do blízkosti Zeme. Za pozorované obdobie v dosahu stanice č. 21 padli pravdepodobne tri meteority, Morávka, Turji-Remety a Martin, na ktorých hľadani sa zúčastnili aj naši pracovníci. Zatiaľ neúspešne. Hlavnou príčinou bol náročný, členitý, zarastený a ťažko schodný terén.

### 2.3 Televízne meteory

Televízne pozorovania meteorov na Astronomickom a geofyzikálnom observatóriu FMFI UK v Modre sa systematicky prevádzkujú od apríla 2007. Navrhli sme a skonštruovali originálny celooblohový systém, ktorý v televíznom režime (1/25s) sleduje meteorickú aktivitu v okruhu niekoľkých 100 km a tiež akýkoľvek iný svetelný jav na celej oblohe.



*Meteorický dážď Leoníd z r. 1998. Na snímke vľavo s expozíciou 4h 4m sa zachytilo 156 bolidov. Ukážka bolidu z februára 1992 na snímke vpravo*

Nový televízny systém sa skladá z objektívu typu rybie-oko Canon 2,4/15mm, zosilňovača jasu obrazu Mullard, objektívu Meopta 1,9/16mm a kamery Watec 120N. Zorné pole má veľkosť  $170^{\circ} \times 140^{\circ}$  s rozlíšením  $720 \times 540$  pixlov (15 arcmin/pixel). Limitná jasnosť hviezd +5,5mag je porovnateľná s limitnou citlivosťou ľudského oka. Systém pracuje automaticky a je schopný registrovať meteory s jasnosťou do +3mag. Výhodou televízneho systému je časová rozlišovacia schopnosť 0,04s a možnosť registrovať pohyblivé objekty (meteory, satelity, atď.) približne 100-krát slabšie ako fotografickou kamerou. V súčasnosti je v testovacom režime prevádzkovaná druhá TV komora v areáli Arboréta SAV v Tesárskych Mlyňanoch, čo je približne 80 km od Modry. Na oboch staniciach plánujeme vymeniť analógové TV kamery za digitálne.



*Celooblohový televízny systém navrhnutý na AGO (vľavo)*

*Radiant Lyríd z r. 2007 pozorovaný na AGO (vpravo)*



**PodĎakovanie.** Pozorovacie programy na Astronomickom a geofyzikálnom observatóriu FMFI UK v Modre sú podporované grantmi VEGA, č. grantov 2/0016/09 a 1/0636/09.