

Zatmenia a zákryty na Slovensku

*Ján Mäsiar, Kysucká hviezdáreň v Kysuckom Novom Meste,
Sekcia zákrytov a zatmení SAS pri SAV*

Zatmenia Slnka a Mesiaca sú úkazy síce pomerne vzácne, no o to nápadnejšie. Sú dochované správy o ich pozorovaní 3000 rokov pred n.l. u Mayov, neskôr u Egyptanov, Číňanov (22.10.2137 p.n.l. – Bouška, Vavýsek 1963), Babylončanov. Už vtedy bolo známe, že tieto úkazy sa opakujú a boli predpovedané do budúcnosti. Aristoteles z pozorovaní tieňa Zeme pri zatmení Mesiaca experimentálne odvodil guľový tvar Zeme (Tichý, Švec 1965), Aristarchos zo Samosu odhadol veľkosť Mesiaca a jeho vzdialenosť od Zeme. Tieto historické záznamy majú význam aj pre súčasnosť, pomocou nich je možné skúmať pohyb Mesiaca v minulosti a zároveň presnejšie datovať jednotlivé historické udalosti. Až do minulého storočia slúžili pozorovania zatmení len na určenie pohybu Mesiaca. S rozvojom spektroskopie a fotografie stúpol ich význam pre fyzikálny výskum Slnka.

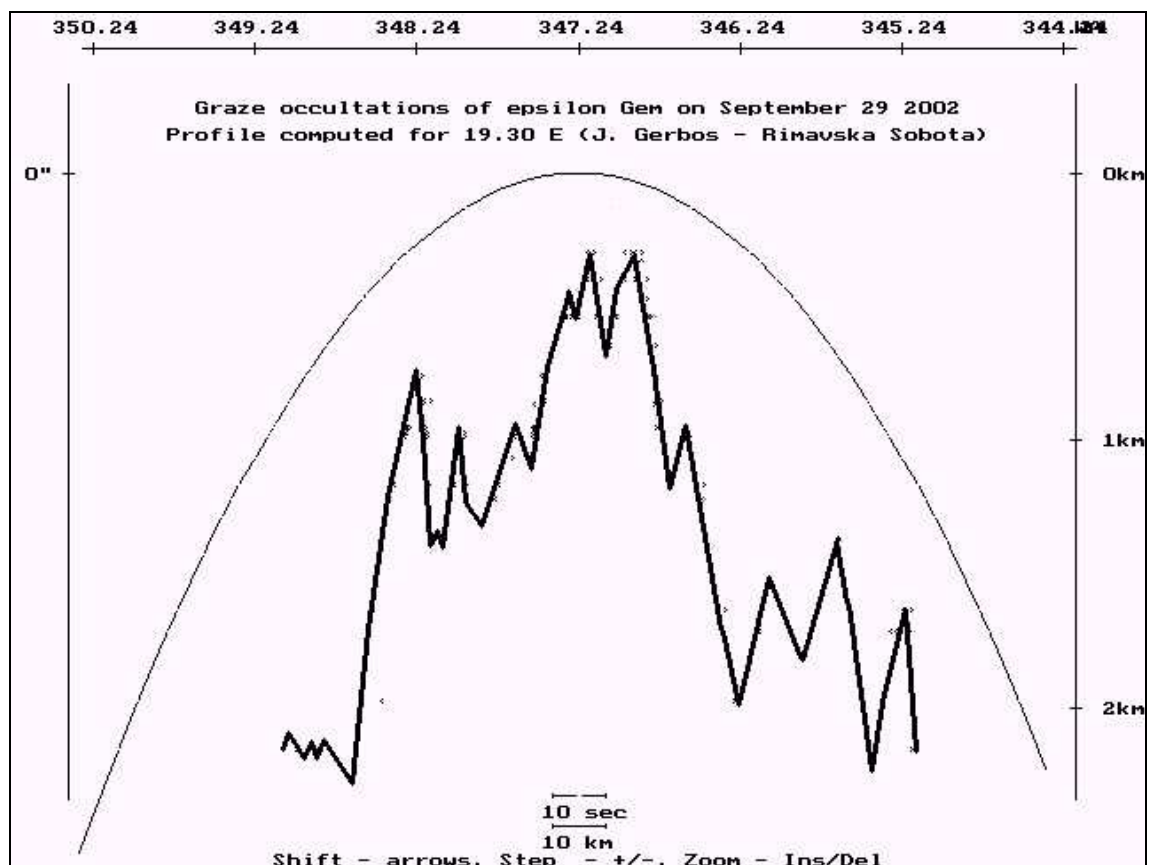
Z podobných úkazov boli pozorované zákryty jasných hviezd Mesiacom, vzájomné úkazy Jupiterových mesiacov (1676 - Römer odvodil rýchlosť svetla). Pozorovanie zákrytov bolo skôr náhodné a výnimočné, ich praktický význam bol len pre geodéziu (určenie tvaru Zeme, paralaxy Mesiaca, topografickej polohy pozorovacieho miesta). Zaujímavosťou je, že 9.3.1497 pozoroval Mikuláš Koperník počas svojich štúdií na právnickej fakulte v Bologni zákryt hviezdy Aldebaran Mesiacom (Bietkowski, Zonn, 1972). K pozorovaniu dovedol Koperníka jeho kolega Domenico Maria di Novara, z katedry astronómie, ktorý bol vášnivým pozorovateľom. Toto pozorovanie bolo význačné z toho dôvodu, že predpoveď zákrytu vychádzala z geocentrickej teórie, podľa ktorej mala byť vzdialenosť Mesiaca od Zeme v okamžiku zákrytu iná, ako pri splne. Pozorovaný okamžik zákrytu sa zásadne líšil od predpovede.

Na začiatku 20. storočia bolo už známe, že rotácia Zeme nie je rovnomerná, preto čas z nej odvodený tiež neplynie rovnomerne. Z toho dôvodu bol zavedený pojem tzv. efemeridového času, ktorý plynie rovnomerne. A práve na určenie tohto času a na určenie presnej polohy, pohybu a tvaru Mesiaca, sa v polovici minulého storočia začali využívať zákryty hviezd Mesiacom. Teoretickým základom pre pozorovania boli práce Eulera, Bessela a Browna. Zásluhou Bessela bol vytvorený matematický aparát, ktorý slúži k výpočtom zákrytov hviezd Mesiacom a zatmení Slnka. Tzv. Besselove elementy majú za úlohu urobiť rýchly výpočet predpovede zákrytu hviezdy a pozíčního uhla pre dané topocentrické miesto. Brownova teória pohybu Mesiaca, teoretické práce Wattsa, Browera, Eckerta s použitím výpočtovej techniky dokážu s dostatočnou presnosťou vypočítať polohu tohto telesa do minulosti aj budúcnosti.

Technických nedostatkov, ktoré obmedzovali využitie zákrytov pre pozíčné merania v širšom rozsahu, ešte v 60. rokoch minulého storočia, bolo viac. Predovšetkým to bola nízka úroveň výpočtovej techniky, pomocou ktorej by bolo možné vypočítať dostatočne presné predpovede okamžikov zákrytov a napozorované údaje spracovať. Na výpočet predpovedí sa využíval tzv. *zákrytový stroj* Greenwichského observatória. Jednalo sa o model, v ktorom Zem bola znázornená glóbusom s priemerom 30 cm so schematickým znázornením pevnín a pozorovacích miest. Na glóbus sa premietal svetelný valec so zdanlivým priemerom Mesiaca. Nepresnosť takto určenej predpovede zákrytu pre vybrané stanice na Zemi dosahovala až 2 minúty. Predpovede sa vykonávali pre hviezdy maximálne 7. - 8.magnitúdy. Pre dotyčnicové zákryty sa musel prepočet vykonať numericke. Ako katalóg sa používal NZC (New Zodiacal Catalogue - Washington 1940 (Hviezdárska ročenka 1947,1948,1949)).

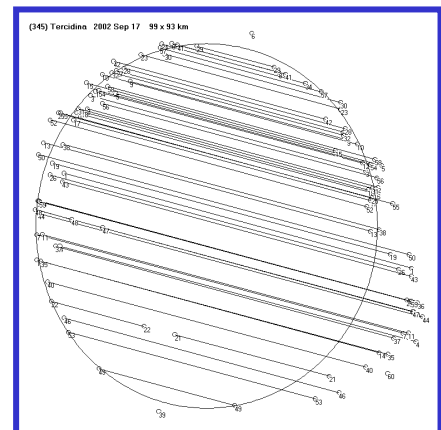
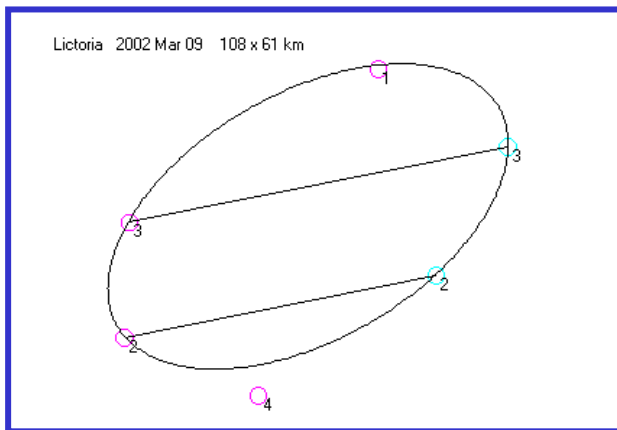
Ďalším nedostatkom boli neznáme nerovnomernosti na povrchu Mesiaca, nedostatočná presnosť v polohe hviezd, pokrytie väčšieho územia presným časovým signálom a nepresná poloha pozorovacieho stanovišťa. Tieto okolnosti ovplyvňovali počet aj kvalitu pozorovaní. V priebehu rokov 1943-1959 bolo v Greenwichi - Herstmonceaux spracovaných 18320 zákrytov, pričom v roku 1944 bolo k spracovaniu použitých iba 701 pozorovaní (Bouška, Vanýsek: Zatmění a zákryty nebeských těles, 1963). Predpovede z Greenwicha - Herstmonceaux sa používali až do roku 1982, pre bývalú ČSR sa výpočty robili pre Prahu a Hodonín (Hvězdářska ročenka 1982).

Začiatkom 60. rokov sa začala systematická celosvetová organizácia pozorovaní zákrytov. V roku 1961 bola pridelená Hvezdárni Valašské Meziříčí celoštátna úloha v odbore časovej služby a pozorovania zákrytov hviezd Mesiacom. Začiatkom roku 1962 začala vznikať na území Československa sieť pozorovacích staníc, ktorým boli pridelené čísla od 100 do 199 pre označenie staníc SZ. Prvou pozorovacou stanicou zo Slovenska sa stala stanica SZ 109 Bratislava, ktorá pracovala do roku 1968. Postupne sa do týchto pozorovaní zapájali ďalšie stanice a pozorovatelia. V súčasnosti pracuje na Slovensku 8 pozorovacích staníc. Predpovede zákrytov boli donedávna zaisťované od United States Naval Observatory (USNO) v USA a International Lunar Occultation Centre (ILOC) v Japonsku, v súčasnosti od International Occultation Timing Association/European Section (IOTA/ES) v SRN. Pri súčasnom stave výpočtovej techniky predpovede prestávajú byť problémom, existuje množstvo dostupného softwaru vydávaného renomovanými organizáciami alebo aj samotnými pozorovateľmi. Spracovanie pozorovaní vykonáva IOTA/ES. Zdokonaľovaním pozorovacej techniky, organizácie pozorovaní a väčšou informovanosťou rástol od roku 1990 záujem o tieto pozorovania.



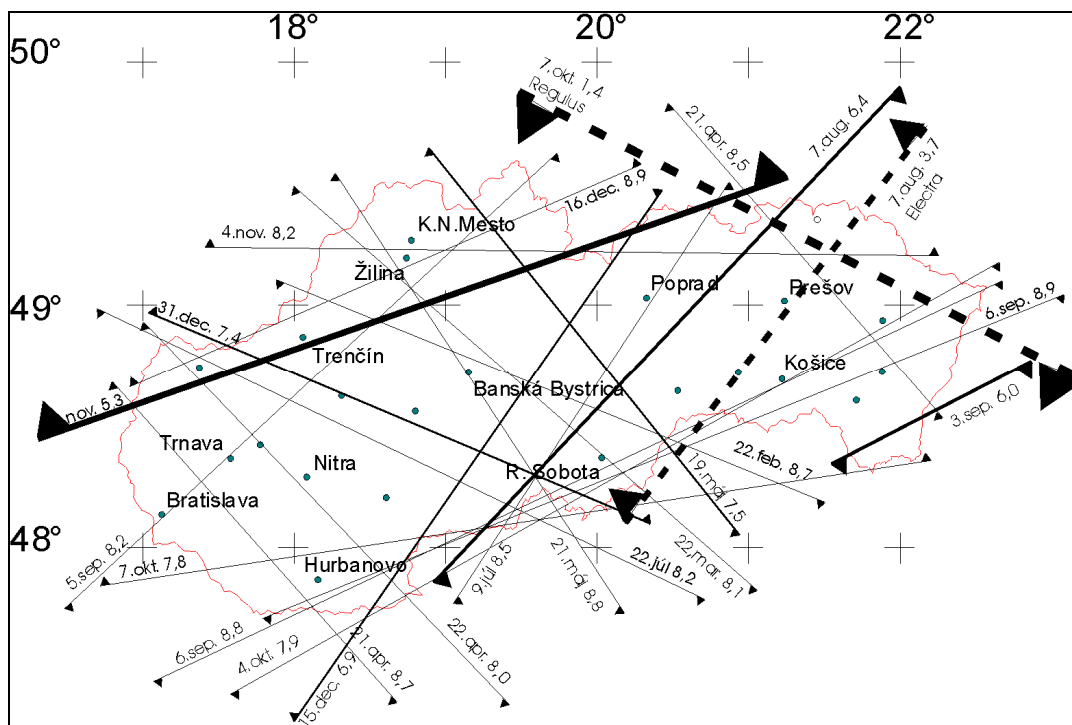
Využitie totálnych zákrytov hviezd v súčasnosti pre astronomický výskum je menšie, ako v minulosti, napriek tomu ich využiť na už spomínané určovanie zákonov pohybu Mesiaca a jeho tvaru, určovanie presnej polohy nebeského rovníka a jarného bodu, z toho plynúce korekcie pre súradnicové systémy a polohy hviezd, ako aj pohyb Zeme, precesiu polárnej osi a sekulárne zmeny sklonu ekliptiky, meranie mesačnej sekulárnej decelerácie v ekliptikálnej dĺžke, určovanie priemerných vlastných pohybov hviezd, Oortove konštanty galaktickej rotácie, určovanie podvojnosti hviezdnych systémov.

Špeciálnym typom zákrytov hviezd Mesiacom sú dotyčnicové zákryty, pri ktorých sa hviezda dotýka teoreticky iba jedného bodu ideálneho mesačného limbu. Keďže obrys Mesiaca je nepravidelný, vhodným rozmiestnením pozorovateľov kolmo na smer pohybu mesačného tieňa je možné získať skutočný profil mesačného povrchu v okolí pólou. Tento typ pozorovaní vykonávajú slovenskí pozorovatelia od roku 1988. Do súčasnosti bolo zorganizovaných viac ako 40 expedícií. Z tohto počtu bolo viac ako 20 úspešných, ostatné sa nepodarilo uskutočniť kvôli nepriaznivému počasiu. Rozvoj pozorovacej a časomernej techniky, skúsenosti organizátorov, dávajú predpoklad k pozorovaniu čoraz slabších hviezd, zvýšeniu počtu pozorovaní a tým aj pravdepodobnosti úspešnosti pozorovaní.



Ďalším typom pozičných meraní sú zákryty hviezd asteroidmi. Tieto pozorovania slúžia na presné určenie polohy a dráhových elementov telies, rozmerov a prípadnej podvojnosti systémov planétok. Vzhľadom na náročnosť pozorovania (predpovede sú počítané s presnosťou ± 5 minút) sa tomuto typu pozorovaní sporadicky venujú len niektoré hviezdárne. Na zvýšenie kvality aj kvantity pozorovaní je potrebné zaviesť do pozorovaní CCD techniku. Je to jedna z oblastí pozičných meraní, kde je možné pri použití jednoduchšej techniky, získať dôležité astronomické dáta. Príklad predpovedí zákrytov hviezd asteroidmi je na nasledujúcom obrázku.

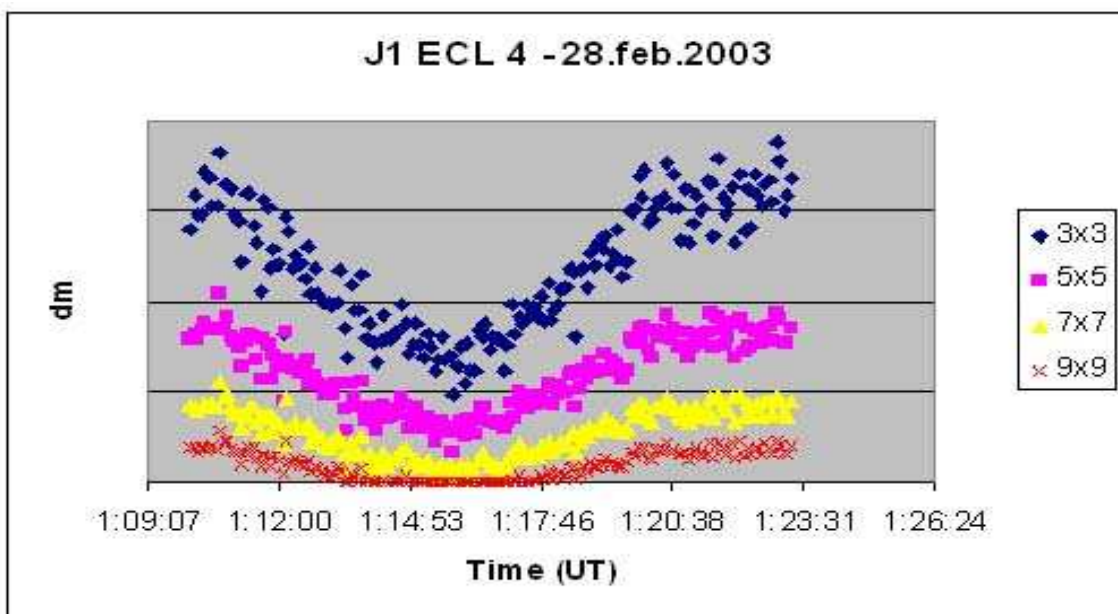
Z dôvodu nízkeho albeda a veľkej heliocentrickej vzdialenosti trans neptunovských objectov (TNO), sú možnosti vizuálneho pozorovania zo Zeme obmedzené. Metódou vhodnou pre menšie prístroje je pozorovanie zákrytov hviezd TNO. Takéto pozorovania sú limitované jasnosťou zakrývanej hviezdy, presnosťou predpovede prechodu tieňa TNO po povrchu Zeme a katalógovou presnosťou polohy danej hviezdy. Aj z tohto dôvodu dosiaľ nebol zaznamenaný ani jeden prípad pozorovania takejto udalosti. Ďalšou možnosťou sú kampane zamerané na tzv. náhodné zákryty hviezd TNO. Ide o programy dlhodobého snímajúce husté hviezdne pole (napr. otvorené hviezdokopy v blízkosti ekliptiky), kde je vysoká pravdepodobnosť zákrytu. Cieľom je spresnenie počtu malých TNO, ktoré pravdepodobne o niekoľko rádov prevyšujú počet telies s priemerom desiatok, až stoviek kilometrov.



Na zistenie dynamických vlastností je možné využiť vzájomné zákryty a zatmenia veľkých mesiacov joviálnych planét a zákryty hviezd týmito telesami.

Väčšina astronomických zariadení na Slovensku sa zapája aj do pozorovaní zákrytov malých telies slnečnej sústavy (asteroidy, planéty) Mesiacom, ktoré ale okrem estetického zážitku nemajú z fyzikálneho hľadiska hlbší význam.

Pri zatmení Mesiaca sa vykonávajú tzv. merania kontaktov zemského tieňa s krátermi na Mesiaci. Tieto pozorovania pre nižšiu presnosť (0.1 min.) nie sú vhodné pre pozíčné merania, ale pomocou nich sa skúma stav vysokej vrstvy atmosféry Zeme, ktorý je ovplyvňovaný mnohými faktormi, počínajúc slnečnou aktivitou a končiac pohybmi v troposfére.



Väčšina pozičných meraní na Slovensku sa vykonáva vizuálne. Pozorovateľ sleduje okom pomocou ďalekohľadu hviezdu a okamžik zákrytu zmeria stopkami. Ako referenčný čas sa v súčasnosti používa signál DCF 77. Táto metóda je zaťažená osobnou chybou pozorovateľa (reakčný čas, ktorý sa aj u daného pozorovateľa mení behom pozorovania), preto je snahou vylúčiť pozorovateľa z pozorovaní ako zdroj chýb. Presnejšou metódou pozorovania je pozorovanie pomocou CCD techniky, metódou driftu (astronomická CCD kamera alebo digitálny fotoaparát), rýchlym fotometrom, alebo priemyselnou CCD kamerou. V spojení s videotchnikou, výpočtovou technikou a zariadením na záznam časového signálu na videostopu je možné dosiahnuť objektívnu chybu pozorovania okolo 0,02 sek.

Členovia SAS pri SAV, ale aj ďalší astronómovia, sa venujú aj pozorovaniu úplných zatmení Slnka. Rozvoj nastal najmä po zatmení v roku 1999. Odvtedy sa uskutočnilo niekoľko úspešných expedícií pod hlavičkou SASu ale aj samostatných expedícií menších skupín (2006 Turecko, 2009 – Rusko, 2009 Čína). Pri pozorovaniach sa získavajú snímky bielej koróny, zaznamenáva sa priebeh zatmenia a zmena krajiny počas neho, meteorologické zmeny, rôzne svetelné úkazy, určovanie času kontaktov. Materiál sa využíva najmä na edukačné účely. Profesionálny výskum koróny vykonáva na svetovej špičkovej úrovni Slnčné oddelenie AÚ SAV, to je ale kapitola na inú samostatnú prácu.



Úplné zatmenie Slnka pozorované 22. júla 2009 v Číne

Literatúra:

- Tichý, Švec: Matematický zemepis a kartografie, Státní pedagogické nakladatelství Praha, 1965
Bietkowski, Zonn: Koperníkův Koperníkův svět, Orbis Praha, 1972
Hvězdářska ročenka 1946, 1947, 1948, 1949, Nakladatelské družstvo Máje Praha
Hvězdářska ročenka 1982, Academia Praha, 1982
Bouška, Vanýsek: Zatmění a zákryty nebeských těles, Nakladatelství ČSAV, 1963
Schunová Eva: Zákryty hvězd transneptúnovskými objekty, Diplomová práce, 2008