

# SBORNÍK

praktikum pro pozorovatele

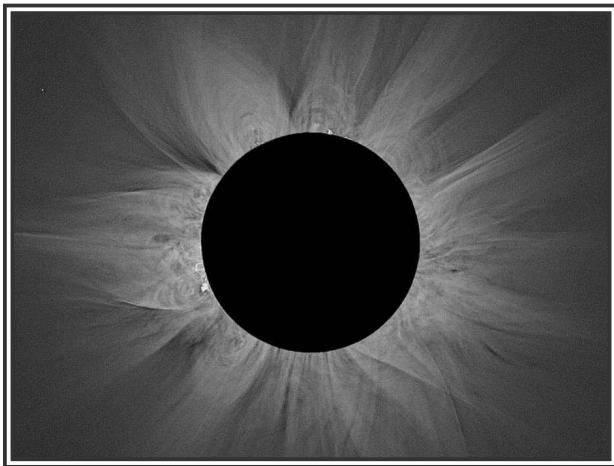
praktikum pre pozorovateľov

26. - 28.5. 2006



KYSUCKÁ HVEZDÁREŇ





## **Sborník - praktikum pro pozorovatele/praktikum pre pozorovateľov**

© 2006 Hvězdárna Valašské Meziříčí a Kysucká hvezdáreň

Autoři: Peter Delinčák, Jaroslav Gerboš, Karel Halíř, Stanislav Kaniansky,  
Libor Lenža, Jan Mäsiar, Jiří Srba, Miroslav Znášik

Sazba: Jakub Mráček

# OBSAH

Zákryty hvězd tělesy sluneční soustavy (program pro astronomy amatéry) .....	4
Prečo a ako pozorovať dotyčnicové zákryty hviezd Mesiacom .....	8
Družicové polohové systémy .....	14
Metodika pozorovania meteorov .....	21
Astronomická fotografia .....	26
Možnosti pozorování komet a kometární astronomie .....	33
Čas a jeho meranie .....	37
Mapy a súradnice .....	40
Ohyb svetla a pozorovanie zákrytov .....	44
Určenie času I. a IV. kontaktu při zatmení Slnka .....	51
Možnosti a perspektivy odborných pozorování nejen na hvězdárnách .....	57
Příloha .....	61
Poznámky .....	62

# Zákryty hvězd tělesy Sluneční soustavy (program pro astronomy amatéry)

Ještě před několika desítkami let bylo prosté vizuální sledování oblohy dalekohledem a shrubaždováním záznamů o něm hlavní metodou získávání nových poznatků o vesmíru. Při objektivním záznamu nebeských úkazů pomáhala maximálně astrofotografie. Tato situace se rychle změnila a nové pozorovací možnosti zcela nahradily výše zmíněné metody. Astronomové zkoumají vesmír v celém rozsahu elektromagnetického spektra, na jeho průzkumu se podílejí teleskopy s průměry objektivů počítaných v metrech, získané výsledky zpracovávají superpočítače a nad našimi hlavami i celou Sluneční soustavou létají stovky satelitů a meziplanetárních sond, které zcela změnily naše vědomosti o kosmu. Zdá se, že astronom amatér nemá už žádnou šanci uplatnit se svými pozorováními na výzkumu vesmíru.

Je jasné, že špičkový výzkum se amatérům již dávno nedostupně vzdálil, ale na druhé straně lze i nyní nalézt oblasti, v nichž se systematická a pečlivá aktivita milovníka astronomie byť s nepříliš nákladným zařízením může i dnes stát přínosem. Jedním z takových oborů je měření časů zákrytů hvězd tělesy Sluneční soustavy.

Kromě nejznámějších zákrytů hvězd Měsícem nastávají i zákryty hvězd dalšími tělesy Sluneční soustavy, jako jsou planety, jejich prstence a měsíce, planetky, komety atd. Pozorovat můžeme též vzájemné zákryty mezi planetami či jejich přirozenými družicemi. Všechny tyto úkazy jsou svým způsobem významné a určení okamžiku začátku či konce takového zákrytu, je-li provedeno s dostatečnou přesností, dává přesné informace o pozicích zúčastněných objektů, jejich rozměrech, atmosférách atp. A navíc získané informace jsou natolik přesné, že v mnoha případech jsou i dnes významným přínosem pro odborný výzkum.

Jak už bylo zmíněno, historicky nejstarším objektem zájmu „zákrytářské“ astronomie jsou zákryty hvězd Měsícem. Pro pozorovatele na Zemi se Měsíc posune vůči hvězdám na obloze za jednu (časovou) sekundu přibližně o 0,55" (obloukové vteřiny) na východ. Při tomto pohybu Měsice po nebi nastávají okamžiky, kdy Měsíc zakryje některou hvězdu. Takové zmizení hvězdy za okrajem Měsícem nazýváme „vstup“ (D - disappearance). Opětovné objevení se hvězdy dostalo označení „výstup“ (R - redisappearance). S ohledem na značný rozdíl jasu osvětleného okraje Měsice a zakryvané hvězdy je pozorování vstupů prakticky výhradně omezeno na sledování v období mezi novem a úplňkem (dorůstající Měsíc) a naopak výstupů v čase mezi úplňkem a novem (couvající Měsíc), kdy k úkazům dochází za neosvětlenou hranou. Pozorování zákrytů u osvětleného okraje je i u jasných hvězd často velice problematické s ohledem na to, že hvězda je většinou viditelná až v okamžiku, kdy se „odtrhne“ od Měsice a to je většinou dlouho od skutečného zákrytu.

Abychom mohli systematicky zákryty sledovat, je nutno mít k dispozici jejich předpovědi. Zpracováváním předpovědí se věnuje japonská organizace ILOC (International Lunar Occultation Center), která každoročně pro stanice provádějící pozorování tiskne předpovědi. Druhou možností je využití programu Occult (D. Herald) dostupného na internetových stránkách organizace IOTA (International Occultation Timing Association). Další možností je využití příslušných oddílů každoročně vydávané Hvězdářské ročenky či Astronomické ročenky, kde předpovědi pro nejjasnější hvězdy též naleznete včetně opravných koeficientů a přeypočítávacích vzorců. Všechny tyto předpovědi vám poskytnou veškeré potřebné údaje k úspěšnému provedení pozorování.

V závislosti na vašem vybavení je pak nutno zvolit tu nejoptimálnější metodu měření časů. Základními nezbytnostmi pro nejjednodušší vizuální pozorování jsou přijímač vědeckého časo-

vého signálu (DCF 77), stopky a dalekohled. Nejobvyklejší metodou pozorování je tzv. sledování oka - stopky. Pozorovatel na zmizení, případně objevení, hvězdy reaguje spuštěním stopek a následně je srovnává (zastavuje) podle vědeckého časového signálu. Další možností je při pozorování přímo poslouchat impulsy časového signálu a snažit se v okamžiku zákrytu odhadnout zlomek právě nastalé sekundy (metoda prakticky již nepoužívaná s ohledem na její nepřesnost). Jinou možností je nahrávat pozorování, tedy časový signál a komentář pozorovatele na magnetofon či diktafon a následně nahrávku „časově“ zpracovat. Všechny vizuální metody, kterých je ještě více než bylo popsáno, však mají jeden základní nedostatek. Velice nepříznivě se u nich projevuje vliv tzv. osobní chyby pozorovatele. Je to časová prodleva mezi okamžikem úkazu a reakcí na něj. Osobní chyba se u různých pozorovatelů různí a navíc i u jednotlivého člověka je proměnlivá v závislosti na jeho okamžitém fyzickém, ale i psychickém stavu. Právě tento faktor vnáší do vizuálně prováděných měření značnou nejistotu.

Proto je snaha užívat objektivní metody měření. Nejjednodušší je využití televizního záznamu. Je možné využít jak obyčejné videokamery umístěné pevně za okulár dalekohledu (což je většinou problém) nebo speciální kamery upevněné přímo v primárním ohnisku teleskopu (např. citlivé černobílé „hlídaci“ kamery Oscar). Navíc je vhodné prostřednictvím „vkladače“ přímo do záznamu vkopírovávat vědecký časový signál. Následné zpracování nahrávky na videopřehrávači nám krokováním umožní určit okamžik zákrytu s přesností na 0,02 s. Pozor je nutno dát pouze na případnou přístrojovou chybu aparatury, která je ovšem na rozdíl od osobní chyby konstantní (dá se proto velice snadno odečítat) a navíc je většinou natolik malá, že je možno ji zanedbat.

Existují i další technická řešení měření času a v tomto případě i průběhů zákrytů hvězd Měsícem jako například fotoelektrický záznam, jehož přesnost je ještě o více než řád lepší televizního záznamu. Ale příslušná aparatura je již natolik finančně i technicky náročná, že její dostupnost a využitelnost pro astronoma amatéra je prakticky nulová.

Krokem zákonitě následujícím po pozorování samozřejmě musí být záznam získaných údajů včetně informací o metodice získání času a průvodních podmínkách ovlivňujících měření. V současné době je stále více používáno vyplňování pozorovacího protokolu v elektronické podobě, které nahrazuje klasický papírový protokol. Vedle údaje o čase zákrytu (datum a čas s přesností na setinu sekund v UT) je v protokolu nutno uvést informace i o poloze pozorovacího stanoviště a použité technice (dalekohled, zvětšení, zdroj času). Identifikovaná musí být i zakryvaná hvězda (katalogové označení). Dalšími důležitými údaji jsou metoda pozorování, odhad osobní chyby, případně hodnota přístrojové chyby, metoda zajištění času a informace o podmínkách pozorování (stabilita obrazu hvězdy, průzračnost atmosféry, poznámky o průběhu pozorování, teplota, atd.). Významným údajem je i subjektivní ohodnocení pozorování vyjadřující jeho spolehlivost.

Protokoly vždy na konci kalendářního roku v České republice soustředí Hvězdárna Valašské Meziříčí, která je po předběžné kontrole předává do centra ILOC v Japonsku k dalšímu zpracování a archivaci. V průběhu historie se význam měření časů totálních zákrytů značně proměňoval. Původně byl jejich význam především oceňován při získávání informací o přesných pozicích Měsíce, o rotaci Země a zpětně o souřadnicích pozorovacích stanovišť. Později se totální zákryty přičinily o zpřesňování pozic hvězd a též našich znalostí o profilu Měsíce. V současné době jejich důležitost lehce ustupuje, ale i dnes nám jsou schopny poskytovat informace o těsných dvojhvězdách či přímo určovat úhlové rozměry hvězd. Jsou také nezbytným „tréninkovým polem“ pro další zákrytářské aktivity, o nichž budeme mluvit.

Speciálním případem totálních zákrytů jsou tzv. tečné zákryty. Prakticky se jedná o zákryty hvězd Měsícem probíhající těsně u severního či jižního okraje Měsíce. Pokud totiž sledujeme takovýto zákryt, projeví se výrazně nerovnost profilu Měsíce, za kterým zakrývaná hvězda mizí za jednotlivými kopci a naopak se objevuje v údolích mezi nimi. Tečné zákryty jsou pro určitou oblast

proto podstatně vzácnější než klasické totální zákryty a navíc je nezbytné za sledováním těchto úkazů prakticky vždy pořádat výjezdní expedici s mobilní technikou.

Předpověď nám poskytuje již výše zmíněný program Occult. Údaje obvyklé pro totální zákryty jsou v tomto případě doplněny ještě současně nulové hranice oddělující oblast, kde nastává zákryt a odkud spatříme pouze těsný apuls (přiblížení) hvězdy s Měsícem. Hranice je počítána pro „ideální Měsíc“, tedy pro jeho nulovou referenční kružnici. Nedílnou součástí předpovědí je ale i grafické znázornění reálného profilu příslušné oblasti lunárního okraje (vycházející z tzv. Wattsových tabulek, případně upřesněných předchozími pozorováními tečných zákrytů).

Při výběru vhodných úkazů hraje rozhodující roli natočení Měsice (poziciční úhel), které rozhoduje, zda úkaz proběhne za osvětleným či tmavým okrajem, ale i fáze Měsice, jasnost zakrývané hvězdy či výška nad obzorem, v níž k zákrytu dojde. Podstatným údajem je také vzdálenost mezi pozorovací oblastí a místem, z něhož skupina vyjíždí. Po zvážení všech výše uvedených okolností a rozhodnutí expedici uskutečnit je nutno se na ni důkladně připravit.

Prvním úkolem je vynesení hranice stínu do podrobné mapy a vybrání vhodné pozorovací oblasti. Dalším krokem je přepočítat hranici z nulové nadmořské výšky na hranici v reálném terénu a s ohledem na předpokládaný profil optimálně rozmístit skupinu pozorovatelů. Naději na úspěch má pouze dobré organizačně připravená a vhodně technicky vybavená skupina. Ani to však nestačí. Sebelepe připravený výjezd často překazí počasí, které ve střední Evropě často hraje rozhodující roli.

O metodách pozorování a užití technice platí prakticky tytéž zásady jako u totálních zákrytů. Jedinou odlišností je skutečnost, že veškerá aparatura musí být mobilní a většinou také nezávislá na elektrické energii. U velkých expedic je občas předem připravována možnost napojení na elektřinu po domluvě s obyvateli v pozorovací oblasti, ale často ani to není možné.

Ohledně techniky je nutné mít na paměti především skutečnost, že tečný zákryt se skládá většinou z celé řady pohasnutí a opětovných rozsvícení hvězdy, a proto je nutno mít k dispozici záznamové zařízení s možností zachycení většího počtu časů (stopky s více paměťmi, diktafon a akustický přijímač časového signálu, možnost videonahrávky, apod.). Především pokud vyjíždí větší skupina, je vhodné věnovat pozornost i neastronomickému zajištění expedice. Je velice nepříjemné, pokud vás v okamžiku vrcholícího tečného zákrytu „obtíže“ policejní hlídka kontrolou občanského průkazu, či dokonce v zahraničí cizinecká policie zjišťováním, zda nejste nelegální běženec z některé východní země. Vyplatí se proto pokusit se předem kontaktovat místní veřejné orgány, aby o vaši noční (a proto podezřelé) aktivitě s předstihem věděli.

O získané časy, s doprovodnými údaji opět odpovídajícími hlášením o totálních zákrytech, mají zájem jak v Japonsku (ILOC) tak i v organizaci IOTA. ILOC tato měření zařazuje ke seznamům klasických zákrytů. IOTA je pak využívá k upřesňování profilu Měsice. Máte ovšem také možnost provést si vlastní zpracování naměřených hodnot a jejich porovnání s předpovědí. Určité stojí za to se o vlastní vyhodnocení pokusit, neboť právě získání konkrétního výsledku a nejen zaslání naměřených hodnot „někam do světa“ je tím nejlepším motivačním prostředkem pro získání zájemců o další podobné výjezdy za tečnými zákryty.

S prudkým rozvojem výpočetní techniky a současně našich znalostí týkajících se drah planetek se před astronomy zajímajícími se o zákryty hvězd tělesy Sluneční soustavy, objevila zcela nová perspektiva. Sledování zákrytů hvězd planetkami astronomům amatérům dává významnou možnost přispívat svými měřenými i dnes ke shromažďování nenahraditelných a velice cenných informací o malých tělesech Sluneční soustavy. S využitím dostupné techniky jsme schopni určovat nejen přesné polohy drobných planetek, k jejichž spatření většinou ani nestačí používané dalekohledy, ale z pozorování lze získat informace i o jejich rozměrech a případně i aktuálním profilu (často se jedná o tělesa nepravidelného tvaru).

Základní informace o nadcházejících úkazech je každoročně možné získat z tzv. nominálních předpovědí, které připravuje Edwin Goffin (Belgie). Předpovědi ve formě tabulek obsahujících veškeré potřebné údaje, ale i grafické zprostředkování informací o každém jednotlivém očekávaném úkazu lze získat z obsáhlého souboru umístěného na adrese <ftp://ftp.ster.kuleuven.ac.be/dist/vvs/asteroids/>. Další www stránkou, kde můžete najít nominální předpovědi již zvlášť předzpracované pro oblast Evropy je adresa <http://pmocc.astro.cz/> udržovaná Janem Mánkem a Luďkem Vaštou. Dokud byly pozorovatelům k dispozici pouze tyto nominální předpovědi, byla pravděpodobnost úspěšného napozorování planetkového zákrytu velice nízká. Naše znalost dráhy drobných vzdálených planetek, ale i přesných pozic hvězd stále není na takovém stupni, aby nejistota nominální předpovědi dovolovala přiblížení proporcí šíře pásu zákrytu (desítky kilometrů) a nejistoty předpovědi (často až tisíce kilometrů). V počátcích snahy o pozorování zákrytů hvězd planetkami se tak jednalo spíše o náhodná jednotlivá pozorování. Dnes nám nominální předpovědi s dostatečným předstihem umožní připravit se na případné zajímavé úkazy.

V poslední dekádě minulého století se v USA, a o několik let později i v dalších částech světa včetně Evropy, začaly před zákryty jasných hvězd planetkami objevovat tzv. předpovědi v poslední minutě. Jedná se o upřesnění vycházející z přesných astrometrických měření pohybu planetky a pozice hvězdy krátce před očekávaným úkazem. Takováto upřesnění vedla ke kýzenému zlomu při pozorování planetkových zákrytů. Zmiňované nejistoty se zmenšily rádově na hodnoty srovnatelné s šíří stínu planetky vrženého na zemský povrch a tím výrazně stoupla pravděpodobnost pozitivního měření.

K rychlému přenosu potřebných dat velice dobře slouží internetová síť. Existuje hned několik zdrojů, odkud je možno získávat upřesnění předpovědí. Jednou z takových adres je stránka, kterou připravuje Američan Steve Preston (<http://asteroidoccultation.com>). Jeho předpovědi jsou zpracovávány pro úkazy po celém světě. Další možnosti jsou upřesnění Jeana Schwaenena (Belgie) zaměřená především na Evropu. Jeho upřesnění naleznete na stránkách EAON (European Asteroidal Occultation Network) na adrese <http://astrosurf.com/eaon/>. S týdenní periodicitou své internetové stránky, týkající se zákrytů hvězd planetkami udržuje také kolega Otta Šándor z Hvězdárny a planetária v Teplicích, kde je možno také získat velké množství informací o blížících se nadějných úkazech se speciálním ohledem na střední Evropu (<http://www.teplice-city.cz/hap/Pozaktual/Pozaktual.htm>).

Podle aktuální situace lze dnes již s velkým stupněm pravděpodobnosti úspěchu pořádat za sledováním planetkových zákrytů podobné expedice jako u tečných zákrytů hvězd Měsícem. Rozdíl je pouze v tom, že pozorovatelé se napříč stíнем roz mistřují v odstupech několika kilometrů (u tečných zákrytů jsou to stovky metrů). Jindy zůstávají pozorovatelé sítě na svých stanicích a snaží se zákryt zachytit zde.

Pozorování spočívá v tom, že pozorovatel si najde s dostatečným předstihem zakrývanou hvězdu a jeho úkolem je sledovat, zda stálice na několik sekund kolem předpověděného času „nezmizí“ z oblohy. Planetku, která zákryt vyvolává totiž většinou vůbec nevidíme, neboť je hluboko pod mezním dosahem užitého dalekohledu a její přítomnost se projeví právě pouze „zmizením“ hvězdy v čase zákrytu. Opět je před námi široká škála možností jak časy, většinou krátkého a neocekávaného zákrytu, co nejpřesněji zaznamenat. Lze použít všechny vizuální metody zmiňované u totálních zákrytů, ale máte-li takovou možnost, upřednostněte jakoukoli objektivní metodu. Nejobvyklejší je videonahrávka včetně „vkopírovaného“ času. V poslední době s výrazným zlepšením upřesněných předpovědí se lze pokusit zachytit planetkový zákryt také fotograficky (CCD kamerou) na jediný snímek. Jedná se o zachycení několik desítek sekund trvající expozice v ohnisku statického dalekohledu. Na snímku se dráhy hvězd projeví jako čáry. Pokud na

záznamu dráhy zakrývané hvězdy je přerušení, je právě to informace o zákrytu. Interpolací ze známých časů začátku a konce expozice je pak možné určit i absolutní časy začátku a konce zákrytu (začátek i konec dráhy hvězdy musí být v políčku snímku).

Příkladem úspěšných měření časů planetkových zákrytů sledovaných z Evropy jsou úkazy ze 17. září roku 2002, kdy Evropou prošel stín vržený planetkou Tercidinou a z 26. srpna 2003, kdy řada pozorovatelů sledovala zákryt hvězdy planetkou Bertholda. Na obou těchto, pro Evropu do dnešní doby, nejúspěšnějších pozorováních se významnou měrou podíleli i pozorovatelé z Česka a Slovenska.

Hlášení o pozorování, a to nejen v případě pozitivního zaznamenání zákrytu, ale i při negativním výsledku, který může být stejně důležitý jako úspěšné měření, je nutno zpracovat opět do zvláštního formuláře. Jeho získání je možné např. na adrese <http://www.astrosurf.com/eaon/Report%20form.htm>. Přímo v interaktivní podobě obdobný formulář naleznete na www stránkách <http://mpocc.astro.cz/results/report.html>.

Krom výše popsaných nejznámějších typů zákrytářské práce se můžete příležitostně setkat i s pozorovacími kampaněmi směrovanými na některý ze vzácnějších úkazů. Příkladem mohou být pravidelně se opakující série tzv. vzájemných úkazů měsíců planet (Mutual Events). Například v letech 2007 - 2008 nás čeká séria vzájemných úkazů Uranových měsíců. Zajímavá jsou také pozorování zákrytů hvězd planetami (výzkum planetárních atmosfér) či jejich měsíci (přesné pozice). Pozorování zákrytů se také významnou měrou podílelo na objevu a výzkumu „neviditelných“ prstenců velkých planet. Neocenitelné poznatky o kometárních jádrech mohou přinést vzácná měření časů zákrytů hvězd kometami. A konečně nezapomínejme, že i zákryt Slunce Měsícem, tedy zatmění Slunce, je pouze zvláštním případem totálního zákrytu.

Doufám, že vás výše uvedené informace nejen přesvědčily o užitečnosti pozorování zákrytů hvězd tělesy Sluneční soustavy i v dnešní době obřích dalekohledů a kosmické techniky, ale že se pro vás stanou pobídkou pro praktické zapojení se do této stále zajímavé a potřebné části astronomických aktivit.

*Karel Halíř, Hvězdárna v Rokycanech*

## Prečo a ako pozorovať dotyčnicové zákryty hviezd Mesiacom

Dotyčnicové zákryty hviezd Mesiacom sú špeciálnym typom zákrytov, pri ktorom sa hviezda teoreticky dotyčnicovo dotýka mesačného limbu v okolí jeho pôlov. Keďže mesačný povrch je nerovnomerný, hvieza sa striedavo schováva a objavuje spôza mesačných terénnych nerovností. Profil Mesiaca sa mení v závislosti od mesačných librácií, ktoré sú dôsledkom toho, že Mesiac sa pohybuje po eliptickej dráhe sklonenej vzhľadom k ekliptike. Takmer všetky možné profily boli pred štvrtstoročím zmapované v rozsiahлом programe, v ktorom boli presne premerané stovky pozemských fotografií Mesiaca. Program viedol Chester B. Watts z U.S.Naval Observatory. Presnosť' individuálnej korekcie limbu vo Wattsových tabuľkách je okolo 0.2". Pretože Mesiac sa posunie o takýto uhol približne za pol sekundy, vizuálne pozorovania zákrytov s presnosťou 0.2 s majú stále svoju hodnotu a význam.

Mesačné sondy zhotovili podrobné snímky s vysokým rozlíšením takmer celého povrchu Mesiaca, tie ale nedosahovali potrebnú pozičnú presnosť a nemali ani pozemskú perspektívnu potrebnú pre odvodenie profilu okraja Mesiaca potrebnú pre spresnenie Wattsových dát. Ďalej kvôli značne nehomogénnemu gravitačnému polu Mesiaca, ktoré je spôsobené takzvanými mas-konmi a kvôli tomu, že sondy nie je možné sledovať na jeho odvrátenej strane, ich poloha v každom čase je známa s presnosťou okolo 700 metrov.

Pozorovanie zákrytov hviezd Mesiacom je dobré pre určovanie absolútneho času zákrytu a tým sa prispieva k spresneniu profilu okrajových častí Mesiaca. Vďaka libráciám môžeme mapovať relatívne široký pás mesačného okraja s pomerne uspokojivou presnosťou výškového profilu (cca 50 m pre skúseného vizuálneho pozorovateľa, resp. až 20 m pri videozáznamoch). Napodiv ani dnes výškové merania kozmických sond nepokrývajú celý povrch Mesiaca dostatočne husto. Výškové merania Clementine sú také riedke (pokrývajú poludníkové pásy, vzájomne vzdialené 3 stupne v selenografickej dĺžke), že sa z nich nedajú získať mesačné profily. Sú pokusy odvodiť polárnu topografiu zo stereobrazov Clementine a radarovej interferometrie, ale tie dobre nesúhlasia. Pozorovania zákrytov hviezd Mesiacom sú zatiaľ najlepším spôsobom, ako získať mesačné profily.

Prvým predpokladom uskutočnenia úspešného dotyčnicového zákrytu je získanie predpovede úkazu. Predpovede možno získať od International Occultation Timing Association/European Section (IOTA) - Eberhard Riedel (J.Mánek), pomocou programu Occult (aktuálna verzia 3.6, [www.lunar-occultations.com/pub](http://www.lunar-occultations.com/pub)), alebo LOW (ver 3.1, [www.doa-site.nl](http://www.doa-site.nl)).

### **Príklad predpovede zákrytu:**

PREDICTION FOR Kysucke Nove Mesto, SZ165, SL, TRAVEL RADIUS 201 KM

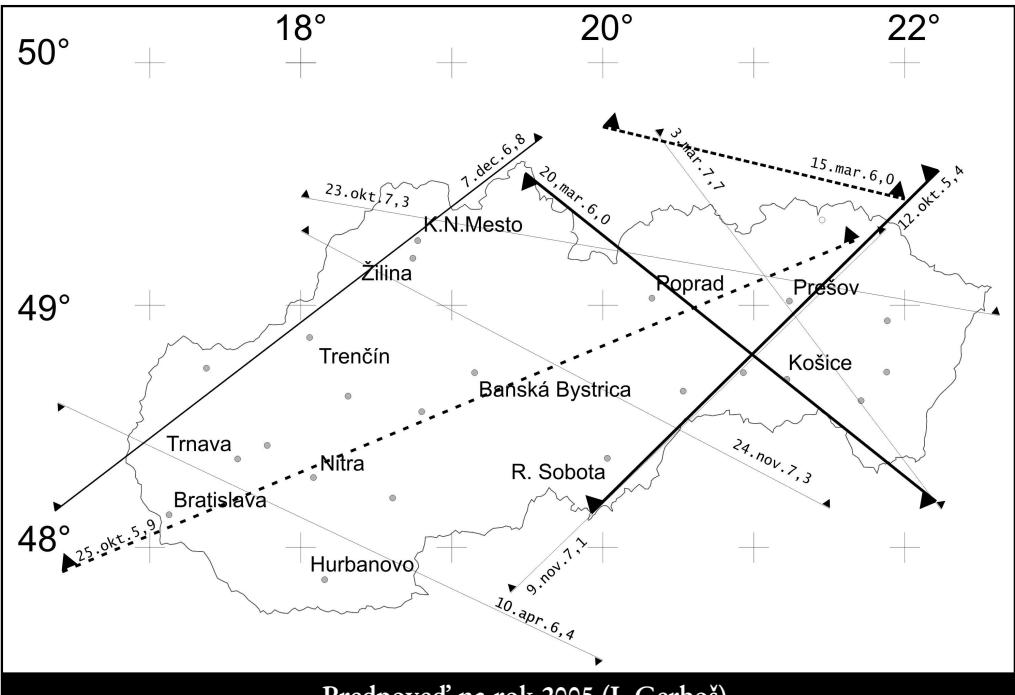
DISTANCE TO CLOSEST POINT ON JAN. 22 AT U.T.= 3 HR 3 MIN 25 SEC IS 53 KM

EVENT: JAN. 22, 2006 STAR: MOON: 54% SUNLIT, WANING

SOUTHERN LIMIT GRAZE	HIP 66233, MAG. 8.4	PHASE-ANGLE: 265.1
DELTAT: 66.67 SEC.	USNO X 19494 SAO 158013 SPEC. G8	POS-AN.CUSP: 201.6
POSITION AND PROPER MOTION SOURCE: HIP		
MAGNITUDE SOURCE: HIP, DECL.ERROR: 0.01 SEC. OF ARC		

EAST LONG.	NORTH LAT.	UNIVERS. TIME	MOON ALT.	MOON AZI.	MOON TANZ	SUN ALT.	POS. ANGLE	CUSP T
DEG. '	DEG. ''	H M S				OF	GRAZE	ANGLE
16 30 0 50 19 25	3 0 56	24.4	157.8	2.20	-34.8	217.12	15.5DC	
16 35 0 50 15 39	3 1 3	24.5	157.9	2.19	-34.7	217.14	15.6DC	
16 40 0 50 11 53	3 1 10	24.6	158.0	2.18	-34.7	217.16	15.6DC	
16 45 0 50 8 6	3 1 17	24.7	158.1	2.18	-34.7	217.18	15.6DC	

Ako je vidieť, predpoveď poskytuje všetky potrebné informácie o hviezde, Mesiaci, časových a geometrických podmienkach úkazu (zemepisné súradnice a čas zákrytu). Pomocou takejto informácie je možné spracovať predpoved' pre danú oblast' napr. na celý rok:



### Predpoveď na rok 2005 (J. Gerboš)

Úlohou organizátora expedície za pozorovaním dotyčnicového zákrytu je predovšetkým predbežný výber pozorovacích stanovišť. Na to slúžia uvedené predpovede s presnými zemepisnými súradnicami. Na vyniesenie tzv. nulovej hranice (čiary, kadiaľ sa bude pohybovať tieň mesačného limbu v prípade, ak by bol kruhový a bez reliéfu) je vhodné použiť mapy v mierke 1:25000 (systém S-42) alebo 1:10000 (JTSK). Predpovede je ale vypočítaná pre nadmorskú výšku 0 m. Pre reálnu nadmorskú výšku terénu je potrebné danú hranicu posunúť o hodnotu  $k=m \cdot \tan(z)$  v smere azimutu Mesiaca ( $m$  je nadmorská výška terénu v metroch,  $\tan(z)$  je goniometrická hodnota tangens zenitovej vzdialenosťi hviezdy a je udávaná v predpovedi>). Následne sa vynášajú čiary s hodnotami 1km, 2 km... v smere do predpovedaného reliéfu Mesiaca. Príklad spracovanej predpovede zákrytu z 20.2.2006 je na obrázku na straně 10? ????

Súčasťou predpovede zákrytu je aj predpokladaný teoretický reliéf profilu, získaný z Wattsových tabuľiek, doplnený o už vykonané pozorovania. Pri rozhodovaní o tom, kde rozmiestniť pozorovateľov, napomáha členitosť a zaujímavosť tohto reliéfu. Väčšinou sa volia oblasti od najvyššieho bodu profilu do hĺbky limbu Mesiaca vo vzdialostiach od 200 do 500 m.

Ďalšie skutočnosti, ktoré treba pred samotným pozorovaním zhodnotiť:

1. rozmiestnenie pozorovacích stanovišť:
  - už spomínany odstup kolmo na hranicu tieňa 200-500 m
  - ľahká dostupnosť - blízko pri ceste, schodný terén, na mape aj v teréne ľahko identifikovateľné miesto pred pozorovaním aj po nám
  - nežiaduce osvetlenie
  - geometrické podmienky zákrytu výška hviezdy nad obzorom výška terénu, azimut zákrytu



- riziko metódy „íšť na slepo“ - pri predpoklade terénnych a umelých prekážok je lepšie skontrolovať miesto s predstihom pred pozorovaním
- 2. posúdenie schopností pozorovateľov
  - skúsenosti z predchádzajúcich pozorovaní tam kde sa predpokladá viac kontaktov behom krátkej doby je lepšie nechať skúseného pozorovateľa
- 3. posúdenie technického vybavenia na pozorovacom stanovišti
  - vizuálne pozorovanie versus video alebo CCD potrebný el. prúd
  - priemer a typ d'alekohľadu
  - montáž manuálna - s pohonom
  - ďalšie príslušenstvo stopky, diktafóny, časový signál
- 4. mobilnosť pozorovateľa - má auto?

Samotná realizácia pozorovania spočíva v subjektívnom (vizuálne) alebo objektívnom (video, CCD, fotometer,...) zázname okamžikov kontaktov hviezdy s limbom Mesiaca (minimálne jeden vstup a jeden výstup hviezdy).

Čo nás môže zaskočiť pri pozorovaní:

- Technický stav d'alekohľadu
- Montáž, okulár + ostrenie, rosa, resp. para
- Nedostatočný čas na prípravu
- Zlý režim stopiek počas a po pozorovaní
- Hviezda na nesprávnej strane Mesiaca
- Zlá poloha v čase zákrytu (strom, drôty...)
- Vybité batérie - stopky, DCF
- Náhla zmena počasia (pred pozorovaním je zamračené, prší, v čase zákrytu sa vyjasní a naopak)
- Nečakaný záujem miestneho obyvateľstva
- Tisíc ďalších neprijemností...

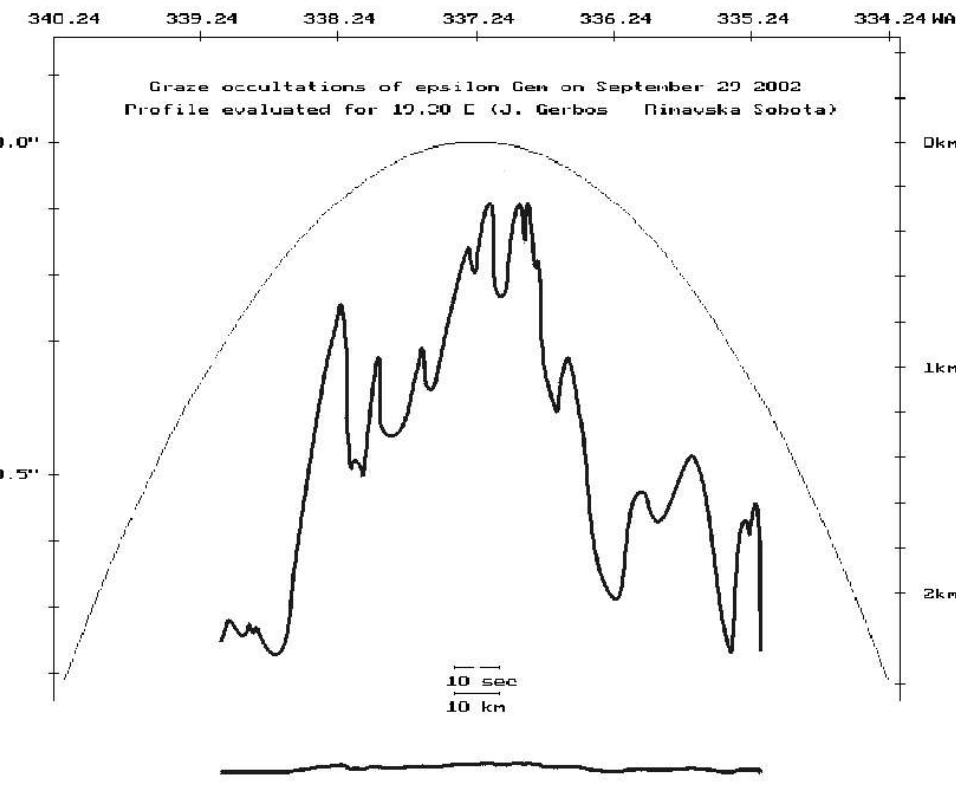
Čo nás môže potešiť pri pozorovaní:

- Nádherné efekty zjasňovania a pohasínania
- Očarujúce zážitky
- Nečakané kontakty aj pri predpokladanom hladkom profile
- Nečakaný záujem miestneho obyvateľstva
- Že sme nič nepokazili

Výsledkom takého úspešného pozorovania je napr. obrázok na ďalší straně, ktorý bol zhotovený z pozorovania zákrytu hviezdy Epsilon Gem 29.9.2002 z viacerých miest Slovenska a z Poľska. Na pozorovaní sa zúčastnilo 27 pozorovateľov a bolo získaných 167 kontaktov.

Čo potrebuje organizátor expedície dotyčnicového zákrytu ako minimum:

- skúsenosti z pozorovaní a organizovaní dotyčnicových zákrytov
- dobrú a včasné predpoved' úkazu
- recenzenta a konzultanta na kontrolu svojich výpočtov
- vhodné mapy, v lepšom prípade aj prístroj GPS
- dobrú predpoved' počasia
- veľa optimizmu



Čo potrebuje pozorovateľ dotyčnicového zákrytu:

- včasné informácie o pripravovanej expedícii
- skúsenosti z pozorovaní dotyčnicových zákrytov alebo vhodný tréning
- vhodný prenosný d'alekohľad (vizuálne sa dajú pozorovať zákryty iba jasných hviezd pri úzkom Mesiaci napr. Aldebaran v r. 1998 v Lodži), čím väčší priemer objektív, tým lepšie
- vhodnú montáž
- niekoľko druhov okulárov na získanie vhodného zväčšenia obrazu
- elektronické stopky s možnosťou viacnásobného záznamu
- presný etalón času
- písomnú informáciu o nastávajúcom pozorovaní čas zákrytu, reliéf, hĺbka v profile
- baterku drívavá väčšina dotyčnicových zákrytov hviezd Mesiacom nastáva v noci
- všetko ostatné, čo má naviac, je vítané diktafón, prijímač DCF, CCD kamera s vkladačom času, počítač....
- dobrú predpoved' počasia
- veľa optimizmu

*Jan Másiar, Kysucká hvezdáreň; Jaroslav Gerboš, Hvezdáreň v Banskej Bystrici*

# Družicové polohové systémy

Rozvoj kozmonautiky priniesol aj obrovský rozmach telekomunikačných a bezpečnostných systémov prevažne pre vojenské účely. Potreba presnej lokalizácie miest na Zemi mala tiež svoj pôvod v spravodajských službách. A najpresnejšiu a najrýchlejšiu lokalizáciu práve ponúkajú družicové navigačné systémy.

## 1. Existujúce polohové systémy

### 1.1 NAVSTAR GPS

Prvý existujúci systém na určovanie polohy a presného času NAVSTAR GPS bol vyvíjaný armádou USA od roku 1973. Prvá družica tohto systému bola vypustená v roku 1978, a spolu s ďalšími desiatimi slúžila na testovanie a prípravu systému. V roku 1995 bola dokončená operačná fáza systému, pozostávajúca z 24 družíc. Od tej doby sa udržiava v činnosti minimálne 24 družíc, obvykle však až 27. Podmienka je, aby v ktoromkoľvek čase, akomkoľvek mieste bolo možné prijímanie signálu z minimálne štyroch družíc. GPS bol pôvodne vyvíjaný armádou USA ako vojenský systém, avšak v roku 1981 bol sprístupnený v obmedzenej mieri pre verejnosť. V roku 1983 bol použitý na riešenie prvých geodetických úloh. Od roku 1987 bola do koncepcie rozvoja systému zabudovaná požiadavka na vývoj nevojenských aplikácií. Obmedzenie pre civilný sektor spočívalo v tom, že bola úmyselne znížená presnosť určenia polohy, tzv. Selective Availability. Táto funkcia však bola zrušená 2. mája 2005 a odvtedy je možné plnohodnotne využíva signál GPS. So systémom GPS sa počíta najmenej do roku 2030.

**GPS sa člení na tri základné segmenty: vesmírne, riadiaci a užívateľský segment.**

### VESMÍRNY SEGMENT

Vesmírne segment tvoria družice rozmiestnené nad povrchom Zeme vo výške približne 20 230 km. Nachádzajú sa v šiestich dráhových rovinách, ktorých rektascenzia výstupného uzla je násobkom  $60^\circ$ . V každej dráhe sa nachádzajú štyri družice, v niektorých dráhach sa nachádza aj piata, tá slúži ako aktívna záloha, prípadne na testovacie účely. Sklon dráh ku rovníku je  $55^\circ$ . Obežná doba družice je 12h hviezdneho času, to znamená, že rovnaká konfigurácia nastane po 11h 58m slnečného dňa. Dráhy družíc sú takmer kruhové, excentricita je rádu 0,01. Presnú časovú základňu vytvárajú rubídiové a céziové atómové normály, ktoré sú umiestnené na družiciach. Základná frekvencia je 10,23 MHz, a z nej sa odvádzajú dve nosné frekvencie L1 a L2 v L pásmi rádiových vln, na ktorých sú vysielané pseudonáhodné kódy C/A, P a navigačná správa. Väčšina civilných prijímačov dokáže spracovať iba C/A kód. Signály vysielané na frekvencii L1 sa označujú ako signály Štandardnej polohovej služby (Standard Positioning Service - SPS), frekvencia L2 je využívaná na Presnú polohovú službu (Precise Positioning Service - PPS). Pri SPS je definovaná požadovaná presnosť pre pravdepodobnosť 95 % horizontálne do 100 m, vertikálne do 156 m, presnosť určenia času do 167 ns. Pri PPS sú tieto hodnoty nasledovné: horizontálna presnosť do 17,8 m, vertikálna presnosť do 27,7 m a presnosť určenia času do 100 ns. Vývoj nových družíc má priniesť ich dlhšiu životnosť a poskytovať vyššiu presnosť merania pseudovzdialenosť a času.

### RIADIACI SEGMENT

Riadiaci segment pozostáva z pozemných monitorovacích a vysielačích centier, ktoré sú rozmiestnené rovnomerne po povrchu Zeme a má za úlohu:

- nepretržite monitorovať a riadiť činnosť družicového systému
- určovať systémový čas GPS
- predpovedať dráhy družíc a chod hodín na družiciach
- pravidelne obnovovať navigačnú správu pre každú družicu

Dnes, po modernizácii, pozostáva riadiaci segment z 12 pozemných sledovacích a vysielačich staníc, pričom hlavné riadiace a výpočtové centrum sa nachádza v Colorado Springs v USA. Toto hlavné centrum spracúva údaje zo všetkých monitorovacích centier, a z nich získava dráhové elementy družíc, korekcie atómových hodín a tvorí navigačnú správu. Navigačná správa sa spätnie vysielala do družíc. Poloha družíc sa určuje v systéme WGS-84.

## **UŽÍVATEĽSKÝ SEGMENT**

Pod pojmom užívateľský segment dnes rozumieme všetky typy zariadení konštruovaných na príjem a spracovanie GPS signálu. Toto je veľmi rozsiahla skupina zariadení, ktorú môžeme rozdeliť na nasledujúce tri základné časti:

- prijímače na navigáciu - vojenskú a civilnú
- prijímače pre geodéziu a geografické informačné systémy
- prijímače na časovú synchronizáciu

Vývoj týchto zariadení ide neustále dopredu, hlavným trendom nových zariadení je miniatuirizácia a multifunkčnosť. Pri geodetických prístrojoch sa dodáva k hardvéru aj špeciálny softvér na spracovanie meraní.

## **1.2 GLONASS**

Obdobne ako americký GPS sa aj ruský GLONASS člení na vesmírny, riadiaci a užívateľský segment. Tento systém sa vyvíjal od konca 70-tych rokov v bývalom Sovietskom zväze ako reakcia na vývoj GPS. Dnes vo vývoji pokračuje Ruská federácia.

## **VESMÍRNY SEGMENT**

Projekt plne obsadenej konštelácie družíc pozostáva z 24 družíc rozmiestnených v troch dráhových rovinách, so sklonom  $64,8^\circ$  ku rovníku, ktoré sú od seba posunuté o  $120^\circ$ . Dráhy sú takmer kruhové, s výškou 19 100 km a dobou obehu 11,25h. Rovnaká konštelácia družíc sa zopakuje po 8-mich hviezdnych dňoch, t.j. 17-tich obledoach družíc. Prvá družica bola vypustená v roku 1982, odvtedy bolo postupne vypustených 85 družíc. Ich nevýhodou je relatívne krátka životnosť, asi 2 – 5 rokov. V roku 2001 bolo aktívnych asi 8 družíc. Plná konfigurácia bola aktívna v roku 1996, odvtedy systém postupne degraduje.

Základná frekvencia pre GLONASS-u je 5,0 MHz a z nej sa odvádzajú nosné frekvencie v pásmi L1 a L2. Každá družica má pridelenú svoju vlastnú frekvenciu, na základe ktorej ju možno jednoznačne identifikovať. Pseudonáhodné modulačné kódy sú pre všetky družice rovnaké. Navigačná správa sa generuje každých 30 minút.

## **RIADIACI SEGMENT**

Riadiaci segment sa kompletne nachádza na území Ruska. Hlavné kontrolné centrum sa nachádza v blízkosti Moskvy, ostatné sú rozložené na území Ruska. Tieto centrá monitorujú všetky viditeľné družice a určujú ich polohu a korekcie hodín k UTC(SU). Obnova navigačných údajov sa vykonáva dva krát za deň. Súradnice sa vzťahujú k referenčnému systému PZ-90. Nakol'ko sú monitorovacie centrá rozmiestnené len na území Ruska, tak je každá družica asi 16 hodín denne

mimo dosah akéhokoľvek centra. Táto nevýhoda sa prejavuje znížením presnosti určovania efemeríd.

## **UŽÍVATEĽSKÝ SEGMENT**

Užívateľský segment tvoria prijímače, užívateľia a postupy merania. Pretože je budúcnosť systému GLONASS nejasná, počet typov prijímačov je veľmi obmedzený. Prijímače vyrábané v Rusku, sú robustnej konštrukcie, určené hlavne pre vojenské použitie. Novšia generácia prijímačov je postavená na technológiu integrovaných obvodov a má možnosť spracovať aj GPS signál. Umožňujú kódové aj fázové merania.

### **1.3 EGNOS**

EGNOS je spoločný projekt ESA, Európskej agentúry a Európskej organizácie pre bezpečnosť vzdušnej navigácie. Je to prvý stupeň Európskeho globálneho navigačného systému, označovaný ako GNSS-1. Rozširuje existujúce systémy GPS a GLONASS. Projekt začal v roku 1996. Je predchadca Galilea, označovaného ako GNSS-2. Úlohou EGNOS-u je poskytovanie garantovanej navigačnej služby založenej na navigačných systémoch GPS a GLONASS so zabezpečením vysokej presnosti, integrity a dostupnosti. Vesmírny segment EGNOS-u pozostáva z troch geostacionárnych družíc. Inmarsat III pre východnú časť Atlantického oceánu, Inmarsat III pre oblasť Indického oceánu a nový ESA telekomunikačný satelit Artemis. Naviac spracováva signály z GPS a GLONASS družíc. Pozemný segment pozostáva zo siete monitorovacích staníc RIMS, napojených na hlavné kontrolné centrá. RIMS sú prevažne umiestnené v Európe. Egnos bol spustený do testovej prevádzky v roku 2004 a dnes je plne dostupný.

## **2. Pripravované systémy**

### **GALILEO**

Počiatkom 90-tych rokov zvažovala Európska Únia svoj postoj k vytvoreniu vlastného polohového systému. Bola vypracovaná analýza existujúcich navigačných systémov a možnosti ich využitia pre Európu. Na jej základe bolo uvažovaných viacero variantov. Prvý variant, ktorý je označovaný ako EGNOS, alebo GNSS-1, spocíval v orientácii na existujúce systémy GPS a GLONASS, v ich dobudovaní a spoločnom využívaní. Systém EGNOS sa začal budovať, ale pretože sa začal klášť veľký význam na to, aby to bol systém nezávislý od akéhokoľvek štátu a armády, pristúpilo sa k druhému variantu, GNSS-2. V tomto období sa ešte nehovorilo konkrétnie o systéme Galileo, ale cieľ bol vybudovať vlastný civilný navigačný systém. Dňa 17. júna 1999 vydala Európska dopravná rada ETC (kolektívny orgán európskych ministrov dopravy), na odporúčanie Európskej únie (EU) a Európskej vesmírnej agentúry (ESA) rozhodnutie, na základe ktorého sa začalo s prípravnou fázou projektu Galileo. Do vývoja bolo zapojených mnoho spoločností a vedeckých inštitúcií s cieľom definovať základné časti tohto projektu. Táto prípravná fáza pozostávala z viacerých projektov:

GALA – definuje celkovú štruktúru a architektúru

GEMINUS – vznikla na podporu služieb definovaných Galileom

INTEG – na integrovanie systému EGNOS do Galilea

SAGA – na podporu štandardizácie systému Galileo

GalileoSat – na definíciu vesmírneho segmentu systému

GUST – na špecifikáciu a certifikáciu prijímačov pre systém Galileo

SARGAL – možnosť využitia záchranného systému SAR pomocou družíc Galileo

Ako nutné požiadavky pre projekt boli vyšpecifikované požiadavky na presnos v určení polohy s polomerom pod 10 m v 95 % času. Garancia presnosti času 33 nanosekúnd s 95 % istotou. Celosvetová dostupnosť systému má byť nepretržitá v 99,7 % času. Vybudovanie kompletného systému Galileo a spustenie do komerčnej prevádzky sa plánuje v roku 2009. Celý projekt bude pozostávať z troch fáz:

- definícia systému (2003 - 2006)
- vývoj systému (2006 - 2008)
- rozmiestnenie a komerčná prevádzka (2009)

## **DEFINÍCIA SYSTÉMU**

Na základe projektov, ktoré vznikli v prípravnej fáze, za účasti členských štátov EU a súkromných investorov vznikol obraz budúceho systému:

- architektúra lokálnej komponenty, - prispôsobenie systému potrebám užívateľa
- spolupráca Galilea a iných systémov (GNSS, GSM/UMTS ...)
- koordinácia a ochrana frekvencií používaných Galileom
- štandardizácia a certifikácia
- definícia právneho a regulačného rámca

## **VÝVOJ SYSTÉMU**

Fáza vývoja a overovania teoretických predpokladov obsahuje podrobny popis a následnú výrobu a stavbu viacerých prvkov sústavy: družice, pozemné stanice, užívateľské prijímače. Toto si bude vyžadovať vypustenie prototypov družíc a vybudovanie časti pozemských monitorovacích centier a infraštruktúry. Zároveň bude možný vývoj prijímačov a testovanie frekvencií, pridelených Medzinárodným telekomunikačným úradom. Táto fáza je riadená spoločnosťou Galileo Joint Undertaking. Financovanie bude realizované z verejných zdrojov.

## **ROZMIESTNENIE A KOMERČNÁ PREVÁDZKA**

Fáza rozmiestnenia družíc na orbity bude závislá na predchádzajúcim overovaní a testovaní, ale predpokladá sa postupné vypúšťanie družíc na obežnú dráhu plynule od roku 2006 a posledná družica má byť vypustená a systém sprístupnený pre verejné používanie v roku 2009. Financovanie tejto časti projektu bude realizované z verejných aj súkromných zdrojov. Po spustení projektu majú byť náklady hradené iba z príjmov za poskytované služby.

## **CENA SYSTÉMU**

Prvý stanovený rozpočet predstavoval 740 mil. €. Hraničná cena pre celý systém bola definovaná na menej ako 3 mld. €, čo predstavuje náklady rovnajúce sa približne výstavbe 150 km úseku diaľnice. Neskoršie štúdie ukázali, že táto cena nebude konečná, celkový odhad je asi 3,4 mld. €.

## **ARCHITEKTÚRA SYSTÉMU**

Systém Galileo sa bude skladať zo štyroch hlavných súčastí, tzv. komponentov:

Globálny komponent – zahrňuje kozmický a pozemný riadiaci segment.

Regionálny komponent – bude poskytovať nezávislé informácie o integrite signálov

Galilea. Tieto informácie budú prístupné regionálnemu poskytovateľovi tejto služby a budú šírené prostredníctvom špeciálnych autorizovaných kanálov. Týchto kanálov je v systéme Galileo definovaných 8, tzn. že na svete môže byť definovaných až 8 nezávislých regiónov s vlastným monitorovaním integrity.

Lokálny komponent – má za úlohu ďalej skvalitňovať služby poskytované regionálnymi komponentmi.

Užívateľský komponent – hlavný dôraz je kladený na to, aby mali prijímače konkurencie schopný výkon a náklady porovnatelné s ostatnými systémami ako aj potreba prispôsobenia sa k novým potrebám užívateľov a možnosť multimodálneho využitia (možnosť spracovať viaceru rôznych signálov spolu).

## **GLOBÁLNY KOMPONENT**

Globálny komponent zahrňuje vesmírny a pozemný segment. Vesmírny segment systému Galileo bude pozostávať z 30 družíc v troch pravidelných obežných dráhach. V každej dráhe bude 10 družíc, z toho jedna bude aktívna záloha. Sklon dráh družíc voči rovníku bude  $56^{\circ}$ , čo zabezpečí dobrý príjem signálu aj v severských častiach Európy. Družice sa budú pohybovať vo výške približne 23 616 km nad povrchom Zeme. Jedna perióda bude trva 14h 4min a konfigurácia sa zapakuje raz za 10 dní.

Pozemný riadiaci segment pozostáva z nasledujúcich súčasťí :

5 TT&C staníc (Tracking, Telemetry & Command), ktoré budú mať za úlohu komunikáciu s družicami.

9 ULS staníc (Up-link stations) - tieto vysielacie stanice budú vysielat do družíc navigačné správy.

30 staníc GSS (Galileo Sensor Stations), ktoré budú preberať signály z družíc pre kontrolu integrity a časovej synchronizácie, rovnomerne rozmiestnených po povrchu Zeme.

2 pozemných monitorovacích centier GCC (Ground Control Centres).

Dalšie lokálne segmenty pre miestne rozšírenie integrity, presnosti, dostupnosti a kontinuity signálu, závislé od vyžadovaných podmienok.

## **LOKÁLNY KOMPONENT**

Bude poskytovať, kde to bude potrebné, zvýšený výkon systému a možnosť kombinácie Galilea s inými systémami GNSS, pozemnými polohovými systémami a komunikačnými systémami na miestnom základe. Na šírenie informácií budú využívané predovšetkým existujúce pozemné komunikačné systémy. Toto umožní ďalšie zvýšenie presnosti a integrity v okolí letísk, prístavov, veľkých vodných nádrží a v husto zastavaných oblastiach. Vzhľadom na štyri kategórie služieb Galilea budú vytvorené tieto prvky:

Presné navigačné prvky (Local Precision Navigation Elements) budú poskytovať signály miestnych diferenčných korekcií (napr. vysielaním dát prostredníctvom rádia, alebo GSM).

Navigačné prvky s vysokou presnosťou (Local High-Precision Navigation Elements) budú zabezpečovať signály miestnych diferenčných dát.

Navigačné prvky s miestnou podporou (Locally Assisted Navigation Elements) môžu byť použité na jedno alebo dvojcestnú komunikáciu (napr. pomocou GSM alebo UMTS) ako pomoc pre používateľov prijímačov pri určovaní polohy v ľahkých prírodných podmienkach.

Miestne rozšírenie navigačných prvkov (Local Augmented-Availability Navigation Elements).

Miestne stanice vysielajúce podobný signál ako satelity Galilea, tzv. pseudolity, sa použijú tam, kde bude potrebné zvýšiť dostupnosť ľubovoľnej služby Galilea v definovanom priestore. Zvýšenie presnosti nastane zlepšením geometrie spôsobeným vhodným umiestnením pseudolitu.

## **DRUŽICE GALILEO**

Družice Galileo patria do skupiny mini satelitov. S rozmermi  $2.7 \text{ m} \times 1.2 \text{ m} \times 1.1 \text{ m}$  dosiahnu hmotnosť asi 625 kg. Plánovaná životnosť družíc je 12 rokov. Na obežnú dráhu budú vynášané raketami Ariane5 (každý jeden let dopraví na obežnú dráhu 8 družíc) a Sojuz (vynesie 2 družice za

jeden let). Rakety umiestnia družice priamo na strednú obežnú dráhu. Súčasťou družíc budú rubídiové atómové hodiny, 2 hydrogénové masery (generátory a zosilňovače mikrovlnného signálu) a laserové reflektory, ktoré budú slúžiť na nezávislé určenie dráhy družice.

## **SLUŽBY SYSTÉMU**

Galileo bude poskytovať služby vo viacerých úrovniach zabezpečenia, od voľne prístupných až po služby štátnych záujmov s najvyšším zabezpečením.

Open Service – OS - (verejná služba) – voľná, základná služba pozostáva z kombinácií voľných frekvencií, ktoré budú bez poplatkov. Umožní určovanie polohy a času aj pomocou iných GNSS systémov. Hlavné využitie sa predpokladá v mobilných telefónoch a v prenosných osobných počítačoch, to znamená služba pre širokú verejnosť. Je porovnatelná s GPS, ale s vyššou presnosťou a spoľahlivosťou.

Safety Of Life Service – SoF - (Služba „Bezpečného života“) – dopĺňa základnú službu, bude poskytovaná s vyššou presnosťou. Jej využitie bude najmä pre aplikácie, ktoré musia mať zabezpečený kvalitný signál, ako sú letecká a námorná doprava. Poskytuje informáciu účastníkovi, keď zlyhá integrita signálu do 6 sekúnd kdekoľvek na svete. Bude mať zabezpečenú certifikáciu a garanciu.

Commercial Service – CS – (Komerčná služba) – poskytuje lepší výkon, vyššiu presnosť a väčšie množstvo informácií ako základná služba. Je využiteľná pre komerčné a profesionálne účely, na vývoj profesionálnych aplikácií. Bude spoplatnená, umožní prístup k dvom signálov s vysokou prenosovou rýchlosťou.

Public Regulated Service – PRS - (Služba obmedzená pre verejnosť) – poskytuje najvyššiu presnosť, hlavne pre národné a nadnárodné záujmy, najmä v oblasti bezpečnosti (civilná ochrana, ochrana štátnej bezpečnosti, polícia, záchranný systém, neverejné telekomunikačné siete). Bude prístupná iba pre autorizovaných užívateľov, signály budú kódované, odolné voči rušeniu.

Search and Rescue Service – SaR - (Pátracia a záchranná služba) – bude slúžiť pre záchranné systémy, bude v ňom možné vysielat a prijímať núdzové signály, a na zlepšenie medzinárodného záchranného systému COSPAS – SARSAT.

## **TECHNICKÉ PARAMETRE GALILEA**

### **SIGNÁLY A FREKVENCIE**

Každá družica bude vysielat 10 navigačných signálov a jeden signál SaR. Navigačné signály Galilea budú vysielané na vyhradených frekvenciách a signál SAR bude vysielaný na jednom z frekvenčných pásiem vyhadených pre núdzové služby (1544-1545MHz). Štyri signály budú vysielané v rozsahu 1 164 – 1 215 MHz (označované E5a a E5b) so strednou frekvenciou E5 1 188 MHz. Ďalšie tri signály budú vysielané na frekvenciach 1 260 – 1 300 MHz (ozn. E6) a zostávajúce tri budú vysielané na frekvenciach 1 559 – 1 591 MHz (ozn. L1). Signály v pásmach E5 a časť pásmu L1 budú prístupné pre všetkých užívateľov, zostávajúce pásmo E6 bude kódované a prístupné len pre užívateľov v rámci Komerčnej služby (CS). Jeden signál v pásmi E6 a jeden v L1 budú taktiež kódované, budú mať zvyšenú ochranu, budú prístupné autorizovaným užívateľom v štátom záujme. Na týchto frekvenciach budú prenášané štyri typy dát:

- dátá OS, na frekvenciach E5a, E5b a L1, pre všetkých užívateľov, obsahujú prevažne navigačné údaje
- dátá CS, prenášané na frekvenciach E5b, E6, L1, budú kódované a prístupné pomocou kontrolných centier
- dátá SoL, prenášané na frekvenciach E5b a L1, obsahujú predovšetkým údaje o strate integrity
- dátá PRS, prenášané na frekvenciach E6 a L1, budú pre autorizovaných užívateľov

Navigačný signál Galileo sa skladá z dĺžkomernej a dátovej časti. Dĺžkomerná časť sa bude generovať na každej družici pomocou presných atómových hodín. Dátová časť bude vysielaná zo Zeme, bude uložená v pamäti družice a bude sa paketovo vysielat' späť k Zemi. Dáta budú vysielané k Zemi podľa priority. Rýchlosť prenosu je 50 – 1000 znakov za sekundu. Nižšie rýchlosťi sú výhodné hlavne kvôli odolnosti signálu proti rušeniu, vyššie umožnia vysielanie doplňujúcich informácií (meteorologické javy, protipovodňová výstraha, dopravné informácie,...). Navigačné signály rozdeľujeme podľa prístupu k nim nasledovne:

- otvorený prístup k navigačnému kódu (nezašifrovaný)
- šifrovaný komerčnou šífrou
- šifrované vládnou šífrou

## SÚRADNICOVÁ REFERENČNÁ SÚSTAVA

Dnes používaný systém GPS má ako svoj základ zvolený súradnicovú sústavu WGS-84. Pretože tvorcovia Galileo kládli hlavný dôraz na nezávislosť, zvolili ako referenčnú súradnicovú sústavu ITRF. Zemská referenčná sústava Galileo (Galileo Terrestrial Reference Frame – GTRF) bude v praxi realizovaná nezávisle na medzinárodnej zemskej referenčnej sústave ITRF založenej Medzinárodnou službou rotácie Zeme (IERS). Výsledná referenčná sústava bude odvodená zo súradníc pozemných staníc Galileo. WGS-84 je prakticky tiež realizovaná na ITRS, sú v nej vyjadrené polohy kontrolných staníc GPS. Očakávané rozdiely by sa mali pohybovať v cm.

## ČASOVÁ REFERENČNÁ SÚSTAVA

Čas systému Galileo (Galileo System Time - GST) bude súvislá časová súradnicová sústava smerujúca k medzinárodnému atómovému času TAI s odchýlkou menšou ako 33 nanosekúnd. Limity systémového času, vyjadrené ako časová odchýlka vzhl'adom k TAI by nemali prekročiť 50 nanosekúnd v 95 % času počas ľubovoľného časového intervalu v roku. Rozdiely medzi GST a TAI a medzi GST a UTC budú pre používateľov vysielané prostredníctvom vysielaného signálu každou službou Galileo.

## 3. Využívanie globálnych polohových systémov

Všetky sektory ekonomiky a aj rôzne zložky našej spoločnosti sú ovplyvňované vývojom družicovej rádionavigácie, a predpokladá sa neustály nárast. Trh s produktmi a službami spojenými s touto technológiou sa v dnešnej dobe pohybuje rádovo 10 mld. € ročne, a rastie tempom 25 % ročne. Predpokladá sa, že v roku 2020 dosiahne čiastku 300 mld. €. Do roku 2020 sa predpokladá 3 miliardy aktívnych prijímačov.

Využívanie Globálnych polohových systémov v Európe najviac pohlcuje automobilový priemysel, respektíve automobilová navigácia. Na ostatné odvetvia zostáva približne po 5 % trhu. Predpokladá sa, že najväčší podiel na trhu budú mať osobné navigačné prístroje, ktoré budú integrované napr. do mobilných telefónov, počítačov PDA alebo hodiniek. Automobilovej navigácii zostane približne 20 % podiel na trhu a pre ostatné odvetvia to bude asi 1 percento.

Družicová navigácia sa stane bežnou súčasťou a pravdepodobne aj nepostrádateľným doplnkom každodenného života ľudí ale napríklad i ako systém civilnej ochrany či záchrannej služby.

*Stanislav Kaniansky,*

*Krajská hvezdáreň a planetárium Maximiliána Hella v Žiari nad Hronom*

# Metodika pozorovania meteorov

## Úvod

Sledovanie medziplanetárnej hmoty patrí spolu s pozorovaním Slnka, premenných hviezd a pozičnými meraniami (zatmenia, zákryty...) k oblastiam, kde aj amatéri môžu prispieť k zmysluplným odborným výsledkom. Tieto pozorovania sú vhodné pre amatérov aj preto, že vystačia len s elementárnym technickým vybavením. Najnižšie nároky na prístrojové vybavenie má práve sledovanie meteorov.

Meteor je svetelný úkaz v atmosfére Zeme, ktorý je spôsobený vniknutím drobného telieska meteoroidu do atmosféry. Vo výške okolo 100 - 120 km meteoroid letiaci rýchlosťou 12 až 72 km/s naráža na molekuly vzduchu a začne sa nahrievať. Väčšina teliesok o hmotnosti len niekoľko gramov, alebo ešte menší, počas letu v atmosfére celkom zhorí. Pritom zažiarí na oblohe rovnako jasno ako hviezdy. Častokrát sa stáva, že zanechá za sebou jasnú stopu, spôsobenú rekombináciou niektorých excitovaných atómov v atmosfére. Väčšie meteoroidy môžu dopadnúť až na zem ako meteority.

## História

Meteorická astronómia sa začala rozvíjať asi pol storočia po sledovaní meteorického dažďa Leoníd (11.11.1799). V roku 1866 stotožnil Schiaparelli dráhu tohto prúdu meteorov s kométou Tempel-Tuttle a dráhu Perzeid s kométou Swift-Tuttle. V priebehu ďalších rokov sa ustálil názor, že meteorické roje vznikajú rozpadom komét. Tento názor podporilo aj pozorovanie meteorického dažďa Andromedíd po rozpade Bielovej kométy. Dnes vieme, že zdrojom meteoroidov nie sú len kométy, ale v značnej časti aj planétky. Meteorický roj prechádza postupným vývojom od oblaku (ä Andromedidy) cez vlátko (Lyridy), prúd (Perzeidy) až po rozptýlený prúd (Bootidy). Veľmi zaujímavé je štadium meteorického oblaku, keď za určitých geometrických podmienok Zeme a materskej kométy možno pozorovať meteorický dásť, t.j. niekoľko stoviek až tisícov meteorov za hodinu.

S pozorovaním meteorov v Československu sa začalo ešte v medzivojniovom období a po druhej svetovej vojne sa v päťdesiatych rokoch minulého storočia začali organizovať pravidelné (najmä letné) expedície, ktorých tradíciu udržiavame dodnes. Koncom osemdesiatych rokov sa začali amatéri z viacerých krajín združovať a v roku 1989 vznikla medzinárodná organizácia International Meteor Organization (IMO). Tá dodnes združuje amatérov meteorárov z celého sveta, vydáva vlastné periodikum WGN a ďalšie publikácie, každoročne organizuje medzinárodnú konferenciu (v r. 1992 a 1998 aj na Slovensku). IMO nastolila isté normy pri zadávaní údajov a dodnes archivuje pozorovania z celého sveta, ktoré sú využívacie a voľne prístupné.

## Roje

Dráhy jednotlivých častic vyvrhnutých od kométy sú spočiatku takmer rovnobežné a až postupne veľmi pomaly sa od seba vzdialujú. Ak takymto prúdom častic prechádza Zem, pozorujeme na oblohe niekoľko desiatok a výnimočne až stoviek meteorov za hodinu. Pri pohľade zo Zeme sa nám takýto „rovnobežný“ prúd častic javí vplyvom perspektívy ako zväzok dráh, ktoré sa po predĺžení pretínajú v jednom „bode“, resp. malej oblasti. Toto miesto na oblohe nazývame radiant. Podľa súhvezdia, kde sa radiant nachádza je pomenovaný meteorický roj. Činnosť meteorických rojov je pravidelná každý rok v tom istom období (daná obehom Zeme okolo Slnka) a trvanie takejto aktivity závisí na tvare prúdu (niekoľko hodín u vlákien až po niekoľko týždňov u rozptýlených prúdov).

## **Sporadické meteory**

Postupným rozdielom medzi jednotlivými elementami dráh častic roja sú tieto častice stále horšie rozlíšiteľné od častic iného pôvodu. Vzniká tak súbor častic, o ktorých pôvode nevieme rozhodnúť a zaraďujeme ich k sporadickému pozadiu. Sporadické meteory môžeme sledovať každú noc počas celého roku. Hodinové počty 5-15 meteorov sa menia v závislosti dennej a ročnej dobe. Najviac meteorov uvidíme vtedy, ak Zem na svojej dráhe naráža proti nim. Preto môžeme hovoriť o dennej a ročnej variácii sporadických meteorov, ktoré sa prejavujú vyššou frekvenciou ráno a na jeseň (vtedy je apex Zeme najvyššie).

## **Metódy pozorovania**

Metódy pozorovania možno rozdeliť na vizuálne, teleskopické, fotografické, radarové, rádiové, video a CCD. Pre amatéra sú najvhodnejšie a najprístupnejšie pozorovania vizuálne. Pri nich si môžeme zvoliť ako cieľ programu určovanie frekvencí rojových a sporadických meteorov, určovanie jasnosti meteorov a z toho vyplývajúce určovanie zastúpenia rôzne hmotných častic, podrobne štúdium poloh radiantov a ich štruktúry, určovanie atmosférických dráh meteorov pozorovaním z dvoch, alebo viacerých miest a určovanie iných špeciálnych charakteristík meteorov. Obyčajne sa dá zahrnúť do jedného pozorovania aj niekoľko z uvedených programov. Z hľadiska počtu pozorovateľov možno rozdeliť pozorovania na skupinové a individuálne.

## **Materiálno technické zabezpečenie vizuálneho pozorovania**

Na pozorovanie je potrebná mapa s označenými jasnosťami porovnávacích hviezd, aby bolo možné podľa nich určiť jasnosť meteoru. Veľmi vhodné sú napr. mapové listy Gnomonického atlasu Brno 2000. Do mapy je vhodné vopred vyniesť tzv. trojuholníky limitných jasností, podľa ktorých sa potom počas pozorovania určuje hraničná hviezdná veľkosť. Na sledovanie mapy potme je potrebné tlmené červené osvetlenie, na ktoré je v noci ľudské oko najmenej citlivé (vhovuje obyčajná baterka s červeným papierom, alebo červená LED dióda, nevhodné sú halogénové a kryptónové svietidlá). Na zaznamenávanie údajov sa používa pozorovací protokol a mäkká ceruzka, vhodná je aj tvrdá podložka na písanie. V prípade zakresľovania meteorov do mapy potrebujeme aj pravítko. Modernejšou alternatívou zapisovania je diktafón. Pri pozorovaní sa určuje aj čas preletu meteoru. Najvhodnejšie sú digitálne hodiny so svietiacim LED displejom, či „hovoriace“ hodiny, na ktoré nie je potrebné svietiť baterkou. Alternatívou môžu byť, najmä v prípade individuálneho pozorovania, stopky s dostatočným počtom pamäti (>100). Vtedy možno použiť na zapisovanie rolku papiera, kde sa po každom meteore rolka prehne.

Posledné obdobie nám prináša stále nové technické vymoženosť, ktoré sa v budúcnosti môžu takisto využiť (mobilný telefón, mp3 prehrávač a pod.). K materiálno technickému zabezpečeniu je nutné počítať aj teplé oblečenie (toto býva veľmi často podceňované), nafukovačka, či kreslo a teplý spací vak.

## **Príprava na pozorovanie**

Z vytýčeného cieľa pozorovania vyplýva termín pozorovania. Všetky potrebné informácie o činnosti meteorických rojov možno získať z astronomických ročeniek, internetu ([www.imo.net](http://www.imo.net)), vhodného softwaru (napr. Metshow), alebo priamo v niektornej hvezdárni. Pozorovanie roja by malo byť v čase bezmesačných nocí a súčasne v období činnosti roja, najlepšie v čase okolo maxima jeho činnosti. Radiant roja by mal byť počas pozorovania aspoň  $30^\circ$  nad obzorom. Aj voľba pozorovacieho miesta hrá dôležitú úlohu. Malo by byť dostatočne d'aleko od osvetlených a priemyselných oblastí (smog), ľahko dostupné a s výhľadom na čo najväčšiu časť oblohy.

## Pozorovanie

Prípravy na samotné pozorovanie by mali skončiť aspoň 1 hodinu pred pozorovaním tak, aby 15 minút pred začiatkom všetci zaujali svoje miesta. Ľudské oko sa prispôsobuje na úplnú tmu až 10-20 minút. Pozorovatelia musia mať počas pozorovania dostatočné pohodlie, nemali by mať pocit chladu. V prípade skupinového pozorovania sa určí zapisovateľ, ktorý by mal byť aj vedúcim celého pozorovania. Zapisovateľ musí mať stabilné miesto s dostatočným osvetlením, ktoré ale nesmie rušiť pozorovateľov. V prípade použitia diktafónu môže „zapisovateľ“ súčasne aj pozorovať. Skupina by vtedy nemala byť väčšia ako 4 osoby.

## Protokol

Údaje sa zaznamenávajú do protokolu, ktorý by mal byť rozčlenený do troch častí:

Hlavica obsahuje miesto pozorovania, jeho zemepisné súradnice, začiatok a koniec pozorovania (tak ako všetky časy v UT). Každý z pozorovateľov uvedie svoj medzinárodný IMO kód (spravidla prvé tri písmená priezviska a prvé dve písmená mena), stred svojho zorného poľa (rovníkové súradnice v stupňoch), začiatky a konce pozorovacích intervalov a zoznam rojov, ktoré v týchto intervaloch pozoruje (medzinárodné skratky).

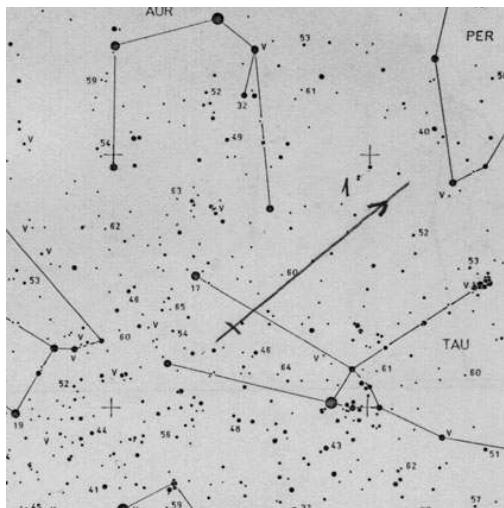
Údaje o podmienkach pozorovania treba uvádzať priebežne počas pozorovania, vždy keď sa zmenia. Tu sa píšu začiatky a konce prestávok, všetky zmeny oblačnosti (v %) a zmeny limitnej jasnosti (počet hviezd viditeľných v niektorom z definovaných trojuholníkov).

Údaje o meteoroch - čas preletu meteora (vhodná je presnosť na sekundu, ale postačí aj presnosť na minútu), číslo, resp. označenie pozorovateľa (-lova), ktorí ho videli, príslušnosť k roju (skratka roja, resp. jeho značka, sporadický meteor väčšinou označujeme „-“), jasnosť meteora (s presnosťou na 0,5m). Okrem týchto údajov, ktoré vychádzajú z návodov IMO, je možné zadávať aj ďalšie doplňujúce údaje ako sú stopa (trvanie v sekundách), uhlová rýchlosť, výška meteora nad obzorom, farba meteora, ocenenie kvality pozorovania (udáva budúcu kvalitu zákresu, alebo presnosť odhadu jasnosti, či príslušnosti k roju vo vopred dohodnutej stupnici).

Súbor: .MET, .TXT		VIZUÁLNE POZOROVANIE METEOROV												Noc:	Skup.:	Str.: /																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Dátum:	/	Miesto: *lat*: *lon*:												lat	lon	UT	Met. roj:	Kód IMO:																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
T<sub>1</sub>	T<sub>2</sub>	UT	L<sub>1</sub>	L<sub>2</sub>	I<sub>1</sub>	I<sub>2</sub>	I<sub>3</sub>	I<sub>4</sub>	I<sub>5</sub>	I<sub>6</sub>	I<sub>7</sub>	I<sub>8</sub>	I<sub>9</sub>	I<sub>10</sub>	I<sub>11</sub>	I<sub>12</sub>	I<sub>13</sub>	I<sub>14</sub>	I<sub>15</sub>	I<sub>16</sub>	I<sub>17</sub>	I<sub>18</sub>	I<sub>19</sub>	I<sub>20</sub>	I<sub>21</sub>	I<sub>22</sub>	I<sub>23</sub>	I<sub>24</sub>	I<sub>25</sub>	I<sub>26</sub>	I<sub>27</sub>	I<sub>28</sub>	I<sub>29</sub>	I<sub>30</sub>	I<sub>31</sub>	I<sub>32</sub>	I<sub>33</sub>	I<sub>34</sub>	I<sub>35</sub>	I<sub>36</sub>	I<sub>37</sub>	I<sub>38</sub>	I<sub>39</sub>	I<sub>40</sub>	I<sub>41</sub>	I<sub>42</sub>	I<sub>43</sub>	I<sub>44</sub>	I<sub>45</sub>	I<sub>46</sub>	I<sub>47</sub>	I<sub>48</sub>	I<sub>49</sub>	I<sub>50</sub>	I<sub>51</sub>	I<sub>52</sub>	I<sub>53</sub>	I<sub>54</sub>	I<sub>55</sub>	I<sub>56</sub>	I<sub>57</sub>	I<sub>58</sub>	I<sub>59</sub>	I<sub>60</sub>	I<sub>61</sub>	I<sub>62</sub>	I<sub>63</sub>	I<sub>64</sub>	I<sub>65</sub>	I<sub>66</sub>	I<sub>67</sub>	I<sub>68</sub>	I<sub>69</sub>	I<sub>70</sub>	I<sub>71</sub>	I<sub>72</sub>	I<sub>73</sub>	I<sub>74</sub>	I<sub>75</sub>	I<sub>76</sub>	I<sub>77</sub>	I<sub>78</sub>	I<sub>79</sub>	I<sub>80</sub>	I<sub>81</sub>	I<sub>82</sub>	I<sub>83</sub>	I<sub>84</sub>	I<sub>85</sub>	I<sub>86</sub>	I<sub>87</sub>	I<sub>88</sub>	I<sub>89</sub>	I<sub>90</sub>	I<sub>91</sub>	I<sub>92</sub>	I<sub>93</sub>	I<sub>94</sub>	I<sub>95</sub>	I<sub>96</sub>	I<sub>97</sub>	I<sub>98</sub>	I<sub>99</sub>	I<sub>100</sub>	I<sub>101</sub>	I<sub>102</sub>	I<sub>103</sub>	I<sub>104</sub>	I<sub>105</sub>	I<sub>106</sub>	I<sub>107</sub>	I<sub>108</sub>	I<sub>109</sub>	I<sub>110</sub>	I<sub>111</sub>	I<sub>112</sub>	I<sub>113</sub>	I<sub>114</sub>	I<sub>115</sub>	I<sub>116</sub>	I<sub>117</sub>	I<sub>118</sub>	I<sub>119</sub>	I<sub>120</sub>	I<sub>121</sub>	I<sub>122</sub>	I<sub>123</sub>	I<sub>124</sub>	I<sub>125</sub>	I<sub>126</sub>	I<sub>127</sub>	I<sub>128</sub>	I<sub>129</sub>	I<sub>130</sub>	I<sub>131</sub>	I<sub>132</sub>	I<sub>133</sub>	I<sub>134</sub>	I<sub>135</sub>	I<sub>136</sub>	I<sub>137</sub>	I<sub>138</sub>	I<sub>139</sub>	I<sub>140</sub>	I<sub>141</sub>	I<sub>142</sub>	I<sub>143</sub>	I<sub>144</sub>	I<sub>145</sub>	I<sub>146</sub>	I<sub>147</sub>	I<sub>148</sub>	I<sub>149</sub>	I<sub>150</sub>	I<sub>151</sub>	I<sub>152</sub>	I<sub>153</sub>	I<sub>154</sub>	I<sub>155</sub>	I<sub>156</sub>	I<sub>157</sub>	I<sub>158</sub>	I<sub>159</sub>	I<sub>160</sub>	I<sub>161</sub>	I<sub>162</sub>	I<sub>163</sub>	I<sub>164</sub>	I<sub>165</sub>	I<sub>166</sub>	I<sub>167</sub>	I<sub>168</sub>	I<sub>169</sub>	I<sub>170</sub>	I<sub>171</sub>	I<sub>172</sub>	I<sub>173</sub>	I<sub>174</sub>	I<sub>175</sub>	I<sub>176</sub>	I<sub>177</sub>	I<sub>178</sub>	I<sub>179</sub>	I<sub>180</sub>	I<sub>181</sub>	I<sub>182</sub>	I<sub>183</sub>	I<sub>184</sub>	I<sub>185</sub>	I<sub>186</sub>	I<sub>187</sub>	I<sub>188</sub>	I<sub>189</sub>	I<sub>190</sub>	I<sub>191</sub>	I<sub>192</sub>	I<sub>193</sub>	I<sub>194</sub>	I<sub>195</sub>	I<sub>196</sub>	I<sub>197</sub>	I<sub>198</sub>	I<sub>199</sub>	I<sub>200</sub>	I<sub>201</sub>	I<sub>202</sub>	I<sub>203</sub>	I<sub>204</sub>	I<sub>205</sub>	I<sub>206</sub>	I<sub>207</sub>	I<sub>208</sub>	I<sub>209</sub>	I<sub>210</sub>	I<sub>211</sub>	I<sub>212</sub>	I<sub>213</sub>	I<sub>214</sub>	I<sub>215</sub>	I<sub>216</sub>	I<sub>217</sub>	I<sub>218</sub>	I<sub>219</sub>	I<sub>220</sub>	I<sub>221</sub>	I<sub>222</sub>	I<sub>223</sub>	I<sub>224</sub>	I<sub>225</sub>	I<sub>226</sub>	I<sub>227</sub>	I<sub>228</sub>	I<sub>229</sub>	I<sub>230</sub>	I<sub>231</sub>	I<sub>232</sub>	I<sub>233</sub>	I<sub>234</sub>	I<sub>235</sub>	I<sub>236</sub>	I<sub>237</sub>	I<sub>238</sub>	I<sub>239</sub>	I<sub>240</sub>	I<sub>241</sub>	I<sub>242</sub>	I<sub>243</sub>	I<sub>244</sub>	I<sub>245</sub>	I<sub>246</sub>	I<sub>247</sub>	I<sub>248</sub>	I<sub>249</sub>	I<sub>250</sub>	I<sub>251</sub>	I<sub>252</sub>	I<sub>253</sub>	I<sub>254</sub>	I<sub>255</sub>	I<sub>256</sub>	I<sub>257</sub>	I<sub>258</sub>	I<sub>259</sub>	I<sub>260</sub>	I<sub>261</sub>	I<sub>262</sub>	I<sub>263</sub>	I<sub>264</sub>	I<sub>265</sub>	I<sub>266</sub>	I<sub>267</sub>	I<sub>268</sub>	I<sub>269</sub>	I<sub>270</sub>	I<sub>271</sub>	I<sub>272</sub>	I<sub>273</sub>	I<sub>274</sub>	I<sub>275</sub>	I<sub>276</sub>	I<sub>277</sub>	I<sub>278</sub>	I<sub>279</sub>	I<sub>280</sub>	I<sub>281</sub>	I<sub>282</sub>	I<sub>283</sub>	I<sub>284</sub>	I<sub>285</sub>	I<sub>286</sub>	I<sub>287</sub>	I<sub>288</sub>	I<sub>289</sub>	I<sub>290</sub>	I<sub>291</sub>	I<sub>292</sub>	I<sub>293</sub>	I<sub>294</sub>	I<sub>295</sub>	I<sub>296</sub>	I<sub>297</sub>	I<sub>298</sub>	I<sub>299</sub>	I<sub>300</sub>	I<sub>301</sub>	I<sub>302</sub>	I<sub>303</sub>	I<sub>304</sub>	I<sub>305</sub>	I<sub>306</sub>	I<sub>307</sub>	I<sub>308</sub>	I<sub>309</sub>	I<sub>310</sub>	I<sub>311</sub>	I<sub>312</sub>	I<sub>313</sub>	I<sub>314</sub>	I<sub>315</sub>	I<sub>316</sub>	I<sub>317</sub>	I<sub>318</sub>	I<sub>319</sub>	I<sub>320</sub>	I<sub>321</sub>	I<sub>322</sub>	I<sub>323</sub>	I<sub>324</sub>	I<sub>325</sub>	I<sub>326</sub>	I<sub>327</sub>	I<sub>328</sub>	I<sub>329</sub>	I<sub>330</sub>	I<sub>331</sub>	I<sub>332</sub>	I<sub>333</sub>	I<sub>334</sub>	I<sub>335</sub>	I<sub>336</sub>	I<sub>337</sub>	I<sub>338</sub>	I<sub>339</sub>	I<sub>340</sub>	I<sub>341</sub>	I<sub>342</sub>	I<sub>343</sub>	I<sub>344</sub>	I<sub>345</sub>	I<sub>346</sub>	I<sub>347</sub>	I<sub>348</sub>	I<sub>349</sub>	I<sub>350</sub>	I<sub>351</sub>	I<sub>352</sub>	I<sub>353</sub>	I<sub>354</sub>	I<sub>355</sub>	I<sub>356</sub>	I<sub>357</sub>	I<sub>358</sub>	I<sub>359</sub>	I<sub>360</sub>	I<sub>361</sub>	I<sub>362</sub>	I<sub>363</sub>	I<sub>364</sub>	I<sub>365</sub>	I<sub>366</sub>	I<sub>367</sub>	I<sub>368</sub>	I<sub>369</sub>	I<sub>370</sub>	I<sub>371</sub>	I<sub>372</sub>	I<sub>373</sub>	I<sub>374</sub>	I<sub>375</sub>	I<sub>376</sub>	I<sub>377</sub>	I<sub>378</sub>	I<sub>379</sub>	I<sub>380</sub>	I<sub>381</sub>	I<sub>382</sub>	I<sub>383</sub>	I<sub>384</sub>	I<sub>385</sub>	I<sub>386</sub>	I<sub>387</sub>	I<sub>388</sub>	I<sub>389</sub>	I<sub>390</sub>	I<sub>391</sub>	I<sub>392</sub>	I<sub>393</sub>	I<sub>394</sub>	I<sub>395</sub>	I<sub>396</sub>	I<sub>397</sub>	I<sub>398</sub>	I<sub>399</sub>	I<sub>400</sub>	I<sub>401</sub>	I<sub>402</sub>	I<sub>403</sub>	I<sub>404</sub>	I<sub>405</sub>	I<sub>406</sub>	I<sub>407</sub>	I<sub>408</sub>	I<sub>409</sub>	I<sub>410</sub>	I<sub>411</sub>	I<sub>412</sub>	I<sub>413</sub>	I<sub>414</sub>	I<sub>415</sub>	I<sub>416</sub>	I<sub>417</sub>	I<sub>418</sub>	I<sub>419</sub>	I<sub>420</sub>	I<sub>421</sub>	I<sub>422</sub>	I<sub>423</sub>	I<sub>424</sub>	I<sub>425</sub>	I<sub>426</sub>	I<sub>427</sub>	I<sub>428</sub>	I<sub>429</sub>	I<sub>430</sub>	I<sub>431</sub>	I<sub>432</sub>	I<sub>433</sub>	I<sub>434</sub>	I<sub>435</sub>	I<sub>436</sub>	I<sub>437</sub>	I<sub>438</sub>	I<sub>439</sub>	I<sub>440</sub>	I<sub>441</sub>	I<sub>442</sub>	I<sub>443</sub>	I<sub>444</sub>	I<sub>445</sub>	I<sub>446</sub>	I<sub>447</sub>	I<sub>448</sub>	I<sub>449</sub>	I<sub>450</sub>	I<sub>451</sub>	I<sub>452</sub>	I<sub>453</sub>	I<sub>454</sub>	I<sub>455</sub>	I<sub>456</sub>	I<sub>457</sub>	I<sub>458</sub>	I<sub>459</sub>	I<sub>460</sub>	I<sub>461</sub>	I<sub>462</sub>	I<sub>463</sub>	I<sub>464</sub>	I<sub>465</sub>	I<sub>466</sub>	I<sub>467</sub>	I<sub>468</sub>	I<sub>469</sub>	I<sub>470</sub>	I<sub>471</sub>	I<sub>472</sub>	I<sub>473</sub>	I<sub>474</sub>	I<sub>475</sub>	I<sub>476</sub>	I<sub>477</sub>	I<sub>478</sub>	I<sub>479</sub>	I<sub>480</sub>	I<sub>481</sub>	I<sub>482</sub>	I<sub>483</sub>	I<sub>484</sub>	I<sub>485</sub>	I<sub>486</sub>	I<sub>487</sub>	I<sub>488</sub>	I<sub>489</sub>	I<sub>490</sub>	I<sub>491</sub>	I<sub>492</sub>	I<sub>493</sub>	I<sub>494</sub>	I<sub>495</sub>	I<sub>496</sub>	I<sub>497</sub>	I<sub>498</sub>	I<sub>499</sub>	I<sub>500</sub>	I<sub>501</sub>	I<sub>502</sub>	I<sub>503</sub>	I<sub>504</sub>	I<sub>505</sub>	I<sub>506</sub>	I<sub>507</sub>	I<sub>508</sub>	I<sub>509</sub>	I<sub>510</sub>	I<sub>511</sub>	I<sub>512</sub>	I<sub>513</sub>	I<sub>514</sub>	I<sub>515</sub>	I<sub>516</sub>	I<sub>517</sub>	I<sub>518</sub>	I<sub>519</sub>	I<sub>520</sub>	I<sub>521</sub>	I<sub>522</sub>	I<sub>523</sub>	I<sub>524</sub>	I<sub>525</sub>	I<sub>526</sub>	I<sub>527</sub>	I<sub>528</sub>	I<sub>529</sub>	I<sub>530</sub>	I<sub>531</sub>	I<sub>532</sub>	I<sub>533</sub>	I<sub>534</sub>	I<sub>535</sub>	I<sub>536</sub>	I<sub>537</sub>	I<sub>538</sub>	I<sub>539</sub>	I<sub>540</sub>	I<sub>541</sub>	I<sub>542</sub>	I<sub>543</sub>	I<sub>544</sub>	I<sub>545</sub>	I<sub>546</sub>	I<sub>547</sub>	I<sub>548</sub>	I<sub>549</sub>	I<sub>550</sub>	I<sub>551</sub>	I<sub>552</sub>	I<sub>553</sub>	I<sub>554</sub>	I<sub>555</sub>	I<sub>556</sub>	I<sub>557</sub>	I<sub>558</sub>	I<sub>559</sub>	I<sub>560</sub>	I<sub>561</sub>	I<sub>562</sub>	I<sub>563</sub>	I<sub>564</sub>	I<sub>565</sub>	I<sub>566</sub>	I<sub>567</sub>	I<sub>568</sub>	I<sub>569</sub>	I<sub>570</sub>	I<sub>571</sub>	I<sub>572</sub>	I<sub>573</sub>	I<sub>574</sub>	I<sub>575</sub>	I<sub>576</sub>	I<sub>577</sub>	I<sub>578</sub>	I<sub>579</sub>	I<sub>580</sub>	I<sub>581</sub>	I<sub>582</sub>	I<sub>583</sub>	I<sub>584</sub>	I<sub>585</sub>	I<sub>586</sub>	I<sub>587</sub>	I<sub>588</sub>	I<sub>589</sub>	I<sub>590</sub>	I<sub>591</sub>	I<sub>592</sub>	I<sub>593</sub>	I<sub>594</sub>	I<sub>595</sub>	I<sub>596</sub>	I<sub>597</sub>	I<sub>598</sub>	I<sub>599</sub>	I<sub>600</sub>	I<sub>601</sub>	I<sub>602</sub>	I<sub>603</sub>	I<sub>604</sub>	I<sub>605</sub>	I<sub>606</sub>	I<sub>607</sub>	I<sub>608</sub>	I<sub>609</sub>	I<sub>610</sub>	I<sub>611</sub>	I<sub>612</sub>	I<sub>613</sub>	I<sub>614</sub>	I<sub>615</sub>	I<sub>616</sub>	I<sub>617</sub>	I<sub>618</sub>	I<sub>619</sub>	I<sub>620</sub>	I<sub>621</sub>	I<sub>622</sub>	I<sub>623</sub>	I<sub>624</sub>	I<sub>625</sub>	I<sub>626</sub>	I<sub>627</sub>	I<sub>628</sub>	I<sub>629</sub>	I<sub>630</sub>	I<sub>631</sub>	I<sub>632</sub>	I<sub>633</sub>	I<sub>634</sub>	I<sub>635</sub>	I<sub>636</sub>	I<sub>637</sub>	I<sub>638</sub>	I<sub>639</sub>	I<sub>640</sub>	I<sub>641</sub>	I<sub>642</sub>	I<sub>643</sub>	I<sub>644</sub>	I<sub>645</sub>	I<sub>646</sub>	I<sub>647</sub>	I<sub>648</sub>	I<sub>649</sub>	I<sub>650</sub>	I<sub>651</sub>	I<sub>652</sub>	I<sub>653</sub>	I<sub>654</sub>	I<sub>655</sub>	I<sub>656</sub>	I<sub>657</sub>	I<sub>658</sub>	I<sub>659</sub>	I<sub>660</sub>	I<sub>661</sub>	I<sub>662</sub>	I<sub>663</sub>	I<sub>664</sub>	I<sub>665</sub>	I<sub>666</sub>	I<sub>667</sub>	I<sub>668</sub>	I<sub>669</sub>	I<sub>670</sub>	I<sub>671</sub>	I<sub>672</sub>	I<sub>673</sub>	I<sub>674</sub>	I<sub>675</sub>	I<sub>676</sub>	I<sub>677</sub>	I<sub>678</sub>	I<sub>679</sub>	I<sub>680</sub>	I<sub>681</sub>	I<sub>682</sub>	I<sub>683</sub>	I<sub>684</sub>	I<sub>685</sub>	I<sub>686</sub>	I<sub>687</sub>	I<sub>688</sub>	I<sub>689</sub>	I<sub>690</sub>	I<sub>691</sub>	I<sub>692</sub>	I<sub>693</sub>	I<sub>694</sub>	I<sub>695</sub>	I<sub>696</sub>	I<sub>697</sub>	I<sub>698</sub>	I<sub>699</sub>	I<sub>700</sub>	I<sub>701</sub>	I<sub>702</sub>	I<sub>703</sub>	I<sub>704</sub>	I<sub>705</sub>	I<sub>706</sub>	I<sub>707</sub>	I<sub>708</sub>	I<sub>709</sub>	I<sub>710</sub>	I<sub>711</sub>	I<sub>712</sub>	I<sub>713</sub>	I<sub>714</sub>	I<sub>715</sub>	I<sub>716</sub>	I<sub>717</sub>	I<sub>718</sub>	I<sub>719</sub>	I<sub>720</sub>	I<sub>721</sub>	I<sub>722</sub>	I<sub>723</sub>	I<sub>724</sub>	I<sub>725</sub>	I<sub>726</sub>	I<sub>727</sub>	I<sub>728</sub>	I<sub>729</sub>	I<sub>730</sub>	I<sub>731</sub>	I<sub>732</sub>	I<sub>733</sub>	I<sub>734</sub>	I<sub>735</sub>	I<sub>736</sub>	I<sub>737</sub>	I<sub>738</sub>	I<sub>739</sub>	I<sub>740</sub>	I<sub>741</sub>	I<sub>742</sub>	I<sub>743</sub>	I<sub>744</sub>	I<sub>745</sub>	I<sub>746</sub>	I<sub>747</sub>	I<sub>748</sub>	I<sub>749</sub>	I<sub>750</sub>	I<sub>751</sub>	I<sub>752</sub>	I<sub>753</sub>	I<sub>754</sub>	I<sub>755</sub>	I<sub>756</sub>	I<sub>757</sub>	I<sub>758</sub>	I<sub>759</sub>	I<sub>760</sub>	I<sub>761</sub>	I<sub>762</sub>	I<sub>763</sub>	I<sub>764</sub>	I<sub>765</sub>	I<sub>766</sub>	I<sub>767</sub>	I<sub>768</sub>	I<sub>769</sub>	I<sub>770</sub>	I<sub>771</sub>	I<sub>772</sub>	I<sub>773</sub>	I<sub>774</sub>	I<sub>775</sub>	I<sub>776</sub>	I<sub>777</sub>	I<sub>778</sub>	I<sub>779</sub>	I<sub>780</sub>	I<sub>781</sub>	I<sub>782</sub>	I<sub>783</sub>	I<sub>784</sub>	I<sub>785</sub>	I<sub>786</sub>	I<sub>787</sub>	I<sub>788</sub>	I<sub>789</sub>	I<sub>790</sub>	I<sub>791</sub>	I<sub>792</sub>	I<sub>793</sub>	I<sub>794</sub>	I<sub>795</sub>	I<sub>796</sub>	I<sub>797</sub>	I<sub>798</sub>	I<sub>799</sub>	I<sub>800</sub>	I<sub>801</sub>	I<sub>802</sub>	I<sub>803</sub>	I<sub>804</sub>	I<sub>805</sub>	I<sub>806</sub>	I<sub>807</sub>	I<sub>808</sub>	I<sub>809</sub>	I<sub>810</sub>	I<sub>811</sub>	I<sub>812</sub>	I<sub>813</sub>	I<sub>814</sub>	I<sub>815</sub>	I<sub>816</sub>	I<sub>817</sub>	I<sub>818</sub>	I<sub>819</sub>	I<sub>820</sub>	I<sub>821</sub>	I<sub>822</sub>	I<sub>823</sub>	I<sub>824</sub>	I<sub>825</sub>	I<sub>826</sub>	I<sub>827</sub>	I<sub>828</sub>	I<sub>829</sub>	I<sub>830</sub>	I<sub>831</sub>	I<sub>832</sub>	I<sub>833</sub>	I<sub>834</sub>	I<sub>835</sub>	I<sub>836</sub>	I<sub>837</sub>	I<sub>838</sub>	I<sub>839</sub>	I<sub>840</sub>	I<sub>841</sub>	I<sub>842</sub>	I<sub>843</sub>	I<sub>844</sub>	I<sub>845</sub>	I<sub>846</sub>	I<sub>847</sub>	I<sub>848</sub>	I<sub>849</sub>	I<sub>850</sub>	I<sub>851</sub>	I<sub>852</sub>	I<sub>853</sub>	I<sub>854</sub>	I<sub>855</sub>	I<sub>856</sub>	I

Meteory možno zapisovať aj priamo do PC (napr. software IMOprot). Výhodou je potom rýchlejšie spracovanie údajov, ktoré sa v konečnom štádiu aj tak spracúvajú na počítači

## Zakresľovanie



Presnejšie výsledky ohľadom príslušnosti k jednotlivým rojom a možnosť určenia radiantu, resp. jeho štruktúry dávajú pozorovania so zakresľovaním. Meteor sa zakresľuje do tzv. gnómonickej mapy, kde je obloha skreslená, ale priemet dráhy meteoru je priamka. Po prelete meteoru sa treba ešte chvíľu dívať na oblohu a snažiť sa zafixovať jeho dráhu medzi hviezdami. Potom sa nakreslí priamka (dlhšia ako dráha meteoru), na ktorej sa čiarkou vyznačí začiatok a šípkou koniec meteoru. Každý meteor musí mať priradené číslo, ktoré v prípade skupinového pozorovania určí zapisovateľ. Pri zákresoch by sa mala určovať aj uhlová rýchlosť meteoru v °/s, alebo aspoň v 5 stupňovej stupnici 1-5.

## Teleskopické pozorovania

Program pozorovania teleskopických meteorov a výber vhodných polí by mal určovať skúsenejší pozorovateľ. Na pozorovanie meteorov sú vhodné binokulárne d'alekohľady s veľkým zorným poľom (delostrelecký binar 10x80, triéder 7x50 a pod.). Treba si uvedomiť, že zdánlivá uhlová rýchlosť meteoru v d'alekohľade je oveľa vyššia ako pri pozorovaní voľným okom a preto je pozorovanie náročnejšie. Aj keď dosah jasnosti v d'alekohľade je asi o 4m vyšší, malé zorné pole spôsobí, že meteorov je väčšinou o čosi menej ako pri pozorovaní voľným okom.

## Fotografické pozorovanie



Astronomická fotografia umožňuje fotografovanie veľmi slabých objektov. Fotografovanie meteorov je však výnimkou. Meteor je len veľmi krátko trvajúci jav, preto sa používajú statické kamery. Fotografický prístroj by mal mať režim „B“, ktorý sa aretuje drôtenou spúšťou. Používajú sa citlivejšie filmy a svetelné objektívy pri relatívne dlhých časoch (na stredne citlivý film sa cez objektív svetelnosť 1:3,5 zachytia meteory s jasnosťou -3<sup>m</sup>). Čas expozície sa obyčajne pohybuje okolo 30 min. (objektív 1:2, film 200ASA). Príliš dlhé expozície sa neodporúčajú kvôli dlhým krivkám hviezd a následne tăžkému určeniu polohy meteoru. Veľkým prínosom je rotujúci sektor pred objektívom fotoaparátu, pomocou ktorého možno určiť uhlovú rýchlosť meteoru. V prípade, že ten istý meteor zachytili dve kamery vzdialenosť aspoň 20-30km je možné určiť atmosférickú dráhu meteoru.

V odborných kruhoch sa používa aj siet celoobloho-

vých kamier na zachytenie bolidov. Rovnako tak je možné odfotografovať stopu meteoru, alebo aj jej spektrum. Najmä v druhom z uvedených prípadov je potrebné použiť špeciálne upravené prístroje pre amatérov viac menej neprístupné.

## Video a CCD

Moderná doba prináša stále nové technické prostriedky, ktoré je možné využiť aj na pozorovanie meteorov. Bežné video kamery so zosilňovačom obrazu majú dosah až do 8-9m. Kvalita takého pozorovania je vzhľadom na objektívne spracovanie výrazne lepšia ako pri zakresľovaní meteorov do mapy. Na spracovanie video záznamov sa využíva PC program MetRec, ktorý je možné stiahnuť zo stránky IMO. Jeho nevýhodou je hardwarová náročnosť (viaže sa na špeciálnu grafickú kartu).

## Základné spracovanie

Okrem prehľadnej štatistiky z pozorovania (efektívny čas pozorovania jednotlivých pozorovateľov, počet záznamov meteorov, počet spoločných meteorov, z toho počty rojových meteorov, základné údaje o fotografovaní...) si môže pozorovateľ vypočítať aj hodinovú frekvenciu roja (ZHR), resp. jej priebeh počas noci, či počas niekoľkých nocí.

$ZHR = N / (k \cdot T_{ef})$ , kde  $N$  je počet meteorov,  $T_{ef}$  je efektívny čas pozorovania (odpočítajú sa prestávky) a  $k$  je opravný koeficient. Ten je súčinom koeficientov  $k_1$  (oprava na výšku radiantu nad obzorom),  $k_2$  (oprava na hraničnú hviezdu veľkost') a  $k_3$  (oprava na oblačnosť')

Platí  $k_1 = \sin(h)$ ,  $k_2 = r^{(m-6.5)}$ ,  $k_3 = (100 - c)/100$ , kde  $h$  je výška radiantu nad obzorom,  $m$  je odhad hraničnej hvieznej veľkosti a  $c$  je oblačnosť' v %. Číslo  $r$  charakterizuje rozdelenie počtu meteorov rôznych jasností a možno ho vyhľadať v tabuľkách. Všetky údaje sa vzťahujú na stred intervalu.

Údaje potrebné pre spracovanie v IMO prehľadne vidno v nasledujúcich tabuľkách. Aby sa zjednodušilo spracovanie, je výhodnejšie prepísať všetky meteory v programe IMOprot a vyzenerovať potrebné výstupy z neho. Centrum spracovania meteorov na Slovensku je vo Hvezdárni v Banskej Bystrici, odkiaľ sa údaje po kontrole posielajú ďalej do IMO.

International Meteor Organization												IMO Visual Handbook																																																																																																																																	
VISUAL OBSERVING FORM – Summary Report																																																																																																																																													
Date: 13-14... (day), 08... (month), 1991 (year). Begin: 20+12... m., End: 02+13... m. (UT)																																																																																																																																													
Location: $\lambda = 12^\circ + 48' + 06'' E/W, \phi = 52^\circ + 27' + 35'' N/S, h = \dots$ m. IMO Code: _____																																																																																																																																													
Place: Schmerwitz, Germany																																																																																																																																													
Observer: Fritz Schmidt													IMO Code: SGFR																																																																																																																																
Observed showers (please use IMO three-letter code):																																																																																																																																													
<table border="1"> <tr> <td>Shower</td> <td><math>\alpha</math></td> <td><math>\delta</math></td> <td>Shower</td> <td><math>\alpha</math></td> <td><math>\delta</math></td> <td>Shower</td> <td><math>\alpha</math></td> <td><math>\delta</math></td> <td>Shower</td> <td><math>\alpha</math></td> <td><math>\delta</math></td> </tr> <tr> <td>PER</td> <td>48.8</td> <td>59.9</td> <td>PER</td> <td>48.8</td> <td>59.9</td> <td>PER</td> <td>48.8</td> <td>59.9</td> <td>PER</td> <td>48.8</td> <td>59.9</td> </tr> </table>												Shower	$\alpha$	$\delta$	Shower	$\alpha$	$\delta$	Shower	$\alpha$	$\delta$	Shower	$\alpha$	$\delta$	PER	48.8	59.9	PER	48.8	59.9	PER	48.8	59.9	PER	48.8	59.9																																																																																																										
Shower	$\alpha$	$\delta$	Shower	$\alpha$	$\delta$	Shower	$\alpha$	$\delta$	Shower	$\alpha$	$\delta$																																																																																																																																		
PER	48.8	59.9	PER	48.8	59.9	PER	48.8	59.9	PER	48.8	59.9																																																																																																																																		
Observed numbers of meteors per period and per shower:																																																																																																																																													
M: observing method (Counting, Filtering) or R: fainter coordinates estimated directly;																																																																																																																																													
N: number of meteors counted, distinguish between $\alpha$ (in hours) and $\delta$ (hours not analyzed during the period)																																																																																																																																													
<table border="1"> <tr> <td>Period (UT)</td> <td>Field</td> <td>Time</td> <td>F</td> <td>Lm</td> <td colspan="12">PER</td> </tr> <tr> <td>(<math>\alpha</math>, <math>\delta</math>, <math>\lambda</math>)</td> <td>(<math>\alpha</math>, <math>\delta</math>) (<math>\lambda</math>)</td> <td>(<math>\alpha</math>) (<math>\delta</math>)</td> <td>M</td> <td>N</td> <td>M</td> <td>N</td> <td>M</td> <td>N</td> <td>M</td> <td>N</td> <td>M</td> <td>N</td> <td>M</td> <td>N</td> <td>Total</td> </tr> <tr> <td>22+12... 00</td> <td>335</td> <td>62</td> <td>13 (0.08)</td> <td>420</td> <td>C</td> <td>21</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>39</td> </tr> <tr> <td>23+00... 00</td> <td>3</td> <td>62</td> <td>12 (0.09)</td> <td>514</td> <td>C</td> <td>23</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>514</td> </tr> <tr> <td>00+01... 01</td> <td>15</td> <td>39</td> <td>1.85 (0.05)</td> <td>514</td> <td>C</td> <td>23</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>514</td> </tr> <tr> <td>00+01... 02</td> <td>15</td> <td>39</td> <td>1.85 (0.05)</td> <td>514</td> <td>C</td> <td>23</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>514</td> </tr> <tr> <td>Total of N</td> <td></td> <td>1546</td> </tr> </table>												Period (UT)	Field	Time	F	Lm	PER												( $\alpha$ , $\delta$ , $\lambda$ )	( $\alpha$ , $\delta$ ) ( $\lambda$ )	( $\alpha$ ) ( $\delta$ )	M	N	M	N	M	N	M	N	M	N	M	N	Total	22+12... 00	335	62	13 (0.08)	420	C	21										39	23+00... 00	3	62	12 (0.09)	514	C	23										514	00+01... 01	15	39	1.85 (0.05)	514	C	23										514	00+01... 02	15	39	1.85 (0.05)	514	C	23										514	Total of N																1546												
Period (UT)	Field	Time	F	Lm	PER																																																																																																																																								
( $\alpha$ , $\delta$ , $\lambda$ )	( $\alpha$ , $\delta$ ) ( $\lambda$ )	( $\alpha$ ) ( $\delta$ )	M	N	M	N	M	N	M	N	M	N	M	N	Total																																																																																																																														
22+12... 00	335	62	13 (0.08)	420	C	21										39																																																																																																																													
23+00... 00	3	62	12 (0.09)	514	C	23										514																																																																																																																													
00+01... 01	15	39	1.85 (0.05)	514	C	23										514																																																																																																																													
00+01... 02	15	39	1.85 (0.05)	514	C	23										514																																																																																																																													
Total of N																1546																																																																																																																													
Give interval analyses for each period mentioned above.																																																																																																																																													
Magnitude distributions (for the entire observation):																																																																																																																																													
<table border="1"> <tr> <td>Shower</td> <td>-6</td> <td>-5</td> <td>-4</td> <td>-3</td> <td>-2</td> <td>-1</td> <td>0</td> <td>+1</td> <td>+2</td> <td>+3</td> <td>+4</td> <td>+5</td> <td>+6</td> <td>+7</td> <td>Total</td> </tr> <tr> <td>PER</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>1</td> <td>-</td> <td>1</td> <td>3</td> <td>8</td> <td>16</td> <td>15</td> <td>11</td> <td>4</td> <td>-</td> <td>75</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>												Shower	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	Total	PER	-	-	1	-	1	3	8	16	15	11	4	-	75																																																																																																				
Shower	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	Total																																																																																																																														
PER	-	-	1	-	1	3	8	16	15	11	4	-	75																																																																																																																																
Fill out a Fireball Report Form for each meteor brighter than -3.																																																																																																																																													
Figure 2-5: Example of a correctly filled-in Visual Observing Form																																																																																																																																													
												Jaroslav Garboš, Hvezdáreň v Banskej Bystrici																																																																																																																																	

# Astronomická fotografia

## Úvod

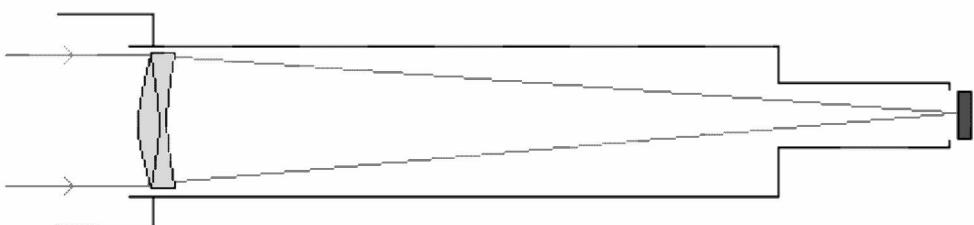
Človek sa vždy rád díval na ligotavé hviezdy na tmavej oblohe. Objavením fotografie sa otvorila cesta na zaznamenanie týchto pohľadov nahor. Astronomická fotografia je samozrejme len jednou z mnohých smerov, kde si fotografia našla svoje miesto. Ale v astronómii neslúži iba na estetické účely, často má vedeckú hodnotu, lebo mnohé javy a objekty na nočnej oblohe svojim jasom nedovoľujú človeku ich užrieť priamo. Ich krásu sa objaví až po niekoľko minútovom ba niekedy až niekoľko hodinovom fotoní. Dá sa povedať, že často je fotografia nevyhnutnou pomôckou pri vedeckom bádaní. Fotograf, usilujúci sa zachytiť slabý jas z vesmíru, je vystavený mnohým prekážkam, ktoré sa v iných smeroch fotografického umenia až tak neprejavujú. Predovšetkým ide o svetlo. A toho je v astronómii, až na Slnko a Mesiac, vždy málo. Treba mať výkonné d'alekohlády a citlivé filmy, prípadne digitálne optické čipy. A ako si už každý určite všimol, všetko sa aj otáča. Takže prekážok viac, než dost'. Tu je zopár slov, ktoré by mohli dopomôcť k peknej a dobrej astronomickej fotografii.

## Cez čo?

V astronomickej fotografii sa využívajú objektívy rôznych parametrov. Treba si uvedomiť, že každý astronomický d'alekohľad sa dá bud' ihned alebo po určitej úprave využívať ako fotografický objektív. Z uhlovej veľkosti fotografovaného objektu a veľkosti snímača (veľkosti filmového políčka alebo veľkosti digitálneho čipu) vyplýnie potrebné ohnisková vzdialenosť.

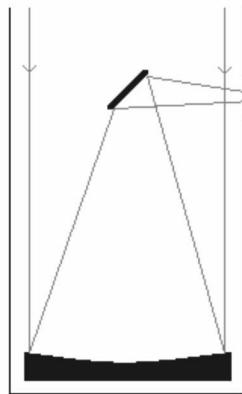
V objektívoch sa využívajú dva fyzikálne princípy. A to lom a odraz svetla. Podľa toho sa objektívy aj rozdeľujú:

- Šošovkové - sú zložené výhradne zo šošoviek. Podľa počtu a konštrukcie majú objektívy korigované rôzne optické chyby. Najjednoduchší objektív je jedna spojná šošovka. Tento objektív sa dá využiť jedine ak má malý priemer, teda malú svetelnosť a rôzne optické chyby sa príliš neprejavia. Použitelný je na fotenie Slnka a Mesiaca. Zložitejším objektívom je dvojšošovkový systém dublet. Tieto dve šošovky môžu byť stmelené alebo so vzduchovou medzerou. V súčasnosti sa takéto objektívy zlepšujú pomocou nízkodisperzných skiel. Zložitejším, ale aj podstatne drahším riešením, je použitie troch šošoviek triplet. Zložitejšie konštrukcie sú v objektívoch kratších ohnísk a bežne používaných teleobjektívov.

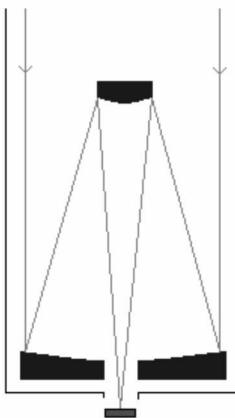


- Zrkadlové na získanie obrazu sa využíva odraz svetla pomocou špeciálne vybrúseného zrkadla. Existuje niekoľko základných konštrukčných riešení:

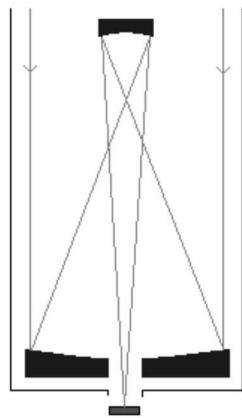
Newton



Cassegrain

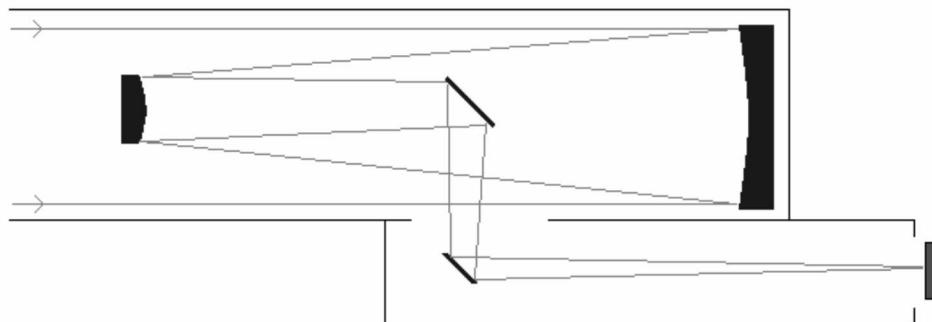


Gregory

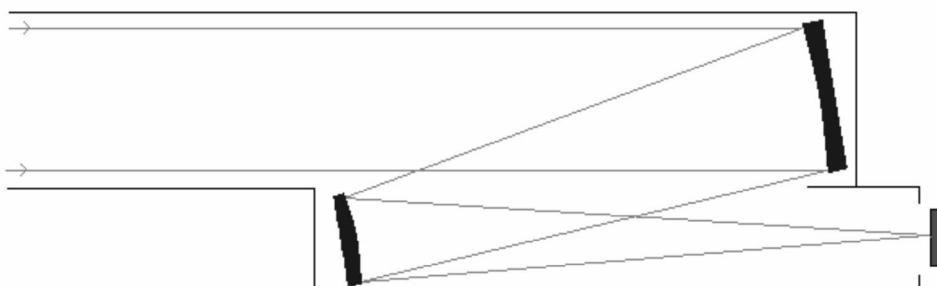


Chretien - príčip zhodný s Cassegrain, len zrkadlá majú iný tvar

Coude

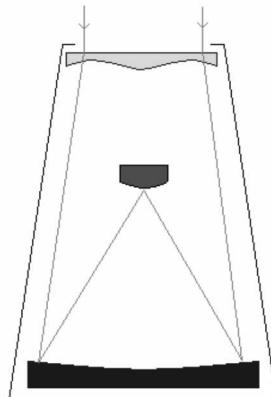


Kutter

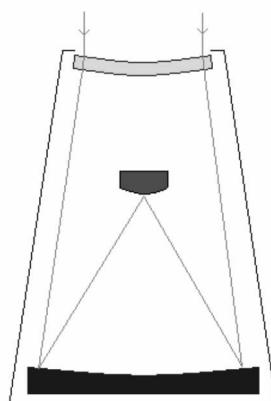


Zrkadlové d'alekohľady netrpia farebnou chybou ale mimo mimoosých typov (Coudé, Kutter) majú nižší kontrast oproti šošovkovým. Tento je spôsobený tienením sekundárneho zrkadla. Finančná náročnosť pri výrobe zrkadlového d'alekohľadu je omnoho nižšia ako pri šošovkovom a teda za rovnakú cenu je možné vyrobiť väčší priemer objektívu a tým chytiť slabšie objekty na oblohe. Vyššie svetelnosti zrkadlových sústav sú vhodné pre plošné objekty.

- Katadioptrické - tieto kombinujú šošovky a zrkadlá. Pri vstupe svetla do tubusu je špeciálna šošovka, za ktorou je zrkadlový systém.



Schmidtov systém - na vstupe je korekčná doska



Maksutovov systém - na vstupe je meniskus

Ich nevýhodou je nutnosť prehnutia filmu, ale na druhú stranu sa vyznačujú veľmi vysokou svetelnosťou, čo umožňuje skrátiť expozičný čas.

## Čím fotiť?

Na vytvorenie astronomickej fotografie sa dajú využiť rôzne druhy fotoaparátov alebo kamier. Pre konkrétny účel je nutné zhodnotiť, či daný zvolený druh zariadenia bude spĺňať všetky požiadavky.

Snímacie zariadenia sa dajú rozdeliť na fotoaparáty a kamery. Fotoaparáty sa delia na klasické (film) a digitálne.

## Klasické fotoaparáty

Pre astronomickú fotografiu sa dajú využiť ako staré, tak aj nové fotoaparáty. Exponimetre, presné synchronizácie uzávierky s bleskom a podobné novinky sú pri dlhých expozičiach zbytočné a niekedy je jednoduchšie a mnoho krát aj výhodnejšie siahnúť po starom funkčnom mechanickom fotoaparáte.

Dôležitý je samozrejme film. Ten musí byť dostatočne citlivý. Používajú sa skôr vyššie citlivosti - 400ASA až 3200ASA. Specialisti dokonca upravujú filmy v rôznych prostrediac, ktoré pri zachovaní malého zrna, zvyšujú citlivosť.

Zvoliť si môžeme bud' pozitívny alebo negatívny film. Negatívny film je pružnejší na správnu dĺžku expozičie, pozitívny film poskytuje lepšie farby. Pri vyvolávaní je možné film aj špeciálne vyvoláť ako podexponovaný.

Ďalším parametrom, samozrejme závislým na type fotoaparátu, je veľkosť filmu. Najpoužívanejší je kinofilmový formát. Menej používaný je formát 6x6. Väčšie formáty sa v súčasnosti už takmer nepoužívajú, lebo sú veľmi nákladné. Treba si ale uvedomiť, že s rastúcim formátom filmu rastie jeho cena; cena optiky, ktorá dokáže uspokojoivo vykresliť celú plochu a nakoniec aj skenovanie, ak chceme so záberom učiniť nejaké dodatočné úpravy.

## Digitálny čip

- digitálny fotoaparát
  - kompakt - asi najrozšírenejší digitálny fotoaparát. Niektoré sa dajú využiť s určitými obmedzeniami, niektoré vôbec. Je nutné, aby poskytovali možnosť manuálneho nastavenia a zaostrenia.
  - zrkadlovka - vhodný aj na astronomickú fotografiu. Po doplnení redukciou sa dajú pripojiť na rôzne d'alekohľady a tak je pomocou nich možné fotiť astronomicke objekty. Umožňujú použitie aj veľmi krátkych aj veľmi dlhých expozičí. Pri výbere je treba voliť tie, ktoré majú malý šum pri dlhých expozičiach.
- CCD astronomická kamera - je špeciálne elektronické zariadenie určené takmer výhradne pre astronomické účely. Býva chladené a ovláda sa pomocou PC.
- Web kamera, TV kamera - malé kamierky určené pre video komunikáciu si získali veľký úspech skrz ich jednoduchosť, efektivnosť a dostupnosť. Uplatňujú sa hlavne pri snímaní povrchu planét, Mesiaca, Slnka ale aj ako „elektronické oko“ v systéme automatického pointovania.
- Kamery - či už VHS záznam alebo digitálne vyžadujú spracovanie obrazu v počítači. Na druhú stranu umožňujú záchytenie rôznych astronomických javov (zákryty, zatmenia a podobne).

## Na čom?

Pre vyhotovenie kvalitnej astronomickej fotografie potrebujeme mať objektív so snímacím zariadením pevne pripojený. Podľa účelu fotografie si volíme jeden z možných riešení.

1) Azimutálna montáž - je v podstate fotografický statív. Dá sa využiť na veľmi krátke expoziče alebo na expozičie s určitou zámerou pohybovou neostrošťou. Napríklad na snímky Mesiaca, Slnka, meteorov, konjunkcií.

2) Paralaktická montáž - je to zložité mechanické zariadenie umožňujúce eliminovať otáčanie planéty jednoduchým otáčaním len v jednom smere. Toto zariadenie môže byť vybavené

elektrickým pohonom a možnosťou prijímať informácie od pointačného systému. Paralaktická montáž býva niekedy rovnako nákladná ako optický systém na nej umiestnený. Existuje niekoľko druhov paralaktických montáži - nemecká, vidlicová, rámová, podkovovitá. Dôležitými parametrami sú nosnosť a presnosť.

## Ako?

V tejto časti si rozoberieme možnosti umiestnenia snímača a optického systému.

- 1) V primárnom ohnisku - snímacie zariadenie je umiestnené priamo v ohnisku objektív.
- 2) Negatívna projekcia - pri potrebe predĺženia ohniskovej vzdialenosťi objektívu sa medzi objektív a snímacie zariadenie umiestňuje špeciálny rozptylný systém najčastejšie Barlowova šošovka. Táto optická pomôcka môže byť jedno, dvoj alebo viac šošovková sústava. Predĺženie býva od 1,5x do 5x.
- 3) Okulárová projekcia - druhou možnosťou predĺženia ohniskovej vzdialenosťi objektívu je projekcia obrazu cez astronomický okulár. Týmto spôsobom je možné výrazne zvýšiť predĺženie. Treba však použiť kvalitný okulár.
- 4) Kompresia - ak naopak potrebujeme skrátiť ohniskovú vzdialenosť, použijeme optický člen (sústavu šošoviek) vhodne umiestnenú medzi objektív a snímacie zariadenie. Tento spôsob využívame vtedy ak je ohnisková vzdialenosť nášho d'alekohľadu pridlhá alebo keď potrebujeme zvýšiť svetlosť. Pre tieto účely sa dá výhodne využiť aj krátko ohniskový objektív.
- 5) Afokálny spôsob - je podobný okulárovej projekcii, len s tým rozdielom, že na fotoaparáte ponecháme objektív. Dalekohľad ako aj fotoaparát je potrebné zaosobiť presne na nekonečno a potom ich pevne a presne pripojiť k sebe. Tento spôsob je výhodný pre kompaktné fotoaparáty, keďže tu nie je možnosť odnímania jeho objektívu.

Treba si uvedomiť, že vždy keď dodáme do optického systému dodatočnú optiku (Barlow, okulár, ...) znižujeme jeho kvalitu. Je lepšie si pred fotením vybrať d'alekohľad, ktorého ohnisková vzdialenosť odpovedá nášmu zámeru ako potom jeho ohniskovú vzdialenosť dodatočne meniť.

Pri predĺžovaní ohniskovej vzdialenosťi sa zákonite znižuje svetlosť systému a teda bude rásť expozičná doba a s ňou nároky na presnosť a pevnosť celého systému. Pri veľkých predĺženiach býva d'alekohľad na svojej montáži tak citlivý na vibrácie, že aj sklopenie zrkadielka pre expozičiou môže rozmazať záber. Preto fotenie objektov, ktoré majú malý uhlový priemer býva pre klasické fotografovanie niekedy tvrdý oriešok. V týchto prípadoch je výhodnejšie siahnuť po kamere (napríklad web alebo TV kamere).

## Ako presne?

Na zachytenie slabých objektov je potrebná dlhšia expozícia. Bohužiaľ každá paralaktická montáž je do určitej miery nepresná a tak treba korigovať jej chod tak, aby presne eliminovala rotáciu našej planéty. Pri dlhých expozičiach je potrebné sledovať hviezdy tak, aby sa zaznamenali ostro a nerozmazane. Čím sa použije dlhšia ohnisková vzdialenosť, tým presnejšie sa musí montáž navigovať.

Pri filme je tolerancia okolo 0,025 mm. Podľa použitého ohniska je možné vypočítať akú odchýlku v oblúkových sekundách si ešte môžeme dovoliť.

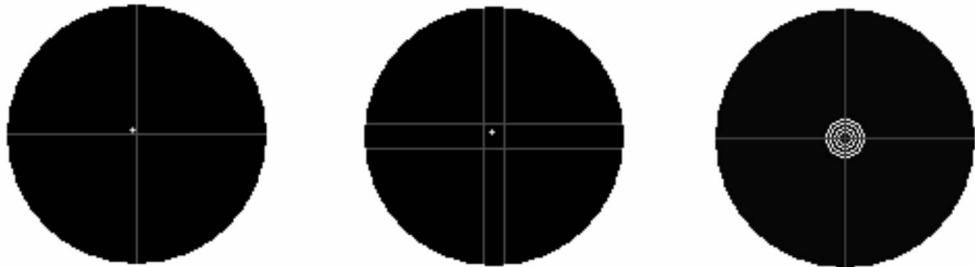
F objektívu	20 mm	35 mm	50 mm	100 mm	0.2 m	0.5 m	1m	2 m
Presnosť'	5'	2.5'	1.8'	50"	25"	10"	5"	2.6"

Existujú dve možnosti - a to bud' korigovať nepresnosťi montáže ručne alebo pomocou auto-

matického systému. Tento proces sa nazýva pointácia. Najskôr je potrebné si nájsť vhodnú pointačnú hviezdu. Jej polohu sa budeme pri pointovaní snažiť udržať na rovnakom mieste.

## Ručná pointácia

Pri ručnej pointácii je potrebný špeciálny okulár so zámerným krížom. Je výhodné ak je aj osvetlený. Počas fotenia korigujeme chod montáže tak, aby pointačná hviezda ostávala presne na rovnakom mieste. Toto je náročné na pozorovateľa, hlavne pri dlhých expozíciah. Obrázky nižšie znázorňujú vhodne umiestnenú pointačnú hviezdu v okulári.



Posledný obrázok ukazuje situáciu, keď máme neosvetlený pointačný okulár. Vtedy môžeme mierne rozostriť pointačnú hviezdu a využiť jej jas na osvetlenie zámerného kríža. Nevýhodou je, že musíme hľadať na pointovanie jasnejšie hviezdy ako v prípade osvetleného zámerného kríža.

## Automatická pointácia

Druhou možnosťou je využitie automatického systému, ktorý pointáciu zabezpečí. V tomto prípade je ale potrebné rozsiahle technické vybavenie.

- 1) Elektronický snímač zariadenie, ktoré sníma obraz a posiela získané snímky na ďalšie spracovanie. Musí byť citlivý a dostatočne rýchly. Môže sa použiť napr. web kamera, TV kamera alebo CCD astronomická kamera.
- 2) Procesorový systém táto časť prijíma obraz a v reálnom čase vyhodnocuje odchýlku od referenčnej pozície. Po vyhodnotení a otestovaní predpísaných tolerancií rozhoduje, či je alebo nie je potrebné korigovať chod montáže.
- 3) Komunikačný modul zabezpečuje samotnú komunikáciu medzi procesorovým systémom a paralaktickou montážou.

Pri nastavovaní parametrov automatického pointačného systému je treba postupovať opatrnne. Možnosti korigovania chodu sú v podstate dve. Prvá je nastavenie rýchlosť podľa konkrétnej montáže (nastavia sa parametre, ktoré odpovedajú zrýchleného a spomaleného pohybu). Potom sa na základe veľkosti odchýlky vypočíta dĺžka trvania impulzu, ktorý skoriguje mechanickú nepresnosť tak, aby sa obraz na filme alebo čipe nepohol. Tu je dôležité presne nastavenie parametrov. Druhá možnosť je využiť spätnú väzbu a nechať systém korigovať odchýlku dovtedy, pokiaľ nebude v predpisanej tolerancii.

Každý z prístupov má svoje výhody aj nevýhody. Prvý je vhodnejší pre presnejšie montáže, ktoré iba občas a pozvoľne menia svoju rýchlosť. Druhý sa dá aplikovať aj na menej presné montáže.

Výhodné je ak montáž nemá príliš dlhý reakčný čas, lebo sa jednoducho pri dlhých ohniskových vzdialenosťach nestihne vykonáť korekcia v tak krátkom čase, aby to nezanechalo viditeľné stopy na vznikajúcej fotografii.

Pri nastavovaní parametrov je potrebné pamätať aj na turbulencie vzduchu - seeing. Ak ača je

nastavíme tolerancie príliš „natesno“, môže sa stat’ že systém vyhodnotí nekľud atmosféry ako chybu v chode montáže a bude sa snažiť o vykonanie korekcie. Takéto falošné poplachy môžu viesť k zhoršeniu pointácie a môžu pokaziť fotku. Bojovať sa proti tomu dá rôzne. Bud’ sa zvýšia tolerancie, alebo sa systém nastaví tak, že sa bude priemerovať viac obrazov a až z výsledného sa vypočítajú odchylinky. Ale existujú aj také pointačné systémy, ktoré dokážu vyhodnocovať aj viac ako jednu hviezdu naraz. Teda seeing klesne vďaka pointovaniu na viaceré hviezdy. Pri priemerovaní viacerých záberov dochádza k poklesu reakčného času pointačného systému a to toľko krát, kol’ko záberov sa spriemeruje. Ak napríklad fotíme objektívom s ohniskovou vzdialenosťou 1 m, expozičný čas pointačného snímača je 0,2 s a necháme priemerovať 3 - 4 snímky, na korekcie chodu nám ostáva niečo okolo 0,1 - 0,2 s pri filme. Pri použíti digitálneho fotoaparátu ešte menej. Od tohto času je potrebné ešte odpočítať reakčný čas montáže, teda čas, za ktorý montáž vôbec zareaguje na korekčný signál. A zrazu sa môže stat’ že sa to jednoducho nestihne. Avšak v prípade pointácie na viaceré hviezdy sa nespomal’uje promptnosť systému čakaním na ďalšie snímky, ale môžeme vyhodnotiť situáciu ihned a dostatočne objektívne. Na druhú stranu je náročnejšie nastaviť polohu pointačného d’alekohľadu tak, aby mal v zornom poli viac ako jednu vhodnú pointačnú hviezdu.

## Ako spracovať?

Ak sme sa rozhodli fotiť na klasický film, cesta ku papierovej fotografii je jednoduchá. Stačí ju vyrobiť priamo z filmu. Ak potrebujeme záber nejakou upraviť vo počítači, je potrebné film najskôr oskenovať.

Úpravy môžeme rozdeliť na jednoduché a zložitejšie. Medzi jednoduché úpravy patria zmeny jasu, kontrastu, ostrosti a podobne.

Počas fotenia digitálnym čipom vzniká v obraze náhodný šum. Každý pixel má inú citlivosť. Po dofotení záberu je potrebné urobiť ešte jeden záber pri zakrytom objektíve. Takto vzniknutý záber sa nazýva dark frame a tento sa odpočíta od normálneho záberu. Toto zabezpečí určitú elimináciu chýb v obraze. Ak v optickej sústave vzniká určité zaclonenie obrazu - vignetácia, záber nie je rovnomerne naexponovaný. V tomto prípade je potrebné opraviť nerovnomernosť expozičie tzv. flat záberom. Je to záber na rovnomerne osvetlenú plochu. Takto vzniknutým záberom sa v príslušnom software pôvodný obraz vydelí.

## Zložitejšie úpravy

Využadujú viacero záberov rovnakého objektu rovnakou optikou v rovnaký čas.

### Zniženie náhodného šumu

Dlhými expozičiami vzniká v obraze náhodný šum. Spriemerovaním rovnakých obrazov je možné znížiť šum. Zniženie sa správa podľa funkcie  $n^{1/2}$ . Takže ak sa spriemerujú dva zábery, klesne šum približne 1,4x; pri 4 záberoch je to o polovicu.

### Zvýšenie jasu slabých partií

Nafotené plošné objekty (hmloviny, galaxie, kométy, ...) majú nízky jas. Ak potrebujeme zvýšiť ich svetlosť, spočítame dva rovnaké zábery. Aby sme ale zamedzili preexponovaniu svetlých častí obrazu, upravíme vopred pôvodné zábery pomocou gama funkcie. Potom po spočítaní sa svetlé časti takmer nezmenia a slabšie vyniknú.

### Rozdielny jas

Niekteré objekty sa nedajú nafotiť tak, aby všetky časti obrazu boli správne naexponované. Niektoré časti sa dajú nafotiť len pomocou dlhšej expozičie, no vtedy sa svetlé časti beznádejne preexponujú a ostanú z nich iba biele oblasti. Riešením je vytvorenie série záberov s rôznymi expozičnými časmi. Na kratších expozičiach budú správne oja.

vykreslené svetlé partie a pri dlhých expozíciách tie slabšie. Teraz celý proces spočíva v tom, že z krátkych expozícii vyberieme tú časť, ktorá je v dlhých expozíciach preexponovaná a následne sa oba zábery spoja. Takto sa získa záber bez preexponovaných častí.

### **Použitá literatúra:**

- [1] Hajduk A., Štohl J.: Encyklopédia astronómie.
- [2] Zajonc I.: Stavba amatérskych astronomických d'alekohľadov a fotokomôr.
- [3] Erhart V., Erhart J.: Amatérské astronomické d'alekohľady.
- [4] Kamenický M.: článok v časopise Kozmos č.1-5/2000; č.6/1999.
- [5] Závodský : článok v časopise Kozmos č.3/1999.
- [6] Kundráčik F.: článok v časopise Kozmos č.1/2002.
- [7] Delinčák P.: informácie a fotky z portálu - [www.hvezdarnicka.sk](http://www.hvezdarnicka.sk).
- [8] Myslivec M.: informácie z portálu - [foto.astronomy.cz](http://foto.astronomy.cz).
- [9] Lodriguss J.: Catching the Light - portal [www.astropix.com](http://www.astropix.com).

*Peter Delinčák, Čadca*

## **Možnosti pozorování komet a kometárni astronomie**

Kometárni jádra jsou tělesa Sluneční soustavy, která řadíme k meziplanetární hmotě. Jedná se o planetkám podobné objekty nepravidelných tvarů, jejichž rozměry se pohybují řádově v rozmezí 10 m až 10 km. Jsou složena ze směsi vody a organických sloučenin (na bázi C, H, O, S, ...) v pevném skupenství, které na sebe vážou silikátová prachová zrnka a drží je pohromadě. Jádro je porézní a křehké, jeho hustota se pohybuje kolem 0,5 g/m<sup>3</sup>. Svými vlastnostmi je náchylné k fragmentaci v důsledku procesů doprovázejících kometárni aktivitu.

Kometárni aktivitou rozumíme aktivaci jádra během přibližování ke Slunci. Jakmile se kometa přiblíží dostatečně ke Slunci, zamrzlé plyny začnou sublimovat a uvolňovat prachová zrnka, vytváří se hlava - koma. Každá sloučenina vázaná v jádře začíná sublimovat v jiné vzdálenosti od Slunce, což vede k postupným změnám vnějších charakteristik komety během průletu Sluneční soustavou.

Většina komet obíhá kolem Slunce po eliptických drahách. Rozlišujeme dva typy periodických komet krátkoperiodické, s oběžnou dobou do 20 let [1P/Halley, P/2005 K3 (McNaught)] a dlouhoperiodické, s periodami v řádu 1000 let a vyšším [C/1995 O1 (Hale-Bopp), C/2004 Q2 (Machholz)]. Speciálně lze komety dále dělit podle typu drah komety Jupiterovy rodiny, SOHO komety s perihely ve vzdálenosti menší než 0,01 AU atd. Zvláštním případem mohou být komety, které přilétají do Sluneční soustavy, či ji opouštějí, po drahách hyperbolických.

Různorodost kometárních drah souvisí především s předpokládaným místem původu jader ve sférickém Oortově oblaku a dále s jejich interakcí s planetami během vývoje Sluneční soustavy. Předpokládá se, že komety vznikaly v oblastech protoplanetárního disku, které byly dostatečně vzdáleny od Slunce (materiál kometárních jader je jen minimálně přeformován v důsledku ohřevu), tedy v dnešním rozptýleném disku a dále. Během historie Sluneční soustavy je z vnějších oblastí vlivem gravitačních poruch postupně doplňována populace krátkoperiodických komet, které pozorovatelně zanikají rozpadem, či srázkami s planetami.

Pro pozorovatele noční oblohy se kometa stává zajímavou teprve po aktivaci jádra, kdy vytváří komu a posléze ohony. Koma je více-méně sférický obal jádra tvořený prachem a ionizovanými úlomky původních molekul vázaných v jádře. Koma „svítí“ dvěma typy záření. Jednak ionizované úlomky původních molekul absorbuje sluneční záření a opět jej emitují na specifických vlnových délkách (emisní pásy ve spektru) a za druhé obsažené prachové částice odrážejí dopadající sluneční záření. Průměr komety může dosáhnout až 100 000 km. Celá kometa je navíc ponorená v útvaru zvaném vodíkové halo, který není vizuálně pozorovatelný, ale může dosáhnout rozměrů srovnatelných se Sluncem.

Materiál uvolněný z jádra je blíže u Slunce strháván slunečním větrem a dochází tak k tvorbě ohonů o délkách až  $10^8$  km. Nejčastěji pozorujeme dva typy: 1. prachový ohon tvořený pevnými částicemi (odchyluje se od směru toku slunečního větru, neboť částice zůstávají v dráze komety); 2. plazmatický ohon tvořený ionizovanými molekulami (sleduje tok slunečního větru a poruchy meziplanetárního magnetického pole). Zvláštním případem mohou být ohony tvořené specifickými sloučeninami (například sodíkový ohon komety Hale-Bopp).

Komety patří k tělesům, která byla v historii často zaznamenávána, neboť pozorování jasné komety bylo (a je) něčím výjimečným i pro astronomy, natož pro laika. Proto lze poměrně hluboko do minulosti nalézt záznamy a zákresy komet, které dodnes dokumentují jejich polohu na obloze, délku ohonů i velikost komety. Odhady jasnosti se však objevují jen sporadicky a v popisné formě. Naprostě význačné postavení má v tomto směru kometa dnes známá jako 1P/Halley, která je prokazatelně pravidelně pozorována od roku 240 př. n. l. a mohla tak být spatřena již při 29 návratech. Za tuto neuvěřitelnou statistiku vděčíme její retrográdní dráze, která ji při každém přiblížení ke Slunci alespoň na krátký čas přivede do takové pozice na obloze, že je pozorovatelná.

Současné kresby komet umožňují pomocí větších i menších přístrojů zachytit detaily komety v různých měřítcích. Je však třeba je brát spíše jako doplněk vizuální fotometrie (viz dále). Pro srovnání a měření jasnosti komety je používána celá řada metod. Nejdostupnější je odhad jasnosti (vizuální fotometrie) na základě vizuálního pozorování, ke kterému je potřeba pouze dalekohled (a někdy ani ten ne) a dobrý katalog hvězd. Vizuální pozorování má dodnes jisté specifické postavení. Je totiž jediným pojítkem mezi historickými záznamy o kometách a současnou. Lidské oko má navíc zatím naprostě nepodobitelné vlastnosti (především schopnost interpretovat nízký jas objektu svítícího na vlnových délkách blízkých zelené barvě), které pozorovateli umožňují dobré vnímat objekt, jakým je kometární koma.

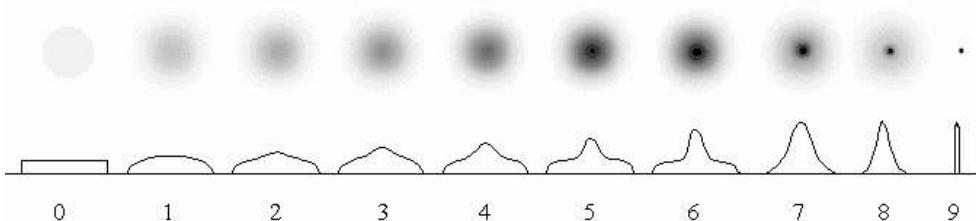
Při odhadu jasnosti komety se využívá postupů známých u proměnných hvězd - nejčastěji metody Argelanderových stupňů (viz 1). Metodu je však třeba rozšířit o postupy, které umožní srovnat jas plošného nerovnoměrně zářícího objektu s bodovou hvězdou.

Theoreticky existují dva typy odhadů jasnosti - odhad jasnosti jádra označovaný m<sub>2</sub> (v praxi je však nerealizovatelný, amatérské přístroje nikdy neukážou samotné jádro, ale centrální kondenzaci komety) a odhad celkové jasnosti komety m<sub>1</sub>. Pro dobrý odhad celkové jasnosti komety musí pozorovatel srovnávat její "průměrný" povrchový jas s "průměrným" povrchovým jasem mimohniskového obrazu hvězd s předem známou jasností (ve vizuálním oboru). Nejčastěji používanými metodami jsou tyto: Bobrovnikovova metoda (kdy je okulár vysunut z ohniska natolik, aby kometa a srovnávací hvězdy měly podobnou velikost); Sidgwickova metoda (zapamatovaný, zaostřený obraz komety se porovnává s obrazy hvězd rozostřenými natolik, aby měly stejnou velikost, jako zaostřený obraz komety); Beyerova metoda (okulár se postupně vysunuje z ohniska, až jsou kometa a srovnávací hvězdy rozostřeny natolik, že přestanou být viditelné) a Morrissova metoda (kombinuje vlastnosti metody Bobrovnikovovy a Sidgwickovy, při odhadu je kometa rozostřena natolik, aby měla dostatečně rovnomořný plošný jas, který srovnáváme s hvězdami rozostřenými na stejnou velikost jakou měla rozostřená kometa). Každá z uvedených metod má přednosti i nevýhody a je použitelná jen za určitých podmínek plynoucích ze vzhledu komety (viz 1 a 2).

Vizuální pozorování je třeba provádět za dobrých atmosférických podmínek. Především je nutné eliminovat vliv světelního znečištění, tedy najít pozorovací stanoviště s temnou oblohou (čím jasnější je pozadí, tím větší část komety zaniká, dojde k podhodnocení její velikosti a následně k odhadu nízké jasnosti). Velmi výrazné jsou také přístrojové efekty. Platí pravidlo, že čím menší přístroj použijete, tím lépe (doporučovány jsou binary s širokým zorným polem či triedry). Velmi podstatný je také výběr vhodných srovnávacích hvězd (nejlépe v těsném okolí komety), které by vzhledem k vlastnostem lidského zraku a také komety neměly být červené (jiné spektrální typy než G, K, M). Pokud jsou hvězdy jinde než kometa, měly by mít stejnou výšku nad obzorem jako ona, pokud by tomu tak nebylo, je potřeba uvažovat vliv extinkce, což dále komplikuje analýzu získaných výsledků.

Kromě samotné jasnosti se odhadují další vlastnosti pozorovaného objektu. Jednak je to průměr komety, který lze určit několika způsoby. Je-li k dispozici hodinový pohon s vláknovým křížem, měří se při vypnutém pohonu doba, za jakou přejde celá koma z jedné strany vlákna na druhou. Průměr komety je pak dán vztahem  $K = 0.25 T \cos \delta [']$ , kde  $\delta$  je deklinace komety (nelze použít blízko pólu). Jednodušší je metoda srovnávací, kdy známe vzájemné vzdálenosti dvojic hvězd v zorném poli a porovnáváme je s velikostí komety. Zde se dobře uplatní schopnost pozorovatele pořídit kvalitní zákres zorného pole s realisticky zachycenými rozměry komety, podrobná analýza pak může probíhat dodatečně. I v případě průměru komety hraje výraznou úlohu kvalita pozorovacího stanoviště a také přístrojové efekty (ve větších dalekohledech se koma zdá být menší). Odhad jasnosti a velikosti komety je třeba učinit stejným přístrojem.

Při odhadu vlastnosti komety je třeba určit takzvaný stupeň kondenzace (degree of condensation). Jeho hodnoty se označují na stupnici od 0 do 9, kde DC=0 značí zcela difúzní objekt (téměř rovnoměrně svítící disk) a DC=9 je kometa naopak stelárního vzhledu. Určení DC je v praxi poměrně obtížně řešitelný úkol. Odhad by však měl opět být učiněn stejným přístrojem jako v případě jasnosti a velikosti komety.



Obrázek 1: Různé stupně kondenzace (převzato z 2).

Ne u všech komet je patrný také ohon, pokud ano, je třeba určit i jeho vlastnosti, především délku a poziciní úhel PA (position angle,  $0^\circ=N$ ,  $90^\circ=E$ ). Nejčastěji se provádí srovnáním vzdáleností dvojic hvězd. Pro odhad poziciního úhlu je pak nejefektivnější metodou opět zákres. Délka ohonu je závislá na kvalitě pozorovacích podmínek.

Získaná pozorování je třeba publikovat, a to v takových zdrojích, kde je alespoň jistá pravděpodobnost, že si jich všimnou profesionálové. Pozorování komet shromažďuje organizace ICQ (International Comet Quarterly). Pro zasílaná pozorování existuje v ICQ speciální formát, jehož kódování je třeba dodržet, aby výsledky byly přijaty k publikaci (viz 1, 2, 3).

123456789 123456789 123456789 123456789 123456789 123456789 123456789 123456789 123456789  
 IIIYYYYY MnL YYYY MM DD.DD eM/mm.m:r AAA.ATF/xxxx /dd.ddnDC /t.ttmANGICQ XX\*OBSSxx

2003WT42	2006 04 21.84	S	13.7	HS	35	L	5	158	0.8	3	ICQ	XX	HOR02		
2006A1	2006 04 03.08	M	7.7	TT	8	B10			6	4	ICQ	XX	HOR02		
73b	2006 04 07.93	M	9.4	TT	35	L	5	68	1.6	7	2	m230	ICQ	XX	HOR02
73c	2006 04 25.83	M	7.6	TT	8	B10			9	4		ICQ	XX	HOR02	

Ukázka vizuálního pozorování zpracovaná pro ICQ.

Rychle se rozvíjejícím oborem amatérské astronomie je CCD fotometrie. Se zvyšující se dostupností kvalitních CCD kamer roste i počet pozorovatelů, kteří se věnují fotometrii komet. CCD fotometrie však nejspíše nikdy úplně nenahradí vizuální pozorování, přestože je principieltě přesnější. Důvodem jsou již zmíněné rozdíly ve vlastnostech senzorů oka a CCD kamer. Kamery však umožňují řadu dalších rozšíření pozorovacích programů. Jednak vizuální pozorování je prováděno v široké oblasti spektra, kterou vnímá lidské oko. Světlo přicházející do kamery lze jednoduše filtrovat a s použitím několika filtrů je možné získat fyzikálně přesnější představu o povaze procesů probíhajících v komě (lze sledovat množství prachu a s tím související nástupy zjasnění; barevná fotometrie umožňuje sledovat změny ve složení světla komy a tedy v průběhu procesů na povrchu jádra; ...).

Existuje mnoho způsobů, jak provádět fotometrii komet. Základní členění však lze provést podle oboru spektra, který je při měření používán (nefiltrovaná; barevná B, V, R, I ; ...). Řadu modifikací lze nalézt také ve způsobu kalibrace snímků. Jako příklad uvedeme způsob fotometrie v oboru R, který v Čechách používá Kamil Horoch, a který byl úspěšně odzkoušen také na Hvězdárně Vsetín. Spolu se snímky komet jsou během noci fotografována také kalibrační pole, obsahující hvězdy s přesně známou magnitudou (v našem případě v oboru R). Na základě analýzy jasnosti těchto hvězd v různé výšce nad obzorem je pro dané stanoviště nalezena aktuální hodnota extinkce, která dále slouží ke kalibraci zjištěné přístrojové jasnosti komety. Tím lze eliminovat nedostatky některých katalogů, kdy v zorném poli společně s kometou není hvězda, která by měla dostatečně přesně změřenou jasnost ve vámi zvoleném oboru. Z pořízených snímků však není určována jen jasnost, ale také průměr komy a vlastnosti ohonů. Na rozdíl od vizuálních pozorování CCD fotometrie nezná termín „stupeň kondenzace“. Tento nedostatek je eliminován sadou měření komety v různých průměrech měřících clon. Jejich publikace v ICQ podléhá podobným pravidlům jako vizuální pozorování.

1 2 3 4 5 6 7 8 9  
 123456789 123456789 123456789 123456789 123456789 123456789 123456789 123456789 123456789 123456789  
 IIIYYYYY MnL YYYY MM DD.DD eM/mm.m:r AAA.ATF/xxxx /dd.ddnDC /t.ttmANG ICQ XX\*OBSSxx InT APERTURcamchip SFW C #.u.uu xx.x PIXELSEIZE

2003WT422006	03 07.93	dc 15.1	LB	6.3M	8A840	2.0	2.0.m279	ICQ XX SRB	a 15C 0.50msT7	K40 GAI 5	9*0.25	7.0	7.4s 7.4	
2003WT422006	03 07.93	dc 14.2	LB	6.3M	8A840	2.0	2.0.m279	ICQ XX SRB	a 15C 1.00msT7	K40 GAI 5	9*0.20	7.0	7.4s 7.4	
2003WT422006	03 07.93	dc 14.1	LB	6.3M	8A840	2.0	2.0.m279	ICQ XX SRB	a 15C 2.00msT7	K40 GAI 5	9*0.20	7.0	7.4s 7.4	
2003WT422006	03 07.93	dc 13.9	LB	6.3M	8A840	2.0	2.0.m279	ICQ XX SRB	a 15C 2.50msT7	K40 GAI 5	9*0.20	7.0	7.4s 7.4	
73b	2006 03 19.92	dc 12.4	LB	1.5A	8A900	> 4		ICQ XX SRB	a 15C 4.45msT7	K40 GAI 4	9*0.30	7.	1.1m 1.1	
73b	2006 03 19.92	dc 11.7	LB	1.5A	8A900	> 4		ICQ XX SRB	a 15C 5.00msT7	K40 GAI 4	9*0.30	7.	1.1m 1.1	
73c	2006 03 06.82	dc 13.2	LB	6.3N	8A200	2.6	> 5	m268	ICQ XX SRB	a 15C 0.50msT7	K40 GAI 5	9*0.25	7.6	7.4s 7.4
73c	2006 03 06.82	dc 12.5	LB	6.3N	8A200	2.6	> 5	m268	ICQ XX SRB	a 15C 1.00msT7	K40 GAI 5	9*0.20	7.6	7.4s 7.4
73c	2006 03 06.82	dC 12.1	LB	6.3N	8A200	2.6	> 5	m268	ICQ XX SRB	a 15C 2.00msT7	K40 GAI 5	9*0.20	7.6	7.4s 7.4
73c	2006 03 06.82	dC 11.9	LB	6.3N	8A200	2.6	> 5	m268	ICQ XX SRB	a 15C 2.60msT7	K40 GAI 5	9*0.20	7.6	7.4s 7.4
73c	2006 03 06.82	dC 11.9	LB	6.3M	8A200	2.6	> 5	m268	ICQ XX SRB	a 15C 3.95msT7	K40 GAI 5	9*0.25	7.6	7.4s 7.4

Ukázka CCD fotometrie několika komet zpracované pro ICQ.

ICQ však není jedinou organizací, která data shromažďuje. Řada pozorovatelů funguje na bázi více-méně národních skupin s přesně definovaným programem, jehož výstupem nejsou jasnosti samotné, ale jiná fyzikální veličina. V tomto směru jsou zajímavé výsledky italské skupiny CARA

(viz 4), která používá pozorování svých členů ke sledování veličiny Af[rho], která reprezentuje množství prachu obsaženého v komě.

Doplňkovým programem (máte-li k dispozici dalekohled s ohniskovou vzdáleností 1 m a více) může být také astrometrie komet. Je sice pravda, že řada jasnějších těles je dnes doslova „přepozorována“, ale přesná měření se nikdy neztratí. Získaná měření lze publikovat v MPC.

Zvláštním význam pro sledování velkoškálových jevů (především délky ohonů) má také digitální fotografie komet. Většina dostupných CCD kamer má ve spojení s dalekohledy malá zorná pole a délky ohonů jasnějších komet (a někdy i velikost komy) je svými rozměry převyšují i řádově. Snímek temné oblohy digitální zrcadlovkou pak dokáže u jasných komet odhalit ohony nečekaných délek.

Nepostradatelnou pomůckou astronoma amatéra - pozorovatele komet - je v dnešní době samozřejmě internet. Na tomto místě bych rád upozornil na několik zajímavých stránek. V České republice se o data do databáze ICQ stará Společnost pro MeziPlaneární Hmotu, která také koordinuje pozorování komet prostřednictvím měsíčníku Zpravodaj SMPH. Kontakty lze nalézt na domovské stránce (<http://smph.astro.cz>). Dále je třeba zmínit stránky organizace ICQ (viz <http://cfa-www.harvard.edu/icq/icq.html>), kde je možné nalézt takřka vše podstatné (efemeridy komet, dráhy ke stažení do PC planetárii, aktuální odhadы jasnosti, informace a návody, ...). Velmi zajímavou stránkou je též homepage Seiichi Yoshida ([www.aerith.net](http://www.aerith.net)) s aktuálními informacemi o pozorovatelných tělesech. Poslední web, na který bych rád upozornil, je stránka německé VdS Fachgruppe Kometen (na adrese [www.fg-kometen.de](http://www.fg-kometen.de)). Zde je možné se přihlásit do yahoo mailing listu [Comet-ml], kde se lze dozvědět řadu aktualit (objevy, zjasnění) takřka v reálném čase.

### Použitá literatura:

1. Lehký; M.; Návod na pozorování komet. Dostupné z: <http://astro.sci.muni.cz/lehky/navod.html>
2. Morris; Ch.; Kubíček; P.; Pravec; P.; Přehled vizuálních metod pozorování komet. Dostupné z: <http://www.astro.zcu.cz/prog.komety/navod.html>
3. ICQ: Observation Format for Data Contributed via E-mail. Dostupné z: <http://cfa-www.harvard.edu/icq/ICQFormat.html>.
4. CARA - Comet Data Archive for Amateur Astronomers. Dostupné z: <http://cara.uai.it>.

Jiří Srba, Hvězdárna Vsetín

## Čas a jeho meranie

*Čas plynie, aj keď všetko odpočíva.  
(Indické príslovie)*

**Čo je čas?** Na túto otázku existuje mnoho odpovedí ale žiadna nevystihuje plnú skutočnosť. Za **čas** môžeme považovať následnosť za sebou postupujúcich, nami zvolených jednotiek, ktoré sa dajú vyjadriť číslom. Toto číslo nám ukazujú napr. hodiny. Čas sa meria od počiatku merania času ( $t=0$ ). Počiatok si môžeme ľubovoľne zvolať. Pre vymedzenie pojmu času sú dôležité dve skutočnosti:

- čas neexistuje bez pohybu
- čas sa dá merat'

Už starovekí myslitelia (Demokritos, Aristoteles a iní) hlásali, že medzi hmotou, priestorom, pohybom a časom existuje úzky vzťah. Immanuel Kant udáva nasledovné charakteristiky času,

väčšinou platné až dodnes:

- nemá hranic, je nekonečný
- je rovnomerne plynúci
- je jednorozmerný
- je kontinuálny (plynúci bez prerušenia)
- je ireverzibilný (jednosmerný)
- nie je premenný
- je merateľný

Nový pohľad na čas a priestor predstavil Albert Einstein pomocou špeciálnej teórie relativity, pomocou ktorej poukázal na invariantnosť dejov prebiehajúcich v inerciálnych sústavách. To znamená, že čas je relatívny a nie absolútны. Pojem **priestoročas** vytvára jednotnú kategóriu priestoru a času o ktorom platí, že má štyri rozmery – tri priestorové a jeden časový.

## Meranie času v bežnom živote

Meranie času je darom astronómie ľudstvu. Meranie času zohráva významnú úlohu pri činnosti človeka. Preto je dôležité čas merať. K meraniu času je potrebné zvoliť si časovú mieru. Pre meranie času sú najvhodnejšie periodické deje ako napr.:

- rotácia a pohyb Zeme
- pohyb kyvadla a zotrvačníka
- kmitanie premenného kryštálu
- kmitanie molekúl a atómov

Časová miera založená na rotácii Zeme je jeden deň. Striedanie dňa a noci vytvára životný rytmus, ktorému sa prispôsobili živé organizmy. Deň je však pomerne dlhý interval a tak človek odhadoval čas a kratšie úseky dňa podľa okamžitej polohy Slnka, neskôr pomocou dĺžky a smeru tieňa. Medzi prvé zariadenia na udávanie času patril gnomón – palica zapichnutá do Zeme vrhajúca tieň (stylus). Na podobnom princípe merania času fungovali kamenné stípy – obelisky, postavené na námestiacach starovekých miest. Delenie časového intervalu od východu Slnka po západ na 12 dielov pochádza z Mezopotámie a vychádza z vtedy používanej šestdesiatkovej sústavy. Číslo 12 bolo výhodné pre mnohonásobné delenie (deliteľné 2, 3, 4, 6 pokým číslo 10 len 2 a 5), čím sa dali vyjadriť mnohé zlomky dňa v celých dieloch – hodinách. Toto delenie sa zachovalo dodnes. Nevýhodou takéhoto merania však bola premenná dĺžka dňa počas roka, čomu sa prispôsobovala aj dĺžka hodiny (v zime 45 minút, v lete 75 minút pre oblasť stredomoria). Gnomóny vystriedali slnečné hodiny. Tie súce kládli veľké nároky na konštrukciu ciferníka, teda znalosť geometrie ale pre svoju presnosť  $\pm 5$  minút sa používali veľmi dlho. Neskôr slúžili aj na korekciu vežových mechanických hodín. Dodnes sú slnečné hodiny oblúbené pre svoju rozmanitosť tvaru ale i ozdobnú funkciu. Nedostatkom tohto merania však bola závislosť na slnečnom počasí. Vznikla potreba merat' čas i počas zamračených dní a aj v noci. Starovekí konštruktéri preto zhovtili vodné hodiny – klepsydry, ktoré odkvapkováním a zmenou vodnej hladiny udávali čas. Z tohto obdobia sú známe aj rozličné systémy merania kratších časových úsekov ako rôzne druhy presýpacích hodín či meranie podľa horiacej sviečky.

Prvé hodiny, ktoré neustále ukazovali čas a neboli odkázané na slnečný svit ani na látky spotrebujúce sa pri meraní času boli zostrojené začiatkom 14. storočia. Jednalo sa o mechanické hodiny – obrovské a tăžké stroje poháňané závažím len s jednou hodinovou ručičkou. Vežové hodiny sa postupne zdokonalovali, boli čoraz menšie, ľahšie a presnejšie a od konca 16. storočia sa postupne zaviedla i minútová ručička. Vežové hodiny majúce špeciálnu mechanickú konštrukciu nazývame orloj.

Myšlienka regulovať chod hodín kyvadlom sa pripisuje G. Galileovi. Avšak prvé hodiny opatrené a regulované kyvadlom zhотовil Ch. Huygens v r. 1657. Vylepšením týchto hodín o zotrvačník boli položené základy pre reguláciu nastupujúcich vreckových hodín a lodných chronometrov. Presnosť kyvadlových hodín bola dobrá, odchýlka od presného času činila len pári sekúnd. Medzi najdokonalejšie kyvadlové hodiny patrili Riferové hodiny z 19. storočia s dennou odchýlkou len 0,01 sekundy. Presné kyvadlové hodiny a d'alekohľad sa stali základným vybavením vtedajších hvezdárni a veľmi podstatnou mierou sa pričinili o rozvoj astronómie a vznik novej astronomickej disciplíny – nebeskej mechaniky.

Pri objaviteľských moreplavbách vystala potreba presného merania času, s ktorým súviselo určenie zemepisných súradníc. Preto bolo nevyhnutné zostrojiť presný chronometer (J. Harrison 1726). Dnešné chronometre vystriedali časové rádiové signály, pomocou ktorých môžeme meráť čas na ľubovoľnom mieste na Zemi s presnosťou na tisícinu sekundy.

V 19. storočí boli kyvadlové hodiny prekonané elektrickými a batériovými hodinami. Nasledovali kremenné hodiny s kmitajúcim kremenným kryštálom s veľkou presnosťou s odchýlkou jednej sekundy za 10 rokov.

Neskôr boli vyvinuté ešte presnejšie molekulové hodiny s kmitajúcimi molekulami čpavku. Odchýlku jednej sekundy vykazujú za niekoľko storočí.

Zatial' najpresnejšie sú atómové hodiny s odchýlkou jednej sekundy za 3-5 tisíc rokov. Atómová sekunda je doba trvania 9 192 631 779 períođ žiarenia, ktoré zodpovedajú prechodu medzi dvomi hladinami základného stavu atómu Cézia 133 v nulovom magnetickom poli.

Zatial' čo pre bežné meranie využívame periodické deje, pre extrémne krátke alebo extrémne dlhé časové úseky využívame neperiodické deje, predovšetkým rozpad elementárnych častíc a rádioaktívny rozpad izotopov chemických prvkov.

## Meranie času v astronómii

V astronómii je meranie času založené na pohyboch Zeme – rotácií okolo osi a obehu okolo Slnka alebo na opakujúcich sa dejoch - cykloch.

Doba rotácie Zeme je časový úsek, za ktorý sa otočí Zem okolo svojej osi – siderický deň. Prejavuje opisom hviezd okolo svetového pólu.

Siderický deň je doba, ktorá uplynne medzi dvomi za sebou nasledujúcimi hornými kulmináciami tej istej hviezdy.

Hviezdzny deň je základnou jednotkou časomery v astronómii. Je to doba, ktorá uplynne medzi dvomi nasledujúcimi hornými kulmináciami jarného bodu. Používa sa pre meranie hviezdneho času.

Rozdiel medzi siderickým a hviezdnym dňom je zapríčinený precesiou a nutáciou.

Hviezdzny čas sa rovná hodinovému uhlu jarného bodu.

Miestny čas sa viaže k miestu pozorovania. Nezáleží od zemepisnej šírky, ale zemepisnej dĺžky. Rozdiel dvoch miestnych hviezdnych časov je rovný rozdielu zemepisných dĺžok oboch miest.

V občianskom živote bol zaužívaný slnečný čas. Jeho jednotkou je pravý slnečný deň.

Pravý slnečný deň je doba medzi dvomi za sebou nasledujúcimi dolnými kulmináciami Slnka (od polnoci do polnoci). Delíme ho na 24 hodín. Dráha Zeme okolo Slnka ovplyvňuje plynutie slnečného času, ktorý z tohto dôvodu plynne nerovnomerne – predbieha resp. mešká voči občianskemu času.

Svetový čas bol zavedený pre potrebu udania okamihu celosvetovej resp. mimozemskej udalosti. Podľa dohody je to miestny čas na nultom poludníku (podľa hvezdárne v Greenwichi).

Efemeridový čas bol zavedený v r. 1960. Zavedenie atómových hodín odkrylo nepravidelnosti a sekulárne zmeny rotácie našej Zeme, zapríčinenými:

- klimatickými zmenami na povrchu (22 ms / rok)
- polročná períoda gravitačným pôsobením Slnka (20 ms / rok)
- zmena rotácie spôsobená Mesiacom (1ms / 14 dní)
- sekulárne zmeny spôsobené predovšetkým sláporými silami (brzdenie)

Efemeridový čas sa kalkuluje predbežne vždy pre nasledujúci rok a na základe pozorovaní a prepočtov sa táto hodnota určí dodatočne. Korekcia sa určuje predovšetkým pomocou zákrytov a zatmení.

Rok je časová jednotka odvodená od pohybu Zeme okolo Slnka po ekliptike.

Siderický rok je doba, za ktorú Zem opíše úplne uzavretú dráhu ( $360^\circ$ ). V astronómii sa nepoužíva.

Tropický rok je doba medzi dvomi za sebou nasledujúcimi prechodom stredného Slnka cez jarný bod. Dĺžka tropického roku je 365,242198 dňa, čiže 365 dní 5 hodín 48 minút 45,7 sekúnd.

Besselov rok je tropický rok so začiatkom v okamihu, keď stred slnečného disku prechádza ekliptikálnou dĺžkou 2800 (kvôli stanoveniu jednočinného nového roku).

Anomalistický rok je doba medzi dvomi po sebe nasledujúcimi prechodom Zeme perihéliom.

Vplyvom posúvania perihélia v smere pohybu Zeme je dlhší než siderický rok. Trvá 365,2596 dňa.

Obeh Mesiaca okolo Zeme sa tiež využíva na meranie času.

Siderický mesiac je obežná doba Mesiaca vzhľadom na hviezdy. Trvá 27,32166 dňa.

Synodický mesiac je doba, počas ktorej sa vystriedajú všetky fázy Mesiaca, čiže keď Slnko a Mesiac majú rovnakú ekliptikálnu dĺžku. Trvá 29,53059 dňa.

Anomalistický mesiac je medzi dvomi po sebe nasledujúcimi prechodom Mesiaca perigeom.

Vplyvom posúvania perigea v smere pohybu Mesiaca je dlhší než siderický mesiac. Trvá 27,5546 dňa.

Drakonický mesiac je doba medzi dvomi za sebou nasledujúcimi prechodom stredu Mesiaca cez výstupný (zostupný) uzol dráhy. Vplyvom posúvania sa uzla o  $1,44^\circ$  proti pohybu Mesiaca trvá kratšie než siderický mesiac. Má 27,21222 dňa.

Saros je doba (6585,32 dňa), po ktorej sa Mesiac dostane do rovnakej polohy svojej dráhy, čiže nastanú rovnaké podmienky pre slnečné a mesačné zatmenia. Počas tejto períody sa vyskytne celkom 29 zatmení Mesiaca (17 úplných a 12 čiastočných) a 41 zatmení Slnka (14 úplných, 13 prstencových a 14 čiastočných).

Metonov cyklus je zachovaný zo staroveku cyklus opakovania mesačných fáz, využívaný v lunisolárných kalendároch. Základom bol synodický mesiac a tropický rok. Cyklus má trvanie 19 rokov, po ktorých sa opakujú všetky fázy Mesiaca v ten istý deň roka.

Všetky menované časové jednotky prispeli k vytvoreniu dôležitej časovej mozaiky – kalendária.

*Stanislav Kanianský,*

*Krajská hvezdáreň a planetárium Maximiliána Hella v Žiari nad Hronom*

## Mapy a súradnice

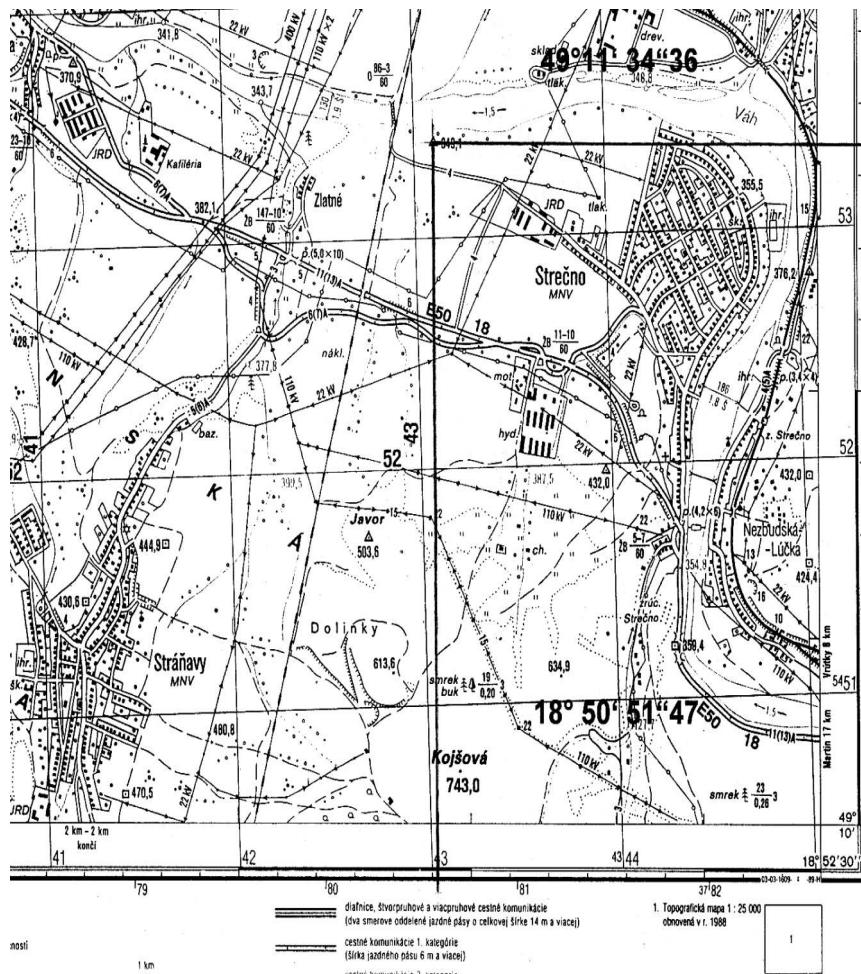
### Mapy topografické

Sú topografickým zobrazením zemského povrchu v mierke, menšie objekty značkami. Najznámejšie sú **mapy špeciálne** v mierke 1:25 000 (na nich je 40mm rovné 1000 m v teréne), rozlišovacia schopnosť máp je  $0,5 \text{ mm} = 12,5 \text{ m}$ . Súradnicová sústava na nich je označovaná ako **S 42**. Na tvorbu mapy je použité **Gauss Krugerovo valcové zobrazenie** v pásoch  $6^\circ$  alebo  $3^\circ$ . Konformné zobrazenie **t.j. s minimálnym dĺžkovým skreslením použitého elipsoidu na guľu**, s neskreslenými smermi (azimutmi) geodetických čiar (spojníc dvoch bodov). Prvýkrát použil **C. F. Gauss** na mapovanie Hannoverska v rr. 1820-1830. Princíp zverejnili v r. 1866

**Schreiber** podľa autorových poznámok a úplného teóriu publikoval **Kruger** v r. 1912. V r. 1927 zavedené v Nemecku (pre dĺžky od  $6^{\circ}$  E do  $21^{\circ}$  E v trojstupňových pásoch na Besselovom elipsoide, v bývalom ZSSR od roku 1930 na Krasovského elipsoide. Dĺžkové skreslenie zobrazenia rastie so štvorcom vzdialenosť od osi x, veľkosť pásu limituje norma na skreslenie dĺžok na okraji mapy: 0,0001. Po II. svetovej vojne sa rozšírili i u nás a známe sú ako špeciálne vojenské mapy z čias Varšavskej zmluvy.

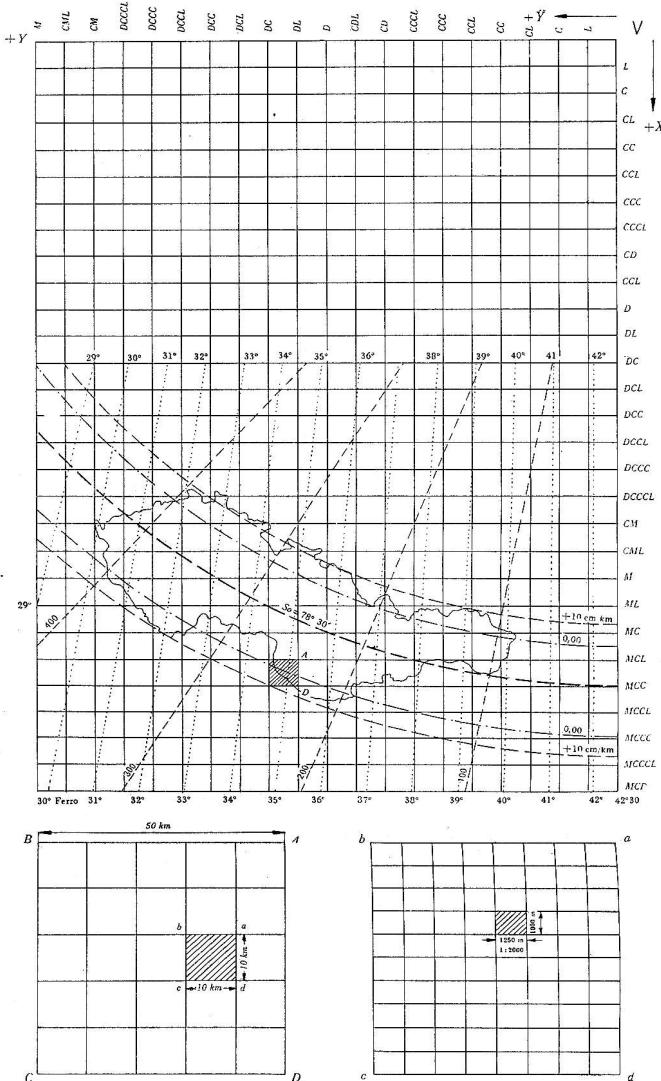
Neskreslený je na mape **iba centrálny poludník listu mapy**; zo sférického lichobežníka je vytvorený rovnoramenný lichobežník. Stredná rovnobežka je skrátená najviac. **Pri mierke 1:25 000 je však možno všetky skreslenia zanedbať**. Súradnice možno odčítať pomocou bočných mierok,  $5'$  v šírke a  $7,5'$  v dĺžke.

Nové topografické mapy 1: 50 000 sú v sústave **WGS 84** (GPS). Súradnice možno odčítať zo siete, prechádzajúcej mapou. Rozlišovacia schopnosť  $0,5 \text{ mm} = 25 \text{ m}$ : asi horná hranica rozlíšenia. Presne sú zobrazené (v poradí): križovatky ciest, diaľkové vedenia a trigonometrické body. Súradnice je možné odčítať jednoducho zo siete na okrajoch mapy.



## •Mapy katastrálne

V roku 1937 bolo dokončené dielo **J. Křováka**, zobrazujúce územie bývalej ČSR (vrátane Zákarpaťskej Ukrajiny) v **dvojitom konformnom kuželovom zobrazení**. Najsúkromnejším zdrojom je **Besselovo elipsoidu** (1841, na ňom boli robené všetky katastrálne mapy za Rakúska - Uhorska) na zmenšenú **Gaussovú guli** (0,9999) a z nej na šikmo postavený (s uhlom odklonu =  $30^{\circ}17'17,3031'$ ) kužel so základným poludníkom  $42^{\circ}30'$  východne od Ferra. Kužel sa zmenšenej gule dotýka vo zvolenej šírke  $78^{\circ}30'$ . Plášť kužela sa po rozvinutí do roviny meria pravouhlými súradnicami X (rastie zo severu na juh) a Y (rastie od východu na západ).

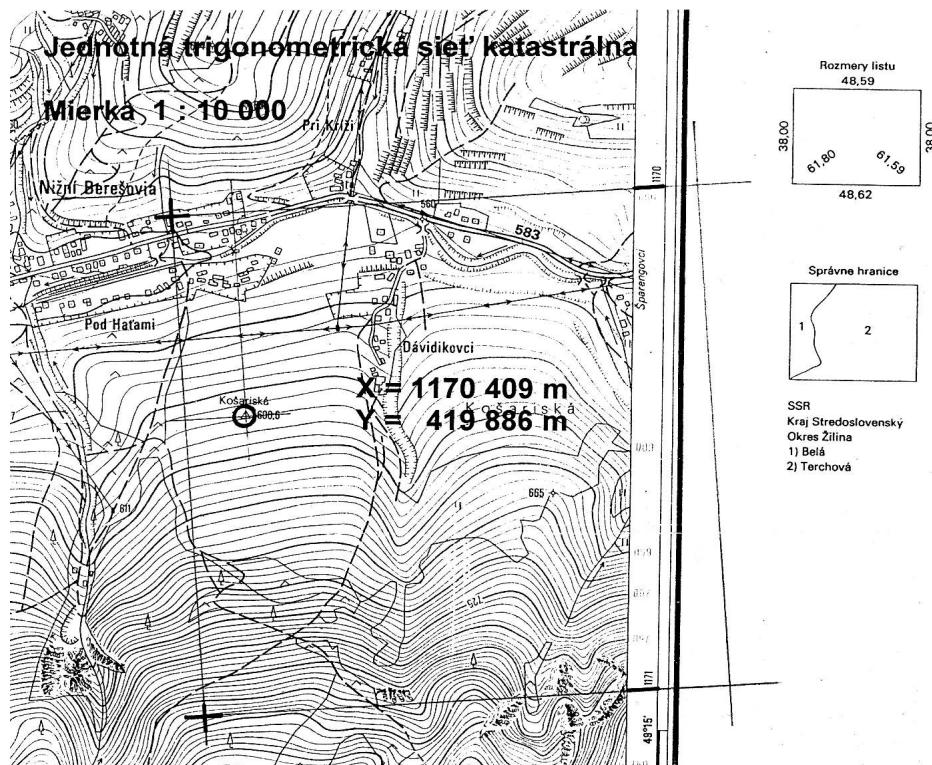


Obr. 74

**Základný list katastrálnej mapy je list s rozmermi 1000 m v kvázišírke a 1250 m v kvázidĺžke v mierke 1:2000.** Tieto listy sú označené číslami od 1 po 80 vo vodorovných pásoch kvázišírky po 8 ks. Základný list je 1/80 dielom mapy 10x10 km, tá je 1/25 dielom mapy 50 x 50 km, označenej rímskymi číslami. Mapa 1:2000 sa delí na 4 mapy 1:1000 a 16 máp 1:500. Rozlišovacia schopnosť' na nich je už pod 1 meter! Ľavý spodný okraj mapy máva aj hodnoty X a Y. Klad a čislovanie máp je na predchádzajúcom obrázku. Súradnice **JTSK** bývajú udávané aj na mapách mierok 1:10000 a z nich odvodených 1:5000. Pri meraní z nich je možné zo siete pravo-uhlých súradníc odčítať súradnice JTSK pozorovateľa.

### Absolútne hodnoty X a Y, relatívne hodnoty voči triangulačným bodom

Pri absolvútnom meraní je potrebné opraviť podľa údajov o rozmere listu mapy (vpravo hore) zistené polohy o zrážky mapy (najmä vlhkom). Zo siete 1 x 1 km možno tiež určiť skreslenie meradla. Pozor na akékoľvek kópie - sú deformované! Pri relatívnom meraní sa určujú relatívne vzdialenosť od **triangulačných bodov** rôzneho rádu. Ešte i III. rád má presnosť' do 5 cm (!), čo postačuje. **Hodnoty X a Y pre triangulačné body má každá dobrá geodetická kancelária.** V mape sú značené kurzívou. Zo súradnic X a Y možno jednoduchým postupom vypočítať súradnice stanovišťa na Besselovom elipsoide. Pri súradničiach je treba vždy udávať aj použitý elipsoid. Vzorový postup a príklad výpočtu je uvedený v prílohe 1. Pozor: siet' JTSK nie je rovno-bezňa so sietou zemepisných súradníc! Pri relatívnom odpočte je potrebné vzdialenosť od trien-gulačného bodu premietnuť na hlavné smery siete JTSK; tie možno zistiť z mapy väčšej mierky (napr 1:10000).



## Mapy digitálne

**Novým produktom bežne dostupným cez Internet je Google Earth** - kombinácia mapy a snímok z družíc, vybrané oblasti veľmi presné. Ukazuje súradnice v systéme WGS 84, problém môže byť identifikácia polohy v štandardnom rozlíšení. V neznámom teréne je pri tomto rozlíšení iba ľažko použiteľný.

**Microsoft Auto route** - produkt firmy Microsoft. V menu TOOLS je možné nastaviť MAP LOCATOR, ukazuje v sústave WGS 84, kompatibilné s GPS. Porovnanie s GPS a sústavami WGS 84, S 42 a JSTK pre d'alekohľad pozorovateľne Hvezdárne v Žiline, Na Malom Dieli č. 20 je v nasledujúcim:

BESSEL:	18°45'12,11"E, 49°12'20,43"N	(X,Y Z katastrálnej mapy)
S 42 :	18°45'13,1"E, 49°12'22,1"N	(zo špeciálnej mapy 1:25000)
WGS 84:	18°45'08"E, 49°12'20"N	(z turistickej mapy 1:50000 )
GPS :	18°45'06,64"E, 49°12'20,59"N	(prístrojom s dif. korekciou )
MS Auto Route:	18° 45' 14"E, 49°12' 18"N	(pričíne, podľa ciest v okolí )
GOOGLE:	18°45'06,47"E 49°12'20,24"N	(v štandardnom rozlíšení )

Najbližším ku priamo meranej polohe je Google Earth (iba pri dokonalom poznaní miesta), nasleduje v rovnakej sústave turistická mapa 1:50000. Ostatné sústavy sa líšia hlavne z dôvodu používania rôznych referenčných plôch.

Príloha: JTSK - strana 61

*Miroslav Znášik, Hvezdáreň v Žiline*

## Ohyb svetla a pozorovanie zákrytov

Pri pozorovaní zákrytov sa často stretávame s fenoménmi, vybočujúcimi z obvyklej pozorovateľskej praxe. Postupné zhasínanie hviezd pri vstupoch, náhle zjasnenie slabých hviezd pri vstupoch i výstupoch a ďalšie úkazy nám iba neisto napovedajú, že **niektoré pozorovania zákrytov neriešia iba geometrický problém polohy hviezdy pozorovateľa a zakrývajúceho telesa**. Do hry vstupujú aj vlnové vlastnosti svetla. Hviezdy sú (s málo výnimkami) od nás tak ďaleko, že ich tieň napr. za akýmkolvek telesom je geometricky prakticky rovnobežný. V niektorých prípadoch však toto tvrdenie neplatí; ohybovými javmi môže svetlo hviezdy zasahovať i do geometrického tieňa a naopak, jeho intenzita sa môže meniť ešte pred hranicou tieňa. Na popis a zváženie vplyvu ohybových javov na jednotlivé druhy zákrytov sa sústredíme postupne od najblížších po najvzdialenejšie telesá.

## Trochu teórie

Obecne rieši problém ohybu svetla na nekonečnej rovinnej hrane, deliaci rovinu kolmú na smer hvieza - pozorovateľ na nepriehľadnú a priehľadnú polrovinu **Fresnelova teória**. Z množstva publikovaných vysvetlení pokladám za najjednoduchšie a pritom zreteľne popisujúce problém vysvetlenie **Borna a Wolfa** v ruskom preklade vyd. Nauka v Moskve z r. 1973 (str. 392 - 397) „**Osnovi optiky**“.

Ak je vzdialenosť zdroja svetla (hviezdy) od hrany (okraj Mesiaca) rovný **s**, a vzdialenosť od pozorovateľa ku hrane **r**, možno pre monochromatické žiarenie s vlnovou dĺžkou **λ** zistíť hodnotu

ohybového parametra  $w$  z rovnice:

$$w = \sqrt{2 / \left( \frac{1}{s} + \frac{1}{r} \right)} \cdot X \quad (1)$$

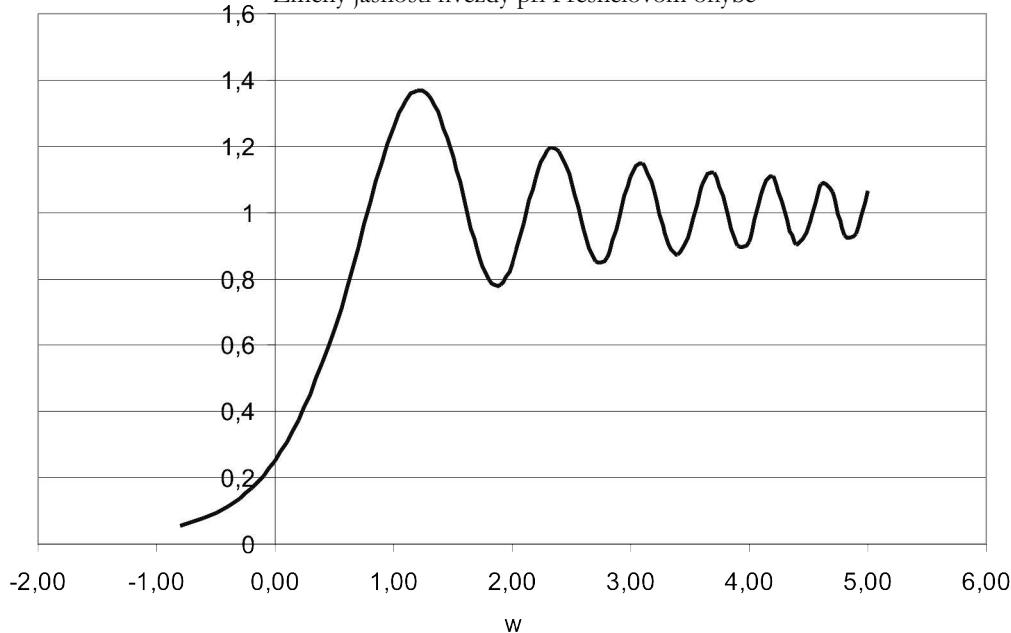
kde  $X$  je priemet vzdialenosť (kladný či záporný) pozorovateľa od geometrického tieňa hrany do osi súradníč kolmej na smer hrany a na rovinu hrany v priestore. Hodnotu  $1/s$  možno vzhľadom na vzdialosť hviezd zanedbať.

Ohybový parameter  $w$  je vlastne integrálnou dĺžkou zvláštej krivky - Kornuovej špirály (klotoidy) - od počiatku súradníč. Hodnoty ohybových integrálov  $C(w)$  a  $S(w)$  sú v poradí x-ová a y-ová súradnica klotoidy pre integrálnu dĺžku  $w$ . Pre limitné hodnoty parametra  $w$  ( $\rightarrow +\infty$ ) sú  $C(w)$  a  $S(w)$  rovné  $+1/2$  (ak je  $w \rightarrow -\infty$ , potom aj hodnoty  $C(w) = S(w) = -1/2$ ). Ak intenzitu svetla hviezdy mimo tieňa d'aleko od hrany označíme  $I_0$  platí pre intenzitu  $I$  v závislosti od parametra  $w$  vztah:

$$I / I_0 = 1/2 \cdot \{(1/2 + C(w))^2 + (1/2 + S(w))^2\} \quad (2)$$

Ak sa pozorovateľ nachádza na hrane tieňa (samozrejme jeho priemete na Zem), „vidí“ podľa (2) hviezdu s intenzitou „iba“ 0,25 pôvodnej, mimo tieňa. V určitej polohe môže dokonca pozorovať zjasnenie až na hodnotu takmer  $1,4 I_0$ . Hrana tieňa sa pri zákryte pohybuje, v skutočnosti by sme po „tme“ mali vidieť postupne rast jasnosti do maxima, potom striedanie miním a maxím, konvergujúcich ku pôvodnej hodnote jasnosti. Prekážok, pre ktoré niektoré javy pozorujeme iba zriedkavo, či nepozorujeme vôbec, je veľmi veľa. Ak budeme dostatočne fyzikálni, musíme v prvom rade skonštatovať že **hviezdy nie sú „bodové“ zdroje monochromatického svetla**. Naviac ani nás prijímač neregistruje svetlo spojite. CCD TV kamera sníma diskrétnie (po 0,04 sek.), zotrvačnosť oka je ešte väčšia. To všetko zvyšuje podiel náhody na našom pozorovaní.

Zmeny jasnosti hviezdy pri Fresnelovom ohybe



Graf funkcie (2) je pre monochromaticky žiariacu hviezdu zanedbateľného polomeru vo veľkej vzdialosti od Zeme (bodový zdroj svetla) na predchádzajúcim obrázku.

Hodnoty parametra  $w$ , pri ktorých nastávajú lokálne maximá a minimá funkcie (2) nájdeme z **geometrických vlastností klotoidy**. Prvé maximum nastáva v bode, v ktorom dotyčnica ku klotoide má hodnotu  $w^2$ . Po ňom nasleduje minimum pri hodnote dotyčnice rovnnej  $w^2$ , opäť maximum pri  $w^2$ , minimum pri  $w^2$ , atď.

atd. v poradí za sebou. Maximám teda zodpovedajú hodnoty parametrov  $w = 1,2247; 2,3452$  atď., minimám hodnoty  $w = 1,8708; 2,7386$  atď. Tieto čísla budeme potrebovať na posúdenie jednotlivých druhov zákrytov a metód ich pozorovania z hľadiska pozorovateľnosti ohybových javov. Ak náš diskrétny prijímač žiarenia prijíma signál dostatočne rýchlo (ak sa v priebehu zákrytu mení parameter  $w$  podľa (1) iba pomaly) zmeny jasnosti vyvolané ohybom svetla registrujeme. V opačnom prípade pozorujeme klasický okamžitý zákryt.

Z požiadavky na monochromatičnosť žiarenia hviezdy vyplýva, že **častejšie budú ohybové javy pozorovateľné** (paradoxne) **horšie farebne korigovaným refraktorom** (napr. Zeiss typ C, s objektívom podľa Clairauta) ako dokonalým reflektorom. Z požiadavky na bodový zdroj zasa vyplýva **vyššia frekvencia pozorovania ohybových javov pre veľmi vzdialé, v prvom priblížení aj menej jasné hviezdy**.

## Zákryty hviezd Mesiacom

V predchádzajúcej časti sme popísali základné vzťahy, určujúce ohybový parameter  $w$  a parameter  $I/I_0$  intenzity svetla hviezdy ku pôvodnej intenzite (v oblasti bez prekážky) ako funkciu kolmej vzdialenosť pozorovateľa  $X$  od priameho lúča od hviezdy ku hrane prekážky a jej vzdialenosť od pozorovateľa  $r$ . (Vzdialenosť od hviezdy ku prekážke položíme pritom  $s = +\infty$ )

$$w = \sqrt{(2/r)} \cdot X \quad (3)$$

$$I/I_0 = 1/2 \cdot \left\{ (1/2 + C(w))^2 + (1/2 + S(w))^2 \right\} \quad (4)$$

Pohyb prekážky - okraja Mesiaca - možno v infinitezimálne malom čase považovať za rovnomerný a premennú  $\mathbf{X}$  - vzdialenosť od hrany tieňa vyjadriť pomocou uhlovej rýchlosťi. V obvykle používaných jednotkách (" - oblúkových sekundách za časovú sekundu) potom možno napísat' po dosadení (5) do (1) rovnicu (6) :

$$X = r \quad t = \frac{1}{206265} \quad " \quad r \quad t \quad 5$$

$$w = \frac{1}{206265} \sqrt{\frac{2r}{t}} \quad " \quad t \quad 6$$

Najrýchlejšie nájdeme hodnoty uhlovej rýchlosťi  $\Delta$  hviezdy voči (vyrovnanému) mesačnému okraju a aj ostatné potrebné parametre ku výpočtu v programe **LOW**. V menu **Predictions** zadáme **View Predictions** a nastavíme pri danej hviezde **Details**. V okienku **Star Motion** nájdeme

hodnotu  $\Delta''$ , v okienku **Moon Distance** vzdialenosť **r** (v km). Ak hodnoty dosadíme do (4) , zostáva jedinou premennou čas **t**. Pri pozorovaní voľným okom dokážeme registrovať asi 12 „obrázkov“ za sekundu, CCD TV kamera sníma v režime 25 „obrázkov“ za sekundu, čomu zodpovedá čas 0,04 sekundy medzi obrázkami. Skutočnosť, že volíme frekvenciu vizuálneho pozorovania polovičnú v porovnaní s CCD TV kamerou nám ulahčí niektoré odhady a výpočty. Pre vlnovú dĺžku doporučujem hodnotu 500 nm ( $5 \times 10^{-7}$  m), najmä s ohľadom na nočné videnie slabších hviezd. U jasných hviezd doporučujem až 550 nm. Aj tento detail môže zohrať svoju úlohu, najmä pri kritických situáciach.

Uhlová rýchlosť hviezdy  $\Delta''$  pri zákryte je závislá od jej pozičného uhla PA na mesačnom limbe. Ide samozrejme o zložku uhlovej rýchlosťi, kolmú na vyrovnaný okraj Mesiaca. Extrémne prípady počas apríla a mája 2003 z predpovedí zákrytov pre našu stanicu môžeme ľahko porovnať. Najrýchlejší pohyb mala hvieza **XZ 3944**, vstup ktorej nastal 4.4.2003 o 19:32:39 UTC pri PA =  $81^\circ$  s rýchlosťou  $= 0,62''/\text{sek}$ . Mesiak je pritom vo vzdialosti 406050 km. Opačným extrémom je prakticky dotyčnicový zákryt hviezdy XZ 6720, 4.5. 2003 o 20:44:25 UTC, kde pre vstup (D) udáva program hodnotu vzdialosti Mesiaca 402261 km a  $= 0,01''/\text{sek}$ .

Vypočítané hodnoty ohybových parametrov **w** sú pre oba prípady udané v nasledujúcej tabuľke:

Ohybový parameter w

Hviezda	Vizuálne pozorovanie						CCD TV kamera					
	1.obr	2.obr	3.obr	4.obr	5.obr	6.obr	l.obr	2.obr	3.obr	4.obr	5.obr	6.obr
XZ 3944 ( 0,62''/sek )	6,25	12,51	18,77	25,03	31,29	37,55	3	6,01	9,01	12,01	15,02	18,02
XZ 6720 ( 0,01''/sek )	0,16	0,32	0,48	0,64	0,81	0,97	0,08	0,16	0,23	0,31	0,39	0,47

Kým sa ohybový parameter "rýchlej" hviezdy XZ 3944 (ďaleko od "rohu" Mesiaca) mení tak rýchlo, že už prvý obrázok „preskočil“ hodnoty 1. aj 2. maxima funkcie (2) a ďalšie sú už v oblasti, kde rozdiel medzi maximami a minimami je už zanedbateľný, **možno u „pomalej“ hviezdy XZ 6720 jasne pozorovať celý priebeh ohybového javu**, pravdepodobne už aj vizuálne!

Dalej sa pokúsime nájsť "kritickú" hodnotu rýchlosťi  $\Delta''$  , pri ktorej sa vizuálne, či TV CCD kamerou zaznamená práve hlavný skok medzi l. maximom a l. minimom jasnosti hviezdy pred, či po prechode hranou tieňa. Pre tento rozdiel sme v 1. časti určili hodnotu  $dw = 1,87 - 1,22 = 0,65$ . Pre stredné hodnoty  $r = 384600000$  m,  $\text{Á} = 500$  nm,  $dw = 0,65$  potom vychádza  $\Delta'' = 0,085''/\text{sek}$ . Ak si uvedomíme diskrétnosť nášho prijímača, môžeme si jednoducho dokázať, že **práve v tejto oblasti rýchlosť hviezdy voči Mesiaci dominuje pri pozorovaní ohybových javov najviac náhoda**. Náš diskrétny prijímač akoby pozoroval ohybovú krivku s kolísavou jasnosťou hviezdy cez "hrebeň", ktorého nepriehľadné "zuby" majú šírku najviac 0,32 w (štatisticky práve polovicu z 0,65 v jednotkách w) a rovnakú šírku majú aj priehľadné "medzery". Ak si takýto hrebeň priložíte na krivku podľa rovnice (2), veľmi závisí od toho, kde položíte začiatok "hrebeňa" - v skutočnosti: v ktorom okamihu spustíte kameru. Pokiaľ sa dobre "trafi" začiatok, padnú prvé maximum i minimum do medzery a zaznamenáte ohybový jav. Ak netrafíte, nepriehľadné "zuby" hrebeňa zakryjú ako prvé maximum, tak i prvé minimum a uvidíte v podstate nemeniacu sa

jasnosť hviezdy. Štatisticky takto možno prísť až o 50 % pozorovateľných javov.

Skutočnosť pri každom pozorovaní môže prekonáť i najdokonalejšie predstavy. Ak v ceste hviezdy pri zákryte stojí zlý kopec, všetky odhady prestávajú platiť. V južnej časti kopca má hvieza rýchlosť porovnatelnú s rýchlosťou pri PA = 90°, naopak na severnejšom svahu má znova rýchlosť porovnatelnú s rýchlosťou pri takmer dotyčnicovom zákryte. Preto v extrémnych prípadoch (pri malých PA) môže byť uhlová rýchlosť hviezdy voči reálnemu okraju Mesiaca nezávislá od PA.

Z rovnice (2) možno tiež určiť rozdiel jasnosti hviezdy medzi **prvým maximom a prvým minimom**. Ak hodnota **I<sub>lo</sub> / I<sub>lo</sub> (max)** predstavuje 1,39 a hodnota **I<sub>lo</sub> / I<sub>lo</sub> (min)** je 0,78 - zodpovedá tomuto pomeru intenzít rozdiel približne 0,6 magnitúdy. Zo skúsenosti opäť vieme, akým problémom môže byť pri pozorovaniach, najmä nízko nad obzorom **scintilácia hviezd** (paradoxne, opäť významnejšia pri jasných hviezdoch). Tá môže pri svojich typických hodnotách "zrušiť" všetky vizuálne pozorované ohybové javy tým, že jej chaotickým prejavom klesne schopnosť pozorovateľa registrovať rýchle zmeny jasnosti hviezdy. Ani záznam CCD TV kamerou nemusí byť pri silnej scintilácii víťazstvom. Pri krátkej "expozícii" klesne citlosť záznamu o 1,0 až 1,5 magnitúdy a tak nám pri framovaní záznamu vplyvom scintilácie môže hvieza zmiznúť ešte pred skutočným zákrytom. Nie je preto na škodu aj po pozorovanom prvom zmiznutí hviezdy za okrajom Mesiaca preskúmať niekol'ko ďalších snímkov...

Záverom časti o pozorovateľnosti ohybových javov pri zákrytoch hviezd Mesiacom môžeme zhŕnúť nasledovné:

**Najčastejšie sa stretнемe s ohybovými javmi pri dotyčnicových zákrytoch a pri zákrytoch v extrémnych hodnotách PA. Silná scintilácia nepraje pozorovaniu týchto javov. Väčšiu šancu má vždy CCD TV kamera**

## Zákryty hviezd planétkami a TNO

Z dosiaľ uskutočnených pozorovaní zákrytov hviezd planétkami boli získané relatívne veľmi **presné rozmery** ich priečnych prierezov voči zornému lúču smerom ku zakrývanej hviezde. Posúdenie vplyvu ohybových javov pri zákrytoch preto môže významne ovplyvniť interpretáciu výsledkov, najmä u pozorovaní zákrytov hviezd TNO - (transneptunickými objektmi). Pozorovania zákrytov TNO by podľa mnohých názorov mohli významne spresniť ich rozmery a z nich odvodene albedá, kolísajúce v súčasnosti v intervale o 50 %. Po analýze tvaru ohybovej krvky (v časti I.) a vplyve relatívnej uhlovej rýchlosťi a vzdialenosťi „hrany“ tieňa voči zakrývanej hviezde (v časti II.) môžeme pri našom odhade vychádzať v prípade planétok a TNO z analýzy ich uhlových rýchlosťi voči pozorovateľovi na Zemi. Pripomeňme si, že pre ohybový parameter **w** platí:

$$w = \frac{1}{206265} \sqrt{\frac{2r}{}} \quad " \quad t \quad (6)$$

a „kritickou“ hodnotou (a podmienkou pozorovania ohybových javov) parametra **w** je jeho časová zmena dw 0,65. Tá predstavuje „vzdialenosť“ prvého maxima a minima ohybového javu a v praxi zabezpečuje jeho pozorovateľnosť.

Zdanlivú **tangenciálnu zložku rýchlosťi planétky voči pozorovateľovi** na Zemi budeme posudzovať za ideálnych podmienok, odlišných od reality: predpokladáme konštantnú rýchlosť pohybu Zeme okolo Slnka ( $3548,35''/\text{deň}$ ), a planétku s kruhovou dráhou v rovine ekliptiky a v opozícii. Relatívnu uhlovú rýchlosť voči pozorovateľovi na Zemi dostaneme odčítaním uhlovej rýchlosťi Zeme od uhlovej rýchlosťi planétky oblúkových sekundách za časovú sekundu, ktorú v idealizovanom prípade môžeme vyjadriť:

$$\Delta'' = 0,041'' \times \sqrt{(1/(a - 1))} = 0,041'' \quad (7)$$

kde **a** je veľká polos dráhy planétky. Výsledné záporné znamienko si nemusíme všímať, určuje iba smer relatívneho pohybu, ktorý je počas opozície záporný (retrográdny). Pre modelové vzdialnosti planétok od PHO (potenciálne nebezpečné telesá vo vzdialosti do 20 LD (vzdialenosť Mesiaca) cez hlavné pásmo až po TNO by potom hodnoty typických uhlových rýchlosťí, vyjadrených v oblúkových sekundách za časovú sekundu vyzerali asi takto:

<b>Teleso</b>	<b>PHO</b>	<b>Hlavné pásmo</b>	<b>Trójania</b>	<b>TNO</b>
<b>a</b>	1,05 AU	2,7 AU	5,2 AU	> 30 AU
$\Delta''$	0,143''/sek	0,0096''/sek	0,021''/sek	> 0,0334''/sek

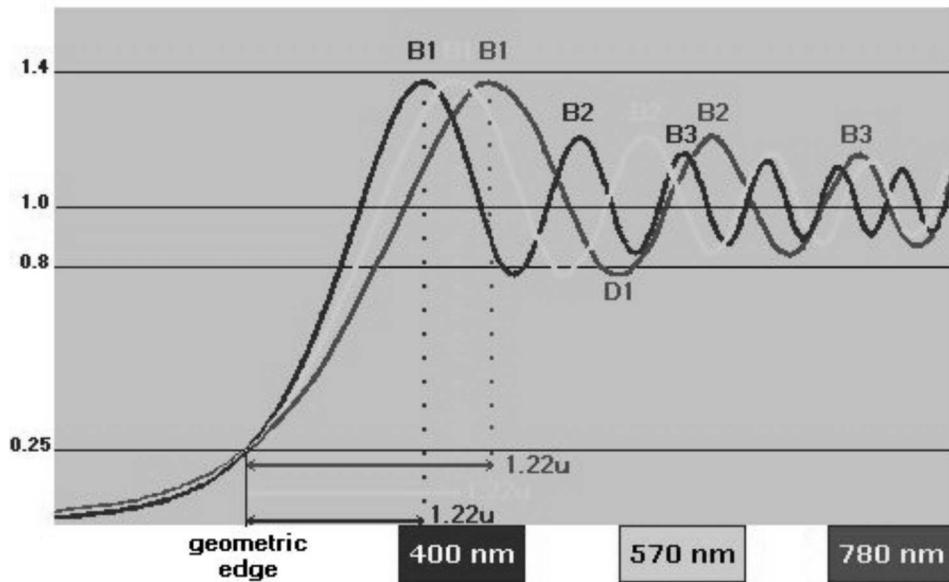
Ak následne uvážime vzdialenosť modelových telies, môžeme pre štandardné podmienky ( $\lambda = 500 \text{ nm}$ , frekvencia snímania 25 obr/sek) dostať pre záznam CCD TV kamerou nasledovné hodnoty ohybového parametra w:

<b>Teleso</b>	<b>PHO</b>	<b>Hlavné pásmo</b>	<b>Trójania</b>	<b>TNO</b>
<b>a</b>	1,05 AU	2,7 AU	5,2 AU	> 30 AU
<b>w</b>	4,79	1,87	6,45	> 31,28

Ak opäť určíme hodnotu uhlovej rýchlosťi pre kritickú hodnotu  $w \leq 0,65$ , pri ktorej pozorujeme prvé maximum a nasledujúce minimum, dostaneme riešenie z kombinácie rovníc (6) a (7): V stredných vzdialostach 1,8 - 2,2 AU by sme pri pozorovaní zákrytu hviezdy planétkou mohli teoreticky pozorovať aj ohybové javy.

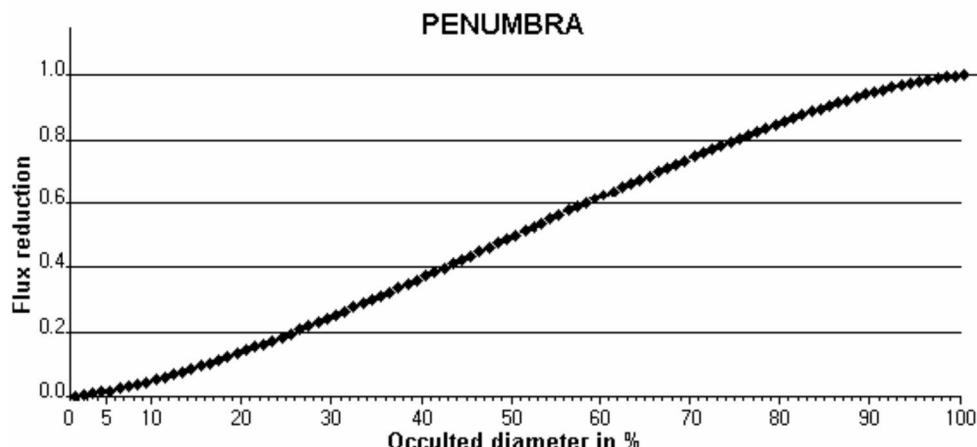
Obecne majú planétky a TNO v priečnom priereze eliptické tvary, dá sa preto očakávať, že smerom ku pólam prierezu v momente zákrytu bude tangenciálna zložka uhlovej rýchlosťi klesať a tiež sa môže dostať pod kritickú hodnotu ( $dw = 0,65$ ). Podľa nášho názoru však v tomto prípade zohrá svoju úlohu aj uhlový rozmer hviezdy. Pri vzdialosti 1 AU od pozorovateľa tento vidí priemer typickej planétky (50 km) pod uhlom  $0,0689''$ , typický TNO objekt má pri priemere 1000 km a vzdialenosť  $> 30 \text{ AU}$  uhlový rozmer  $< 0,045''$ . Hviezdu veľkosti Slnka pod týmto uhlom vidíme zo vzdialenosť rádovo 50000 AU (0,6 LY - svetelného roka), červeného obra s priemerom 1 AU zo vzdialenosť 60 LY. Inak povedané **v porovnaní s planétkami už hviezdy nie sú bodové zdroje, ich uhlové rozmery sú už porovnatelné s uhlovými priemermi planétok**. Preto pri „takmer dotyčnicových“ zárytoch hviezd planétkami už môže relativne veľká časť hviezd „trčať“ ponad pól priečneho prierezu a teória prestáva platíť.

Záverom tejto časti možno skonštatovať, že u zákrytov hviezd planétkami sú vzhľadom na porovnatelné uhlové rozmery a zdanlivé rýchlosťi voči pozorovateľovi ohybové javy iba veľmi zriedkavými úkazmi.



Ďalším problémom, utvrdzujúcim zriedkavosť pozorovaní ohybových javov je realita **spektrálneho žiarenia hviezd**, odlišná od monochromatického ideálu. Na predchádzajúcom obrázku sú znázornené ohybové javy v troch spektrálnych oblastiach. Výsledný efekt dostaneme (neľahkým) scítaním jednotlivých zložiek (väčených spektrálnou citlivosťou detektora žiarenia). Jednoduché vizuálne pozorovanie ohybové javy v tomto prípade určite nezaregistrouje.

Theoreticky jednoducho sa dá vyjadriť priebeh pohasínania hviezdy, zakrývanej planétou v prípade polotieňa. O tom hovoríme vždy, ak **uhlový rozmer hviezdy je porovnatelný s uhlovým priemerom planétky**. V ideálnom prípade (bez okrajového stemnenia hviezdy) je vplyv geometrického priebehu zákrytu na priebeh jasnosti zakrývanej hviezdy vyjadrený na nasledujúcom obrázku: na vodorovnej osi je v % zakrývaný priemer hviezdy, na zvislej pomer  $I / I_0$ :



Pri ideálnom polotieni je spočiatku rast pomalší (pri 10% zákrytu iba 0,05), neskôr prudko rastie (okolo 50 %) a na konci zákrytu opäť mierne klesá a pripomína miernu logistickú krviku. Reálny priebeh je v skutočnosti kombináciou oboch vplyvov a dá sa obtiažne zistiť iba špičkovými prístrojmi. **Žiadna z uvedených skutočností však nezaručí, že sa aktívny pozorovateľ zákrytov hviezd Mesiacom a planétkami s ohybovými javmi pri svojich pozorovaniach raz nestretne.**

#### **Použitá literatúra:**

1. Born, Wolf. 1973 : Osnovi optiki, ruský preklad, str 392. 397. Vyd. Nauka Moskva
2. Dusse R., 2005: Basics on Fringes or Penumbra, in: EAON circular Nr.9  
<http://www.astrosurf.com/Circulaires/Circulaire9d/htm>

*Miroslav Znášik, Hvezdáreň v Žiline*

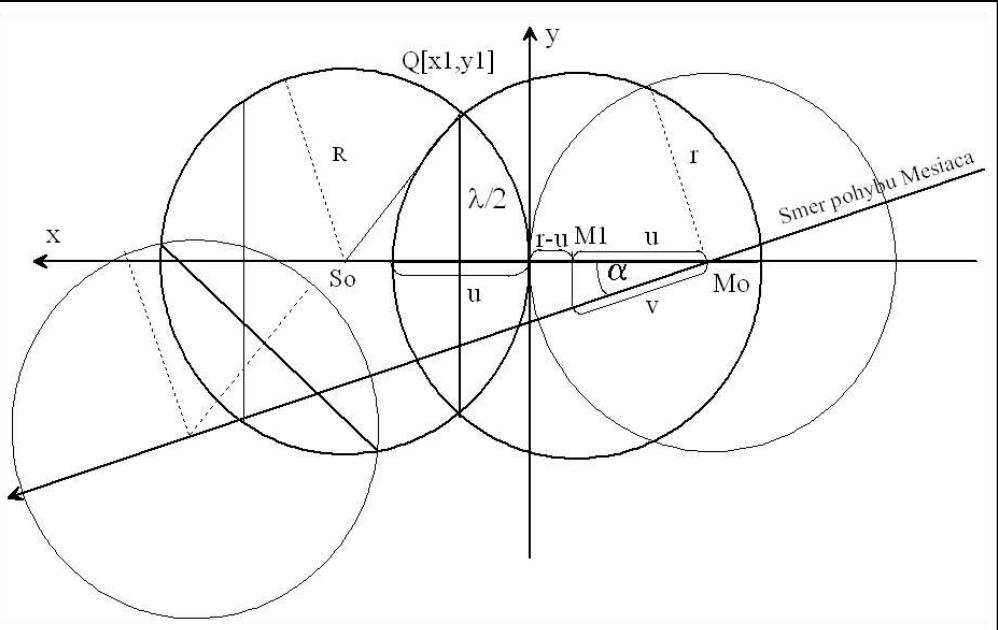
## **Určenie času I. a IV. kontaktu pri zatmení Slnka**

Zatmenie Slnka je mimoriadny úkaz, ktorý upúta pozornosť a vyvolá nadšenie nielen u profesionálnych astronómov, ale najmä u laickej verejnosti. Nie každému astronómovi sa počas jeho života podarí pozorovať úplné zatmenie, pri ktorom je pozorovateľná jedinečná slnečná koróna. Zhodou okolností pre Európanov boli v poslednom desaťročí pohodlne dostupné hned' dve zatmenia: 11.8.1999 v centrálnej Európe a 29.3.2006 v Turecku. Čiastočné zatmenie nie je už taký zriedkavý úkaz, v priebehu kalendárneho roka môže nastať 4 až 5 zatmení Slnka. V praxi je to pre pozorovateľa trochu zložitejšie. Zatmenie nemusí byť z jeho územia pozorovateľné, často zohrá nepríjemnú úlohu počasie. V každom prípade, pozorovanie zatmenia Slnka poskytuje možnosť aj mladým nadšencom astronómie okrem fotografických pozorovaní úkazu vyskúšať si v praxi aj jednoduché metódy vedeckej práce. Jednou z týchto možností je určenie okamihov I. a IV. kontaktu limbov Mesiaca a Slnka.

Určenie okamihov kontaktov slúži podobne ako pri zákrytoch hviezd Mesiacom na určenie presnej polohy Mesiaca, jeho dynamiky, na určenie zmien rotácie Zeme a naviac na určenie prípadnej zmeny polomeru Slnka.

V minulosti sa tieto pozorovania vykonávali viacerými spôsobmi, ale väčšinou sa jednalo o tzv. metódu tetív: v presne stanovených časových okamžikoch sa určovala rôznym spôsobom dĺžka tetív slnečného a mesačného limbu. V súčasnej dobe digitálnych prostriedkov je oveľa viac, najjednoduchšia metóda je videozáZNAM alebo iný digitálny záznam súčasne s presným určením času. Pri digitálnom spracovaní záznamu treba byť však tak isto opatrny pri samotnom spracovaní obrazu (tzv. image processing) ale i pri interpretácii výsledkov (viz [4]).

Ovdodenie funkčnej závislosti dĺžky tetivy od času je možné urobiť z obrázku na následujúcej stránke.

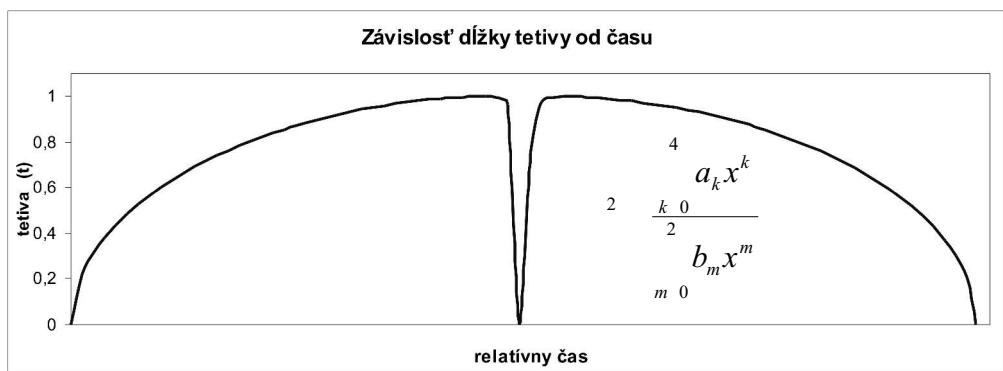


V literatúre [1], [2] sa často uvádzá, že priamym vizuálnym pozorovaním sa dosahuje presnosť určenia času pri meraní tetivy do 0,1 sek., pri fotografickej metóde do 0,01 sek. Z praktickej skúsenosti z pozorovania zákrytov hviezd telesami slnečnej sústavy však viem, akej osobnej chyby sa dopúšťa pozorovateľ pri vizuálnom pozorovaní (a to používa elektronické stopky a nie spúšť fotoaparátu). Preto je lepšie namiesto fotografickej metódy alebo súčasne s ňou (pre porovnanie) použiť metódou videozáznamu pomocou priemyselnej CCD kamery s vkladačom časového signálu.

Pri hľadaní funkčnej závislosti dĺžky tetív od času sa vychádza z niektorých zjednodušení:

1. vzájomná uhlová rýchlosť pohybu diskov v danom intervale je konštantná
2. mesačný a slnečný disk majú kruhový tvar
3. zanedbávajú sa nerovnomernosti mesačného limbu

Pri takýchto zjednodušeniaci má funkčná závislosť dĺžky tetivy  $\lambda(t)$  od času nasledovný tvar a priebeh:



Ak sa merania vykonávajú tesne po prvom a tesne pred štvrtým kontaktom, je možné túto funkciu aproximovať polynómami rôznych stupňov (aproximácia znamená nájdenie takej teoretickej funkčnej závislosti, ktorá by vykazovala najmenšie odchýlky od nameraných hodnôt. V praxi sa najčastejšie používa tzv. metóda najmenších štvorcov).

Pre porovnanie fotografickej metódy a videozáznamu uvádzam experimenty, ktoré boli vykonané vo Fonyodliget v Maďarsku v roku 1999 na pozorovacích miestach so súradnicami:

$$\varphi = 46,7639 \quad \lambda = 17,6063$$

(súradnicový systém ETRS89)

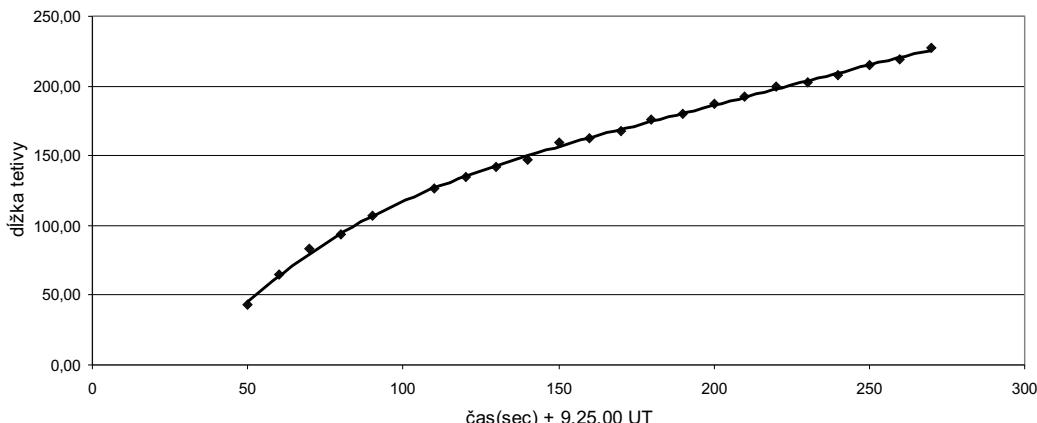
## Určenie prvého kontaktu

### Fotografická metóda

Použité prístroje: objektív refraktor Zeiss 63/840, fotoaparát Praktica MTL 5, film Fomapan DX 100, časový signál DCF 77, počet expozícii 22, exponované od 9.25.40 UT každých 10 sek., dĺžka expozície 1/125.

Pri meraní dĺžky tetivy boli jednotlivé zábory premietané diaprojektorom, priemer slnečného disku okolo 1 m. Merania vykonávali nezávisle dve osoby, počet meraní každej snímky 12, zo štatistického spracovania boli vylúčené dve merania s najväčšou odchýlkou. Výsledky merania s aproximačnou krivkou udáva graf:

Prvý kontakt - fotografické pozorovanie



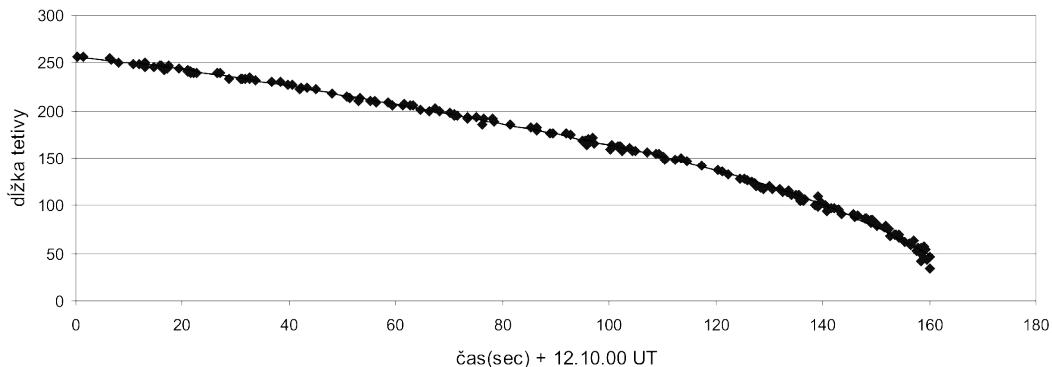
## Určenie štvrtého kontaktu

### Videozáznam pomocou priemyselnej CCD kamery

Použité prístroje: objektív refraktor Zeiss 63/840, CCD kamera TKC 384, Time Inserter, prijímač časového signálu DCF 77.

Videozáznam bol premietaný prostredníctvom videoprojektora na kolmú plochu, priemer slnečného disku okolo jeden meter. Tetivy boli merané náhodným výberom, presnosť odčítania času 0,04 sek. Na štatistické spracovanie bolo použitých 179 meraní. Výsledky merania s aproximačnou krivkou udáva graf:

## Štvrtý kontakt - CCD pozorovanie



Vzhľadom na nízke koeficienty pri vyšších mocninách polynómu bola na štatistické spracovanie v prvom kroku použitá lineárna a kvadratická závislosť druhej mocniny dĺžky tetivity od času. Získané štatistické výsledky udáva tabuľka:

stupeň regresie	1	2
<b>metóda</b>	<b>Foto</b>	
<b>regresná krvika</b>	$Y = -8446.05 + 217.16x$	$Y = -8693.015 + 220.56x - 0.006x^2$
$R^2$	0.99919	0.99861
<b>Čas 1. kontaktu</b>	<b>9:25:38.89 UT</b>	<b>9:25:39,45 UT</b>
Relat. chyba (sec.)	( = 0,05) <b>+ - 2.94</b>	<b>-8,45</b>
	( = 0,50) <b>+ - 0.96</b>	<b>-3,57</b>
<b>Predpoved'</b> (Occult 1.1.0)	<b>9:25:41 UT</b>	
<b>metóda</b>	<b>CCD</b>	
<b>regresná krvika</b>	$Y = 67128.99 - 404.98x$	$Y = 66828.4 - 394.54x - 0.06x^2$
$R^2$	0.99891	0,99896
<b>Čas 4. kontaktu</b>	<b>12:12:45,69 UT</b>	<b>12:12:45,17 UT</b>
Relat. chyba (sec.)	( = 0,05) <b>-1,33</b>	<b>-4,62</b>
	( = 0,50) <b>-0,46</b>	<b>-2,64</b>
<b>Predpoved'</b> (Occult 1.1.0)	<b>12:12:45 UT</b>	

tabuľka č. 1

### Diskusia o výsledkoch:

1. Napriek vysokým hodnotám koeficientov regresie  $R^2$  vo všetkých prípadoch, výsledky nie sú jednoznačné. A to najmä kvôli veľkým intervalom spoločalivosti, ktoré presahujú v lepšom prípade, pri hladine pravdepodobnosti  $\alpha=0,5$ , dvojnásobne požadovanú presnosť. Pri určovaní zákrytov hviezd Mesiacom je požadovaná maximálna chyba 0,4 sec, čo predpokladám aj pre prípad zatmenia Slnka ako špeciálneho zákrytu hviezdy Mesiacom.

2. Pri overovaní správnosti pozorovania a merania je potrebné porovnať výsledky s teoretičkými hodnotami. Pre prípad výpočtu okamihov zatmenia som použil program Occult 1.1.0, ktorý dokáže vypočítať okamihy zatmenia s presnosťou na 1 sec. Okamžiky kontaktov vypočítané

pomocou tohto programu tiež nie sú jednoznačné. Na výpočet totiž používa tento program hodnotu  $\Delta T$  (Efemeris Time Universal Time), ktorý sa určuje práve z pozorovaní pohybu Mesiaca. Hodnoty uvedené v tabuľke č.1 (9:25:41 UT, resp. 12:12:45 UT) sú získané pri hodnotách  $\Delta T$ , určených z pozorovaní do roku 1996 ( $\Delta T_{1996} = 61,65$ ) a od roku 1997 aproximovaných predpokladanými hodnotami nárastu  $\Delta T$  zhruba o 1 (pre rok 1999 je  $\Delta T = 64,7$ ). Avšak napr. v [3] sú udávané medzinárodne prijaté hodnoty od roku 1999 až do roku 2001  $\Delta T = 62$  sec. Dosadením týchto hodnôt sa zmenia okamžiky kontaktov (9:25:45 UT, resp. 12:12:49). Z tohto dôvodu je presnosť výpočtu kontaktov pomocou software závislá na presnosti určenia  $\Delta T$ .

### 3. Porovnanie fotografickej metódy a metódy CCD záznamu:

- Kvalitu videozáznamu možno ohodnotiť priamo pred samotným pozorovaním, pri fotografovaní hrozí nedostrenie obrazu, preexponovanie alebo podexponovanie snímkov.
- Použitím videozáznamu sa odstraňuje osobná chyba, ktorá pri fotografickej metóde dosahuje podľa môjho odhadu aj 1 sec. a viac. Pri pozičných meraniach sa požaduje presnosť do 0,4 sek.
- Pri projekcii fotografických snímkov aj videozáznamu dochádza k deformovaniu a skresleniu obrazu, ktoré sa dá ale použitím určitých metód čiastočne eliminovať.
- Ako je vidieť z tabuľky č.1, relatívna chyba určenia okamžikov kontaktov je pri fotografickej metóde asi dvakrát väčšia, ako pri metóde CCD. Je to spôsobené tým, že pri CCD metóde môžeme použiť teoreticky neobmedzený počet meraní. Čím väčší počet homogénnych meraní sa použije pri štatistikom spracovaní, tým je chyba menšia. **Z týchto dôvodov je použitie CCD záznamu výhodnejšie.**

### 4. Akou funkciou aproximovať grafickú závislosť $\lambda^2(t)$ ?

Ako vidieť z obr.1, aproximácia priebehu funkcie  $\lambda^2(t)$  neumožňuje použiť lineárnu regresiu. V prípade jej použitia dochádza k posunu 1. kontaktu pred skutočný začiatok a posunu 4. kontaktu za koniec zatmenia. Tento posun je tým výraznejší, čím neskôr po skutočnom začiatku (skôr pred skutočným koncom) zatmenia začneme merať a čím je pozorovacia rada časovo dlhšia.

Pri approximácii funkcie  $\lambda^2(t)$  polynomom I. stupňa (lineárna regresia) je v 1. sekunde po reálnom začiatku zatmenia hodnota regresnej krivky 2,9 krát väčšia, ako funkčná hodnota.

Pri approximácii funkcie  $\lambda^2(t)$  polynomom II. stupňa je v prvej sekunde po reálnom začiatku zatmenia hodnota regresnej krivky 1,006 krát väčšia, ako funkčná hodnota.

Pri approximácii funkcie  $\lambda^2(t)$  polynomom III. stupňa je v prvej sekunde po reálnom začiatku zatmenia hodnota regresnej krivky 0,999 násobkom funkčnej hodnoty.

Pri approximácii funkcie  $\lambda^2(t)$  polynomom IV. stupňa hodnota regresnej krivky nadobúda hodnoty funkcie.

Z tohto vyplýva, že najmenej vhodnou regresnou krivkou je polynom I.stupňa, kde dochádza k najväčšiemu skresleniu, najvhodnejšou je polynom IV. stupňa. Pri použití polynómu IV. stupňa nastáva problém určenia intervalov spoločlivosti (relatívnej chyby) určenia kontaktu, pretože treba nájsť maximálnu a minimálnu hodnotu z počtu 25 polynómov approximujúcich funkciu  $\lambda^2(t)$  pre  $\lambda^2(t)=0$ .

Na určenie okamžikov kontaktov preto navrhujem použiť tri metódy:

- Použiť approximáciu polynomom druhého stupňa s vedomím, že určený časový okamžik kontaktu je zatážený systematickou chybou popísanou vyššie.
- Použiť polynom IV. stupňa bez určenia intervalov spoločlivosti.
- Použiť nasledovný postup:
  - Určiť okamžiky kontaktov pomocou polynómu IV. stupňa, prípadne pomocou vhodného softwaru.
  - Pre časy  $t_o - t_c$ , kde to je čas expozície (merania tetivy) a  $t_c$  je vypočítaný okamžik

zatmenia, vypočítať diferenciu medzi teoretickou funkciou  $\lambda^2(t)$  a jej regresnou krivkou.

3. Opraviť o túto diferenciu namerané dĺžky tetív.

4. Aproximovať na takto získané hodnoty polynómom príslušného stupňa.

Inú podobnú metódu navrhuje Peter Zimníkova [5]

Pre porovnanie časov sú do tabuľky č.1 vložené údaje získané aproximáciou polynómom IV. stupňa:

stupeň regresie	1	2	4
metóda	Foto		
<b>Čas 1. kontaktu</b>	<b>9:25:39,07 UT</b>	<b>9:25:39,46 UT</b>	<b>25:41,6</b>
Relat. chyba (sec.)	( =0,05) <b>-4,16</b>	<b>-8,52</b>	
	( =0,50) <b>+ 1.37</b>	<b>-3,57</b>	
<b>Predpoved'</b> (Occult 1.1.0)		<b>9:25:41</b>	
metóda	CCD		
<b>Čas 4. kontaktu</b>	<b>12:12:43,69 UT</b>	<b>12:12:45,17 UT</b>	<b>12:12:44,97 UT</b>
Relat. chyba (sec.)	( =0,05) <b>-1,26</b>	<b>-4,62</b>	
	( =0,50) <b>-0,43</b>	<b>-1,52</b>	
<b>Predpoved'</b> (Occult 1.1.0)		<b>12:12:45</b>	

tabuľka č. 2

Z tabuľky č. 2 je zrejmé, že napriek dokonalejšiemu matematickému a štatistickému spracovaniu rozptyl hodnôt okamžikov I. a IV. kontaktu dosahuje rádovo sekundy, čo je viac, ako požadovaná hodnota.

### Namiesto záveru

Je zrejmé, že určením I. a IV. kontaktu mesačného a slnečného limbu nezískame nové prevratné vedecké výsledky. Úlohou merania ale je:

- a) naučiť mladých nadšencov astronómie vytýčiť si realizovateľné pozorovanie astronomickej úkazu
- b) technicky si pripraviť experiment, prípadne viac experimentov
- c) uskutočniť samotné pozorovanie
- d) štatisticky spracovať pozorovania
- e) analyzovať a interpretovať namerané výsledky.

### Použitá literatúra:

[1] Bouška, Vanýsek: Zákryty a zatmění nebeských těles,

[2] J. Kabeláč: Uvod do kosmické geodezie

[3] E. Pittich: Astronomická ročenka 1999

[4] Ján Karabáš: Image processing a presné merania v astronómii, Informačný spravodajca č.8

[5] Peter Zimníkova: Poznámka k určovaniu časov kontaktov slnečných zatmení metódou merania dĺžky tetív, Informačný spravodajca č.4

*Jan Mäsiar, Kysucká hvezdáreň*

# Možnosti a perspektivy odborných pozorování nejen na hvězdárnách

*Motto: „Bude to více otázek než odpovědí.“*

## **Obsah:**

1. Co je to „odborné pozorování“?
2. Oblasti a téma odborných pozorování.
3. Technické vybavení.
4. Hvězdárny versus pokročilý „amatér“.
5. Zpracování pozorování (současných, minulých archivy)
6. Perspektivy.

## **1. Co je to odborné pozorování**

Termínem „odborné pozorování“ se ohání naprostá většina (všechny) hvězdáren, ale co to vlastně je? Je to:

- pořizování pozorovacích údajů o objektech či jevech (Slunce, proměnné hvězdy, meteory, planety...)?
- smysluplná, precizní, systematická a využívaná pozorovatelská práce na hvězdárnách?
- možnost jak přivést k astronomii a zájmu o přírodní vědy nové zájemce?
- nástroj k motivaci, výchově a vzdělávání občanů?
- činnost pro potěchu ducha pozorovatele a zprostředkování krás nebe?
- nástroj ke zkvalitňování pracovníků hvězdáren a výukového procesu?
- sběr pozorovacích dat do archivů - nikdy nevyužitých?
- imitace pro pěknou kapitolu ve výroční zprávě?
- nadšené plnění zálib a koníčků na útraty někoho jiného?
- nebo něco úplně jiného?

### **Existují dva extrémy:**

„Naše hvězdárna provádí řadu odborných (vědeckých) pozorování!“



„Na hvězdárny určené veřejnosti „vědecký výzkum“ rozhodně nepatří! Odčerpává potřebné sily, prostředky a lidi, které potřebuje nutně jinde!“

Existuje pomyslná hierarchie kvality a využitelnosti nebo je to jen chiméra?

Špičkové vědecké pozorování - vědecké pozorování - odborné pozorování - pozorování výchovná pozorování - pohledy pro radost.

Vzhledem k vybavení a hlavně pozorovacím podmínkám jsou možnosti většiny hvězdáren na poli vědy výrazně omezeny, ale ne zcela vyloučeny.

## **2. Oblasti a téma**

Má smysl v době kosmických sond a obřích dalekohledů pozorovat na hvězdárnách a v amatérských podmínkách?

Záleží na tom, co si od toho slibujeme a zda je to někdo ochoten zaplatit.

Několik příčinných řetězců:

1. Nákup nákladného vybavení - pozorování (horší či lepší) - záznam pozorování (horší či lepší) - zpracování pozorování (horší či lepší) - interpretace (horší či lepší) - publikace - konfrontace - zpětná vazba...
2. Nákup nákladného vybavení - pozorování (horší či lepší) - záznam pozorování (horší či lepší) - uložení do archivu .... možná někdy nějaké využití...
3. Pokládám otázky a odpovědi hledám v pozorování - náročné - znalost, zkušenost
4. Nákup nákladného vybavení - pozorování (horší či lepší) - záznam pozorování (horší či lepší) - zpracování pozorování (horší či lepší) - interpretace (horší či lepší) - publikace - využití ve vědecké oblasti - zpětná vazba od „akademických“ astronomů.
5. a jiné...

Pěkně a přehledně je problematika využívání „amatérských“ pozorování popsána na webu:

<http://navod.hvezdarna.cz/navod/ohnisko/obsah.htm>

Co můžeme pozorovat, čím se můžeme zabývat?

- Sluneční skrvny
- Zatmění Slunce
- Zákryty hvězd
- Měsíc
- Planety
- Planetky
- Meteory
- Komety
- Proměnné hvězdy
- Novy a supernovy
- Dvojhvězdy aj....
- Zpracováním archivů

### 3. Technické vybavení

Úroveň technického vybavení jednotlivých hvězdáren je sice rozdílná a závisí na finančních možnostech. Obecně - pokud jsou peníze, je i dobrá technika. Omezení spíše pozorovacími podmínkami.

#### **Technika:**

Dalekohledy: parametry, typy

Montáže: azimutální, paralaktické, jiné

Detektory: CCD, digitální fotáky, klasické fotografie, spektrografy, fotometry aj.

Příslušenství: přijímače času, vkladače, PC, kabeláže, software, systémy GPS aj.

Dnes vše otázkou finanční dostupnosti a kvality a vhodnosti zakoupeného vybavení pro daný záměr!

### 4. Hvězdárny versus pokročilý „amatér“

Přibližování kvality techniky mezi hvězdárnami a pokročilými, zkušenými amatéry někdy již v opačném gardu (amatéři mají k dispozici lepší techniku jako hvězdárny).

Možnost využití relativně slušného vybavení hvězdáren ze strany pokročilých amatérů, kteří

docházejí na hvězdárny realizovat svůj více či méně vědecký pozorovací program. S tím je spojena řada problémů na úrovni legislativní, odpovědnosti, bezpečnosti práce, apod. Každá hvězdárna realizuje dle svých možností a ochoty. Mnohdy problémy, konflikty a nedorozumění.

Výhoda - podobní lidé jsou vhodným kádrem pro demonstrátorský kolektiv využívaný hvězdárnou (bezplatně či za mírnou mzdu) pro pozorování pro veřejnost, mimořádná pozorování apod.

Opačná možnost - poskytnutí odborného zázemí pro vedení mladých pozorovatelů, usměrňování programů (velmi subjektivní), zapojení do aktivit hvězdárny.

Poskytnutí „azylu“ pozorovatelským skupinám, setkáním, dobrovolným aktivitám... (s finanční či bez finanční podpory).

## 5. Zpracování pozorování (současných, minulých - archivy)

- Co s napozorovaným materiélem? Zpracovat, archivovat, někomu předat ke zpracování - komu, jak publikovat.
- Jsou znalosti, zkušenosti, časové možnosti apod. pracovníků na „lidových“ hvězdárnách dostatečné pro práci s pozorovacími údaji, jejich vyhodnocením a interpretací??
- Ptát se na otázky a hledat odpovědi u daných jevů, objektů - trpělivě čekat na potřebné pozorování, kvalitně ho napozorovat, interpretovat, publikovat...
- Vytvářet archivy, o které nemá nikdo zájem? Vytvářet archivy současných pozorování? Jaký a jak? Jak je zpřístupnit?
- Jaká je možnost zpracovávat údaje z již existujících archivů nejrůznějších pozorování (meteorů, fotografických desek, pozorování projevů aktivity Slunce protuberance, skvrny, apod.)?
- Jaké jsou perspektivy vzájemné spolupráce?

## 6. Perspektivy

Jaké jsou reálné možnosti pozorovatelské činnosti na hvězdárnách a pro pracovníky (spolupracovníky) hvězdáren?

Jaké obory je reálné rozvíjet?

### Bud'me sami k sobě upřímní!

Profilujme svou činnost tak, aby i odborná pozorování v nich měla své **opodstatněné a zdůvodněné** místo. Určitě se najde několik oborů, kde lze úspěšně pracovat. Výhodou je úzký osobní kontakt na vědeckého či odborného pracovníka profesionálních astronomických observatoří. Pracovat ve vzájemné koordinaci a technikou, metodami, záznamem, který je akceptovatelný a hlavně využitelný.

### Do čeho se dát?

Přemýšlejme o:

- pozorování meteorů (obzvláště teleskopických)
- pozorování proměnných hvězd CCD technikou
- pozorování zákrytů hvězd planetkami
- pozorování projevů sluneční aktivity (archivy versus interpretace)
- další pozorování metodického, vzdělávacího, demonstračního charakteru...

Skloubení hlavního poslání hvězdáren s pozorovatelskou činností.

### Problémy

- finance
- personál
- pozorovací podmínky

- časové možnosti
- navázání na spolupracující systémy

### Přání

- chceme pozorovat?
- co chceme pozorovat
- nadšený pracovník hvězdárny - chci pozorovat! Proč? Co z toho bude hvězdárna mít (dobré jméno, iluzi, odstavec ve výroční zprávě, využije to pro svou vzdělávací činnost)?
- chceme co nejlepší techniku a další potřebné věci

### Fakta

- kdo to zaplatí
- kdo o tom rozhodne
- jak to vnímá veřejnost
- jak to vnímá odborná veřejnost
- je to možnost motivovat pracovníky...

### Skutečnosti

- pozorovací programy - velmi problematické (systematičnost, technická stránka věci, interpretace, koordinace apod.)
- „lidové“ hvězdárny jsou primárně určeny k něčemu jinému
- je to v lidech
- obhájení pozorovacího programu vedením hvězdáren (ochota, snaha, možnosti, postavení, pozorovací podmínky apod.).

*Libor Lenža, Hvězdárna Valašské Meziříčí*

# PŘÍLOHA

## Výpočet sférických súradnic na Besselovom ellipsoide z pravouhlých súradnic jednotnej trigonometrickej súradnice kástrálnej (JTSK)

1	<b>Rektifikácia zrážok mapy</b> podľa mierky v pravom hornom rohu mapy 1:10 000. Vysledkom je relatívne skreslenie smerov $S$ , $N$ a uhloprieček na mape. Oprava nameraných hodnôt na mape jednotlivými smerovými korekciami dôz zmeraných pravouhlých súradnic skutočné.	8	Z rozdielu $q = U - Q$ ( rozdielu šírok na Gaussovej guli ) vypočítať z uvedeného radu hodnotu $p = \varphi - P$ ( rozdiel šírok na Besselovom ellipsoide ) :
			$P = 1.001\,416\,022\,789\,q$ $- 0.000\,086\,871\,504\,96\,q^2$ $+ 0.000\,000\,167\,019\,68\,q^3$ $+ 0.000\,000\,011\,750\,89\,q^4$ $+ 0.000\,000\,000\,001\,16\,q^5$
2	Zistenie skreslenia mierky meradla zo súradnic pravouhlých na mape 1:10 000 premenovaním o smerové konverzie opravenej vzdialenosť jednotlivých bodov štvorcovej siete. <b>Zvášť opatrene si treba počítať pri aktycholkev kopiateľ !</b>	9	Vypočítať dĺžku ( od Ferrá ) a korigovať ju na Greenwichský poludník :
			$\lambda_G = V - 17^\circ 40'$ ( 7. )
3	Odtínanie pravouhlých súradnic $X$ a $Y$ bodu z mapy obvykľejší mierky ( 1 : 10 000 ). Presnosť odčítania z mieraní ( doporučujeme aspon 30 ) je :	10	Vypočítať šírku na Besselovom ellipsoide :
			$\Phi = P + 49^\circ 30'$ ( 8. )
4	Určenie hodnôt polárnych súradnic $D$ , $D$ a $R$ na rozvinutej kužeľovej ploche:	11	Kontrolný výpočet ( kalkulačka Windows 95 ) :
	$\tan(D) = Y/X, \quad D = D / 0.979\,942\,7046$ ( 2.1 )		$X = 440\,643.0 \text{ m}$
	$R = (X^2 + Y^2)^{1/2}$ ( 2.2 )		$Y = 162\,970.0 \text{ m}$
5	Určenie šírky $\check{S}$ na guli, dotykajúcej sa kužeľa v šírke $\check{S}_o = 78^\circ 30'$ zo vzťahu:		$\tan D' = 0.37889454544597$
	$(R/R_o)^{\ln n} = \{ \tan(1/2 \check{S}_o + 45^\circ) / \tan(1/2 \check{S} + 45^\circ) \}$ ( 3. )		$D' = 20.7514252304$
	kde $R_o = 1\,298\,039.0046$ metra a $n = 0.979\,942\,7046$		$D = 21.1765310407$
6	Určenie šírky $U$ a rozdielu dĺžok $dL$ na Gaussovej guli $r = 0.39999 R$ riešením sústavy rovnic :		$R = 1\,243\,650.06105 \text{ m}$
	$\sin U = \cos a \sin \check{S} - \sin a \cos \check{S} \cos D$ ( 4.1 )		$R/(R_o)^{\ln n} = 0.95725393494654$
	$\sin dL = \sin D \cos \check{S} / \cos U$ ( 4.2 )		$\check{S} = 78.9884305261$
	kde $a = 30^\circ 7' 30''$ ( sin $a = 0.504\,384\,6898$ , cos $a = 0.863\,499\,9695$ )		
	Potom platí: $V = V_o - (dL / 1,000\,597\,498\,372)$ ( 4.3 )		$U = 49.26524173067$
	kde $V_o = 42^\circ 30'$ ( od Ferrá ) ( 4.4 )		$dL = 6.0700414908$
7	Stanovenie obrazu šírky $Q$ - základnej rovnobežky na Gaussovej guli :		$V = 38.43375831009$
	$Q = \arcsin(\sin P / 1,000\,597\,498\,372)$ ( 5. )		$p = -0.1919838452863$
	kde $P = 49^\circ 30'$ ( sin $P = 0.760\,405\,96566$ ) ( 5.1 )		$\lambda = 18^\circ 46' 00'' 89961181$
			$\varphi = 49^\circ 18' 28'' 858157$
			Výsledok sú súhradnice na Besselovom ellipsoide ( 1841 ) s $a = 6\,377\,397$ , $1550$ m i $i = 1:298.152813$ , $e^2 = 0.00667\,43722\,3061$

# POZNÁMKY

# POZNÁMKY

# POZNÁMKY

# POZNÁMKY

# POZNÁMKY



K SPOLUPRÁCI A POZNÁNIU

## Kysucká hvezdáreň

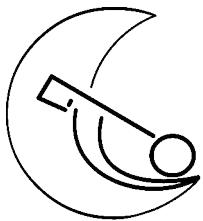
Dolinský potok 1278, 024 01 Kysucké Nové Mesto  
Telefon: +421 414 212 946  
E-mail: [kyshevzdknm@vuczilina.sk](mailto:kyshevzdknm@vuczilina.sk)  
URL: <http://www.astrokysuce.sk>



KE SPOLUPRÁCI A POZNÁNÍ

## Hvězdárna Valašské Meziříčí

Vsetínská 78, 757 01 Valašské Meziříčí  
Telefon: +420 571 611 928  
E-mail: [info@astrovm.cz](mailto:info@astrovm.cz)  
URL: <http://projekty.astrovm.cz>



PROJEKT "PŘES HVĚZDY KE SPOLUPRÁCI A POZNÁNÍ" JE SPOLUFINANCOVÁN EVROPSKOU UNIÍ. K JEHO REALIZACI BYLO VYUŽITO PROSTŘEDKŮ FONDU MIKROPROJEKTŮ SPRAVOVANÉHO REGIONEM BÍLÉ KARPATY.

PROJEKT "CEZ HVIEZDY K SPOLUPRÁCI A POZNANIU" JE SPOLUFINANCOVANÝ EURÓPSKÝMI SPOLOČENSTVAMI. K JEHO REALIZÁCII BOLI VYUŽITÉ PROSTRIEDKY FONDU MIKROPROJEKTOV PROGRAMU INTERREG IIIA.