

# Projekt Brána do vesmíru

Hvězdárna Valašské Meziříčí, p. o.  
Krajská hvezdáreň v Žiline



PROGRAM  
CEZHRANIČNEJ  
SPOLUPRÁCE  
SLOVENSKÁ REPUBLIKA  
ČESKÁ REPUBLIKA



EURÓPSKA ÚNIA  
EURÓPSKY FOND  
REGIONÁLNEHO ROZVOJA  
SPOLOČNE BEZ HRANÍČ



KRAJSKÁ  
HVEZDAREŇ

# Jak získat užitečná data z CCD snímků

Pavel Cagaš

Sekce proměnných hvězd a exoplanet  
České astronomické společnosti



# CCD snímky pro vědecká měření

- Nutným předpokladem jsou korektně pořízené a kalibrované snímky.
- Hodnověrná data lze získat jen pokud dosáhneme dostatečně dobrého poměru signál/šum.
- Vždy je na místě skepse, pečlivost a snaha o maximální možnou objektivitu.
  - V řadě případů se chyby a artefakty v datech mohou jevit jako nové objevy.
  - Naše výsledky budou posuzovat kolegové (recenzenti publikace).



# Informace v CCD snímcích

- **Obraz**
  - snímky planet, sledování atmosférických jevů na plynných obrech, detekce dopadu komet/asteroidů
  - snímky sluneční fotosféry
- **Astrometrie (měření polohy)**
  - planetky, TNO
  - novy a supernovy (typicky v cizích galaxiích)
- **Fotometrie (měření jasu)**
  - proměnné hvězdy
  - tranzity exoplanet



# 1. Obraz

- Samotné zobrazení kosmických objektů má (může mít) vědeckou hodnotu.
  - Příkladem je např. objev nové mlhoviny.
  - „Estetické“ astrofotografické snímky jsou ale často zatíženy příliš velkými úpravami, znemožňujícím kvantifikovat naměřená data.
- Snímky atmosfér obřích planet dovolují sledovat vývoj počasí (bouří – skvrn).
- Snímky sluneční fotosféry vypovídají o jevech na Slunci – skvrnách, protuberancích, ...
- ...



# M42 a M42

Kde končí „processing“ a kde začíná „editace“?



# Slunce v čáře $H\alpha$

Snímek Martin Myslivec

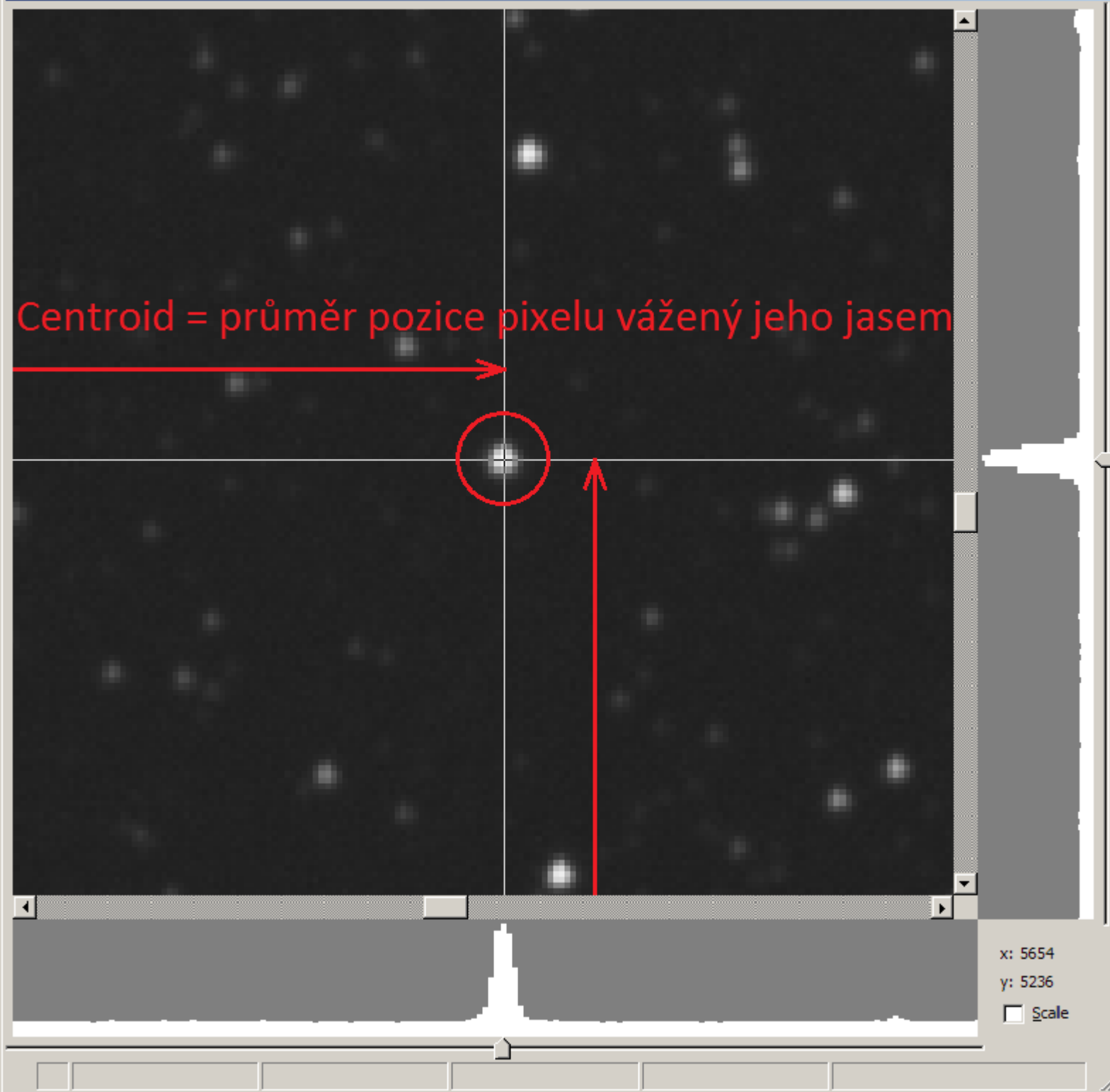




## 2. Astrometrie = měření polohy

- Astrometrie s pomocí CCD těží z velice přesných a s časem/teplotou konstantních rozměrů křemíkového CCD snímače.
  - Pozice jednotlivých pixelů jsou přesně dány.
- Protože obraz kosmického tělesa na CCD čipu vždy zabírá více pixelů, lze s pomocí jednoduché statistické metody určit polohu jeho těžiště (centroidu) s přesností lepší než  $1/10$  rozměru pixelu.
  - Je důležité, aby obraz hvězdy nebyl soustředěn do jediného pixelu.







# Měření polohy

- Cílem je získat souřadnice pozorovaného objektu.
- Astrometrie je vždy relativní, tedy vztažená vzhledem k jiným objektům (hvězdám) v poli, jejichž poloha je dobře známa.
  - Hvězdy jsou obsaženy v katalogu včetně svých souřadnic  $\alpha$ ,  $\delta$  (R.A. a Dec.).
- Kalibrace souřadného systému snímku pomocí známých hvězd dovolí určit souřadnice  $\alpha$ ,  $\delta$  libovolného dalšího objektu v obraze.



# Vztah mezi souřadnicemi snímku ( $x, y$ ) a ( $\alpha, \delta$ )

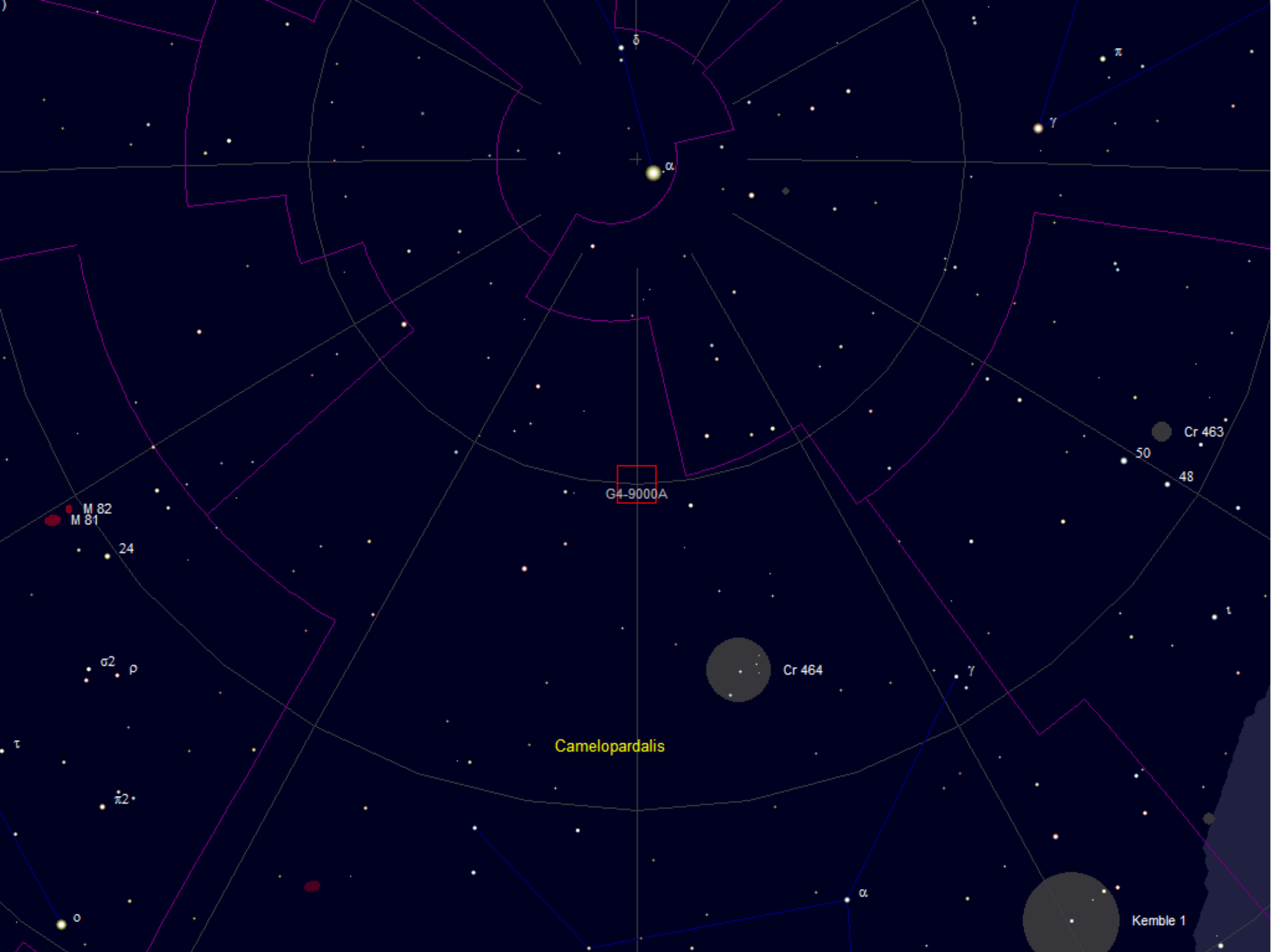
- Nebeská sféra je promítnuta na rovinu čipu, je nutno zvolit transformaci souřadnic.
- Pro malá zorná pole dobře vyhovuje tangenciální projekce.
  - Plocha obrazu je v jednom bodě ve středu snímku „přiložena“ na kulový povrch nebeské sféry.











```

PROCEDURE RADecToXY( RA, Dec, RA0, Dec0 : LONGREAL; VAR x, y : LONGREAL );
VAR
    SinDec : LONGREAL;
    CosDec : LONGREAL;
    SinDec0 : LONGREAL;
    CosDec0 : LONGREAL;
    CosRA_RA0 : LONGREAL;
    Denom : LONGREAL;
BEGIN
    SinDec := sin( Dec );
    CosDec := cos( Dec );
    SinDec0 := sin( Dec0 );
    CosDec0 := cos( Dec0 );
    CosRA_RA0 := cos( RA - RA0 );
    Denom := SinDec * SinDec0 + CosDec * CosDec0 * CosRA_RA0;
    x := CosDec * sin( RA - RA0 ) / Denom;
    y := (SinDec * CosDec0 - CosDec * SinDec0 * CosRA_RA0) / Denom;
END RADecToXY2;

PROCEDURE XYToRADec( x, y, RA0, Dec0 : LONGREAL; VAR RA, Dec : LONGREAL );
VAR
    SinDec0 : LONGREAL;
    CosDec0 : LONGREAL;
BEGIN
    SinDec0 := sin( Dec0 );
    CosDec0 := cos( Dec0 );
    RA := RA0 + atan2( x, CosDec0 - y * SinDec0 );
    Dec:= asin((SinDec0 + y * CosDec0) / sqrt(1.0 + x * x + y * y));
END XYToRADec2;

```



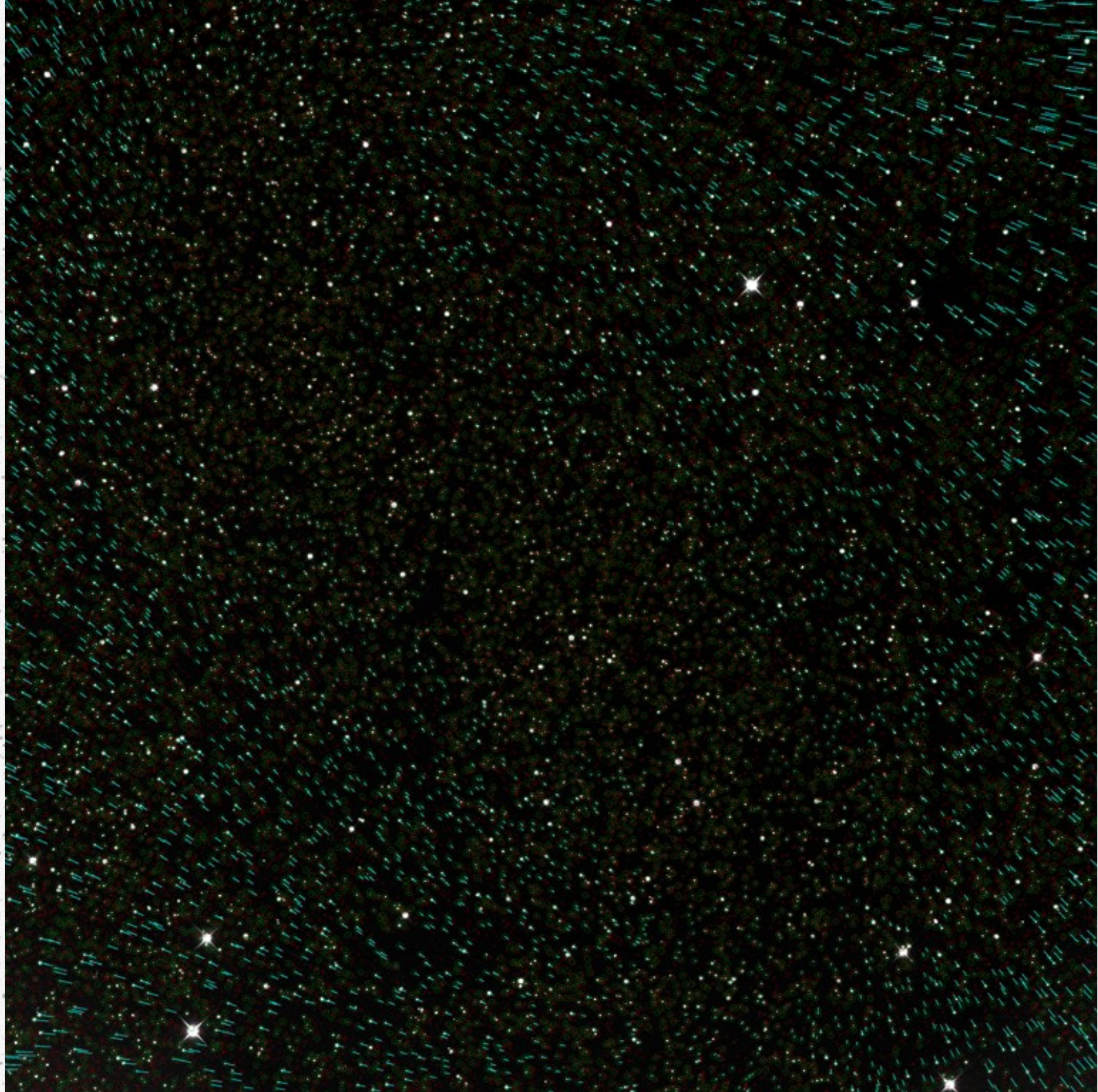
# Deformace obrazového pole optikou

- Zejména u širokých zorných polí je nezbytné k dosažení kvalitního obrazu přes celé zorné pole používat korekčních členů:
  - Newtonovy soustavy vyžadují koma-korektor.
  - Refraktory vyžadují field-flattener.
  - Dokonce i RC soustavy (Ritchey-Chretien) vyžadují korekci pro velká pole.
- Korektory bývají navrhovány tak, aby vytvořily co nejvyšší kvalitu obrazu hvězd a ne aby co nejvíce zachovaly tangenciální projekci.



# Deformace pole:

- 25cm f/4,7  
Newton
- TeleVue  
Paracorr
- Pole  
70'×70'





# Využití astrometrie

- Určování poloh pohyblivých těles:
  - Ověření známosti pozorovaných planetek.
  - Zejména v poslední době se množství neznámých planetek čekajících na objevení blíží nule.
  - Mezní magnituda planetky zachytitelné amatérskou technikou ( $\sim 25$  cm dalekohled) je asi  $17^m$ .
  - Nově objevované planetky se pohybují nad  $20$  nebo  $21^m$ .
  - Potřeba pozorování (zpřesňování polohy) planetek do  $16^m$  je prakticky nulová.



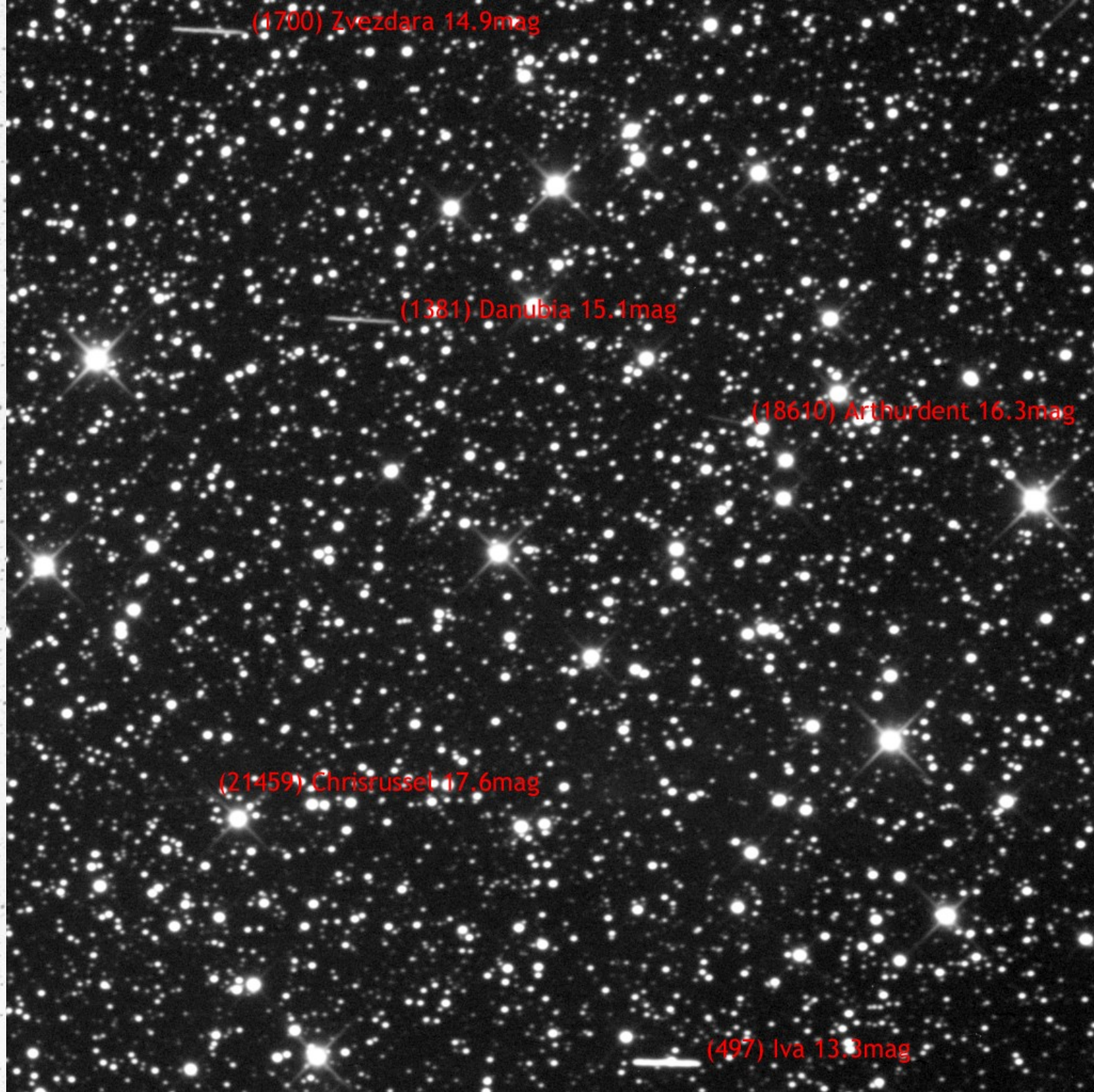
(1700) Zvezdara 14.9mag

(1381) Danubia 15.1mag

(18610) Arthurdent 16.3mag

(21459) Chrisrusel 17.6mag

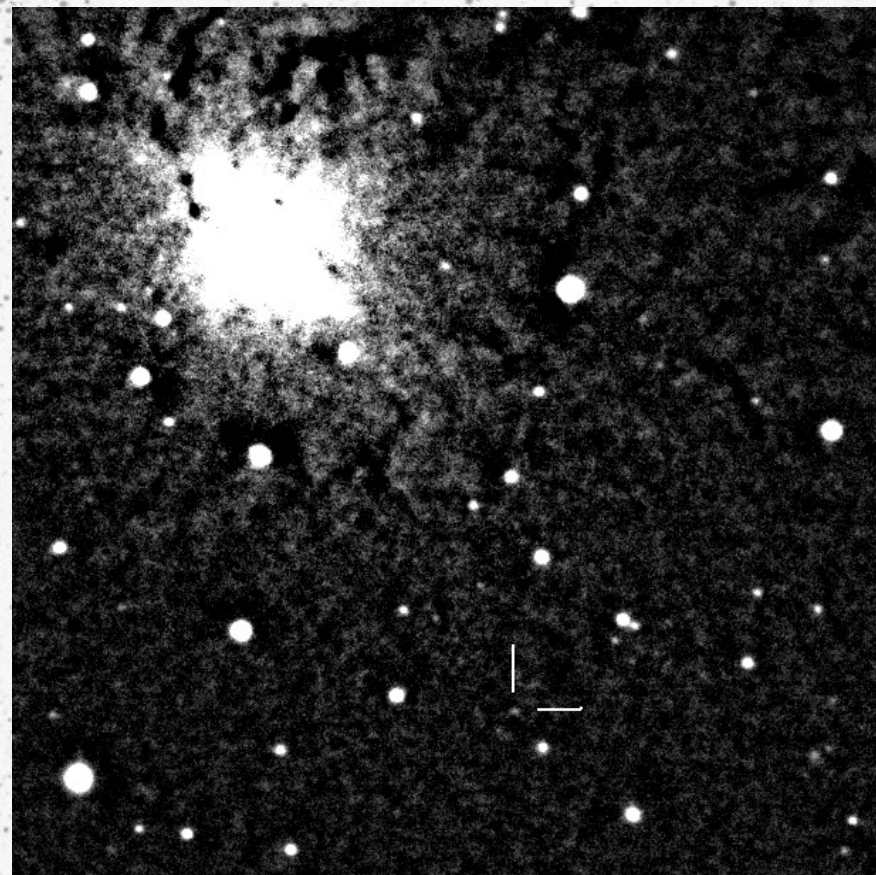
(497) Iva 13.3mag





# Využití astrometrie 2

- Při objevu nov nebo supernov v cizích galaxiích je nezbytné při oznámení objevu udat přesnou polohu.
- Na rozdíl od např. nových proměnných hvězd, které lze vždy dohledat v existujících katalozích, u nov a supernov katalogový záznam přirozeně neexistuje.



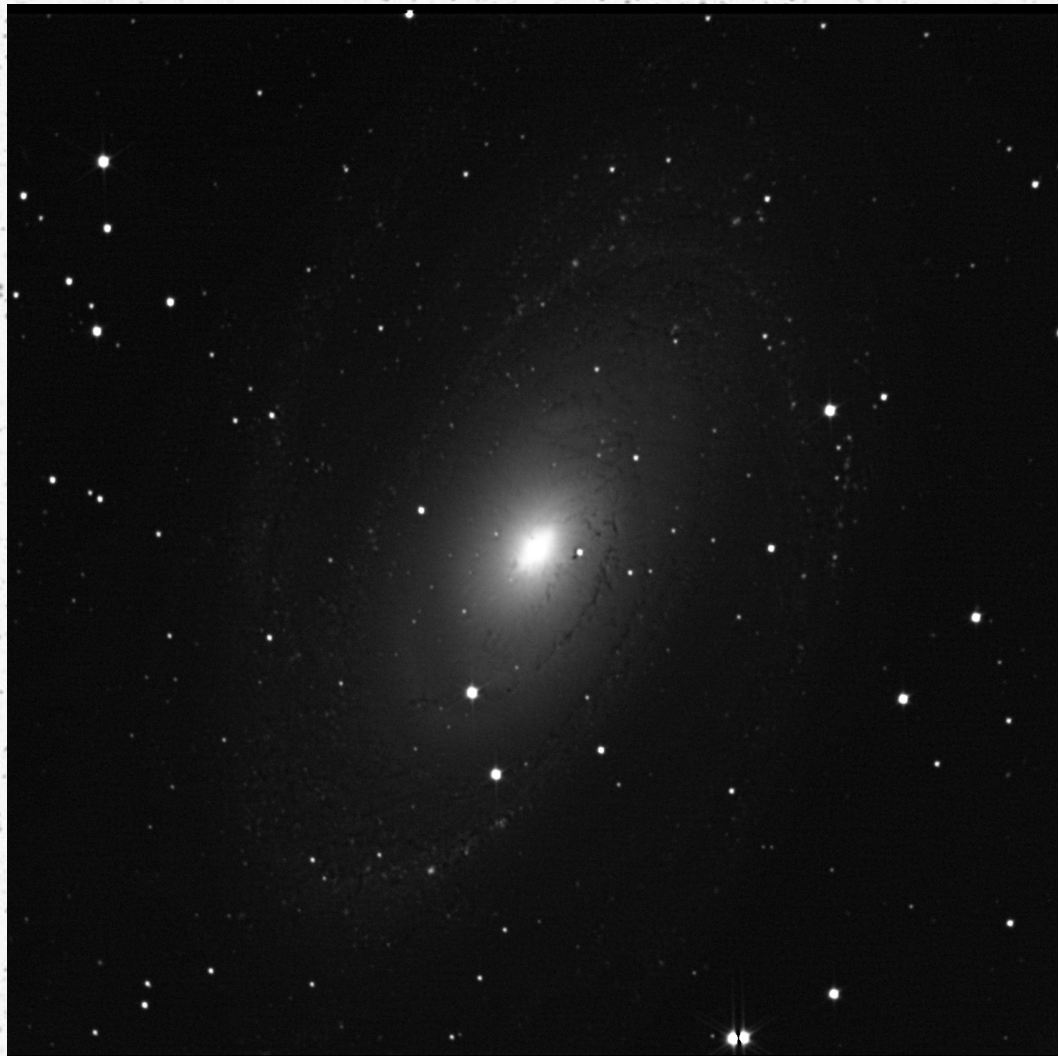


# Úprava snímků pro astrometrii extragalaktických nov

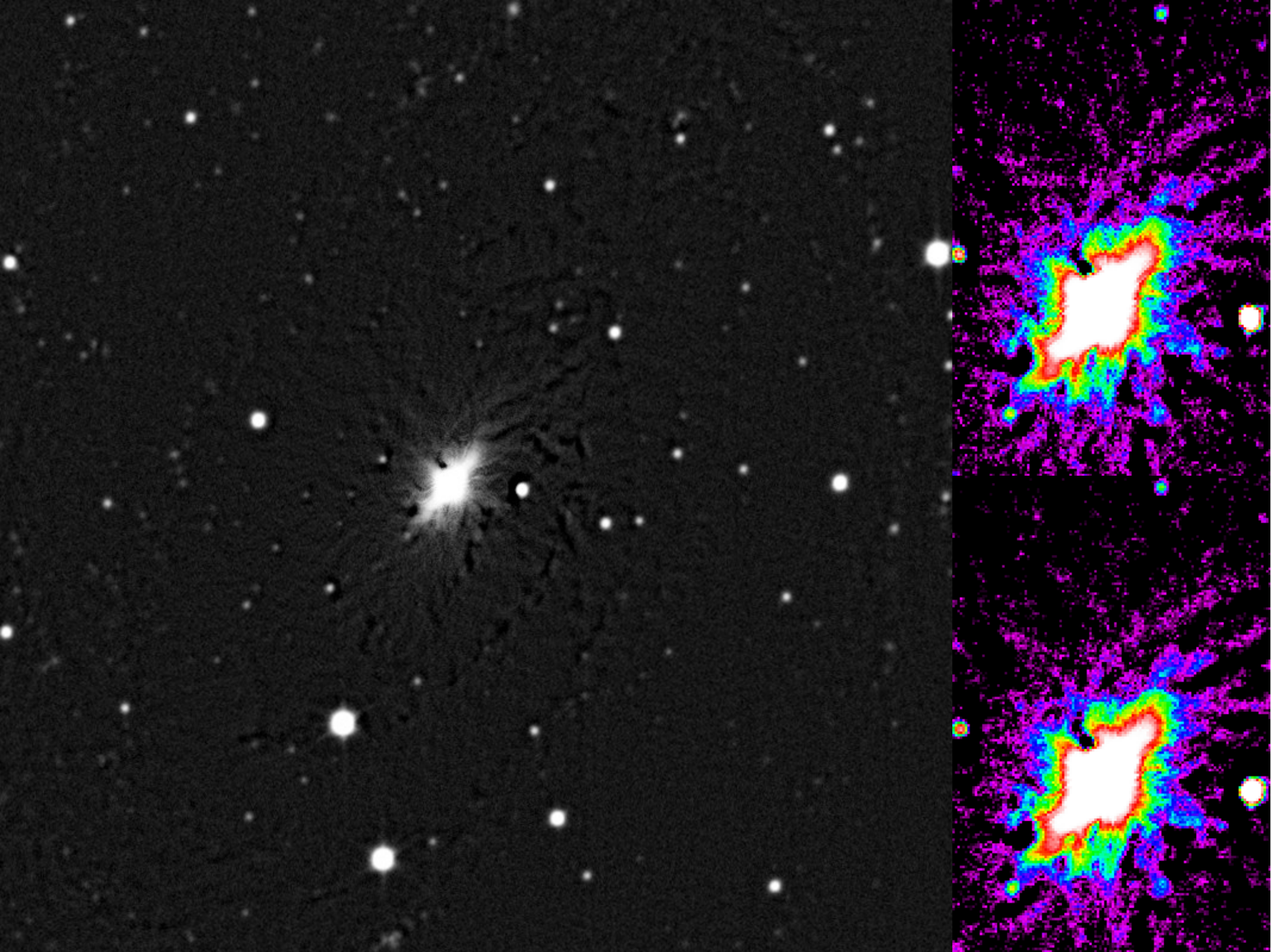
- Jas galaxie výrazně převyšuje jas hvězd.
- Mediánový filtr nahradí každý pixel snímku mediánem pixelů v definovaném okolí daného pixelu.
- V závislosti na velikosti (poloměru) okolí mediánový filtr odstraní ze snímku všechny struktury menší než je daný poloměr okolí.
- Odečtení výsledku od původního snímku odstraní velko-škálové struktury (galaxii) a ponechá hvězdy.



# Galaxie M81 (vlevo) a po odečtení mediánového filtru (vpravo)

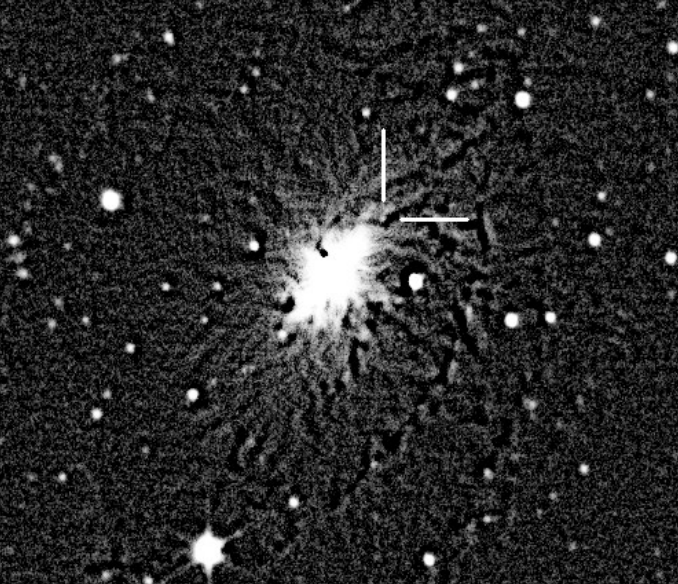








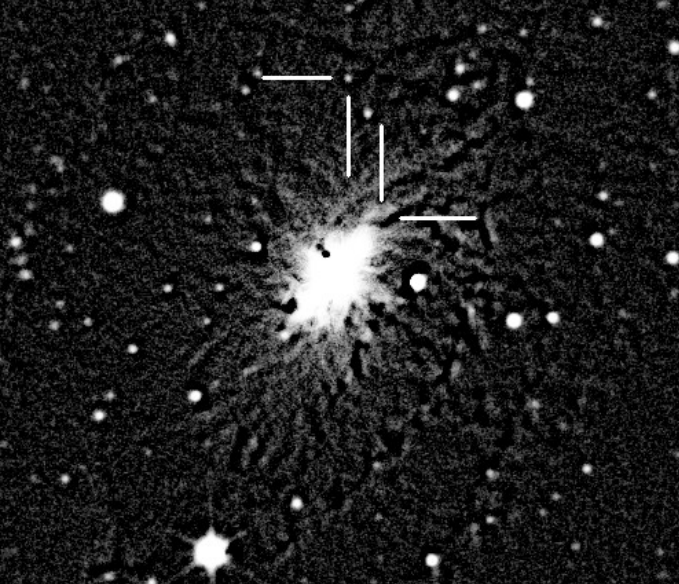
April 08 2007  
 Nova M81 2007 2 discovery image (19.2 mag)  
 Median filter subtracted to eliminate galaxy background



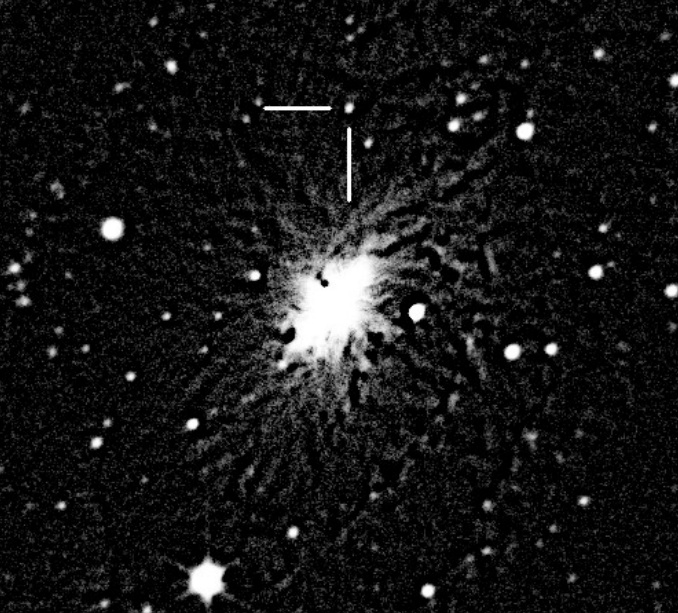
April 11 2007  
 Nova M81 2007 2 follow up image (19.5 mag)  
 Nova M81 2007 3 discovery image (19.9 mag)



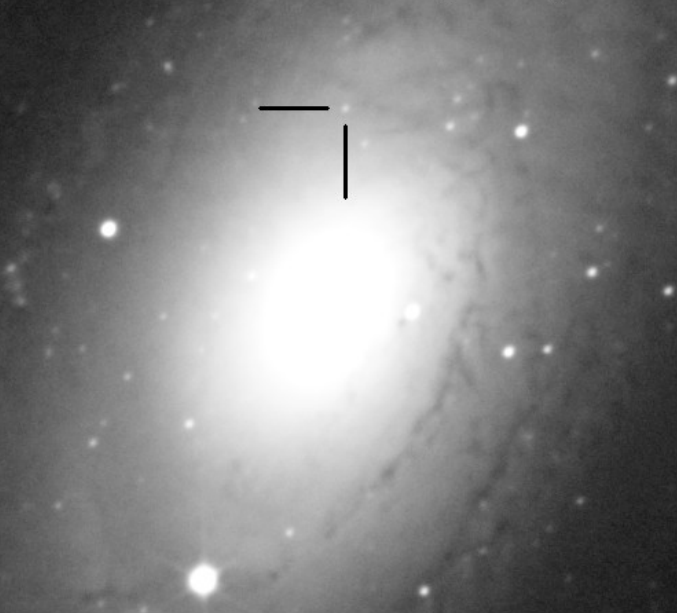
April 13 2007  
 Nova M81 2007 2 disappearing (20.0 mag)  
 Nova M81 2007 3 follow up image (18.7 mag)



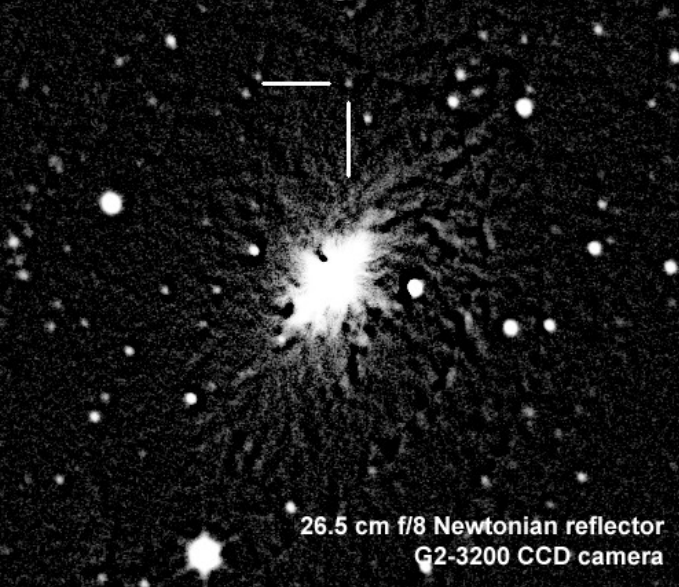
April 14 2007  
 Nova M81 2007 3 reached peak brightness (17.6 mag)



April 14 2007  
 Nova M81 2007 3 visible without image filtering



April 19 2007  
 Nova M81 2007 2 invisible  
 Nova M81 2007 3 weakening



26.5 cm f/8 Newtonian reflector  
 G2-3200 CCD camera



# Astrometrie – speciální aplikace

- Rozlišení tzv. „blendu“ proměnných hvězd.
- U vícenásobných proměnných hvězd často není možné rozlišit více složek opticky, neboť jsou úhlově velice blízko.
  - Přesto se ale může jednat dvě zcela nesouvisející soustavy, náhodně ležící na jedné přímce vzhledem k nám.
- Pokud ale vzájemná úhlová vzdálenost dosahuje alespoň  $\sim 0,1$  pixelu, může astrometrie pomoci.

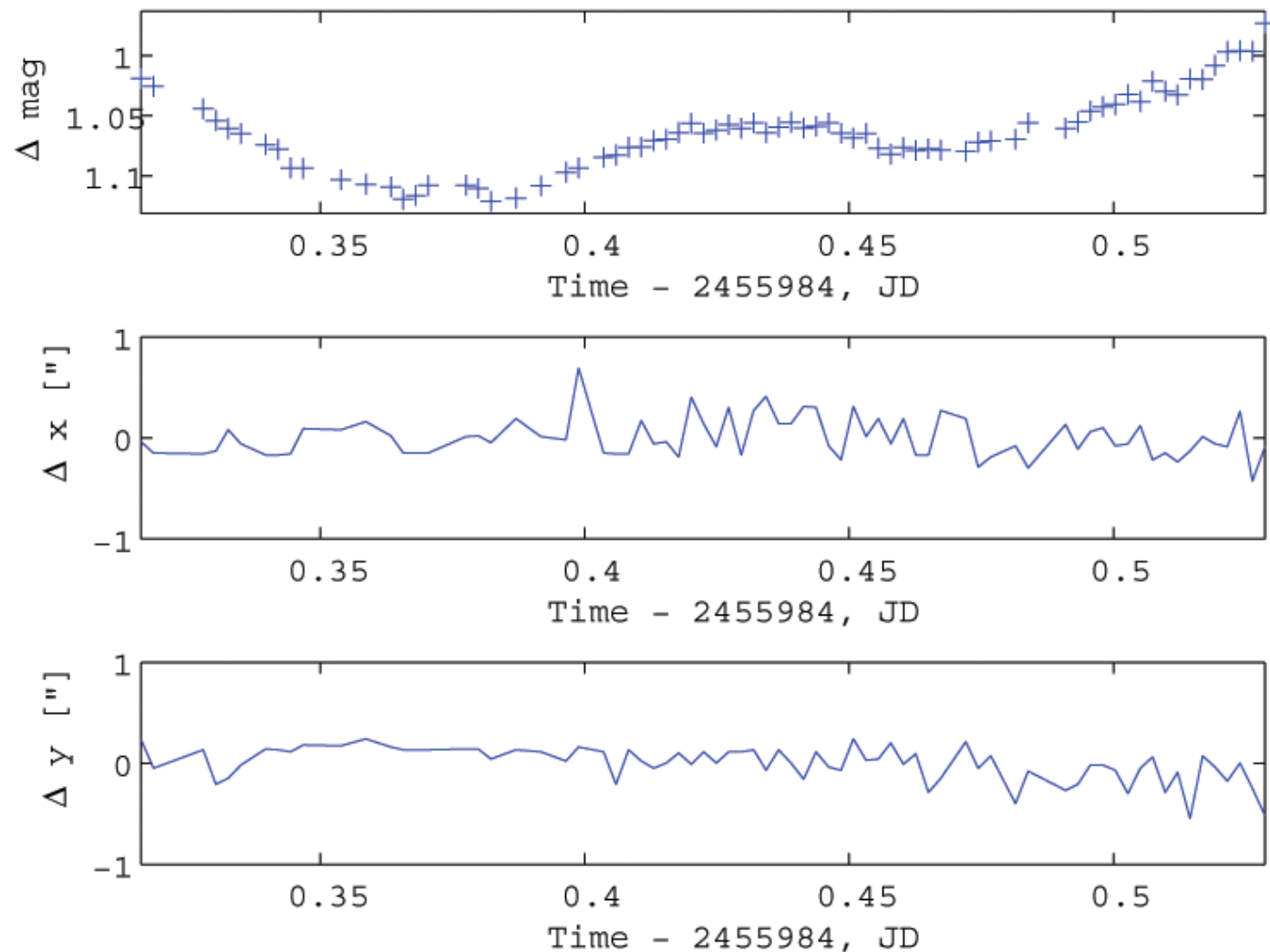


# Rozlišení „blendu“

- Při poklesu jasnosti jedné soustavy bude většina světla pocházet z druhé soustavy.
- Těžiště obrazu se posune směrem k jasnější složce.
- Opačný posun pak nastane při poklesu jasnosti druhé soustavy.
- Protože centroid lze určit s přesností asi  $10\times$  lepší než je úhlová velikost pixelu, lze rozlišit úhlové vzdálenosti asi  $20\times$  menší než dovoluje přímé zobrazování.

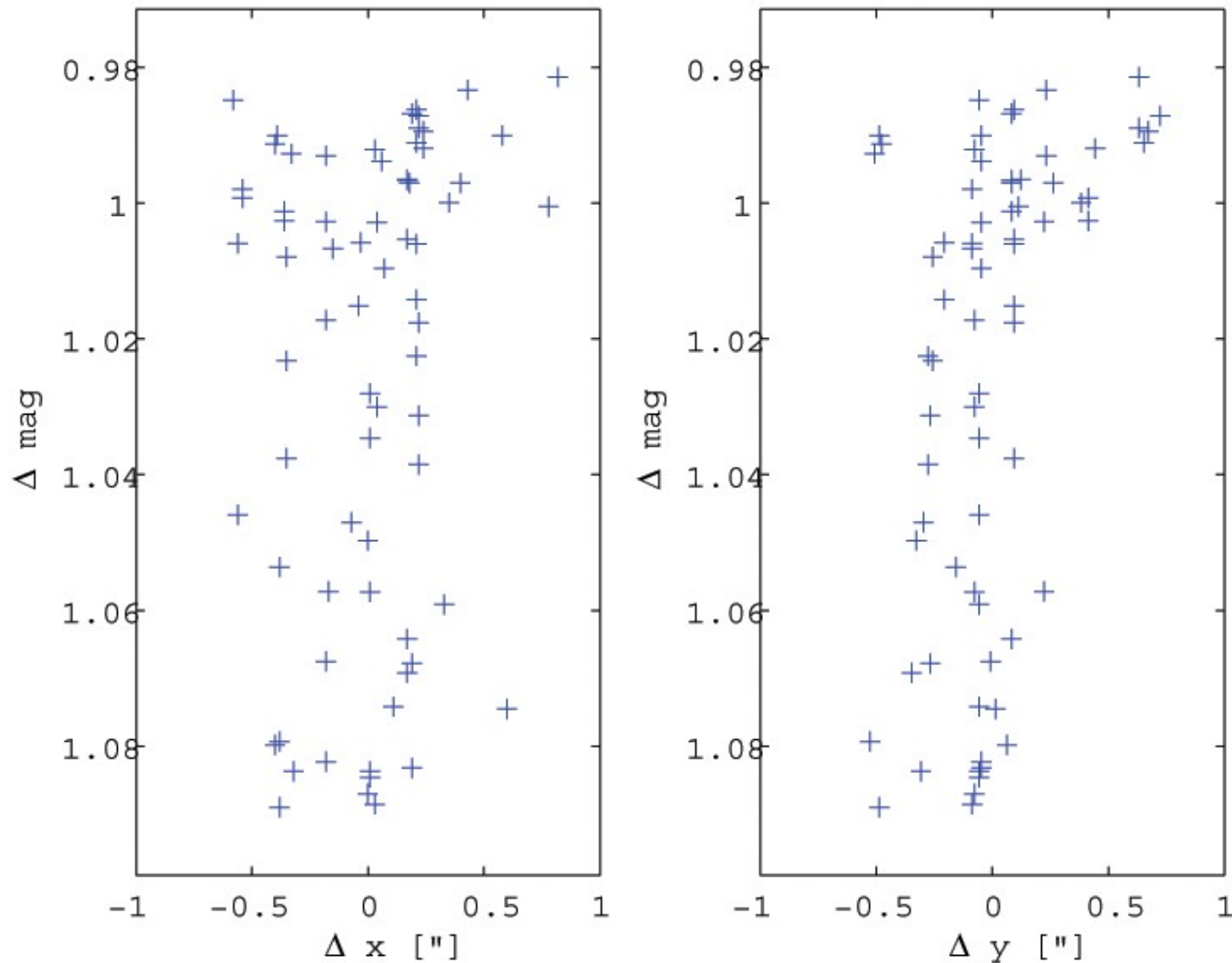


# Příklad pokusu o rozlišení složek CzeV343A a CzeV343B





# Příklad pokusu o rozlišení složek CzeV343A a CzeV343B





# Astrometrie - „školní projekt“ měření paralaxy 61 Cyg

- U hvězdy 61 Cygni byla úplně poprvé úspěšně změřena paralaxa (F. W. Bessel, 1838)
  - hodnota paralaxy 61 Cyg je jen 0,299"
  - to odpovídá vzdálenosti 3,34 pc ( $\sim 10,9$  l.y.)
  - parsec (pc) je vzdálenost, ze které je 1 AU vidět pod úhlem 1"
  - $1 \text{ pc} = 3,262 \text{ l.y.}$
- Může být paralaxa 61 Cyg změřena běžným dalekohledem?







# Vlastní pohyb „stálice“ na vlastní oči



2010

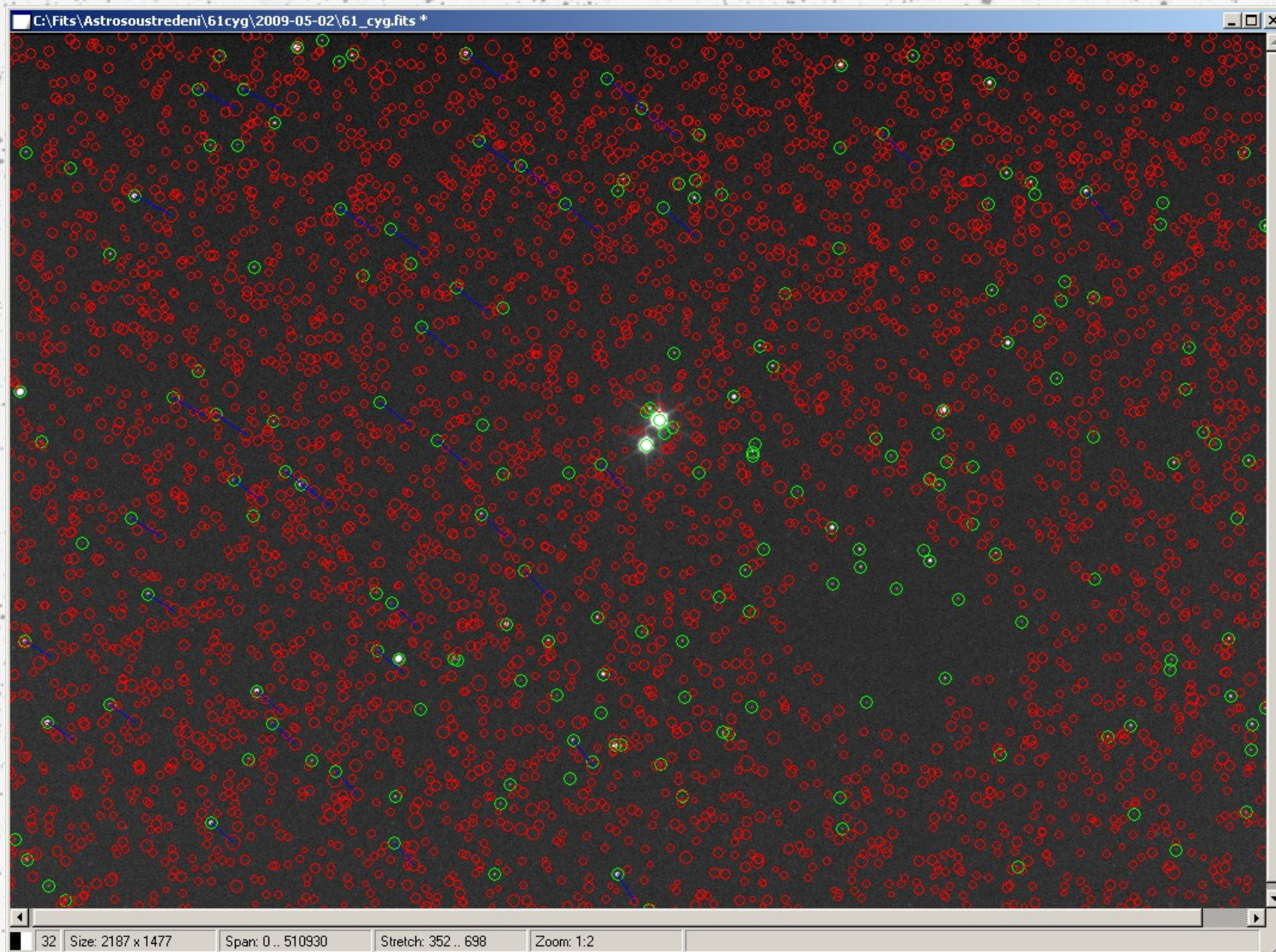
2009

2008

2004



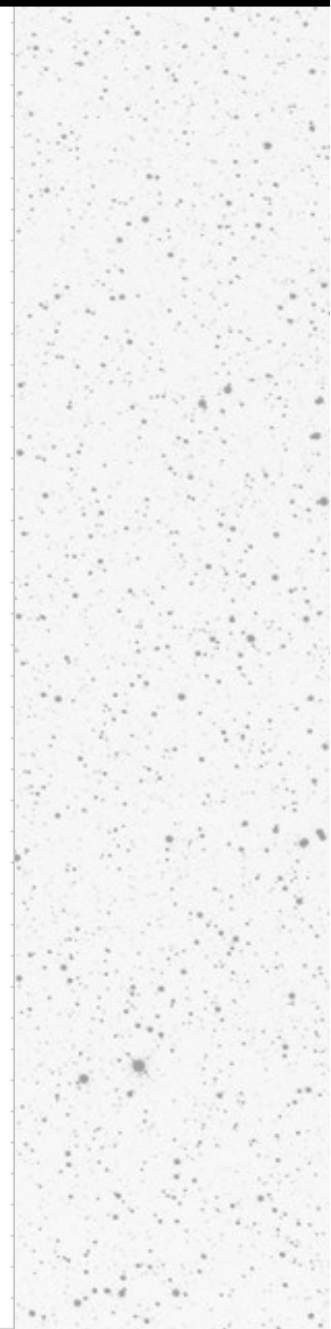
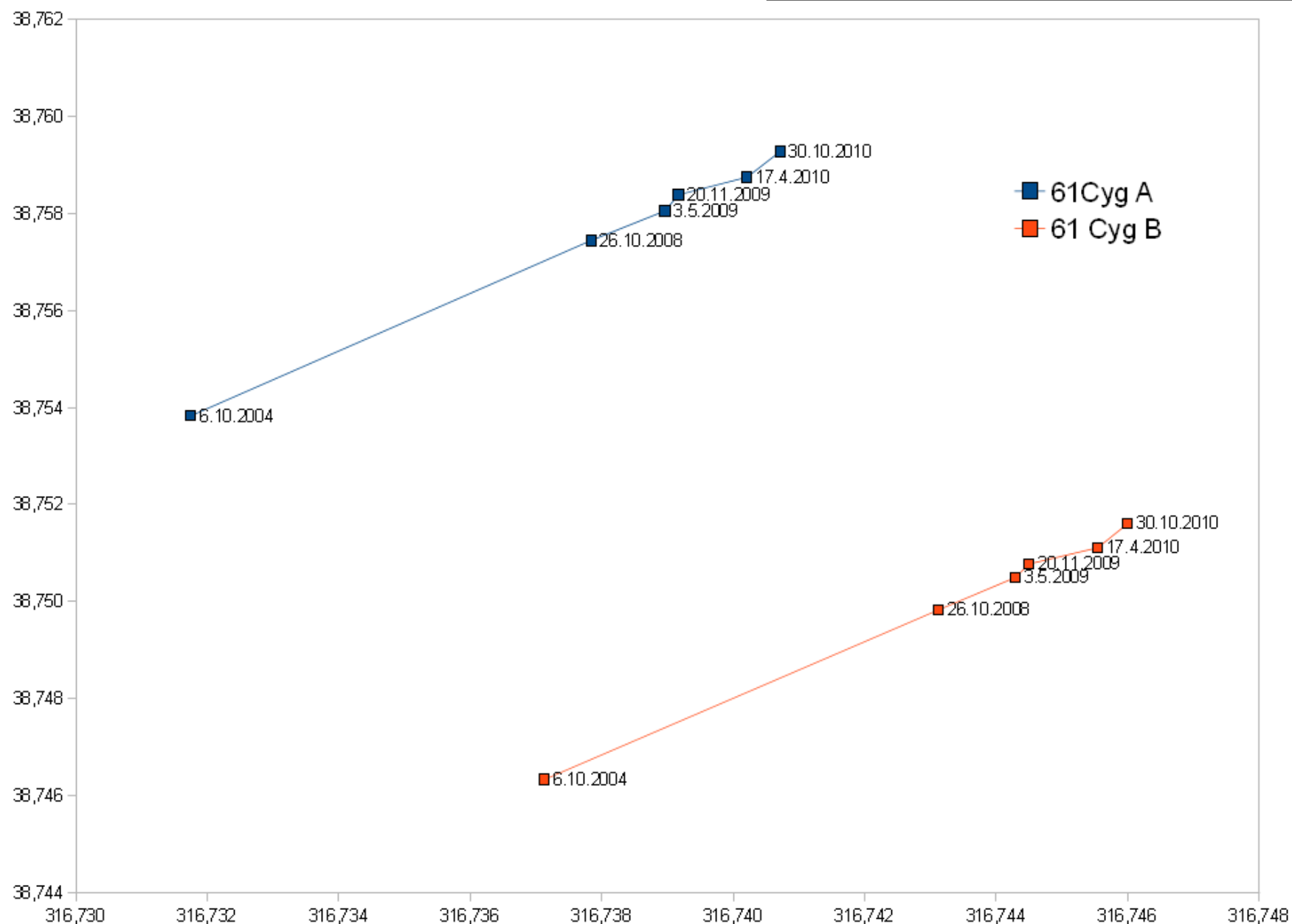
# Astrometrie snímku 61 Cyg





| Datum [UT] | Čas [UT]    | 61Cyg A        |                | 61 Cyg B       |                |  |
|------------|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--|
|            |             | R.A.           | Dec.           | R.A.           | Dec.           |  |
| 6.10.2004  | 23h 9m 19s  | 21h 06m 55,62s | +38° 45' 13,8" | 21h 06m 56,91s | +38° 44' 46,8" |  |
| 26.10.2008 | 17h 40m 11s | 21h 06m 57,08s | +38° 45' 26,8" | 21h 06m 58,35s | +38° 44' 59,4" |  |
| 3.5.2009   | 1h 38m 57s  | 21h 06m 57,35s | +38° 45' 29,0" | 21h 06m 58,63s | +38° 45' 01,8" |  |
| 20.11.2009 | 18h 04m 25s | 21h 06m 57,40s | +38° 45' 30,2" | 21h 06m 58,68s | +38° 45' 02,8" |  |
| 17.4.2010  | 23h 30m 17s | 21h 06m 57,65s | +38° 45' 31,5" | 21h 06m 58,93s | +38° 45' 04,0" |  |
| 30.10.2010 | 19h 10m 13s | 21h 06m 57,77s | +38° 45' 33,4" | 21h 06m 59,04s | +38° 45' 05,8" |  |

Vlastní pohyb je  
modulován paralaxou



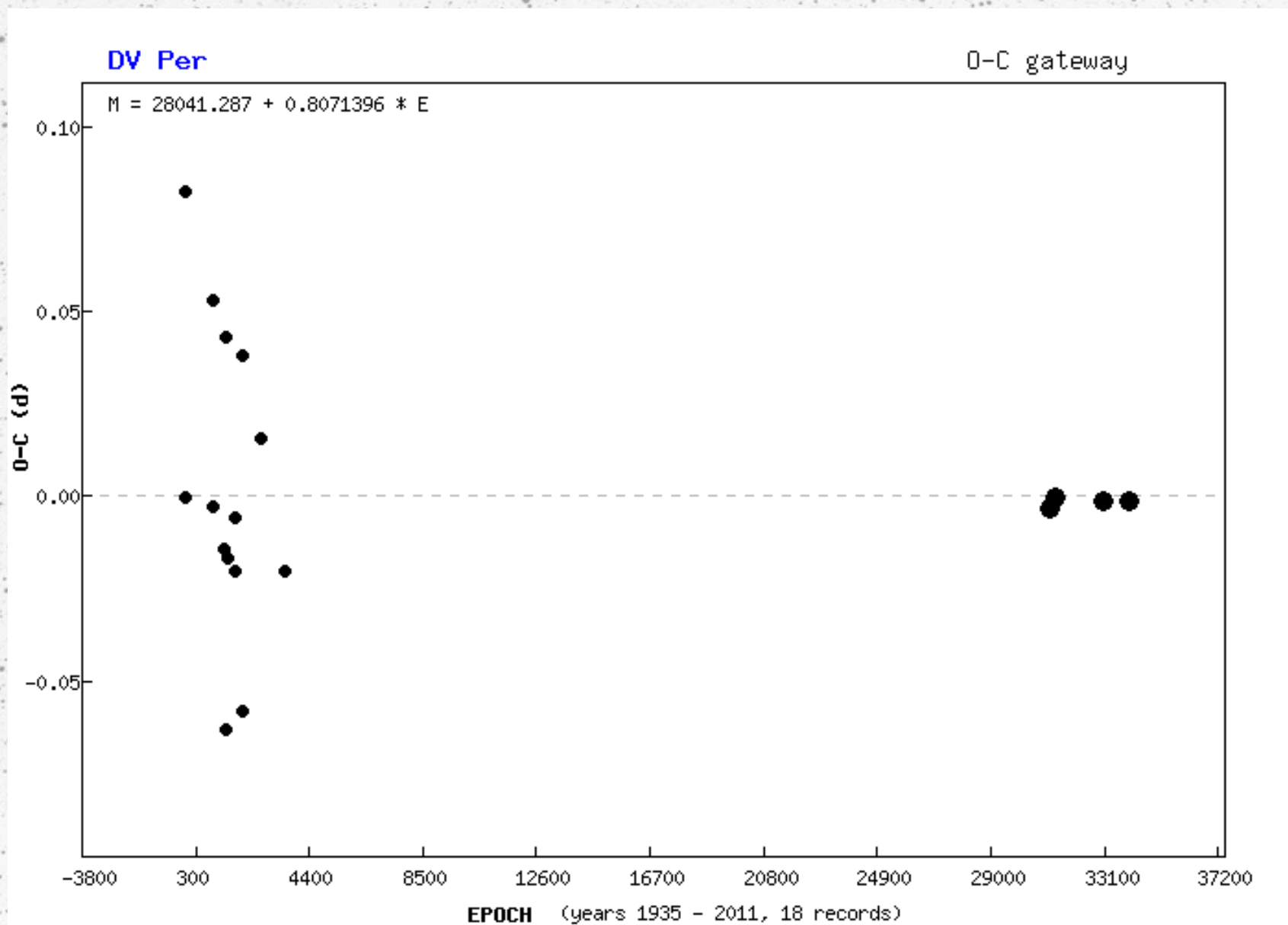


# 3. Fotometrie – měření jasnosti

- Fotometrie s pomocí CCD (a dostupnost CCD kamer pro amatéry) způsobila revoluci pozorování proměnných hvězd.
  - Proměnná hvězda mění svou jasnost.
- Proměnné hvězdy vyžadují dlouhodobou pozornost pozorovatelů, profesionální pracoviště naprosto nestíhají sledovat ani zlomek zajímavých objektů.
- Pozorování proměnných hvězd tak nabízí amatérským astronomům nejširší pole působnosti a největší možnosti uplatnění.

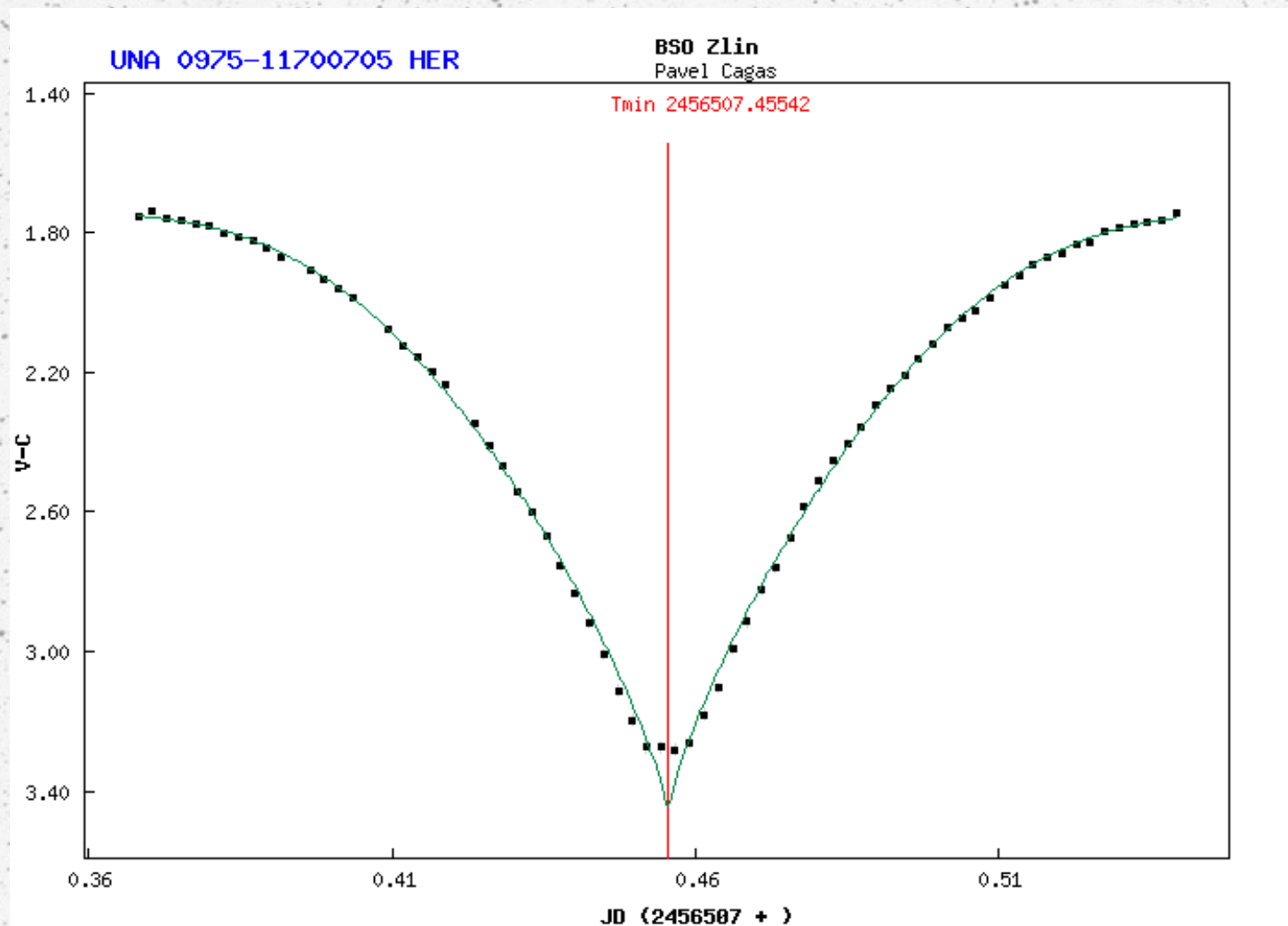


# Přesnost měření minim pomocí CCD





# USNO A-2.0 0975-11700705 Her



Chyba určení minima < 0,00005 dne (~5 sekund)

# Měření proměnných hvězd

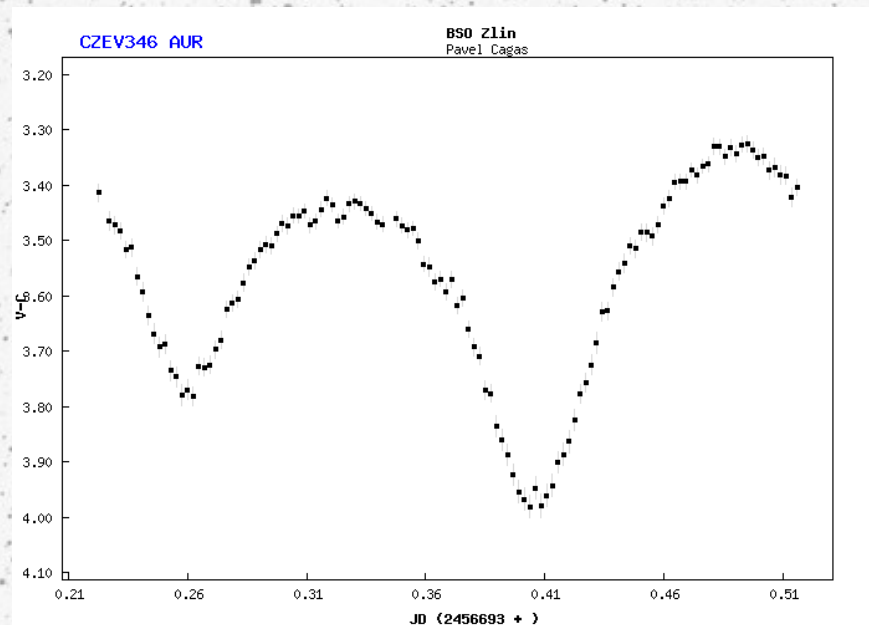
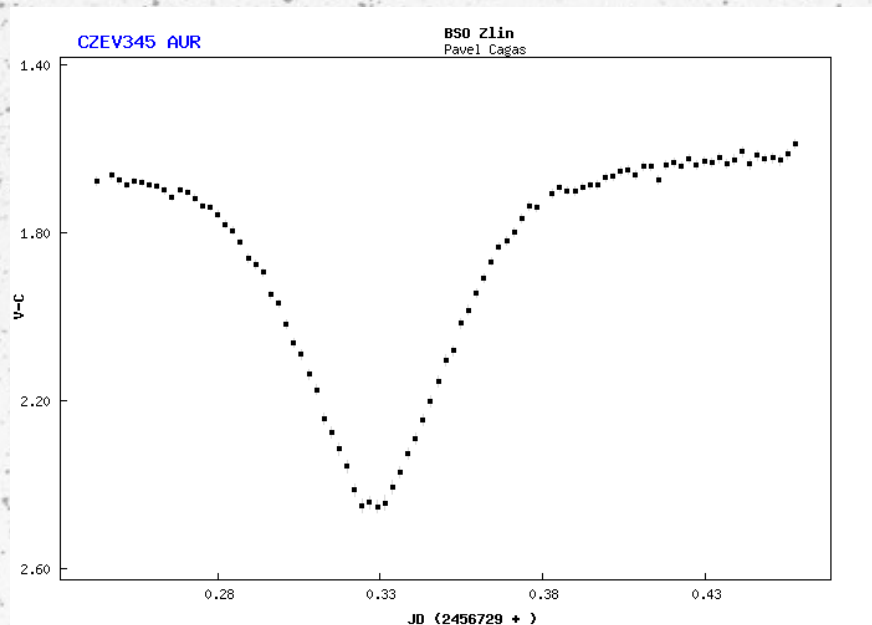
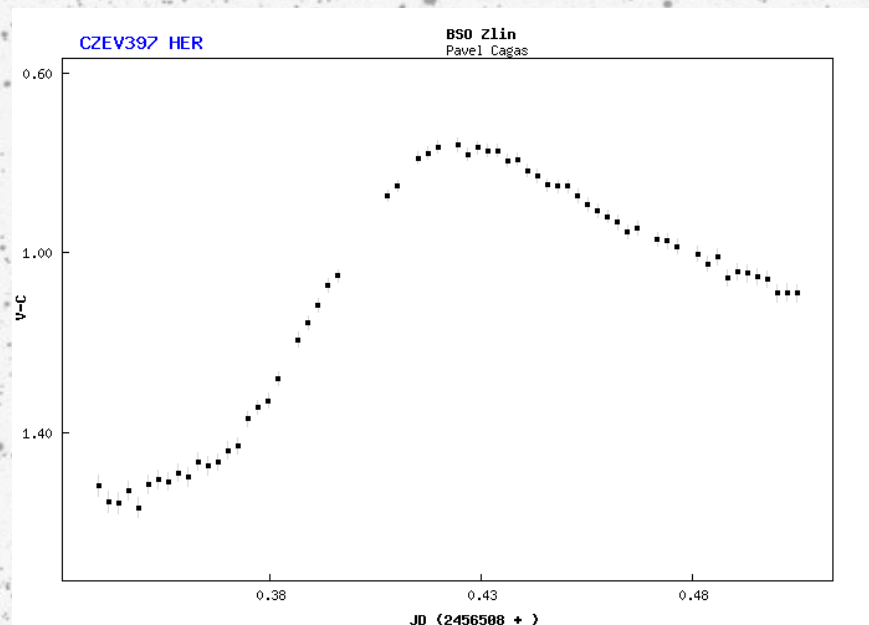
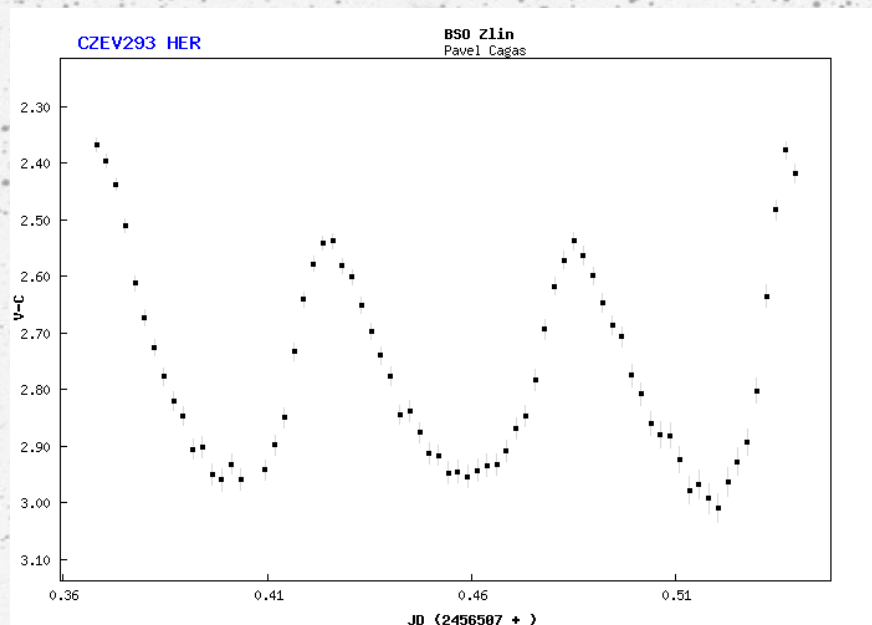
- Účelem je získat časový průběh jasnosti hvězdy (světelnou křivku).
- U dlouhoperiodických proměnných je prováděno jen jedno nebo několik měření za noc.
  - Jas se během pozorování prakticky nemění a průběh křivky je sestavován z řady nocí.
- Typicky je ale změna jasu rychlejší a hvězda je sledována nepřetržitě několik hodin podle tvaru a šířky minima.
  - Perioda měření bývá od desítek sekund po minuty.



# Světelná křivka

- Podobně jako u astrometrie, i v případě fotometrie je jas určován na základě srovnání s jasnem jiné hvězdy (hvězd) v poli (tzv. relativní fotometrie).
  - Měření absolutní jasnosti je podstatně náročnější.
- Je velmi žádoucí prověřit, že srovnávací hvězda je stabilní (není proměnná).
  - K tomu účelu bývá do měření zahrnuto několik dalších hvězd, označovaných „check“ hvězdy.
  - Změny jasu mezi srovnávací a „check“ hvězdou by měly být pod chybou měření.

# Příklady světelných křivek

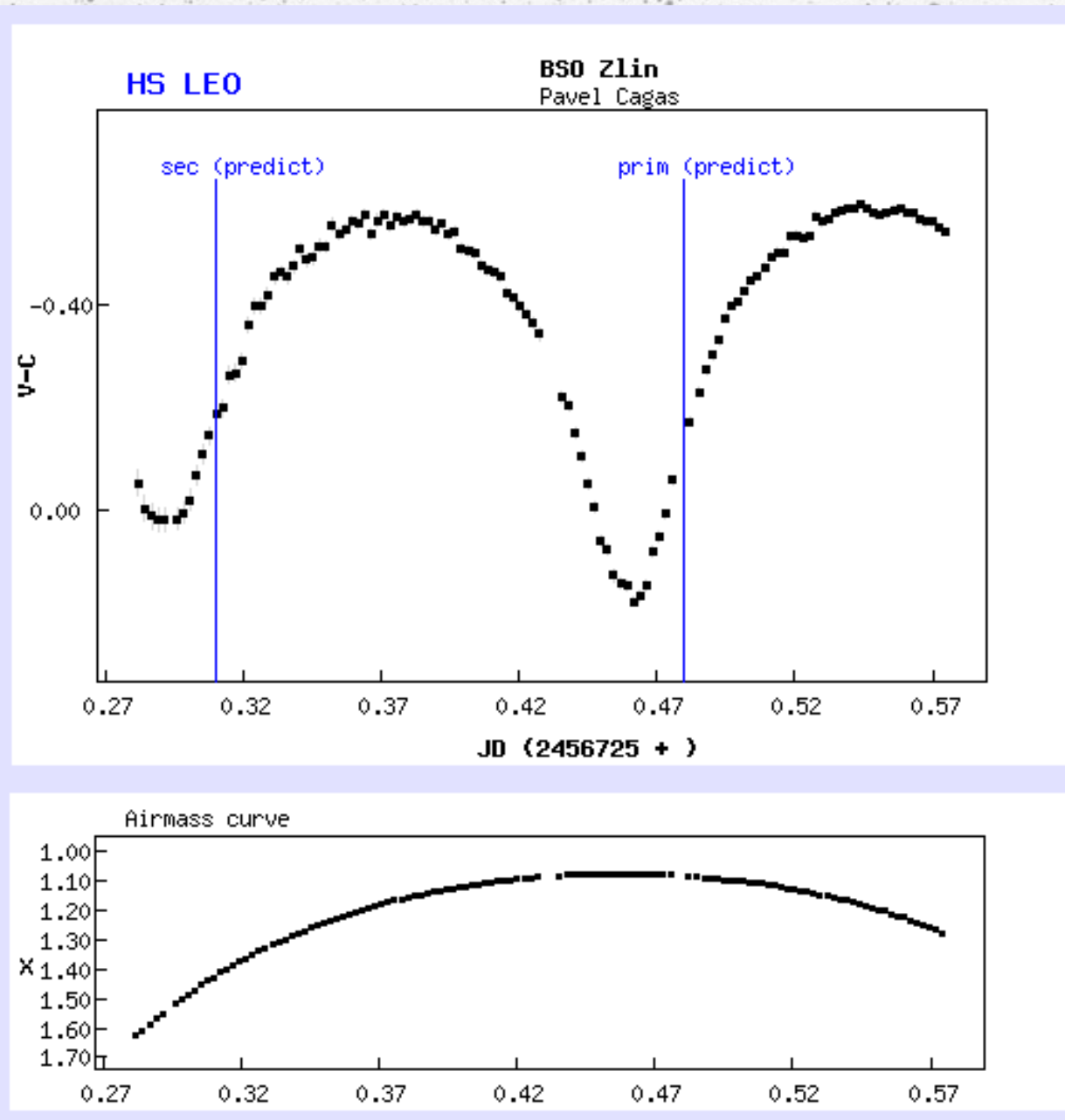




# Atmosférická extinkce

- Zemská atmosféra více rozptyluje modrou barvu zatímco červenou barvu více propouští.
  - Proto je obloha modrá a zapadající Slunce červené.
- Míra propustnosti atmosféry závisí na množství vzduchu směrem ke hvězdě (air-mass).
  - Air-mass 1 odpovídá množství vzduchu v zenitu.
  - $30^\circ$  nad obzorem je air-mass roven  $\sim 2$ .

# Příklad změny air-mass během noci





# Vliv extinkce na fotometrii

- Je tedy zřejmé, že jas červené hvězdy klesající k obzoru bude slábnout pomaleji než jas modré hvězdy.
- Pokud je barva proměnné a srovnávací hvězdy různá, jejich vzájemná jasnost se mění s výškou nad obzorem.
  - Tento efekt výrazně omezuje použití barevných filtrů – filtr propouští jen část spektra a vliv extinkce se tím omezuje.
  - Vždy je ale vhodné volit barvu srovnávací hvězdy co nejpodobnější proměnné hvězdě.



# Barevná fotometrie

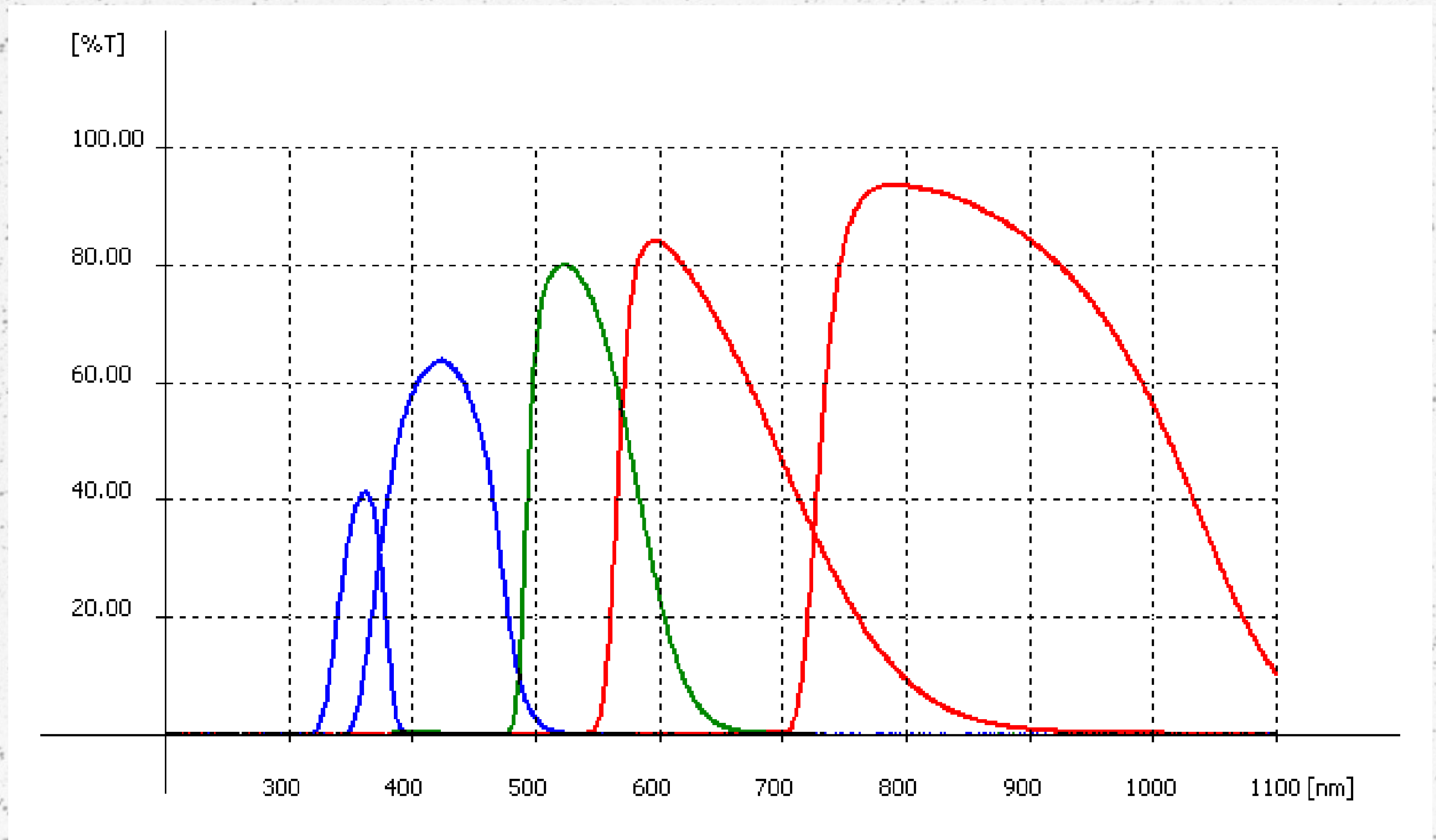
- Pozorování přes barevné filtry přináší další informace:
  - Některé fyzikální jevy doprovází změna barev (zákryt různě barevných hvězd, erupce „flare star“)
  - Světelná křivka ve více barvách je tedy velice užitečná.
  - Filtr také omezuje vliv diferenciální extinkce.
- Má ale i nevýhody:
  - Více či méně (podle barvy) omezuje množství světla a tím silně snižuje poměr S/N.
  - Některé hvězdy prostě nejdou pozorovat s filterem.



# Barevné filtry

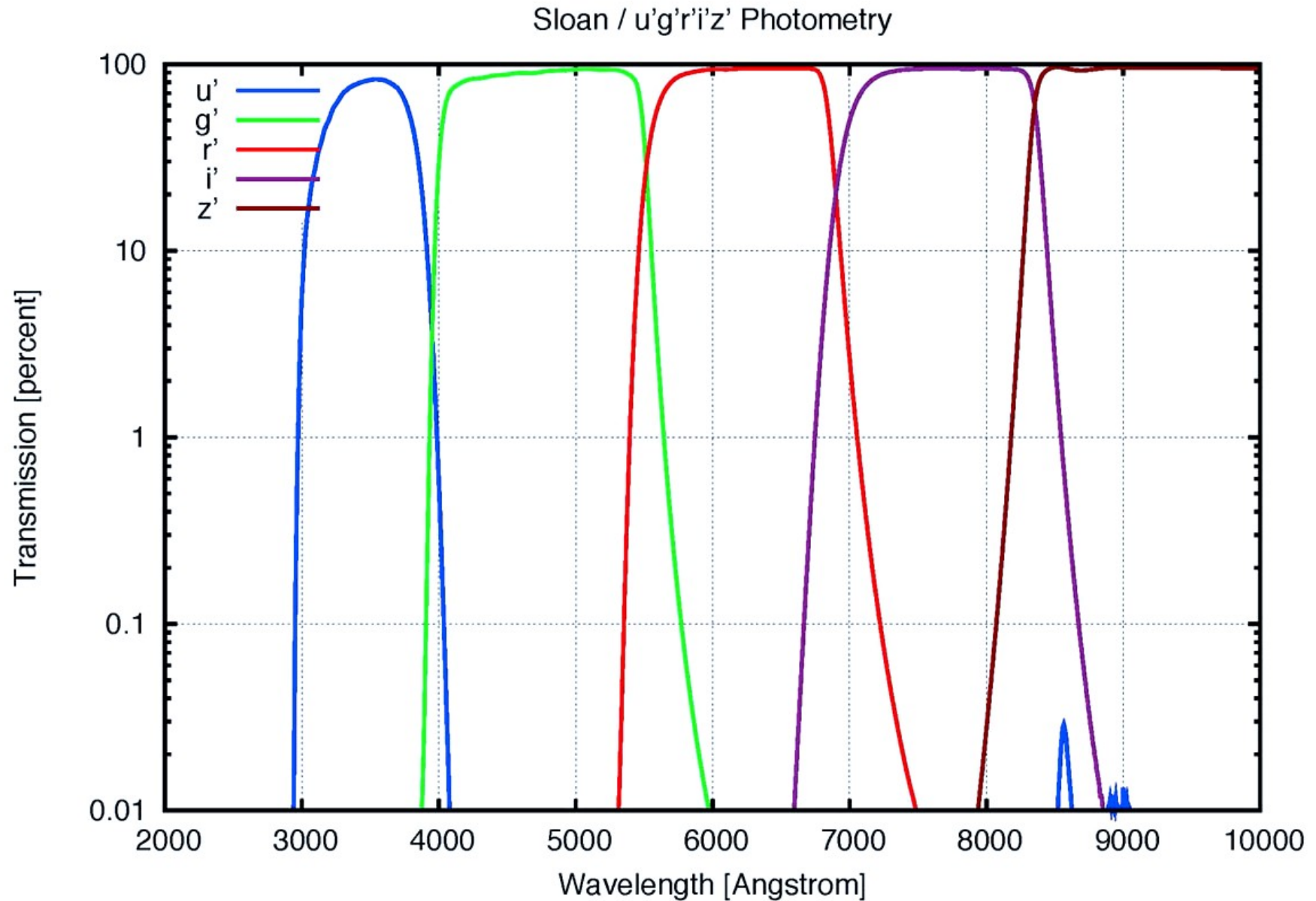
- Ve fotometrii se používá několik standardů barevných filtrů.
- Tradiční, velmi starý, ale zažitý a široce používaný systém Johnson-Cousins UBVRI.
  - Velkou nevýhodou je doslova mrhání světlem, filtry (zejména modré) mají extrémně malou propustnost.
- Proto od něj moderní přehlídky opouštějí.
  - Sloan Digital Sky Survey zavedl vlastní filtrovou sadu.
- Existují i další systémy (Stromgren, ...)

# Johnson-Cousins UBVRI





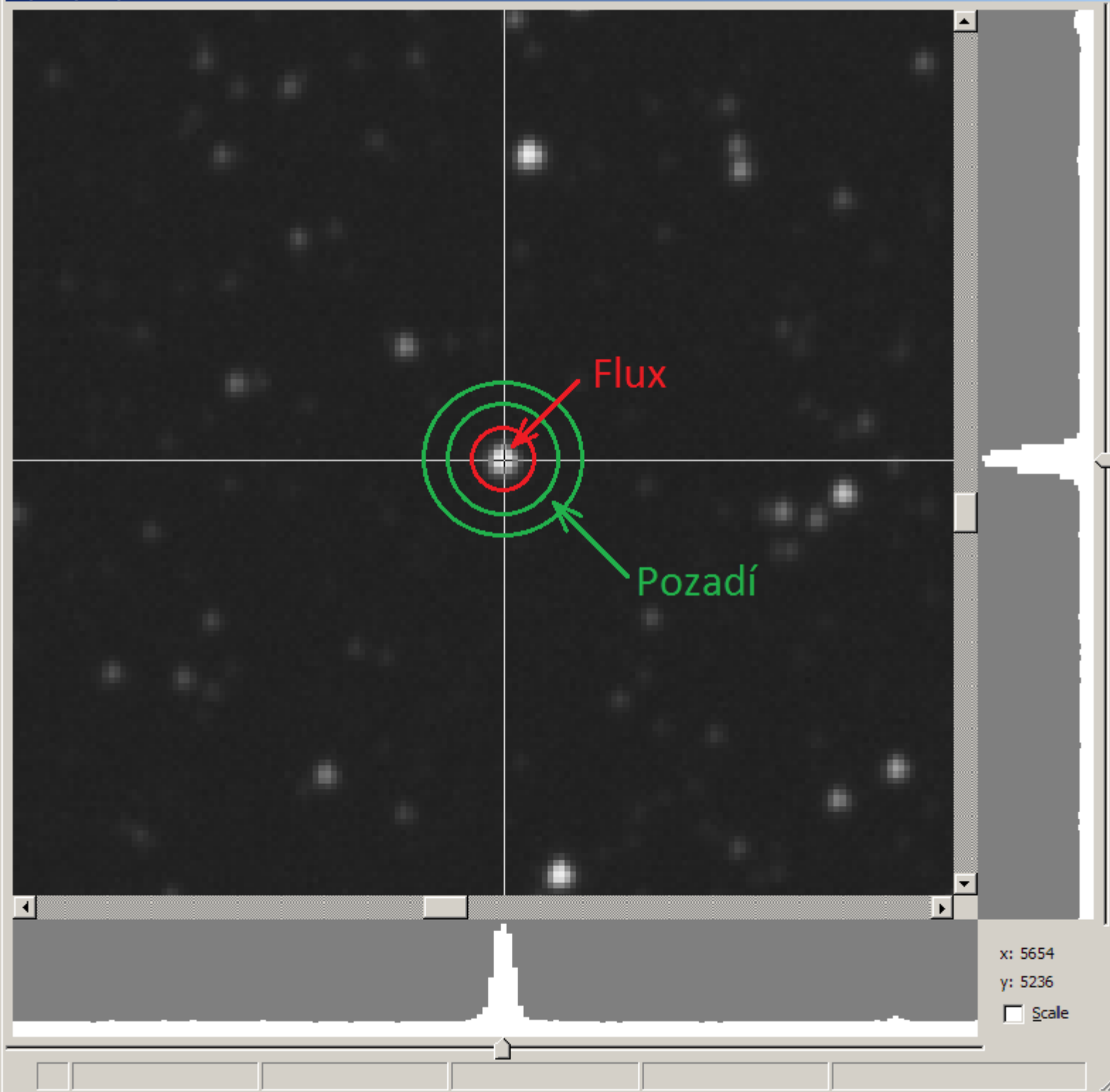
# Sloan u g r i z filtry



# Aperturní fotometrie

- Jas hvězdy (flux) je spočítán jako součet hodnot všech pixelů v kružnici o zadaném poloměru (apertuře).
- Příspěvek každého pixelu je počítán jako rozdíl mezi hodnotou pixelu a hodnotou pozadí.
- Pozadí je určeno jako průměrná hodnota jasu oblohy spočítaná v mezikružích obklopující měřenou hvězdu.
- Je zřejmé, že správné určení apertur hraje velkou roli při měření.





# Role apertur

- Je zřejmé, že správné určení apertur hraje velkou roli při měření.
  - Příliš malá apertura nezahrnuje veškerý jas hvězdy.
  - Příliš velká apertura zahrne hodně pixelů nepatřících hvězdě a zhoršuje tak poměr signál/šum.
- Někdy se podobným problémům nelze vyhnout.
  - Hvězda během měření mění FWHM, např. soustava se rozostřuje, mění se atmosférické podmínky (zhoršuje se seeing apod.).



# Apertura a jas proměnné a srovnávací hvězdy

- Pro nejlepší dosažitelný poměr signál/šum je žádoucí, aby měřená i srovnávací hvězda vyplnily dynamický rozsah kamery.
  - Kamera zpravidla digitalizuje pixely v rozsahu 0..65535 ADU.
  - Pokud byť jediný pixel dosáhne 65535, je saturován a přesnost měření je omezena.
  - Velmi nízké hodnoty (stovky ADU) na druhé straně hodně snižují odstup od šumu pozadí.
- Proměnná i srovnávací hvězda by měly optimálně vyplňovat zvolenou aperturu.



# Zpracování fotometrických měření

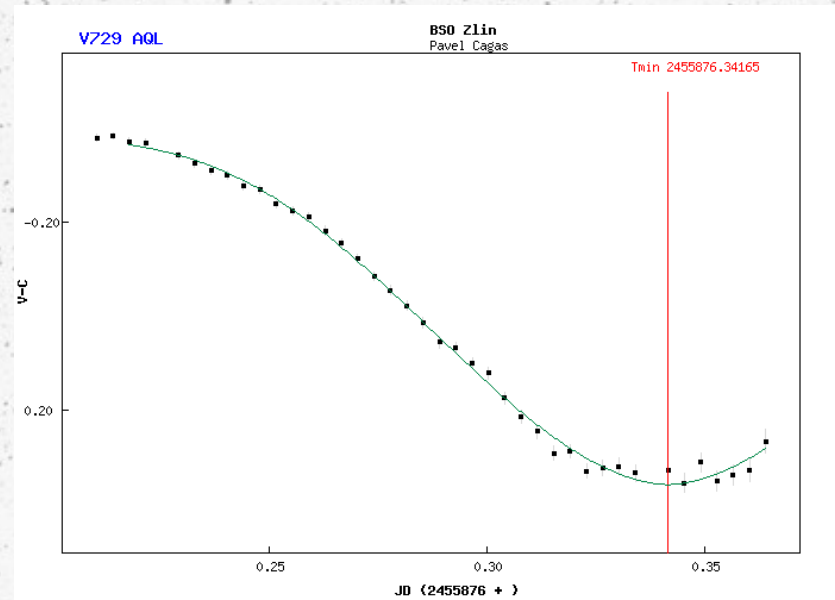
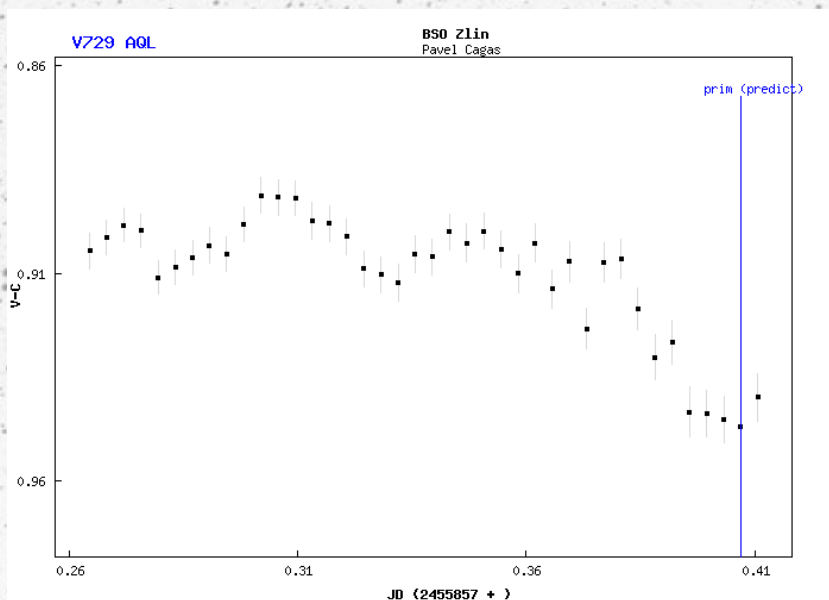
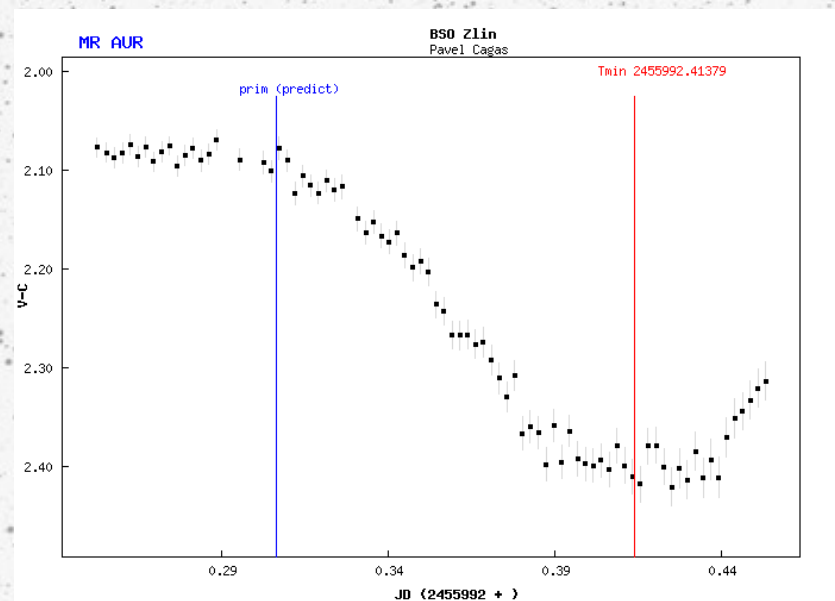
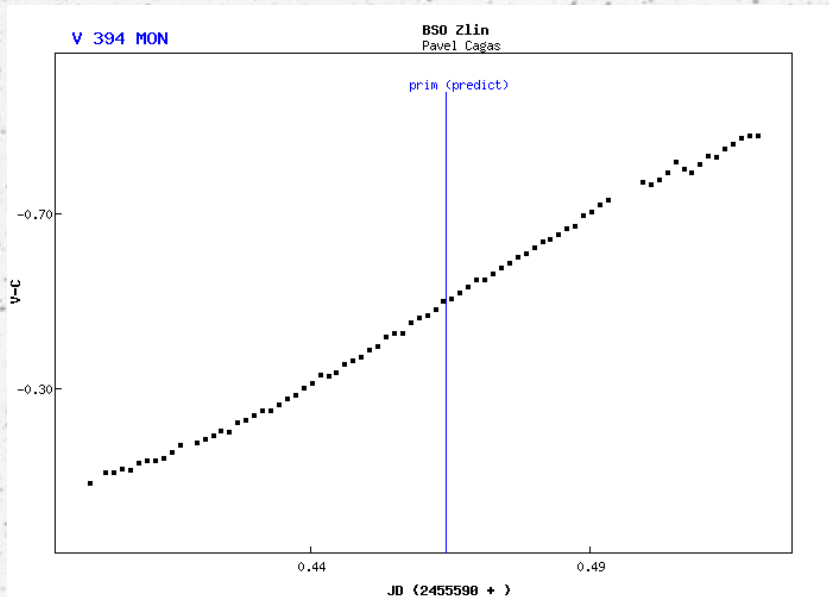
- V naprosté většině případů je fotometrické měření zpracováváno programem C-Munipack (Motl 2004, <http://c-munipack.sourceforge.net/>).
  - C-Munipack vychází z programu DAOPHOT (Stetson 1987).
- Organizací pozorování se zabývá Sekce proměnných hvězd a exoplanet České astronomické společnosti.
  - Na www portálu sekce <http://var.astro.cz/> je k dispozici řada dalších nástrojů.



# Výsledky fotometrických měření

- Zpřesňování informací u proměnných hvězdách (zpřesnění period).
  - U ne dokonale poznáných hvězd (což je naprostá většina katalogizovaných proměnných hvězd) je nutné zpřesnit periody, případně objevit dlouhodobé změny v periodě ukazující např. Na přítomnost dalšího tělesa apod.
  - Naprostá většina proměnných hvězd dosažitelných amatéry ale dosud nebyla objevena.
  - Amatér tak má možnost přispět výzkumu a rozšíření našich znalostí vesmíru.

# Jak dobře známé jsou známé proměnné hvězdy?





# Objevy nových proměnných hvězd

- Příklady polí v Mléčné dráze:
  - Pole V1134 Her
    - 56 proměnných hvězd
    - Z toho 7 známých
  - Pole V729 Aql
    - 50 proměnných hvězd
    - Z toho 2 známé
  - Pole MR Aur (2 pole s 50% překryvem)
    - 75 proměnných hvězd
    - Z toho 3 známé
- V katalogu CzeV je už téměř 600 hvězd.

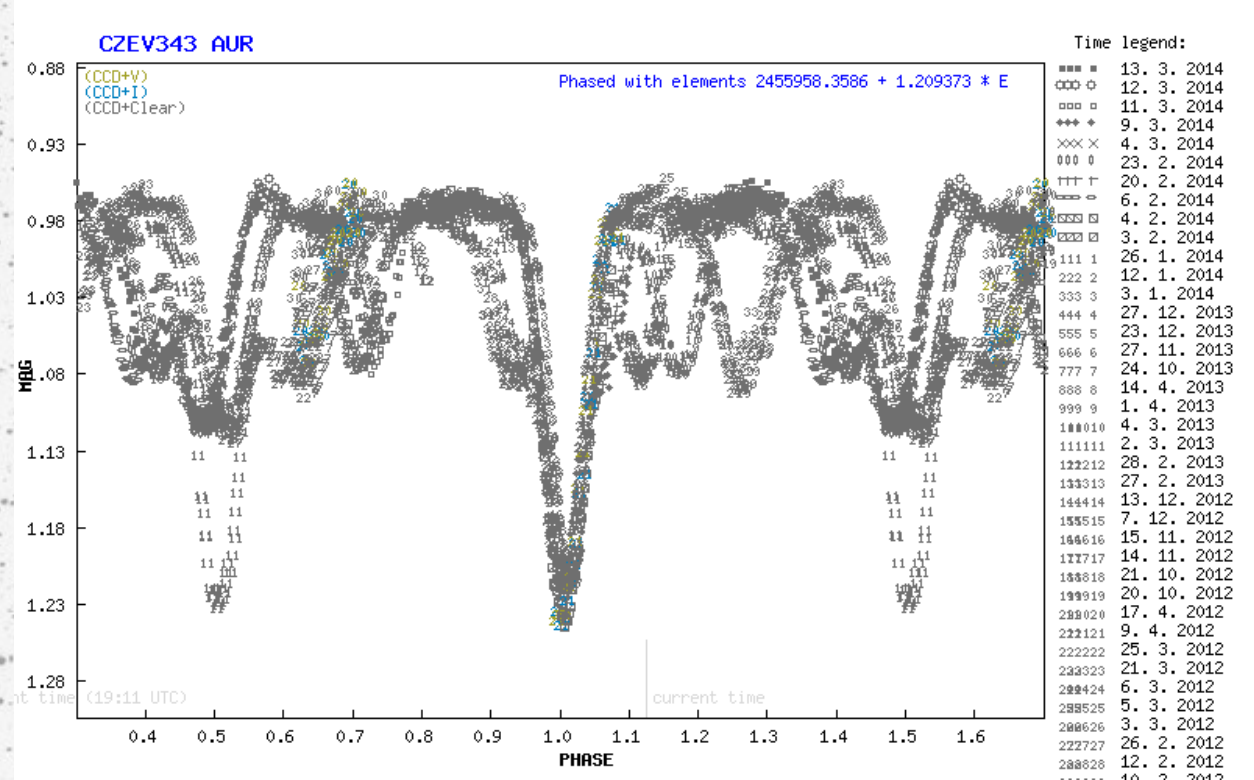


# CzeV343

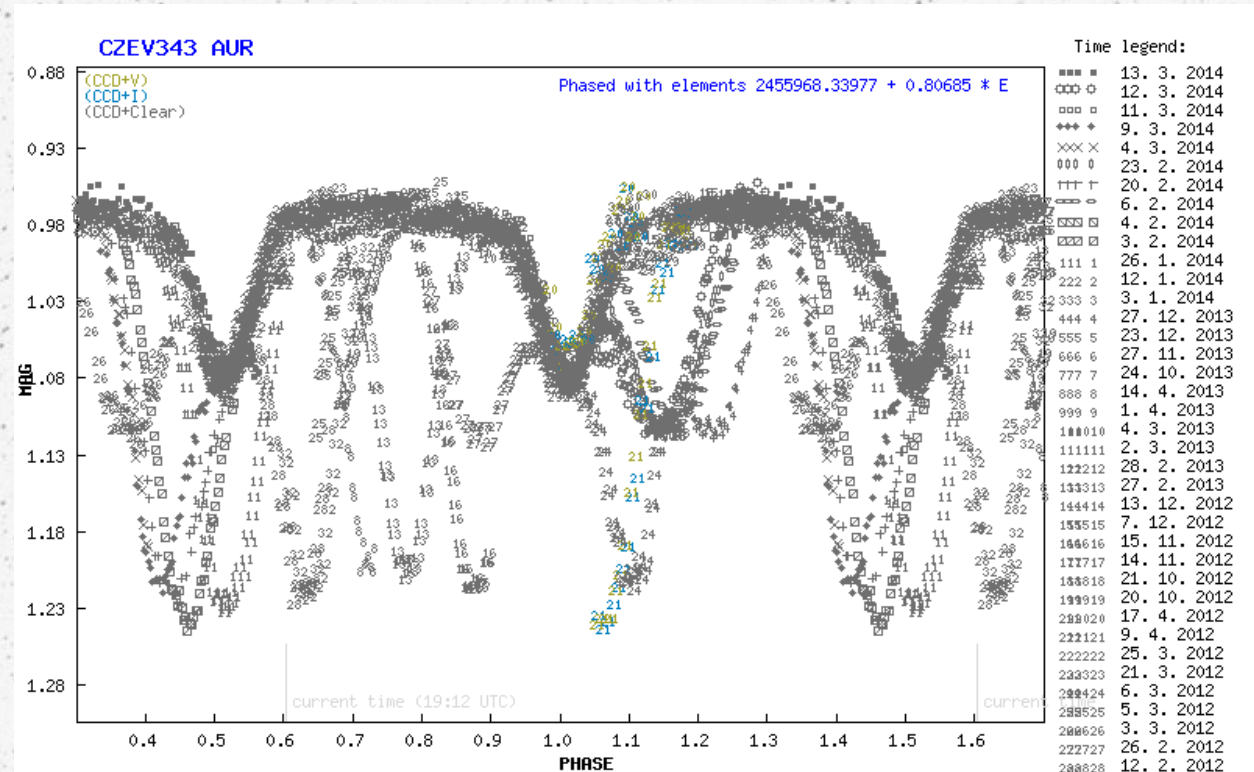
- V době objevu teprve 4. známý hierarchický systém dvojhvězda + dvojhvězda, u nichž obě dvojhvězdy vykazují pozorovatelné zákryty:
  - BV Dra a BW Dra
  - V994 Her
  - KIC 4247791
- $P_A = 1.209373$  dne,  $P_B = 0.806931$  dne
$$1 - 2P_A / 3P_B = (8,5 \pm 0,2) \times 10^{-4}$$
- CzeV343 je nejpřesněji synchronizovaná známá soustava



# CzeV343A



# CzeV343B



LETTER TO THE EDITOR

## Discovery of a double eclipsing binary with periods near a 3:2 ratio<sup>★</sup>

P. Cagaš<sup>1</sup> and O. Pejcha<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Modrá 587, 760 01 Zlín, Czech Republic  
e-mail: [pavel.cagas@gmail.com](mailto:pavel.cagas@gmail.com)

<sup>2</sup> Department of Astronomy, The Ohio State University, 140 W 18th Avenue, Columbus, OH 43210, USA  
e-mail: [pejcha@astronomy.ohio-state.edu](mailto:pejcha@astronomy.ohio-state.edu)

Received 13 June 2012 / Accepted 15 June 2012

### ABSTRACT

The evolution of multiple stellar systems can be driven by Kozai cycles and tidal friction (KCTF), which shrink the orbit of the inner binary. There is an interesting possibility that two close binaries on a common long-period orbit experience mutually-induced KCTF. We present the discovery of a possible new quadruple system composed of two unresolved eclipsing binaries (EBs), CzeV343 ( $V \sim 13.5$  mag). We obtained photometric observations of CzeV343 that completely cover the two orbital periods and we successfully model the light curves as the sum of two detached EBs. We provide confidence intervals for the model parameters and minima timings by bootstrap resampling of our data. One of the EBs shows a distinctly eccentric orbit with a total eccentricity of about 0.18. The two orbital periods, 1.20937 and 0.80693 days, are within 0.1% of a 3:2 ratio. We speculate that this might be the result of KCTF-driven evolution of a quadruple system and we discuss this hypothesis in the context of other quadruple systems composed of two EBs. We make our double EB fitting code publicly available to provide a tool for long-term monitoring of the mutual orbit in such systems.

**Key words.** binaries: close – binaries: eclipsing

### 1. Introduction

The stability of multiple stellar systems requires that the stars are hierarchically organized (e.g. Eggleton & Kiseleva 1995; Sterzik & Durisen 1998) with an inner binary orbited by one or more outer bodies, although our knowledge of the formation and evolution of these systems is still limited. In the case of hierarchical triple systems, the presence of an outer body can drive the evo-

(e.g. Mayer 1990; Borkovits & Hegedüs 1996; Gies et al. 2012) or by combination of both (e.g. Ribas et al. 2002; Zaslavsky & Wolf 2007). Furthermore, the properties of the inner binary (such as the apparent inclination) can change due to the perturbations from the outer body, potentially leading even to a cessation of the eclipses (e.g. Eggleton & Kiseleva-Eggleton 2001; Zaslavsky & Paschke 2012). In all cases, an often heterogeneous set of



## Unique sextuple system: 65 Ursae Majoris<sup>★</sup>

P. Zasche<sup>1</sup>, R. Uhlář<sup>2</sup>, M. Šlechta<sup>3</sup>, M. Wolf<sup>1</sup>, P. Harmanec<sup>1</sup>, J. A. Nemravová<sup>1</sup>, and D. Korčáková<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Astronomical Institute, Faculty of Mathematics and Physics, Charles University Prague, 180 00 Praha 8, V Holešovičkách 2, Czech Republic

e-mail: [zasche@sirrah.troja.mff.cuni.cz](mailto:zasche@sirrah.troja.mff.cuni.cz)

<sup>2</sup> Private Observatory, Pohoří 71, 25401 Jílové u Prahy, Czech Republic

<sup>3</sup> Astronomical Institute, Academy of Sciences, Fričova 298, 251 65 Ondřejov, Czech Republic

Received 29 February 2012 / Accepted 28 March 2012

### ABSTRACT

**Context.** The study of stellar multiple systems provides us with important information about the stellar formation processes and can help us to estimate the multiplicity fraction in the Galaxy. 65 UMa belongs to a rather small group of stellar systems of higher multiplicity, whose inner and outer orbits are well-known. This allows us to study the long-term stability and evolution of the orbits in these systems.

**Aims.** We obtained new photometric and spectroscopic data that when combined with interferometric data enables us to analyze the system 65 UMa and determine its basic physical properties.

**Methods.** We perform a combined analysis of the light and radial velocity curves, as well as the period variation by studying the times of the minima and the interferometric orbit. A disentangling technique is used to perform the spectra decomposition. This combined approach allows us to study the long-term period changes in the system for the first time, identifying the period variation due to the motion on the visual orbit, in addition to some short-term modulation.

**Results.** We find that the system contains one more component, hence we treat it as a sextuple hierarchical system. The most inner pair of components consists of an eclipsing binary orbiting around a barycenter on a circular orbit, both components being almost identical of spectral type about A7. This pair orbits on an eccentric orbit around a barycenter, and the third component orbits with a period of about 640 days. This motion is reflected in the period variation in the minima times of the eclipsing pair, as well as in the radial velocities of the primary, secondary, and tertiary components. Moreover, this system orbits around a barycenter with the distant component resolved interferometrically, whose period is of about 118 years. Two more distant components (4'' and 63'') are also probably gravitationally bound to the system. The nodal period of the eclipsing-pair orbit is on the order of only a few centuries, which makes this system even more interesting for a future prospective detection of changing the depths of minima.

**Conclusions.** We identify a unique solution of the system 65 UMa, decomposing the individual components and even shifting the system to higher multiplicity. The study of this kind of multiple can help us to understand the origin of stellar systems. Besides 65 UMa, only another 11 sextuple systems have been studied.

LETTER TO THE EDITOR

## HS Hydrae about to turn off its eclipses

P. Zasche<sup>1</sup> and A. Paschke<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Astronomical Institute, Faculty of Mathematics and Physics, Charles University Prague, 18000 Praha 8, V Holešovičkách 2, Czech Republic

e-mail: [zasche@irrah.troja.mff.cuni.cz](mailto:zasche@irrah.troja.mff.cuni.cz)

<sup>2</sup> Weierstr 30, 8630 Rueti, Switzerland

Received 12 April 2012 / Accepted 30 April 2012

### ABSTRACT

**Aims.** We aim to perform the first long-term analysis of the system HS Hya.

**Methods.** We performed an analysis of the long-term evolution of the light curves of the detached eclipsing system HS Hya. Collecting all available photometric data since its discovery, the light curves were analyzed with a special focus on the evolution of system's inclination.

**Results.** We find that the system undergoes a rapid change of inclination. Since its discovery until today the system's inclination changed by more than 15°. The shape of the light curve changes, and now the eclipses are almost undetectable. The third distant component of the system is causing the precession of the close orbit, and the nodal period is about 631 yr.

**Conclusions.** New precise observations are desperately needed, preferably this year, because the amplitude of variations is decreasing rapidly every year. We know only 10 such systems on the whole sky at present.

**Key words.** binaries: eclipsing – stars: individual: HS Hydrae – stars: fundamental parameters – stars: solar-type

### 1. Introduction

Eclipsing binaries are astronomical objects of high importance, especially owing to the possibility of deriving the basic physical properties of these stars with high precision. This is mostly because one can easily calculate the individual masses, semimajor axis, etc. if one knows the inclination of the system and the radial velocity curves. However, in some systems the plane of the

used the RV results from [Popper \(1971\)](#) and their inclination of about 85.3°, which yielded a reliable picture of the system.

However, [Torres et al. \(1997\)](#) published a new finding about HS Hya. The analysis was based on older data from photometry, RVs by [Popper](#), but also Torres and coworker's own new RV data, revealing that one more distant component is orbiting around the eclipsing pair. The period of this body is about 190 days, and it is probably of the spectral type M0. Its light





# Ole Rømer’s method still on the stage: the study of two bound eclipsing binaries in quintuple system V994 Her

P. Zasche<sup>1</sup>★ and R. Uhlíř<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Astronomical Institute, Faculty of Mathematics and Physics, Charles University Prague, V Holešovičkách 2, CZ-180 00 Praha 8, Czech Republic*

<sup>2</sup>*Private Observatory, Pohoří 71, CZ-254 01 Jílové u Prahy, Czech Republic*

Accepted 2012 December 12. Received 2012 December 11; in original form 2012 October 1

## ABSTRACT

More than three hundred years ago, Ole Rømer measured the speed of light purely by observing the periodic shift of the observed eclipse arrival times of Jupiter’s moons arising from the varying Earth–Jupiter distance. The same method of measuring the periodic modulation of delays is still used in astrophysics. The ideal laboratories for this effect are eclipsing binaries. The unique system V994 Her consists of two eclipsing binaries orbiting each other. However, until now it was not certain whether these were gravitationally bound and what their orbital period was. We show that the system is in fact quintuple and the two eclipsing binaries are orbiting each other with a period of about 6.3 yr. This analysis was performed only through studying the periodic modulation of the two periods: during the periastron passage one binary has an apparently shorter period, while the other one is longer, exactly as required by theory. Additionally, it was found that both inner eclipsing pairs orbit with slightly eccentric orbits, undergoing slow apsidal motion with a period of the order of centuries.

**Key words:** binaries: eclipsing – binaries: visual – stars: fundamental parameters – stars: individual: V994 Her.

## 1 INTRODUCTION

Eclipsing binaries are ideal astrophysical laboratories, and even after more than a century of intensive photometric and spectroscopic monitoring, they still represent the best method by which to determine the masses, radii and luminosities of stars. Thanks to modern

## 2 THE SYSTEM V994 HER

When dealing with eclipsing binaries, we have a few advantages. First of all, there are currently thousands of eclipsing binaries known. Moreover, the time baseline of observations for some eclipsing binaries is more than a century long. Importantly, the observa-

[IBVS](#) - [KONKOLY OBSERVATORY, BUDAPEST, HUNGARY](#) - [ABOUT THIS DOCUMENT](#) - [ToC ENTRY](#) - [META-  
INFORMATION](#) - THIS ISSUE IN [\[PS\]](#) [\[PDF\]](#) FORMAT

COMMISSIONS 27 AND 42 OF THE IAU  
INFORMATION BULLETIN ON VARIABLE STARS  
Number 6068

Konkoly Observatory  
Budapest  
14 August 2013  
HU ISSN 1587 - 2440 (on-line)

## CzeV283 and CzeV397 - new RR Lyrae stars showing Blazhko effect

Skarka, M.<sup>1</sup>; Cagas, P.<sup>2</sup>

(1) *Department of Theoretical Physics and Astrophysics, Faculty of Science, Masaryk University, Kotlářská 2, Brno, Czech Republic, e-mail: maska @ physics . muni . cz*

(2) *B SObservatory, Modrá 587, 760 01, Zlín, Czech Republic, e-mail: pavel . cagas @ gmail . com*

*SIMBAD object(s):* [USNO-A2.0 0975-17144916](#) [USNO-A2.0 0975-11853460](#)

*Type(s):* RRab

*Keyword(s):* photometry

We present discovery of the Blazhko effect in two fundamental mode RR Lyrae variables CzeV283=USNO-A2.0 0975-17144916 (J2000 {alpha}=19<sup>h</sup>55<sup>m</sup>38<sup>s</sup>.1, {delta}=+13°43'22.4", Aql) and CzeV397=USNO-A2.0 0975-11853460 (J2000 {alpha}=18<sup>h</sup>29<sup>m</sup>43<sup>s</sup>.3, {delta}=+12°06'39".2", Her), whose variabilities were unveiled recently (in 2011 and 2012) in the framework of private project dealing with searching for new variables in randomly chosen fields around known variables. This observation program resulted in discovery of more than a hundred new variable stars (see <http://www.bsobservatory.org/results.html>) among which some interesting cases occurred - e.g. a quadruple eclipsing binary system CzeV343 in Auriga constellation (Cagas & Pejcha 2012).



**[IBVS](#) - [KONKOLY OBSERVATORY, BUDAPEST, HUNGARY](#) - [ABOUT THIS DOCUMENT](#) - [ToC ENTRY](#) - [META-INFORMATION](#) - THIS ISSUE IN [\[PS\]](#) [\[PDF\]](#) FORMAT**

COMMISSIONS 27 AND 42 OF THE IAU  
INFORMATION BULLETIN ON VARIABLE STARS  
Number 6097

Konkoly Observatory  
Budapest  
11 March 2014  
*HU ISSN 1587 - 2440 (on-line)*

# Discovery of an SU UMa-type eclipsing cataclysmic variable star inside the CV ``period gap''

Cagas, Pavel; Cagas, Petr

*B SObservatory, Modrá 587, 760 01 Zlín, Czech Republic*  
*e-mail: [pavel.cagas@bsobservatory.org](mailto:pavel.cagas@bsobservatory.org), [p.cagas@gmail.com](mailto:p.cagas@gmail.com)*

*SIMBAD object(s):* [USNO-A2.0 0975-11872373](#) = [3UCAC 206-168738](#)

*Type(s):* CV

*Keyword(s):* cataclysmic variables, period gap, period excess

*Abstract:* We report the discovery of CzeV404 - eclipsing SU UMa-type cataclysmic variable star with an orbital period inside the period gap. Using photometric observations taken during 15 nights from June to September 2012 and 8 nights from July to August 2013 we determined an orbital period of 2.35 hours and superhump period of 2.50 hours. From the observed period excess, the estimated mass ratio of the system is  $q = 0.30$ .

## Introduction

SU UMa-type cataclysmic variable (CV) stars consists of close pair of a white dwarf (primary) and a main sequence (secondary) star. The secondary star fills its Roche-lobe, which causes a mass transfer to the primary star, creating an accretion disc (provided the magnetic field of the primary star is not strong enough to prohibit building up of the accretion disc). A hot spot is formed on the accretion disc, where the stream of mass from the secondary star intersects the disc's outer edge. Thermal instability in the accretion disc causes semi-periodic brightenings (outbursts).

# Závěr

- Systematické pozorování a pečlivé zpracování vede ke skutečným objevům a vědeckým publikacím.
- Vždy je třeba postupovat maximálně skepticky, střizlivě a čestně zpracovávat veškerá data. Jen tak dokážeme sami odlišit pozorování skutečných astronomických jevů od artefaktů.

Děkuji za pozornost

Otázky?