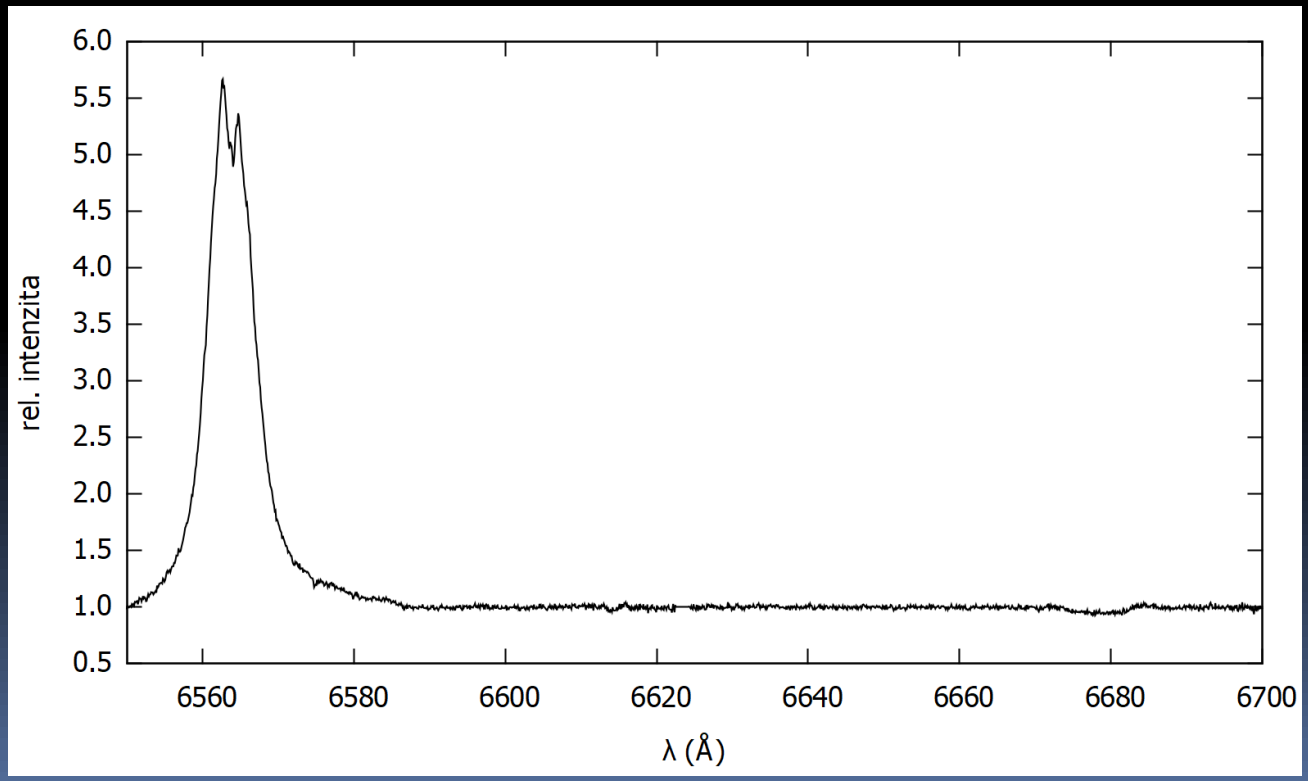
Štúdium spektrálnych a fotometrických zmien jasnosti hviezdy so závojom V960 Tau = 120 Tau

Jana Švrčková

prof. RNDr. Petr Harmanec, DrSc.

Be hviezdy

- hviezdy spektrálneho typu B V až B III
- v spektre sú pozorované emisné čiary Balmerovej série vodíka
- príčinou emisie je obálka z ionizovaného plynu obklopujúca hviezdu
- vidno i čiary He I, menej výrazné sú čiary kovov.



Be hviezdy

- sú premenné vo všetkých časových škálach od minút až po desaťročia
- rýchlo rotujúce hviezdy, neradiálne pulzácie
- zmeny jasnosti a farby, intenzity čiary Hα, radiálnej rýchlosti, pomeru V/R fialovej a červenej časti dvojitej čiary Hα.

O prenose hmoty do plynnej obálky existuje viacero hypotéz

- rotačná nestabilita na rovníku hviezd
- dvojhviezdny model - plynná obálka je akréčnym diskom
- rotácia stláčaného hviezdneho vetra do roviny rovníka hviezdy
- pulzačná hypotéza –vyvrhnutie materiálu z hviezdy, ak sa vo fáze stretne niekoľko módov neradiálnych pulzácií

- každá z nich je v určitých prípadoch problematická.

Be hviezdy

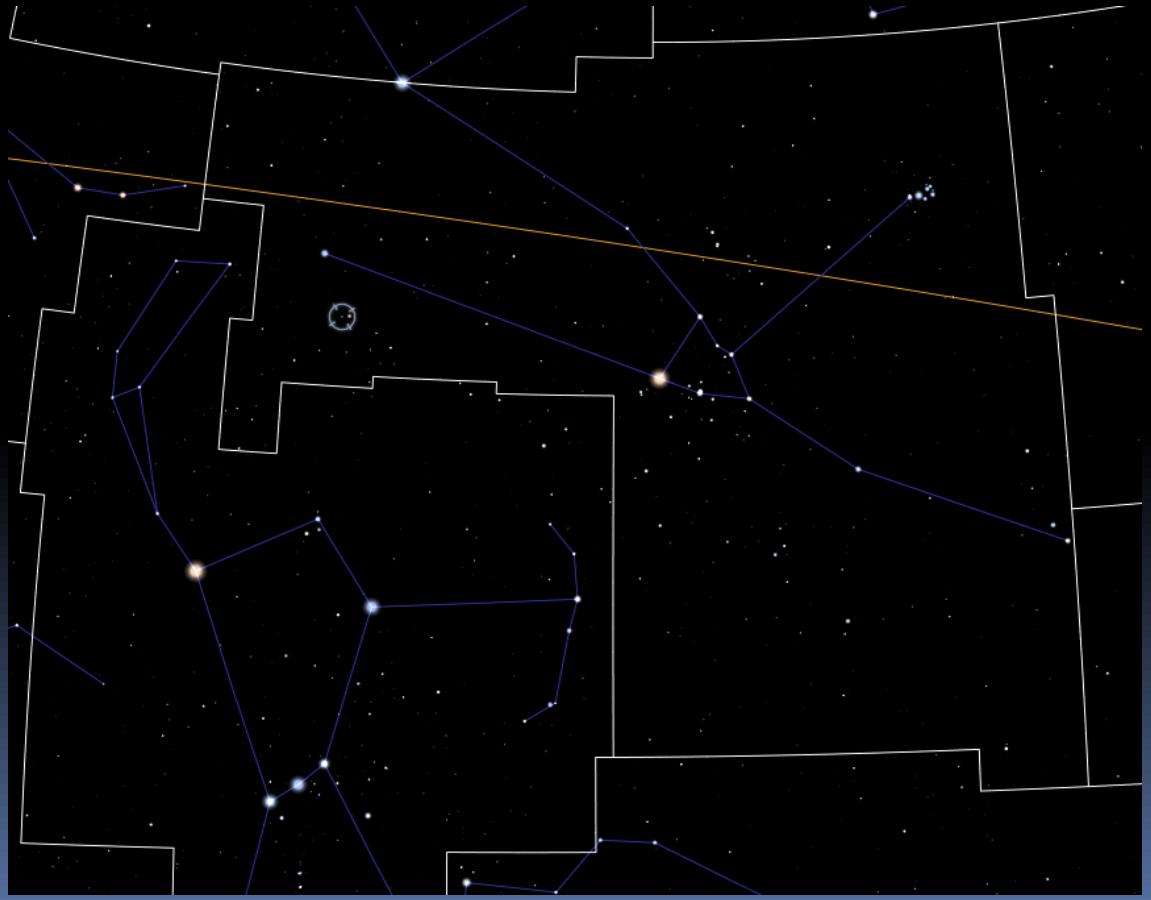
Zmeny jasnosti a farby Be hviezd súvisia so spektrálnymi zmenami

Pozitívna korelácia
- zvýšenie jasnosti zároveň so vznikom obálky a intenzívnejšou emisiou
- pohyb hviezdy od hlavnej postupnosti k nadobrom v U-B vs. B-V diagrame
- pozorovaná zhruba od pólu

Inverzná korelácia
- jasnosť hviezdy klesne počas vzniku obálky
- v U-B vs. B-V diagrame pohyb pozdĺž hlavnej postupnosti
- pozorovaná približne v rovine rovníka

120 Tau

- HD 36576, HIP 26064, HR 1858
- multiperiodická hviezda – multimódové neradiálne pulzácie
- vnútorný polomer obálky: 1,28 $R_{\odot}$
- vonkajší polomer obálky: 3,59 $R_{\odot}$



120 Tau

•niektoré vlastnosti hviezdy:

spektrálny typ	B2 IV-V e	McSwain a kol. (2007)
rektascenzia (J2000,0)	$\alpha = 5^{\mathrm{h}}33^{\mathrm{m}}32^{\mathrm{s}}$	Gaia
deklinácia (J2000,0)	$\delta = 18°32'25''$	Gaia
paralaxa	$p = (2{,}3 \pm 0{,}2)$ mas	Gaia
vzdialenosť	$d = (430 \pm 40)$ pc	Gaia
vlastný pohyb v α	$\mu_\alpha = (1{,}1 \pm 0{,}2)$ mas/yr	Gaia
vlastný pohyb v δ	$\mu_\delta = (-0{,}20 \pm 0{,}18)$ mas/yr	Gaia
efektívna teplota	$T_{\mathrm{eff}} = (28670 \pm 1100)$K	Zorec a kol. (2016)
svietivosť	$\log L/L_\odot = (4{,}544 \pm 0{,}098)$	Zorec a kol. (2016)
sklon rotačnej osi	$i = (57 \pm 14)°$	Zorec a kol. (2016)
premietnutá rotačná rýchlosť	$v \sin i = (282 \pm 29)$ km/s	Zorec a kol. (2016)
gravitačné zrýchlenie na povrchu	$\log g = (3{,}91 \pm 0{,}19)$	Zorec a kol. (2016)
hmotnosť	$M = (15.5 \pm 1.0)\ M_\odot$	Zorec a kol. (2016)

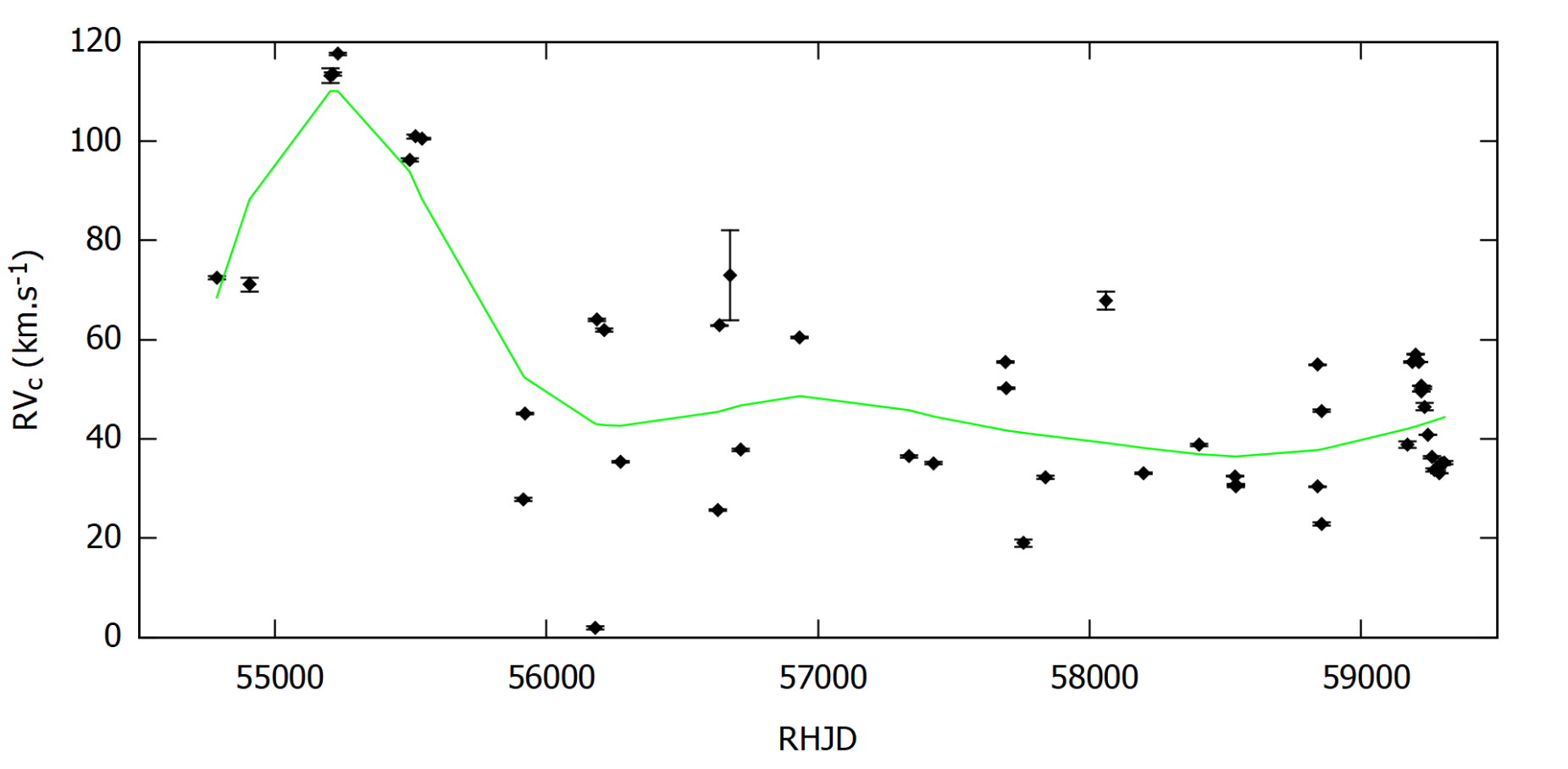
Spektroskopia

pôvod spektrier:

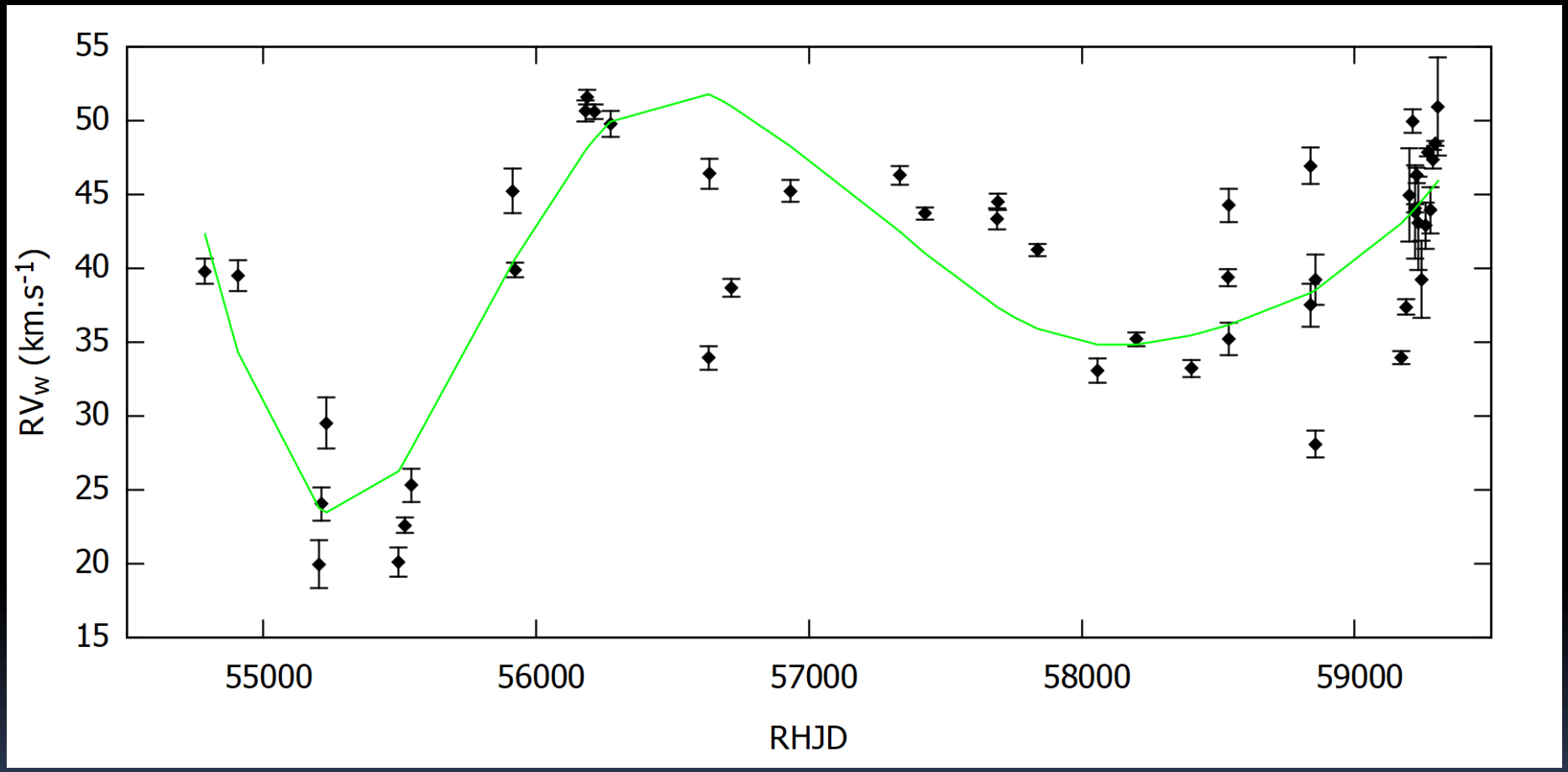
- observatórium v Ondřejove
- Cerro Tololo Inter-American Observatory
- databáza spektier Be hviezd od amatérskych astronómov

- spektrá boli spracované v programe *reSpefo*
- odhad dlhodobého vývoja programom *hec13*, ktorý vyhladí namerané dáta pomocou polynómov 3. stupňa
- hľadanie periód v programe *Period04*, využíva diskrétnu Fourierovu transformáciu

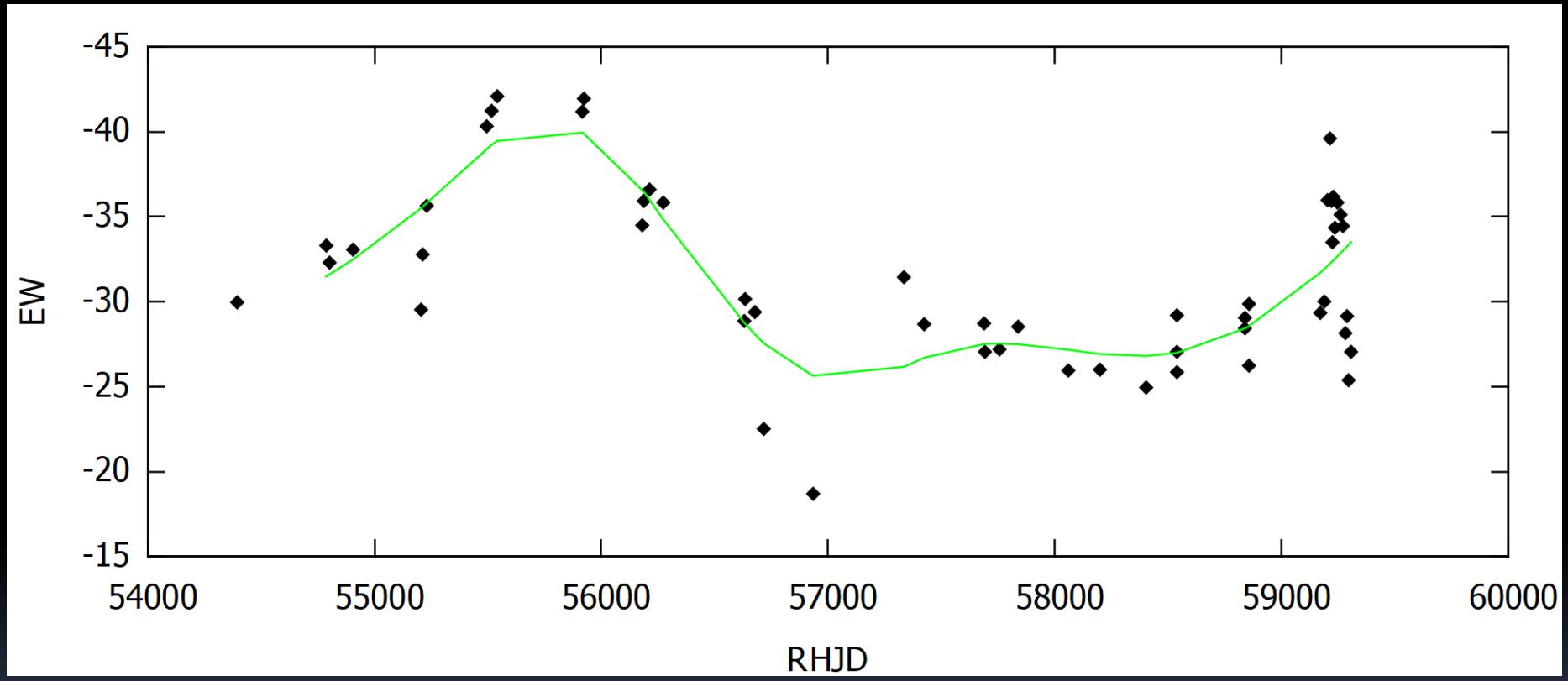
Čiara Hα – radiálna rýchlosť meraná na absorpčnom jadre čiary RV_C



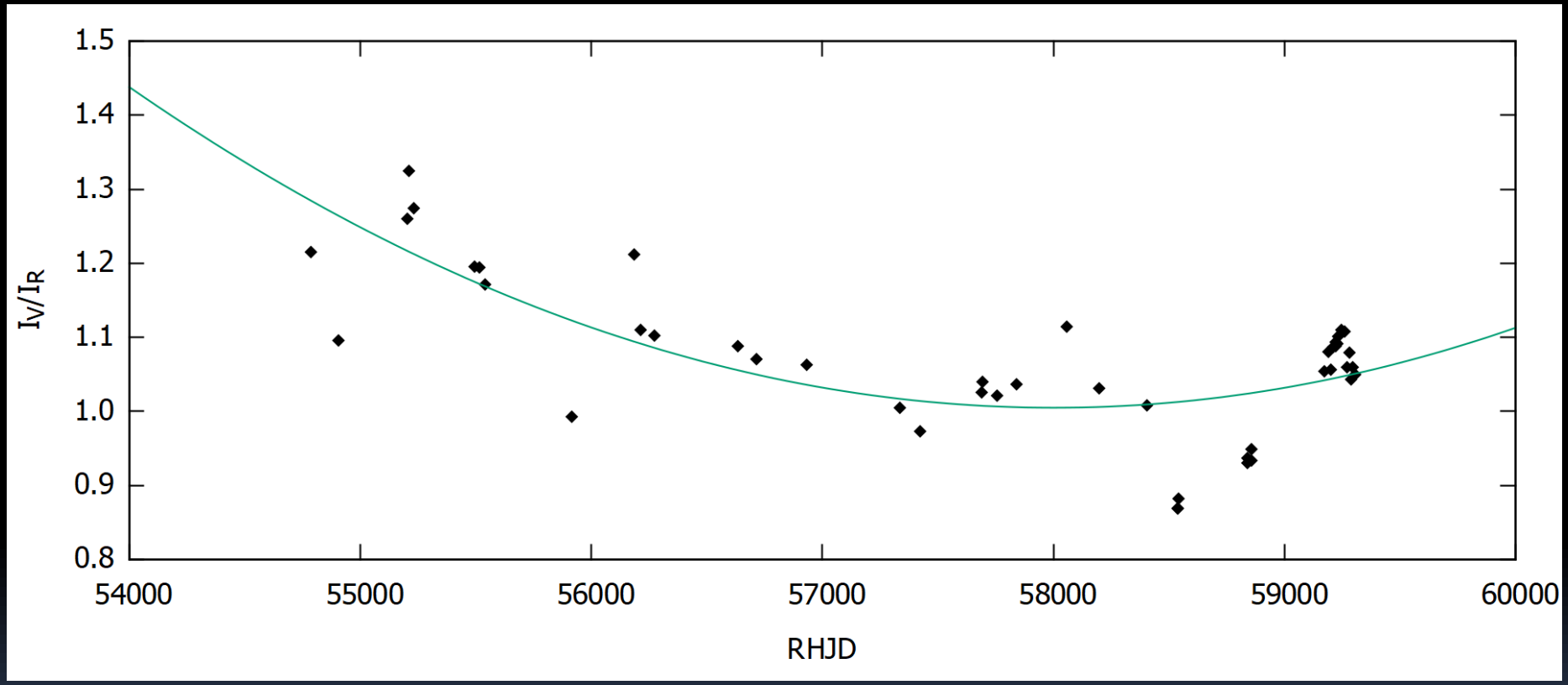
Čiara Hα – radiálna rýchlosť meraná na emisných krídlach čiary RV_w



Čiara Hα – ekvivalentná šírka *EW*



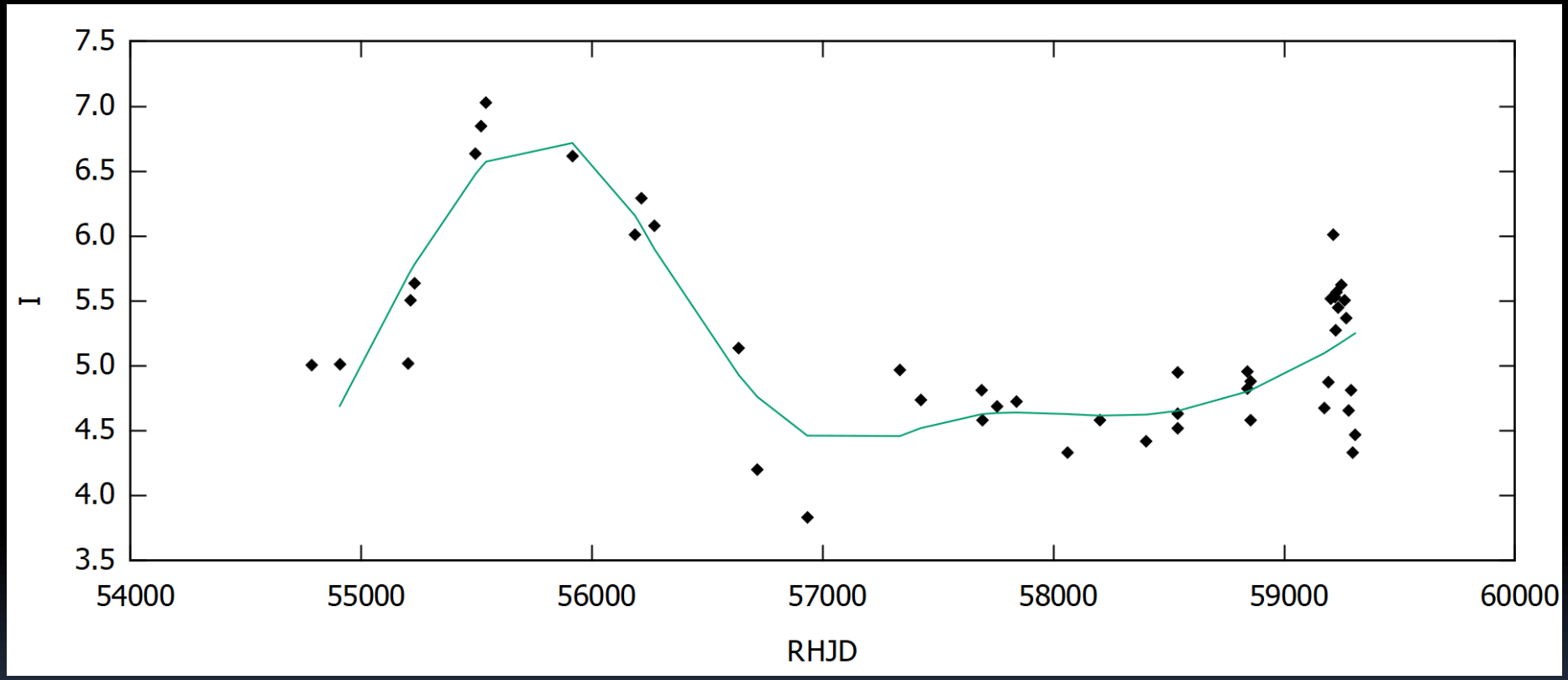
Čiara Hα – pomer intenzít fialového a červeného vrcholu čiary I_V/I_R



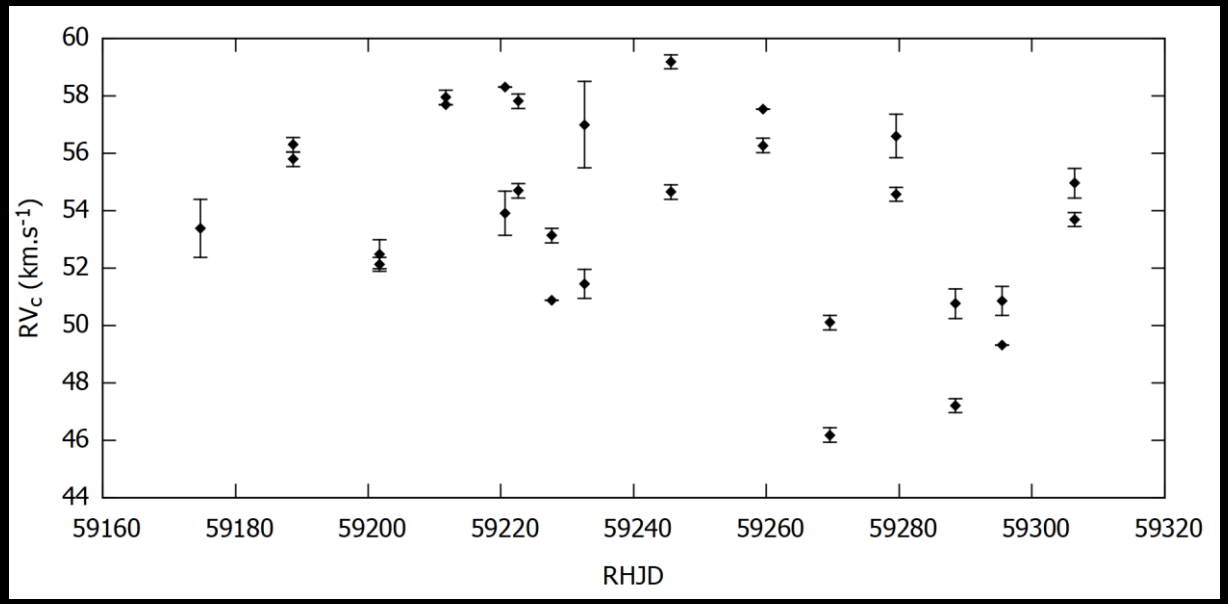
- dlhodobý priemer popísaný kvadratickou závislosťou

Čiara Hα – stredná intenzita čiary

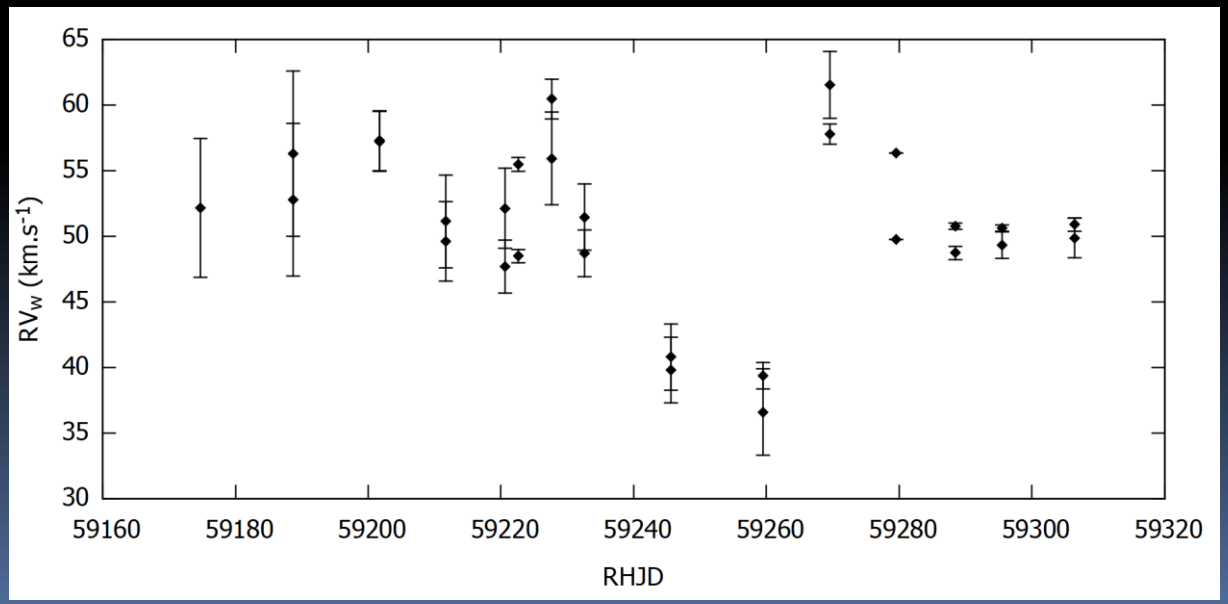
$$I = (I_V + I_R)/2$$



Ďalšie čiary - radiálne rýchlosti

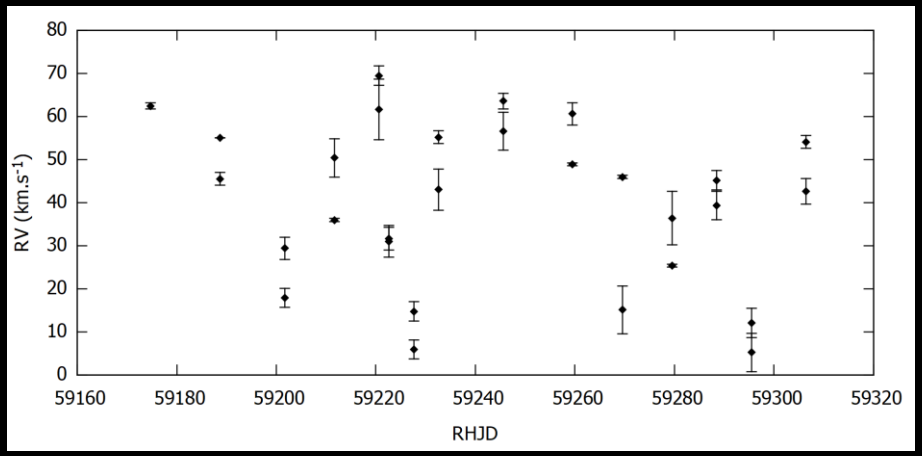


Hβ –RV_C

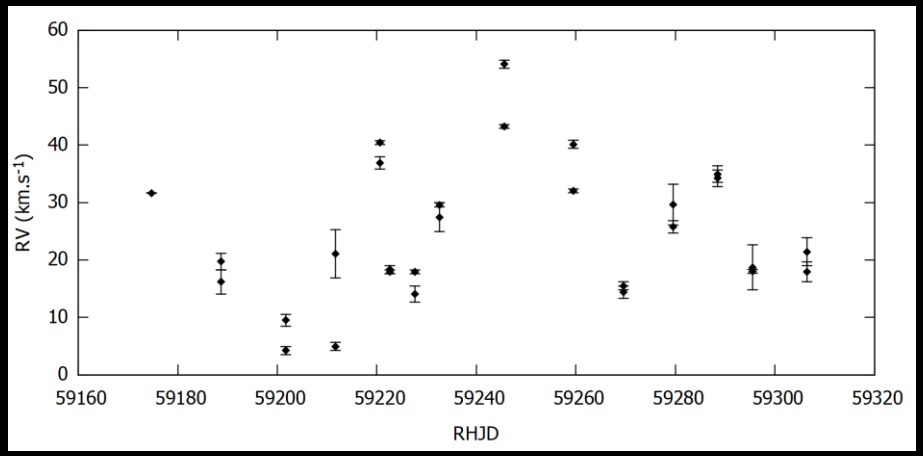


Hβ –RV_w

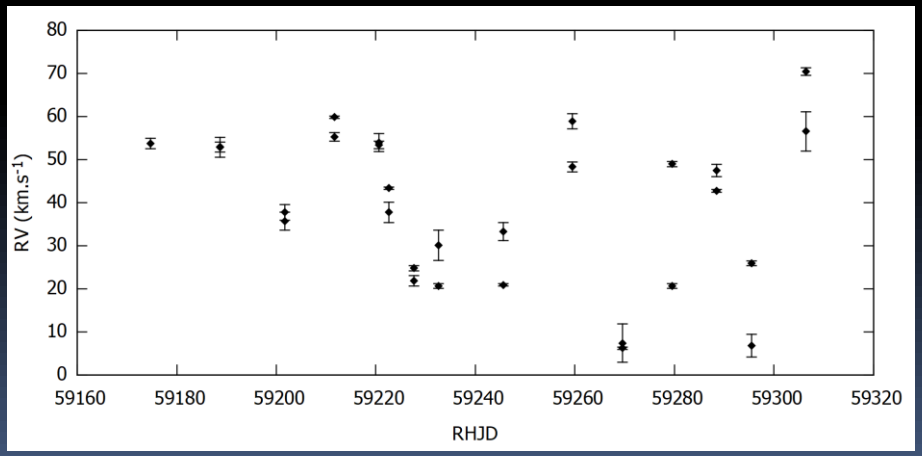
Ďalšie čiary - radiálne rýchlosti



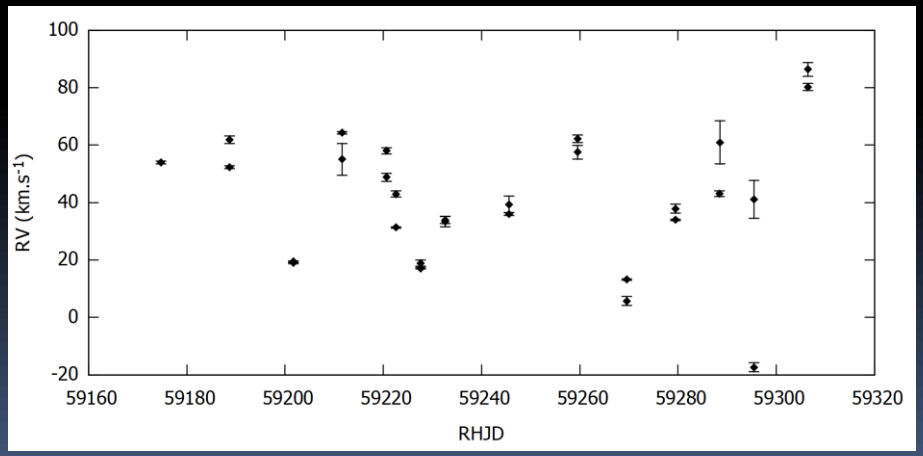
He I – 4713 Å



He I – 4922 Å



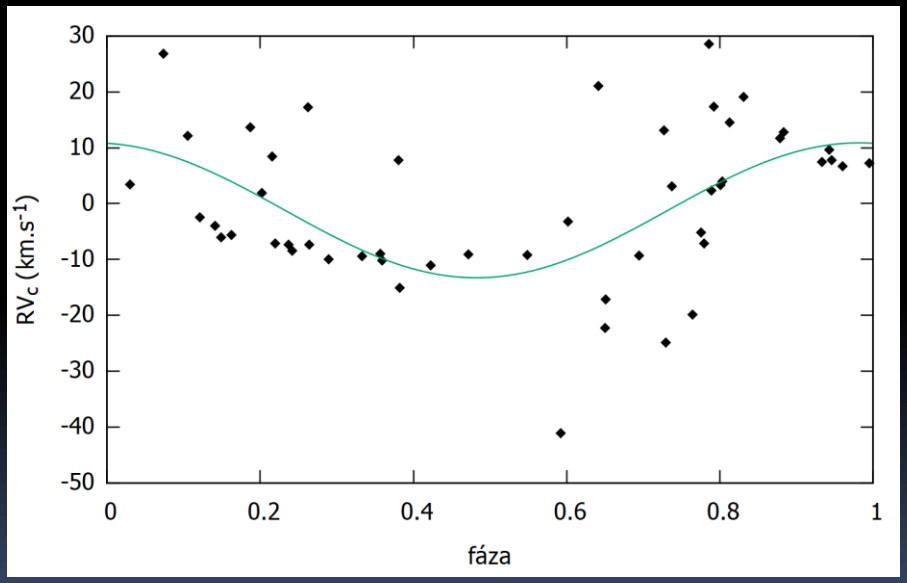
He I – 5876 Å

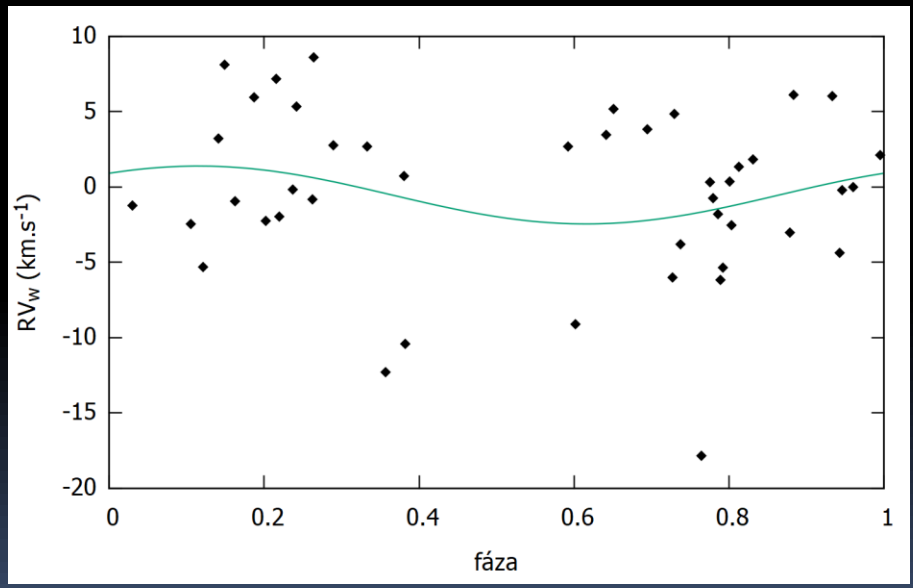


He I – 6678 Å

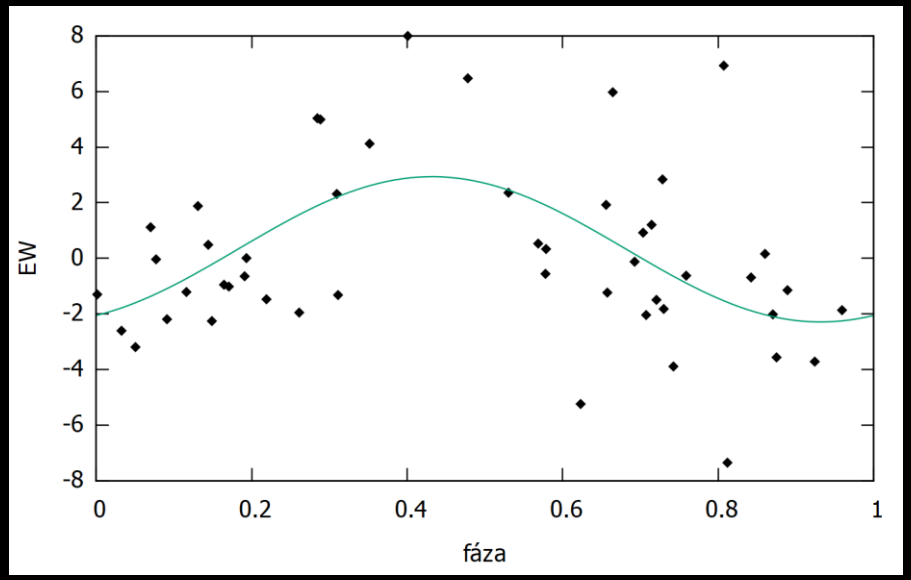
Hľadanie periód

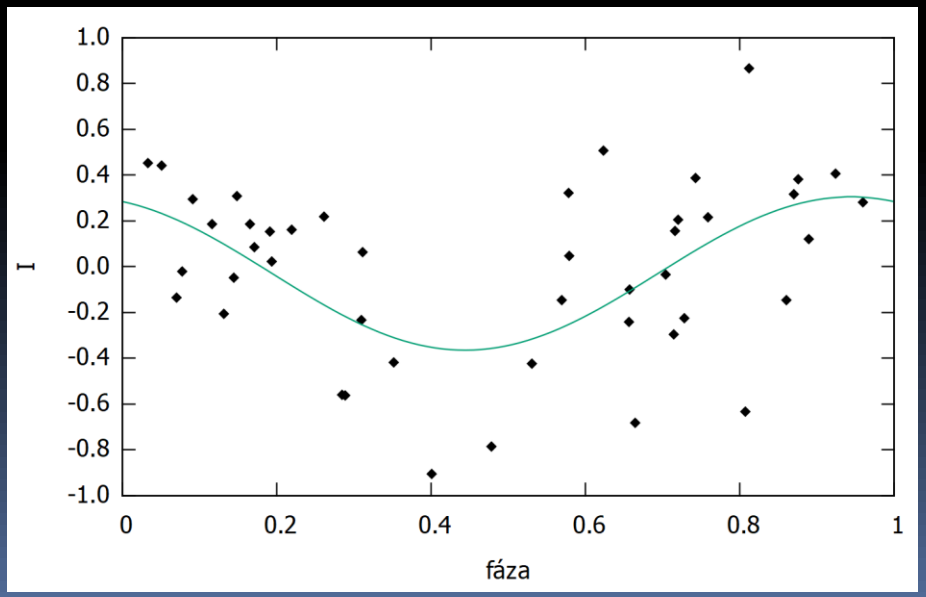
- periódy boli hľadané po odstránení dlhodobého vývoja veličín
- nájdená možná perióda (142,4 ± 0,5) d
- fázové diagramy nie sú pokryté dátami rovnomerne

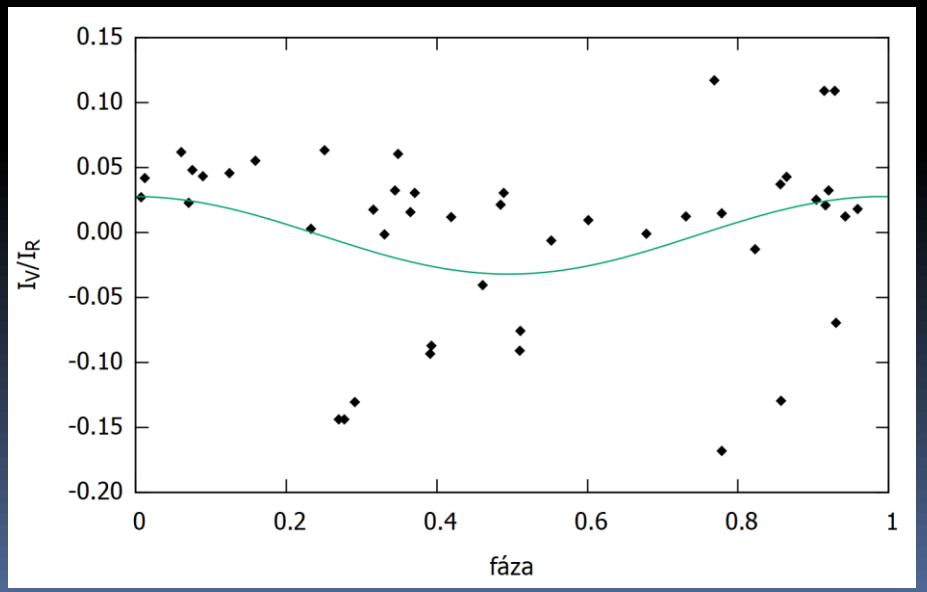




Hľadanie periód







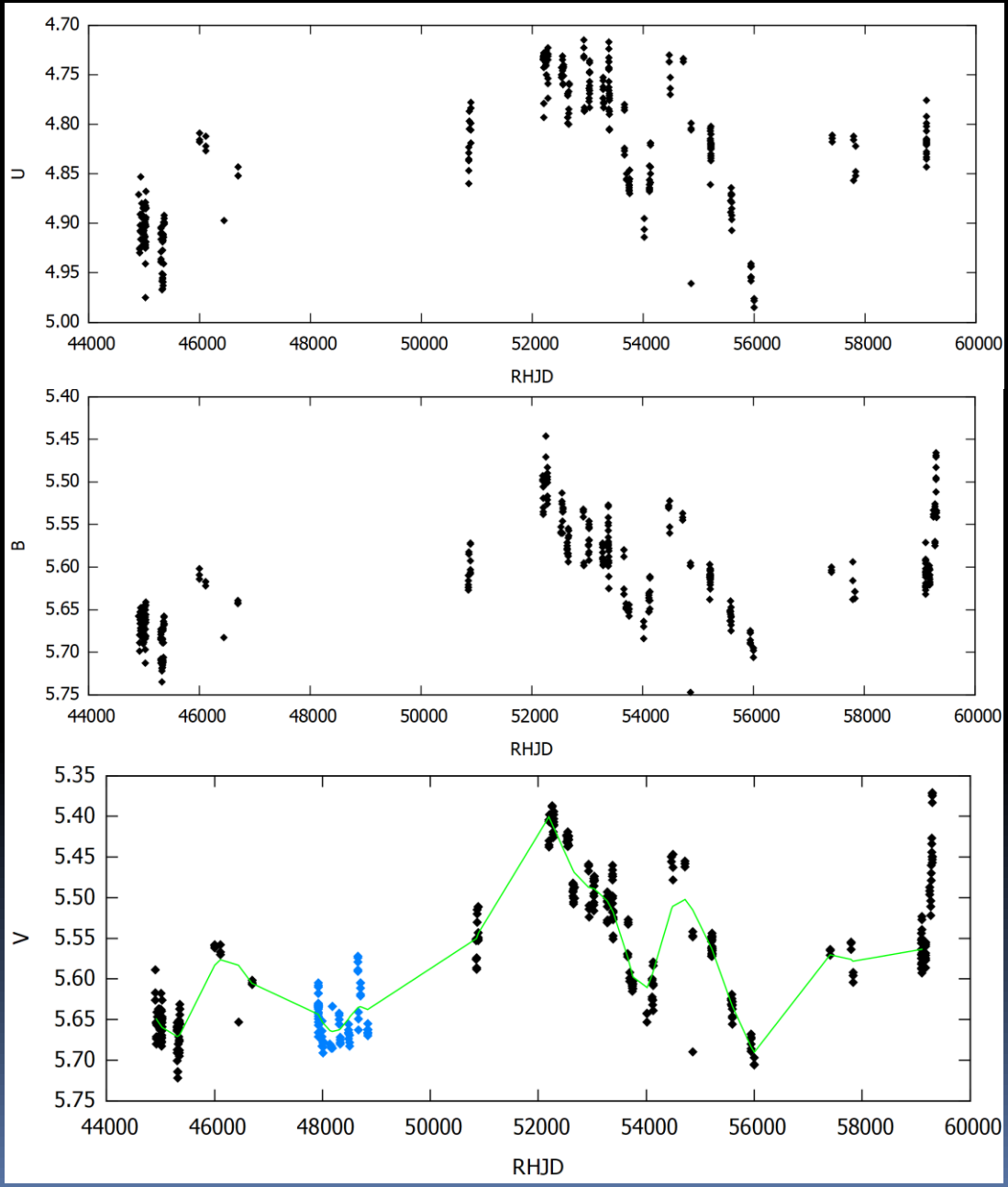
Fotometria

- UBV fotometria z observatória na Hvare
- merania družice Hipparcos prepočítané z filtra H_p do V pomocou vzťahu

$$V = H_p - 0{,}2964(B-V) + 0{,}0050(U-B) + 0{,}1110(B-V)^2 + 0{,}0157(B-V)^3 + 0{,}0072$$

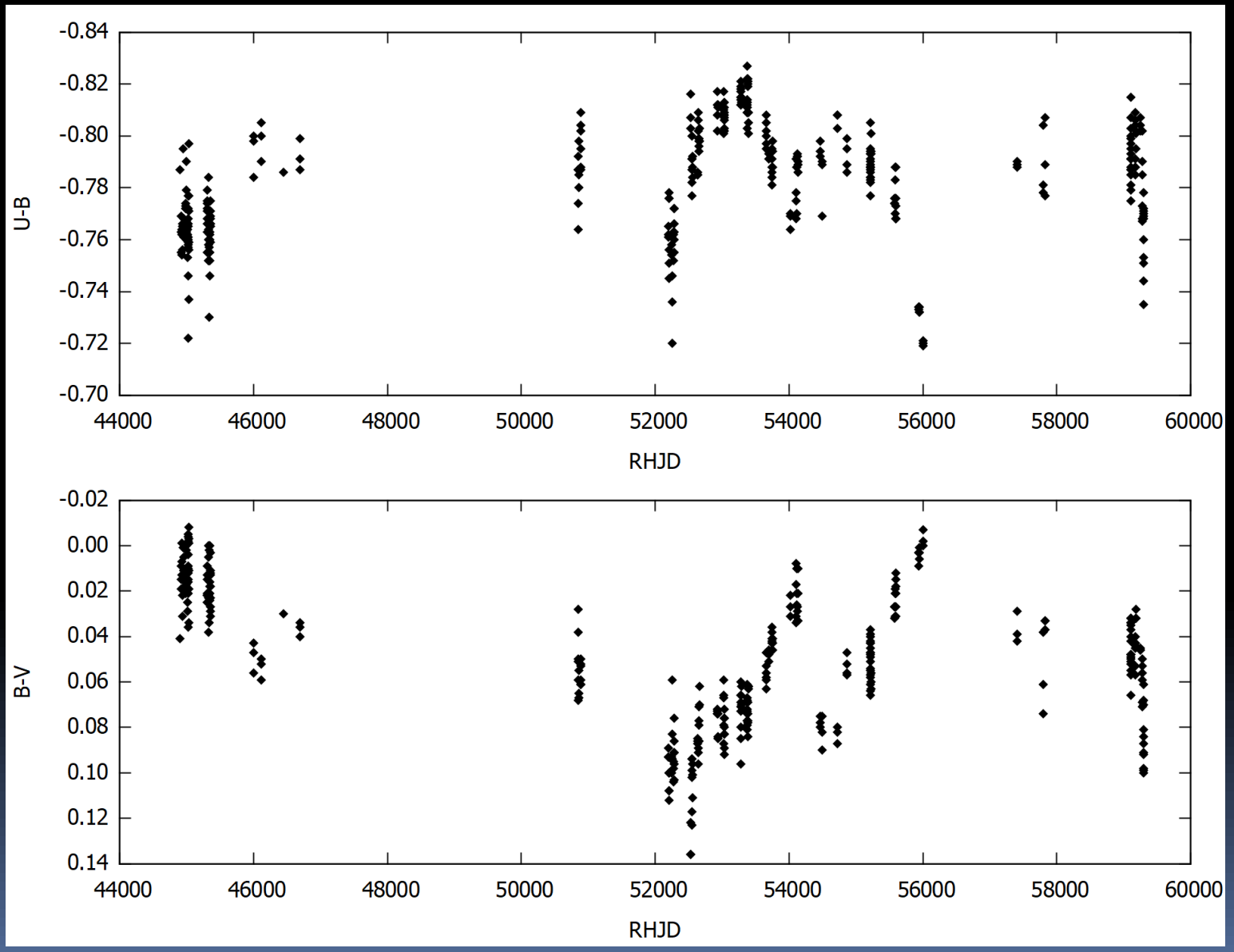
- pri prevode použité hodnoty $B - V = 0.05$ a $U - B = -0.78$ boli odhadnuté z Hvarskej fotometrie

Fotometria



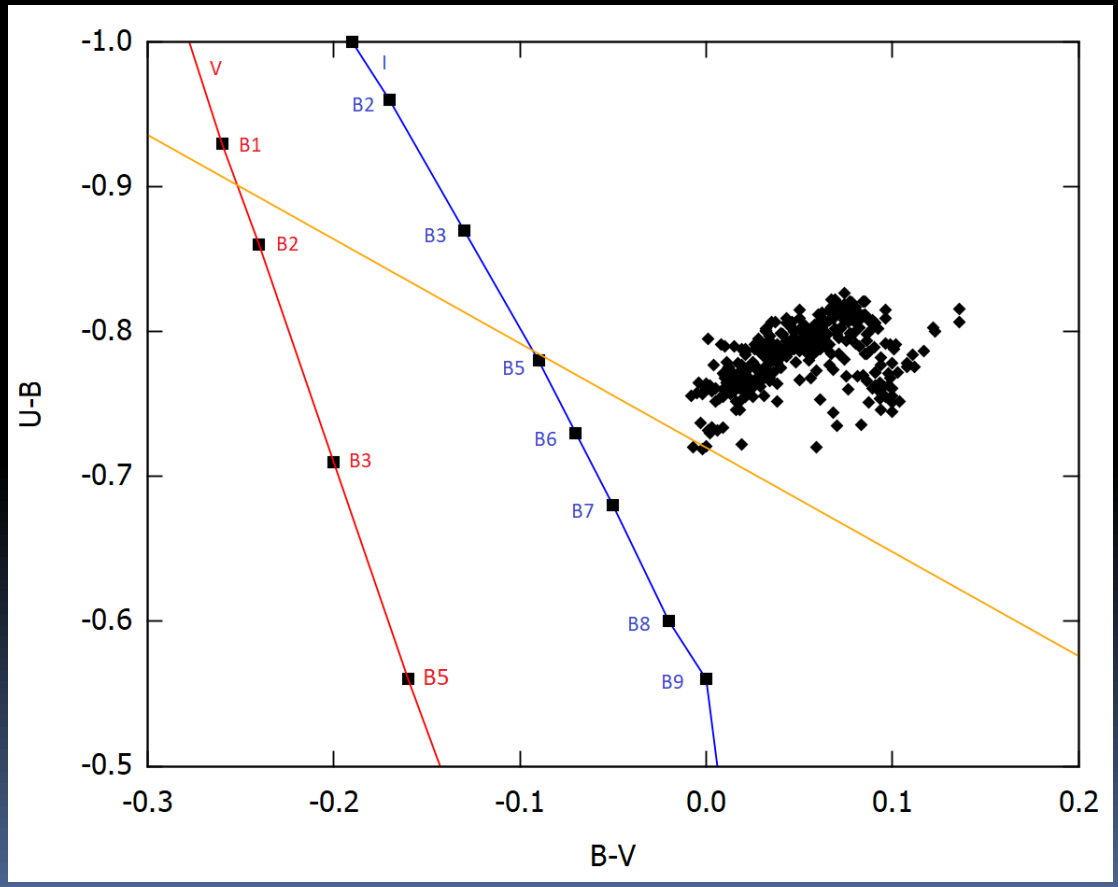
- Hipparcos
- Hvar

Fotometria

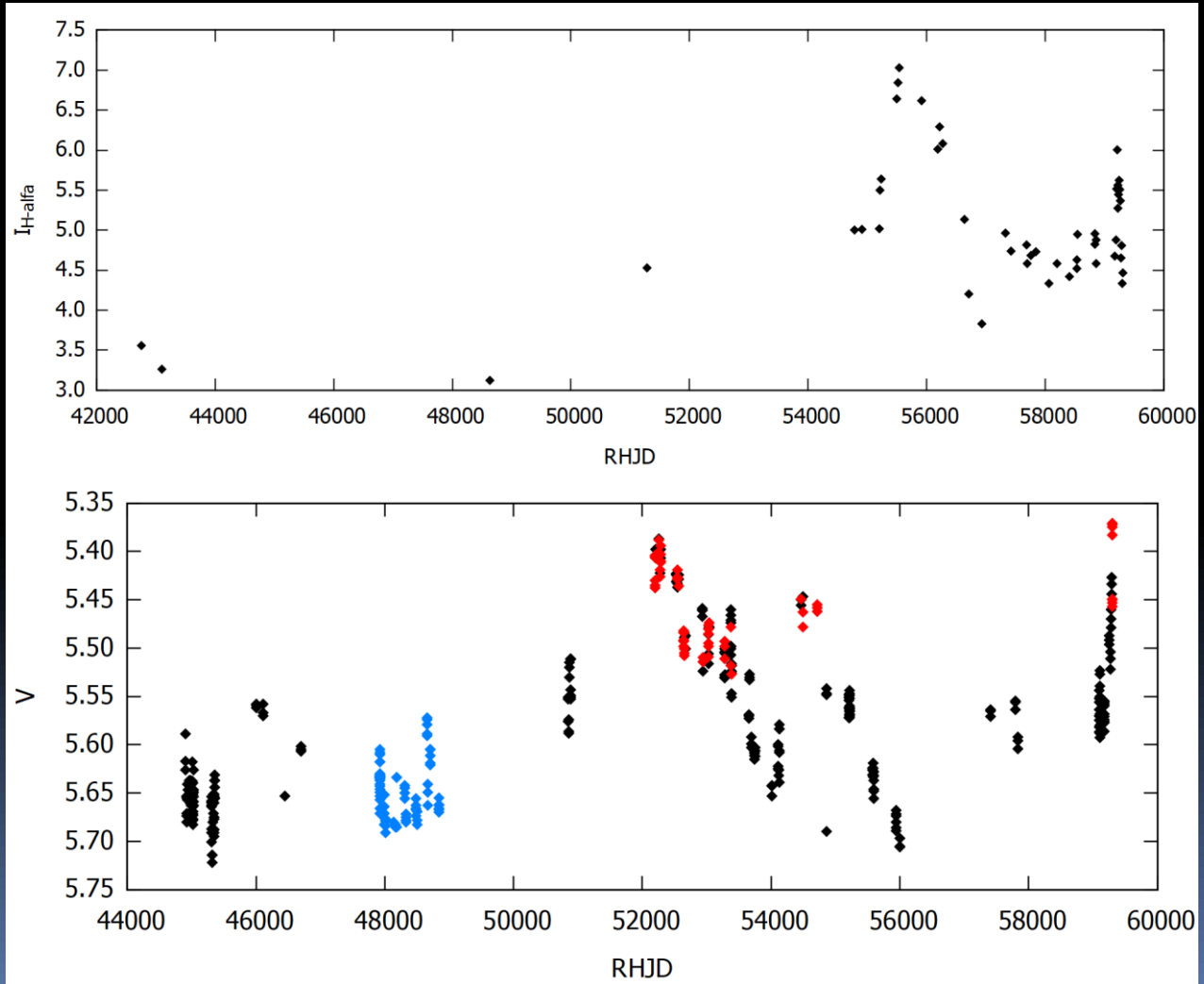

U-B
-0.84
-0.82
-0.80
-0.78
-0.76
-0.74
-0.72
-0.70
44000
46000
48000
50000
52000
54000
56000
58000
60000
RHJD
B-V
-0.02
0.00
0.02
0.04
0.06
0.08
0.10
0.12
0.14
44000
46000
48000
50000
52000
54000
56000
58000
60000
RHJD

Dvojfarebný diagram

- vidno pozitívnu aj negatívnu koreláciu
- sklon rotačnej osi blízky 60°



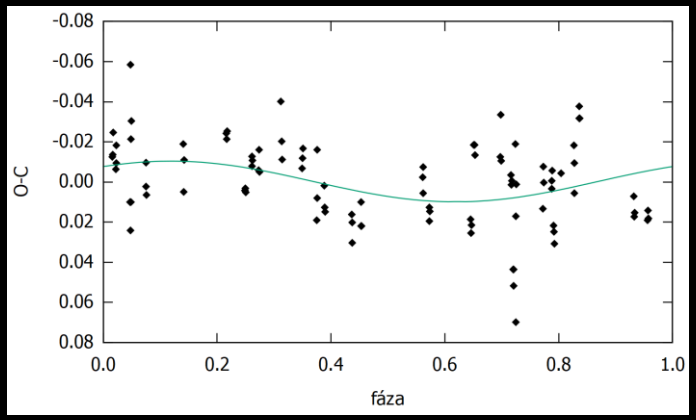
- k fotometrii naznačujúcej inverznú koreláciu neexistujú spektroskopické merania
- inverzná korelácia v okolí RJD 56000 sa neprejavuje v *U-B* vs. *B-V* diagrame

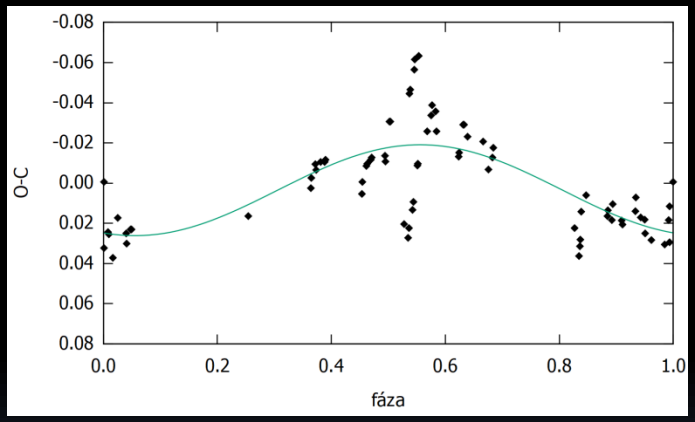


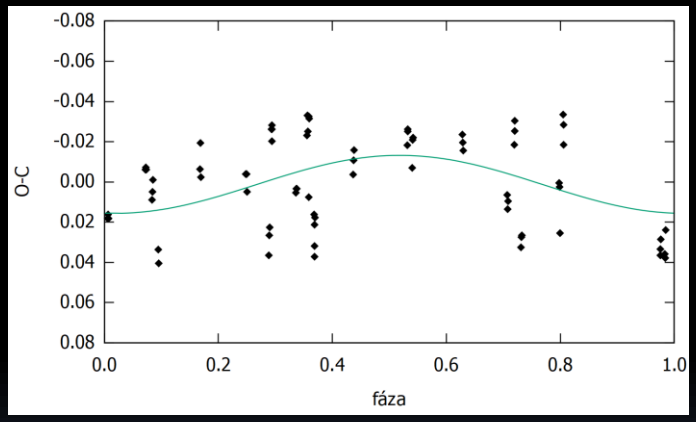
Hľadanie periód

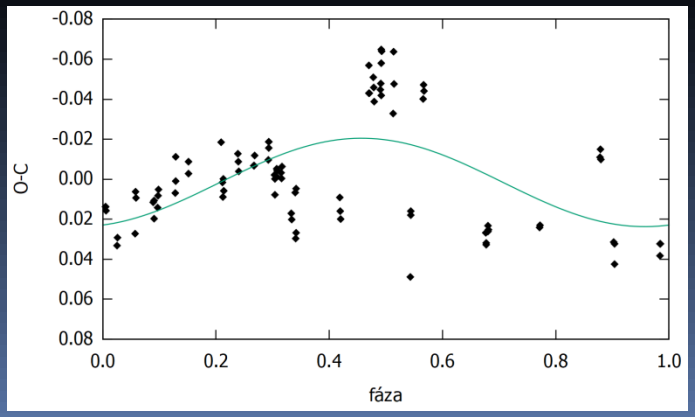
- periódy boli hľadané po odstránení dlhodobého vývoja veličín
- údaje boli rozdelené na päť súborov podľa časových období, v ktorých boli robené pozorovania.
- nájdené 2 možné periódy: 10,91 d a 1,0375 d

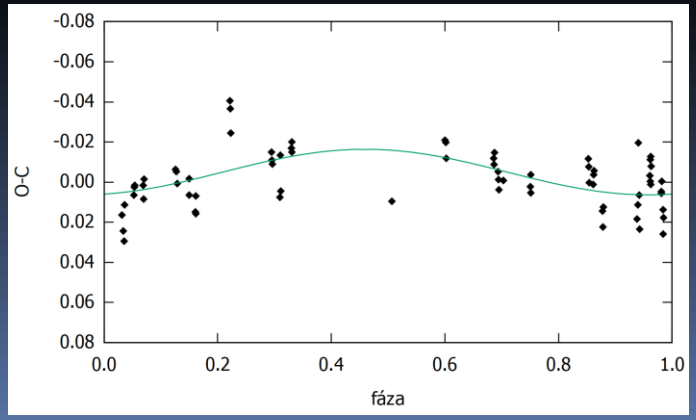
Perióda 10,91 d



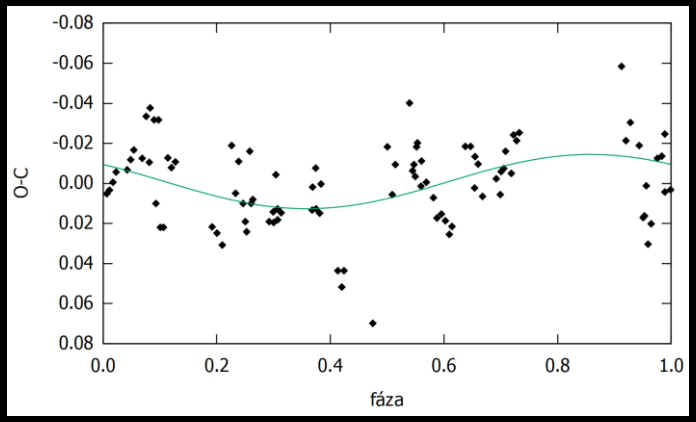


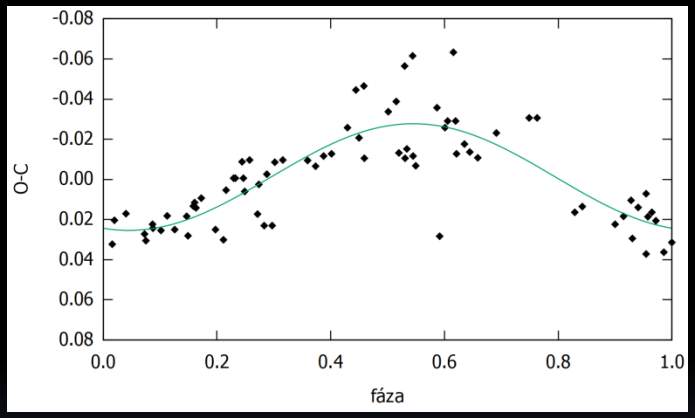


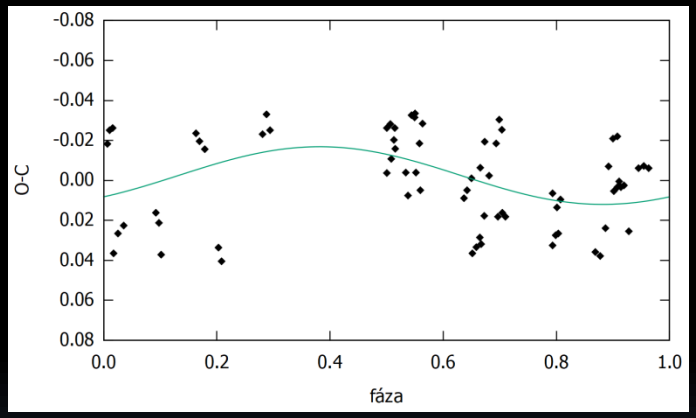


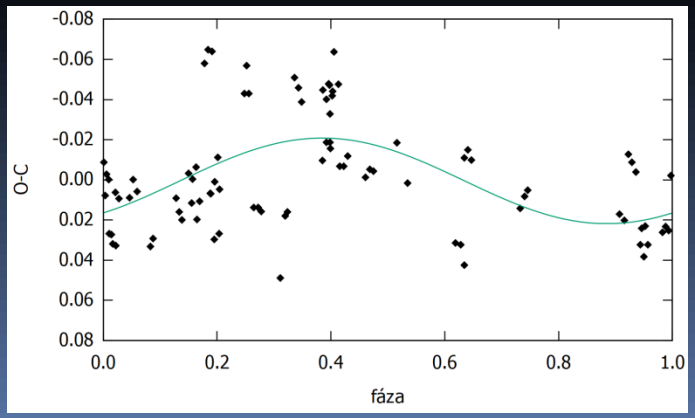


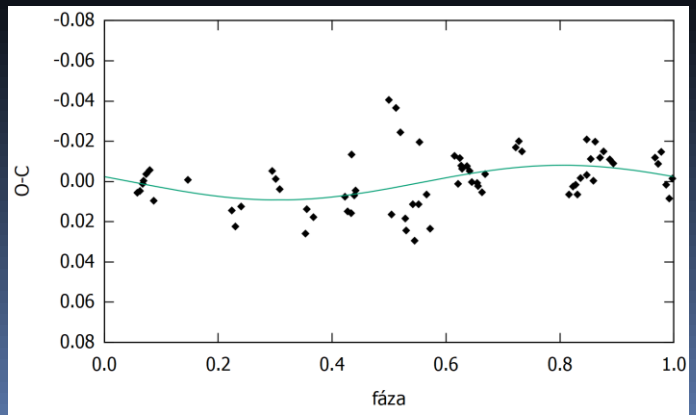
Perióda 1,0375 d











Vlastnosti hviezdy

Z fotometrie boli určené nasledujúce vlastnosti hviezdy:

- absolútna magnitúda: $M_V = (-3{,}5 \pm 0{,}1)$, $M_{bol} = (-6{,}1 \pm 0{,}1)$
- spektrálna trieda: B1
- polomer: $R = (6{,}0 \pm 1{,}1)\ R_\odot$
- interval možných rotačných periód: $P = (0{,}55 - 1{,}36)$ d

Návrh budúcich pozorovaní

- overenie existencie periódy 142,4 d
- spektroskopické pozorovania ako doteraz (5 až 14 dní medzi jednotlivými pozorovaniami)

- vyvrátenie možnosti, že perióda 1,0375 d je iba aliasom nejakej dlhšej periódy
- séria celonočných fotometrických meraní