

MASARYKOVA UNIVERZITA
Přírodovědecká fakulta

DISERTAČNÍ PRÁCE

Blanka Kučerová

Brno, 2011



MASARYKOVA UNIVERZITA
Přírodovědecká fakulta

Mgr. Blanka KUČEROVÁ

STUDIUM B[e] HVĚZD

Disertační práce

Školitelka: Mgr. Daniela Korčáková, Ph.D.

Brno, 2011

Bibliografická identifikace

Jméno a příjmení autora: Mgr. Blanka Kučerová

Název disertační práce: Studium B[e] hvězd

Studijní program: Fyzika

Studijní obor (směr): Teoretická fyzika a astrofyzika

Školitelka: Mgr. Daniela Korčáková, Ph.D.

Rok obhajoby: 2011

Klíčová slova v češtině: B[e] hvězdy, hvězda MWC 342, spektroskopie, okolohvězdná hmota

Bibliography identification

Author: Blanka Kučerová

Title of the PhD Thesis: Study of B[e] stars

Study programme: Physics

Study field: Theoretical physics and astrophysics

Supervisor: Mgr. Daniela Korčáková, Ph.D.

Year: 2011

Keywords: B[e] stars, MWC 342, spectroscopy, circumstellar matter

©Blanka Kučerová, Masarykova univerzita, 2011

Chtěla bych poděkovat své školitelce Mgr. Daniele Korčákové, Ph.D. za čas, který mi věnovala, všem, kteří se jakýmkoliv způsobem podíleli na pořízení spekter v Ondřejově, a v neposlední řadě přátelům a známým, kteří mě psychicky podporovali.

Abstrakt

Disertační práce je zaměřena na studium hvězdy MWC 342 (V1972 Cyg), která patří mezi tzv. hvězdy typu B[e]. Charakteristickými vlastnosti této skupiny hvězd, do které náleží objekty různých vývojových stádií, jsou nadbytek infračerveného záření, přítomnost spektrálních čar vznikajících povolenými i zakázanými přechody, intenzivní čára $H\alpha$ a emisní čáry kovů – buď neutrálních atomů nebo iontů nízkých ionizačních stupňů). Vyjmenované charakteristiky ukazují na přítomnost velmi rozsáhlé obálky okolo centrálního objektu.

Vzhledem k tomu, že ve spektru hvězdy MWC 342 nejsou pozorovány žádné fotosférické čáry, není možné použít při studiu hvězdy standardních modelů hvězdných atmosfér. Práce je proto zaměřena na studium časových závislostí změn v jejím spektru, neboť je to jedna z možností jak pochopit chování daného objektu. Hvězda byla napozorována na observatoři v Ondřejově v průběhu let 2004 – 2010 a celkem bylo za tuto dobu nasnímano 104 spekter v oblasti vlnových délek (6 265 – 6 775) Å. Spektra představují dosud nejrozsáhlejší spektroskopický datový soubor této hvězdy, umožňující detailní sledování krátkodobých a zejména dlouhodobých změn jejích spektrálních vlastností. V práci jsou uvedeny výsledky měření jak ekvivalentních šířek, tak radiálních rychlostí vybraných emisních čar (Fe II 6 318 Å, Fe II 6 384 Å, Fe II 6 443 Å, Fe II 6 456 Å, Si II 6 347 Å, Si II 6 371 Å, [O I] 6 300 Å, [O I] 6 364 Å). Větší pozornost je věnována čáře $H\alpha$, u které byly pozorovány dlouhodobé změny radiálních rychlostí, a heliové čáře He I na vlnové délce 6 678 Å, která vykazuje rychlé změny profilu (od čisté emise přes P Cygni a inverzní P Cygni profil až po absorpci) v řádech dnů. Jsou zde rovněž uvedeny výsledky měření relativních intenzit a radiálních rychlostí čáry $H\beta$, jež byly získány ze tří nasnímaných spekter v oblasti (4 760 – 5 005) Å. Jsou zde komentovány možné příčiny nalezených krátkodobých i dlouhodobých změn. Vnitřní oblasti hvězdy se mění krátkodobě (v řádech dnů), zatímco vnější prostředí se mění pomaleji (v řádech stovek dní až let). Profily emisních čar železa Fe II naznačují, že by se okolohvězdným prostředím mohly šířit rázové vlny. Jako možné vysvětlení pozorovaného chování hvězdy je zde navrženo působení hvězdného větru podporovaného pulsacemi objektu. Tuto domněnku podporuje i skutečnost, že zde dochází ke změnám záření v kontinuu. To by mohlo být pravděpodobně způsobeno změnou poloměru centrálního objektu a tedy právě pulsacemi.

Dissertation Abstract

The present Ph.D. thesis is devoted to the study of the MWC 342 (V 1972 Cyg) star, which is classified as a star with the B[e] phenomenon. This group of stars includes objects in different evolutionary stages which are typical of infrared excess and some spectroscopic properties such as lot of permitted and forbidden lines (e.g. Fe II, [O I]) or very strong Balmer emission-lines. The spectra indicate the presence of extended circumstellar matter, which complicates the study of the central object. Due to the fact that no photospheric lines are observed in their spectra, the standard stellar atmosphere models are not applicable for the analysis. This thesis is therefore focused on the study of the time-dependent variations in the spectrum, because it is one of the ways to understand the behaviour of this object.

The spectra used in this study were taken during the period 2004 – 2010 at the Astronomical Observatory of the Academy of Science in Ondřejov. 104 spectra in range of (6 265 – 6 775) Å wavelength represent the largest spectroscopic data set of the star, allowing detailed monitoring of short- and long-term variations of star behaviour. The thesis presents analysis of equivalent widths and radial velocities of selected emission lines (Fe II 6 318 Å, Fe II 6 384 Å, Fe II 6 443 Å, Fe II 6 456 Å, Si II 6 347 Å, Si II 6 371 Å, [O I] 6 300 Å, [O I] 6 364 Å). Special attention is paid to the line H α , where the long-term variation of radial velocities are observed, and the helium line at 6 678 Å, which shows day-to-day changes (from pure emission over the P Cygni and inverse P Cygni profil to pure absorption). Results are also presented for analysis of relative intensities and radial velocities in three spectra of H β line (4 760 – 5 005 Å).

The possible reasons of the short-term and the long-term variations are suggested. The inner parts of the star show short-term variations (in the order of days), while the external environment is changing more slowly (hundreds of days to years). The profiles of emission lines of iron Fe II suggest that the shock waves are probably spread in the circumstellar matter. The observed variations in spectral characteristic of studied lines could be explained by a stellar wind supported with pulsations of the object. This hypothesis is also supported by the variations of continuum radiation. This variation could be caused by changing the radius of the central object (i.e. by pulsations).

Obsah

1	Úvod	1
2	Hvězdy typu B[e]	3
2.1	Definice hvězd typu B[e]	4
2.2	Dělení hvězd typu B[e]	6
2.2.1	B[e] veleobři	6
2.2.2	Hvězdy typu B[e] před hlavní posloupností	7
2.2.3	Kompaktní planetární mlhoviny typu B[e]	8
2.2.4	Symbiotické B[e] hvězdy	8
2.2.5	Neklasifikované B[e] hvězdy	9
2.2.6	Hvězdy typu FS CMa	9
3	Hvězda MWC 342	11
4	Pozorování a redukce spekter	14
5	Analýza spektroskopických dat	22
5.1	Identifikace čar	22
5.2	Spektrální čára $H\alpha$	24
5.2.1	Profil a šedá reprezentace	24
5.2.2	Změny V/R	26
5.2.3	Ekvivalentní šířka	30
5.2.4	Radiální rychlosti	31
5.3	Spektrální čára $H\beta$	37
5.4	Spektrální čára helia He I 6678 Å	38
5.5	Spektrální čáry kovů	41
5.5.1	Spektrální čáry železa	41
5.5.2	Spektrální čáry kyslíku	44
5.5.3	Spektrální čáry křemíku	45
6	Závěr	47

Obsah

A	Redukce spekter	50
A.1	Parametry programu Wojteka Pycha	50
A.2	Parametry tasku apall balíku kpnoslit	51
A.3	Parametry tasku continuum balíku onedspec	53
A.4	Polynomické funkce užívané v IRAFu	53
B	Obrázky a grafy	56
C	Seznam spekter	71
D	Naměřené hodnoty parametrů vybraných spektrálních čar	76

Kapitola 1

Úvod

Jako hvězdy typu B[e] jsou označovány horké hvězdy spektrálního typu B různých vývojových stádií mající několik společných znaků. Písmeno “e” uvozuje přítomnost spektrálních emisních čar, především Balmerovy série vodíku (často s P Cygni profilem) a emisních čar jednou ionizovaných kovů. Hranaté závorky pak značí výskyt čar vznikajících zakázanými přechody (tj. přechody s malou pravděpodobností). K dalším charakteristickým rysům B[e] hvězd patří i nadbytek záření v infračervené oblasti.

Kvůli přítomnosti rozsáhlých obálek, které se kolem hvězd typu B[e] nacházejí, se výrazně komplikuje studium vlastností samotného centrálního objektu a parametry těchto hvězd se tak nedají jednoduše modelovat pomocí klasických modelů hvězdných atmosfér. Jednou z mála možností jak se o daném objektu něco dozvědět, je tedy studium jejich spekter a následné hledání krátkodobých a dlouhodobých časových závislostí.

Vlastnosti většiny těchto hvězd jsou odvozovány na základě několika málo pozorování, především ve fotometrické oblasti. Dlouhodobé spektroskopické studie u mnoha hvězd typu B[e] naprosto chybí. Možnost nasnímat si vlastní data pomocí dvoumetrového dalekohledu a následně je analyzovat, a tak navázat na výzkum horkých Be hvězd, který má na Astronomickém ústavu AV ČR v Ondřejově dlouhou tradici, byla dostatečně motivující pro výběr tématu disertační práce.

Počáteční studium bylo zaměřeno na zpracování spektroskopických dat několika hvězd typu B[e] (OY Gem, FS CMa, V 431 Sct, V 743 Mon, V 1972 Cyg, V 2028 Cyg), jehož výsledky byly prezentovány na konferenci na Vlielandu (Holandsko) v roce 2006. K detailnějšímu studiu však byla posléze vybrána hvězda MWC 342 (V 1972 Cyg) a to zejména kvůli dobrým pozorovacím možnostem po většinu roku.

Úvodní kapitoly této práce jsou věnovány popisu obecných charakteristik hvězd typu B[e] a jejich klasifikaci podle vývojových stádií. Detailnější pasáž je věnována literární rešerši prací k samotné hvězdě MWC 342. Další samostatná kapitola pojednává o optimalizované metodě redukce spekter, která se oproti standardnímu postupu redukce komplikuje díky blandování zakázaných čar s čarami noční oblohy. Tento optimalizovaný postup byl použit u všech studovaných spekter a jeho uplatnění se našlo v navazujících pracích kolegů (např.

1. Úvod

Polster, disertační práce). Největší část práce se pak věnuje samotné spektroskopické analýze vybraných emisních čar, sledování a interpretaci časových změn a návržení možného vysvětlení v chování sledované hvězdy.

Kapitola 2

Hvězdy typu B[e]

Be hvězdy obecně jsou horké hvězdy spektrálního typu B s efektivní povrchovou teplotou (10 000 – 30 000) K mající ve svých spektrech emisní čáry. Především se jedná o čáry Balmerovy série vodíku ($H\alpha$, $H\beta$, ...), čáry jednou ionizovaných kovů (Fe II, Mg II, Si II...) a často také neutrální helium He I. Emisní čáry ve spektrech se vysvětlují přítomností tenké obálky ve tvaru disku či prstence v rovině rovníku. Problematika vzniku okolohvězdného disku (a vlastně i vzniku samotných Be hvězd) je velmi složitá a dodnes není zcela vyřešena. První hvězdu tohoto typu pozoroval již v roce 1866 Secchi (1867). Jednalo se o hvězdu γ Cas a dnes ji řadíme mezi tzv. klasické Be hvězdy, což je skupina vyznačující se luminozitními třídami III – V, tj. bez veleobrů (Jaschek a kol., 1981). K vytvoření této skupiny došlo díky snaze odlišit „klasické“ Be hvězdy od ostatních typů, jakými jsou např. Be veleobří, Herbigovy Ae/Be hvězdy nebo hvězdy se znaky B[e].

Jednou z nejdůležitějších charakteristik Be a potažmo i B[e] hvězd je jejich proměnnost. Je známa jak ze spektroskopických tak i fotometrických pozorování a děje se na krátkých i dlouhých časových škálách.

Za počátek výzkumu hvězd se znaky B[e] můžeme považovat začátek sedmdesátých let minulého století, kdy Geisel (1970) objevila u několika hvězd korelaci mezi výskytem emisních čar nízkých excitačních stupňů, především pak Fe II, a [Fe III], a přebytkem záření v infračervené (IR z angl. infrared) oblasti. Oba tyto jevy byly interpretovány jako důsledek velké ztráty hmoty vedoucí k následnému formování prachu v okolohvězdných obálkách.

Pro hvězdy s těmito charakteristikami zavedl Wackerling (1970) označení BQ. Ciatti a kol. (1974) následně zavedli pro BQ hvězdy v jejichž spektrech byly přítomny zakázané čáry označení BQ[]. Rozsáhlým výzkumem hvězd v oblasti IR záření se zabývali Allen & Swings (1972) a Allen (1973, 1974). Allen & Glass (1974, 1975) odhalili, že existují dvě odlišné populace této skupiny hvězd - hvězdy s emisními čarami nevykazující ve svých spektrech nadbytek IR záření (klasické Be hvězdy, veleobří, LBVs (Luminous Blue Variables), symbiotické hvězdy) a hvězdy s emisními čarami vykazující nadbytek infračerveného záření způsobený přítomností prachových částic. Allen & Swings (1976) rozdělili Be hvězdy s nadbytkem infračerveného záření do třech skupin podle jejich spektroskopických vlastností.

2.1. Definice hvězd typu B[e]

- První skupina zahrnovala hvězdy se slabými emisními čarami Balmerovy série, Fe II a vzácně se vyskytující [O I].
- Druhá skupina se vyznačovala přítomností většího počtu emisních čar ve spektrech a to jak klasických (dovolených) tak i zakázaných čar nízkých ionizačních stupňů. Předpokládali, že do této skupiny patří hvězdy s rozsáhlejšími obálkami a úbytek elektronové hustoty se vzdáleností od hvězdy je pomalejší než v případě první skupiny.
- Třetí skupina obsahovala pak takové objekty, které měly ve svých spektrech čáry vyšších ionizačních stupňů (např. [O III], [Ne III]) podobající se planetárním mlhovinám s dostatečně horkým prachem, díky němuž vykazují velký nadbytek IR záření.

Teprve na symposiu IAU s podtitulem „Be and Shell Stars“ v září roku 1975 navrhl Conti (1976), aby se horké hvězdy se zakázanými emisními čarami ve spektrech označovaly jako B[e] hvězdy. Zickgraf a kol. (1985, 1986), kteří se zaměřili především na pozorování veleobrů v Magellanových mračnecích, charakterizovali B[e] hvězdy jako objekty s následujícími vlastnostmi:

- a) ve spektrech mají silné čáry Balmerovy série vodíku, které mají navíc často P Cygni profil,
- b) mají jak dovolené, tak zakázané emisní čáry kovů (Fe II, [Fe II], [O I], ...),
- c) mají silný nadbytek IR záření způsobený tepelným zářením okolohvězdného prachu.

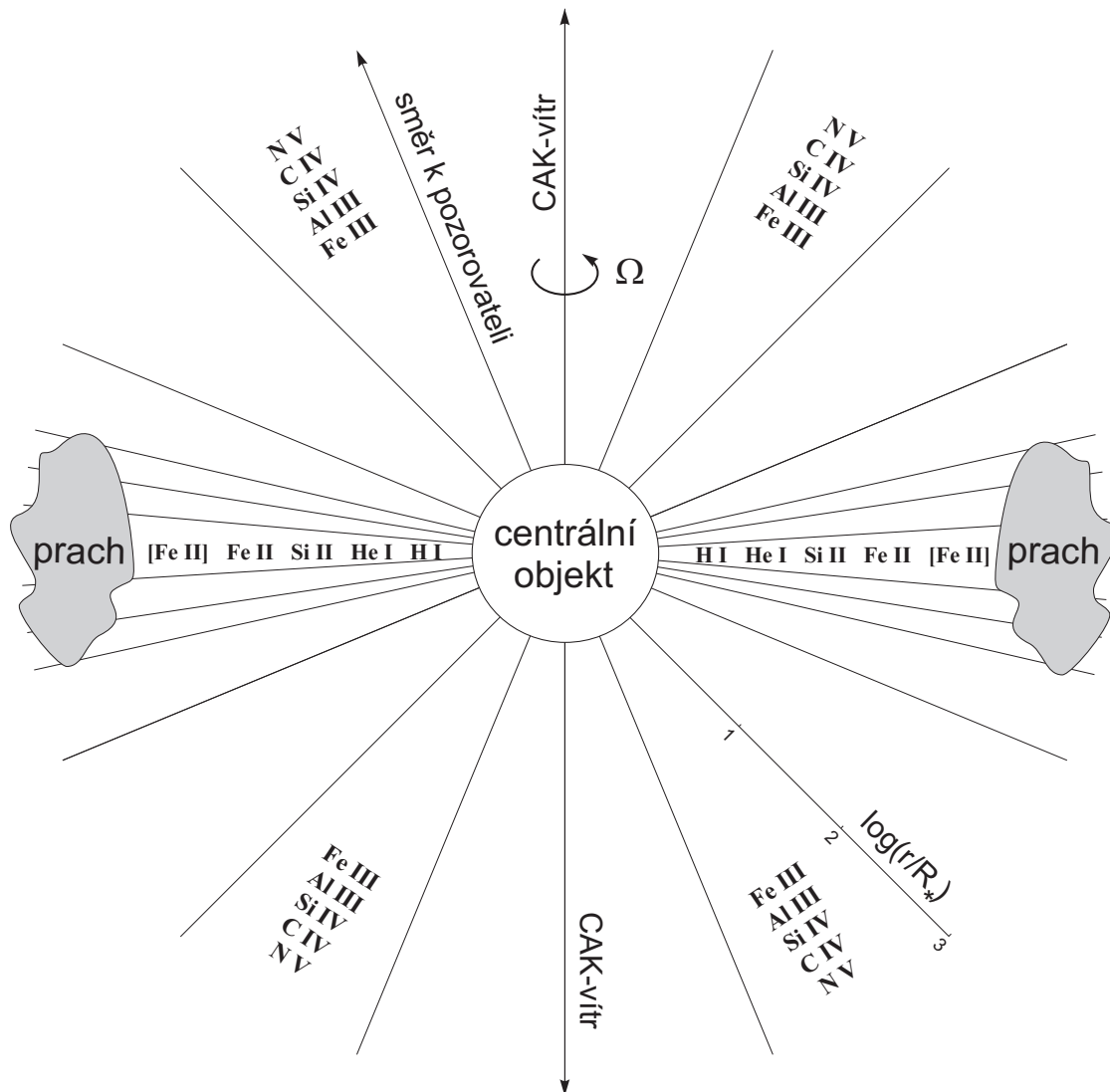
Jedním ze studovaných objektů ve Velkém Magellanově mračnu byla i hvězda HD 37974 (Zickgraf a kol., 1985). Pozorované spektrum je ve viditelné oblasti charakterizováno velkým množstvím emisních čar a naopak v UV oblasti velkým počtem širokých absorpčních čar. Toto hybridní spektrum vysvětlili pomocí modelu obálky, který můžete vidět na obr. 2.1. Tento model je v hrubých rysech platný dodnes.

Model spočívá v tom, že předpokládá jiné chování v rovině rovníku a ve směru k pólům hvězdy. V oblasti pólů předpokládají výskyt větru hnaného zářením (CAK model, Castor a kol. (1975)), který má nízkou hustotu, ale velmi vysokou rychlost. Je to oblast, kde vznikají absorpční čáry vyšších ionizačních stupňů silně posunuté do modré oblasti spektra. Kolem rovníku se naopak nachází mnohem hustší a chladnější pomalu se rozpínající disk. V této oblasti vznikají dovolené emisní čáry nižších ionizačních stupňů. Hustota v disku směrem od hvězdy postupně klesá, a tak je možné, aby ve vzdálenějších oblastech od hvězdy vznikaly i zakázané emisní čáry. Součástí disku je také prachový prstenec, který je zdrojem IR záření.

2.1 Definice hvězd typu B[e]

První jasné vymezení hvězd se znaky B[e] navrhl Zickgraf (1998), který je charakterizoval následujícími spektrálními projevy:

2.1. Definice hvězd typu B[e]



Obrázek 2.1: Model obálky hvězdy RMC 126 podle Zickgraf a kol. (1985).

- silné emisní čáry Balmerovy série vodíku, někdy s P Cygni profilem; ekvivalentní šířka $W(H\alpha)$ až $\sim 1000 \text{ \AA}$,
- dovolené emisní čáry slabě excitovaných atomů, především jednou ionizovaných čar kovů (zejména Fe II),
- úzké zakázané emisní čáry [Fe II] a [O I],
- šířka dovolených i zakázaných čar v polovině jejich maxima (FWHM) je typicky $\sim 100 \text{ km/s}$ nebo menší,

2.2. Dělení hvězd typu B[e]

- silný nadbytek záření v blízkém a středním IR oboru způsobený přítomností horkého okolohvězdného prachu o teplotě $T \sim (500 - 1000)$ K.

O dva roky později tuto definici upřesnil, přičemž rys týkající se FWHM vynechal a naopak definici doplnil o další dva znaky (Zickgraf, 2000):

- možná přítomnost emisních čar vyšších ionizačních stupňů ([O III], He II),
- kontinuum ve viditelné (příp. UV) oblasti spektra odpovídá raným typům hvězd.

Z výše popsané definice plyne, že B[e] hvězdy nejsou homogenní skupinou, ale naopak ji tvoří objekty s různými vývojovými stádii - od mladých hvězd a hvězd na hlavní posloupnosti až po veleobry v pokročilém stadiu vývoje a planetární mlhoviny. Definice pouze popisuje jisté vlastnosti spekter spíše než vlastnosti objektu samotného. Od označení B[e] hvězdy se tedy postupně začalo upouštět a dnes se častěji používá označení hvězdy se znaky (nebo též typu) B[e] (příp. hvězdy s B[e] jevem - z angl. the stars with the B[e] phenomenon).

2.2 Dělení hvězd typu B[e]

U Lamere a kol. (1998) se zrodila myšlenka rozdělit hvězdy se znaky B[e] do pěti skupin právě podle jejich vývojové fáze:

- B[e] veleobři (B[e] supergiants) = „sgB[e] stars“,
- hvězdy typu B[e] před hlavní posloupností (pre-main sequence B[e]-type stars) = „HAeB[e] stars“,
- kompaktní planetární mlhoviny typu B[e] (compact planetary nebulae B[e]-type stars) = „cPNB[e]“,
- symbiotické hvězdy typu B[e] (symbiotic B[e]-type stars) = „SymB[e] stars“,
- neklasifikované hvězdy typu B[e] (unclassified B[e]-type stars) = „unclB[e] stars“.

2.2.1 B[e] veleobři

Výzkumem B[e] veleobrů se zabývali především Zickgraf a kol. (1985, 1986, 1989, 1992, 1996) a Gummersbach a kol. (1995), kteří hledali nové objekty tohoto typu ve Velkém a Malém Magellanově mračnu. Hvězdy podobných vlastností byly nalezeny také v naší Galaxii (Wolf & Stahl (1985), McGregor a kol. (1988), Winkler & Wolf (1989)). B[e] veleobři mají tyto vlastnosti:

- a) Primární kritéria
 - vykazují znaky B[e],

2.2. Dělení hvězd typu B[e]

- velebí se zářivými výkony $\log(L_*/L_\odot) \gtrsim 4,0$.

b) Sekundární kritéria

- vykazují známky ztráty hmoty (např. tím, že čáry Balmerovy série vodíku mají P Cygni profil nebo jsou emisní s rozdvojeným profilem, přičemž centrální absorpce je posunuta směrem do modré oblasti spektra),
- mají hybridní spektrum (tj. jsou zde přítomny jak úzké emisní čáry, tak široké absorpční čáry),
- vyznačují se buď zvýšeným výskytem těžších prvků jako je dusík (N) a uhlík (C), přičemž platí že $N/C > 1$, nebo je zde zvýšený poměr mezi heliem a vodíkem (He/H), což naznačuje, že se jedná o hvězdy v pokročilém stádiu vývoje,
- B[e] velebí v Galaxii obvykle mají velmi vysoký extinkční koeficient ($A_V \gtrsim 3,0$ mag) a silné interstelární pásy, což naznačuje, že se jedná o masivní hvězdy nacházející se ve velkých vzdálenostech v galaktické rovině,
- fotometrické změny jsou obvykle malé – (0,1 – 0,2) mag.

2.2.2 Hvězdy typu B[e] před hlavní posloupností

Část hvězd mající charakter B[e] jsou velmi mladé objekty, které ještě nedospěly do fáze hlavní posloupnosti. Mnohé znaky mají proto společné s klasickými Herbigovými Ae/Be hvězdami. Často je prozradí zbytky zárodečné mlhoviny. De Winter (1998) však ukázal, že žádný z těchto objektů se nenachází ve velmi mladých hvězdokupách a že jejich maximální stáří je pouze 6 milionů let. I proto těchto objektů dnes pozorujeme velice málo.

a) Primární kritéria

- vykazují znaky B[e],
- nachází se v oblasti vzniku hvězd,
- ve spektrech je možné pozorovat znaky akrece (inverzní P Cygni profil).

b) Sekundární kritéria

- pro zářivé výkony platí, že $\log(L_*/L_\odot) \lesssim 4,5$,
- velké nepravidelné fotometrické změny se dějí na časové škále řádově jednotek až 10^3 dnů,
- rozložení energie ukazuje na přítomnost horkého a chladného prachu.

2.2. Dělení hvězd typu B[e]

2.2.3 Kompaktní planetární mlhoviny typu B[e]

Ciatti a kol. (1974) si uvědomili, že některé B[e] hvězdy se mohou vyvinout v planetární mlhoviny. Ke stejnému závěru dospěli i Allen & Swings (1976). Podobností mezi spektry B[e] hvězd a planetárními mlhovinami si povšimli také Swings & Andrillat (1979).

a) Primární kritéria

- vykazují znaky B[e],
- spektra naznačují, že by se mohlo jednat o mlhoviny,
- pro zářivé výkony platí, že $\log(L_*/L_\odot) \lesssim 4,0$.

b) Sekundární kritéria

- kromě zakázaných čar nízkých ionizačních stupňů se ve spektrech mohou nacházet i zakázané čary vyšších ionizačních stupňů (např. [O III], [S III], [Ne III], [Ar III] a [Ar V]),
- spektrum může vypovídat o vyšší přítomnosti dusíku, který ukazuje na pokročilejší fázi vývoje,
- energetické rozložení může ukazovat na přítomnost chladného prachu ($T_d < 100$ K), který je pozůstatkem po AGB¹ fázi.

2.2.4 Symbiotické B[e] hvězdy

Symbiotické hvězdy jsou dvojhvězdy složené z chladného obra a horkého kompaktního objektu (bílého trpaslíka nebo neutronové hvězdy). Přítomnost chladného obra se ve spektrech projevuje TiO pásy a naopak přítomnost horké hvězdy pak čarami kovů vyšších ionizačních stupňů (He II, O III, [Fe II]). Tyto objekty navíc často bývají zahaleny mlhovinou. Pásy TiO však nemusí být vždy kvůli rozsáhlé obálce pozorovatelné. V tom případě můžeme symbiotické B[e] hvězdy odhalit hlavně prostřednictvím jejich nepravidelných fotometrických a spektroskopických změn, které jsou pro tuto skupinu hvězd typické.

a) Primární kritéria

- vykazují znaky B[e]
- v oblasti viditelného spektra mají TiO pásy, které naznačují, že se zde nachází chladná hvězda
- v blízké IR oblasti spektrum naznačuje přítomnost hvězdy v pokročilejším stadiu vývoje

Sekundární kritéria u tohoto typu hvězd nejsou definována.

¹Asymptotic Giant Branch = asymptotická větev obrů

2.2. Dělení hvězd typu B[e]

2.2.5 Neklasifikované B[e] hvězdy

Do této skupiny hvězd řadíme všechny hvězdy vykazující znaky B[e], které nejsme schopni jednoznačně zařadit do předchozích čtyř skupin, neboť nespĺňují daná kritéria. Lépe řečeno, jejich spektrální charakteristiky jsou natolik složité, že vykazují znaky typické pro více tříd, a proto by naopak mohly patřit do více skupin zároveň.

Po roce 2000 se výzkum zaměřil především na studium veleobrů. Miroshnichenko (2006) zjistil, že mezi veleobry v Magellanových mračnech a veleobry v naší Galaxii jsou dva zajímavé rozdíly. Zatímco zářivé výkony veleobrů v Galaxii jsou $\log(L_*/L_\odot) = 5,1 \pm 0,2$, aspoň polovina veleobrů v Magellanových mračnech je mnohem zářivější. Druhým rozdílem je skutečnost, že většina B[e] veleobrů v Galaxii jsou dvojhvězdy nebo je zde podezření, že by dvojhvězdami být mohly, zatímco v Magellanových mračnech byly objeveny zatím dvojhvězdy jen dvě (Zickgraf, 2006).

Od roku 2002 je možné se v literatuře setkat s označením B[e]WD (B[e] stars with warm dust = B[e] hvězdy s horkým prachem). Tato skupina zahrnovala jak veleobry, tak hvězdy neklasifikované. Velmi rychle se od tohoto označení však upustilo, neboť bylo matoucí kvůli stejnému označení WD pro bílé trpaslíky (white dwarfs).

2.2.6 Hvězdy typu FS CMa

Zatímco Lamers a kol. (1998) navrhli rozdělit hvězdy se znaky B[e] podle jejich vývojových stádií (klasifikace viz výše), Miroshnichenko (2007) se více zamyslel nad povahou okolohvězdného prachu a pokusil se dokázat, že veleobři (sgB[e]) a neklasifikované hvězdy (unclB[e]) představují odlišnou skupinu hvězd, co se týče tvorby okolohvězdného prachu. Na základě toho pak zavedl novou skupinu B[e] hvězd – hvězdy typu FS CMa (pojmenovanou podle typického zástupce). Tato skupina dnes zahrnuje asi 30 objektů (včetně možných kandidátů) a vyznačuje se následujícími kritérii:

a) Pozorovací kritéria

- emisní spektrum má následující vlastnosti: čára vodíku je typicky silnější než u Be hvězd, Herbigových Ae/Be hvězd a veleobrů; vyskytují se zde čáry železa Fe II a kyslíku [O I], a někdy také [Fe II] a slabě [O III],
- vyznačují se velkým nadbytkem záření v IR oblasti (s maximem kolem 10 – 30 μm a strmým poklesem směrem k delším vlnovým délkám),
- nacházejí se mimo oblasti tvorby nových hvězd,
- pokud se jedná o dvojhvězdný systém, druhá složka je buď (i) typicky zářivě slabší a chladnější než primární hvězda nebo je (ii) hvězdou degenerovanou.

2.2. Dělení hvězd typu B[e]

b) Fyzikální kritéria

- efektivní teplota horké složky je mezi $\sim 9\,000$ a $\sim 30\,000$ K (jedná se tedy o spektrální typ A2 – O9),
- zářivý výkon horké složky $\log(L_*/L_\odot)$ je mezi $\sim 2,5$ a $\sim 4,5$.

Kapitola 3

Hvězda MWC 342

Hvězda MWC 342 (V 1972 Cyg) je objektem nacházejícím se v souhvězdí Labutě jehož souřadnice jsou $\alpha = 20\text{ h } 23\text{ m } 3,6137\text{ s}$ a $\delta = +39^\circ 29' 50,058''$ (epocha 2000). Vykazuje znaky hvězd typu B[e], což znamená, že má ve svém spektru silné čáry Balmerovy série vodíku a řadu emisních čar nízkých ionizačních stupňů, které mohou vznikat jak povolenými tak zakázanými přechody (Fe II, Si II, [O I], [N II]), a vykazuje nadbytek záření v infračervené oblasti.

Merrill & Burwell (1933) byli první, kdo tuto hvězdu zařadili do katalogu hvězd spektrálního typu B. Na základě pozorování emisních čar v jejím spektru byla označena jako hvězda Be. O první identifikaci čar ve spektru MWC 342 se pokusili Swings & Struve (1943), kteří pozorovali dvojitý profil čar Balmerovy série vodíku a množství emisních čar, především železa (Fe II a [Fe II]). Teprve až později Kuan & Kuhl (1975), kteří pozorovali stejný profil čar Balmerovy série vodíku, navrhli, že se jedná o kombinaci symetrické emise a absorpce, která je posunutá směrem ke kratším vlnovým délkám díky velmi pomalu se pohybující obálce. Tuto absorpci naopak nepozorovali Brosch a kol. (1978). Ti pozorovali čáru zcela symetrickou. Jak později ukázali Miroshnichenko & Corporon (1999), symetričnost byla dána pouze nedostatečným rozlišením (dokázali to pomocí konvoluce s instrumentálním profilem.) Ti totiž měli ke svým analýzám k dispozici jak spektra s vysokým rozlišením (tzv. ELODIE¹ spektra), tak s nízkým rozlišením (50 a 100 Å/mm), na kterých byla čára bez absorpce.

Zpřesňující identifikace čar převážně ve viditelné oblasti spektra poskytli Brosch a kol. (1978) (oblast vlnových délek (3 750 – 8 450) Å). Andrillat & Swings (1976) následně provedli identifikaci spektra v blízké infračervené oblasti ((8 200 – 11 200) Å). Poslední větší identifikaci čar v oblasti (4 095 – 8 935) Å poskytli Andrillat & Jaschek (1999), kteří našli kromě zakázaných čar kyslíku O I a železa Fe II i zakázané čáry titanu Ti II.

Přítomnost obálky v okolí hvězdy předpokládali již Swings & Struve (1943). Pozdější práce (Allen (1973), Allen & Swings (1976)) ukazují, že hvězda MWC 342 vykazuje v blízké infračervené oblasti velký nadbytek záření. Zdůvodňují to právě důsledkem přítomnosti

¹Echelletový spektrograf ELODIE využívaný v letech 1993–2006 byl instalovaný k zrcadlovému dalekohledu o průměru 1,93 m na Observatoři de Haute-Provence v jihovýchodní Francii a především byl určený k hledání extrasolárních planet.

3. Hvězda MWC 342

prachu v okolí hvězdy. Kleinmann & Kuhi (1972) a později i Kuan & Kuhi (1975), kteří se zabývali analýzou čar Balmerovy série vodíku spočítali rychlost rozpínání obálky a velikost ztráty hmoty. Kleinmann & Kuhi (1972) dospěli k hodnotě 110 km/s u rychlosti rozpínání obálky a ztrátu hmoty spočetli na $(0,65 - 4,7) \cdot 10^{-6} M_{\odot}$ za rok, Kuan & Kuhi (1975) určili, že rychlost rozpínání obálky je 300 km/s a ztráta hmoty pak $0,15 \cdot 10^{-6} M_{\odot}$ za rok. Zickgraf & Schulte-Ladbeck (1989) ze svých polarimetrických měření odvodili, že by okolohvězdná obálka mohla mít tvar disku, a že fyzikální procesy, které jsou za polarizaci zodpovědné, jsou nejen Thompsonův rozptyl na volných elektronech, ale především Mieův rozptyl na prachových částicích. Částice, které jsou nejvíce zodpovědné za vlastní polarizaci, mají podle nich velikost $(0,16 - 0,2) \mu\text{m}$.

Hlavním problémem, který do dnešních dnů nebyl vyřešen, je určení vývojového stadia a spektrálního typu hvězdy MWC 342. Kleinmann & Kuhi (1972) navrhovali, že by se mohlo jednat o horkou hvězdu spektrální třídy B8. Brosch a kol. (1978) stanovili, že se jedná o hvězdu typu B3 III. Při určení této spektrální třídy však předpokládali, že se hvězda nachází ve stejné vzdálenosti jako dvě otevřené hvězdokupy (NGC 6910 a NGC 6913, kde první je 1° severně a druhá 1° jižně od MWC 342). Bergner a kol. (1990) na základě svých fotometrických a polarimetrických studií a díky přítomnosti emisních čar ve spektru navrhli, že by se mohlo jednat o Herbigovu Ae/Be hvězdu (tedy před hlavní posloupností) spektrálního typu B0 - B0,5. I přesto, že se hvězda nachází v blízkosti asociace OB v Labuti, kam ji jako možného jejího kandidáta zařadili Garmany & Stencel (1992), je nepravděpodobné, že by do ní patřila a to kvůli rozdílným polarizacím (Zickgraf & Schulte-Ladbeck, 1989). S myšlenkou, že by se mohlo i přesto jednat o mladou hvězdu, se ztotožňují Odenwald & Schwartz (1993), kteří ji řadí mezi tzv. YSO = young stellar object.

Yudin (1995) se naopak domnívá, že polarimetrické změny, které jsou u hvězdy pozorovány, by mohly být vysvětleny přítomností zdroje rentgenového záření v dvojhvězdném systému, tedy přítomností hvězdy v pokročilém stádiu vývoje (bílým trpaslíkem či neutro novou hvězdou).

O skutečnosti, že by hvězda MWC 342 mohla být dvojhvězdným systémem, se poprvé zmínili již Arkhipova & Ipatov (1982). Odečtením spektra horké hvězdy (B8, Kleinmann & Kuhi (1972)) a příspěvku mlhoviny od napozorovaného spektra získali spektrum pro druhou složku systému. Takto získané spektrum porovnali s teoretickými modely a získali spektrální typ M0 III. Nikdy se však ve spektru nenašly TiO pásy, které jsou pro chladnou složku typické a předpoklad, že horká složka je spektrálního typu B8 se později ukázal jako nesprávný.

Miroshnichenko & Corporon (1999) se domnívají, že MWC 342 nemůže být Herbigovou Ae/Be hvězdou a to z toho důvodu, že se nenachází v oblasti, kde by vznikaly nové hvězdy a ani měření nadbytku infračerveného záření nenaznačuje, že by kolem hvězdy bylo velké množství chladného prachu, který by byl pozůstatkem po zárodečném oblaku. Odmítají i domněnku, že by se mohlo jednat o dvojhvězdu s chladnou složkou jak navrhovali Arkhipova & Ipatov (1982). Nejedná se podle nich ani o symbiotickou hvězdu, neboť v jejím spektru nejsou pozorovány čáry vyšších ionizačních stupňů (např. [O III]). Hvězda zřejmě ani není hvězdou po hlavní posloupnosti v tzv. AGB fázi, která by se postupně měnila v planetární mlhovinu. Jsou nakloněni spíše hypotéze, že se jedná o dvojhvězdu složenou

3. Hvězda MWC 342

z Be hvězdy a hvězdy v pokročilém stádiu vývoje (bílý trpasník, neutronová hvězda), která je zdrojem rentgenového záření. Při klasifikaci hvězd (Lamers a kol., 1998) byla hvězda MWC 342 začleněna do skupiny neklasifikovaných, u kterých není jejich vývojové stádium známé. V současnosti je hvězda zařazena mezi FS CMa objekty (Miroshnichenko, 2007).

Hvězda MWC 342 byla na základě fotometrických měření Bergnera a kol. (1990) a Stocka a kol. (1960) zařazena do katalogu proměnných hvězd (General Catalogue of variable Stars, Kazarovets a kol. (1993)) a dostala označení V 1972 Cyg. Její hvězdná velikost ve filtru V (10,6 mag) byla poprvé stanovena Allenem (1973). V současné době je prokázáno, že se její jasnost mění řádově v desetinách mag (viz tab. 3.1). Schevchenko a kol. (1993) našli v těchto změnách periodu 14 dnů. Rozsáhlou fotometrickou studii provedli Bergner a kol. (1990, 1995), kteří získali hodnoty hvězdných velikostí pro filtry U, B, V, R, I, J, H, a K. Objevili změny jasností ve všech filtrech, žádná však nepřevyšuje hodnotu 0,65 mag. V optické oblasti objevili malé změny s periodou 132 dnů.

Tabulka 3.1: Maximální a minimální hvězdné velikosti ve filtru V.

Maximální V [mag]	Minimální V [mag]	Odkaz
10,47	10,9	Shevchenko a kol. (1993)
10,47	10,93	Bergner a kol. (1990)
10,58	10,99	Bergner a kol. (1995)

Yudin (1995) na základě svých fotometrických měření (systém BVRIJHK) objevil v optické oblasti periodu 132 dnů. Z polarimetrických dat dále získal periodu ~ 66 dnů, která je oproti periodě získané z fotometrických pozorování poloviční. Nicméně konstatoval, že maximum hodnoty úhlu pootočení odpovídající vlastní polarizaci spadá do fáze 0,2 a 0,8 fotometrických změn. K úplně stejnému závěru (k periodě 132 dnů z fotometrických pozorování a periodě 66 dnů z polarimetrických dat) dospěli již Bergner a kol. (1990). Periodu 66 dnů ze svých fotometrických pozorování potvrdil i Mel'nikov (1997). Ten ze svých dat nasnímaných v systému UBVR v letech 1986 – 1994 získal kvazi-period hned několik (každý rok získal jinou), a to od $\sim 14,8$ dnů až po $\sim 45,5$ dnů. Fotometrické změny byly pozorovány i v ostatních filtrech (např. Kazarovets a kol. (1993), Bergner a kol. (1995)). Chkhikvadze a kol. (2002), kteří analyzovali sérii fotometrických pozorování získaných v letech 1989 – 1993, se domnívají, že pozorované změny mohou být vysvětleny změnami v chování plynné obálky a změnami samotného okolohvězdného prostředí tvořeného prachovými částicemi.

Kapitola 4

Pozorování a redukce spekter

Spektra použitá v této studii byla napozorována pomocí v současnosti největšího dalekohledu v České republice (průměr primárního zrcadla 208 cm) na observatoři Astronomického ústavu AV ČR v Ondřejově s využitím konfigurace Coudé ohniska pomocí šterbinového spektrografu (Škoda a kol., 2002). Světlo hvězd bylo pomocí kamery s ohniskovou vzdáleností 700 mm zaznamenáváno na CCD čip (SITE CCD) o velikosti 2030 x 800 pixelů, přičemž 1 pixel odpovídá $15 \mu\text{m}$. Hvězda MWC 342 byla nasnímána v oblastech (6 265 – 6 775) Å ($H\alpha$) – 104 spekter, (4 760 – 5 005) Å ($H\beta$) – 4 spektra, (5 475 – 5 985) Å (Na I) – 1 spektrum, (7 510 – 8 020) Å (O I) – 7 spekter a (8 200 – 8 710) Å (Paschenův skok) – 5 spekter. Rozlišovací schopnosti (resolving powers) v těchto jednotlivých oblastech jsou $R \sim 13\,000, 9\,500, 11\,500, 15\,500$ a $16\,500$.

Velmi důležitým krokem při analýze hvězdných spekter je jejich správná redukce. Vzhledem k tomu, že se snažíme o co největší objektivitu v interpretaci výsledků, je nutné, aby data, s kterými pracujeme, byla co nejlépe ošetřena od vnějších vlivů.

Ke kalibraci vlastního spektrografu a samotného detektoru slouží tři kalibrační spektra. Jedním je tzv. *zero (offset, bias)*, což je pouze vyčtený snímek bez přítomnosti jakéhokoliv světla, sloužící k eliminaci vlivu vlastního šumu detektoru. Druhým kalibračním spektrem je tzv. *flat-field*, což je naopak osvětlení detektoru bílým světlem u něhož se předpokládá, že má tvar hladkého kontinua. Tímto snímkem se dají kalibrovat rozdíly mezi účinností jednotlivých částí detektoru (v našem případě pixelů CCD čipu). Posledním spektrem, jež se užívá při kalibraci, je tzv. *srovnávací spektrum laboratorních čar*, které umožňuje okalibrovat spektrum na vlnové délky, neboť pozice čar srovnávacího spektra jsou známy. K získání tohoto snímku se v Ondřejově užívá thorium-argonové výbojky.

Po opravě o zero a flat-field je spektrum ještě nutné vyčistit od tzv. *kosmiků* (vysokoenergetického záření), které se na několika místech CCD čipu projevují jako velmi výrazná a úzká zjasnění zaujímající oblast často jednoho či dvou pixelů. Díky tomu, že se dvoumetrový dalekohled v Ondřejově nachází v nadmořské výšce 526 m n. m., většina kosmického záření jako takového je již pohlcena atmosférou. Projevuje se zde spíše přirozená radioaktivita okolí čipu, především pak Dewarovy nádoby v níž je CCD kamera uložena. Dále je nutné odstranění jasů (pozadí) oblohy, jehož součástí jsou i tzv. *night sky lines*.

4. Pozorování a redukce spekter

Většina hvězd nemá čáry ve svém spektru shodné s čarami noční oblohy, a tak nám při studiu hvězd nevadí. B[e] hvězdy mají však ve svých spektrech zakázané emisní čáry, které mají stejné vlnové délky jako čáry noční oblohy. Protože jsou tyto emisní čáry ve spektrech hvězd vhodné ke studiu hvězdných charakteristik, chceme-li s nimi pracovat, je nutné čáry noční oblohy promítající se do spekter hvězd odstranit.

Ideální postup při pořizování snímků v rámci každého pozorování je následující: zero (ideálně 5 snímků), flat-field (5 snímků), comp = srovnávací spektrum, object = hvězda, comp, object, comp, object, ..., comp, flat-field (5 snímků), zero (5 snímků). Všechna spektra získaná pomocí dvoumetrového dalekohledu v Ondřejově byla redukována s využitím softwaru IRAF (Image Reduction and analysis Facility, Massey (1997)), který se skládá z několika balíků (packages), jež se dále dělí na několik úkolů nebo též procedur (tasků). Samotná redukce pak spočívá v následujících krocích:

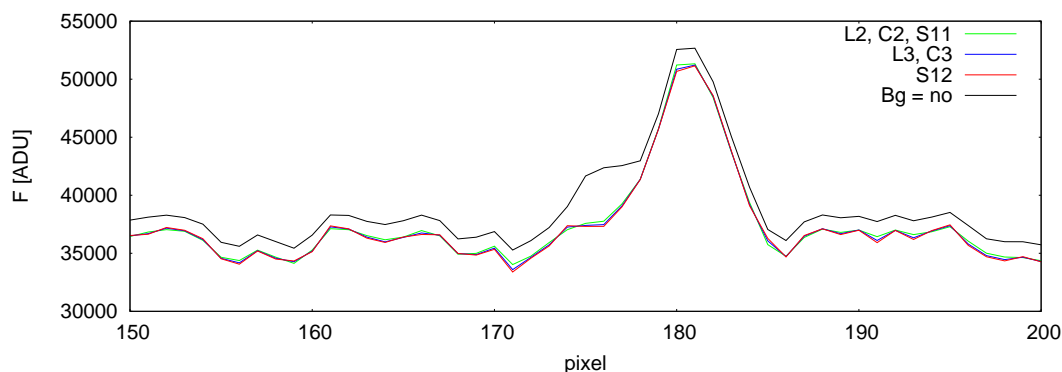
1. Ořezání jednotlivých snímků pouze na oblast, kde je nasnímané spektrum (balík *imutil*, task *imcopy*). Spektrum jako takové se zobrazuje pouze asi na třetinu celého CCD čipu, a tak oblasti, na kterých není nic nasnímáno, se ořezávají. Hlavními důvody jsou zmenšení velikosti ukládaných souborů a vyloučení možných komplikací s přítomností „prázdných“ oblastí při samotné redukci (konkrétně při trasování).
2. Zprůměrování zero (balík *ccdred*, task *zerocombine*) všech získaných zero snímků během noci – na začátku pozorování i na konci.
3. Odečtení zprůměrovaného zero od flat-fieldů, spektra hvězdy i srovnávacího spektra (balík *imutil*, task *imarith*).
4. Podělení spektra hvězdy a srovnávacího spektra hodnotou flat-fieldu, která je podobně jako u zero zprůměrovaná (balík *immatch*, task *imcombine*; balík *imutil*, task *imarith*).

Klasický postup při zpracovávání spekter, který se obecně používá, na tomto místě končí. V našem případě je nutné udělat následující mezikrok.

5. Odstranění kosmiků a odečtení jasu oblohy.
Standardní postup vedoucí k odstranění kosmiků je zapnutí optimální extrakce. Jas oblohy lze naopak odstranit tak, že pozadí spektra proložíme vhodnou funkcí. K odstranění kosmiků a jasu oblohy se užívá task *apall* v balíku *kpnoslit* (příloha A.2). Mezi mnohými parametry lze zde nalézt i pro nás důležité parametry *clean* a *skybox*. První parametr využívá optimální extrakce. Při *clean* = *yes* se zapíná, při *clean* = *no* je vypnutá. Parametr *skybox* určuje, po kolika sloupcích pixelů se bude odečítat pozadí.

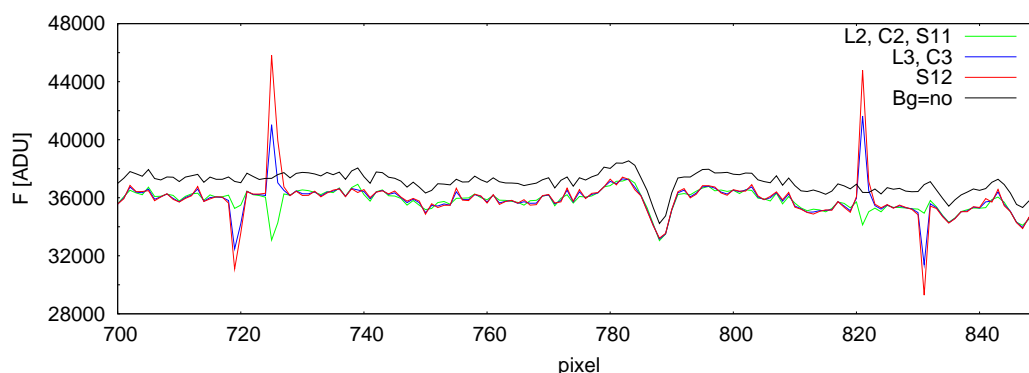
Problém, na který narážíme, je ten, že není zřejmé, kterou funkci (polynom) a kterého stupně k proložení pozadí použít. Na výběr je ze čtyř polynomických funkcí - Legendrova, Čebyševova, *spline1* (lineární splajn) a *spline3* (kubický splajn) (viz příloha A.4). Pro každou funkci byla hodnota stupně (*order*) měněna v rozmezí od jedné do

4. Pozorování a redukce spekter



Obrázek 4.1: Oblast kolem čáry kyslíku [O I] 6300 Å po proložení pozadí různými polynomickými funkcemi. Písmeno L značí Legendrovu polynomickou funkci, C Čebyševovu polynomickou funkci, S1 lineární splajn. Číslice v označení určuje stupeň polynomu zvýšený o jedničku. Bg = no značí spektrum bez proložení pozadí.

čtyř. Zadá-li se parametr *order* v jednotlivých balíčcích softwaru IRAF číslicemi 1, 2, značí to 0. a 1. stupeň samotného polynomu. Tedy vždy o jedničku menší. Obr. 4.1, který je výřezem spektra kolem kyslíkové čáry na vlnové délce 6300 Å, ukazuje šest výsledků získaných z celkem 32 testů. Zde jsou jednotlivá proložení téměř shodná a mohlo by se zdát, že je jedno, kterou funkci a kterého stupně použijeme. Obr. 4.2 však ukazuje, že dané proložení nemusí být optimální pro všechny části spektra a je tedy nutné hledat takou funkci a takového stupně, která by vhodným způsobem proložila pozadí v celé oblasti spektra.

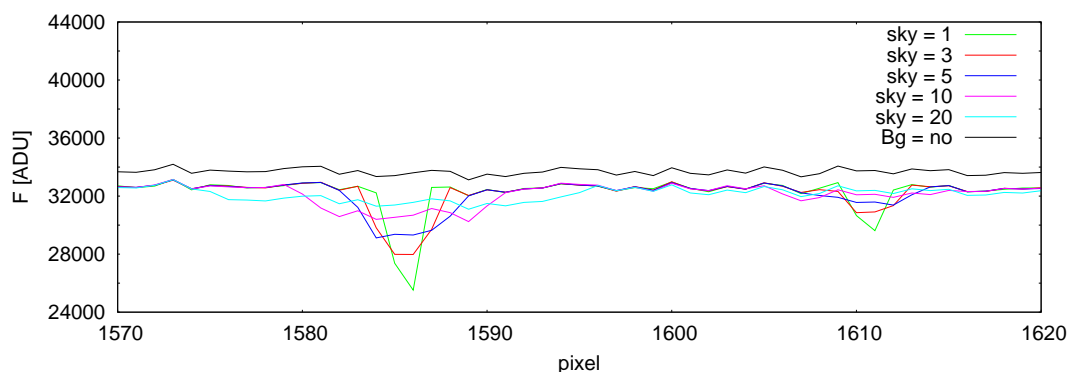


Obrázek 4.2: Část spektra po proložení pozadí různými polynomickými funkcemi. Písmeno L značí Legendrovu polynomickou funkci, C Čebyševovu polynomickou funkci, S1 lineární splajn. Číslice v označení určuje stupeň polynomu zvýšený o jedničku. Bg = no značí spektrum bez proložení pozadí.

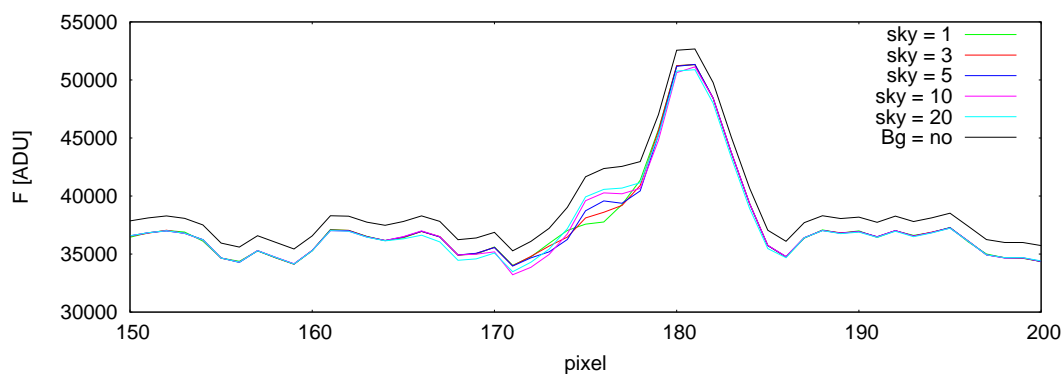
Při ostraňování kosmiků se lepších výsledků dosahuje při zapnuté optimální ex-

4. Pozorování a redukce spekter

trakci. Přesto k odstranění všech kosmiků rozhodně nedochází. Zvyšováním parametru *skybox* je možné dosáhnout toho, že kosmiků se postupně zbavíme. To je zřejmé i z obr. 4.3. Obr. 4.4 však ukazuje, že naopak zvyšováním parametru *skybox* dochází k horšímu odstranění nočních čar oblohy. Naše snaha tedy zbavit se kosmiků a nočních čar zároveň buď vede k dobrému výsledku jednoho nebo druhého, ne ale současně.



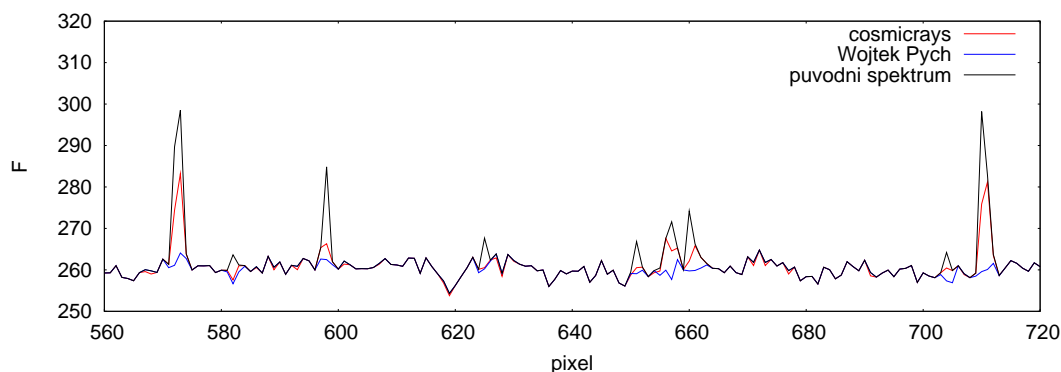
Obrázek 4.3: Proložení pozadí Čebyševovou polynomicou funkčí druhého řádu při různých hodnotách parametru *skybox*. Spektrum označené Bg = no je bez proložení pozadí.



Obrázek 4.4: Emisní čára [O I] 6300 Å po proložení pozadí Čebyševovým polynorem druhého stupně při různých hodnotách parametru *skybox*. Spektrum s označením Bg = no je bez proložení pozadí.

Pro naše potřeby je nutné, aby se nasmanané spektrum zpracovávalo po jednom sloupci pixelů (*skybox* = 1) a to díky emisním čarám ve spektru hvězdy. Je tedy nutné hledat jiný způsob odstranění kosmiků. Je možné využít například programu *dcr* od Pycha (2004) nebo použít balík *cosmicrays* v softwaru IRAF. Srovnání výsledků obou metod demonstruje obr. 4.5, z kterého je tedy zřejmé, že jsme k odstra-

4. Pozorování a redukce spekter



Obrázek 4.5: Srovnání výsledků po odstranění kosmiků pomocí cosmicrays v IRAFu a metodou Wojteka Pycha (program *dcr*).

nění kosmiků využili programu *dcr*. K názornému zobrazení rozdílu mezi původním snímkem a snímkem opraveným o zásahy vysokoenergetického záření slouží obr. 4.6.

Další kroky redukce jsou provedeny již klasickým způsobem, který je následující:

6. Vytrasování spektra hvězdy spolu s odečtením pozadí (po jednom pixelu).
K tomuto slouží task *apall* balíku *kpnoslit*, přičemž optimální extrakci, která by nyní mohla spektrum naopak negativně ovlivnit, je nyní vhodné nezapínat (příkazem `clean = no`). Pozadí se odečítá po jednom pixelu.
7. Vytrasování spektra srovnávacího podle spektra hvězdy, opět s využitím tasku *apall*.
8. Okalibrování spektra vlnovými délkami. K tomuto se využívají balík *onedspec* s tasky *identify*, *refspec* a *dispcor*.
9. Opravení o heliocentrickou korekci pomocí tasku *rvcorrect* z balíku *rv* a tasku *dopcor* z balíku *onedspec*.
10. Normování průběhu kontinua.

Normování průběhu kontinua

Závěrečnou fází redukce bývá normování průběhu kontinua, tzv. rektifikace. Spočívá v proložení spektra křivkou, a to tak, aby v oblastech mimo spektrální čáry byl relativní tok záření konstantní. Tato křivka se následně normuje na hodnotu jedné. Je to krok, který nám umožní analyzovat a porovnávat spektra jedné hvězdy mezi sebou, se spektry ostatních hvězd a také teoretickými modely. Protože je u hvězd se znaky B[e] emise v čáře $H\alpha$ i stokrát větší než je hodnota kontinua, malá změna v jeho proložení způsobí velkou změnu ve výšce samotné emise. Naší snahou je tedy provést rektifikaci co nejpečlivěji, neboť změny emisních čar nám mnohé napovídají o charakteru daných objektů. Normování průběhu kontinua lze provést několika způsoby:



Obrázek 4.6: Spektrum. *Nahoře*: Před odstraněním zásahů vysokoenergetického záření, *dole*: po jejich odstranění.

4. Pozorování a redukce spekter

ruční proložení – při tomto zpracování se do spektra vkládají body, kterými se následně proloží křivka (nejčastěji se užívají tzv. Hermiteovy polynomy, které se ukázaly jako velmi vhodné). K tomuto postupu rektifikace je možné využít například softwarů SPEFO (Škoda, 1996) nebo SPLAT (Spectral Analysis Tool, Draper & Taylor (2009)). Vzhledem k tomu, že se v našem případě setkáváme se spektry s velmi silnými emisními čarami převyšující několikanásobně hodnotu kontinua (to platí jak již bylo řečeno zejména pro čáru $H\alpha$), nebylo např. SPEFO díky svému malému dynamickému rozsahu v době začátků této studie použitelné.

intervaly spektra – k prokládání kontinua se vybírají jen určité intervaly, takové, kde se nevyskytují žádné spektrální čáry. K tomuto zpracování lze využít program IRAF (Massey, 1997), kde je možné využít dvou tasků - task *continuum* nebo *spectool*. Pokud jsou intervaly vybrané, uloží se do souboru, který se při samotném normování zadává v tasku *continuum* jako parametr *sample*. Tyto intervaly se ve skutečnosti ještě rozdělí na menší části (parametr *naverag* určující počet pixelů, které se mají brát dohromady), ze kterých je možné vzít buď průměr nebo medián. Tyto výsledné body se následně prokládají určitou funkcí (polynomem). Použití mediánu je vhodnější, neboť se zabrání tomu, aby se do výsledného prokládání zahrnuly zbývající malé kosmiky.

spektrum jako celek – se spektrem je možné pracovat jako s celkem a také ho tak prokládat. Opět je možné k tomuto postupu užít IRAF s jeho tasky *continuum* nebo *spectool*.

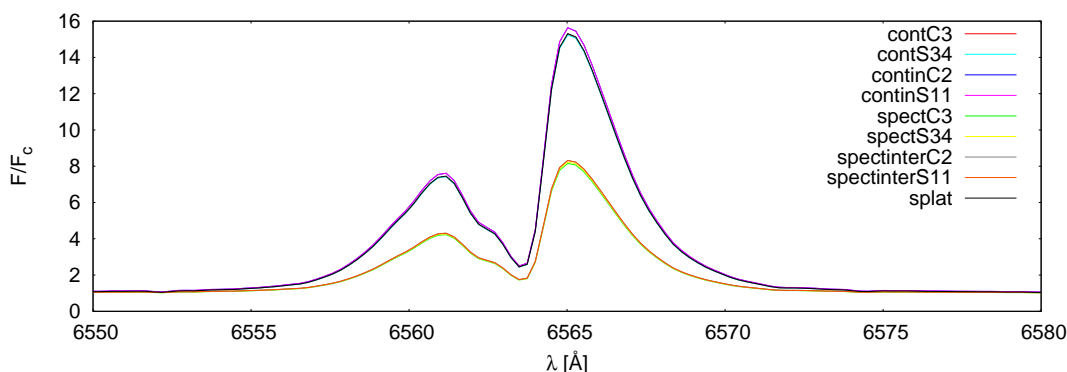
Dalšími možnostmi jak provést normování kontinua je získat spektrum v absolutním toku a přímo prokládat spektra teoretickými modely. Tento postup je nejen složitý, ale zanáší do zpracování další chyby.

Aby bylo možné jednotlivá zpracovaná spektra mezi sebou porovnávat, je nutné, aby se u všech prokládání kontinua provádělo stejným způsobem. Z porovnání všech testů, které byly k proložení kontinua provedeny, plyne, že výsledky získané v tasku *spectool* jsou dosti odlišné od jiných. Jak ukazuje obr. 4.7, kde jsou vybrané pouze některé funkce určitých řádů (stupňů), pro data z tasku *spectool* jsou jasně vidět mnohem menší emise. Vzhledem k tomu, že výsledky získané pomocí tasku *continuum* (fitování intervalů) a ze SPLATu (ruční prokládání) jsou si rovnocenné, je zcela přirozené se domnívat, že rektifikace v tasku *spectool* není pravděpodobně správná.

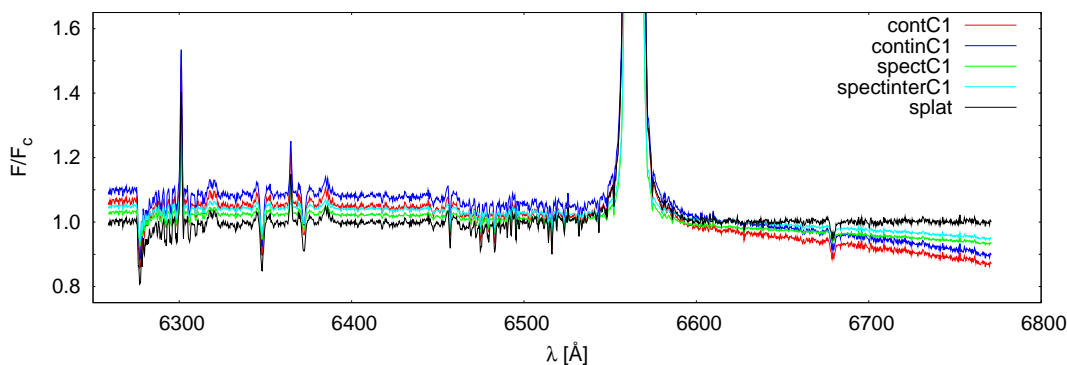
Některé funkce a stupně na první pohled zcela neodpovídají očekávaným závěrům, a tak například proložení kontinua pomocí Čebyševova polynomu stupně nultého a prvního, a funkce *spline1* stupně nultého lze považovat za chybné a dále je nebrat v úvahu. Dokládá to i obr. 4.8, kde jsou evidentní odchylky od normované hodnoty **jedna** a to jak v levé tak v pravé části spektra.

Jako nejvhodnější se jeví prokládat a normovat průběh kontinua pomocí tasku *continuum* v softwaru IRAF. Rozdíl mezi tím, zda se použije postup intervalový nebo se vezme spektrum jako celek, je minimální. Rozumnější je však používat metodu s použitím intervalů, aby byla jistota, že velká emisní čára $H\alpha$ přeci jen nebude vnášet do konečných vý-

4. Pozorování a redukce spekter



Obrázek 4.7: Čára H α po rektifikaci v programu SPLAT a v tascích *continuum* (ozn. *cont*) a *spectool* (ozn. *spect*). Je-li spektrum prokládáno pomocí intervalů, je navíc označení *cont* a *spect* doplněno označením *in* resp. *inter*. Písmeno C značí Čebyševovu polynomickou funkci, S1 lineární splajn a S3 kubický splajn. Číslice pak určuje stupeň použitého polynomu zvýšený o jedničku. Osa x představuje vlnovou délku, osa y relativní zářivý tok.



Obrázek 4.8: Zcela chybná proložení kontinua vybranými funkcemi daných řádů ve srovnání s rektifikací ve SPLATu. Na ose x je vlnová délka, na ose y relativní zářivý tok. Označení odpovídá obr. 4.7.

sledků další chyby a navíc se odstraní vliv případných malých kosmiků. Výsledky použitých funkcí různých stupňů (nebudou-li se brát v úvahu již výše jmenované funkce Čebyševovy stupně nultého a prvního a lineární splajn stupně nultého) se od sebe nijak zvlášť neliší, opět jsou pro funkce Čebyševovu a Legendrovu identické. Čebyševova polynomická funkce druhého a třetího stupně společně ještě s kubickým splajnem (spline3) stupně nultého se velmi shodují s proložením, které bylo uděláno ve SPLATu. Z tohoto důvodu je vhodné užít k prokládání a normování kontinua jednu z těchto funkcí. Pro proložení kontinua a jeho normování byla nakonec v našem případě vybrána **Čebyševova polynomická funkce stupně třetího**, v IRAFu tedy C4.

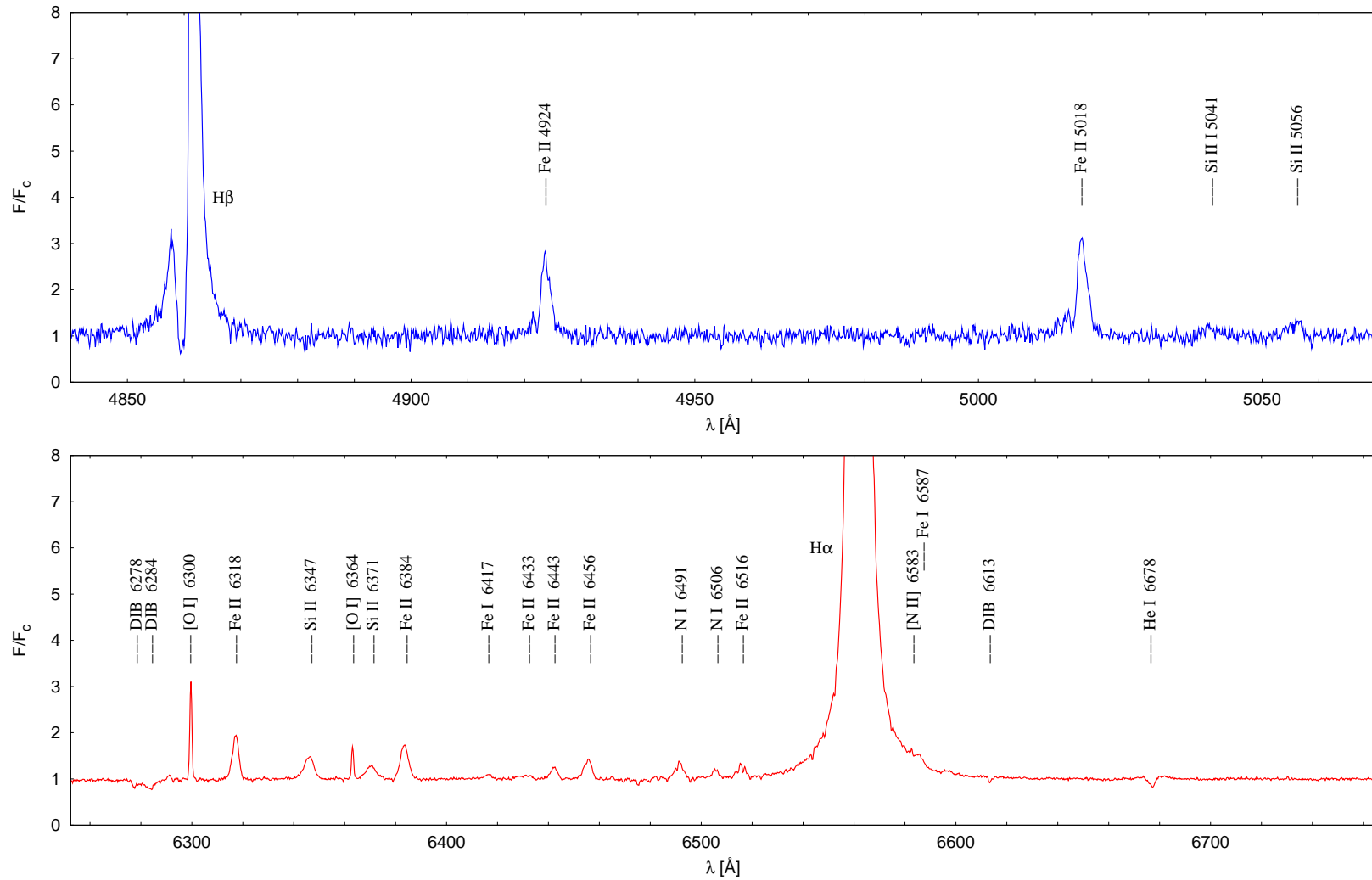
Kapitola 5

Analýza spektroskopických dat

5.1 Identifikace čar

Jak již bylo řečeno v Kap. 3, identifikace čar ve spektru hvězdy MWC 342 byla provedena již v minulosti (Swings & Struve (1943), Andrillat & Swings (1976), Brosch a kol. (1978), Andrillat & Jaschek (1999), Zickgraf (2003)). Se stále lepším rozlišením a se zpřesňováním pozic laboratorních vlnových délek se neustále identifikace zlepšuje a upřesňuje.

V této práci bylo snahou taktéž pokusit se o identifikaci spektra a to v oblastech (4 840 – 5 070) Å a (6 255 – 6 765) Å (obr. 5.1). Identifikace byla provedena s využitím databáze NIST (National Institute of Standards and Technology, http://physics.nist.gov/PhysRefData/ASD/lines_form.html). Spektru v těchto oblastech dominují emisní čáry Balmerovy série ($H\alpha$ a $H\beta$), které jsou oproti ostatním čarám několikanásobně intenzivnější. Většina ostatních emisních čar jsou čáry jednou ionizovaných kovů, především pak železa (Fe II). Zakázané čáry jsou zde zastoupeny kyslíkem ([O I] 6 300 Å a 6 364 Å) a dusíkem ([N II] 6 583 Å). Ve viditelné oblasti spektra nejsou žádné fotosférické čáry, pouze několik absorpčních pásů čar mezihvězdného původu, tzv. difusních interstelárních pásů (6 278 Å, 6 284 Å a 6 613 Å). Miroshnichenko & Corporon (1999) detekovali interstelární pásy také na vlnových délkách 6 379 Å, 6 495 Å a 6 498 Å, ale ve spektrech jsou tyto pásy velmi slabé (viz obr. 5.1). I přesto, že jsou čáry kovů relativně intenzivní, jejich identifikace je dosti problematická. Např. čára na vlnové délce 6 318 Å byla v minulosti určena jako neutrální hořčík Mg I (Zickgraf, 2003). V této práci je však považována za čáru jednou ionizovaného železa (Fe II) a to díky podobnosti s ostatními železnými čarami na vlnových délkách 6 384 Å, 6 443 Å a 6 456 Å. Jsou si vzájemně podobné nejen v šedých reprezentacích, ale i v chování radiálních rychlostí.

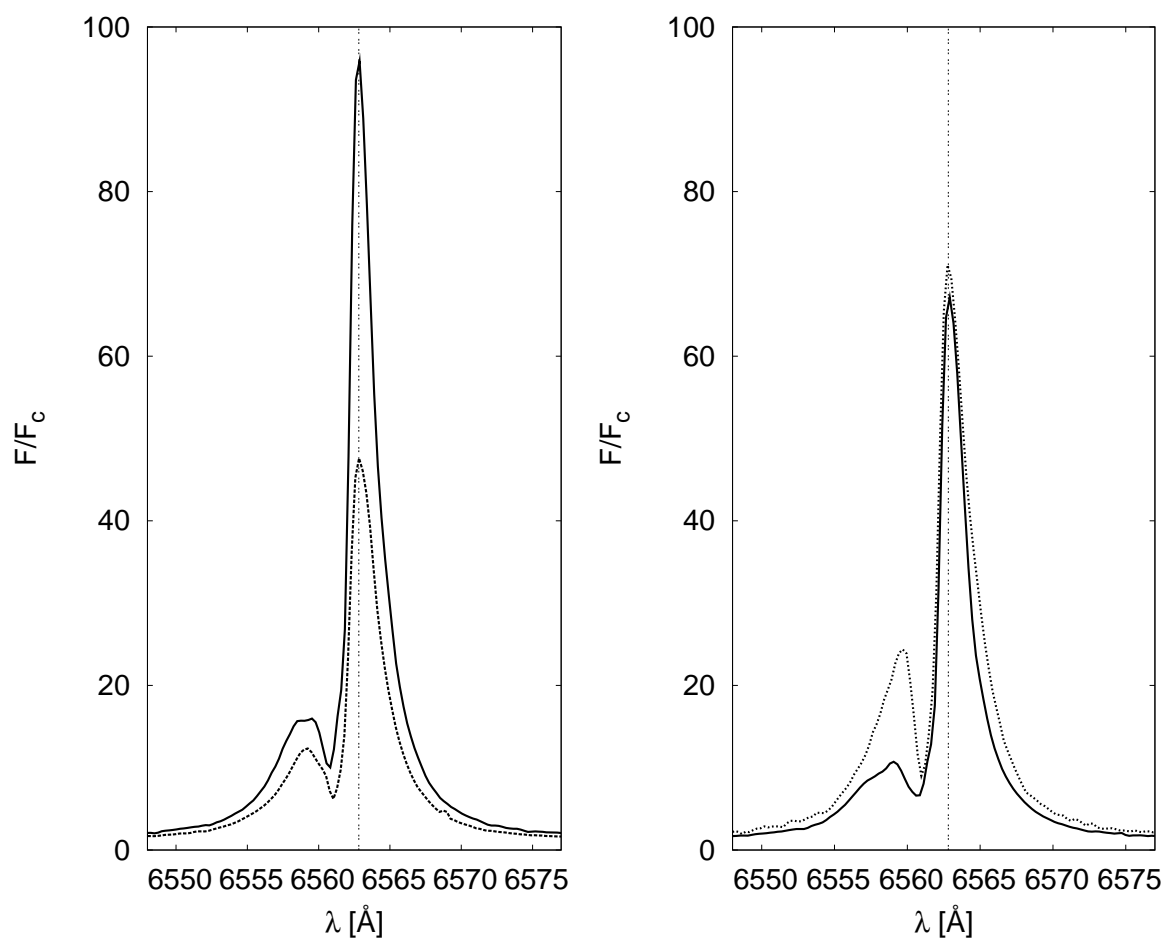


Obrázek 5.1: Identifikace nejintenzivnějších čar ve spektru hvězdy MWC 342. *Nahoře*: Oblast mezi 4840 Å a 5070 Å. *Dole*: Oblast mezi 6255 Å a 6765 Å. Pro lepší zvidetnění čar kovů byl v obou oblastech rozsah relativních intenzit omezen. Proto zde nejsou čáry Balmerovy série, které jsou mnohem intenzivnější, zakresleny celé.

5.2 Spektrální čára $H\alpha$

5.2.1 Profil a šedá reprezentace

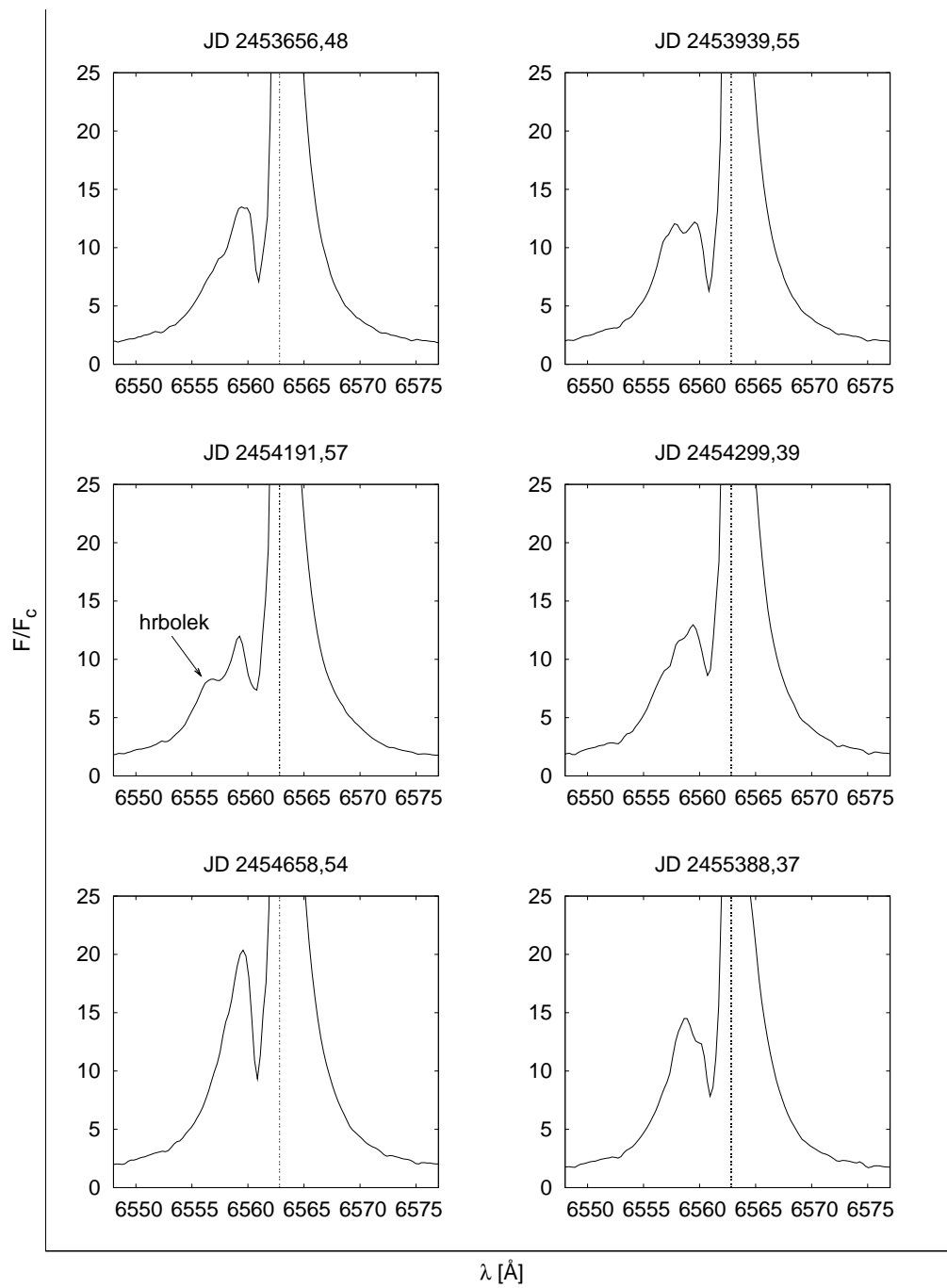
Emisní čára $H\alpha$ ($\lambda = 6562,817 \text{ \AA}$) dominuje celé oblasti viditelného spektra. Jejím charakteristickým rysem je její rozdvojený profil, který můžete vidět na obr. 5.2. Čára je velmi nesymetrická, přičemž její červená část je mnohem intenzivnější než modrá část.



Obrázek 5.2: Vybrané profily čáry $H\alpha$. *Vlevo*: Maximální (JD 2454357,47) a minimální (JD 2455479,35) intenzita červeného píku. *Vpravo*: Maximální (JD 2455073,46) a minimální intenzita modrého píku (JD 2454206,52).

Profil modrého píku se v průběhu času mění, tj. není pouze jednoduchý, hladký, ale má mnohem složitější strukturu. V několika případech (např. JD 2453939,55) se dá mluvit přímo o jeho rozdvojení, v jiných případech jde spíše o náznak nerovnosti (hrbolku), která

5.2. Spektrální čára $H\alpha$



Obrázek 5.3: Proměnnost profilu čáry $H\alpha$.

5.2. Spektrální čára H α

spíše pík určitým způsobem deformuje (obr. 5.3). Na některých spektrech je tento hrbolek na levé straně píku, posunutý více do modré oblasti vlnových délek (JD 2454191,57), na některých naopak na pravé straně píku, posunutý do červenější oblasti spektra (JD 2455388,37). Je zde pozorován dokonce i náznak četnějšího rozdělení píku ve složitější strukturu (např. JD 2454299,39).

Na obr. 5.4 jsou vidět celkové změny profilu čáry H α vykreslené v šedé reprezentaci. Jedná se o 3D obrázek, na kterém je třetí rozměr vykreslen pomocí různých odstínů šedi. Na ose x je vlnová délka, na ose y jsou jednotlivá spektra za sebou poskládána chronologicky, tedy tak jak byla nasnímána (na obrázku odspodu nahoru). Nebere se zde zřetel na to, jak dlouhý časový úsek mezi pořízením jednotlivých spekter ve skutečnosti byl. Na ose z je podíl relativního zářivého toku daného spektra a průměru relativních toků ze všech spekter daný výrazem

$$\frac{F(\lambda)}{\sum_{n=1}^N F_n(\lambda)/N}. \quad (5.1)$$

Černější oblasti odpovídají částem o nižší intenzitě než je průměrná hodnota vypočtená ze všech spekter a naopak bílé oblasti ukazují části o vyšší intenzitě než je průměr.

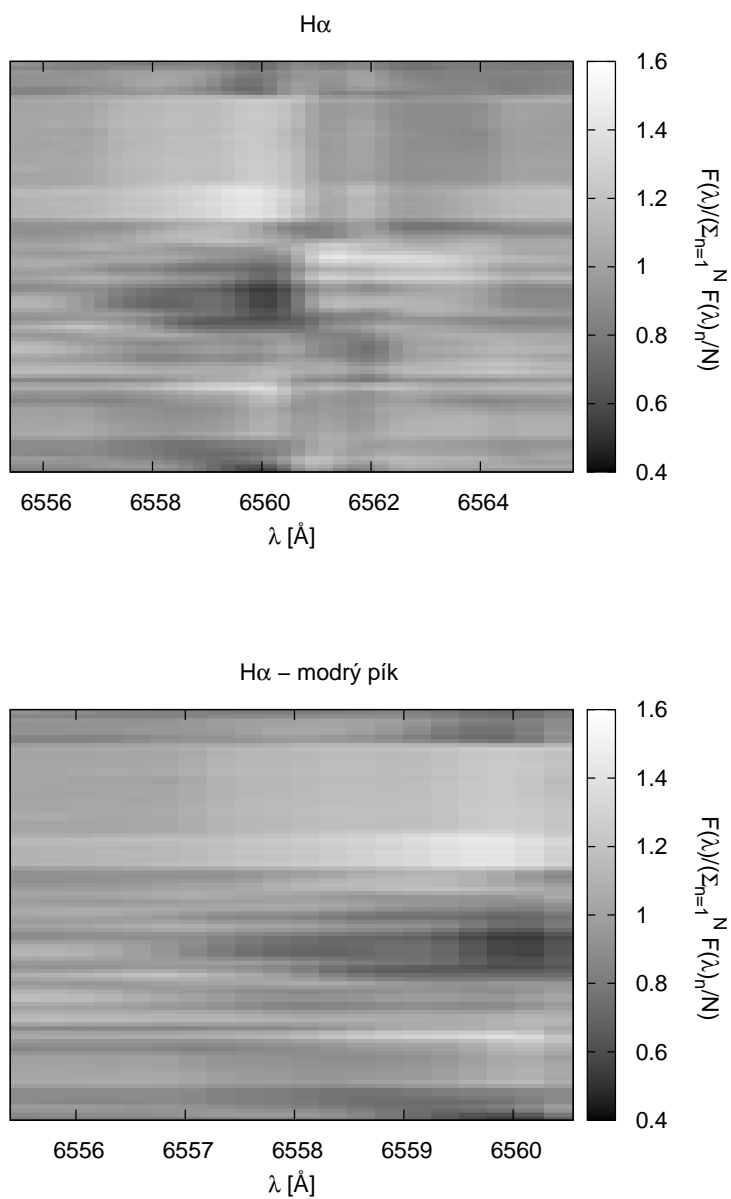
5.2.2 Změny V/R

Čáry různých chemických prvků jsou ve spektrech obecně různě vysoké (různě intenzivní). Relativní intenzita jedné konkrétní čáry se však může během časového období také měnit. U hvězd s dvojitými emisními čarami ve spektru je lepší než pozorovat změny každého píku zvlášť, zaměřit se na čáru jako celek a zjišťovat, jak se mění poměr intenzit těchto píků – tzv. V/R změny (z angl. intenzita fialového (violet) píku ku intenzitě červeného (red) píku).

V této práci byl ke zjištění hodnot relativních intenzit použit program MAXIPES (Mikulášek a kol., 2006), který využívá toho, že jednotlivé body, jež tvoří danou čáru, fituje řadou trigonometrických funkcí ($1; x; \sin(\pi x); \sin(2\pi x); \sin(3\pi x); \dots$) a pomocí nulových derivací následně hledá extrémy těchto funkcí. Při měření intenzit spektrálních čar je obecně důležité, aby profily čar byly vykresleny dostatečným počtem bodů. Rozlišení spektrografu v Ondřejově je v oblasti H α 4 body na Angström, což je k dobrému vykreslení profilu čar v této oblasti dostačující.

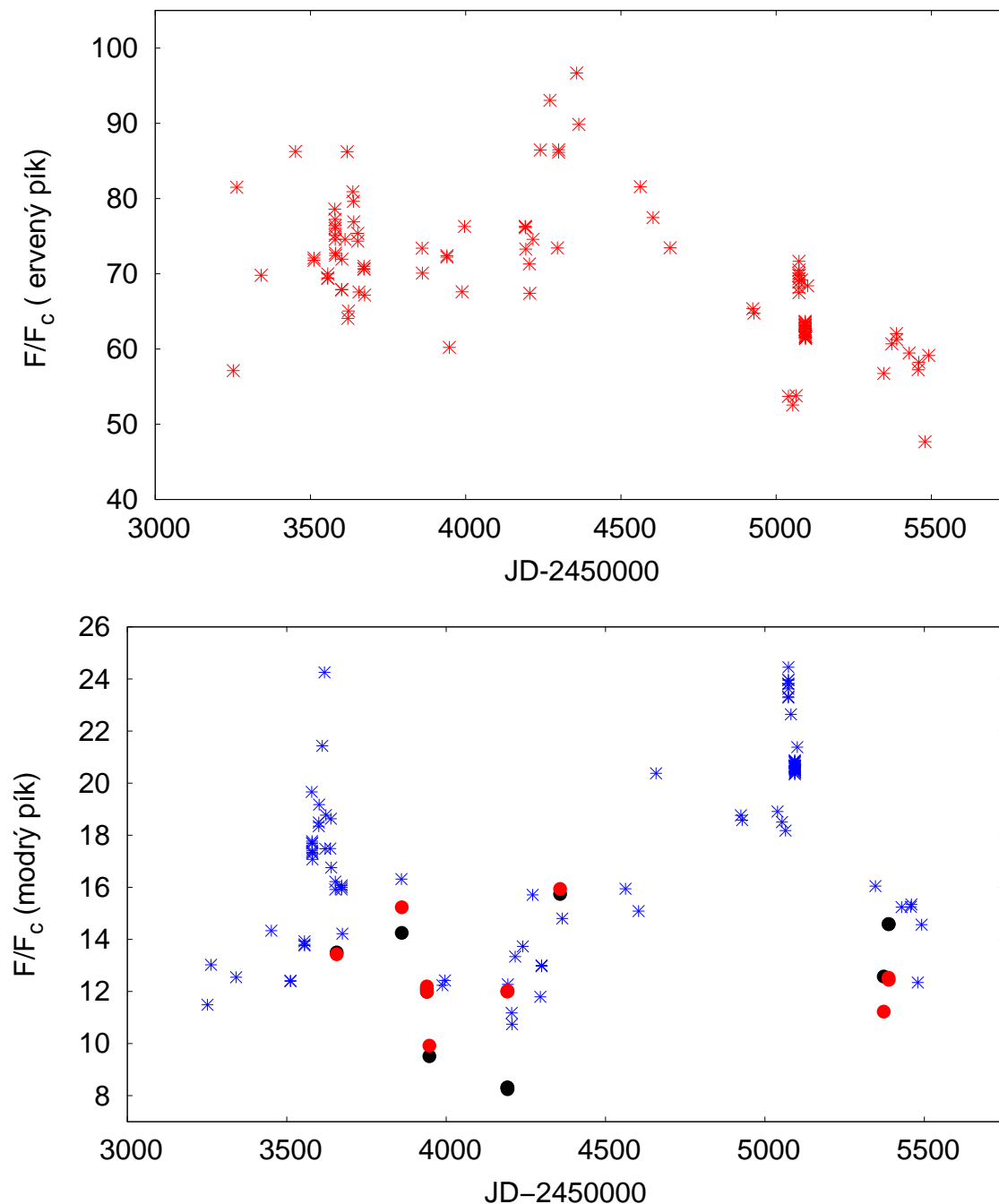
Rozdíl mezi intenzitami jednotlivých píků H α je značný. Zatímco modrý pík má relativní intenzitu (F/F_c) v intervalu od 11 do 25 během celého pozorovacího období, červený pík je čtyřikrát až téměř desetkrát vyšší (v rozmezí od 52 do 97). Veškeré naměřené hodnoty relativních intenzit jsou v tabulce D.2. Závislosti intenzit jednotlivých píků H α na čase jsou zobrazeny na obr. 5.5. Kolečka v obrázku pro modrý pík značí, že je daný pík rozdvojen a že je možné na křivce, kterou byly body tvořící tento pík fitovány, nalézt dva extrémy. Červená barva znázorňuje extrém posunutý více do červené oblasti spektra, černá naopak více do modré oblasti vlnových délek. Je tedy vidět, že např. v JD 2454193 má větší relativní intenzitu pravá část modrého píku, v JD 2455388 naopak levá část modrého píku.

5.2. Spektrální čára $H\alpha$



Obrázek 5.4: Šedá reprezentace čáry $H\alpha$. Na ose x je vlnová délka, na ose y jsou jednotlivá spektra poskládána tak jak byla nasnímána (na obrázku odspodu nahoru). Osa z vyjádřená v odstínech šedi představuje podíl relativního zářivého toku daného spektra a průměru relativních toků ze všech spekter. Černější oblasti odpovídají částem o nižší intenzitě než je průměrná hodnota vypočtená ze všech spekter a naopak bílé oblasti ukazují části o vyšší intenzitě než je průměr. V dolní části je zvětšený výřez pouze modrého píku.

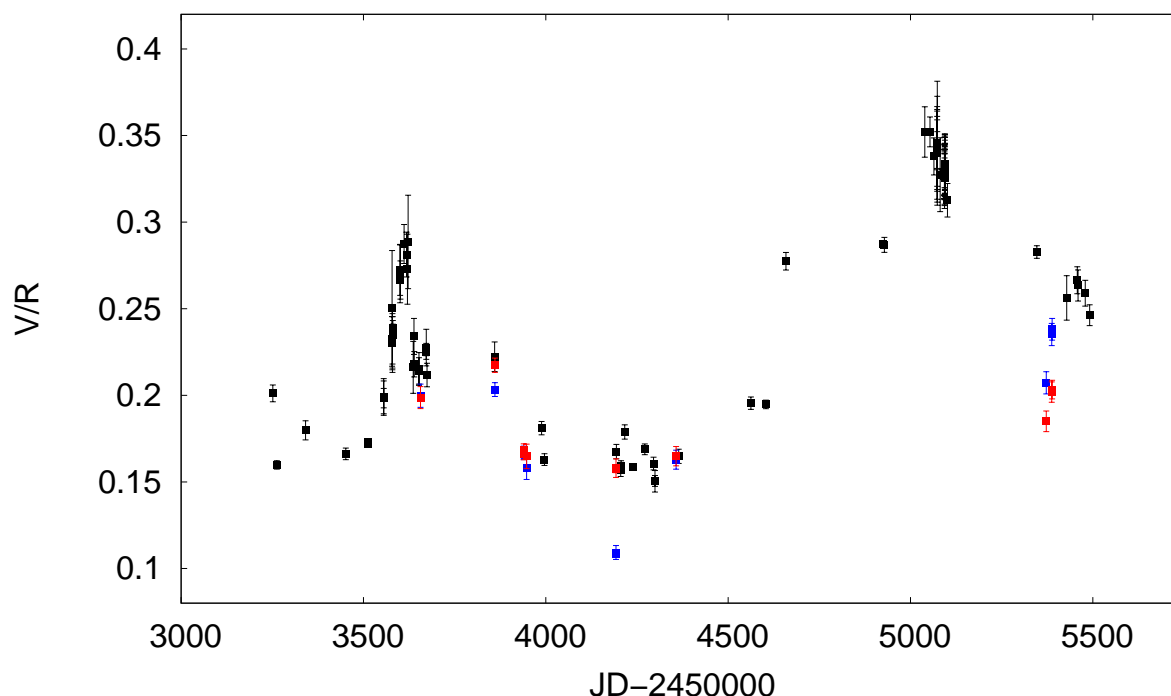
5.2. Spektrální čára $H\alpha$



Obrázek 5.5: Relativní intenzita čáry $H\alpha$ v letech 2004 až 2010. *Nahoře*: Červený pík. *Dole*: Modrý pík. Červená a černá kolečka značí relativní intenzitu jednotlivých částí modrého píku v případě jeho rozdvojení (červeně je vykreslený pík posunutý více do červené oblasti spektra, černě více do modré oblasti vlnových délek).

5.2. Spektrální čára $H\alpha$

Změny V/R jsou zobrazeny na obr. 5.6. Červeně a modře zbarvené body jsou poměry relativních intenzit jednotlivých částí modrého píku a relativní intenzity píku červeného. Hodnoty se v průběhu pozorovaného časového období mění v rozmezí $\sim (0,11$ až $0,35)$. Na první pohled jsou zde zřejmá dvě maxima, která nabývají různých hodnot. Pozice extrémů byly vypočteny opět pomocí programu MAXIPES (Mikulášek a kol., 2006). První maximum odpovídá časovému okamžiku $JD\ 2453614 \pm 2$ a nabývá hodnoty $0,279 \pm 0,004$, druhé maximum je vyšší, $0,333 \pm 0,002$, a odpovídá $JD\ 2455038 \pm 8$. Minimum mezi těmito okamžiky nastává v $JD\ 2454239 \pm 9$ a jeho velikost je $0,159 \pm 0,005$. Interval mezi jednotlivými maximy je (1470 ± 8) dní. Vzhledem k tomu, že námi sledované období (~ 6 let) je vzhledem k délce intervalu (~ 4 roky) příliš krátké, nelze z tohoto údaje soudit, zda se jedná přímo o periodu těchto změn či nikoliv.



Obrázek 5.6: Změny V/R čáry $H\alpha$ v letech 2004 až 2010. Červené a modré body znázorňují poměr relativních intenzit jednotlivých částí modrého píku při jeho rozdělení a relativní intenzity červeného píku.

Změny V/R u hvězdy MWC 342 již dříve pozorovali Miroshnichenko & Corporon (1999) a také Zickgraf (2003), který však hodnoty V/R definoval jako $(F_V - F_{\text{kont}})/(F_R - F_{\text{kont}})$. Jejich naměřené hodnoty jsou v tabulce 5.1. Pověšimněte si, že hodnota uváděná v článku Miroshnichenko & Corporon (1999) je mimo interval naměřených hodnot v této práci. Je tedy zřejmé, že změny V/R mohou být více proměnlivé, než udávají výsledky v této práci.

5.2. Spektrální čára $H\alpha$

Tabulka 5.1: Změny V/R čáry $H\alpha$ předchozích autorů.

Datum	V/R	Odkaz
Srpen 1994	0,19	Miroshnichenko & Corporon (1999)
Listopad 1994	0,27	Miroshnichenko & Corporon (1999)
Srpen 1995	0,37	Miroshnichenko & Corporon (1999)
Září 1987	0,27	Zickgraf (2003)
Červen 2000	0,20	Zickgraf (2003)

5.2.3 Ekvivalentní šířka

Ekvivalentní šířka čáry (EW) je definována jako

$$EW_\lambda = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \left[1 - \frac{F(\lambda)}{F_c(\lambda)} \right] d\lambda, \quad (5.2)$$

kde $F(\lambda)$ představuje tok záření v čáře na vlnové délce λ a $F_c(\lambda)$ je zářivý tok kontinua. Je tedy zřejmé, že pro absorpční čáry je definovaná jako kladná, pro emisní čáry je pak záporná. Lze ji interpretovat jako šířku, kterou by měla spektrální čára obdélníkového tvaru, jenž by absorbovala veškeré záření hvězdy. Plocha toho obdélníku je stejná jako plocha pozorované spektrální čáry. Ekvivalentní šířka je úměrná počtu absorbujících (emitujících) částic. Pokud pozorujeme její změny, můžeme z těchto změn usuzovat na změny podmínek v samotné atmosféře hvězdy (např. změna hustoty, chemického složení, nehomogenity na povrchu), nebo okolohvězdného prostředí (změny obálky).

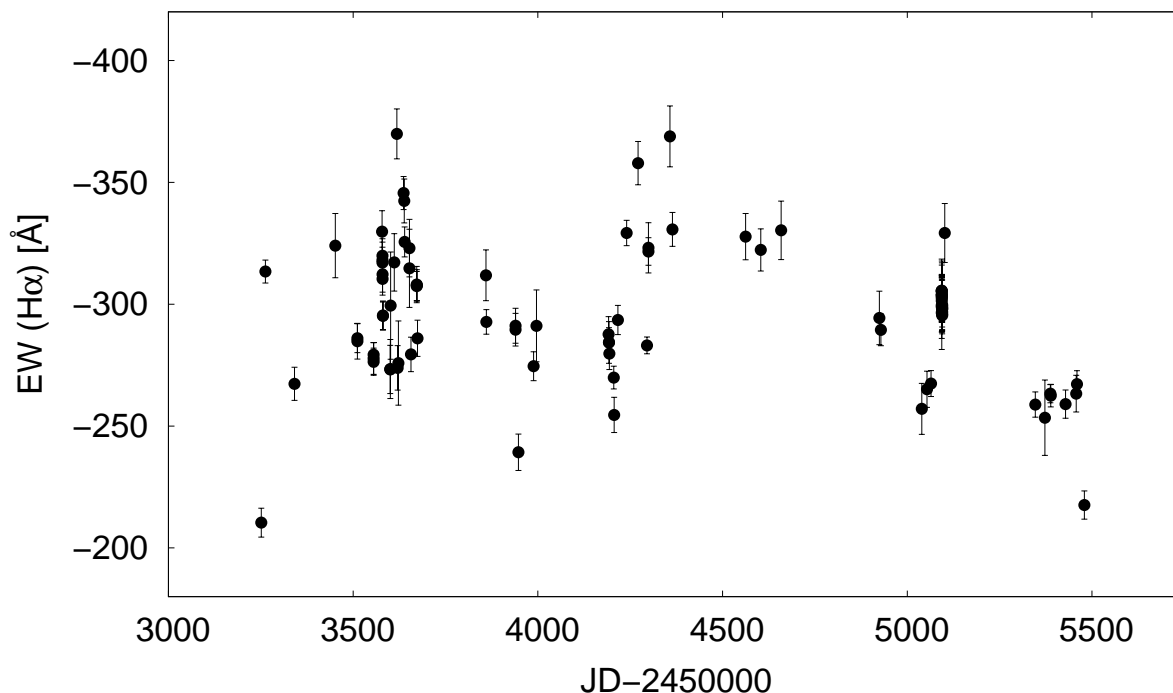
Hodnoty ekvivalentní šířky čáry $H\alpha$ byly získány pomocí programu *equwidth* (Ceniga, 2004), který počítá ekvivalentní šířku čar jako plochu pod křivkou, kterou je daná čára vymezena. Nejistota ekvivalentní šířky byly převzata z Vollmann & Eversberg (2006) a je definována rovnicí 5.3, kde \overline{F}_c je střední tok v kontinuu a \overline{F} střední tok v čáře, $\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1$ a S/N je poměr signál/šum.

$$\sigma(EW_\lambda) = \sqrt{1 + \frac{\overline{F}_c}{\overline{F}}} \cdot \frac{(\Delta\lambda - EW_\lambda)}{S/N} \quad (5.3)$$

Námi změřené ekvivalentní šířky čáry $H\alpha$ (viz tabulka D.2 v příloze) se mění v intervalu (−210 až −370) Å. Grafické znázornění závislosti ekvivalentní šířky na čase je možné vidět na obr. 5.7 a hodnoty extrémů (dvou maxim a jednoho minima), které byly získány pomocí programu MAXIPES jsou uvedeny v tabulce 5.2.

Hodnoty naměřené v předchozích letech jinými autory (Zickgraf (2003) a Miroshnichenko & Corporon (1999)) jsou uvedeny v tab. 5.3.

5.2. Spektrální čára $H\alpha$



Obrázek 5.7: Ekvivalentní šířka čáry $H\alpha$.

Tabulka 5.2: Polohy extrémů ekvivalentních šířek čáry $H\alpha$.

JD	EW [\AA]
2453675 ± 34	-307 ± 5
2454068 ± 19	-267 ± 9
2454444 ± 26	-351 ± 12

5.2.4 Radiální rychlosti

Pozorováním změn radiálních rychlostí (RV) spektrálních čar se můžeme dozvědět různé informace o daném systému jako celku (např. zda-li se nejedná o dvojhvězdný systém apod.). Radiální rychlost jako složka prostorové rychlosti hvězdy ve směru zorného paprsku se měří na základě Dopplerova jevu z posuvu spektrální čáry. Platí, že

$$RV = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} \cdot c, \quad (5.4)$$

kde λ je změřená vlnová délka, λ_0 je laboratorní vlnová délka příslušné čáry a c je rychlost šíření světla. Samotné měření tedy spočívá v určení polohy středu (vrcholu) nebo jiné části čáry. To lze provést několika způsoby. Jednou z možností je proložit body, které nám vy-

5.2. Spektrální čára $H\alpha$

Tabulka 5.3: Ekvivalentní šířky čáry $H\alpha$ předchozích autorů.

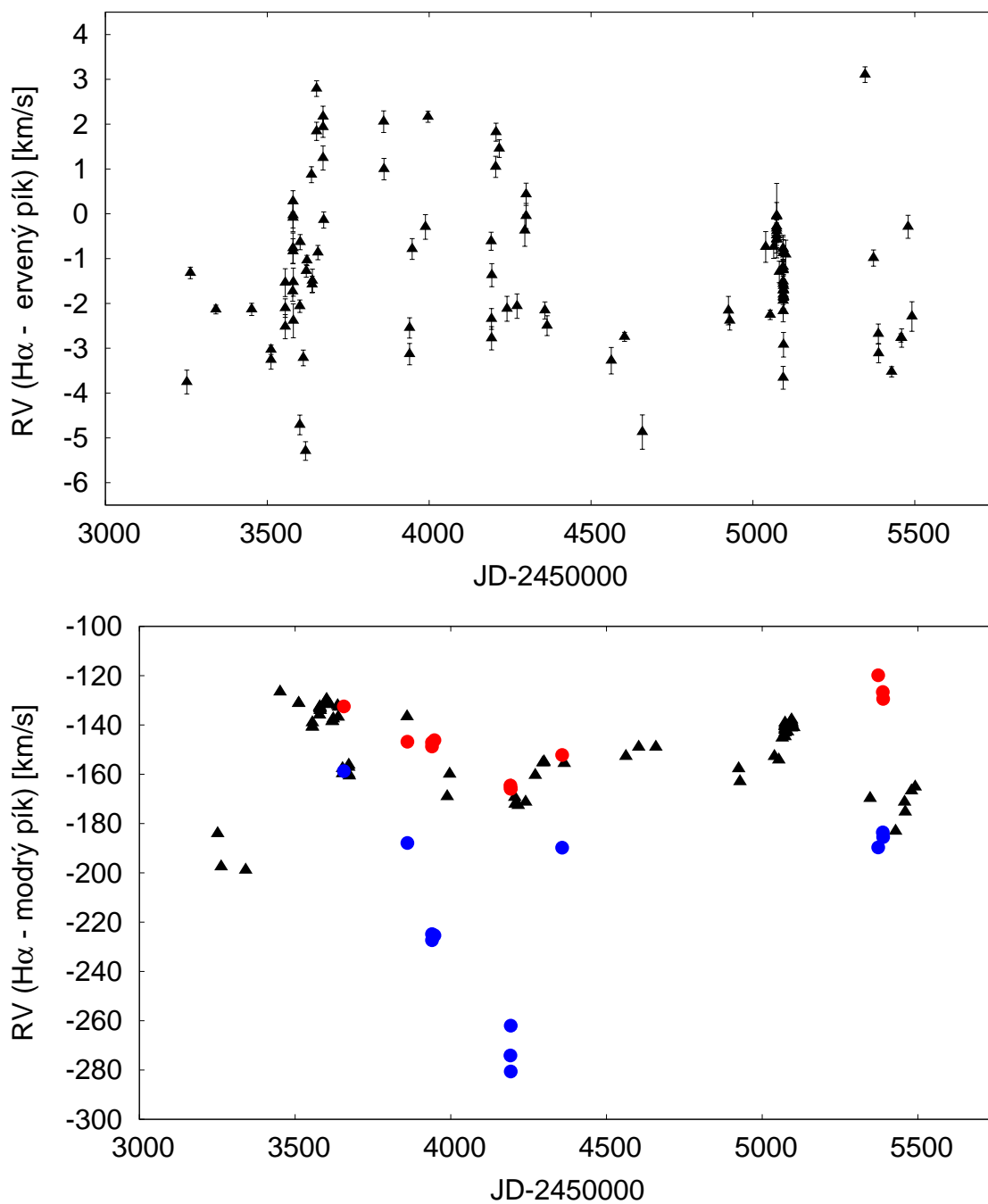
Datum	EW [Å]	Odkaz
Září 1987	-225	Zickgraf (2003)
Červenec 1991	-246	Miroshnichenko & Corporon (1999)
Srpen 1994	-199	Miroshnichenko & Corporon (1999)
Listopad 1994	-170	Miroshnichenko & Corporon (1999)
Srpen 1995	-221	Miroshnichenko & Corporon (1999)
Červen 2000	-240	Zickgraf (2003)

kreslí profil čáry, křivkou (např. Voigtova či Gaussova funkce - s pomocí softwaru IRAF, *deblending*, Massey (1997)). Další možností je proložit profil čáry různými jinými funkcemi (polynomy) a následně hledat extrém této funkce např. pomocí programu MAXIPES (Mikulášek a kol., 2006). V neposlední řadě se nabízí možnost využít metodu zrcadlení, která spočívá v převrácení profilu čáry kolem jejího středu (vlnové délky λ_0 a následného posouvání profilu tak, aby se původní a převrácený profil co nejvíce překrývaly. Každá metoda je vhodná k měření radiálních rychlostí různých částí čáry. Posledně jmenovaná metoda se hodí např. pro měření radiální rychlosti křídel čáry. Vhodnost použití se liší i v tom, jakou čáru konkrétně měříme (zda symetrickou či nikoliv).

Vlnové délky jednotlivých píků (obr. 5.8) a centrální absorpce (obr. 5.9) čáry $H\alpha$ byly získány fitováním čárového profilu s použitím programu MAXIPES (Mikulášek a kol., 2006). Tato metoda se v tomto případě jeví jako nejvhodnější a to z důvodu asymetrie čáry. Proložíme-li nesymetrickou čáru polynomem, jsme schopni lépe vystihnout její profil. To platí jak pro modrý i červený pík čáry $H\alpha$, tak pro její centrální absorpci. Protože se radiální rychlost červeného píku příliš nemění ($-5, 3$ až $+3, 1$) km/s, časová závislost radiální rychlosti samotného modrého píku je velmi podobná časové závislosti průměrné radiální rychlosti celé čáry $H\alpha$ (obr. 5.10). V případě, že je modrý pík jednoduchý, průměrná hodnota radiální rychlosti čáry je vypočtena jako $(RV(\text{modrý}) + RV(\text{červený}))/2$ (vykresleno křížky). Pokud je však rozdvojený (a lze na něm určit dvě maxima, kde jedno je posunuto více do modré a druhé více do červené oblasti vlnových délek), jednotlivé průměrné radiální rychlosti jsou vypočteny jako průměry radiální rychlostí těchto maxim a radiální rychlosti červeného píku (modrá, resp. červená kolečka).

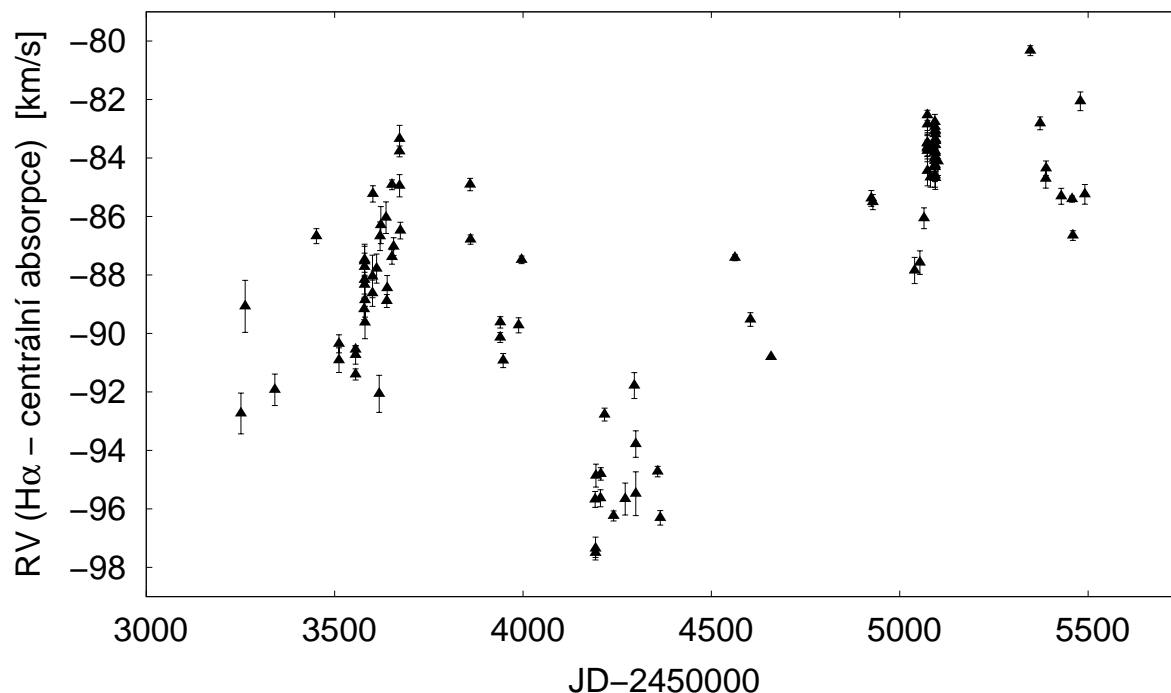
Na obr. 5.8 je dobře vidět, že v případě, kdy hodnota radiální rychlosti modrého píku nabývá minimální hodnoty (~ -130 km/s), dochází k jeho rozdvojení. Zaměříme-li se pouze na radiální rychlosti těchto jednotlivých částí modrého píku, je vidět jejich lineární závislost. Závislost radiální rychlosti na čase části píku, jež je posunutá více do oblasti kratších vlnových délek můžeme popsat rovnicí $RV = -0,2152t + 628,48$, při $R^2 = 0,96$, kde RV představuje radiální rychlost a t čas v JD. (R^2 je tzv. koeficient determinace vyjadřující míru shody mezi proložením a testovanými body. Jeho hodnota se pohybuje v intervalu $\langle 0, 1 \rangle$, přičemž hodnoty jedné nabývá právě v případě úplné shody). Rovnice

5.2. Spektrální čára $H\alpha$



Obrázek 5.8: Radiální rychlost čáry $H\alpha$ v závislosti na čase. *Nahoře*: Červený pík. *Dole*: Modrý pík. Červená a modrá kolečka představují radiální rychlosti jednotlivých částí modrého píku v případě, že je rozdvojený.

5.2. Spektrální čára $H\alpha$



Obrázek 5.9: Radiální rychlost centrální absorpce čáry $H\alpha$ v závislosti na čase.

získaná z proložení závislosti radiální rychlosti na čase pro druhou část píku má tvar $RV = -0,062t + 95,327$, při $R^2 \doteq 0,98$. Bod, ve kterém by se obě dvě přímky protly, odpovídá teoretickému časovému okamžiku rozdvojení modrého píku (JD 2453480).

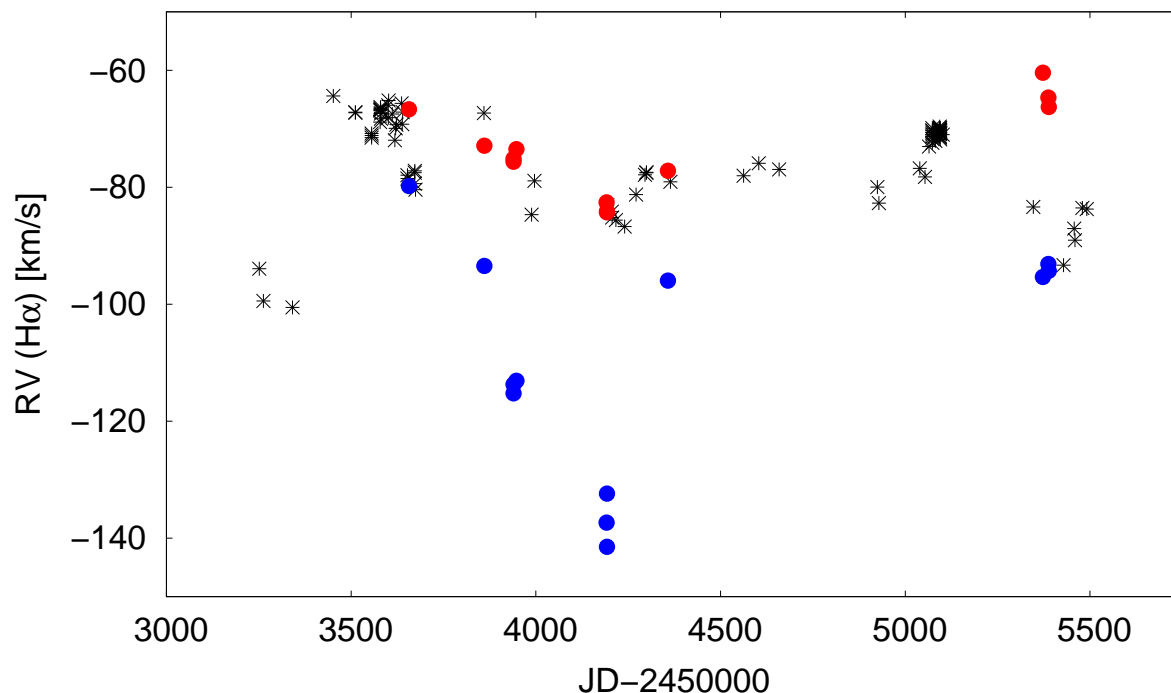
Radiální rychlost centrální absorpce vykazuje změny v rozmezí $\sim(-80$ až $-98)$ km/s. V časové závislosti (obr. 5.9) jsou na první pohled patrné tři extrémy. Dvě maxima a jedno minimum. Jejich pozice získané programem MAXIPES (Mikulášek a kol., 2006) jsou uvedeny v tabulce 5.4.

Tabulka 5.4: Polohy extrémů radiálních rychlostí centrální absorpce čáry $H\alpha$.

JD	RV [km/s]
2453758 ± 8	$-84,5 \pm 0,6$
2454244 ± 17	$-95,7 \pm 0,4$
2455201 ± 22	$-83,5 \pm 0,2$

Radiální rychlosti píků a centrální absorpce čáry $H\alpha$ byly měřeny v minulosti (Miroshnichenko & Corporon, 1999). Ze spekter s vysokým rozlišením získali hodnoty, které jsou uvedeny v tab. 5.5. Všechny tyto hodnoty korespondují s naměřenými hodnotami z on-dřejovských dat (viz tabulka D.1 v příloze).

5.2. Spektrální čára $H\alpha$



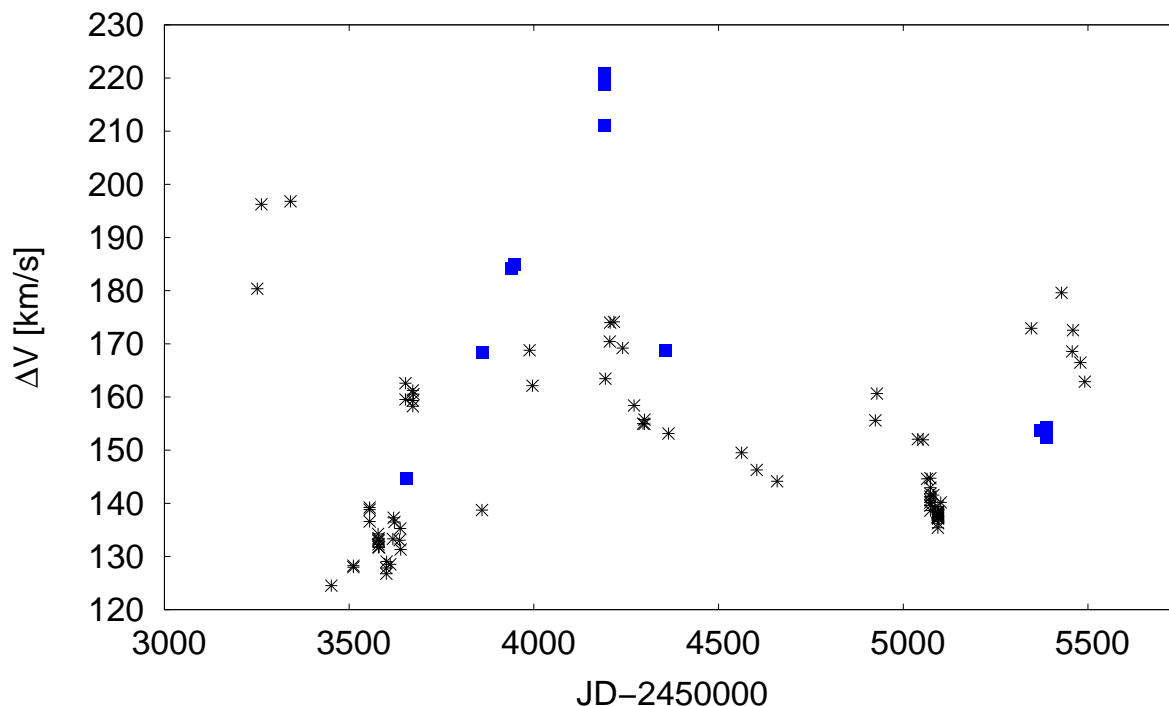
Obrázek 5.10: Průměrná radiální rychlost čáry $H\alpha$ v závislosti na čase. Kolečka představují průměrné radiální rychlosti jednotlivých částí rozdvojeného modrého píku. Červená kolečka části posunuté do červené oblasti vlnových délek, modrá do modré oblasti vlnových délek.

Tabulka 5.5: Radiální rychlosti jednotlivých částí čáry $H\alpha$ (Miroshnichenko & Corporon, 1999).

Datum	červený pík RV [km/s]	modrý pík RV [km/s]	centrální absorpce RV [km/s]
Srpen 1994	-6	-136	-82
Listopad 1994	-11	-149	-88
Srpen 1995	-7	-133	-83

Informace o vnějším prostředí (okolohvězdné obálce, příp. kinematice disku) nám může podat rozdíl radiálních rychlostí červeného a modrého píku, tzv. *peak separation* (obr. 5.11). Pokud se hodnoty této veličiny nebudou v průběhu času měnit nebo se budou měnit periodicky, lze o systému říct, že se mění jako celek. Pokud jsou však tyto změny nepravidelné, lze soudit, že jsou vyvolány změnami pouze v určitých oblastech (např. nehomogenitami) nebo že se v okolohvězdném prostředí mění fyzikální podmínky.

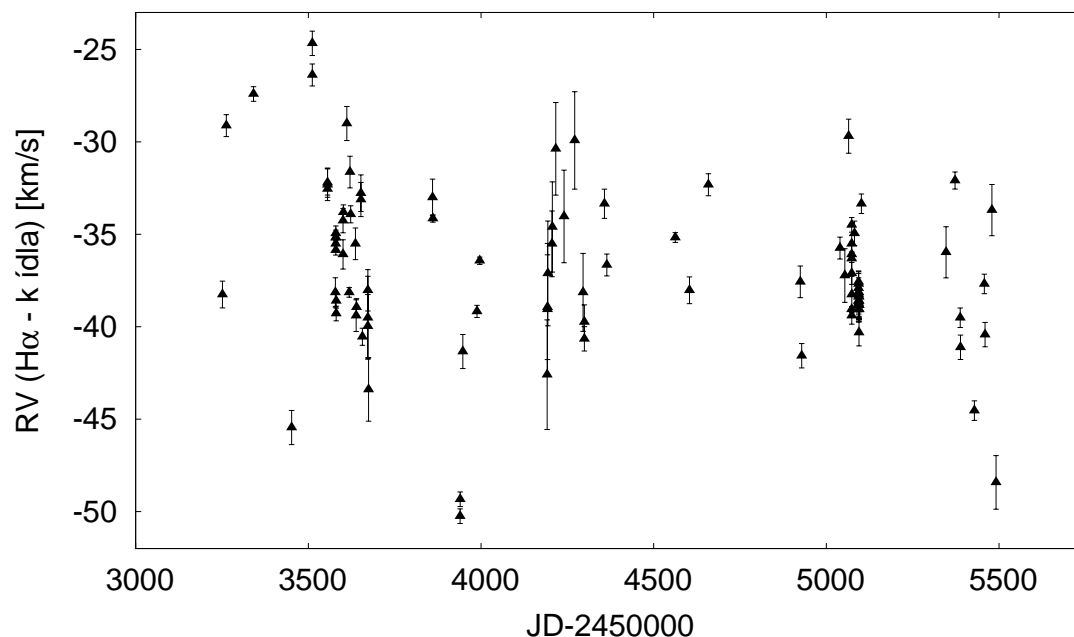
5.2. Spektrální čára $H\alpha$



Obrázek 5.11: Rozdíl radiálních rychlostí červeného a modrého píku (tzv. *peak separation*).

Radiální rychlosti křídel čáry (obr. 5.12) byly určeny metodou zrcadlení použitím programu SPLAT (Spectral Analysis Tool; Draper & Taylor (2009)). Profil čáry $H\alpha$ jako u hvězdy MWC 342 v křídlech dosti symetrický, a tak je použití této metody velmi vhodné. Metoda spočívá v tom, že se snažíme postupným posouváním zrcadleného profilu čáry vzhledem k původnímu nepřevrácenému profilu dosáhnout jejich nejlepšího (co největšího) překrytí. Při samotném měření nebylo jednoduché určit, zda v jedné poloze je překryv větší než v jiné poloze. Vytvořil se nám tedy určitý interval, o kterém lze s určitostí říct, že někde uvnitř tohoto intervalu největší překryv nastává. Samotnou hodnotu radiální rychlosti lze poté vypočítat jako průměr radiálních rychlostí, které odpovídají koncovým bodům daného intervalu. Nejistoty radiálních rychlostí byly v tomto případě určeny kvalifikovaným odhadem – na interval, který nám určuje rozmezí, v kterém se nachází hodnota radiální rychlosti, se můžeme dívat jako na dílek, který nejsme schopni zmenšit, neboť nejsme schopni určit polohu maximálního překrytí s vyšší přesností. Pak nejistotu můžeme určit jako polovinu dílku podělenou hodnotou odpovídající danému typu rozdělení. V našem případě lze soudit, že se zde jedná o rozdělení rovnoměrné, neboť konvenční (pravá) hodnota radiální rychlosti se může nacházet se stejnou pravděpodobností v celém intervalu. V našem případě byla tedy polovina intervalu podělena odmocninou ze třech.

5.3. Spektrální čára $H\beta$



Obrázek 5.12: Radiální rychlost křídel čáry $H\alpha$ v závislosti na čase.

5.3 Spektrální čára $H\beta$

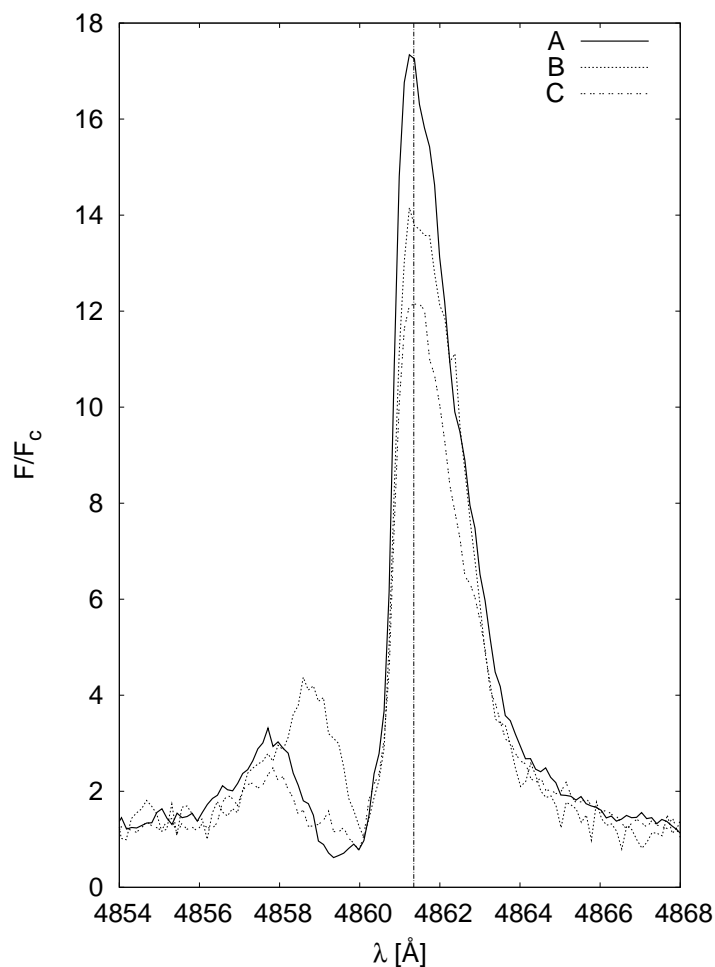
Čára $H\beta$ je svým vzhledem velmi podobná čáře $H\alpha$. Je tvořena dvěma emisními píky s centrální absorpcí, pouze s tím rozdílem, že centrální absorpce je mnohem nižší, v některých případech klesá až pod úroveň kontinua. Bohužel, v této oblasti vlnových délek máme k dispozici pouze čtyři nasnímaná spektra, přičemž jedno je natolik zašumělé, že ho nelze pro další analýzy vůbec použít. Profily čáry ze všech zbývajících spekter jsou na obr. 5.13. Relativní intenzita je stejně jako u $H\alpha$ velmi rozdílná, a to jak u červeného tak modrého píku. Relativní intenzita čáry $H\beta$ byla měřena již v minulosti (Kuan & Kuhi, 1975).

Hodnoty relativních intenzit a radiálních rychlostí byly v této studii zjišťovány pomocí programu MAXIPES (Mikulášek a kol., 2006) a jsou uvedeny v tabulkách 5.6 a 5.7.

Tabulka 5.6: Relativní intenzita čáry $H\beta$.

JD	červený pík F/F_c	modrý pík F/F_c	centrální absorpce F/F_c
2453262,49	$17,51 \pm 0,13$	$3,14 \pm 0,06$	$0,601 \pm 0,067$
2453511,53	$12,37 \pm 0,15$	$2,37 \pm 0,07$	$0,786 \pm 0,031$
2454697,50	$13,98 \pm 0,14$	$4,28 \pm 0,96$	$1,038 \pm 0,011$

5.4. Spektrální čára helia He I 6 678 Å



Obrázek 5.13: Profil čáry H β . Přerušovaná čára uprostřed obrázku znázorňuje laboratorní vlnovou délku čáry.

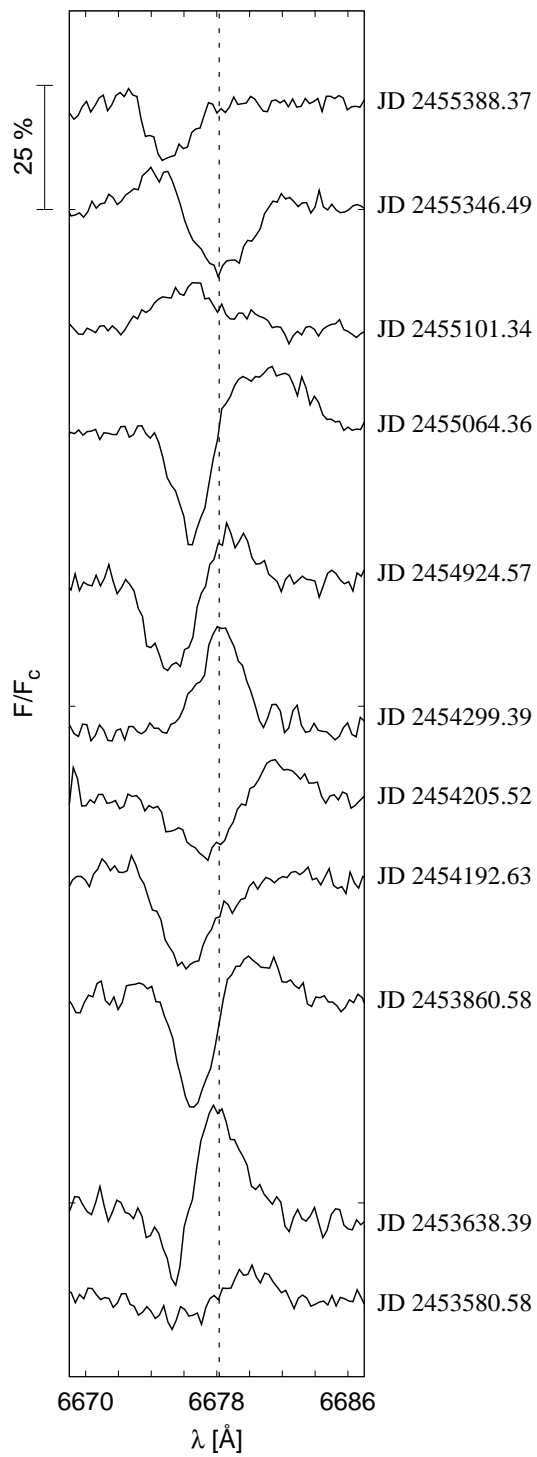
Tabulka 5.7: Radiální rychlosti čáry H β .

JD	červený pík RV [km/s]	modrý pík RV [km/s]	centrální absorpce RV [km/s]
2453262,49	$-7,15 \pm 0,63$	$-219,0 \pm 1,5$	$-123,7 \pm 2,0$
2453511,53	$-0,6 \pm 1,9$	$-216,2 \pm 2,4$	$-82,81 \pm 0,79$
2454697,50	$-3,6 \pm 1,6$	$-161,0 \pm 1,9$	$-76,67 \pm 0,16$

5.4 Spektrální čára helia He I 6 678 Å

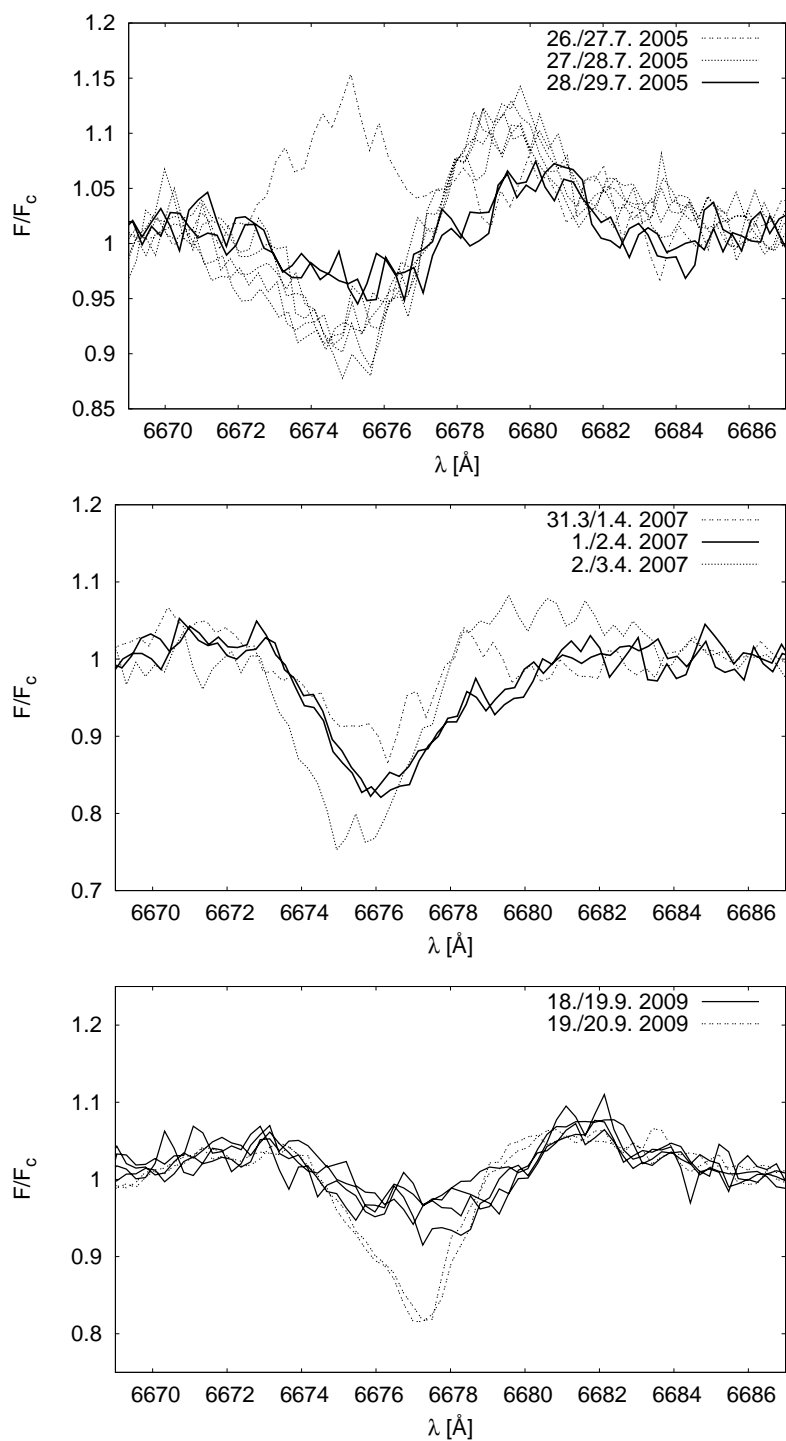
Čára helia (He I 6 678 Å) patří k jedné z nejzajímavějších čar ve viditelné oblasti spektra. Její tvar je velice proměnlivý, od absorpce přes P Cygni profil až po čáru čistě emisní.

5.4. Spektrální čára helia He I 6 678 Å



Obrázek 5.14: Vybrané profily čáry He I (6 678 Å).

5.4. Spektrální čára helia He I 6 678 Å



Obrázek 5.15: Změny profilu čáry He I 6 678 Å během několika po sobě jdoucích nocí v letech 2005, 2007 a 2009.

5.5. Spektrální čáry kovů

Zatímco P Cygni profil byl pozorován již dříve (Andrillat & Jaschek, 1999) v našich datech byl objeven i inverzní P Cygni profil (JD 2454192,63, JD 2455246,49 a JD 2455388,37). Obr. 5.14 ukazuje několik vybraných profilů čáry, na obr. B.1 v příloze B jsou pak vykreslena všechna spektra pomocí šedé reprezentace. Změny v profilu čáry byly pozorovány především na krátkých časových intervalech. Profily heliové čáry během několika po sobě jdoucích nocí z let 2005, 2007 a 2009 se měnily ze dne na den, avšak během jediné noci viditelné změny nalezeny nebyly. Pravděpodobně je to dané nedostatečným rozlišením a lze předpokládat, že ve spektrech s lepším rozlišením by mohly být objeveny i změny v rámci jedné noci, tedy řádově minut či hodin.

Stejně chování jako má tato čára by se dalo předpokládat i u jiných čar helia, např. na vlnové délce 5876 Å. Bohužel, spektrum v této oblasti vlnových délek bylo nasnímáno pouze jednou (JD 2453611). Z podobnosti profilů v jednom případě však nelze domněnku, že by tomu tak mohlo být vždy, rozšířit do obecné roviny.

5.5 Spektrální čáry kovů

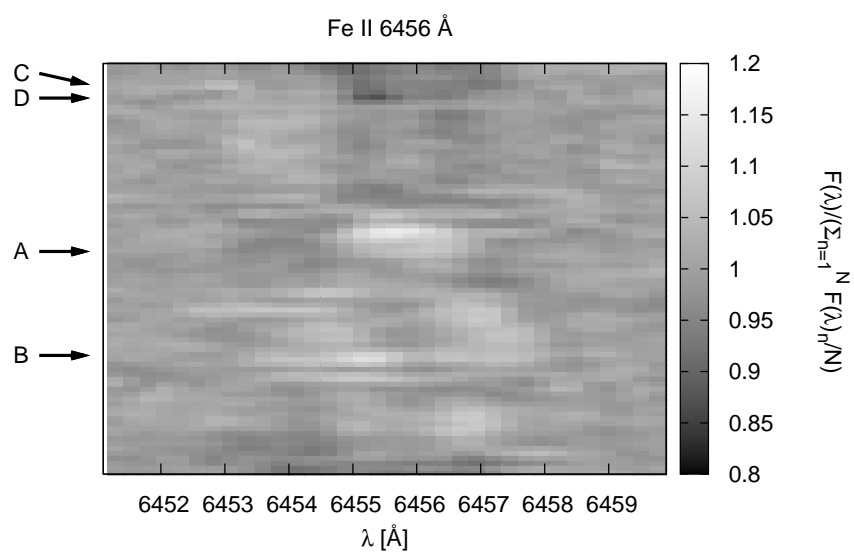
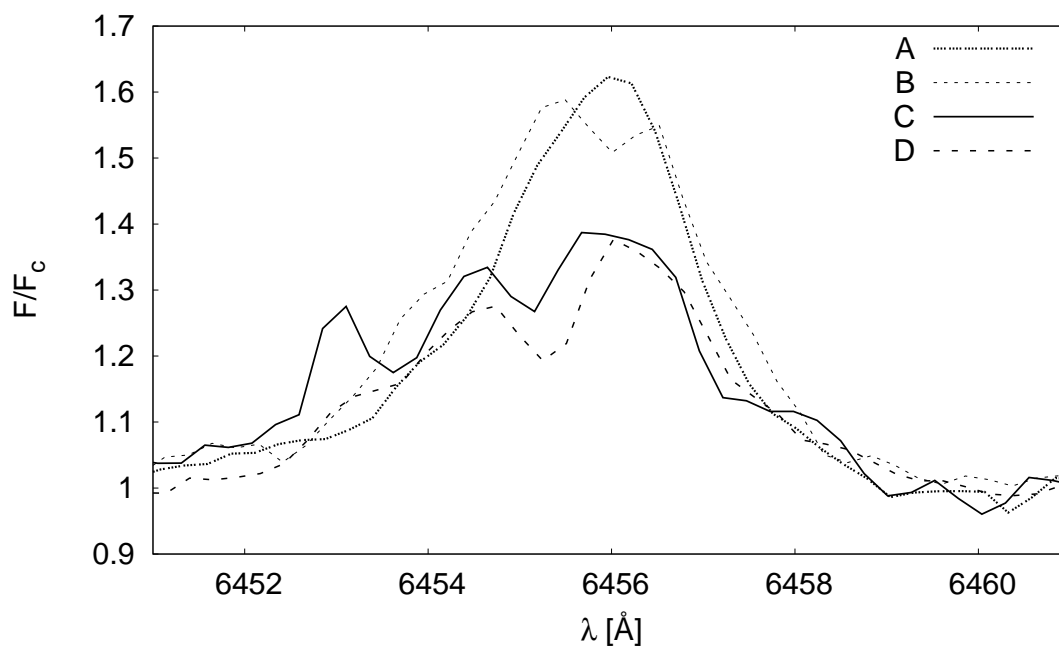
Ve viditelné oblasti spektra hvězdy MWC 342 je možné kromě výrazné čáry $H\alpha$ najít další emisní čáry. Většinou se jedná o neutrální nebo jednou ionizované čáry kovů (Fe II, Si II, He I), ale najdeme zde i zakázané čáry dusíku [N II] a kyslíku [O I].

Radiální rychlosti čar kovů byly tentokrát měřeny s využitím softwaru IRAF (Massey, 1997) metodou zvanou *deblending*. Spočívá v tom, že se jednoduchým proložením čáry vhodnou funkcí (Gaussova, Voigtova) získá poloha vrcholu čáry a následně se spočítá její radiální rychlost. Použití této metody se u čar kovů jeví jako vhodnější a to z jednoho prostého důvodu. Abychom mohli použít stejně jako u $H\alpha$ program MAXIPES (Mikulášek a kol., 2006), kde se čára fituje vhodnou funkcí s následným hledáním extrémů pomocí nulových prvních derivací, je důležité, aby čára byla vykreslena dostatečným množstvím bodů. U čar kovů však tato skutečnost splněna není, a proto byla radiální rychlost čar kovů měřena právě pomocí *deblendingu*. K prokládání pak byla použita Voigtova funkce. Ekvivalentní šířky čar kovů byly měřeny stejně jako u $H\alpha$ programem *equwidth* (Ceniga, 2004). U spekter, která byla velmi zašumnělá, nebylo někdy vůbec možné proložit čáru fitovací křivkou. Proto nebylo ani možné určit její radiální rychlost. V těchto případech se v tabulkách (příloha C), kde jsou naměřené hodnoty uvedeny, objevuje znaménko „–“. Pokud je v tabulkách naopak nějaké číslo v závorce, značí to sice opět zašumnělost spektra, ale tentokrát jsou to případy, kdy daná měřená veličina sice spočítat šla, ale její nejistota je mnohem větší než u ostatních spekter. Z tohotu důvodu nebyly tyto hodnoty do dalších analýz vůbec zahrnuty a nejsou tedy ani zakresleny v grafech.

5.5.1 Spektrální čáry železa

Ve viditelné oblasti spektra se nachází několik čar neutrálního a jednou ionizovaného železa (Fe I a Fe II). Pouze čtyři čáry jednou ionizovaného železa (6318 Å, 6384 Å, 6443 Å a 6456 Å) jsou však natolik intenzivní, že jsou vhodné k dalším analýzám. U všech těchto

5.5. Spektrální čáry kovů

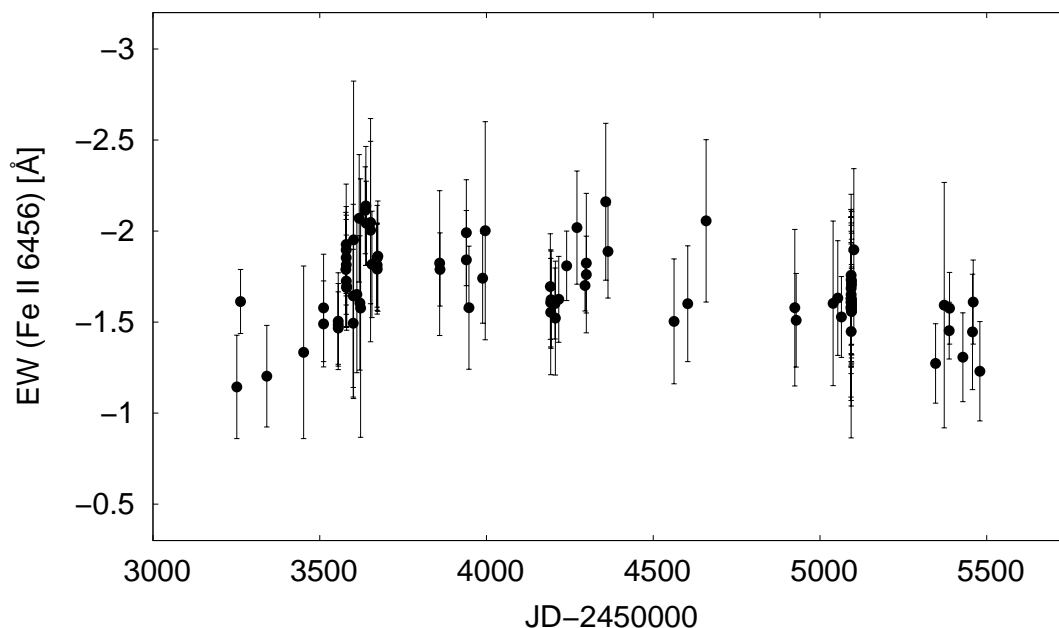


Obrázek 5.16: Změny čáry Fe II (6 456 Å). *Nahoře*: Vybrané čárové profily, *dole*: šedá reprezentace. A = JD 2454240, 39; B = JD 2453638, 39; C = JD 2455388, 37; D = JD 2455346, 49.

čtyř čar byly měřeny jejich ekvivalentní šířky a radiální rychlosti. Veškeré naměřené hodnoty lze nalézt v tabulkách D.5 a D.6 v příloze. Nejzajímavější čarou železa (co se profilu týče) je Fe II na vlnové délce 6 456 Å. Její profil se během pozorovaného období mění od čisté emise téměř Gaussovského profilu (JD ~2454240) po čáru rozštěpenou na dva

5.5. Spektrální čáry kovů

(JD ~ 2453638) a dokonce až na tři (JD ~ 2455388) píky o stejných či různých intenzitách (obr. 5.16). Závislost její ekvivalentní šířky na čase je zakreslena v obr. 5.17. Z obrázku je zřejmé, že změna ekvivalentní šířky není nijak výrazná a pokud bychom chtěli hledat nějaké extrém, hovořit by se dalo pouze o velmi nevýrazném maximu. Podobné je to u zbylých třech čar. Hodnoty těchto maxim byly získány programem MAXIPES (Mikulášek a kol., 2006) a jejich hodnoty jsou uvedeny v tabulce 5.8.



Obrázek 5.17: Ekvivalentní šířka čáry železa Fe II 6 456 Å.

Tabulka 5.8: Maxima ekvivalentních šířek čar Fe II.

Čára	JD	EW [Å]
Fe II 6 318 Å	2453262,49	$-7,15 \pm 0,63$
Fe II 6 384 Å	2453511,53	$-0,6 \pm 1,9$
Fe II 6 443 Å	2453511,53	$-0,6 \pm 1,9$
Fe II 6 456 Å	2454697,50	$-3,6 \pm 1,6$

Chování zbylých třech vybraných čar železa (jak šedé reprezentace tak závislosti ekvivalentních šířek na čase) můžete vidět v příloze B, obr. B.2 až B.11.

I přesto, že si jsou čáry jednou ionizovaného železa ve svém chování velmi podobné (časová závislost ekvivalentních šířek, vykreslení v šedých reprezentacích), jedna čára se

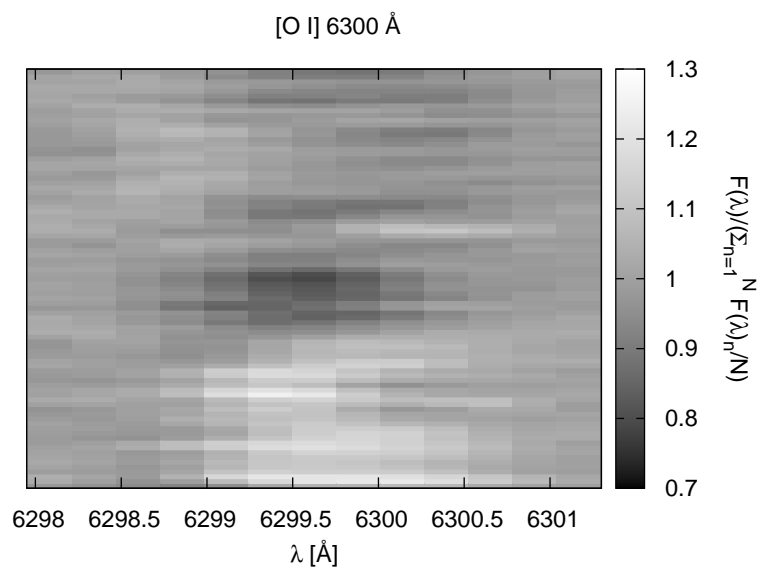
5.5. Spektrální čáry kovů

přesto od ostatních liší. Jedná se o čáru Fe II nacházející se na vlnové délce 6384 Å. Její odlišnost spočívá v radiálních rychlostech. Téměř všechny zkoumané čáry mají radiální rychlosti v intervalu $\sim(-15$ až $-55)$ km/s, čára Fe II 6384 Å má však radiální rychlosti od +10 km/s do -25 km/s. Je těžké říci jakou mají radiální rychlosti těchto čar vůbec vypovídací hodnotu, neboť jak již bylo řečeno dříve jejich profil je hodně komplikovaný a fitování pomocí Voigtovy funkce nám do výpočtu vnáší velké chyby. Lze se však také domnívat, že by tato čára mohla být špatně zidentifikována. Laboratorní vlnová délka, ke které se poloha čáry vztahuje, je při výpočtu radiálních rychlostí velice důležitá, a pokud je určena špatně, chybně mohou být spočteny i radiální rychlosti.

5.5.2 Spektrální čáry kyslíku

Jednou z charakteristických vlastností hvězd typu B[e] je přítomnost zakázaných čar v jejich spektrech. Mezi dvě nejsilnější zakázané čáry ve viditelné oblasti spektra hvězdy MWC 342 patří čáry kyslíku na vlnových délkách 6300 Å a 6364 Å. Prvně zmiňovaná je pak zároveň druhou nejintenzivnější čárou v celé oblasti kolem čáry H α .

I přesto, že čára [O I] 6300 Å byla v minulosti pozorována rozštěpená s výraznějším modrým píkem (Zickgraf, 2003), profil nejen této čáry, ale obou dvou těchto kyslíkových čar, je po celou dobu našeho pozorovaného období jednoduchý a žádné rozštěpení pozorováno nebylo. Čáry jako takové se ale mění. Mění se jejich intenzity stejně jako ekvivalentní šířky nebo radiální rychlosti.



Obrázek 5.18: Čára kyslíku [O I] 6300 Å vykreslená v šedé reprezentaci.

5.5. Spektrální čáry kovů

Čára [O I] 6 300 Å je čarou téměř třikrát intenzivnější než je [O I] 6 364 Å. Změny její intenzity jsou dobře zachyceny v šedé reprezentaci na obr. 5.18. Ekvivalentní šířka této čáry se mění v intervalu od -1,5 Å do -3,3 Å zatímco u [O I] 6 364 Å pouze v rozmezí od -0,55 Å do -1,1 Å. Porovnáme-li to s předchozí prací od Zickgrafa (2003), který získal pro [O I] 6 300 Å hodnotu -3,9 Å je zřejmé, že variabilita této veličiny je v průběhu let mnohem větší, než jaká byla zaznamenána během téměř sedmi let prezentovaných v této práci.

Čára [O I] 6 364 Å se chová velmi podobně jako čára [O I] 6 300 Å. Trendy jednotlivých měřených veličin jsou podobné, liší se víceméně jen hodnotami, neboť čáry nejsou obě stejně silné. Čára [O I] 6 364 Å vykreslená v šedé reprezentaci, stejně jako grafy časových závislostí měřených veličin, tj. ekvivalentních šířek a radiálních rychlostí jsou uvedeny v příloze B – obr. B.18 až obr. B.21. V grafech obou čar jsou na první pohled patrné tři extrémy. Vždy dvě maxima a jedno minimum, přičemž každé maximum nabývá v rámci jedné čáry vždy jiné velikosti. Hodnoty těchto extrémů byly získány programem MAXIPES (Mikulášek a kol., 2006) a jsou uvedeny v tabulce 5.9. V úsecích, v kterých se nacházejí minima, však nejsou k dispozici bohužel žádná napozorovaná data, a tak tomu odpovídají velikosti nejistot, s kterými byly tyto okamžiky zjištěny. V časovém rozmezí od JD ~ 2455100 až ~ 2455350 , kde by se možná dala předpokládat další minima, také nebyla nasnímána žádná spektra, a tak hovořit zde o extrému by byla pouhá spekulace.

Tabulka 5.9: Extrémy hodnot ekvivalentních šířek čar [O I] 6 300 Å a [O I] 6 364 Å.

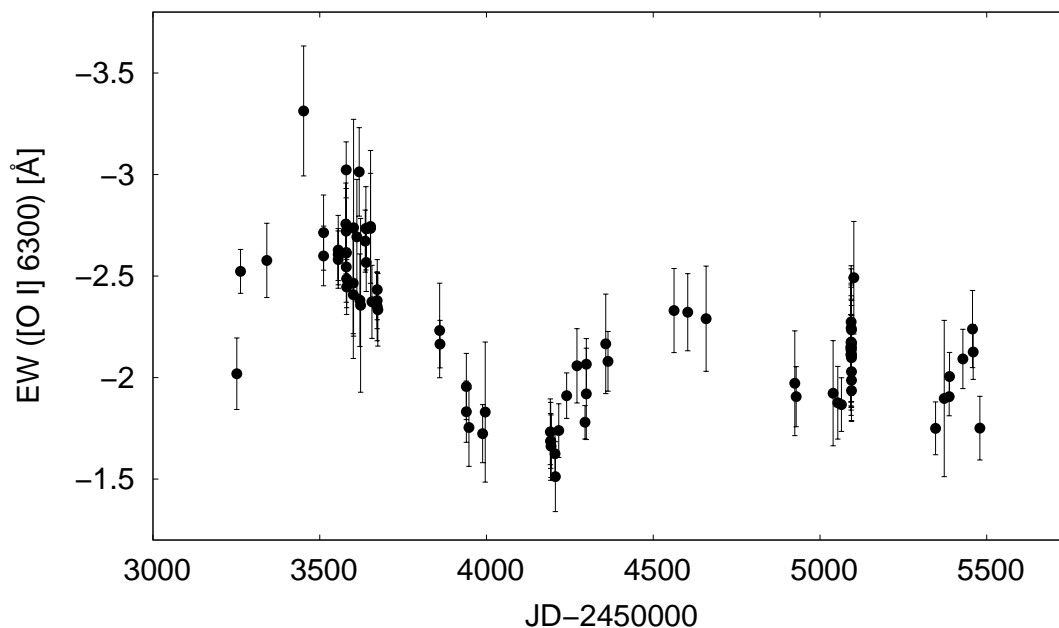
Čára	JD	EW [Å]
[O I] 6 300 Å	2453427 ± 24	$-2,88 \pm 0,16$
[O I] 6 300 Å	2454098 ± 12	$-1,64 \pm 0,05$
[O I] 6 300 Å	2454537 ± 24	$-2,33 \pm 0,04$
[O I] 6 364 Å	2453449 ± 26	$-1,03 \pm 0,04$
[O I] 6 364 Å	2454078 ± 23	$-0,65 \pm 0,02$
[O I] 6 364 Å	2454578 ± 36	$-0,88 \pm 0,03$

Radiální rychlosti zakázaných kyslíkových čar se mění v rozmezích $(-27 \div -35)$ km/s pro [O I] 6 300 Å (obr. B.20) a $(-25 \div -36)$ km/s pro [O I] 6 364 Å (obr. B.21). Žádná periodicitu nebo alespoň nějaký trend však nebyl v těchto datech nalezen.

5.5.3 Spektrální čáry křemíku

Čáry křemíku byly ve spektru hvězdy MWC 342 identifikovány na vlnových délkách 6 347 Å a 6 371 Å. Obě dvě čáry vykazují podobné vlastnosti jak v šedých reprezentacích, ekvivalentních šířkách tak i v radiálních rychlostech, ale ani v jednom případě nelze vysledovat nějaký trend. Ekvivalentní šířky se mění velice málo, téměř jsou v rámci nejistot neměnné.

5.5. Spektrální čáry kovů



Obrázek 5.19: Ekvivalentní šířka čáry [O I] 6300 Å.

U radiálních rychlostí naopak můžeme hovořit o velkých změnách, v kterých však nelze vysledovat žádnou periodicitu. Naměřené hodnoty ekvivalentních šířek a radiálních rychlostí jsou uvedeny v tabulce D.4 v příloze. Samotné obrázky a grafy je možné nalézt v příloze B. Šedé reprezentace – obr. B.12 a B.13, ekvivalentní šířky – obr. B.14 a B.15, radiální rychlosti – obr. B.16 a B.17.

Kapitola 6

Závěr

Tato práce je zaměřena na studium spektroskopických dat hvězdy typu B[e] s označením MWC 342 (V 1972 Cyg). V rámci studie byla v průběhu let 2004 – 2010 nasnímána, zredukována a následně analyzována spektra získaná na observatoři v Ondřejově, zejména pak v oblasti (6265 – 6775) Å (104 spekter). Tato data představují dosud nejrozsáhlejší analyzovaný soubor spekter této hvězdy a nejdelší souvislou časovou řadu spektroskopických pozorování objektu typu B[e].

V nasnímaných spektrech bylo vybráno několik emisních čar, u kterých byly měřeny radiální rychlosti a ekvivalentní šířky. V rámci analýz byla věnována větší pozornost zejména spektrální čáře $H\alpha$, vykazující po celou dobu výrazně rozdvojený profil, a čáře He I na vlnové délce 6 678 Å, charakteristické výraznými změnami profilu v průběhu sledovaného období.

Spektrální charakteristiky čar vykazují jak rychlé změny v řádech dnů, tak pomalé změny v řádech několika let. Krátkodobé změny jsou nápadné zejména u čáry He I 6 678 Å, u které se profil mění od čisté absorpce přes P Cygni profil až po čistou emisi (obr. 5.14 a 5.15). Ve třech spektrech byl nalezen také inverzní P Cygni profil, který je doprovázen poklesem intenzity všech ostatních čar. Změny v profilech byly nalezeny víceméně u všech čar (obr. 5.4, 5.16, 5.18, B.2 - B.4, B.12, B.13 a B.18). Při porovnání jednotlivých profilů bylo nalezeno několik níže uvedených závislostí.

- Chování čar stejných ionizačních stupňů jednoho chemického prvku je vždy podobné; tj. pokud se například změní profil u jedné křemíkové čáry, podobným způsobem se změní i u další křemíkové čáry.
- Zvýšení intenzity železných a křemíkových čar (jasný bod dobře viditelný např. na obr. 5.16) je dáno právě změnou profilu, kdy se dvojitý profil mění na profil téměř Gaussovský. Tyto změny nastávají při maximální intenzitě červeného píku čáry $H\alpha$ (\sim JD 2454357).
- Čáry kyslíku dosahují maximální intenzity v okamžiku, kdy dochází ke zjasnění čáry $H\alpha$ (\sim JD 2453618).

6. Závěr

- Čáry kyslíku mají minimální intenzitu ve stejné době, kdy mají svou minimální intenzitu čáry křemíku (\sim JD 2454206).
- Pokles intenzity čar kyslíku a křemíku je spojený s poklesem intenzity modrého píku čáry $H\alpha$ (\sim JD 2454206).

Dlouhodobé změny se objevují především u ekvivalentních šířek a radiálních rychlostí emisních čar. Nejvýraznější změny lze pozorovat u ekvivalentních šířek čáry $H\alpha$ (obr. 5.7) a čar kyslíku (obr. 5.19 a B.19), které ve sledovaném období vykazují podobné trendy se dvěma maximy a jedním minimem (tabulky 5.2 a 5.9).

Změny ekvivalentních šířek čar železa (obr. 5.17, B.5 - B.7) a křemíku (obr. B.14 a B.15) jsou oproti $H\alpha$ a kyslíku minimální. Maximálních ekvivalentních šířek dosahují čáry kyslíku a křemíku současně. Se změnou ekvivalentních šířek se vždy mění i intenzita jednotlivých čar, přičemž maximální intenzity dosahují čáry při své maximální ekvivalentní šířce. Pozorované změny v poměrech ekvivalentních šířek čar velmi závisí na tom, vzhledem ke které spektrální čáře jsou vztaheny. Nápadné změny pozorujeme u poměrů čar kyslíku a $H\alpha$ (obr. B.22), kde je náhlý počáteční pokles následován postupným vzestupem hodnot. U poměrů ekvivalentních šířek čar křemíku s čárou $H\alpha$ lze vypořadovat pozvolný sestup a následný mírný vzestup hodnot. V případě železa jsou pak změny velmi malé a poměry ekvivalentních šířek zůstávají téměř konstantní. Výjimkou je pouze čára Fe II 6456 Å, kde hodnoty během sledovaného období nejprve postupně narůstají, následně klesají a ke konci jsou víceméně konstantní. Výraznější změny u všech čar se projeví i v závislostech vztahených k čáře Fe II 6456 Å (obr. B.23) nebo [O I] 6300 Å (obr. B.25).

V případě radiálních rychlostí byly nejvýraznější změny zaznamenány u čáry $H\alpha$. V závislosti radiální rychlosti centrální absorpce čáry $H\alpha$ na čase lze pozorovat (podobně jako u ekvivalentních šířek) dvě maxima a jedno minimum (tab. 5.4). Minimum radiální rychlosti nastává zároveň s minimem poměru intenzity modrého a červeného píku. Vzhledem k tomu, že radiální rychlosti křídel čáry se mění nepravidelně, lze předpokládat, že změny profilu čáry (a tedy poměr V/R) jsou nejspíš dány stejnými příčinami, které jsou zodpovědné za změnu radiální rychlosti centrální absorpce.

Zajímavá je zejména časová závislost radiálních rychlostí, především pak modrého píku $H\alpha$, která je dána změnami jeho profilu. Ten se mění od čistě jednoduchého po složitější struktury s více či méně nápadnými „hrbolkami“ (obr. 5.3). Z grafu 5.8 je patrné, že radiální rychlosti jeho jednotlivých částí (v případě, že je viditelně rozdvojen) se v časovém období od počátku pozorování do \sim JD 2454200 mění lineárně. Z toho plyne, že se nemůže jednat o korotující struktury v obálce či disku hvězdy. Na základě odlišností směrnic přímků proložených oběma závislostmi (RV (modrý „hrbolek“) a RV (červený „hrbolek“)) byla doba teoretického rozdělení odhadnuta na JD 2453480. Tento průběh radiálních rychlostí by mohl být způsoben oddělením části hmoty a jejím odtokem z hvězdy.

Krátkodobé změny jsou v našich spektrech pozorovány v čáře He I 6678 Å, která se tvoří v hlubších vrstvách obálky. Na chování vrstev ve vzdálenějších oblastech je možné usuzovat zejména ze změn profilů emisních čar železa. Tyto profily by se daly vysvětlit

6. Závěr

složením dvou P Cygni profilů, které by mohly vznikat v důsledku různě rychlého pohybu jednotlivých rozpínajících se částí obálky.

V okrajových vrstvách obálky hvězdy s minimální hustotou látky už patrně nedochází k žádným významným změnám jak ukazuje stálost radiálních rychlostí a Gaussovský profil zakázaných čar kyslíku vznikajících právě v této oblasti. Přítomnost inverzního P Cygni profilu u čáry He I 6678 Å a posun jeho absorpční části do červené oblasti vlnových délek naznačuje možný dopad látky na hvězdu. Naopak, radiální rychlosti jednotlivých struktur modrého píku mohou indikovat odtok látky pryč z hvězdy. Tyto protichůdné tendence je možné vysvětlit hvězdným větrem podporovaným pulsacemi objektu. Pro tuto hypotézu svědčí i skutečnost, že při výskytu inverzního P Cygni profilu ve spektrech mají všechny čáry náhle menší intenzitu, která může být způsobena změnami záření v kontinuu danými např. změnou poloměru hvězdy.

Dodatek A

Redukce spekter

A.1 Parametry programu Wojteka Pycha

Parametr zvýrazněný tučným písmem představuje hodnotu iterací, které mají být při čištění spektra od kosmiků provedeny. Vzhledem k tomu, že se po několika iteracích vzhled spektra již nemění, nemá zvyšování hodnoty parametru smysl. Za optimální jsme považovali níže uvedenou hodnotu.

```
signed // data type [signed/unsigned]
9      // x-radius of the box (size = 2 * radius)
9      // y-radius of the box (size = 2 * radius)
5     // Maximal number of cleaning passes
3.0    // Threshold (in STDDEV)
0      // Dispersion axis: 0 - no dispersion, 1 - X, 2 - Y
1.0    // Lower radius of region for replacement statistics
3.0    // Upper radius of region for replacement statistics
1      // Growing radius
1      // Verbose level [0,1,2]
END
```

A.2. Parametry tasku apall balíku kpnoslit

A.2 Parametry tasku apall balíku kpnoslit

Zde jsou uvedeny všechny parametry tasku apall s konkrétními hodnotami, které se při testech zadávaly. Tučně vyznačené parametry jsou ty, na kterých se zjišťovalo, který parametr bude nejlepší a kurzívou vyznačené parametry jsou ty, které se při zpracovávání spekter zadávají podle toho, jak kterému spektru vyhovují (např. rozsah ořezání spektra nemusí být vždy stejný).

```
PACKAGE = kpnoslit
TASK = apall

(input = vstupni_soubor) List of input images
(output = výstupní_soubor) List of output spectra
(apertur = 1) Apertures
(format = multispec) Extracted spectra format
(referen = ) List of aperture reference images
(profile = ) List of aperture profile images

(interac = yes) Run task interactively?
(find = yes) Find apertures?
(recente = yes) Recenter apertures?
(resize = no) Resize apertures?
(edit = yes) Edit apertures?
(trace = yes) Trace apertures?
(fittrac = yes) Fit the traced points interactively?
(extract = yes) Extract spectra?
(extras = no) Extract sky, sigma, etc.?
(review = yes) Review extractions?

(line = INDEF) Dispersion line
(nsum = 10) Number of dispersion lines to sum or median

# DEFAULT APERTURE PARAMETERS

(lower = -25.) Lower aperture limit relative to center
(upper = 25.) Upper aperture limit relative to center
(apidtab = ) Aperture ID table (optional)

# DEFAULT BACKGROUND PARAMETERS

(b_func = funkce) Background function
(b_order = řád_funkce) Background function order
(b_sampl = -65:-45,50:85) Background sample regions
(b_naver = 5) Background average or median
(b_niter = 20) Background rejection iterations
(b_low_r = 3.) Background lower rejection sigma
(b_high_ = 3.) Background upper rejection sigma
(b_grow = 0.) Background rejection growing radius
```

A.2. Parametry tasku apall baliku kpnoslit

```

# APERTURE CENTERING PARAMETERS

(width      =          5.) Profile centering width
(radius     =         10.) Profile centering radius
(thresho   =          0.) Detection threshold for profile centering

# AUTOMATIC FINDING AND ORDERING
PARAMETERS

nfind      =          1  Number of apertures to be found automatically
(minsep    =          5.) Minimum separation between spectra
(maxsep    =        1000.) Maximum separation between spectra
(order     =  increasing) Order of apertures

# RECENTERING PARAMETERS

(aprecen   =          ) Apertures for recentering calculation
(npicks    =  INDEF)    Select brightest peaks
(shift     =          yes) Use average shift instead of recentering?

# RESIZING PARAMETERS

(llimit    =  INDEF)    Lower aperture limit relative to center
(ulimit    =  INDEF)    Upper aperture limit relative to center
(ylevel    =          0.1) Fraction of peak or intensity for automatic width
(peak      =          yes) Is ylevel a fraction of the peak?
(bkg       =          yes) Subtract background in automatic width?
(r_grow    =          0.) Grow limits by this factor
(avglimi   =          no) Average limits over all apertures?

# TRACING PARAMETERS

(t_nsum    =          10) Number of dispersion lines to sum
(t_step    =          10) Tracing step
(t_nlost   =          3) Number of consecutive times profile is lost before
(t_funct   =  legendre) Trace fitting function
(t_order   =          2) Trace fitting function order
(t_sampl   =          *) Trace sample regions
(t_naver   =          5) Trace average or median
(t_niter   =         20) Trace rejection iterations
(t_low_r   =          3.) Trace lower rejection sigma
(t_high_r  =          3.) Trace upper rejection sigma
(t_grow    =          0.) Trace rejection growing radius

# EXTRACTION PARAMETERS

(backgro   =          fit) Background to subtract
(skybox    =          1) Box car smoothing length for sky
(weights   =  none)    Extraction weights (none|variance)
(pfit      =  fit1d)   Profile fitting type (fit1d|fit2d)

```

A.3. Parametry tasku continuum balíku onedspec

(clean	=	no)	Detect and replace bad pixels?
(saturat	=	INDEF)	Saturation level
(readnoi	=	7.)	Read out noise sigma (photons)
(gain	=	1.07)	Photon gain (photons/data number)
(lsigma	=	3.)	Lower rejection threshold
(usigma	=	3.)	Upper rejection threshold
(nsubaps	=	1)	Number of subapertures per aperture
(mode	=	ql)	

A.3 Parametry tasku continuum balíku onedspec

Při normování průběhu kontinua byly zadávány tyto parametry. Tučně jsou vyznačeny ty z nich, které se při rektifikaci spekter měnily z důvodu zjištění nejlepšího proložení a kurzívou pak ty, které jsou specifické pro dané konkrétní spektrum.

PACKAGE	=	onedspec	
TASK	=	continuum	
<i>input</i>	=	vstupni_soubor	<i>Input images</i>
<i>output</i>	=	výstupní_soubor	<i>Output images</i>
(lines	=	*)	Image lines to be fit
(bands	=	1)	Image bands to be fit
(type	=	ratio)	Type of output
(replace	=	no)	Replace rejected points by fit?
(wavesca	=	yes)	Scale the X axis with wavelength?
(logscal	=	no)	Take the log (base 10) of both axes?
(overrid	=	no)	Override previously fit lines?
(listonl	=	no)	List fit but don't modify any images?
(logfile	=	logfile)	List of log files
(interac	=	yes)	Set fitting parameters interactively?
(<i>sample</i>	=	@body_kontinua)	<i>Sample points to use in fit</i>
(naverag	=	1)	Number of points in sample averaging
(functio	=	funkce)	Fitting function
(order	=	řád_funkce)	Order of fitting function
(low_rej	=	3.)	Low rejection in sigma of fit
(high_re	=	3.)	High rejection in sigma of fit
(niterat	=	10)	Number of rejection iterations
(grow	=	1.)	Rejection growing radius in pixels
(markrej	=	yes)	Mark rejected points?
(graphic	=	stdgraph)	Graphics output device
(cursor	=)	Graphics cursor input
(ask	=	yes	
(mode	=	ql)	

A.4 Polynomické funkce užívané v IRAFu

Čebyševovy polynomy

Čebyševovy polynomy jsou ortogonální polynomy na intervalu $\langle -1, 1 \rangle$ s váhovou funkcí $w(x) = (1-x^2)^{-1/2}$ a lze je vyjádřit rekurentním vztahem $T_{n+1}(x) = 2xT_n(x) - T_{n-1}(x)$, kde $n \in \mathbb{N}$.

A.4. Polynomické funkce užívané v IRAFu

Platí tedy, že

$$\begin{aligned}T_0(x) &= 1 \\T_1(x) &= x \\T_2(x) &= 2x^2 - 1 \\T_3(x) &= 4x^3 - 3x \\&\vdots\end{aligned}$$

Legendrovy polynomy

Legendrovy polynomy jsou ortogonální polynomy na intervalu $\langle -1, 1 \rangle$ s váhovou funkcí $w(x) = 1$. Splňují rekurentní vztah $P_{n+1}(x) = \frac{2n+1}{n+1}xP_n(x) - \frac{n}{n+1}P_{n-1}(x)$, kde $n \in \mathbb{N}$.

Platí tedy, že

$$\begin{aligned}P_0(x) &= 1 \\P_1(x) &= x \\P_2(x) &= \frac{3}{2}x^2 - \frac{1}{2} \\P_3(x) &= \frac{5}{2}x^3 - \frac{3}{2}x \\&\vdots\end{aligned}$$

Lineární splajn

Je-li na síti uzlů $a = x_0 < x_1 < \dots < x_{n-1} < x_n = b$ pro každý uzel předepsána hodnota y_i , pak nejjednodušším způsobem aproximace těchto bodů je jejich spojení lomenou čarou. Lineárním splajnem nazýváme funkci $S_{11}(x)$, jež splňuje následující vlastnosti:

1. $S_{11}(x)$ je lineárním polynomem na každém intervalu $\langle x_i, x_{i+1} \rangle$, kde $i = 0, \dots, n-1$,
2. $S_{11}(x) \in \mathbb{C}\langle a, b \rangle$ (tj. je spojitou funkcí),
3. $S_{11}(x_i) = y_i$, $i = 0, \dots, n$.

Lineární splajn $S_{11}(x)$ má pak v každém bodě x intervalu $\langle a, b \rangle$ tvar

$$S_{11}(x) = \frac{x_{i+1} - x}{x_{i+1} - x_i} \cdot y_i + \frac{x - x_i}{x_{i+1} - x_i} \cdot y_{i+1}, \text{ pro } x \in \langle x_i, x_{i+1} \rangle.$$

Kubický splajn

Kubický splajn je splajn 3. stupně a patří mezi nejpobulárnější interpolující splajny obecně. Mějme síť uzlů $a = x_0 < x_1 < \dots < x_{n-1} < x_n = b$ a pro každý uzel x_i , $i = 0, \dots, n-1$ necht' jsou předepsány hodnoty y_i . Kubickým splajnem nazýváme funkci $S_{31}(x)$ splňující následující vlastnosti:

1. $S_{31}(x)$ je kubickým polynomem na každém intervalu $\langle x_i, x_{i+1} \rangle$, kde $i = 0, \dots, n-1$,
2. $S_{31}(x) \in \mathbb{C}^2\langle a, b \rangle$ (tj. ve vnitřních uzlech x_i , $i = 1, \dots, n-1$ má spojitě derivace až do 2. řádu),
3. $S_{31}(x_i) = y_i$, $i = 0, \dots, n$.

K jednoznačnému určení kubického splajnu je nutné přidat ještě dvě tzv. okrajové podmínky některého z následujících typů:

1. $S'_{31}(a) = m_0, S'_{31}(b) = m_n$ (jasně určené první derivace na okrajích)

A.4. Polynomické funkce užívané v IRAFu

2. $S_{31}''(a) = M_0, S_{31}''(b) = M_n$ (jasně určené druhé derivace na okrajích),
3. $S_{31}'(a) = S_{31}'(b), S_{31}''(a) = S_{31}''(b)$ při splnění $S_{31}(a) = S_{31}(b)$ (podmínka periodičnosti).

Kubický splajn lze vyjádřit pomocí prvních nebo druhých derivací. Zde uvádím pouze první možnost. Pro $x \in \langle x_i, x_{i+1} \rangle$ platí:

$$S_{31}(x) = \left(\frac{x_{i+1} - x}{x_{i+1} - x_i} \right)^2 \cdot \frac{x_{i+1} + 2x - 3x_i}{x_{i+1} - x_1} \cdot y_i + \left(\frac{x - x_i}{x_{i+1} - x_i} \right)^2 \cdot \frac{3x_{i+1} - 2x - x_i}{x_{i+1} - x_1} \cdot y_{i+1} + (x_{i+1} - x_1) \cdot \frac{x - x_i}{x_{i+1} - x_i} \cdot \frac{x_{i+1} - x}{x_{i+1} - x_i} \cdot \left(\frac{x_{i+1} - x}{x_{i+1} - x_i} \cdot m_i - \frac{x - x_i}{x_{i+1} - x_i} \cdot m_{i+1} \right).$$

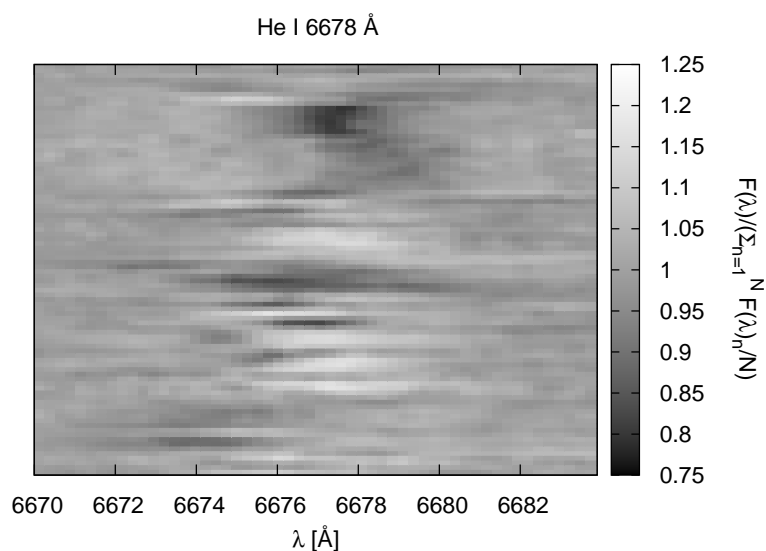
Hodnoty m_i, m_{i+1} se určí tak, aby druhá derivace $S_{31}''(x)$ byla spojitou funkcí na celém intervalu $\langle a, b \rangle$.

V této příloze bylo čerpáno z <http://mathworld.wolfram.com/OrthogonalPolynomials.html>, Píchová (2010) a Stárková (2006).

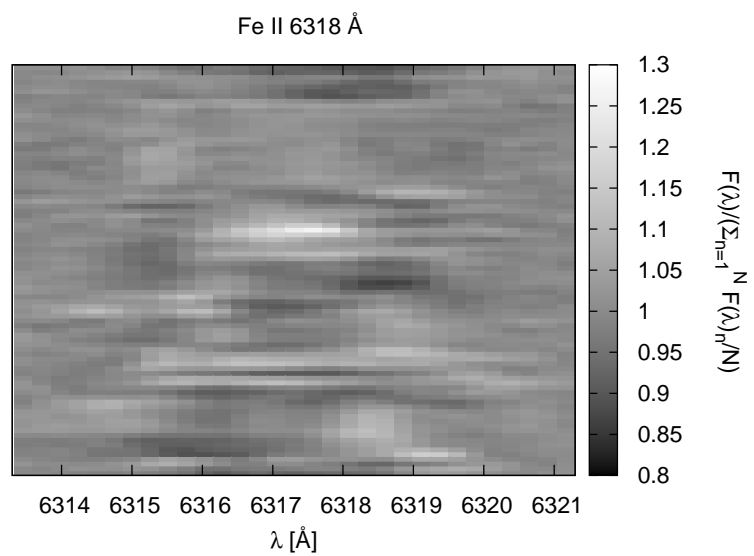
Dodatek B

Obrázky a grafy

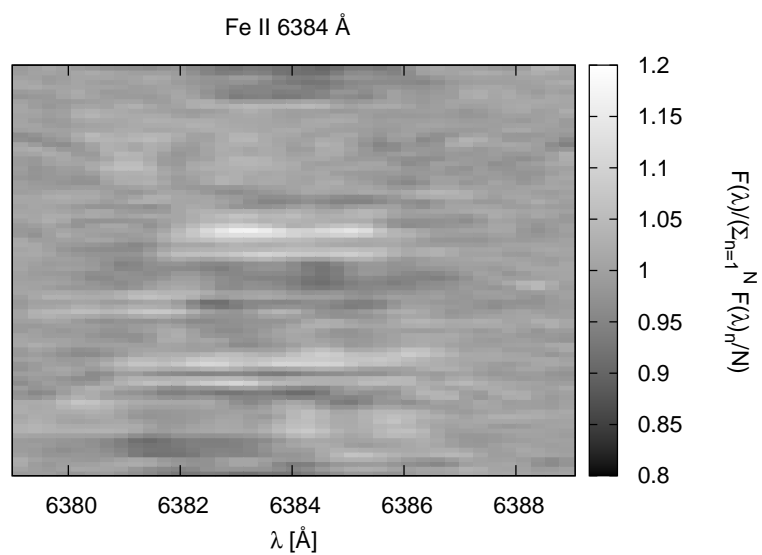
Obrázky vykreslené pomocí šedých reprezentací představují 3D grafy znázorňující změny profilů spektrálních čar. Na ose x je vlnová délka, na ose y jsou jednotlivá spektra poskládána podle toho tak jak byla nasnímána (od nejstaršího spektra v dolní části obrázku po novější spektra směrem nahoru), přičemž se nebere v potaz to, jak dlouhý časový interval byl mezi pořízením jednotlivých spekter. Na ose z je podíl relativního zářivého toku daného spektra a průměru relativních toků ze všech spekter (výraz 5.1 v kapitole 5.2). Tmavé odstíny na obrázku představují místa s nižším relativním tokem záření než má spektrum vytvořené zprůměrováním všech spekter, světlé odstíny naopak s vyšším relativním tokem záření než má průměrné spektrum.



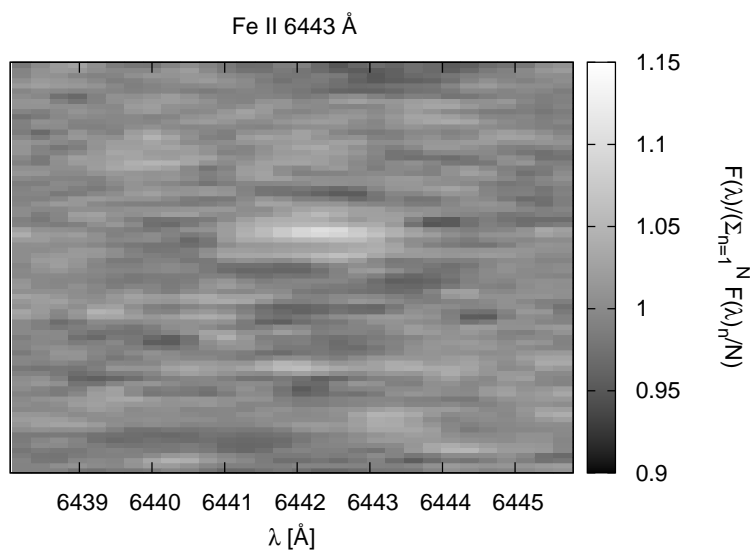
Obrázek B.1: Čára He I 6678 Å vykreslená v šedé reprezentaci.



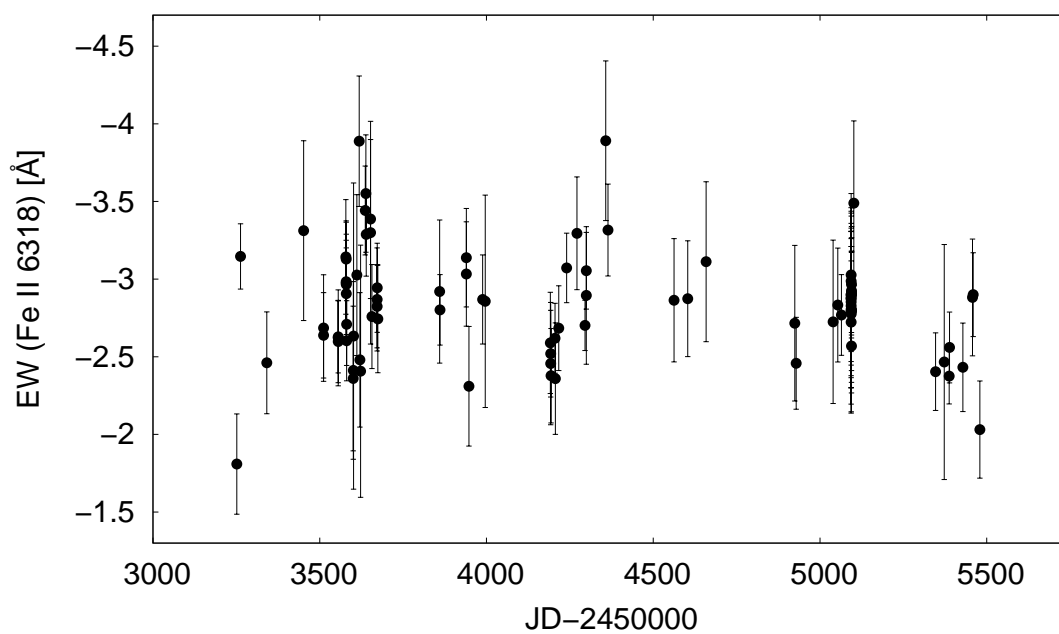
Obrázek B.2: Čára železa Fe II 6318 Å vykreslená v šedé reprezentaci.



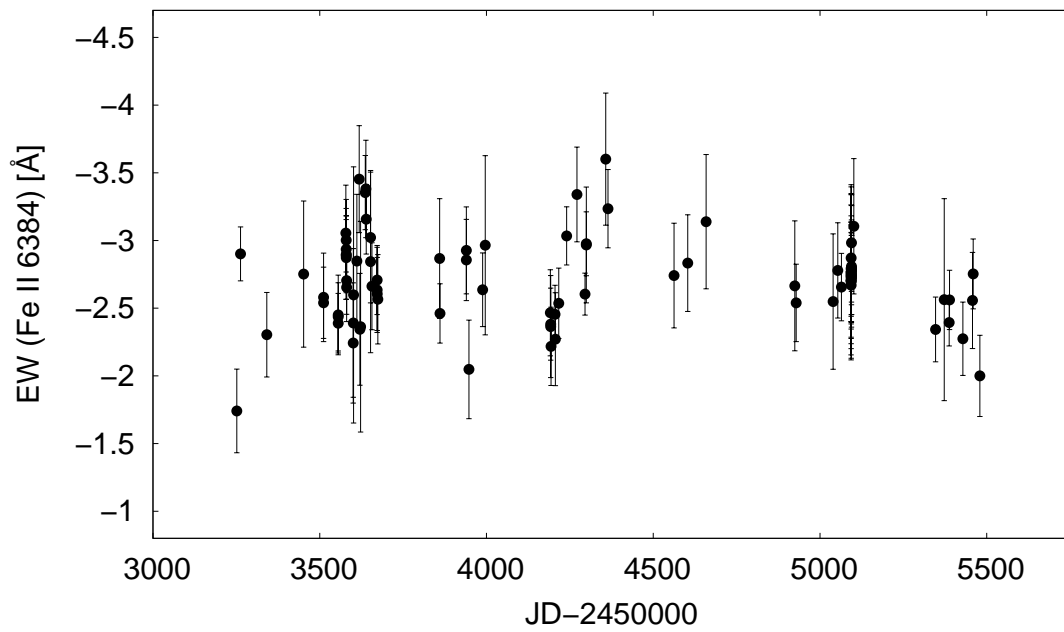
Obrázek B.3: Čára železa Fe II 6384 Å vykreslená v šedé reprezentaci.



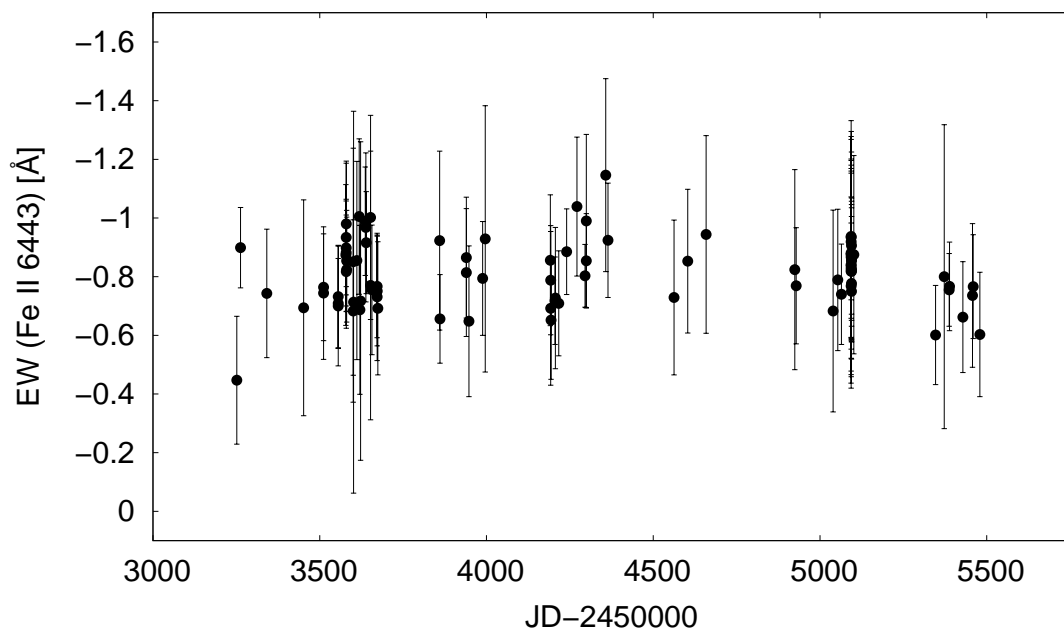
Obrázek B.4: Čára železa Fe II 6 443 Å vykreslená v šedé reprezentaci.



Obrázek B.5: Ekvivalentní šířka čáry Fe II 6 318 Å.

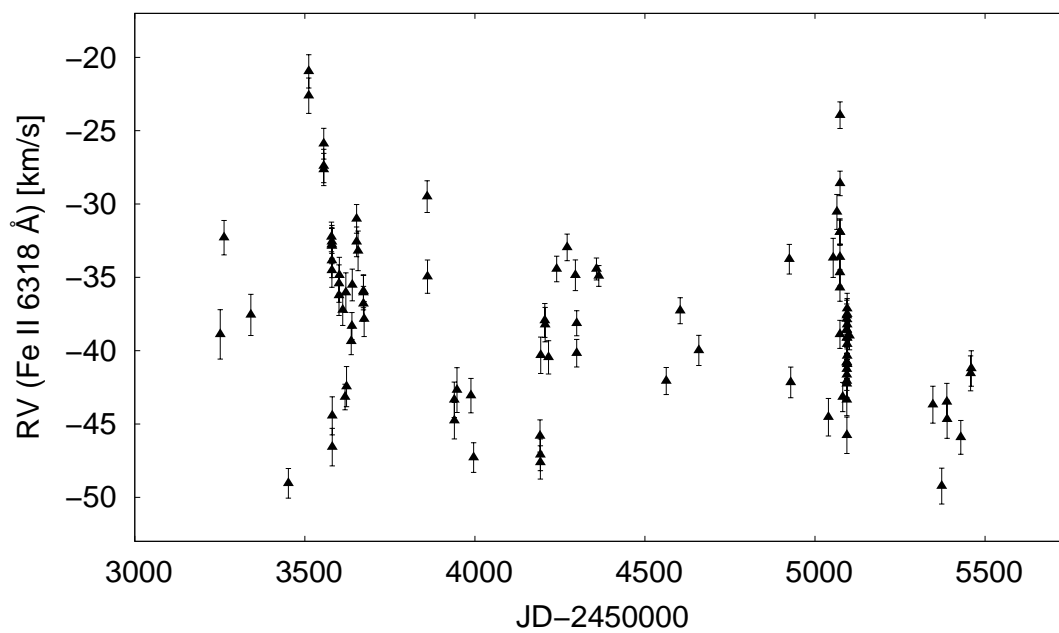


Obrázek B.6: Ekvivalentní šířka čáry Fe II 6384 Å.

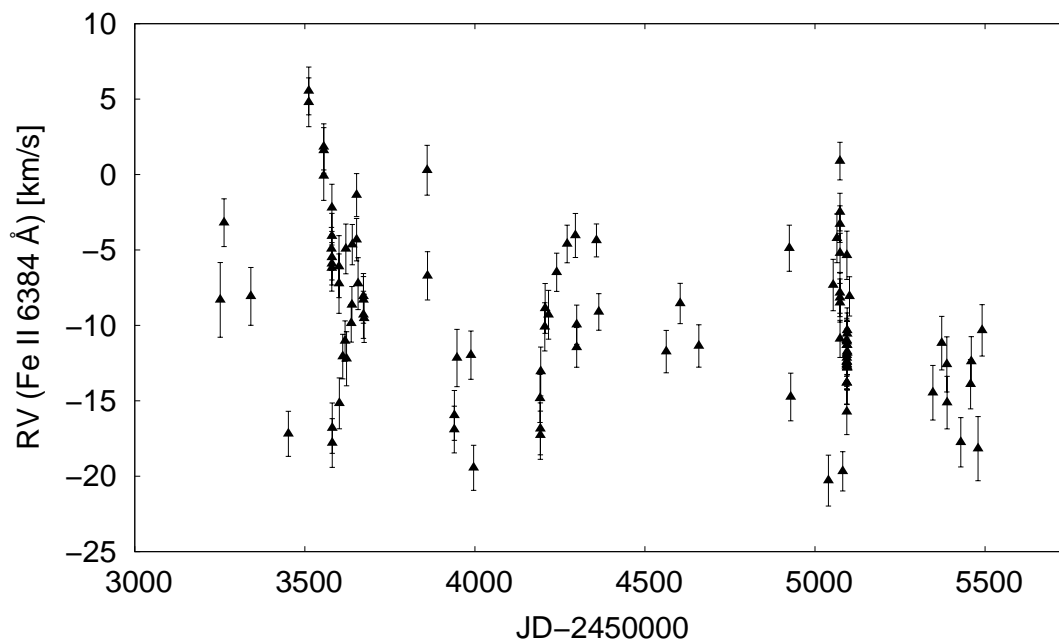


Obrázek B.7: Ekvivalentní šířky čáry Fe II 6443 Å.

B. Obrázky a grafy

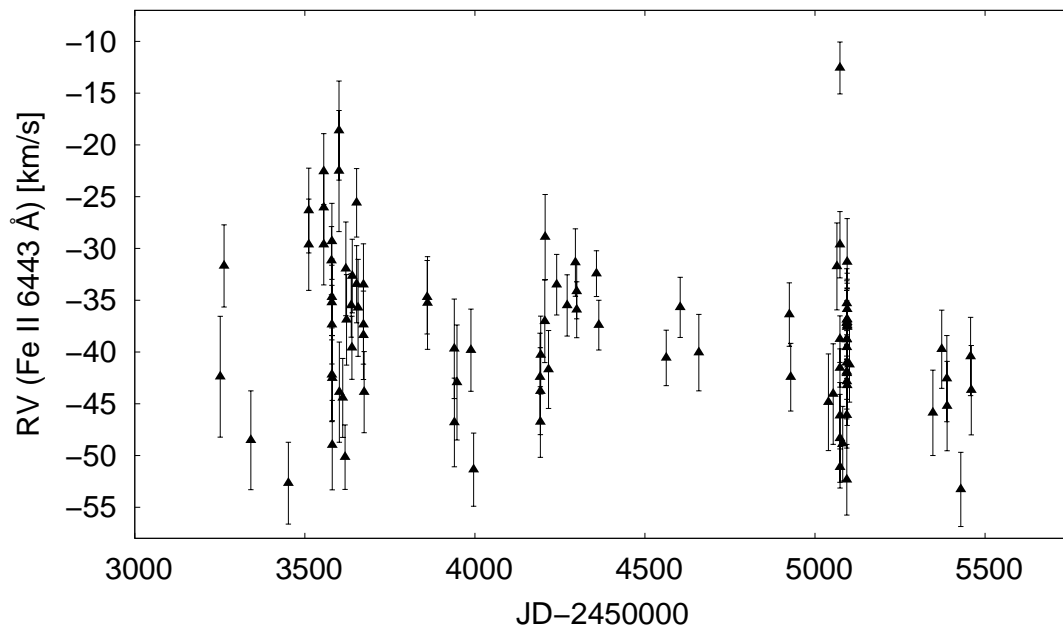


Obrázek B.8: Radiální rychlost čáry Fe II 6 318 Å.

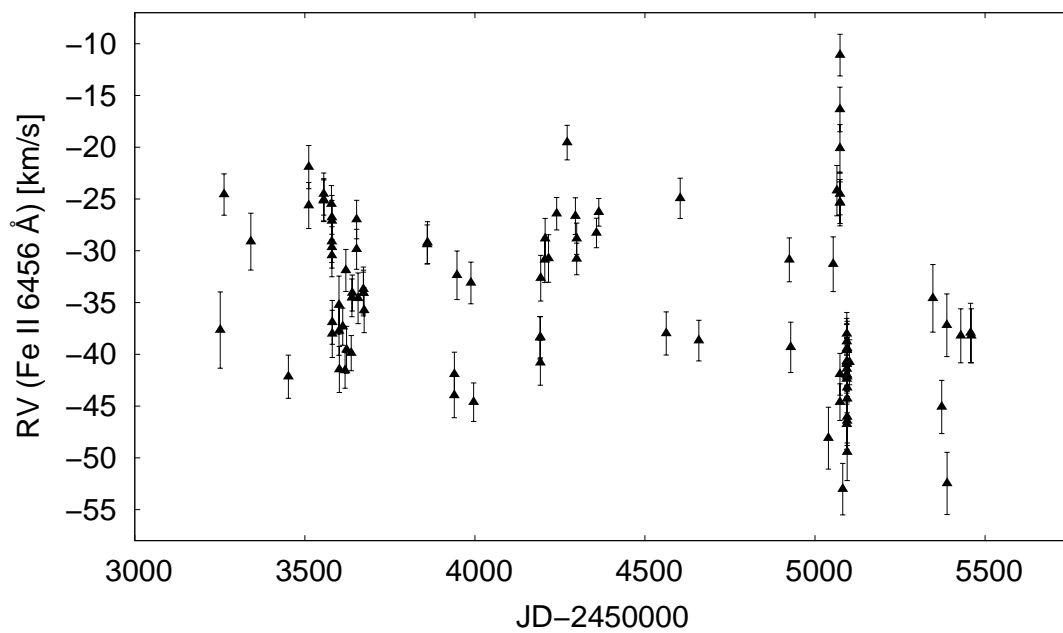


Obrázek B.9: Radiální rychlost čáry Fe II 6 384 Å.

B. Obrázky a grafy

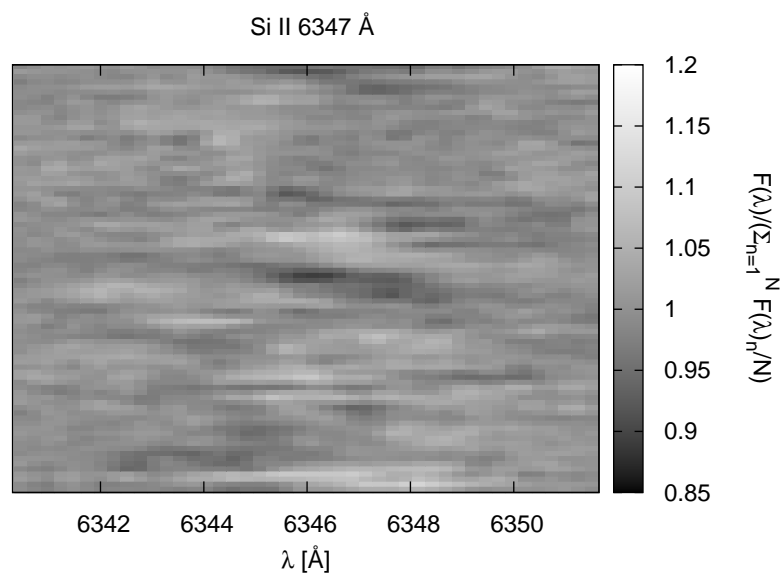


Obrázek B.10: Radiální rychlost čáry Fe II 6 443 Å.

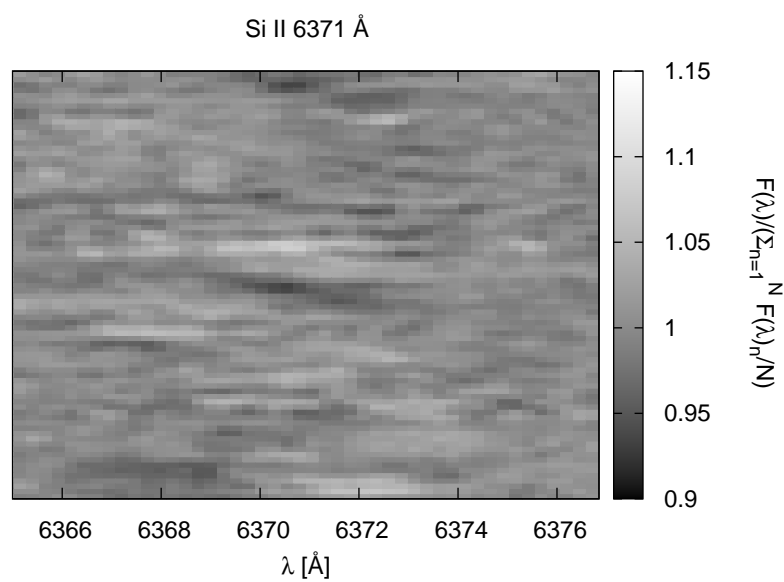


Obrázek B.11: Radiální rychlost čáry Fe II 6 456 Å.

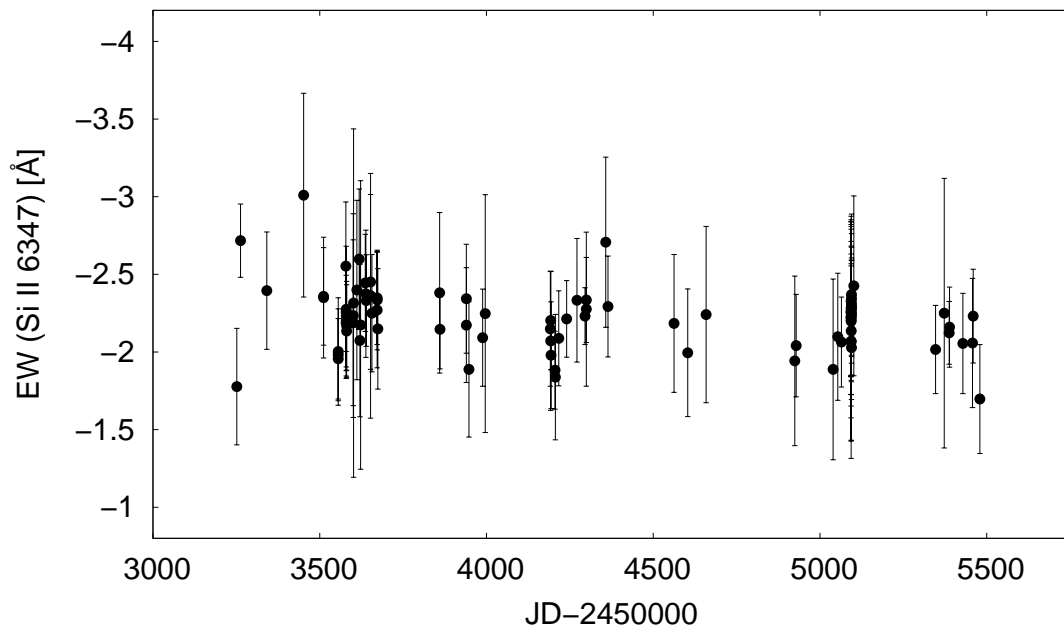
B. Obrázky a grafy



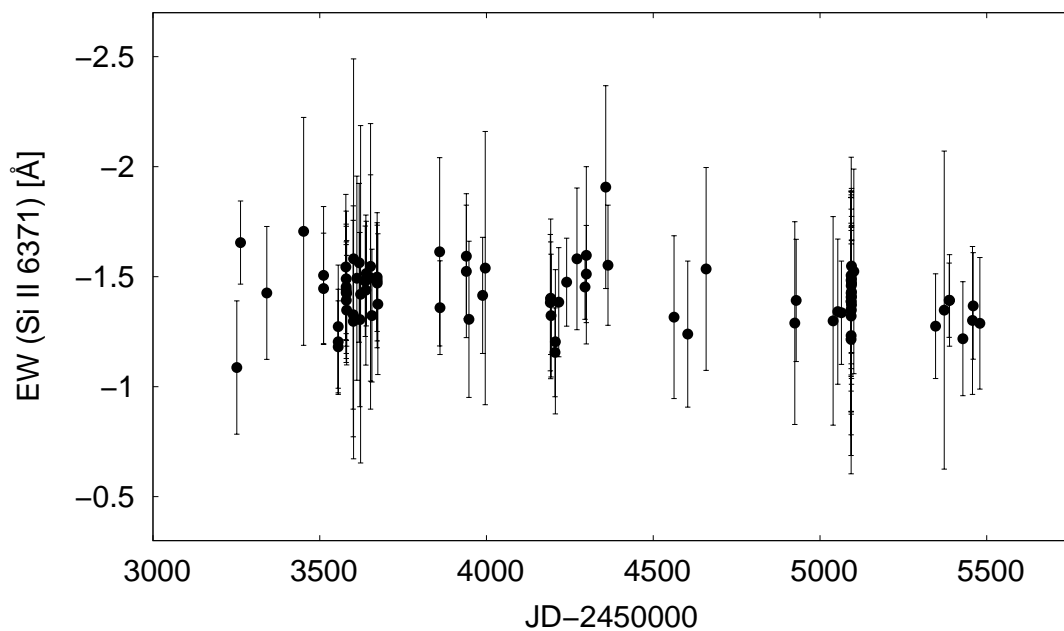
Obrázek B.12: Čára křemíku Si II 6347 Å vykreslená v šedé reprezentaci.



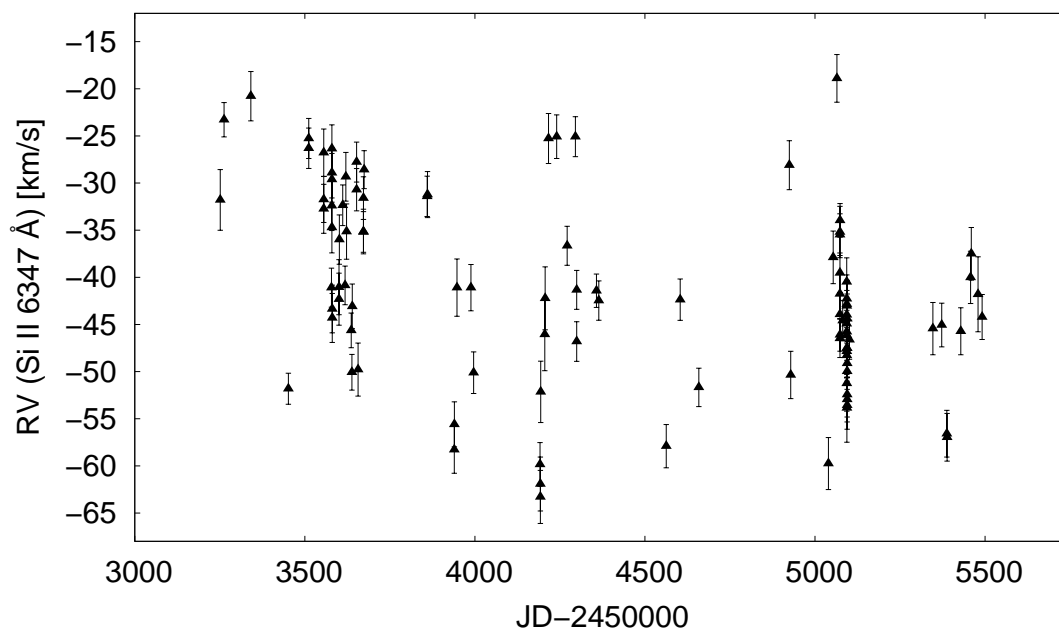
Obrázek B.13: Čára křemíku Si II 6371 Å vykreslená v šedé reprezentaci.



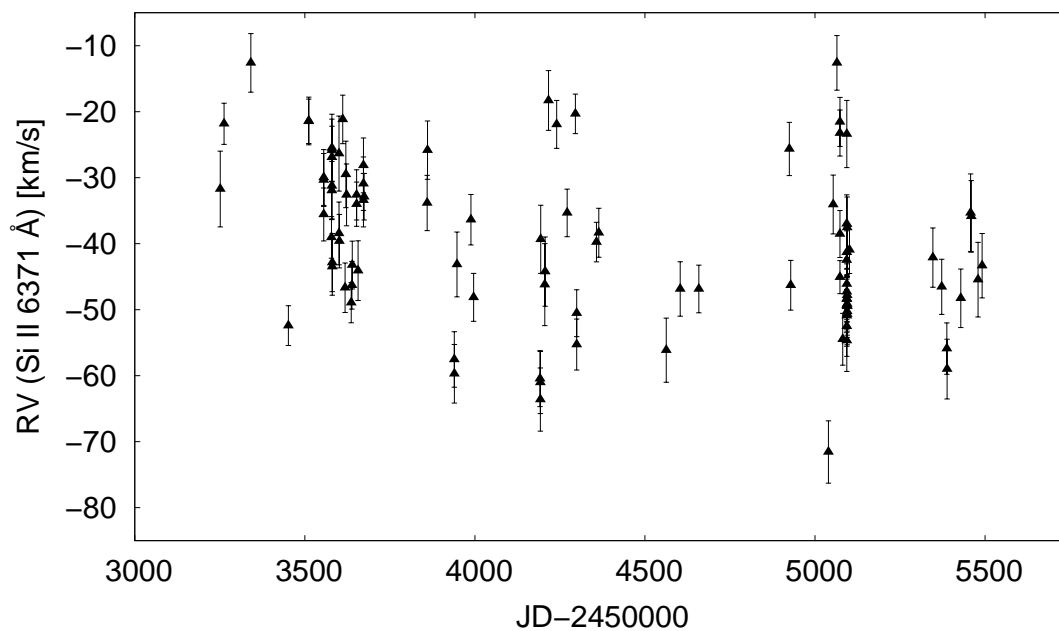
Obrázek B.14: Ekvivalentní šířka čáry Si II 6347 Å.



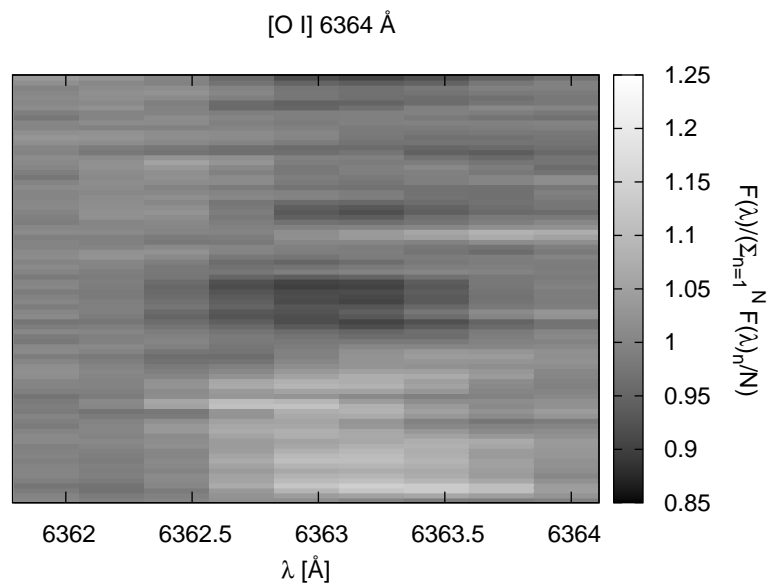
Obrázek B.15: Ekvivalentní šířka čáry Si II 6371 Å.



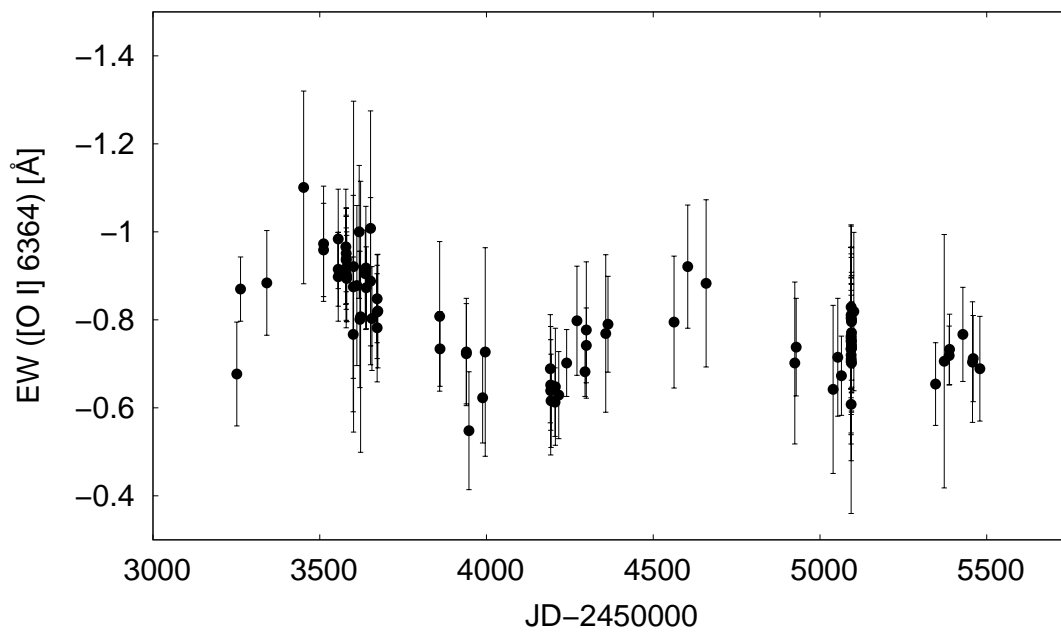
Obrázek B.16: Radiální rychlost čáry Si II 6371 Å.



Obrázek B.17: Radiální rychlost čáry Si II 6371 Å.

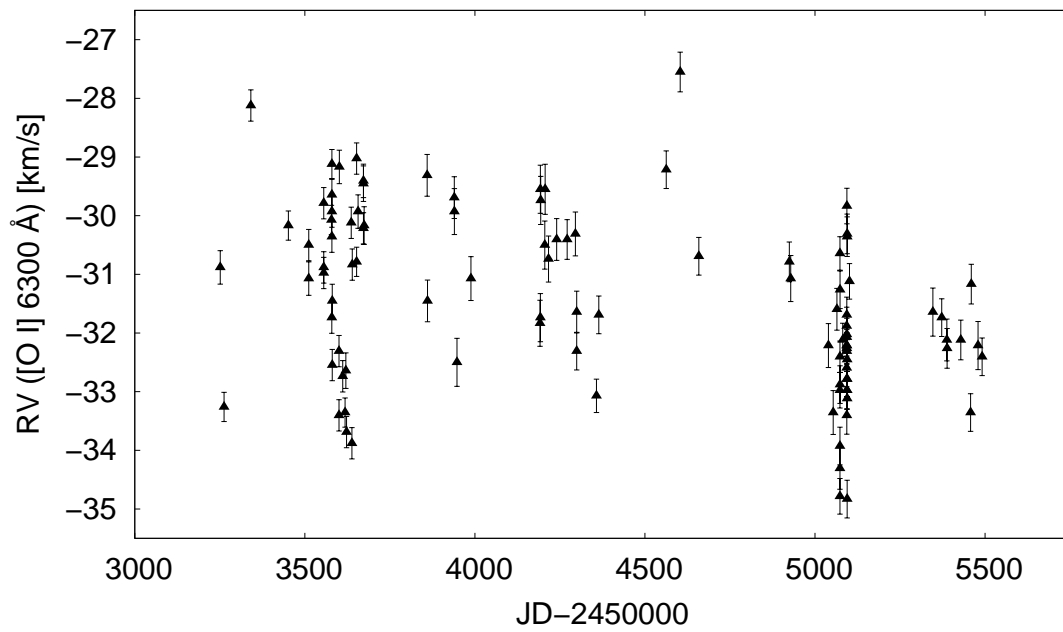


Obrázek B.18: Čára kyslíku [O I] 6364 Å vykreslená v šedé reprezentaci.

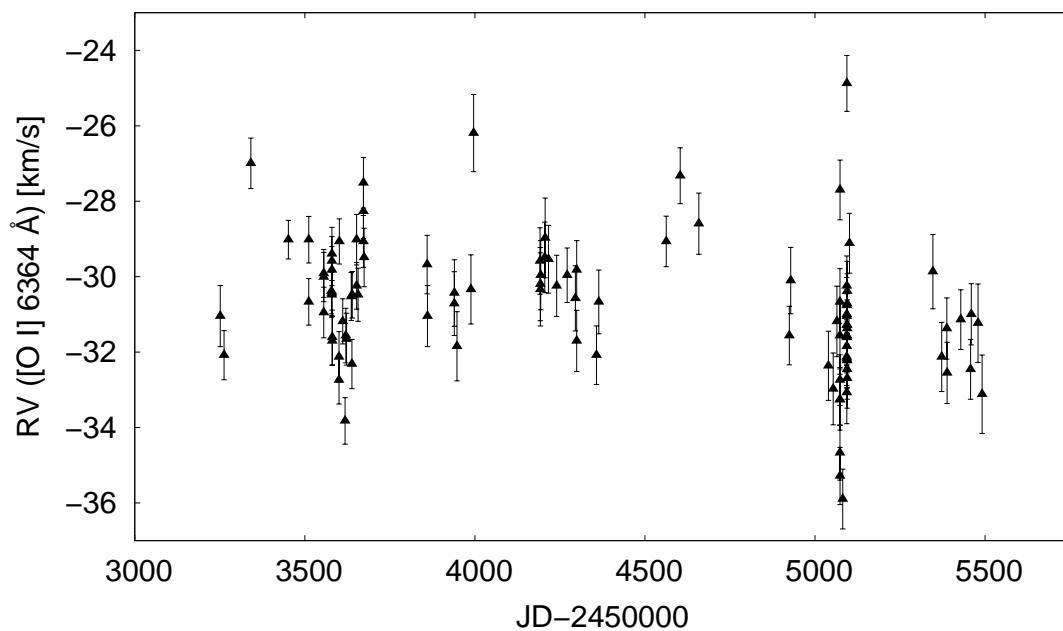


Obrázek B.19: Ekvivalentní šířka čáry [O I] 6364 Å.

B. Obrázky a grafy

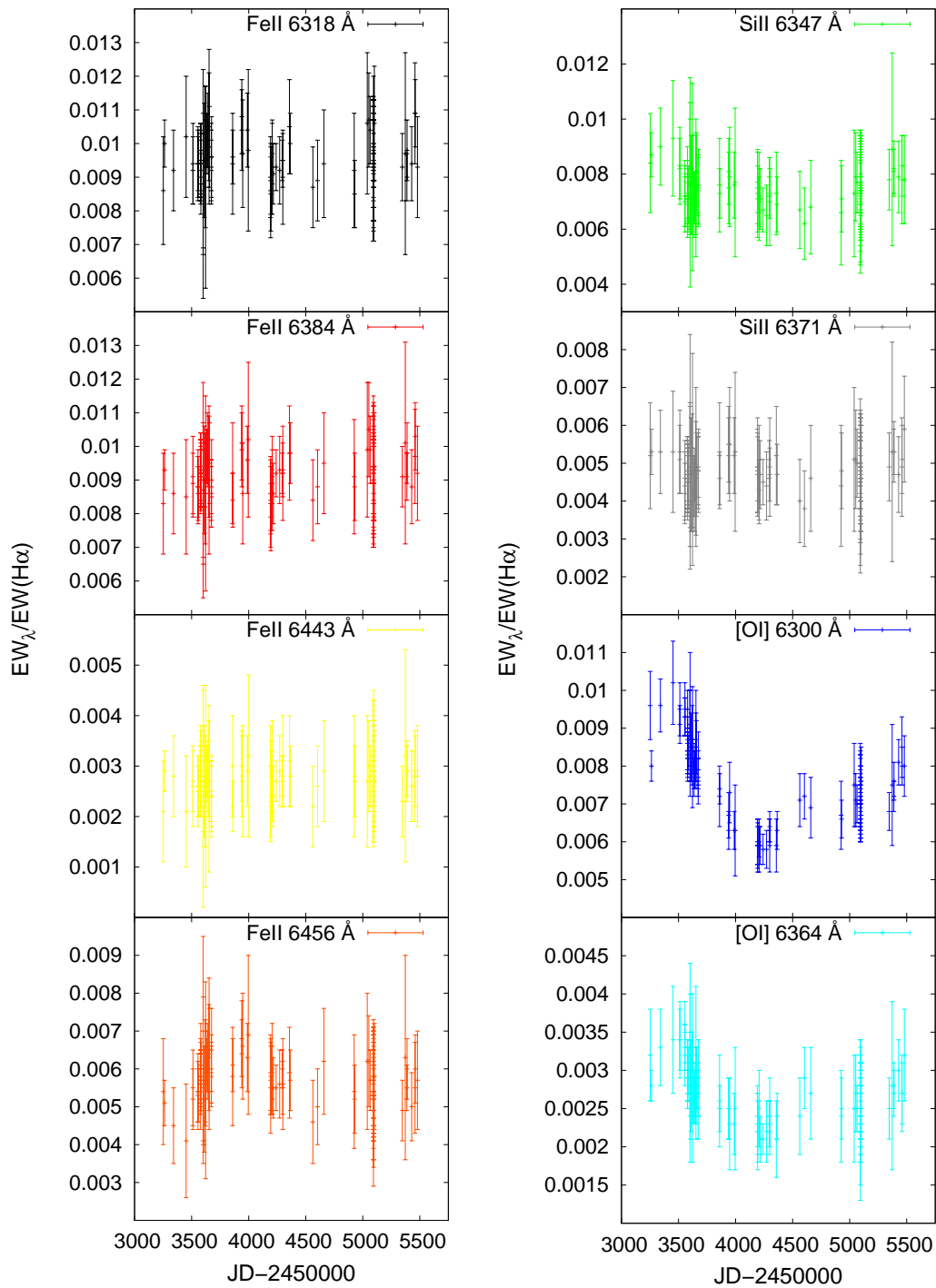


Obrázek B.20: Radiální rychlost čáry O I 6 300 Å.



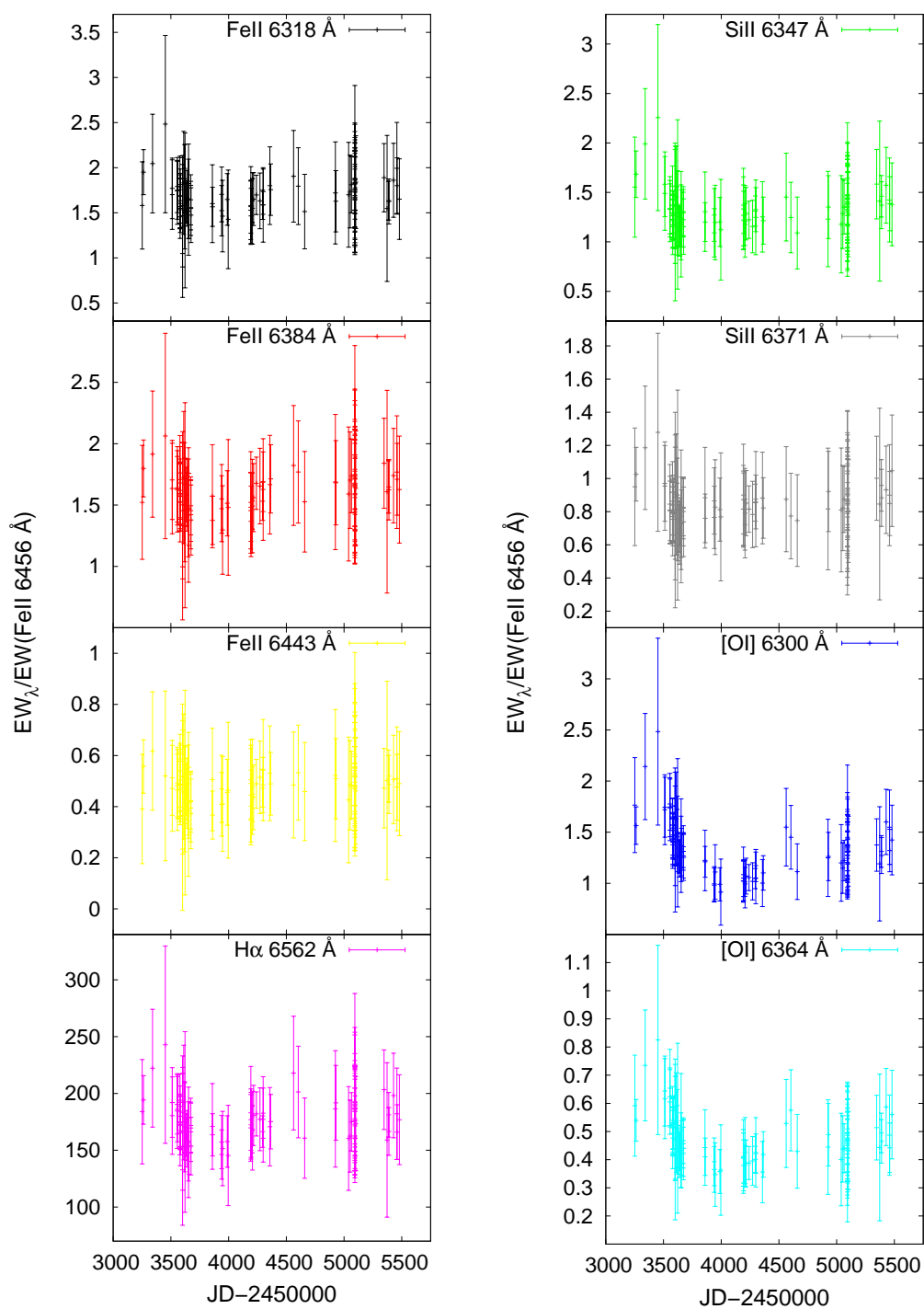
Obrázek B.21: Radiální rychlost čáry O I 6 364 Å.

B. Obrázky a grafy



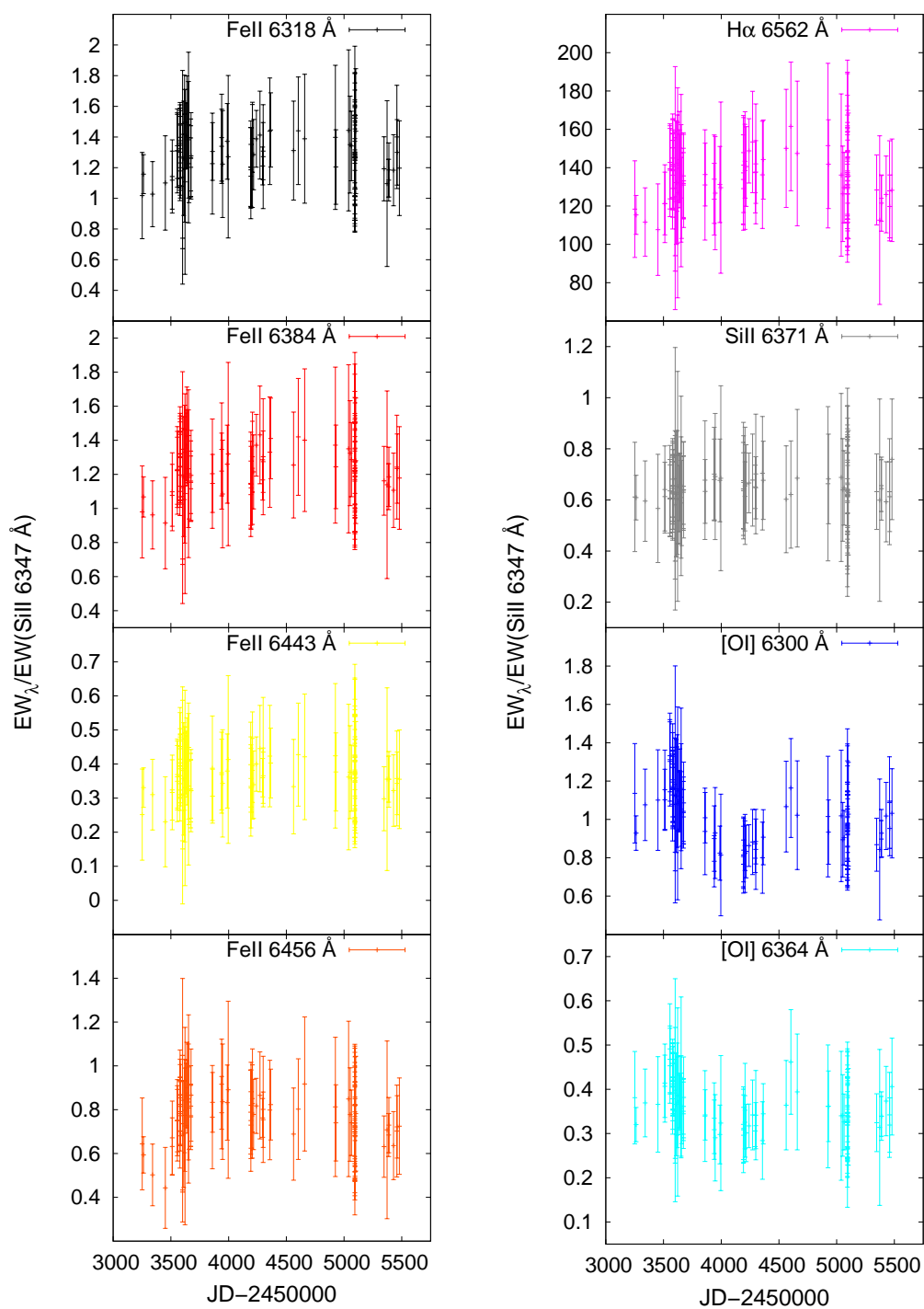
Obrázek B.22: Poměry ekvivalentních šířek čar kovů a ekvivalentní šířky čáry H α .

B. Obrázky a grafy



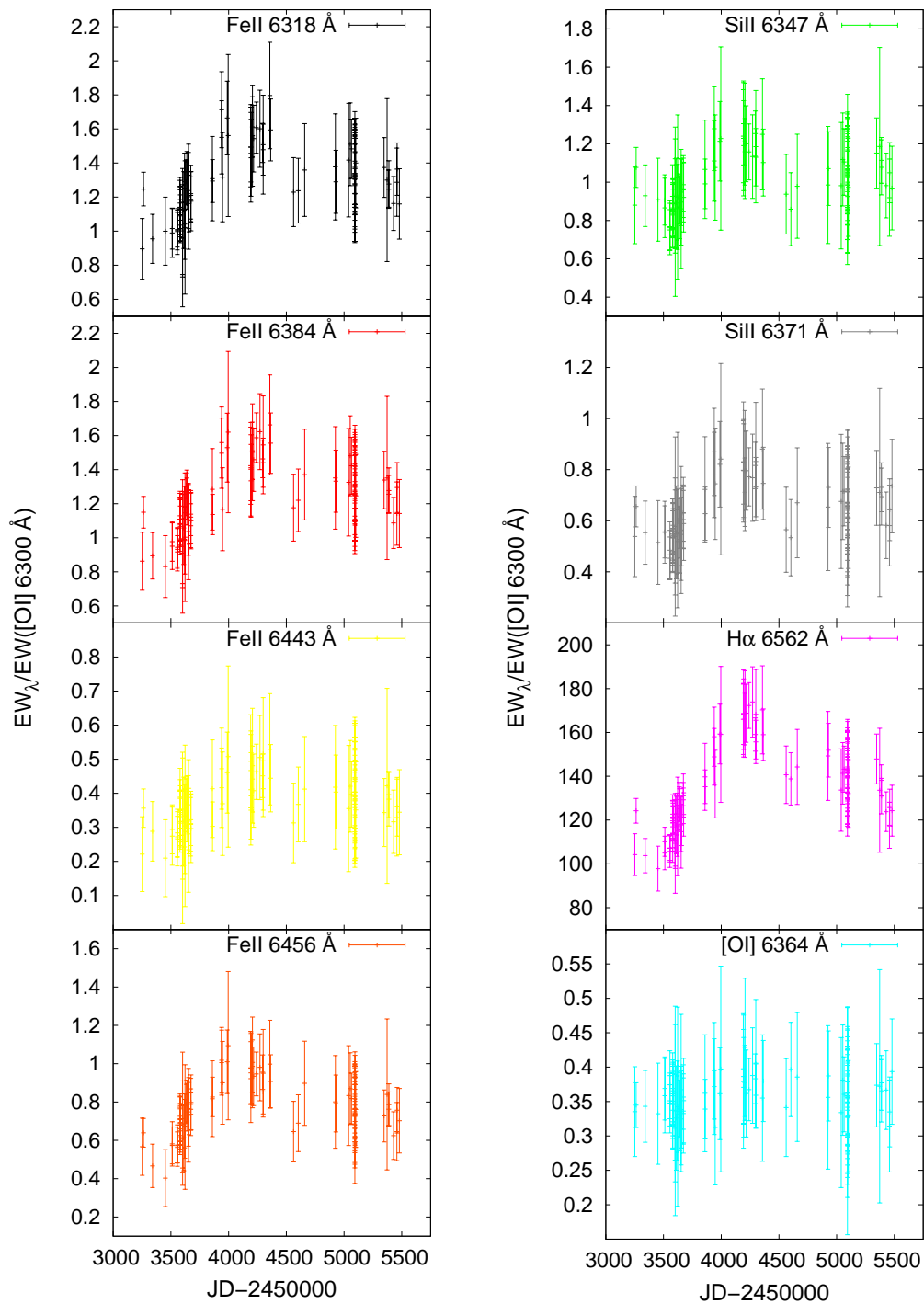
Obrázek B.23: Poměry ekvivalentních šířek vybraných emisních čar a ekvivalentní šířky čáry Fe II 6456 Å.

B. Obrázky a grafy



Obrázek B.24: Poměry ekvivalentních šířek vybraných emisních čar a ekvivalentní šířky čáry Si II 6347 Å.

B. Obrázky a grafy



Obrázek B.25: Poměry ekvivalentních šířek vybraných emisních čar a ekvivalentní šířky čáry [O I] 6300 Å.

Dodatek C

Seznam spekter

V této příloze je uveden seznam všech spekter hvězdy MWC 342, která byla nasnímána na observatoři v Ondřejově v letech 2004 – 2010. Spolu s označením souboru jsou zde uvedeny datum, čas (počátek expozice), délka expozice a jména pozorovatelů.

Tabulka C.1: Oblast kolem spektrální čáry $H\beta$ (4 750 – 5 080) Å.

Soubor	Datum	Čas [UT]	Exp [s]	Pozorovatelé
ni130032	13.09.2004	22:40:28	7200	Korčáková, Kalaš
oe200028	21.05.2005	00:19:06	3600	Korčáková, Řezba
oi220027	22.09.2005	22:45:57	7200	Korčáková, Fuchs
rh180011	18.08.2008	23:32:48	3600	Votruba, Řezba

Tabulka C.2: Oblast kolem spektrální čáry $Na\ I$ (5 470 – 5 990) Å.

Soubor	Datum	Čas [UT]	Exp [s]	Pozorovatelé
oh280049	28.08.2005	21:58:13	3000	Dovčiak, Šarounová

C. Seznam spekter

Tabulka C.3: Oblast kolem spektrální čáry $H\alpha$ (6 250 – 6 780) Å.

Soubor	Datum	Čas [UT]	Exp [s]	Pozorovatelé
ni130028	13.09.2004	21:56:47	1800	Korčáková, Kalaš
nk240016	24.11.2004	17:47:20	1800	Hadrava, Sloup
nl010015	01.12.2004	17:53:03	3600	Korčáková, Fuchs
oc210035	22.03.2005	03:03:06	2700	Korčáková, Fuchs
oe200021	20.05.2005	22:57:37	1800	Korčáková, Řezba
oe200022	20.05.2005	23:32:43	1800	Korčáková, Řezba
of090018	10.06.2005	00:59:12	2400	Kubát, Šarounová
og030026	03.07.2005	23:42:36	1800	Kubát, Sloup
og030028	04.07.2005	00:15:36	1800	Kubát, Sloup
og030030	04.07.2005	00:49:05	1800	Kubát, Sloup
og260009	26.07.2005	21:10:30	1800	Kubát, Šarounová
og270027	27.07.2005	21:03:30	1200	Kawka, Šarounová
og270043	27.07.2005	23:05:50	900	Kawka, Šarounová
og270045	27.07.2005	23:23:59	900	Kawka, Šarounová
og270054	28.07.2005	00:47:47	900	Kawka, Šarounová
og270056	28.07.2005	01:05:49	900	Kawka, Šarounová
oh170027	18.08.2005	00:54:31	1200	Korčáková, Řezba
oh170028	18.08.2005	01:17:05	1200	Korčáková, Řezba
oh280020	28.08.2005	20:05:30	900	Dovčiak, Šarounová
oi040035	04.09.2005	19:53:26	1800	Korčáková, Sloup
oi060034	07.09.2005	01:15:12	1800	Korčáková, Řezba
oi080041	09.09.2005	00:35:31	2600	Škoda, Fuchs
oi220024	22.09.2005	22:04:22	1800	Korčáková, Fuchs
oi240022	24.09.2005	21:12:28	1800	Šlechta, Votruba, Řezba
oi250021	25.09.2005	18:50:48	1800	Votruba, Řezba
oi250025	25.09.2005	19:59:18	1800	Votruba, Řezba
oj120017	12.10.2005	22:00:13	10899	Škoda, Tlamicha
oj280026	28.10.2005	17:54:29	1800	Korčáková, Tlamicha
oj280027	28.10.2005	18:28:55	2400	Korčáková, Tlamicha
oj280028	28.10.2005	19:10:17	2400	Korčáková, Tlamicha
oj300030	30.10.2005	18:14:22	3600	Korčáková, Tlamicha
oj300032	30.10.2005	19:19:38	5400	Korčáková, Tlamicha
pa110024	11.01.2006	16:47:45	2669	Korčáková, Kotková

(pokračování na další stránce)

C. Seznam spekter

(Tabulka C.3 - pokračování)

Soubor	Datum	Čas [UT]	Exp [s]	Pozorovatelé
pe040033	05.05.2006	01:24:42	3600	Šlechta, Tlamicha
pg220027	23.07.2006	00:55:21	1800	Kubát, Řezba
pg220029	23.07.2006	01:29:55	1800	Kubát, Řezba
pg300006	30.07.2006	21:16:37	2400	Kawka, Kotková
pi090029	09.09.2006	21:32:05	2400	Kučerová, Tlamicha
pi170007	17.09.2006	20:42:14	2901	Votruba, Fuchs
qc310024	01.04.2007	00:58:38	5400	Polster, Řezba
qd010024	02.04.2007	00:35:05	3000	Korčáková, Řezba
qd010029	02.04.2007	02:49:01	2100	Korčáková, Řezba
qd020030	03.04.2007	01:56:13	2062	Škoda, Sloup
qd140042	14.04.2007	23:54:40	3600	Kubát, Tlamicha
qd150026	16.04.2007	00:08:40	1800	Korčáková, Tlamicha
qd250017	26.04.2007	01:40:28	3600	Votruba, Fuchs
qe190013	19.05.2007	20:43:20	4000	Polster, Sloup
qf190013	19.06.2007	21:14:30	1800	Korčáková, Řezba
qg130019	13.07.2007	23:46:38	3800	Polster, Fuchs
qg170016	17.07.2007	21:05:15	1800	Kučerová, Řezba
qg170018	17.07.2007	21:39:57	1380	Kučerová, Řezba
qi130023	13.09.2007	22:44:21	3332	Wolf, Škoda, Tlamicha
qi200023	20.09.2007	20:06:44	2114	Wolf, Tlamicha
rd050022	05.04.2008	23:38:09	6000	Polster, Tlamicha
re160017	16.05.2008	23:29:49	3000	Kučerová, Řezba
rg100005	11.07.2008	00:21:34	3600	Votruba, Šlechta, Fuchs
rh180009	18.08.2008	22:19:49	3600	Votruba, Řezba
ri180020	18.09.2008	20:41:33	3000	Wolf, Fuchs
rj230016	23.10.2008	19:08:56	3600	Wolf, Tlamicha
sd020042	03.04.2009	01:14:50	3333	Wolf, Fuchs
sd060030	06.04.2009	23:59:15	5051	Šlechta, Řezba
sg260014	26.07.2009	21:19:11	3600	Polster, Řezba
sh090024	09.08.2009	21:31:19	3600	Korčáková, Fuchs
sh200014	20.08.2009	20:21:12	2001	Wolf, Tlamicha
sh290012	29.08.2009	19:32:30	1800	Kučerová, Řezba
sh290014	29.08.2009	20:06:17	1800	Kučerová, Řezba
sh290016	29.08.2009	20:39:45	1800	Kučerová, Řezba
sh290018	29.08.2009	21:12:40	1800	Kučerová, Řezba

(pokračování na další stránce)

C. Seznam spekter

(Tabulka C.3 - pokračování)

Soubor	Datum	Čas [UT]	Exp [s]	Pozorovatelé
sh290020	29.08.2009	21:45:34	1800	Kučerová, Řezba
sh290022	29.08.2009	22:18:27	1800	Kučerová, Řezba
sh290024	29.08.2009	22:53:47	1800	Kučerová, Řezba
sh290026	29.08.2009	23:29:18	1800	Kučerová, Řezba
si060017	06.09.2009	23:13:52	2829	Polster, Tlamicha
si180012	18.09.2009	18:47:15	1800	Kučerová, Řezba
si180014	18.09.2009	19:20:45	1800	Kučerová, Řezba
si180016	18.09.2009	19:53:42	1800	Kučerová, Řezba
si180018	18.09.2009	20:27:14	1800	Kučerová, Řezba
si180020	18.09.2009	21:00:28	1800	Kučerová, Řezba
si180022	18.09.2009	21:33:39	1800	Kučerová, Řezba
si180024	18.09.2009	22:11:45	2400	Kučerová, Řezba
si180026	18.09.2009	22:55:32	1800	Kučerová, Řezba
si180028	18.09.2009	23:29:25	1800	Kučerová, Řezba
si180030	19.09.2009	00:02:48	1800	Kučerová, Řezba
si180032	19.09.2009	00:35:55	2400	Kučerová, Řezba
si180034	19.09.2009	01:19:12	2400	Kučerová, Řezba
si180036	19.09.2009	02:02:51	1800	Kučerová, Řezba
si190018	19.09.2009	20:47:33	1800	Kučerová, Řezba
si190020	19.09.2009	21:21:12	1800	Kučerová, Řezba
si190022	19.09.2009	21:54:12	1800	Kučerová, Řezba
si190024	19.09.2009	22:27:29	1800	Kučerová, Řezba
si190026	19.09.2009	23:01:06	1800	Kučerová, Řezba
si190028	19.09.2009	23:34:14	2400	Kučerová, Řezba
si190030	20.09.2009	00:17:19	2400	Kučerová, Řezba
si260008	26.09.2009	19:43:19	4000	Šlechta, Sloup
si260010	26.09.2009	20:59:17	1200	Šlechta, Sloup
te290036	29.05.2010	23:16:05	3100	Polster, Kotková
tf240011	25.06.2010	00:20:59	1999	Wolf, Tlamicha
tg090016	09.07.2010	22:45:55	2100	Polster, Sloup
tg100019	10.07.2010	20:47:22	1500	Polster, Sloup
th190024	19.08.2010	23:21:11	2700	Polster, Tlamicha
ti170017	17.09.2010	20:11:58	1800	Korčáková, Tlamicha
ti190027	19.09.2010	22:20:10	3000	Korčáková, Řezba
tj090023	09.10.2010	20:00:49	3600	Škoda, Fuchs

(pokračování na další stránce)

C. Seznam spekter

(Tabulka C.3 - pokračování)

Soubor	Datum	Čas [UT]	Exp [s]	Pozorovatelé
tj210015	21.10.2010	19:59:12	3000	Wolf, Řezba

(Konec)

Tabulka C.4: Oblast kolem spektrální čáry O I (7 505 – 8 020) Å.

Soubor	Datum	Čas [UT]	Exp [s]	Pozorovatelé
oh280034	28.08.2005	20:45:52	1200	Dovčiak, Šarounová
oh280036	28.08.2005	21:10:26	1800	Dovčiak, Šarounová
oi230033	24.09.2005	23:39:51	3600	Votruba, Koubský, Řezba
oi240024	24.09.2005	21:51:39	1800	Šlechta, Votruba, Řezba
oi250023	25.09.2005	19:24:49	1800	Votruba, Řezba
oi250027	25.09.2005	20:31:54	1800	Votruba, Řezba
pi090026	09.09.2006	20:24:23	3600	Kučerová, Tlamicha

Tabulka C.5: Oblast kolem Paschenova skoku (8 190 – 8 715) Å.

Soubor	Datum	Čas [UT]	Exp [s]	Pozorovatelé
og260031	26.07.2005	22:11:12	1800	Kubát, Šarounová
oi040044	04.09.2005	20:37:44	5400	Korčáková, Sloup
oj280033	28.10.2005	20:02:05	3600	Korčáková, Tlamicha
pi090023	09.09.2006	18:46:30	5400	Kučerová, Tlamicha
qf190018	19.06.2007	21:55:37	3600	Korčáková, Řezba

Dodatek D

Naměřené hodnoty parametrů vybraných spektrálních čar

Tabulka D.1: Naměřené hodnoty radiálních rychlostí (RV) čáry $H\alpha$.

Soubor	JD-2450000	modrý pík RV [km/s]	červený pík RV [km/s]	centrální absorpce RV [km/s]	křídla RV [km/s]
ni020031	3251,37836	$-184,11 \pm 0,64$	$-3,75 \pm 0,26$	$-92,73 \pm 0,70$	$-38,26 \pm 0,73$
ni130028	3262,42485	$-197,56 \pm 0,37$	$-1,32 \pm 0,13$	$-89,07 \pm 0,89$	$-29,12 \pm 0,59$
nl010015	3341,26601	$-198,93 \pm 0,61$	$-2,14 \pm 0,10$	$-91,93 \pm 0,54$	$-27,41 \pm 0,40$
oc210035	3451,64278	$-126,64 \pm 0,34$	$-2,13 \pm 0,14$	$-86,67 \pm 0,26$	$-45,45 \pm 0,92$
oe200021	3511,46709	$-131,30 \pm 0,27$	$-3,03 \pm 0,11$	$-90,35 \pm 0,31$	$-24,67 \pm 0,66$
oe200022	3511,49147	$-131,25 \pm 0,19$	$-3,26 \pm 0,21$	$-90,91 \pm 0,42$	$-26,38 \pm 0,59$
og030026	3555,49833	$-140,75 \pm 0,60$	$-1,54 \pm 0,31$	$-90,55 \pm 0,13$	$-32,32 \pm 0,86$
og030028	3555,52125	$-139,1 \pm 1,0$	$-2,52 \pm 0,27$	$-91,40 \pm 0,19$	$-32,55 \pm 0,33$

(pokračování na další stránce)

(Tabulka D.1 - pokračování)

Soubor	JD-2450000	modrý pík	červený pík	centrální absorpce	křídla
		RV [km/s]	RV [km/s]	RV [km/s]	RV [km/s]
og030030	3555,54450	$-140,93 \pm 0,66$	$-2,11 \pm 0,21$	$-90,73 \pm 0,32$	$-32,20 \pm 0,79$
og260009	3578,39271	$-135,98 \pm 0,69$	$-1,73 \pm 0,22$	$-89,17 \pm 0,36$	$-38,14 \pm 0,79$
og270027	3579,38438	$-133,04 \pm 0,54$	$-0,77 \pm 0,34$	$-88,17 \pm 0,48$	$-35,52 \pm 0,33$
og270043	3579,46759	$-132,61 \pm 0,14$	$-0,84 \pm 0,28$	$-88,33 \pm 0,43$	$-35,86 \pm 0,26$
og270045	3579,48020	$-132,99 \pm 0,56$	$-0,03 \pm 0,28$	$-87,48 \pm 0,53$	$-35,17 \pm 0,40$
og270054	3579,53839	$-133,52 \pm 0,52$	$-0,09 \pm 0,31$	$-87,72 \pm 0,47$	$-35,17 \pm 0,26$
og270056	3579,55091	$-132,86 \pm 0,68$	$0,28 \pm 0,24$	$-87,53 \pm 0,52$	$-34,95 \pm 0,40$
og280007	3580,56990	$-133,26 \pm 0,18$	$-1,52 \pm 0,31$	$-88,86 \pm 0,58$	$-38,60 \pm 0,40$
og280009	3580,58190	$-134,17 \pm 0,13$	$-2,39 \pm 0,38$	$-89,62 \pm 0,55$	$-39,29 \pm 0,40$
oh170027	3600,54480	$-129,90 \pm 0,35$	$-2,06 \pm 0,14$	$-88,05 \pm 0,73$	$-34,26 \pm 0,66$
oh170028	3600,56047	$-131,47 \pm 0,28$	$-4,71 \pm 0,22$	$-88,62 \pm 0,45$	$-36,09 \pm 0,79$
oh180005	3601,44208	$-129,67 \pm 0,22$	$-0,63 \pm 0,17$	$-85,23 \pm 0,28$	$-33,80 \pm 0,40$
oh280020	3611,34236	$-131,74 \pm 0,24$	$-3,22 \pm 0,17$	$-87,78 \pm 0,50$	$-29,01 \pm 0,92$
oi040035	3618,33919	$-138,61 \pm 0,26$	$-5,29 \pm 0,21$	$-92,06 \pm 0,63$	$-38,14 \pm 0,26$
oi060034	3620,56264	$-138,6 \pm 1,1$	$-1,28 \pm 0,14$	$-86,68 \pm 0,49$	$-31,63 \pm 0,86$
oi080041	3622,53971	$-137,53 \pm 0,91$	$-1,04 \pm 0,11$	$-86,29 \pm 0,63$	$-33,92 \pm 0,46$
oi220024	3636,43012	$-132,18 \pm 0,64$	$0,87 \pm 0,18$	$-86,04 \pm 0,54$	$-35,52 \pm 0,86$
oi240022	3638,39407	$-136,83 \pm 0,59$	$-1,58 \pm 0,19$	$-88,89 \pm 0,22$	$-39,40 \pm 0,86$
oi250025	3639,34326	$-132,80 \pm 0,40$	$-1,49 \pm 0,26$	$-88,45 \pm 0,43$	$-38,94 \pm 0,46$
oj080025	3652,30418	$-159,80 \pm 0,64$	$2,79 \pm 0,18$	$-87,38 \pm 0,25$	$-33,12 \pm 0,92$
oj080027	3652,32830	$-157,71 \pm 0,73$	$1,84 \pm 0,20$	$-84,92 \pm 0,17$	$-32,78 \pm 0,99$
oj120017	3656,47990	$-158,71 \pm 0,83$	$-0,87 \pm 0,16$	$-87,03 \pm 0,30$	$-40,54 \pm 0,46$
		$-132,5 \pm 1,0$			
oj280026	3672,25659	$-159,99 \pm 0,66$	$1,25 \pm 0,27$	$-84,95 \pm 0,38$	$-39,5 \pm 2,2$

(pokračování na další stránce)

(Tabulka D.1 - pokračování)

Soubor	JD-2450000	modrý pík <i>RV</i> [km/s]	červený pík <i>RV</i> [km/s]	centrální absorpce <i>RV</i> [km/s]	křídla <i>RV</i> [km/s]
oj280027	3672,28397	-157,18 ± 0,38	2,17 ± 0,23	-83,77 ± 0,18	-38,0 ± 1,1
oj280028	3672,31270	-156,33 ± 0,54	1,93 ± 0,23	-83,34 ± 0,46	-40,0 ± 1,7
oj300032	3674,33655	-160,68 ± 0,57	-0,14 ± 0,18	-86,48 ± 0,26	-43,4 ± 1,7
pe030024	3859,59170	-136,67 ± 0,65	2,06 ± 0,24	-84,91 ± 0,21	-33,00 ± 0,99
pe040033	3860,57965	-187,89 ± 0,81 -146,78 ± 0,44	1,00 ± 0,24	-86,79 ± 0,16	-34,15 ± 0,20
pg220027	3939,54885	-227,33 ± 0,40 -147,10 ± 0,53	-3,13 ± 0,24	-90,14 ± 0,17	-50,25 ± 0,40
pg220029	3939,57286	-224,86 ± 0,50 -148,73 ± 0,64	-2,55 ± 0,23	-89,62 ± 0,20	-49,33 ± 0,40
pg300006	3947,40043	-225,39 ± 0,96 -146,19 ± 0,85	-0,79 ± 0,23	-90,92 ± 0,24	-41,34 ± 0,92
pi090029	3988,41117	-169,08 ± 0,55	-0,29 ± 0,27	-89,72 ± 0,26	-39,17 ± 0,33
pi170007	3996,37946	-159,95 ± 0,37	2,16 ± 0,12	-87,48 ± 0,13	-36,43 ± 0,20
qc310024	4191,57197	-274,08 ± 0,97 -164,55 ± 0,12	-0,61 ± 0,20	-95,68 ± 0,27	-42,6 ± 3,0
qd010024	4192,54172	-280,6 ± 1,1 -165,86 ± 0,25	-2,35 ± 0,23	-97,50 ± 0,16	-39,1 ± 3,6
qd010029	4192,62953	-262,0 ± 1,2 -165,80 ± 0,20	-2,78 ± 0,26	-97,35 ± 0,39	-38,9 ± 2,8
qd020030	4193,59264	-164,82 ± 0,24	-1,37 ± 0,26	-94,86 ± 0,39	-37,1 ± 2,8
qd140042	4205,51713	-169,38 ± 0,32	1,05 ± 0,24	-95,63 ± 0,29	-35,5 ± 1,8
qd150026	4206,51644	-172,16 ± 0,40	1,82 ± 0,20	-94,80 ± 0,21	-34,6 ± 2,4
qd250017	4216,59060	-172,68 ± 0,32	1,45 ± 0,20	-92,77 ± 0,22	-30,4 ± 2,5

(pokračování na další stránce)

(Tabulka D.1 - pokračování)

Soubor	JD-2450000	modrý pík <i>RV</i> [km/s]	červený pík <i>RV</i> [km/s]	centrální absorpce <i>RV</i> [km/s]	křídla <i>RV</i> [km/s]
qe190013	4240,38657	-171,32 ± 0,23	-2,12 ± 0,28	-96,24 ± 0,17	-34,0 ± 2,5
qf190013	4271,39549	-160,45 ± 0,27	-2,06 ± 0,27	-95,66 ± 0,55	-29,9 ± 2,6
qg130019	4295,51271	-155,36 ± 0,44	-0,38 ± 0,35	-91,78 ± 0,44	-38,1 ± 2,1
qg170016	4299,38906	-155,31 ± 0,36	0,43 ± 0,25	-93,78 ± 0,45	-39,74 ± 0,92
qg170018	4299,41073	-154,99 ± 0,64	-0,05 ± 0,28	-95,48 ± 0,75	-40,66 ± 0,66
qi130023	4357,46675	-189,8 ± 1,3	-2,16 ± 0,19	-94,72 ± 0,18	-33,35 ± 0,79
		-152,2 ± 1,1			
qi200023	4364,35024	-155,63 ± 0,67	-2,50 ± 0,22	-96,31 ± 0,25	-36,66 ± 0,59
rd050022	4562,51955	-152,79 ± 0,54	-3,28 ± 0,30	-87,41 ± 0,10	-35,17 ± 0,26
re160017	4603,49640	-149,04 ± 0,35	-2,75 ± 0,10	-89,52 ± 0,23	-38,03 ± 0,73
rg100005	4658,53581	-149,02 ± 0,25	-4,87 ± 0,38	-90,80 ± 0,01	-32,32 ± 0,59
sd020042	4924,57126	-157,76 ± 0,13	-2,16 ± 0,32	-85,38 ± 0,27	-37,57 ± 0,86
sd060030	4928,52872	-163,02 ± 0,36	-2,39 ± 0,21	-85,51 ± 0,26	-41,57 ± 0,66
sg260014	5039,40916	-152,79 ± 0,39	-0,74 ± 0,34	-87,85 ± 0,45	-35,75 ± 0,59
sh090024	5053,41758	-154,20 ± 0,51	-2,25 ± 0,11	-87,58 ± 0,40	-37,2 ± 1,5
sh200014	5064,35964	-145,33 ± 0,50	-0,74 ± 0,26	-86,06 ± 0,36	-29,69 ± 0,92
sh290012	5073,32465	-143,22 ± 0,49	-0,28 ± 0,21	-82,54 ± 0,17	-35,52 ± 0,46
sh290014	5073,34811	-141,61 ± 0,45	-0,33 ± 0,32	-83,76 ± 0,37	-36,09 ± 0,13
sh290016	5073,37135	-140,05 ± 0,27	-0,48 ± 0,28	-83,63 ± 0,40	-36,32 ± 0,92
sh290018	5073,39421	-140,72 ± 0,46	-0,58 ± 0,30	-83,50 ± 0,45	-39,06 ± 0,13
sh290020	5073,41706	-142,19 ± 0,38	-0,39 ± 0,32	-83,48 ± 0,29	-34,49 ± 0,40
sh290022	5073,43990	-140,67 ± 0,49	-0,06 ± 0,31	-83,67 ± 0,08	-37,12 ± 0,59
sh290024	5073,46443	-139,20 ± 0,36	-0,56 ± 0,42	-82,85 ± 0,29	-39,40 ± 0,46
sh290026	5073,48910	-144,76 ± 0,53	-0,04 ± 0,72	-84,44 ± 0,51	-38,26 ± 0,99

(pokračování na další stránce)

(Tabulka D.1 - pokračování)

Soubor	JD-2450000	modrý pík <i>RV</i> [km/s]	červený pík <i>RV</i> [km/s]	centrální absorpce <i>RV</i> [km/s]	křídla <i>RV</i> [km/s]
si060017	5081,48434	-142,85 ± 0,43	-1,30 ± 0,24	-84,66 ± 0,33	-34,95 ± 0,66
si180012	5093,29323	-138,36 ± 0,42	-0,88 ± 0,30	-83,09 ± 0,30	-37,57 ± 0,59
si180014	5093,31649	-139,26 ± 0,36	-0,78 ± 0,30	-82,77 ± 0,26	-37,91 ± 0,79
si180016	5093,33937	-138,88 ± 0,32	-0,79 ± 0,27	-83,38 ± 0,30	-37,69 ± 0,66
si180018	5093,36266	-138,95 ± 0,29	-1,57 ± 0,27	-83,82 ± 0,10	-38,71 ± 0,99
si180020	5093,38574	-138,50 ± 0,25	-1,26 ± 0,23	-83,76 ± 0,33	-38,37 ± 0,53
si180022	5093,40878	-139,12 ± 0,31	-1,24 ± 0,23	-83,81 ± 0,43	-38,14 ± 0,79
si180024	5093,43872	-139,95 ± 0,32	-1,51 ± 0,22	-84,23 ± 0,34	-38,26 ± 0,59
si180026	5093,46565	-139,50 ± 0,22	-1,18 ± 0,16	-82,93 ± 0,11	-38,14 ± 0,53
si180028	5093,48918	-140,00 ± 0,26	-1,71 ± 0,32	-84,00 ± 0,46	-39,06 ± 0,66
si180030	5093,51236	-139,89 ± 0,40	-1,94 ± 0,17	-84,29 ± 0,41	-38,83 ± 0,53
si180032	5093,53883	-140,40 ± 0,29	-2,17 ± 0,24	-84,31 ± 0,50	-38,60 ± 0,66
si180034	5093,56889	-141,21 ± 0,36	-1,80 ± 0,33	-84,10 ± 0,13	-38,60 ± 0,92
si180036	5093,59573	-139,06 ± 0,37	-3,66 ± 0,25	-84,59 ± 0,41	-38,83 ± 0,92
si190018	5094,37677	-138,82 ± 0,34	-1,69 ± 0,20	-83,95 ± 0,49	-39,06 ± 0,53
si190020	5094,40014	-140,67 ± 0,39	-2,92 ± 0,27	-84,68 ± 0,39	-40,31 ± 0,73
si190022	5094,42306	-139,11 ± 0,28	-1,61 ± 0,25	-83,56 ± 0,51	-38,60 ± 0,92
si190024	5094,44617	-137,96 ± 0,34	-1,71 ± 0,24	-83,42 ± 0,44	-38,83 ± 0,79
si190026	5094,46951	-139,41 ± 0,30	-1,85 ± 0,28	-83,18 ± 0,12	-38,83 ± 0,79
si190028	5094,49600	-139,60 ± 0,31	-1,88 ± 0,28	-83,36 ± 0,10	-38,37 ± 0,66
si190030	5094,52591	-139,81 ± 0,37	-1,85 ± 0,33	-83,06 ± 0,15	-39,06 ± 0,40
si260010	5101,38145	-141,09 ± 0,28	-0,91 ± 0,32	-84,11 ± 0,48	-33,35 ± 0,53
te290036	5346,48744	-169,82 ± 0,32	3,10 ± 0,17	-80,33 ± 0,17	-36,0 ± 1,4
tf240011	5372,52615	-189,7 ± 1,1	-0,99 ± 0,18	-82,81 ± 0,22	-32,09 ± 0,46

(pokračování na další stránce)

(Tabulka D.1 - pokračování)

Soubor	JD-2450000	modrý pík <i>RV</i> [km/s]	červený pík <i>RV</i> [km/s]	centrální absorpce <i>RV</i> [km/s]	křídla <i>RV</i> [km/s]
tg090016	5387,46071	-119,83 ± 0,72 -183,57 ± 0,70	-2,68 ± 0,22	-84,71 ± 0,32	-39,51 ± 0,53
tg100019	5388,37491	-126,63 ± 0,64 -185,47 ± 0,56	-3,11 ± 0,21	-84,35 ± 0,25	-41,11 ± 0,66
th190024	5428,48867	-129,4 ± 1,6 -183,12 ± 0,49	-3,52 ± 0,11	-85,31 ± 0,27	-44,54 ± 0,53
ti170017	5457,35206	-171,34 ± 0,51	-2,77 ± 0,09	-85,40 ± 0,11	-37,69 ± 0,53
ti190027	5459,44803	-175,34 ± 0,70	-2,77 ± 0,21	-86,65 ± 0,17	-40,43 ± 0,66
tj090023	5479,35473	-166,77 ± 0,67	-0,29 ± 0,26	-82,06 ± 0,32	-33,7 ± 1,4
tj210015	5491,35014	-165,18 ± 0,34	-2,29 ± 0,33	-85,24 ± 0,34	-48,4 ± 1,5

(Konec)

D. Naměřené hodnoty parametrů vybraných spektrálních čar

Tabulka D.2: Naměřené hodnoty ekvivalentní šířky (EW) a relativních intenzit (F/F_c) čáry $H\alpha$.

Soubor	JD-2450000	EW [Å]	modrý pík	červený pík
			F/F_c	F/F_c
ni020031	3251,37836	$-210,4 \pm 5,9$	$11,489 \pm 0,024$	$57,13 \pm 0,20$
ni130028	3262,42485	$-313,4 \pm 4,7$	$13,025 \pm 0,015$	$81,50 \pm 0,12$
nl010015	3341,26601	$-267,3 \pm 6,8$	$12,549 \pm 0,031$	$69,801 \pm 0,087$
oc210035	3451,64278	-324 ± 13	$14,335 \pm 0,020$	$86,25 \pm 0,14$
oe200021	3511,46709	$-284,8 \pm 7,3$	$12,4171 \pm 0,0084$	$71,795 \pm 0,080$
oe200022	3511,49147	$-286,1 \pm 5,9$	$12,3897 \pm 0,0081$	$72,10 \pm 0,16$
og030026	3555,49833	$-276,4 \pm 5,6$	$13,809 \pm 0,048$	$69,45 \pm 0,23$
og030028	3555,52125	$-277,8 \pm 6,5$	$13,765 \pm 0,028$	$69,39 \pm 0,18$
og030030	3555,54450	$-279,3 \pm 4,9$	$13,930 \pm 0,053$	$69,99 \pm 0,14$
og260009	3578,39271	$-329,8 \pm 8,6$	$19,66 \pm 0,13$	$78,60 \pm 0,17$
og270027	3579,38438	$-319,9 \pm 5,6$	$17,774 \pm 0,067$	$77,23 \pm 0,26$
og270043	3579,46759	$-317,1 \pm 6,3$	$17,705 \pm 0,016$	$76,06 \pm 0,20$
og270045	3579,48020	$-318,1 \pm 8,8$	$17,679 \pm 0,068$	$76,38 \pm 0,20$
og270054	3579,53839	$-312,2 \pm 7,3$	$17,401 \pm 0,059$	$75,10 \pm 0,23$
og270056	3579,55091	$-310,4 \pm 6,6$	$17,339 \pm 0,083$	$74,58 \pm 0,16$
og280007	3580,56990	$-295,4 \pm 5,9$	$17,075 \pm 0,027$	$72,73 \pm 0,27$
og280009	3580,58190	$-295,2 \pm 5,7$	$17,298 \pm 0,018$	$72,44 \pm 0,31$
oh170027	3600,54480	$-273,2 \pm 9,9$	$18,348 \pm 0,062$	$67,92 \pm 0,13$
oh170028	3600,56047	-273 ± 12	$18,491 \pm 0,054$	$67,87 \pm 0,19$
oh180005	3601,44208	-299 ± 22	$19,177 \pm 0,041$	$71,95 \pm 0,16$
oh280020	3611,34236	-317 ± 12	$21,433 \pm 0,039$	$74,58 \pm 0,17$
oi040035	3618,33919	-370 ± 10	$24,253 \pm 0,046$	$86,22 \pm 0,22$
oi060034	3620,56264	$-273,9 \pm 9,1$	$17,480 \pm 0,074$	$64,08 \pm 0,11$
oi080041	3622,53971	-276 ± 17	$18,771 \pm 0,093$	$65,05 \pm 0,10$
oi220024	3636,43012	$-345,6 \pm 6,8$	$17,489 \pm 0,069$	$80,91 \pm 0,16$
oi240022	3638,39407	$-342,4 \pm 9,0$	$18,635 \pm 0,044$	$79,63 \pm 0,16$
oi250025	3639,34326	$-325,6 \pm 6,1$	$16,760 \pm 0,033$	$76,90 \pm 0,23$
oj080025	3652,30418	-323 ± 12	$16,219 \pm 0,044$	$75,37 \pm 0,13$
oj080027	3652,32830	-315 ± 16	$15,915 \pm 0,036$	$74,34 \pm 0,17$
oj120017	3656,47990	$-279,4 \pm 7,1$	$13,500 \pm 0,034$	$67,58 \pm 0,11$
			$13,429 \pm 0,032$	
oj280026	3672,25659	$-307,4 \pm 6,0$	$16,073 \pm 0,046$	$70,62 \pm 0,19$

(pokračování na další stránce)

D. Naměřené hodnoty parametrů vybraných spektrálních čar

(Tabulka D.2 - pokračování)

Soubor	JD-2450000	EW [Å]	modrý pík	červený pík
			F/F_c	F/F_c
oj280027	3672,28397	$-308,1 \pm 7,5$	$15,921 \pm 0,010$	$70,68 \pm 0,17$
oj280028	3672,31270	$-307,8 \pm 6,4$	$16,000 \pm 0,020$	$70,99 \pm 0,17$
oj300032	3674,33655	$-286,0 \pm 7,4$	$14,219 \pm 0,032$	$67,17 \pm 0,15$
pe030024	3859,59170	-312 ± 10	$16,315 \pm 0,038$	$73,40 \pm 0,16$
pe040033	3860,57965	$-292,7 \pm 5,0$	$14,249 \pm 0,019$	$70,09 \pm 0,12$
			$15,233 \pm 0,019$	
pg220027	3939,54885	$-291,2 \pm 7,2$	$12,100 \pm 0,021$	$72,41 \pm 0,16$
			$12,195 \pm 0,021$	
pg220029	3939,57286	$-289,5 \pm 6,7$	$11,989 \pm 0,019$	$72,21 \pm 0,16$
			$11,988 \pm 0,019$	
pg300006	3947,40043	$-239,3 \pm 7,5$	$9,515 \pm 0,042$	$60,21 \pm 0,14$
			$9,921 \pm 0,043$	
pi090029	3988,41117	$-274,6 \pm 5,9$	$12,239 \pm 0,021$	$67,60 \pm 0,18$
pi170007	3996,37946	-291 ± 15	$12,425 \pm 0,021$	$76,28 \pm 0,12$
qc310024	4191,57197	$-287,7 \pm 7,2$	$8,310 \pm 0,011$	$76,30 \pm 0,13$
			$11,999 \pm 0,012$	
qd010024	4192,5417	$-284,3 \pm 8,6$	$8,318 \pm 0,037$	$76,14 \pm 0,17$
			$12,028 \pm 0,034$	
qd010029	4192,6295	$-284,4 \pm 6,0$	$8,248 \pm 0,011$	$76,25 \pm 0,19$
			$12,003 \pm 0,010$	
qd020030	4193,59264	$-279,8 \pm 6,5$	$12,274 \pm 0,025$	$73,29 \pm 0,15$
qd140042	4205,51713	$-269,9 \pm 4,7$	$11,178 \pm 0,023$	$71,31 \pm 0,15$
qd150026	4206,51644	$-254,6 \pm 7,2$	$10,743 \pm 0,018$	$67,41 \pm 0,12$
qd250017	4216,59060	$-293,5 \pm 6,0$	$13,339 \pm 0,023$	$74,58 \pm 0,13$
qe190013	4240,38657	$-329,2 \pm 5,2$	$13,734 \pm 0,011$	$86,46 \pm 0,21$
qf190013	4271,39549	$-357,9 \pm 8,9$	$15,710 \pm 0,018$	$93,05 \pm 0,21$
qg130019	4295,51271	$-283,1 \pm 3,5$	$11,796 \pm 0,023$	$73,44 \pm 0,12$
qg170016	4299,38906	$-321,6 \pm 5,7$	$12,973 \pm 0,021$	$86,16 \pm 0,14$
qg170018	4299,41073	-323 ± 10	$13,002 \pm 0,041$	$86,48 \pm 0,16$
qi130023	4357,46675	-369 ± 12	$15,744 \pm 0,034$	$96,68 \pm 0,20$
		— — —	$15,938 \pm 0,034$	
qi200023	4364,35024	$-330,7 \pm 7,0$	$14,804 \pm 0,025$	$89,86 \pm 0,22$
rd050022	4562,51955	$-327,8 \pm 9,5$	$15,944 \pm 0,018$	$81,58 \pm 0,28$
re160017	4603,49640	$-322,3 \pm 8,7$	$15,086 \pm 0,013$	$77,468 \pm 0,080$

(pokračování na další stránce)

D. Naměřené hodnoty parametrů vybraných spektrálních čar

(Tabulka D.2 - pokračování)

Soubor	JD-2450000	EW [Å]	modrý pík	červený pík
			F/F_c	F/F_c
rg100005	4658,53581	-330 ± 12	$20,378 \pm 0,018$	$73,46 \pm 0,28$
sd020042	4924,57126	-294 ± 11	$18,7654 \pm 0,0066$	$65,36 \pm 0,16$
sd060030	4928,52872	$-289,5 \pm 6,5$	$18,582 \pm 0,015$	$64,773 \pm 0,096$
sg260014	5039,40916	-257 ± 10	$18,911 \pm 0,041$	$53,716 \pm 0,098$
sh090024	5053,41758	$-265,1 \pm 7,4$	$18,507 \pm 0,024$	$52,561 \pm 0,023$
sh200014	5064,35964	$-267,4 \pm 5,3$	$18,178 \pm 0,032$	$53,790 \pm 0,064$
sh290012	5073,32465	(-345 ± 36)	$23,824 \pm 0,062$	$70,08 \pm 0,13$
sh290014	5073,34811	(-343 ± 35)	$23,798 \pm 0,068$	$69,80 \pm 0,21$
sh290016	5073,37135	(-330 ± 44)	$23,286 \pm 0,041$	$67,49 \pm 0,18$
sh290018	5073,39421	(-343 ± 33)	$23,961 \pm 0,079$	$70,48 \pm 0,23$
sh290020	5073,41706	(-339 ± 35)	$23,627 \pm 0,065$	$68,91 \pm 0,20$
sh290022	5073,43990	(-334 ± 34)	$23,317 \pm 0,089$	$68,16 \pm 0,20$
sh290024	5073,46443	(-354 ± 73)	$24,453 \pm 0,032$	$71,66 \pm 0,29$
sh290026	5073,48910	(-340 ± 72)	$23,96 \pm 0,10$	$69,35 \pm 0,36$
si060017	5081,48434	(-327 ± 22)	$22,643 \pm 0,065$	$69,17 \pm 0,18$
si180012	5093,29323	(-306 ± 13)	$20,807 \pm 0,054$	$63,59 \pm 0,18$
si180014	5093,31649	$-302,6 \pm 9,7$	$20,683 \pm 0,053$	$63,08 \pm 0,16$
si180016	5093,33937	$-303,7 \pm 7,3$	$20,673 \pm 0,043$	$63,10 \pm 0,14$
si180018	5093,36266	$-304,1 \pm 7,2$	$20,635 \pm 0,042$	$63,12 \pm 0,15$
si180020	5093,38574	-306 ± 12	$20,855 \pm 0,037$	$63,69 \pm 0,14$
si180022	5093,40878	-305 ± 11	$20,818 \pm 0,046$	$63,30 \pm 0,13$
si180024	5093,43872	$-303,7 \pm 8,2$	$20,762 \pm 0,040$	$63,17 \pm 0,13$
si180026	5093,46565	$-301,5 \pm 8,5$	$20,581 \pm 0,026$	$62,655 \pm 0,099$
si180028	5093,48918	-300 ± 11	$20,617 \pm 0,040$	$62,67 \pm 0,16$
si180030	5093,51236	-299 ± 13	$20,656 \pm 0,054$	$62,35 \pm 0,10$
si180032	5093,53883	-297 ± 15	$20,357 \pm 0,037$	$62,20 \pm 0,14$
si180034	5093,56889	-303 ± 14	$20,878 \pm 0,048$	$63,49 \pm 0,20$
si180036	5093,59573	(-293 ± 45)	$20,348 \pm 0,054$	$62,55 \pm 0,16$
si190018	5094,37677	$-298,2 \pm 5,6$	$20,500 \pm 0,051$	$61,40 \pm 0,12$
si190020	5094,40014	$-298,9 \pm 6,1$	$20,526 \pm 0,054$	$61,72 \pm 0,16$
si190022	5094,42306	-300 ± 10	$20,626 \pm 0,043$	$61,93 \pm 0,15$
si190024	5094,44617	$-298,1 \pm 8,6$	$20,541 \pm 0,052$	$61,64 \pm 0,14$
si190026	5094,46951	$-296,9 \pm 6,2$	$20,415 \pm 0,038$	$61,67 \pm 0,14$
si190028	5094,49600	$-296,0 \pm 8,1$	$20,420 \pm 0,040$	$61,45 \pm 0,16$

(pokračování na další stránce)

D. Naměřené hodnoty parametrů vybraných spektrálních čar

(Tabulka D.2 - pokračování)

Soubor	JD-2450000	EW [Å]	modrý pík	červený pík
			F/F_c	F/F_c
si190030	5094,52591	$-295,4 \pm 6,7$	$20,469 \pm 0,049$	$61,53 \pm 0,19$
si260010	5101,38145	-329 ± 12	$21,384 \pm 0,031$	$68,40 \pm 0,22$
te290036	5346,48744	$-258,8 \pm 5,2$	$16,046 \pm 0,013$	$56,754 \pm 0,080$
tf240011	5372,52615	-253 ± 15	$12,576 \pm 0,031$	$60,69 \pm 0,13$
			$11,227 \pm 0,032$	
tg090016	5387,46071	$-263,3 \pm 3,7$	$14,591 \pm 0,027$	$62,05 \pm 0,14$
			$12,528 \pm 0,029$	
tg100019	5388,37491	$-262,5 \pm 4,6$	$14,584 \pm 0,026$	$61,24 \pm 0,12$
			$12,451 \pm 0,026$	
th190024	5428,48867	$-259,0 \pm 5,8$	$15,238 \pm 0,050$	$59,469 \pm 0,072$
ti170017	5457,35206	$-263,3 \pm 7,5$	$15,253 \pm 0,029$	$57,245 \pm 0,048$
ti190027	5459,44803	$-267,2 \pm 5,5$	$15,341 \pm 0,034$	$58,24 \pm 0,11$
tj090023	5479,35473	$-217,6 \pm 5,8$	$12,346 \pm 0,029$	$47,677 \pm 0,094$
tj210015	5491,35014	-267 ± 10	$14,564 \pm 0,024$	$59,14 \pm 0,16$

(Konec)

Tabulka D.3: Naměřené hodnoty ekvivalentních šířek (EW) a radiálních rychlostí (RV) čar kyslíku.

Soubor	JD-2450000	[O I] 6 300 Å		[O I] 6 364 Å	
		EW [Å]	RV [km/s]	EW [Å]	RV [km/s]
ni020031	3251,37836	$-2,02 \pm 0,18$	$-30,88 \pm 0,29$	$-0,68 \pm 0,12$	$-31,05 \pm 0,81$
ni130028	3262,42485	$-2,52 \pm 0,11$	$-33,26 \pm 0,25$	$-0,870 \pm 0,073$	$-32,08 \pm 0,65$
nl010015	3341,26601	$-2,58 \pm 0,18$	$-28,12 \pm 0,27$	$-0,88 \pm 0,12$	$-26,99 \pm 0,67$
oc210035	3451,64278	$-3,31 \pm 0,32$	$-30,17 \pm 0,25$	$-1,10 \pm 0,22$	$-29,02 \pm 0,51$
oe200021	3511,46709	$-2,71 \pm 0,19$	$-31,07 \pm 0,29$	$-0,97 \pm 0,13$	$-29,02 \pm 0,62$
oe200022	3511,49147	$-2,60 \pm 0,15$	$-30,50 \pm 0,27$	$-0,96 \pm 0,11$	$-30,67 \pm 0,62$
og030026	3555,49833	$-2,58 \pm 0,14$	$-30,98 \pm 0,27$	$-0,90 \pm 0,10$	$-30,01 \pm 0,65$
og030028	3555,52125	$-2,63 \pm 0,17$	$-30,88 \pm 0,27$	$-0,98 \pm 0,11$	$-30,95 \pm 0,67$
og030030	3555,54450	$-2,61 \pm 0,13$	$-29,79 \pm 0,27$	$-0,915 \pm 0,084$	$-29,91 \pm 0,64$
og260009	3578,39271	$-2,76 \pm 0,20$	$-30,07 \pm 0,25$	$-0,97 \pm 0,13$	$-30,39 \pm 0,60$
og270027	3579,38438	$-3,02 \pm 0,14$	$-31,74 \pm 0,27$	$-0,951 \pm 0,087$	$-30,48 \pm 0,60$
og270043	3579,46759	$-2,61 \pm 0,15$	$-30,36 \pm 0,27$	$-0,936 \pm 0,099$	$-30,43 \pm 0,60$
og270045	3579,48020	$-2,72 \pm 0,21$	$-29,12 \pm 0,25$	$-0,92 \pm 0,14$	$-29,82 \pm 0,62$
og270054	3579,53839	$-2,55 \pm 0,17$	$-29,65 \pm 0,27$	$-0,94 \pm 0,12$	$-29,40 \pm 0,71$
og270056	3579,55091	$-2,62 \pm 0,16$	$-29,93 \pm 0,27$	$-0,90 \pm 0,11$	$-29,59 \pm 0,65$
og280007	3580,56990	$-2,49 \pm 0,14$	$-32,55 \pm 0,27$	$-0,90 \pm 0,10$	$-31,70 \pm 0,65$
og280009	3580,58190	$-2,45 \pm 0,14$	$-31,45 \pm 0,29$	$-0,894 \pm 0,098$	$-31,61 \pm 0,72$
oh170027	3600,54480	$-2,47 \pm 0,25$	$-32,31 \pm 0,27$	$-0,77 \pm 0,18$	$-32,74 \pm 0,64$
oh170028	3600,56047	$-2,41 \pm 0,31$	$-33,40 \pm 0,27$	$-0,88 \pm 0,21$	$-32,13 \pm 0,67$
oh180005	3601,44208	$-2,74 \pm 0,53$	$-29,17 \pm 0,29$	$-0,92 \pm 0,38$	$-29,07 \pm 0,60$
oh280020	3611,34236	$-2,69 \pm 0,28$	$-32,74 \pm 0,27$	$-0,88 \pm 0,18$	$-31,19 \pm 0,60$
oi040035	3618,33919	$-3,01 \pm 0,22$	$-33,36 \pm 0,25$	$-1,00 \pm 0,15$	$-33,82 \pm 0,62$

(pokračování na další stránce)

(Tabulka D.3 - pokračování)

Soubor	JD-2450000	[O I] 6 300 Å		[O I] 6 364 Å	
		EW [Å]	RV [km/s]	EW [Å]	RV [km/s]
oi060034	3620,56264	-2,38 ± 0,23	-32,64 ± 0,30	-0,80 ± 0,16	-31,56 ± 0,72
oi080041	3622,53971	-2,36 ± 0,43	-33,69 ± 0,27	-0,81 ± 0,31	-31,66 ± 0,69
oi220024	3636,43012	-2,67 ± 0,15	-30,12 ± 0,27	-0,905 ± 0,099	-30,53 ± 0,64
oi240022	3638,39407	-2,74 ± 0,21	-33,88 ± 0,27	-0,92 ± 0,14	-32,32 ± 0,65
oi250025	3639,34326	-2,57 ± 0,14	-30,83 ± 0,27	-0,873 ± 0,093	-30,48 ± 0,62
oj080025	3652,30418	-2,74 ± 0,27	-29,03 ± 0,27	-0,89 ± 0,19	-29,02 ± 0,67
oj080027	3652,32830	-2,74 ± 0,37	-30,79 ± 0,25	-1,01 ± 0,27	-30,24 ± 0,62
oj120017	3656,47990	-2,37 ± 0,18	-29,93 ± 0,29	-0,80 ± 0,12	-30,48 ± 0,71
oj280026	3672,25659	-2,38 ± 0,14	-30,22 ± 0,27	-0,85 ± 0,10	-29,07 ± 0,69
oj280027	3672,28397	-2,35 ± 0,17	-29,45 ± 0,30	-0,78 ± 0,12	-28,27 ± 0,72
oj280028	3672,31270	-2,43 ± 0,15	-29,41 ± 0,29	-0,82 ± 0,11	-27,51 ± 0,67
oj300032	3674,33655	-2,33 ± 0,18	-30,17 ± 0,32	-0,82 ± 0,13	-29,49 ± 0,78
pe030024	3859,59170	-2,23 ± 0,23	-29,31 ± 0,36	-0,81 ± 0,17	-29,68 ± 0,78
pe040033	3860,57965	-2,17 ± 0,12	-31,45 ± 0,36	-0,734 ± 0,085	-31,05 ± 0,81
pg220027	3939,54885	-1,96 ± 0,16	-29,69 ± 0,36	-0,73 ± 0,12	-30,72 ± 0,85
pg220029	3939,57286	-1,83 ± 0,15	-29,93 ± 0,39	-0,72 ± 0,11	-30,43 ± 0,88
pg300006	3947,40043	-1,75 ± 0,19	-32,50 ± 0,41	-0,55 ± 0,13	-31,85 ± 0,92
pi090029	3988,41117	-1,72 ± 0,14	-31,07 ± 0,37	-0,62 ± 0,10	-30,34 ± 0,92
pi170007	3996,37946	-1,83 ± 0,35	-26,31 ± 0,32	-0,73 ± 0,24	-26,2 ± 1,0
qc310024	4191,57197	-1,73 ± 0,16	-31,83 ± 0,39	-0,69 ± 0,12	-29,59 ± 0,88
qd010024	4192,5417	-1,69 ± 0,19	-31,74 ± 0,41	-0,64 ± 0,15	-30,20 ± 0,97
qd010029	4192,6295	-1,69 ± 0,14	-29,55 ± 0,41	-0,65 ± 0,10	-30,34 ± 0,97
qd020030	4193,59264	-1,66 ± 0,15	-29,74 ± 0,41	-0,62 ± 0,11	-29,96 ± 0,92
qd140042	4205,51713	-1,63 ± 0,11	-30,50 ± 0,41	-0,613 ± 0,078	-29,49 ± 0,94

(pokračování na další stránce)

(Tabulka D.3 - pokračování)

Soubor	JD-2450000	[O I] 6 300 Å		[O I] 6 364 Å	
		EW [Å]	RV [km/s]	EW [Å]	RV [km/s]
qd150026	4206,51644	-1,51 ± 0,17	-29,55 ± 0,43	-0,65 ± 0,13	-29,0 ± 1,1
qd250017	4216,59060	-1,74 ± 0,13	-30,74 ± 0,39	-0,629 ± 0,099	-29,54 ± 0,90
qe190013	4240,38657	-1,91 ± 0,11	-30,41 ± 0,36	-0,702 ± 0,076	-30,24 ± 0,81
qf190013	4271,39549	-2,06 ± 0,18	-30,41 ± 0,34	-0,80 ± 0,12	-29,96 ± 0,72
qg130019	4295,51271	-1,780 ± 0,082	-30,31 ± 0,37	-0,682 ± 0,056	-30,57 ± 0,86
qg170016	4299,38906	-2,07 ± 0,13	-31,64 ± 0,36	-0,742 ± 0,085	-29,82 ± 0,78
qg170018	4299,41073	-1,92 ± 0,23	-32,31 ± 0,32	-0,78 ± 0,16	-31,70 ± 0,81
qi130023	4357,46675	-2,17 ± 0,25	-33,07 ± 0,29	-0,77 ± 0,18	-32,08 ± 0,78
qi200023	4364,35024	-2,08 ± 0,15	-31,69 ± 0,32	-0,79 ± 0,11	-30,67 ± 0,85
rd050022	4562,51955	-2,33 ± 0,21	-29,22 ± 0,32	-0,80 ± 0,15	-29,07 ± 0,67
re160017	4603,49640	-2,32 ± 0,19	-27,55 ± 0,34	-0,92 ± 0,14	-27,32 ± 0,74
rg100005	4658,53581	-2,29 ± 0,26	-30,69 ± 0,32	-0,88 ± 0,19	-28,60 ± 0,81
sd020042	4924,57126	-1,97 ± 0,26	-30,79 ± 0,34	-0,70 ± 0,18	-31,56 ± 0,78
sd060030	4928,52872	-1,91 ± 0,15	-31,07 ± 0,39	-0,74 ± 0,11	-30,10 ± 0,88
sg260014	5039,40916	-1,92 ± 0,26	-32,21 ± 0,37	-0,64 ± 0,19	-32,36 ± 0,92
sh090024	5053,41758	-1,88 ± 0,18	-33,36 ± 0,37	-0,72 ± 0,13	-32,98 ± 0,95
sh200014	5064,35964	-1,87 ± 0,13	-31,60 ± 0,36	-0,673 ± 0,090	-31,19 ± 0,94
sh290012	5073,32465	(-2,35 ± 0,79)	-32,98 ± 0,30	(-0,83 ± 0,52)	-33,26 ± 0,67
sh290014	5073,34811	(-1,85 ± 0,73)	-34,78 ± 0,30	(-0,73 ± 0,50)	-34,67 ± 0,72
sh290016	5073,37135	(-2,8 ± 1,0)	-34,31 ± 0,36	(-0,53 ± 0,62)	-31,56 ± 0,85
sh290018	5073,39421	(-1,79 ± 0,68)	-32,41 ± 0,27	(-0,59 ± 0,46)	-33,26 ± 0,81
sh290020	5073,41706	(-2,38 ± 0,77)	-33,93 ± 0,32	(-0,77 ± 0,51)	-32,74 ± 0,67
sh290022	5073,43990	(-2,28 ± 0,76)	-30,64 ± 0,29	(-0,68 ± 0,50)	-30,67 ± 0,88
sh290024	5073,46443	(-1,8 ± 1,5)	-32,88 ± 0,32	(-1,0 ± 1,1)	-35,29 ± 0,76

(pokračování na další stránce)

(Tabulka D.3 - pokračování)

Soubor	JD-2450000	[O I] 6 300 Å		[O I] 6 364 Å	
		EW [Å]	RV [km/s]	EW [Å]	RV [km/s]
sh290026	5073,48910	(-1,7 ± 1,5)	-31,26 ± 0,32	(-0,7 ± 1,0)	-27,70 ± 0,79
si060017	5081,48434	(-2,42 ± 0,48)	-32,12 ± 0,29	(-1,02 ± 0,35)	-35,90 ± 0,79
si180012	5093,29323	-2,15 ± 0,29	-31,88 ± 0,32	-0,75 ± 0,21	-31,56 ± 0,79
si180014	5093,31649	-2,24 ± 0,22	-32,60 ± 0,32	-0,80 ± 0,16	-32,13 ± 0,76
si180016	5093,33937	-2,15 ± 0,17	-32,02 ± 0,32	-0,71 ± 0,12	-31,05 ± 0,79
si180018	5093,36266	-2,11 ± 0,16	-32,98 ± 0,32	-0,76 ± 0,12	-31,28 ± 0,86
si180020	5093,38574	-2,27 ± 0,28	-32,21 ± 0,30	-0,81 ± 0,20	-30,24 ± 0,79
si180022	5093,40878	-2,13 ± 0,25	-32,26 ± 0,32	-0,72 ± 0,18	-31,61 ± 0,79
si180024	5093,43872	-2,12 ± 0,19	-32,21 ± 0,32	-0,76 ± 0,14	-30,76 ± 0,74
si180026	5093,46565	-2,11 ± 0,20	-33,40 ± 0,32	-0,73 ± 0,13	-32,18 ± 0,78
si180028	5093,48918	-2,14 ± 0,26	-32,31 ± 0,30	-0,83 ± 0,19	-33,07 ± 0,83
si180030	5093,51236	-2,15 ± 0,31	-31,69 ± 0,30	-0,73 ± 0,22	-31,85 ± 0,71
si180032	5093,53883	-2,18 ± 0,36	-32,79 ± 0,34	-0,61 ± 0,25	-31,00 ± 0,79
si180034	5093,56889	-2,17 ± 0,32	-32,07 ± 0,32	-0,71 ± 0,23	-31,56 ± 0,76
si180036	5093,59573	(-1,58 ± 0,98)	-29,84 ± 0,30	(-0,88 ± 0,78)	-24,87 ± 0,74
si190018	5094,37677	-1,99 ± 0,13	-32,45 ± 0,34	-0,752 ± 0,089	-31,28 ± 0,83
si190020	5094,40014	-2,10 ± 0,14	-33,12 ± 0,30	-0,743 ± 0,096	-32,46 ± 0,79
si190022	5094,42306	-2,03 ± 0,24	-34,83 ± 0,32	-0,80 ± 0,16	-32,69 ± 0,79
si190024	5094,44617	-2,11 ± 0,20	-32,98 ± 0,32	-0,74 ± 0,14	-31,38 ± 0,76
si190026	5094,46951	-2,24 ± 0,14	-30,36 ± 0,34	-0,80 ± 0,11	-30,39 ± 0,79
si190028	5094,49600	-2,17 ± 0,19	-30,31 ± 0,34	-0,77 ± 0,14	-30,72 ± 0,79
si190030	5094,52591	-1,94 ± 0,15	-32,79 ± 0,30	-0,70 ± 0,11	-32,22 ± 0,72
si260010	5101,38145	-2,49 ± 0,28	-31,12 ± 0,30	-0,82 ± 0,18	-29,11 ± 0,79
te290036	5346,48744	-1,75 ± 0,13	-31,64 ± 0,41	-0,654 ± 0,094	-29,87 ± 0,99

(pokračování na další stránce)

(Tabulka D.3 - pokračování)

Soubor	JD-2450000	[O I] 6 300 Å		[O I] 6 364 Å	
		EW [Å]	RV [km/s]	EW [Å]	RV [km/s]
tf240011	5372,52615	-1,90 ± 0,39	-31,74 ± 0,32	-0,71 ± 0,29	-32,13 ± 0,92
tg090016	5387,46071	-1,906 ± 0,094	-32,12 ± 0,36	-0,719 ± 0,067	-31,38 ± 0,81
tg100019	5388,37491	-2,01 ± 0,12	-32,26 ± 0,34	-0,733 ± 0,080	-32,55 ± 0,81
th190024	5428,48867	-2,09 ± 0,15	-32,12 ± 0,34	-0,77 ± 0,11	-31,14 ± 0,79
ti170017	5457,35206	-2,24 ± 0,19	-33,36 ± 0,32	-0,70 ± 0,14	-32,46 ± 0,79
ti190027	5459,44803	-2,13 ± 0,14	-31,17 ± 0,34	-0,712 ± 0,098	-31,00 ± 0,81
tj090023	5479,35473	-1,75 ± 0,16	-32,21 ± 0,41	-0,69 ± 0,12	-31,2 ± 1,0
tj210015	5491,35014	-1,98 ± 0,25	-32,41 ± 0,32	-0,64 ± 0,18	-33,1 ± 1,0

(Konec)

Tabulka D.4: Naměřené hodnoty ekvivalentních šířek (*EW*) a radiálních rychlostí (*RV*) čar křemíku.

Soubor	JD-2450000	Si II 6 347 Å		Si II 6 371 Å	
		EW [Å]	RV [km/s]	EW [Å]	RV [km/s]
ni020031	3251,37836	-1,78 ± 0,38	-31,8 ± 3,2	-1,09 ± 0,30	-31,7 ± 5,7
ni130028	3262,42485	-2,72 ± 0,24	-23,3 ± 1,8	-1,66 ± 0,19	-21,8 ± 3,1
nl010015	3341,26601	-2,40 ± 0,38	-20,8 ± 2,6	-1,43 ± 0,30	-12,6 ± 4,4
oc210035	3451,64278	-3,01 ± 0,66	-51,8 ± 1,6	-1,71 ± 0,52	-52,4 ± 3,0
oe200021	3511,46709	-2,35 ± 0,39	-26,3 ± 2,1	-1,51 ± 0,31	-21,4 ± 3,6
oe200022	3511,49147	-2,36 ± 0,31	-25,3 ± 2,1	-1,45 ± 0,25	-21,5 ± 3,4
og030026	3555,49833	-1,98 ± 0,30	-32,7 ± 2,6	-1,20 ± 0,24	-35,6 ± 4,0
og030028	3555,52125	-2,00 ± 0,35	-31,7 ± 2,4	-1,27 ± 0,28	-30,3 ± 4,0
og030030	3555,54450	-1,96 ± 0,26	-26,8 ± 2,5	-1,18 ± 0,21	-30,0 ± 4,2

(pokračování na další stránce)

(Tabulka D.4 - pokračování)

Soubor	JD-2450000	Si II 6347 Å		Si II 6371 Å	
		EW [Å]	RV [km/s]	EW [Å]	RV [km/s]
og260009	3578,39271	-2,55 ± 0,41	-41,1 ± 2,1	-1,54 ± 0,33	-39,1 ± 3,2
og270027	3579,38438	-2,28 ± 0,27	-32,4 ± 2,6	-1,43 ± 0,22	-31,9 ± 4,4
og270043	3579,46759	-2,19 ± 0,31	-34,7 ± 2,7	-1,49 ± 0,25	-26,9 ± 4,7
og270045	3579,48020	-2,26 ± 0,43	-28,9 ± 2,7	-1,45 ± 0,34	-31,2 ± 5,0
og270054	3579,53839	-2,20 ± 0,36	-26,4 ± 2,5	-1,44 ± 0,29	-25,5 ± 5,1
og270056	3579,55091	-2,23 ± 0,33	-29,6 ± 2,8	-1,39 ± 0,27	-25,8 ± 4,7
og280007	3580,56990	-2,14 ± 0,30	-44,3 ± 2,6	-1,35 ± 0,25	-43,5 ± 4,3
og280009	3580,58190	-2,17 ± 0,29	-43,4 ± 2,5	-1,42 ± 0,24	-42,9 ± 4,4
oh170027	3600,54480	-2,19 ± 0,53	-42,3 ± 2,8	-1,33 ± 0,43	-26,4 ± 5,7
oh170028	3600,56047	-2,23 ± 0,66	-41,0 ± 2,9	-1,30 ± 0,53	-38,4 ± 4,8
oh180005	3601,44208	-2,3 ± 1,1	-36,0 ± 2,6	-1,58 ± 0,91	-39,6 ± 4,1
oh280020	3611,34236	-2,40 ± 0,58	-32,4 ± 2,2	-1,49 ± 0,46	-21,2 ± 3,7
oi040035	3618,33919	-2,60 ± 0,45	-40,9 ± 2,1	-1,56 ± 0,36	-46,7 ± 3,8
oi060034	3620,56264	-2,07 ± 0,49	-29,3 ± 2,6	-1,31 ± 0,40	-29,5 ± 5,0
oi080041	3622,53971	-2,17 ± 0,93	-35,1 ± 2,9	-1,42 ± 0,77	-32,6 ± 4,7
oi220024	3636,43012	-2,45 ± 0,31	-45,6 ± 1,8	-1,48 ± 0,25	-48,9 ± 3,0
oi240022	3638,39407	-2,38 ± 0,41	-50,1 ± 1,9	-1,44 ± 0,34	-46,3 ± 3,6
oi250025	3639,34326	-2,33 ± 0,30	-43,1 ± 2,4	-1,51 ± 0,24	-43,2 ± 3,6
oj080025	3652,30418	-2,45 ± 0,56	-30,7 ± 2,2	-1,49 ± 0,47	-34,0 ± 3,3
oj080027	3652,32830	-2,36 ± 0,79	-27,8 ± 2,1	-1,55 ± 0,65	-32,6 ± 3,8
oj120017	3656,47990	-2,25 ± 0,38	-49,8 ± 2,8	-1,32 ± 0,30	-44,1 ± 4,5
oj280026	3672,25659	-2,35 ± 0,30	-35,1 ± 2,4	-1,50 ± 0,25	-33,4 ± 4,1
oj280027	3672,28397	-2,27 ± 0,37	-35,2 ± 2,2	-1,48 ± 0,31	-30,9 ± 4,1
oj280028	3672,31270	-2,34 ± 0,32	-31,6 ± 2,3	-1,47 ± 0,26	-28,1 ± 4,2

(pokračování na další stránce)

(Tabulka D.4 - pokračování)

Soubor	JD-2450000	Si II 6347 Å		Si II 6371 Å	
		EW [Å]	RV [km/s]	EW [Å]	RV [km/s]
oj300032	3674,33655	-2,15 ± 0,39	-28,6 ± 2,0	-1,38 ± 0,32	-32,9 ± 3,5
pe030024	3859,59170	-2,38 ± 0,52	-31,4 ± 2,1	-1,61 ± 0,43	-33,8 ± 4,2
pe040033	3860,57965	-2,15 ± 0,26	-31,2 ± 2,4	-1,36 ± 0,21	-25,8 ± 4,4
pg220027	3939,54885	-2,17 ± 0,37	-58,3 ± 2,5	-1,52 ± 0,30	-57,5 ± 4,2
pg220029	3939,57286	-2,34 ± 0,35	-55,6 ± 2,4	-1,59 ± 0,28	-59,7 ± 4,4
pg300006	3947,40043	-1,89 ± 0,44	-41,1 ± 3,0	-1,31 ± 0,36	-43,1 ± 4,9
pi090029	3988,41117	-2,09 ± 0,31	-41,1 ± 2,5	-1,42 ± 0,26	-36,4 ± 3,8
pi170007	3996,37946	-2,25 ± 0,77	-50,1 ± 2,2	-1,54 ± 0,62	-48,1 ± 3,6
qc310024	4191,57197	-2,15 ± 0,37	-59,8 ± 2,3	-1,38 ± 0,31	-60,5 ± 4,2
qd010024	4192,5417	-2,07 ± 0,45	-61,9 ± 2,9	-1,40 ± 0,36	-61,0 ± 4,7
qd010029	4192,6295	-2,20 ± 0,32	-63,3 ± 2,8	-1,40 ± 0,26	-63,6 ± 4,8
qd020030	4193,59264	-1,98 ± 0,34	-52,1 ± 3,3	-1,32 ± 0,28	-39,3 ± 5,2
qd140042	4205,51713	-1,88 ± 0,25	-46,1 ± 3,9	-1,16 ± 0,20	-46,2 ± 6,2
qd150026	4206,51644	-1,84 ± 0,40	-42,2 ± 3,3	-1,20 ± 0,33	-44,2 ± 5,2
qd250017	4216,59060	-2,09 ± 0,31	-25,3 ± 2,7	-1,38 ± 0,25	-18,3 ± 4,5
qe190013	4240,38657	-2,21 ± 0,25	-25,1 ± 2,3	-1,48 ± 0,20	-21,9 ± 3,6
qf190013	4271,39549	-2,33 ± 0,40	-36,7 ± 2,1	-1,58 ± 0,32	-35,3 ± 3,6
qg130019	4295,51271	-2,23 ± 0,18	-25,1 ± 2,1	-1,45 ± 0,15	-20,3 ± 3,0
qg170016	4299,38906	-2,34 ± 0,27	-46,8 ± 2,1	-1,51 ± 0,22	-50,5 ± 3,6
qg170018	4299,41073	-2,28 ± 0,50	-41,3 ± 2,1	-1,60 ± 0,40	-55,3 ± 3,9
qi130023	4357,46675	-2,71 ± 0,55	-41,4 ± 1,8	-1,91 ± 0,46	-39,8 ± 3,0
qi200023	4364,35024	-2,29 ± 0,33	-42,5 ± 2,1	-1,55 ± 0,27	-38,3 ± 3,7
rd050022	4562,51955	-2,18 ± 0,44	-57,9 ± 2,3	-1,32 ± 0,37	-56,1 ± 4,9
re160017	4603,49640	-2,00 ± 0,41	-42,4 ± 2,2	-1,24 ± 0,33	-46,9 ± 4,1

(pokračování na další stránce)

(Tabulka D.4 - pokračování)

Soubor	JD-2450000	Si II 6347 Å		Si II 6371 Å	
		EW [Å]	RV [km/s]	EW [Å]	RV [km/s]
rg100005	4658,53581	-2,24 ± 0,57	-51,7 ± 2,0	-1,54 ± 0,46	-46,9 ± 3,6
sd020042	4924,57126	-1,94 ± 0,55	-28,1 ± 2,6	-1,29 ± 0,46	-25,6 ± 4,0
sd060030	4928,52872	-2,04 ± 0,33	-50,4 ± 2,5	-1,39 ± 0,28	-46,3 ± 3,8
sg260014	5039,40916	-1,89 ± 0,58	-59,8 ± 2,8	-1,30 ± 0,47	-71,6 ± 4,7
sh090024	5053,41758	-2,10 ± 0,41	-37,9 ± 2,8	-1,34 ± 0,33	-34,1 ± 4,5
sh200014	5064,35964	-2,06 ± 0,29	-18,9 ± 2,5	-1,34 ± 0,24	-12,6 ± 4,1
sh290012	5073,32465	(-2,1 ± 1,6)	-35,2 ± 2,7	(-1,1 ± 1,3)	-21,6 ± 3,7
sh290014	5073,34811	(-3,1 ± 1,7)	-43,9 ± 2,3	(-2,0 ± 1,4)	-
sh290016	5073,37135	(-3,0 ± 2,2)	-35,5 ± 2,2	(-2,3 ± 1,8)	-38,5 ± 3,6
sh290018	5073,39421	(-2,3 ± 1,5)	-39,5 ± 2,1	(-1,5 ± 1,2)	-23,2 ± 3,5
sh290020	5073,41706	(-2,3 ± 1,6)	-46,5 ± 2,0	(-1,9 ± 1,3)	-
sh290022	5073,43990	(-2,8 ± 1,7)	-41,8 ± 2,2	(-2,0 ± 1,4)	-45,1 ± 2,5
sh290024	5073,46443	(-3,2 ± 3,4)	-46,1 ± 1,7	(-2,5 ± 2,9)	-
sh290026	5073,48910	(-2,2 ± 3,3)	-34,0 ± 1,8	(-1,0 ± 2,6)	-
si060017	5081,48434	(-2,5 ± 1,0)	-44,6 ± 2,1	(-1,83 ± 0,86)	-54,5 ± 3,9
si180012	5093,29323	-2,23 ± 0,65	-40,5 ± 2,5	-1,22 ± 0,53	-42,5 ± 4,4
si180014	5093,31649	-2,33 ± 0,48	-44,9 ± 2,6	-1,48 ± 0,40	-37,0 ± 4,4
si180016	5093,33937	-2,21 ± 0,36	-42,3 ± 2,5	-1,41 ± 0,30	-49,3 ± 4,2
si180018	5093,36266	-2,20 ± 0,36	-47,8 ± 2,8	-1,35 ± 0,30	-52,5 ± 4,6
si180020	5093,38574	-2,25 ± 0,60	-47,5 ± 2,8	-1,39 ± 0,50	-47,3 ± 4,2
si180022	5093,40878	-2,26 ± 0,53	-43,0 ± 2,7	-1,43 ± 0,45	-50,9 ± 4,6
si180024	5093,43872	-2,22 ± 0,41	-45,8 ± 2,6	-1,39 ± 0,34	-48,4 ± 4,5
si180026	5093,46565	-2,26 ± 0,42	-44,0 ± 2,6	-1,51 ± 0,35	-46,1 ± 4,7
si180028	5093,48918	-2,28 ± 0,56	-46,1 ± 2,7	-1,35 ± 0,46	-48,3 ± 3,5

(pokračování na další stránce)

(Tabulka D.4 - pokračování)

Soubor	JD-2450000	Si II 6347 Å		Si II 6371 Å	
		EW [Å]	RV [km/s]	EW [Å]	RV [km/s]
si180030	5093,51236	$-2,07 \pm 0,64$	$-42,8 \pm 2,5$	$-1,32 \pm 0,54$	$-54,7 \pm 4,7$
si180032	5093,53883	$-2,07 \pm 0,75$	$-48,3 \pm 2,4$	$-1,23 \pm 0,63$	$-23,4 \pm 5,1$
si180034	5093,56889	$-2,14 \pm 0,70$	$-51,2 \pm 3,0$	$-1,46 \pm 0,58$	$-41,3 \pm 4,1$
si180036	5093,59573	$(-2,8 \pm 2,4)$	$-53,8 \pm 3,6$	$(-0,8 \pm 1,8)$	–
si190018	5094,37677	$-2,31 \pm 0,28$	$-50,0 \pm 2,5$	$-1,43 \pm 0,24$	$-47,8 \pm 4,1$
si190020	5094,40014	$-2,28 \pm 0,31$	$-53,6 \pm 2,5$	$-1,41 \pm 0,26$	$-49,1 \pm 4,1$
si190022	5094,42306	$-2,37 \pm 0,52$	$-52,4 \pm 2,4$	$-1,47 \pm 0,43$	$-49,5 \pm 4,4$
si190024	5094,44617	$-2,24 \pm 0,43$	$-52,9 \pm 2,4$	$-1,37 \pm 0,36$	$-50,7 \pm 4,6$
si190026	5094,46951	$-2,29 \pm 0,32$	$-44,4 \pm 2,6$	$-1,47 \pm 0,26$	$-50,3 \pm 4,3$
si190028	5094,49600	$-2,35 \pm 0,42$	$-47,5 \pm 2,6$	$-1,55 \pm 0,34$	$-49,5 \pm 4,8$
si190030	5094,52591	$-2,03 \pm 0,33$	$-49,1 \pm 2,8$	$-1,49 \pm 0,28$	$-37,5 \pm 4,6$
si260010	5101,38145	$-2,43 \pm 0,58$	$-46,6 \pm 2,1$	$-1,52 \pm 0,47$	$-40,9 \pm 3,6$
te290036	5346,48744	$-2,02 \pm 0,28$	$-45,4 \pm 2,8$	$-1,28 \pm 0,24$	$-42,1 \pm 4,5$
tf240011	5372,52615	$-2,25 \pm 0,87$	$-45,1 \pm 2,3$	$-1,35 \pm 0,72$	$-46,5 \pm 4,2$
tg090016	5387,46071	$-2,12 \pm 0,20$	$-56,6 \pm 2,5$	$-1,39 \pm 0,17$	$-55,9 \pm 3,9$
tg100019	5388,37491	$-2,16 \pm 0,26$	$-57,0 \pm 2,5$	$-1,39 \pm 0,21$	$-59,0 \pm 4,5$
th190024	5428,48867	$-2,06 \pm 0,32$	$-45,7 \pm 2,5$	$-1,22 \pm 0,26$	$-48,3 \pm 4,4$
ti170017	5457,35206	$-2,06 \pm 0,42$	$-40,0 \pm 2,8$	$-1,30 \pm 0,34$	$-35,3 \pm 5,9$
ti190027	5459,44803	$-2,23 \pm 0,30$	$-37,5 \pm 2,8$	$-1,37 \pm 0,24$	$-35,9 \pm 5,4$
tj090023	5479,35473	$-1,70 \pm 0,35$	$-41,8 \pm 4,0$	$-1,29 \pm 0,30$	$-45,5 \pm 5,7$
tj210015	5491,35014	$-2,21 \pm 0,57$	$-44,2 \pm 2,4$	$-1,34 \pm 0,46$	$-43,3 \pm 4,9$

(Konec)

Tabulka D.5: Naměřené hodnoty ekvivalentních šířek (EW) a radiálních rychlostí (RV) čar železa (Fe II 6 318 Å a 6 384 Å).

Soubor	JD-2450000	Fe II 6 318 Å		Fe II 6 384 Å	
		EW [Å]	RV [km/s]	EW [Å]	RV [km/s]
ni020031	3251,37836	-1,81 ± 0,32	-38,9 ± 1,7	-1,74 ± 0,31	-8,3 ± 2,5
ni130028	3262,42485	-3,15 ± 0,21	-32,3 ± 1,2	-2,90 ± 0,20	-3,2 ± 1,6
nl010015	3341,26601	-2,46 ± 0,33	-37,6 ± 1,4	-2,30 ± 0,31	-8,1 ± 1,9
oc210035	3451,64278	-3,31 ± 0,58	-49,0 ± 1,0	-2,75 ± 0,54	-17,2 ± 1,5
oe200021	3511,46709	-2,69 ± 0,34	-21,0 ± 1,1	-2,58 ± 0,33	5,5 ± 1,6
oe200022	3511,49147	-2,64 ± 0,28	-22,6 ± 1,2	-2,54 ± 0,26	4,8 ± 1,6
og030026	3555,49833	-2,60 ± 0,27	-27,4 ± 1,1	-2,44 ± 0,25	-0,1 ± 1,6
og030028	3555,52125	-2,62 ± 0,31	-27,6 ± 1,1	-2,45 ± 0,29	1,6 ± 1,5
og030030	3555,54450	-2,63 ± 0,23	-25,9 ± 1,1	-2,39 ± 0,22	1,8 ± 1,5
og260009	3578,39271	-3,14 ± 0,37	-32,2 ± 1,0	-3,06 ± 0,35	-4,9 ± 1,4
og270027	3579,38438	-3,13 ± 0,25	-32,8 ± 1,1	-3,00 ± 0,24	-6,2 ± 1,5
og270043	3579,46759	-2,97 ± 0,28	-33,9 ± 1,2	-2,89 ± 0,27	-5,9 ± 1,4
og270045	3579,48020	-2,98 ± 0,38	-32,6 ± 1,1	-2,94 ± 0,37	-2,2 ± 1,6
og270054	3579,53839	-2,97 ± 0,32	-32,9 ± 1,2	-2,87 ± 0,31	-4,1 ± 1,5
og270056	3579,55091	-2,91 ± 0,30	-34,5 ± 1,2	-2,90 ± 0,28	-5,5 ± 1,5
og280007	3580,56990	-2,71 ± 0,27	-46,6 ± 1,3	-2,65 ± 0,25	-17,8 ± 1,6
og280009	3580,58190	-2,60 ± 0,26	-44,4 ± 1,3	-2,70 ± 0,25	-16,8 ± 1,7
oh170027	3600,54480	-2,36 ± 0,47	-35,4 ± 1,3	-2,24 ± 0,44	-6,1 ± 2,1
oh170028	3600,56047	-2,41 ± 0,57	-36,2 ± 1,4	-2,39 ± 0,55	-7,2 ± 2,0
oh180005	3601,44208	-2,63 ± 0,99	-34,9 ± 1,2	-2,60 ± 0,95	-15,2 ± 1,7
oh280020	3611,34236	-3,03 ± 0,52	-37,2 ± 1,1	-2,85 ± 0,49	-12,1 ± 1,5

(pokračování na další stránce)

D. Naměřené hodnoty parametrů vybraných spektrálních čar

(Tabulka D.5 - pokračování)

Soubor	JD-2450000	Fe II 6 318 Å		Fe II 6 384 Å	
		EW [Å]	RV [km/s]	EW [Å]	RV [km/s]
oi040035	3618,33919	-3,89 ± 0,42	-43,16 ± 0,87	-3,45 ± 0,40	-11,0 ± 1,3
oi060034	3620,56264	-2,48 ± 0,43	-36,0 ± 1,4	-2,34 ± 0,41	-4,9 ± 1,7
oi080041	3622,53971	-2,41 ± 0,81	-42,4 ± 1,4	-2,36 ± 0,78	-12,2 ± 1,8
oi220024	3636,43012	-3,44 ± 0,29	-39,37 ± 0,91	-3,35 ± 0,27	-9,9 ± 1,2
oi240022	3638,39407	-3,55 ± 0,38	-38,32 ± 0,92	-3,38 ± 0,36	-8,6 ± 1,2
oi250025	3639,34326	-3,29 ± 0,27	-35,5 ± 1,1	-3,16 ± 0,26	-4,6 ± 1,3
oj080025	3652,30418	-3,39 ± 0,51	-32,6 ± 1,0	-3,02 ± 0,48	-1,4 ± 1,4
oj080027	3652,32830	-3,30 ± 0,72	-31,01 ± 0,98	-2,84 ± 0,67	-4,3 ± 1,4
oj120017	3656,47990	-2,76 ± 0,34	-33,2 ± 1,4	-2,66 ± 0,32	-7,2 ± 1,7
oj280026	3672,25659	-2,82 ± 0,27	-36,8 ± 1,2	-2,71 ± 0,26	-9,3 ± 1,6
oj280027	3672,28397	-2,87 ± 0,33	-36,0 ± 1,2	-2,64 ± 0,32	-8,3 ± 1,5
oj280028	3672,31270	-2,94 ± 0,29	-35,9 ± 1,1	-2,61 ± 0,27	-8,1 ± 1,5
oj300032	3674,33655	-2,74 ± 0,35	-37,8 ± 1,2	-2,57 ± 0,33	-9,5 ± 1,6
pe030024	3859,59170	-2,92 ± 0,46	-29,5 ± 1,1	-2,87 ± 0,44	0,3 ± 1,7
pe040033	3860,57965	-2,80 ± 0,23	-35,0 ± 1,1	-2,46 ± 0,22	-6,7 ± 1,6
pg220027	3939,54885	-3,03 ± 0,34	-43,4 ± 1,2	-2,93 ± 0,32	-16,9 ± 1,5
pg220029	3939,57286	-3,14 ± 0,32	-44,8 ± 1,2	-2,86 ± 0,30	-16,0 ± 1,7
pg300006	3947,40043	-2,31 ± 0,39	-42,7 ± 1,5	-2,05 ± 0,36	-12,2 ± 1,9
pi090029	3988,41117	-2,87 ± 0,29	-43,1 ± 1,2	-2,64 ± 0,27	-12,0 ± 1,6
pi170007	3996,37946	-2,86 ± 0,68	-47,3 ± 1,0	-2,97 ± 0,66	-19,4 ± 1,5
qc310024	4191,57197	-2,59 ± 0,33	-45,8 ± 1,1	-2,47 ± 0,32	-14,8 ± 1,6
qd010024	4192,5417	-2,46 ± 0,39	-47,1 ± 1,1	-2,36 ± 0,38	-17,3 ± 1,6
qd010029	4192,6295	-2,52 ± 0,28	-47,6 ± 1,1	-2,38 ± 0,27	-16,9 ± 1,7
qd020030	4193,59264	-2,38 ± 0,30	-40,3 ± 1,2	-2,22 ± 0,29	-13,1 ± 1,6

(pokračování na další stránce)

(Tabulka D.5 - pokračování)

Soubor	JD-2450000	Fe II 6 318 Å		Fe II 6 384 Å	
		EW [Å]	RV [km/s]	EW [Å]	RV [km/s]
qd140042	4205,51713	-2,62 ± 0,23	-37,9 ± 1,2	-2,46 ± 0,21	-10,1 ± 1,6
qd150026	4206,51644	-2,36 ± 0,36	-38,2 ± 1,2	-2,27 ± 0,34	-8,9 ± 1,7
qd250017	4216,59060	-2,68 ± 0,27	-40,5 ± 1,1	-2,54 ± 0,26	-9,3 ± 1,6
qe190013	4240,38657	-3,07 ± 0,22	-34,43 ± 0,87	-3,03 ± 0,22	-6,5 ± 1,3
qf190013	4271,39549	-3,30 ± 0,36	-32,96 ± 0,91	-3,34 ± 0,35	-4,6 ± 1,2
qg130019	4295,51271	-2,70 ± 0,16	-34,9 ± 1,1	-2,60 ± 0,16	-4,0 ± 1,5
qg170016	4299,38906	-3,05 ± 0,25	-38,13 ± 0,85	-2,98 ± 0,24	-10,0 ± 1,3
qg170018	4299,41073	-2,90 ± 0,44	-40,17 ± 0,94	-2,97 ± 0,43	-11,5 ± 1,3
qi130023	4357,46675	-3,89 ± 0,51	-34,43 ± 0,75	-3,60 ± 0,49	-4,4 ± 1,1
qi200023	4364,35024	-3,32 ± 0,30	-34,91 ± 0,71	-3,24 ± 0,29	-9,1 ± 1,2
rd050022	4562,51955	-2,86 ± 0,40	-42,07 ± 0,92	-2,74 ± 0,39	-11,7 ± 1,4
re160017	4603,49640	-2,87 ± 0,37	-37,28 ± 0,89	-2,83 ± 0,36	-8,5 ± 1,3
rg100005	4658,53581	-3,11 ± 0,52	-40,0 ± 1,0	-3,14 ± 0,50	-11,4 ± 1,4
sd020042	4924,57126	-2,72 ± 0,50	-33,8 ± 1,0	-2,67 ± 0,48	-4,9 ± 1,5
sd060030	4928,52872	-2,46 ± 0,30	-42,2 ± 1,1	-2,54 ± 0,29	-14,7 ± 1,6
sg260014	5039,40916	-2,73 ± 0,53	-44,5 ± 1,3	-2,55 ± 0,50	-20,3 ± 1,7
sh090024	5053,41758	-2,83 ± 0,37	-33,7 ± 1,3	-2,78 ± 0,35	-7,3 ± 1,7
sh200014	5064,35964	-2,77 ± 0,26	-30,5 ± 1,2	-2,66 ± 0,25	-4,2 ± 1,6
sh290012	5073,32465	(-3,5 ± 1,5)	-34,67 ± 0,92	(-3,3 ± 1,5)	-8,2 ± 1,2
sh290014	5073,34811	(-3,6 ± 1,5)	-31,92 ± 0,91	(-4,0 ± 1,5)	-7,8 ± 1,4
sh290016	5073,37135	(-4,0 ± 2,0)	-35,71 ± 0,92	(-3,0 ± 1,8)	-8,5 ± 1,3
sh290018	5073,39421	(-3,3 ± 1,4)	-38,89 ± 0,96	(-3,3 ± 1,3)	0,9 ± 1,2
sh290020	5073,41706	(-3,7 ± 1,5)	-33,62 ± 0,87	(-3,3 ± 1,4)	-2,5 ± 1,2
sh290022	5073,43990	(-4,1 ± 1,5)	-31,92 ± 0,82	(-3,7 ± 1,5)	-3,3 ± 1,2

(pokračování na další stránce)

(Tabulka D.5 - pokračování)

Soubor	JD-2450000	Fe II 6 318 Å		Fe II 6 384 Å	
		EW [Å]	RV [km/s]	EW [Å]	RV [km/s]
sh290024	5073,46443	(-3,6 ± 3,0)	-23,94 ± 0,91	(-4,2 ± 3,0)	-10,9 ± 1,2
sh290026	5073,48910	(-3,2 ± 3,0)	-28,59 ± 0,84	(-3,9 ± 3,0)	-5,2 ± 1,3
si060017	5081,48434	(-3,43 ± 0,96)	-43,16 ± 0,99	(-3,41 ± 0,92)	-19,7 ± 1,3
si180012	5093,29323	-2,88 ± 0,58	-38,6 ± 1,1	-2,71 ± 0,55	-11,0 ± 1,5
si180014	5093,31649	-2,99 ± 0,44	-37,8 ± 1,0	-2,70 ± 0,42	-12,0 ± 1,4
si180016	5093,33937	-3,03 ± 0,33	-37,6 ± 1,1	-2,70 ± 0,31	-11,3 ± 1,6
si180018	5093,36266	-2,79 ± 0,32	-40,8 ± 1,1	-2,75 ± 0,31	-13,8 ± 1,4
si180020	5093,38574	-2,90 ± 0,54	-38,6 ± 1,1	-2,87 ± 0,53	-12,4 ± 1,4
si180022	5093,40878	-2,85 ± 0,48	-42,3 ± 1,1	-2,73 ± 0,45	-13,8 ± 1,4
si180024	5093,43872	-2,90 ± 0,36	-41,6 ± 1,1	-2,74 ± 0,35	-11,1 ± 1,4
si180026	5093,46565	-2,83 ± 0,38	-40,8 ± 1,1	-2,77 ± 0,37	-12,2 ± 1,5
si180028	5093,48918	-2,80 ± 0,50	-39,1 ± 1,1	-2,67 ± 0,47	-12,6 ± 1,5
si180030	5093,51236	-2,72 ± 0,59	-42,1 ± 1,1	-2,79 ± 0,55	-12,7 ± 1,6
si180032	5093,53883	-2,87 ± 0,68	-43,4 ± 1,1	-2,77 ± 0,65	-15,7 ± 1,5
si180034	5093,56889	-2,78 ± 0,63	-41,3 ± 1,1	-2,73 ± 0,60	-12,4 ± 1,6
si180036	5093,59573	(-2,7 ± 2,1)	-45,8 ± 1,2	(-3,3 ± 2,0)	-5,4 ± 1,6
si190018	5094,37677	-2,91 ± 0,26	-39,1 ± 1,1	-2,79 ± 0,25	-11,8 ± 1,5
si190020	5094,40014	-2,90 ± 0,28	-40,4 ± 1,1	-2,79 ± 0,27	-12,8 ± 1,5
si190022	5094,42306	-2,80 ± 0,47	-40,9 ± 1,1	-2,81 ± 0,45	-10,3 ± 1,5
si190024	5094,44617	-2,80 ± 0,39	-39,6 ± 1,1	-2,78 ± 0,38	-12,8 ± 1,5
si190026	5094,46951	-2,93 ± 0,29	-37,1 ± 1,1	-2,72 ± 0,27	-11,7 ± 1,5
si190028	5094,49600	-2,97 ± 0,37	-37,5 ± 1,1	-2,98 ± 0,36	-10,6 ± 1,4
si190030	5094,52591	-2,57 ± 0,30	-38,2 ± 1,1	-2,75 ± 0,29	-11,3 ± 1,6
si260010	5101,38145	-3,49 ± 0,53	-38,99 ± 0,96	-3,11 ± 0,50	-8,1 ± 1,3

(pokračování na další stránce)

(Tabulka D.5 - pokračování)

Soubor	JD-2450000	Fe II 6 318 Å		Fe II 6 384 Å	
		<i>EW</i> [Å]	<i>RV</i> [km/s]	<i>EW</i> [Å]	<i>RV</i> [km/s]
te290036	5346,48744	-2,40 ± 0,25	-43,7 ± 1,3	-2,34 ± 0,24	-14,5 ± 1,8
tf240011	5372,52615	-2,47 ± 0,76	-49,2 ± 1,2	-2,56 ± 0,75	-11,2 ± 1,8
tg090016	5387,46071	-2,38 ± 0,18	-43,5 ± 1,3	-2,39 ± 0,17	-12,6 ± 1,8
tg100019	5388,37491	-2,56 ± 0,23	-44,7 ± 1,3	-2,56 ± 0,22	-15,1 ± 1,7
th190024	5428,48867	-2,43 ± 0,29	-45,9 ± 1,2	-2,27 ± 0,27	-17,8 ± 1,6
ti170017	5457,35206	-2,88 ± 0,38	-41,5 ± 1,2	-2,56 ± 0,36	-13,9 ± 1,6
ti190027	5459,44803	-2,90 ± 0,27	-41,2 ± 1,2	-2,75 ± 0,26	-12,4 ± 1,7
tj090023	5479,35473	-2,03 ± 0,31	-45,3 ± 1,5	-2,00 ± 0,30	-18,2 ± 2,1
tj210015	5491,35014	-2,76 ± 0,51	-42,4 ± 1,1	-2,42 ± 0,48	-10,3 ± 1,7

(Konec)

Tabulka D.6: Naměřené hodnoty ekvivalentních šířek (*EW*) a radiálních rychlostí (*RV*) čar železa (Fe II 6 443 Å a 6 456 Å).

Soubor	JD-2450000	Fe II 6 443 Å		Fe II 6 456 Å	
		<i>EW</i> [Å]	<i>RV</i> [km/s]	<i>EW</i> [Å]	<i>RV</i> [km/s]
ni020031	3251,37836	-0,45 ± 0,22	-42,4 ± 5,8	-1,14 ± 0,28	-37,7 ± 3,7
ni130028	3262,42485	-0,90 ± 0,14	-31,7 ± 4,0	-1,61 ± 0,18	-24,6 ± 2,0
nl010015	3341,26601	-0,74 ± 0,22	-48,5 ± 4,8	-1,20 ± 0,28	-29,1 ± 2,7
oc210035	3451,64278	-0,69 ± 0,37	-52,7 ± 4,0	-1,33 ± 0,47	-42,2 ± 2,1
oe200021	3511,46709	-0,74 ± 0,23	-26,3 ± 4,1	-1,58 ± 0,30	-25,6 ± 2,2
oe200022	3511,49147	-0,76 ± 0,18	-29,6 ± 4,4	-1,49 ± 0,24	-21,9 ± 2,1
og030026	3555,49833	-0,73 ± 0,18	-22,6 ± 3,7	-1,49 ± 0,23	-24,5 ± 2,0

(pokračování na další stránce)

(Tabulka D.6 - pokračování)

Soubor	JD-2450000	Fe II 6 443 Å		Fe II 6 456 Å	
		EW [Å]	RV [km/s]	EW [Å]	RV [km/s]
og030028	3555,52125	-0,70 ± 0,20	-29,6 ± 3,9	-1,51 ± 0,27	-25,1 ± 2,0
og030030	3555,54450	-0,71 ± 0,15	-26,1 ± 3,4	-1,47 ± 0,20	-25,2 ± 2,0
og260009	3578,39271	-0,87 ± 0,24	-31,2 ± 3,3	-1,79 ± 0,31	-25,5 ± 1,8
og270027	3579,38438	-0,90 ± 0,16	-35,2 ± 3,6	-1,85 ± 0,21	-29,1 ± 2,0
og270043	3579,46759	-0,88 ± 0,18	-34,7 ± 3,7	-1,90 ± 0,24	-29,7 ± 2,0
og270045	3579,48020	-0,93 ± 0,25	-29,3 ± 3,7	-1,93 ± 0,33	-26,8 ± 2,1
og270054	3579,53839	-0,98 ± 0,21	-42,2 ± 4,5	-1,82 ± 0,27	-27,1 ± 2,0
og270056	3579,55091	-0,82 ± 0,19	-37,4 ± 3,8	-1,73 ± 0,25	-30,5 ± 2,1
og280007	3580,56990	-0,82 ± 0,18	-49,0 ± 4,3	-1,69 ± 0,23	-38,0 ± 2,3
og280009	3580,58190	-0,85 ± 0,17	-42,5 ± 4,1	-1,70 ± 0,22	-36,9 ± 2,1
oh170027	3600,54480	-0,68 ± 0,31	-22,5 ± 5,9	-1,49 ± 0,41	-37,8 ± 2,3
oh170028	3600,56047	-0,85 ± 0,39	-18,6 ± 4,8	-1,64 ± 0,50	-35,2 ± 2,8
oh180005	3601,44208	-0,71 ± 0,65	-43,9 ± 4,8	-1,95 ± 0,87	-41,5 ± 2,2
oh280020	3611,34236	-0,86 ± 0,34	-44,4 ± 3,8	-1,65 ± 0,43	-37,3 ± 1,8
oi040035	3618,33919	-1,01 ± 0,27	-50,2 ± 3,1	-2,07 ± 0,35	-41,6 ± 1,7
oi060034	3620,56264	-0,69 ± 0,29	-32,0 ± 4,5	-1,61 ± 0,37	-31,9 ± 2,0
oi080041	3622,53971	-0,72 ± 0,54	-36,9 ± 4,4	-1,58 ± 0,71	-39,6 ± 2,3
oi220024	3636,43012	-0,99 ± 0,19	-35,5 ± 3,1	-2,11 ± 0,24	-39,9 ± 1,7
oi240022	3638,39407	-0,97 ± 0,25	-39,6 ± 3,0	-2,14 ± 0,33	-34,5 ± 1,8
oi250025	3639,34326	-0,92 ± 0,17	-32,7 ± 3,6	-2,04 ± 0,23	-34,1 ± 1,7
oj080025	3652,30418	-1,00 ± 0,35	-33,5 ± 3,7	-2,05 ± 0,45	-27,0 ± 1,9
oj080027	3652,32830	-0,77 ± 0,46	-25,6 ± 3,3	-2,01 ± 0,61	-29,9 ± 1,9
oj120017	3656,47990	-0,76 ± 0,22	-35,7 ± 4,7	-1,82 ± 0,29	-34,6 ± 2,5
oj280026	3672,25659	-0,77 ± 0,18	-38,4 ± 4,3	-1,81 ± 0,23	-34,1 ± 2,0

(pokračování na další stránce)

(Tabulka D.6 - pokračování)

Soubor	JD-2450000	Fe II 6 443 Å		Fe II 6 456 Å	
		EW [Å]	RV [km/s]	EW [Å]	RV [km/s]
oj280027	3672,28397	-0,73 ± 0,22	-37,4 ± 3,8	-1,85 ± 0,29	-34,1 ± 2,2
oj280028	3672,31270	-0,75 ± 0,19	-33,5 ± 4,0	-1,79 ± 0,25	-33,7 ± 2,1
oj300032	3674,33655	-0,69 ± 0,23	-43,9 ± 3,9	-1,86 ± 0,30	-35,8 ± 2,2
pe030024	3859,59170	-0,92 ± 0,31	-34,7 ± 3,6	-1,82 ± 0,40	-29,4 ± 1,9
pe040033	3860,57965	-0,66 ± 0,15	-35,3 ± 4,5	-1,79 ± 0,20	-29,2 ± 2,0
pg220027	3939,54885	-0,81 ± 0,22	-39,7 ± 4,8	-1,99 ± 0,29	-44,0 ± 2,2
pg220029	3939,57286	-0,87 ± 0,21	-46,8 ± 4,3	-1,84 ± 0,27	-41,9 ± 2,1
pg300006	3947,40043	-0,65 ± 0,26	-42,9 ± 5,6	-1,58 ± 0,34	-32,4 ± 2,3
pi090029	3988,41117	-0,79 ± 0,19	-39,8 ± 4,0	-1,74 ± 0,25	-33,1 ± 2,0
pi170007	3996,37946	-0,93 ± 0,45	-51,4 ± 3,5	-2,00 ± 0,60	-44,6 ± 1,9
qc310024	4191,57197	-0,86 ± 0,22	-42,4 ± 4,2	-1,70 ± 0,29	-38,4 ± 2,1
qd010024	4192,5417	-0,69 ± 0,26	-43,8 ± 4,2	-1,55 ± 0,34	-38,4 ± 2,0
qd010029	4192,6295	-0,79 ± 0,19	-46,8 ± 3,4	-1,61 ± 0,24	-40,8 ± 2,2
qd020030	4193,59264	-0,65 ± 0,20	-40,3 ± 3,8	-1,62 ± 0,27	-32,6 ± 2,2
qd140042	4205,51713	-0,72 ± 0,15	-37,0 ± 4,0	-1,60 ± 0,20	-30,9 ± 2,2
qd150026	4206,51644	-0,73 ± 0,24	-28,9 ± 4,1	-1,52 ± 0,31	-28,8 ± 2,0
qd250017	4216,59060	-0,71 ± 0,18	-41,7 ± 3,8	-1,63 ± 0,24	-30,7 ± 2,3
qe190013	4240,38657	-0,89 ± 0,15	-33,5 ± 2,9	-1,81 ± 0,19	-26,4 ± 1,6
qf190013	4271,39549	-1,04 ± 0,24	-35,5 ± 3,0	-2,02 ± 0,31	-19,5 ± 1,7
qg130019	4295,51271	-0,80 ± 0,11	-31,4 ± 3,3	-1,70 ± 0,14	-26,7 ± 1,8
qg170016	4299,38906	-0,85 ± 0,16	-35,9 ± 2,7	-1,76 ± 0,21	-28,8 ± 1,5
qg170018	4299,41073	-0,99 ± 0,30	-34,2 ± 2,6	-1,82 ± 0,38	-30,8 ± 1,5
qi130023	4357,46675	-1,15 ± 0,33	-32,4 ± 2,2	-2,16 ± 0,43	-28,3 ± 1,4
qi200023	4364,35024	-0,92 ± 0,20	-37,4 ± 2,4	-1,89 ± 0,26	-26,3 ± 1,3

(pokračování na další stránce)

(Tabulka D.6 - pokračování)

Soubor	JD-2450000	Fe II 6 443 Å		Fe II 6 456 Å	
		EW [Å]	RV [km/s]	EW [Å]	RV [km/s]
rd050022	4562,51955	$-0,73 \pm 0,26$	$-40,6 \pm 2,7$	$-1,50 \pm 0,34$	$-38,0 \pm 2,1$
re160017	4603,49640	$-0,85 \pm 0,25$	$-35,7 \pm 2,9$	$-1,60 \pm 0,32$	$-24,9 \pm 1,9$
rg100005	4658,53581	$-0,94 \pm 0,34$	$-40,1 \pm 3,7$	$-2,06 \pm 0,45$	$-38,7 \pm 2,0$
sd020042	4924,57126	$-0,82 \pm 0,34$	$-36,4 \pm 3,1$	$-1,58 \pm 0,43$	$-30,9 \pm 2,1$
sd060030	4928,52872	$-0,77 \pm 0,20$	$-42,4 \pm 3,3$	$-1,51 \pm 0,26$	$-39,3 \pm 2,4$
sg260014	5039,40916	$-0,68 \pm 0,34$	$-44,9 \pm 4,7$	$-1,60 \pm 0,45$	$-48,1 \pm 3,0$
sh090024	5053,41758	$-0,79 \pm 0,24$	$-44,1 \pm 4,9$	$-1,63 \pm 0,32$	$-31,3 \pm 2,6$
sh200014	5064,35964	$-0,74 \pm 0,17$	$-31,7 \pm 4,2$	$-1,53 \pm 0,22$	$-24,2 \pm 2,4$
sh290012	5073,32465	$(-0,7 \pm 1,0)$	$-12,6 \pm 2,5$	$(-2,0 \pm 1,3)$	$-20,1 \pm 2,3$
sh290014	5073,34811	$(-1,4 \pm 1,0)$	$-41,6 \pm 1,8$	$(-2,0 \pm 1,3)$	$-41,9 \pm 2,0$
sh290016	5073,37135	$(-0,8 \pm 1,2)$	$-48,3 \pm 4,2$	$(-1,7 \pm 1,6)$	$-16,3 \pm 2,2$
sh290018	5073,39421	$(-1,09 \pm 0,91)$	$-46,2 \pm 3,2$	$(-2,1 \pm 1,2)$	$-24,5 \pm 2,0$
sh290020	5073,41706	$(-0,80 \pm 0,95)$	$-29,6 \pm 3,2$	$(-2,1 \pm 1,3)$	$-25,4 \pm 2,2$
sh290022	5073,43990	$(-1,02 \pm 0,96)$	$-38,8 \pm 2,2$	$(-1,8 \pm 1,2)$	$-44,6 \pm 1,8$
sh290024	5073,46443	$(-1,3 \pm 2,0)$	$-51,1 \pm 2,0$	$(-2,5 \pm 2,6)$	$-11,1 \pm 2,0$
sh290026	5073,48910	$(-0,9 \pm 2,0)$	–	$(-2,1 \pm 2,6)$	$-25,4 \pm 2,0$
si060017	5081,48434	$(-1,15 \pm 0,63)$	$-48,9 \pm 3,6$	$(-1,87 \pm 0,81)$	$-53,0 \pm 2,5$
si180012	5093,29323	$-0,82 \pm 0,38$	$-37,2 \pm 3,2$	$-1,58 \pm 0,50$	$-42,4 \pm 2,4$
si180014	5093,31649	$-0,88 \pm 0,29$	$-38,8 \pm 3,7$	$-1,63 \pm 0,37$	$-42,0 \pm 2,2$
si180016	5093,33937	$-0,77 \pm 0,22$	$-42,1 \pm 4,1$	$-1,61 \pm 0,28$	$-40,8 \pm 2,3$
si180018	5093,36266	$-0,94 \pm 0,22$	$-41,9 \pm 3,6$	$-1,65 \pm 0,28$	$-40,7 \pm 2,3$
si180020	5093,38574	$-0,84 \pm 0,36$	$-52,3 \pm 3,4$	$-1,73 \pm 0,47$	$-38,8 \pm 2,2$
si180022	5093,40878	$-0,84 \pm 0,32$	$-41,0 \pm 3,5$	$-1,63 \pm 0,41$	$-38,0 \pm 2,1$
si180024	5093,43872	$-0,83 \pm 0,24$	$-42,9 \pm 3,6$	$-1,76 \pm 0,32$	$-46,8 \pm 2,4$

(pokračování na další stránce)

(Tabulka D.6 - pokračování)

Soubor	JD-2450000	Fe II 6 443 Å		Fe II 6 456 Å	
		EW [Å]	RV [km/s]	EW [Å]	RV [km/s]
si180026	5093,46565	$-0,92 \pm 0,26$	$-39,6 \pm 3,5$	$-1,61 \pm 0,33$	$-42,0 \pm 2,3$
si180028	5093,48918	$-0,93 \pm 0,34$	$-36,9 \pm 3,8$	$-1,69 \pm 0,43$	$-39,6 \pm 2,4$
si180030	5093,51236	$-0,87 \pm 0,40$	$-38,8 \pm 3,5$	$-1,57 \pm 0,50$	$-41,4 \pm 2,3$
si180032	5093,53883	$-0,88 \pm 0,46$	$-46,1 \pm 3,2$	$-1,45 \pm 0,58$	$-41,0 \pm 2,6$
si180034	5093,56889	$-0,88 \pm 0,42$	$-35,3 \pm 3,4$	$-1,58 \pm 0,54$	$-39,6 \pm 2,6$
si180036	5093,59573	$(-0,8 \pm 1,4)$	–	$(-1,1 \pm 1,7)$	–
si190018	5094,37677	$-0,75 \pm 0,17$	$-37,5 \pm 3,6$	$-1,60 \pm 0,22$	$-43,2 \pm 2,4$
si190020	5094,40014	$-0,82 \pm 0,19$	$-36,9 \pm 3,9$	$-1,56 \pm 0,24$	$-42,2 \pm 2,5$
si190022	5094,42306	$-0,91 \pm 0,32$	$-35,9 \pm 3,5$	$-1,71 \pm 0,40$	$-46,4 \pm 2,4$
si190024	5094,44617	$-0,78 \pm 0,26$	$-37,6 \pm 3,7$	$-1,62 \pm 0,34$	$-46,1 \pm 2,5$
si190026	5094,46951	$-0,86 \pm 0,19$	$-43,2 \pm 3,9$	$-1,56 \pm 0,24$	$-44,3 \pm 2,3$
si190028	5094,49600	$-0,82 \pm 0,24$	$-37,1 \pm 3,8$	$-1,59 \pm 0,32$	$-39,4 \pm 2,6$
si190030	5094,52591	$-0,85 \pm 0,20$	$-31,3 \pm 4,2$	$-1,72 \pm 0,26$	$-49,5 \pm 2,7$
si260010	5101,38145	$-0,88 \pm 0,34$	$-41,2 \pm 3,6$	$-1,90 \pm 0,45$	$-40,8 \pm 2,2$
te290036	5346,48744	$-0,60 \pm 0,17$	$-45,9 \pm 4,1$	$-1,27 \pm 0,22$	$-34,6 \pm 3,3$
tf240011	5372,52615	$-0,80 \pm 0,52$	$-39,7 \pm 3,8$	$-1,59 \pm 0,67$	$-45,1 \pm 2,6$
tg090016	5387,46071	$-0,76 \pm 0,12$	$-42,6 \pm 4,2$	$-1,45 \pm 0,16$	$-37,2 \pm 3,0$
tg100019	5388,37491	$-0,77 \pm 0,15$	$-45,2 \pm 4,3$	$-1,58 \pm 0,20$	$-52,5 \pm 3,0$
th190024	5428,48867	$-0,66 \pm 0,19$	$-53,3 \pm 3,6$	$-1,31 \pm 0,24$	$-38,2 \pm 2,6$
ti170017	5457,35206	$-0,74 \pm 0,25$	$-40,4 \pm 3,8$	$-1,45 \pm 0,32$	$-37,9 \pm 2,9$
ti190027	5459,44803	$-0,77 \pm 0,18$	$-43,7 \pm 4,3$	$-1,61 \pm 0,23$	$-38,2 \pm 2,6$
tj090023	5479,35473	$-0,60 \pm 0,21$	$-53,1 \pm 4,9$	$-1,23 \pm 0,27$	$-27,1 \pm 2,8$
tj210015	5491,35014	$-0,67 \pm 0,33$	$-36,1 \pm 3,9$	$-1,54 \pm 0,43$	$-29,0 \pm 2,6$

(Konec)

Literatura

- Allen, D. A., 1973, MNRAS, 161, 145
- Allen, D. A., 1974, MNRAS, 168, 1
- Allen, D. A., Glass, I. S., 1974, MNRAS, 167, 337
- Allen, D. A., Glass, I. S., 1975, MNRAS, 170, 579
- Allen, D. A., Swings, J. P., 1972, ApL, 10, 83
- Allen, D. A., Swings, J. P., 1976, A&A, 47, 293
- Andrillat, Y., Jaschek, C., 1999, A&AS, 136, 59
- Andrillat, Y., Swings, J. P., 1976, ApJ, 204, L123
- Arkhipova, V. P., Ipatov, A. P., 1982, SvaL, 8, 298
- Bergner, Yu. K., Miroshnichenko, A. S., Sudnik, I. S., a kol., 1990, Ap, 32, 109
- Bergner, Yu. K., Miroshnichenko, A. S., Yudin, R. V., a kol., 1995, A&AS, 112, 221
- Brosch, N., Leibowitz, E. M., Spector, N., 1978, A&A, 65, 259
- Castor, J. I., Abbott, D. C., Klein, R. I., 1975, ApJ, 195, 157
- Ceniga, M., 2004, *Spektroskopické studium lithiových hvězd*, Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta, diplomová práce
- Ciatti, F., D'Odorico, S., Mammano, A., 1974, A&A, 34, 181
- Conti, P. S., 1976, in *Be and Shell Stars*, IAU Sym. No. 70, ed. A. Slettebak, s. 447
- de Winter, 1998, in *B[e] stars*, Astrophysics and Space Science Library Vol. 233, eds. A. M. Hubert & C. Jaschek, s. 21
- Draper, P. W., Taylor, M., 2009, Science and Technology Facilities Council
- Garmany, C. D., Stencel, R. E., 1992, A&A, 94, 211

Literatura

- Geisel, S. L., 1970, ApJ, 161, 105
- Gummersbach, C. A., Zickgraf, F.-J., Wolf, B., 1995, A&A, 302, 409
- Chkhikvadze, J. N., Kakhiani, V. O., Djaniashvili, E. B., 2002, Ap, 45, 8
- Jaschek, M., Slettebak, A., Jaschek, C., 1981, Be Star Newsl., 4, 9
- Kazarovets, E. V., Samus, N. N., Goranskij, V. P., 1993, IBVS, 3840
- Kleinmann, S., Kuhi, L. V., 1972, PASP, 84, 766
- Kuan, P., Kuhi, L. V., 1975, ApJ, 199, 148
- Lamers, H. J. G. L. M., Zickgraf, F. J., de Winter, D., a kol., 1998, A&A, 340, 117
- Massey, P., 1997, A User's Guide to CCD Reduction with IRAF
- McGregor, P. J., Hyland, A. R., Hillier, D. J., 1988, ApJ, 324, 1071
- Mel'nikov, S. Yu., 1997, Astronomy Letters, 23, 799
- Merrill, R. W., Burwell, C. G., 1933, AJ, 78, 87
- Mikulášek, Z., Wolf, M., Zejda, M., Pecharová, P., 2006, Ap&SS, 304, 363
- Miroshnichenko, A. S., 2007, ApJ, 667, 497
- Miroshnichenko, A. S., 2006, in *Stars with B[e] phenomenon*, ASP Conference Series Vol. 355, eds. M. Kraus & A. S. Miroshnichenko, s. 347
- Miroshnichenko, A.S., Corporon, P., 1999, A&A, 349, 126
- Odenwald, S. F., Schwartz, P. R., 1993, ApJ, 405, 706
- Píchová, K., 2010, *Vícerozměrné splajny*, Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta, diplomová práce
- Pych, W., 2004, PASP, 116, 148
- Secchi, A., 1867, Astron. Nachr., 68, 63
- Shevchenko, V. S., Grankin, K. N., Ibragimov, M. A., a kol., 1993, Ap&SS, 202, 121
- Stárková, T., 2006, *Ortogonalní polynomy*, Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta, bakalářská práce
- Stock, J., Nassau, J. J., Stephenson, C. B., 1960, *Luminous Stars in the Northern Milky Way, II* (Hamburg-Bergedorf: Hamburger Sternwarte a Warner & Swasey Observatory)

Literatura

- Swings, J. P., Andrillat, Y., 1979, A&A, 74, 85
- Swings, T. P., Struve, O., 1943, AJ, 97, 194
- Škoda, P., 1996, in *Astronomical Data Analysis Software and Systems V*, ASP Conference Series Vol. 101, eds. G. H. Jacoby & J. Barnes, s. 187
- Škoda, P., Šlechta, M., Honsa, J., 2002, PAICz, 90, 3
- Vollmann, K., Eversberg, T., 2006, Astron. Nachr., 327, 862
- Wackerling, L. R., 1970, MmRAS, 73, 153
- Winkler, H., Wolf, B., 1989, A&A, 219, 151
- Wolf, B., Stahl, O., 1985, A&A, 148, 412
- Yudin, R. V., 1995, Lecture Notes in Physics, 454, 227
- Zickgraf, F.-J., 1998, in *B[e] stars*, Astrophysics and Space Science Library Vol. 233, eds. A. M. Hubert & C. Jaschek, s. 1
- Zickgraf, F.-J., 2000, in *The Be Phenomenon in Early-Type Stars*, ASP Conference Series Vol. 214, eds. M. A. Smith, H. F. Henrichs & J. Fabregat, s. 26
- Zickgraf, F.-J., 2003, A&A, 408, 257
- Zickgraf, F.-J., 2006, in *Stars with the B[e] phenomenon*, ASP Conference Series Vol. 355, eds. M. Kraus & A. S. Miroshnichenko, s. 135
- Zickgraf, F.-J., Humphreys, R. M., Lamers, H. J. G. L. M., a kol., 1996, A&A, 315, 510
- Zickgraf, F.-J., Schulte-Ladbeck, R. E., 1989, A&A, 214, 274
- Zickgraf, F.-J., Stahl, O., Wolf, B., 1992, A&A, 260, 205
- Zickgraf, F.-J., Wolf, B., Stahl, O., a kol., 1985, A&A, 143, 421
- Zickgraf, F.-J., Wolf, B., Stahl, O., a kol., 1986, A&A, 163, 119
- Zickgraf, F.-J., Wolf, B., Stahl, O., a kol., 1989, A&A, 220, 206

elektronické zdroje:

http://physics.nist.gov/PhysRefData/ASD/lines_form.html

<http://mathworld.wolfram.com/OrthogonalPolynomials.html>

Publikace v recenzovaných časopisech

- Bakiş, V., Zejda, M., Bulut, I., Wolf, M., Bilir, S., Bakiş, H., Demircan, O., Lee, J. W., Šlechta, M., Kučerová, B., 2008, MNRAS, 390, 399

Publikace v recenzním řízení

- Kučerová, B., Korčáková, D., Polster, J., Wolf, M., Votruba, V., Kubát, J., Škoda, P., Šlechta, M., *Time-Dependent Spectral-Feature Variations of Stars with the B[e] Phenomenon, II. MWC 342*
- Polster, J., Korčáková, D., Votruba, V., Škoda, P., Šlechta, M., Kučerová, B., Kubát, J., *Time-Dependent Spectral-Feature Variations of Stars with the B[e] Phenomenon, I. V2028 Cyg*

Publikace ve sbornících

- Polster, J., Korčáková, D., Votruba, V., Škoda, P., Šlechta, M., Kučerová, B., 2010, in *Active OB Stars: Structure, Evolution, Mass-Loss, and Critical Limits*, IAU Sym. No. 272, eds. C. Neiner, G. Wade, G. Meynet & G. Peters, s. 533
- Polster, J., Korčáková, D., Votruba, V., Koubský, P., Škoda, P., Šlechta, M., Hadrava, P., Kučerová, B., Kubát, J., 2010, in *Binaries - Key to Comprehension of the Universe*, ASP Conference Series No. 435, eds. A. Prša & M. Zejda, s. 399
- Michalská, G., Kubát, J., Korčáková, D., Kawka, A., Ceniga, M., Kučerová, B., Votruba, V., 2007, in *Binary Stars as Critical Tools and Tests in Contemporary Astrophysics*, IAU Sym. No. 240, eds. E. Guinan, P. Harmanec & W. Hartkopf, s. 555
- Mikulášek, Z., Janík, J., Žižňovský, J., Zejda, M., Netolický, M., Vaňko, M., Zvěřina, P., Kučerová, B., Ceniga, M., Szász, G., 2007, in *Physics of Magnetic Stars*, Proceedings of the International Conference, eds. I. I. Romanyuk & D. O. Kudryavtsev, s. 296
- Kučerová, B., Korčáková, D., Kawka, A., Šlechta, M., Škoda, P., 2007, in *Bezovec 2007*, Sborník k mezinárodní konferenci Bezovec 2007, Hvězdárna Valašské Meziříčí & Hvezdáreň a planetárium Hlohovec, s. 23
- Kučerová, B., Korčáková, D., Kubát, J., Šlechta, M., Votruba, V., Škoda, P., Hadrava, P., 2006, *Stars with B[e] Phenomenon*, ASP Conference Series Vol. 355, eds. M. Kraus & A. S. Miroshnichenko, s. 355