

**ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FİZİK ANABİLİM DALI**  
**DOKTORA TEZİ**

**GÜNEY YARIMKÜREDE SEÇİLEN**  
**BÖLGELERDE KISA DÖNEMLİ ÇİFT**  
**YILDIZLARIN TAYFSAL VE FOTOMETRİK**  
**İNCELENMESİ**

**Volkan BAKIŞ**

**Danışman:**  
**Prof. Dr. Osman DEMİRCAN**

**Eylül, 2007**  
**ÇANAKKALE**

**GÜNEY YARIMKÜREDE SEÇİLEN  
BÖLGELERDE KISA DÖNEMLİ ÇİFT  
YILDIZLARIN TAYFSAL VE FOTOMETRİK  
İNCELENMESİ**

**Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Doktora Tezi  
Fizik Anabilim Dalı**

---

**Volkan BAKIŞ**

**Danışman:  
Prof. Dr. Osman DEMİRCAN**

**Eylül, 2007  
ÇANAKKALE**

## DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

**VOLKAN BAKIŞ** tarafından **Prof. Dr. OSMAN DEMİRCAN** yönetiminde hazırlanan “**GÜNEY YARIMKÜREDE SEÇİLEN BÖLGELERDE KISA DÖNEMLİ ÇİFT YILDIZLARIN TAYFSAL VE FOTOMETRİK İNCELENMESİ**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

.....

\_\_\_\_\_

Yönetici

.....

\_\_\_\_\_

Jüri Üyesi

.....

\_\_\_\_\_

Jüri Üyesi

.....

\_\_\_\_\_

Jüri Üyesi

.....

\_\_\_\_\_

Jüri Üyesi

Sıra No:.....

Tez Savunma Tarihi:...../...../.....

\_\_\_\_\_

Müdür

**Fen Bilimleri Enstitüsü**

## TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanmasında yardım ve önerilerini esirgemeyen ve çalışma boyunca fikir ve yorumları ile yol gösteren danıőmanım Sayın Prof. Dr. Osman DEMİRCAN'a saygılarımı ve teőekkürlerimi sunmayı borç bilirim. Ayrıca, her zaman öneri ve görüőlerini bizimle paylaőan Prof. Dr. Zeki EKER'e ve Yrd.Doç.Dr. Selçuk BİLİR'e de teőekkürlerimi sunarım. Tez çalıőmamın gözlemsel verisini toplayabilmem için Mt John Gözlemevinin tüm olanaklarını kullanmama olanak sağlayan Prof. Dr. John HEARNSHAW'a, yurt dışı araştırma projesine baővurmada faydalandığım bilimsel tartıőmaları için Prof. Dr. Edwin BUDDING'e, Yeni Zelanda'daki araőtırmam süresince bana her konuda yardım eden baőtta Alan Gilmore olmak üzere tüm teknisyenlere, Canterbury Üniversitesi Fizik Bölümü'nde geçirdiğim zamanlarda konukseverliğini esirgemeyen Fizik bölümü üyelerine ve Carter Gözlemevinde bana çalışma ortamı sağlayan tüm çalıőanlara sonsuz teşekkür ederim. Son olarak, tezimin hazırlanmasında maddi ve manevi desteğinin yanı sıra bilimsel desteğini de benden esirgemeyen eőim Araő. Gör. Hicran BAKIŞ'a ve bu yolda ilerlemem için bana yol gösteren ve her zaman yanımda olan aileme en içten sevgilerimle teşekkür ederim.

Volkan BAKIŞ

## SİMGELER VE KISALTMALAR

RV	: Dikine Hız (Radial Velocity),
EB	: Örtün Çift Yıldız,
SB1	: Tek-çizgili Tayfsal Çift Yıldız,
SB2	: Çift-çizgili Tayfsal Çift Yıldız,
ELL	: Elipsoidal Çift Sistem,
MJUO	: Mt. John Üniversite Gözlemevi,
HRSP	: Hercules İndirgeme Yazılım Paketi,
CCF	: Çapraz Eşleme Yöntemi,
O-C	: Gözlenen – Hesaplanan Minimum Zamanı Farkı,
ZAMS	: Sıfır Yaş Anakolu,
TAMS	: Anakoldan Ayrılma Noktaları,
S / G	: Sinyal / Gürültü Oranı,
e	: Basıklık,
w	: Enberi Boylamı,
q	: Kütle Oranı ( $K_1 / K_2$ ),
a	: Yarı-büyük Eksen Uzunluğu,
i	: Eğim Açısı, Yörünge Düzlemi Normali ile Bakış Doğrultusu Arasındaki Açık,
$T_0$	: Referans Zamanı (Birinci Min.),
P	: Yörünge Dönemi,
R	: Çözümleme Gücü,
$M_1, M_2$	: Bileşenlerin Kütleleri,
$R_1, R_2$	: Bileşenlerin Yarıçapları,
$K_{1,2}$	: Bileşenlerin Dikine Hızlarının Yarı-genlikleri,
$V_\gamma$	: Kütle Merkezinin Güneş'e Göre Dikine Hızı,
$A_{1,2}$	: Bileşenlerin Yansıtma Katsayıları,
$g_{1,2}$	: Bileşenlerin Çekimsel Kararma Katsayıları,
$F_{1,2}$	: Bileşenlerin Dönme Hızlarının Senkronize Dönme Hızlara oranı,
$\Omega_{1,2}$	: Bileşenlerin Potansiyelleri,

$r_{1,2}$	: Bileşenlerin Görelî Yarıçapları,
$T_{1,2}$	: Bileşenlerin Sıcaklıkları,
$L_{1,2}$	: Bileşenlerin Işıtmaları,
W-D	: Wilson-Devinney Programı,
FWHM	: Tayf Çizgisinin Maksimum Yüksekliğinin Yarısındaki Genişliği (Yarı Genlik),
H-R	: Hertzsprung-Russell Diagramı,
Sco-Cen	: Scorpius Centaurus OB Oymağı,
US	: Upper Scorpius,
UCL	: Upper Centaurus Lupus,
LCC	: Lower Centaurus Crux OB Alt Oymağı,
BKF	: Başlangıç Kütle Fonksiyonu,
IRAF	: Görüntü İndirgeme ve Analiz Paketi,
KOREL	: Fourier Dönüşümü ile Çift veya Çoklu Sistemlerin Tayflarının Ayırıştırılması için Kullanılan Yazılım,
NIST	: Amerika Ulusal Standartlar ve Teknoloji Aletleri,
E(B-V)	: Renk Artığı,
$A_v$	: Johnson V Bandında Yıldızlararası Sönümlenme Miktarı,
SI600s	: Spectral Instruments 600 Series,
OC	: Optical Craftsmann,
CCD	: Charge Coupled Device,
$\xi$	: Mikro Türbülans Hızı,
$u, v, w$	: Galaktik Uzay Hız Bileşenleri,
$v \sin i$	: Ekvatoryal Dönme Hızının İzdüşümü,
mas	: Mili Yay Saniyesi,
as	: Yay Saniyesi.

# GÜNEY YARIMKÜREDE SEÇİLEN BÖLGELERDE KISA DÖNEMLİ ÇİFT YILDIZLARIN TAYFSAL VE FOTOMETRİK İNCELENMESİ

## ÖZET

Bu tezde Lower Centaurus Crux OB oymağından seçilen  $\eta$  Mus-A, V831 Cen-A ve V964 Cen ile basık yörüngeli PT Vel yakın çift yıldız sistemlerinin yüksek çözünürlüklü ( $\lambda/\Delta\lambda \sim 41000$ ) échelle tayfları analiz edilmiştir.  $\eta$  Mus, V831 Cen ve PT Vel'in dikine hızları çapraz eşleme ve tayfin Fourier analizi ile ayıklanması (KOREL) tekniği ile belirlenmiştir. Program yıldızlarının tayfsal yörünge parametreleri literatürdeki fotometrik gözlemler ile birleştirilerek sistemlerin mutlak parametreleri ilk kez duyarlı bir şekilde elde edilmiştir.

$\eta$  Mus-ABC çoklu sisteminin en parlak üyesi olan  $\eta$  Mus-A'nın *Hipparcos* ve Strömngren fotometrileri ile dikine hız verilerinin eş zamanlı çözümünden yıldız sistemi içinde temel parametreleri birbirine çok benzeyen iki yıldız bulunmuştur:  $M_1= 3,30 M_{\odot}$ ,  $M_2= 3,29 M_{\odot}$ ,  $R_1=2,14 R_{\odot}$ ,  $R_2=2,13 R_{\odot}$ ,  $T_1=12700$  K ve  $T_2=12550$  K. KOREL ile ayıklanmış tayf çizgilerine yapılan model atmosfer fitleri birinci bileşenin eş zamanlı dönme hızından daha yavaş, ikinci bileşenin ise eşzamanlı döndüğünü göstermiştir.  $\eta$  Mus'un birinci bileşenin yörünge ile eş zamanlı dönmemesinin nedeni, sistemden açıl momentum kaybı ile eşzamanlı dönmenin bozulduğu ve ikinci bileşenin de eş zamanlı dönmeyi birinci bileşene göre daha kısa sürede yakalamasıdır. Dikine hızlar, öz hareket, uzay hızları ve *Hipparcos* koordinatları  $\eta$  Mus-A'nın görsel bileşeni  $\eta$  Mus-B ile çekimsel olarak bağlı olmadıklarını göstermiştir. Uzay hızları  $\eta$  Mus-A'nın Lower Centaurus Crux'a üye olma ihtimalini zayıflatsa da, H-R diyagramında genç yıldızların arasındaki konumu bu ihtimali kuvvetlendirmektedir.  $\eta$  Mus-B'nin kinematik özellikleri ise Lower Centaurus Crux'a üye olduğunu göstermektedir. Sistemin fotometrik çözümünden hesaplanan uzaklığı ( $103 \pm 5$  pc) *Hipparcos*'un trigonometrik paralaksından elde edilen uzaklığa ( $124 \pm 9$  pc) göre daha yakın bulunmuştur.

V831 Cen-ABCD çoklu sisteminin parlak üyesi V831 Cen-A yakın çift yıldız sisteminin dikine hızları ile Geneva fotometrik verisinin eş zamanlı çözümleri sistemin B7V ve B8V tayf türünde iki yıldızdan oluştuğu belirlenmiştir. V831 Cen-A'nın

mutlak parametreleri  $M_1= 3,77 M_{\odot}$ ,  $M_2= 3,26 M_{\odot}$ ,  $R_1=2,32 R_{\odot}$ ,  $R_2=2,15 R_{\odot}$ ,  $T_1=13800$  K ve  $T_2=12700$  K olarak belirlenmiştir. KOREL ile ayıklanmış He I 5875 Å çizgi kesitlerinin model atmosferleri ile analizinden hesaplanan dönme hızları iki bileşenin de yörünge ile eş zamanlı dönme yaptığını göstermiştir. Üçüncü bileşen *Hipparcos*'un Geçiş Verisi kullanılarak ilk defa görüntülenebilmiştir. Sistemin fotometrik çözümlerinden hesaplanan uzaklığı ( $105 \pm 6$  pc), *Hipparcos*'un trigonometrik paralakstan hesaplanan uzaklık ( $106 \pm 17$  pc) ile uyum içerisindedir.

Basık yörüngeli ( $e=0.130$ ) bir çift yıldız sistemi olan PT Vel'in hassas dikine hız verileri ile *Hipparcos* ve ASAS fotometrisine ait verilerin ortak çözümleri sistemin duyarlı mutlak parametrelerin hesaplanmasına olanak sağlamıştır:  $M_1= 2,18 M_{\odot}$ ,  $M_2= 1,61 M_{\odot}$ ,  $R_1=2,09 R_{\odot}$ ,  $R_2=1,55 R_{\odot}$ ,  $T_1=9250$  K ve  $T_2=7650$  K. *Hipparcos* ve ASAS ışık eğrilerinin yıllara göre çözümlerinden elde edilen farklı enberi boylamı değerlerinin zamana göre değişimi, sistemin  $U=182 \pm 8$  yıllık bir eksen dönme dönemine sahip olduğunu göstermiştir. PT Vel sisteminin yaş tayininde, element bolluğu ( $Z=0.02$  ve  $Y=0.30$ ) ve 355 milyon yıl değerli yaş eğrisi, sistemin H-R diyagramı üzerindeki konumları ile en iyi uyumu sağlamıştır. Sistemin fotometrik çözümlerinden bulunan uzaklığı ( $162 \pm 2$  pc), *Hipparcos*'un trigonometrik paralakstan hesaplanan uzaklığı ( $163 \pm 3$  pc) ile uyum içerisindedir. Eksen dönmesi gösteren PT Vel'in gözlemsel eksen dönmesindeki relativistik katkı  $\sim 9\%$  olarak bulunmuştur. Gözlemsel ( $k_{2obs}=-2.61$ ) içyapı sabitinin teorik ( $\bar{k}_{2teo}=-2.40$ ) içyapı sabitinden daha küçük çıkması bileşenlerin teorik modellere göre tahmin edilenden kütleli olarak daha sıkışık olduğunu göstermiştir.

Lower Centaurus Crux üyesi olduğu bilinen V964 Cen sisteminin yüksek çözünürlüklü tayfları incelenmiş ve tayfın optik bölgesinde ikinci bileşene ait tayf çizgilerine rastlanmamıştır. *Hipparcos* fotometrisinin de desteklediği gibi V964 Cen'in zonklayan bir yıldız olması muhtemeldir.

**Anahtar Sözcükler:** Örtün Çift Yıldızlar, Yıldız Oluşum Bölgeleri, Çoklu Yıldız Sistemleri,  $\eta$  Mus, V831 Cen, V964 Cen, PT Vel.

Hazırlanan bu Doktora tezi TÜBİTAK 2214 Yurt Dışı Araştırma Bursu ile desteklenmiştir.



**SPECTROSCOPIC AND PHOTOMETRIC STUDY OF SHORT PERIOD  
BINARY STARS IN SELECTED REGIONS OF SOUTHERN  
HEMISPHERE**

**ABSTRACT**

In this thesis, high-resolution ( $\lambda/\Delta\lambda \sim 41000$ ) échelle spectra of selected stars,  $\eta$  Mus-A, V831 Cen-A and V964 Cen in Lower Centaurus Crux OB association and eccentric close binary system PT Vel were analyzed. Radial velocities of  $\eta$  Mus-A, V831 Cen-A and PT Vel were determined by cross-correlation and Fourier disentangling technique (KOREL). Combination of spectroscopic orbital elements and light curves yielded their absolute parameters for the first time.

According to simultaneous solutions of radial velocities with *Hipparcos* and Strömgren photometry,  $\eta$  Mus-A, which is the brightest member of the multiple system  $\eta$  Mus-ABC, consists of two quasi-identical components:  $M_1 = 3,30 M_{\odot}$ ,  $M_2 = 3,29 M_{\odot}$ ,  $R_1 = 2,14 R_{\odot}$ ,  $R_2 = 2,13 R_{\odot}$ ,  $T_1 = 12700$  K and  $T_2 = 12550$  K. Analysis of KOREL disentangled spectra of the components by model atmosphere fittings revealed that the rotational velocity of the primary component is below the synchronization while the secondary is rotating synchronously. The asynchronous slow rotation of the primary and the synchronous rotation of the secondary imply a recent decrease of the orbital period due to orbital angular momentum loss from the system and the secondary component caught up the synchronization earlier than the primary after this angular momentum loss. Radial velocities, proper motions, space velocities and *Hipparcos* coordinates showed that  $\eta$  Mus-A is gravitationally unbound to its visual companion  $\eta$  Mus-B. Although space velocities of  $\eta$  Mus-A weaken its membership probability to Lower Centaurus Crux, its position on the H-R diagram strengthens its membership. Kinematical properties of  $\eta$  Mus-B show that it is a member of Lower Centaurus Crux. The photometric distance ( $103 \pm 5$  pc) of the system is found to be smaller than the distance ( $124 \pm 9$  pc) obtained from the *Hipparcos* trigonometric parallax.

Simultaneous solutions of radial velocities with the Geneva photometric data of the bright member V831 Cen-A of the multiple system V831 Cen-ABCD showed that V831

Cen-A consists of two stars with spectral types B7V and B8V. The absolute parameters of V831 Cen-A are obtained as  $M_1= 3,77 M_{\odot}$ ,  $M_2= 3,26 M_{\odot}$ ,  $R_1=2,32 R_{\odot}$ ,  $R_2=2,15 R_{\odot}$ ,  $T_1=13800$  K and  $T_2=12700$  K. Analysis of disentangled He I 5875 Å lines of the components by model atmosphere fitting showed that both components rotate synchronously with the orbit. The visual component of V831 Cen-B is monitored for the first time by using the *Hipparcos* Transit Data. According to the photometric solutions, the photometric distance ( $105 \pm 6$  pc) to V831 Cen is found to be in agreement with the distance ( $106 \pm 17$  pc) obtained by *Hipparcos*.

The analysis of radial velocities together with the *Hipparcos* and ASAS photometric data of the eccentric ( $e=0,130$ ) binary PT Vel yielded precise absolute dimensions of the system:  $M_1= 2,18 M_{\odot}$ ,  $M_2= 1,61 M_{\odot}$ ,  $R_1=2,09 R_{\odot}$ ,  $R_2=1,55 R_{\odot}$ ,  $T_1=9250$  K and  $T_2=7650$  K. Solutions of *Hipparcos* and ASAS light curves which are divided into different data sets in different years revealed an apsidal motion period of  $U=182$  years. Predicted age of PT Vel, elemental abundance of  $Z=0,02$  and  $Y=0,30$ , and isochrone of 355 million years fit well with the locations of components of PT Vel on the H-R diagram. Photometric distance ( $162 \pm 2$  pc) of the system is found to be in agreement with the distance determined from the trigonometric parallax of *Hipparcos* ( $163 \pm 3$  pc). The relativistic contribution to the observed apsidal motion rate of PT Vel orbit is found to be  $\sim 9\%$ . Smaller value of observed internal structure constant ( $k_{2obs} = -2,61$ ) than the theoretical value ( $\bar{k}_{2teo} = -2,40$ ) shows that the components are more condensed than predicted by theoretical models.

A study of high-resolution spectra of V964 Cen, which is known to be a member to Lower Centaurus Crux sub-association, was made and no spectral line of an additional component was seen in the optical part of the spectra. It is probable that the V964 Cen is a pulsating star as *Hipparcos* photometry suggested.

**Key words:** Eclipsing Binary Stars, Star Formation Regions, Multiple Star Systems,  $\eta$  Mus, V831 Cen, V964 Cen, PT Vel.

The present Ph.D. thesis was supported by TÜBİTAK Research Foundation under the Project code 2214.

# İÇERİK

## Sayfa

TEZ SINAVI SONUÇ BELGESİ .....	ii
TEŞEKKÜR .....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	v
ÖZET .....	vi
ABSTRACT.....	viii
<b>BÖLÜM 1 – GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
<b>BÖLÜM 2 – GÖZLEMLER VE VERİ İNGİRGEME .....</b>	<b>16</b>
<b>BÖLÜM 3 – İNCELENEN SİSTEMLER .....</b>	<b>21</b>
<b>3.1. <math>\eta</math> Muscae .....</b>	<b>21</b>
<b>3.1.1. Gözlemler .....</b>	<b>23</b>
<b>3.1.1.1. Tayfsal Gözlemler .....</b>	<b>23</b>
<b>3.1.1.2. Işık Elemanları .....</b>	<b>25</b>
<b>3.1.2. Dikine Hızlar .....</b>	<b>26</b>
<b>3.1.2.1. Çapraz Eşleme Yöntemi .....</b>	<b>26</b>
<b>3.1.2.2. Fourier yöntemi ile tayfın bileşenlerine ayrılması ve yörünge                     çözümü (KOREL) .....</b>	<b>29</b>
<b>3.1.3. Işık ve Dikine Hız Eğrilerinin Eşzamanlı Çözümü .....</b>	<b>34</b>
<b>3.1.4. Model Atmosfer Uygulamaları .....</b>	<b>37</b>
<b>3.1.5.1. Görsel Bileşen: <math>\eta</math> Mus-B.....</b>	<b>40</b>
<b>3.1.5.2. <math>\eta</math> Mus-A ve <math>\eta</math> Mus-B'nin LCC'ye Üyelikleri .....</b>	<b>40</b>
<b>3.1.6. Yakın Çift Yıldız Parametreleri .....</b>	<b>42</b>
<b>3.2. V831 Centauri .....</b>	<b>43</b>
<b>3.2.1. Tayfsal Gözlemler .....</b>	<b>45</b>

3.2.2. Dikine Hızlar .....	46
3.2.2.1. Çapraz Eşleme Yöntemi .....	46
3.2.2.2. Fourier yöntemi ile tayfın bileşenlerine ayrılması ve yörünge çözümü (KOREL) .....	48
3.2.3. Işık ve Dikine Hız Eğrilerinin Eşzamanlı Çözümü .....	49
3.2.4. Dönme Hızları .....	52
3.2.5. Astrometrik Çözüm .....	54
3.2.6. Yakın Çift Yıldız Parametreleri .....	59
3.3. PT Velorum .....	60
3.3.1. Tayfsal Gözlemler .....	60
3.3.2. Dikine Hızlar .....	61
3.3.3. Işık ve Dikine Hız Eğrilerinin Çözümü .....	62
3.3.3.1. Çift Yıldız Model ve Girdi Parametreleri .....	62
3.3.3.2. Işık Eğrisi Parametrelerinin Belirlenmesi .....	67
3.3.4. Eksen Dönmesi .....	68
3.3.5. Mutlak Parametreler, Uzaklık ve İç Yapı Sabiti .....	71
3.4. V964 Centauri .....	73
3.4.1. Tayfsal Gözlemler .....	74
3.4.2. Tayf Çizgilerinin Yorumlanması .....	76
<b>BÖLÜM 4 – TARTIŞMA VE SONUÇ .....</b>	<b>79</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>87</b>
<b>Tablolar .....</b>	<b>100</b>
<b>Şekiller .....</b>	<b>102</b>
<b>Yaşam Öyküsü .....</b>	<b>105</b>

# BÖLÜM 1

## GİRİŞ

Parlak yıldızların tayf sınıflaması kullanılmaya başladığından bugüne, özellikle Cannon ve Pickering'in 1918–1924 yılları arasında yayınladıkları Henry Draper yıldız tayfı katalogu ile birlikte O ve B yıldızlarının gökyüzünde rastgele dağılmadıkları görülmüştür. Sonraki analizler, Galaksi topluluklarının seyrek gruplar halinde yoğunlaştıklarını göstermiştir. Bu da yakın OB yıldızlarının mutlak parametrelerinin, uzay hareketlerinin ve dağılımlarının anlaşılmasında araştırmacılara esin kaynağı olmuştur.

Eddington (1914)'in *ortak hareket eden gruplar* ve yoğun yıldız kümeleri üzerine çalışması, Kapteyn (1914, 1918)'in parlak Galaktik helyum yıldızları (B yıldızları) üzerinde çalışması ile Rasmuson (1921, 1927)'un çalışması ön tayf türünden yıldızların uzay dağılımlarını belirleme yönünde yapılan yoğun çalışmaların öncüleridir. Ayrıca ilk çalışmalar arasında Galaksimizin dış ortamdan izole olmuş dönen bir sistem olduğu modern görüşünün ortaya atıldığı zamanlarda Pannekoek (1929)'un “uzay dağılımının incelemesi” üzerine yaptığı çalışma önemli bir mesafe taşımaktadır. Pannekoek (1929) 37 OB yıldız grubunu listelediği çalışmasında Lacerta, Cep I, Cep II,  $\zeta$  Pers, Lupus, Scorpio günümüzde en çok çalışılan gruplardandır. 1950'li yılların başında, Morgan ve diğ. (1953)'nin yıldız topluluklarının Galaksimizdeki dağılımlarını içeren araştırmaları galaktik spiral yapının ortaya çıkmasını sağlamıştır (Morgan, Sharpless ve Osterbrock, 1952; Morgan, Whitford ve Code, 1953).

Herschel (1847) ve Gould (1874) parlak yıldızların Samanyolu düzleminde simetrik dağılmadıklarını, bu düzleme  $\sim 18^\circ$ 'lik açı yapacak şekilde bir kuşak oluşturduklarını biliyorlardı. Bu kuşak daha sonra Gould Kuşağı olarak tanındı ve yüksek miktarda yıldızlararası madde ile ilişkili olduğu keşfedildi (Linblad 1967; Sandquist, Tamboulidas ve Linblad 1988; Pöppel 1997).

OB yıldız grupları için oymak “association” tanımını ilk olarak Ambartsumian (1947) tarafından yapmış ve grupların Galaksideki kütle yoğunluğunun  $0,1 M_{\odot} \text{ pc}^{-3}$ ’den daha az olduğunu belirtmiştir. Bok (1934) böylesi düşük yoğunluklu yıldız gruplarının Galaktik çekim kuvvetlerine karşı dayanıksız olacağını bu nedenle, daha sonra da renk-parlaklık diyagramlarından türetilen yaşlar ile desteklendiği gibi, OB oymaklarının genç olmaları gerektiğini ileri sürmüştür. Bu varsayım, yıldız gruplarının özellikle yıldız oluşum bölgeleri yakınlarında bulunmaları yıldız oluşum süreçleri ve erken tür yıldızların yıldızlararası madde ile etkileşimleri için en ideal yerler olduğu gerçeği ile uyum içerisindedir (bkz. Blaauw, 1964; 1999). Ruprecht (1966) OB oymaklarının alan sınırlarını, parlak üyeleri ve uzaklıkları ile birlikte listelemiştir. Ruprecht bu çalışmasında IAU tarafından da onaylanan bir terminoloji tanımlamıştır. Ruprecht’in listesi grup arkadaşları tarafından oluşturulan (Alter, Ruprecht ve Vanysek, 1979; Ruprecht, Balazs ve White, 1981) ve yıllarca devam ettirilen “Yıldız kümeleri ve oymakları katalogu” üzerine dayanmaktadır.

OB oymaklarının yıldız içeriği, yapısı ve kinematiği hakkındaki bilginiz yıldızların oluşumları ile ilgili temel soruları ortaya koymamıza izin verir. Başlangıç kütle fonksiyonu nedir? Çift yıldız nüfusunun özelliği nedir? Yıldız oluşum oranı ve verimliliği nedir? Bir gruptaki tüm yıldızlar aynı zamanda mı oluşuyor? Oymaklardaki yıldızların yapısı, enerjileri ve onları saran yıldızlararası maddenin dinamik evrimi nedir? OB topluluklarının özellikleri nedir ve bunların Galaksinin yapısı ve evrimi ile ilişkisi nedir?

Bu sorulara cevap arama yönünde, şimdiye kadar yapılan tüm çalışmaları özetleyen ve en kapsamlı araştırma de Zeeuw ve diğ. (1999)’nin Galaksimizdeki yıldız oymaklarına üye yıldızlarının belirlenmesi üzerine yaptıkları çalışmadır. Bu nedenle tezin giriş bölümünün ilk dört paragrafında genel bir literatür özeti yapılırken de Zeeuw ve diğ. (1999)’den faydalanılmıştır. Güneş’ten 1,5 kpc lik içerisindeki OB oymaklarının yıldızlarını *Hipparcos*’un duyarlı konum, öz hareket ve uzaklıklarını kullanarak inceleyen de Zeeuw ve diğ. (1999) yakın OB oymak merkezli, Galaktik düzlem boyunca hareket eden grupları aramak için Bruijne

(1999)'in yakınsak nokta yöntemi (convergent point method) ile Hoogerwerf ve Aguilar (1998)'in spagetti yönteminin birleşimini kullanmışlardır. Yaptıkları bu çalışma ile Güneş civarındaki yakın OB oymak topluluklarının belirlenmesini sağlamışlardır. Şekil 1.1, de Zeeuw ve diğ. (1999) tarafından 1,5 kpc içindeki *Hipparcos* verileri kullanılarak oluşturulan OB oymaklarının Galaktik düzlemdeki izdüşümünü göstermektedir. Şekil 1.1'deki OB oymaklarının listesi Tablo 1.1'de verilmektedir. Tablo 1.1'deki OB oymaklarından 12 tanesinin kinematik özelliklerinden *ortak hareket eden grup* olduğu görülüyor. Bu 12 grup Güneş'e 650 pc'ten daha yakın olup bunlar, sırası ile, Sco OB2'nin üç alt grubu (Upper Scorpius (US), Upper Centaurus Lupus (UCL) ve Lower Centaurus Crux (LCC)), Vel OB2, Tr 10, Col 121, Per OB2,  $\alpha$  Persei (Per OB3), Cas-Tau, Lac OB1, Cep OB2 ve adı yeni verilen Cep OB6. R CrA, CMa OB1, Mon OB1, Ori OB1, Cam OB1, Cep OB3, Cep OB4, Cyg OB4, Cyg OB7 ve Sct OB2 alanlarındaki hareket eden grupların astrometrik çalışmaları grupların kinematik özelliklerini net bir şekilde belirlemek için henüz yeterli değildir. Daha önce yapılan fotometrik ve tayfsal çalışmalar söz konusu grupların çoğunun hareket eden gruplar olduklarına işaret etmekte ancak uzaklıklarının büyük olması duyarlı kinematik özelliklerinin belirlenmesini engellemiştir.

de Zeeuw ve diğ. (1999)'nin Tablo 1.1'de listelenen OB oymak üyeliğinin güvenilir yöntemlerle belirlenmesi gruplardaki yıldız oluşumlarının daha net anlaşılmasına yardımcı olacaktır. Özellikle oymaklardaki küçük kütleli ( $M \leq 2 M_{\odot}$ ) yıldız nüfusunun incelenmesi, yıldız evrim süreci ile ilgili çok önemli bilgiler verecektir. Yıllarca yıldız oluşumunun çift modlu (bimodal) bir süreç olduğu varsayıldı (bkz. Larson, 1986; Shu ve Lizano, 1988). Eğer öyle ise büyük ve küçük kütleli yıldızlar tamamen farklı bölgelerde oluşmalı. Ancak yakın OB yıldız oymaklarında yapılan incelemeler, küçük kütleli yıldızların hemen yanı başlarındaki büyük kütleli yıldızlar ile birlikte oluştuklarını göstermiştir (bkz. Herbig, 1962). Eğer OB oymaklarının küçük kütleli yıldızları alan yıldızlarının belirlediği bir kütle fonksiyonuna göre oluşturuyorsa bu bölgeler Galaktik yıldız oluşumunda baskın olmalıdır (Miller ve Scalo, 1979). Ancak küçük kütleli yıldızların ne oranda oluştukları hala tam olarak bilinmemektedir; büyük kütleli yıldız oluşum

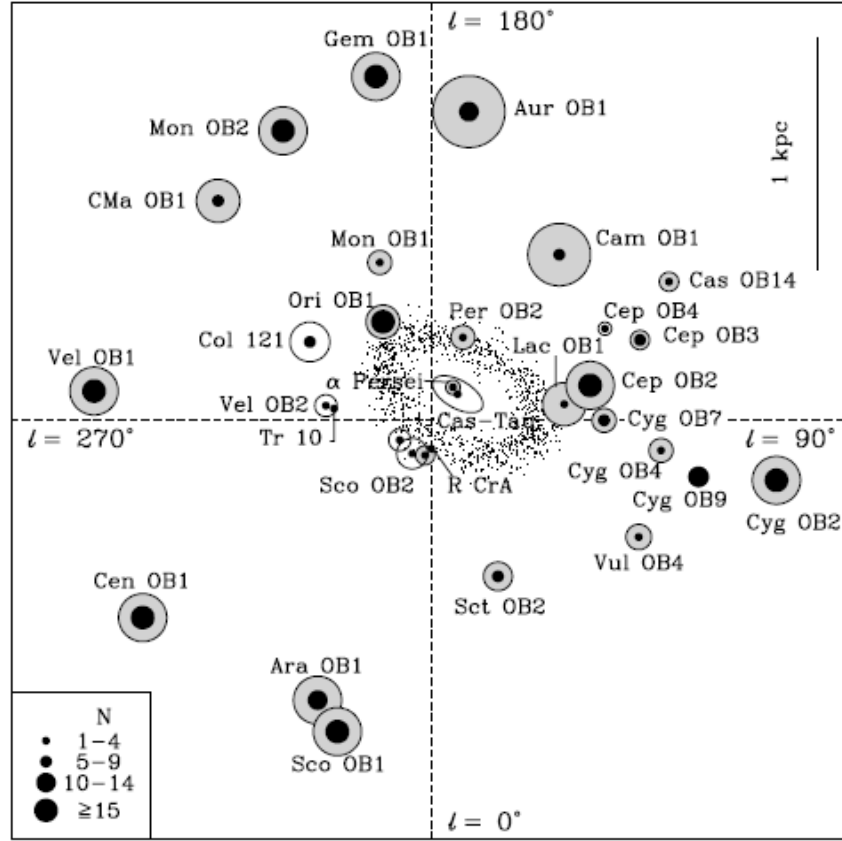
bölgelerinin beklenenden çok daha az sayıda küçük kütleli yıldız içerdiğine dair birçok belirteç vardır (tartışma için bkz. Zinnecker ve diğ., 1993). Yakın OB oymaklarında bile küçük kütleli yıldız içeriği hakkında bilgimiz oldukça yetersizdir (Preibisch ve diğ., 2002).

Tablo 1.1. Yakın OB oymakları (de Zeeuw ve diğ., 1999). Galaktik koordinatlar derece cinsindedir.

Oymak adı	D	l	l <sub>+</sub>	b.	b <sub>+</sub>	N <sub>prop</sub>	N <sub>HIC</sub>	N <sub>HIP</sub>
Sco OB2_1	170	330	3	-19	7	2522	1650	3320
Upper Scorpius	160	337	3	7	32	1233	908	1796
Upper Centaurus Lupus	170	313	337	5	31	1737	1202	2215
Lower Centaurus Crux	160	292	313	-10	16	1531	1161	2787
Sco OB2_5	170	273	292	-20	5	1337	973	2225
Col 121	630	222	244	-15	-3	562	424	1001
Ori OB1	500	197	215	-26	-12	1318	750	968
Mon OB1	715	201	205	-3	3	86	46	94
Per OB2	400	156	164	-22	-13	207	130	218
α Perseia	170	140	155	-11	-3	619	361	517
Cam OB1	900	130	153	-3	8	862	320	919
Cep OB4	845	116	120	3	7	46	18	60
Cep OB3	960	108	113	1	7	169	97	157
Cep OB2	700	96	108	-1	12	651	345	676
Lac OB1	600	94	107	-19	-7	561	344	709
Cyg OB7	740	84	96	-5	9	249	181	680
Cyg OB4	1000	81	85	-9	-6	15	10	51
Sct OB2	730	20	26		2	45	28	82
Cas-Tau	140		Tüm gökyüzü			49	49	
Kaçan yıldızlar			Tüm gökyüzü			162	153	
Toplam						13961	9150	18475

*Not:* D sütunu *Hipparcos*'tan önceki uzaklık tahminlerini, l ve b sütunları Galaktik alan sınırlarını, N<sub>prop</sub> 1982 yılında *Hipparcos*'a gözlenmesi için önerilen muhtemel üye yıldızlar, N<sub>HIC</sub> *Hipparcos*'un önerilen yıldızlardan gözlenmesine karar verilenler, N<sub>HIP</sub> alan sınırları içerisinde *Hipparcos*'un gözlediği toplam yıldız sayısını verir. Sco OB2 1 ve 5, Blaauw (1946) tarafından belirlenen muhtemel alt gruplardır.





Şekil 1.1. Ruprecht (1966) tarafından listelenen 1,5 kpc içerisindeki OB oymaklarının galaktik düzleme izdüşümü (de Zeeuw ve diğ., 1999'den alınmıştır). Dairelerin büyüklükleri izdüşümlerinin büyüklükleri ile orantılıdır. Dairelerin içerisindeki siyah noktalar ise mutlak parlaklığı  $M_v \sim -5$ 'den parlak olan yıldız sayısını (N) noktaların büyüklüğü ile orantılı olarak göstermektedir. Gould Kuşağı'nı oluşturan yapı küçük noktalarla gösterilmiştir.

Başlangıç kütle fonksiyonu (BKF) tüm yıldız oluşum teorileri için son derece önemlidir. BKF, teorik başlangıç kütlelerine göre belirli bir yıldız topluluğunun kütle dağılımını tanımlayan (yıldız kütlelerinin histogramı) empirik bir fonksiyondur. Yıldızların özellikleri ve evrimleri, yıldız kütlesi ile yakından ilişkili olduğundan büyük yıldız topluluklarının araştırmaları astronomlar için önemlidir. Büyük bulut parçalarının çok daha küçük kümeler ayrışması küçük kütleli yıldızların büyük kütleliye göre daha çok olması gerektiğine işaret eder. Bu nicesele olarak BKF tarafından belirlenir. Bir buluttaki başlangıç koşulları kütle dağılımını nasıl etkiler? BKF tüm yıldız kümelerinde aynı mıdır? Başlangıçtaki bulutun bölünmesi bir yerde

sonlanır mı yoksa yıldız-altı nesnelerin oluşmasını sağlayacak kadar küçülür mü? Teorik beklentiler BKF'nin yıldız oluşum bölgesi boyunca sistematik değişimler göstermesi yönünde olsa da henüz BKF'nin değişimi için gerçekten inandırıcı bir delil bulunamamıştır (Kroupa, 2002; Scalo, 1998). Buradaki açık soru BKF'nin evrensel olup olmadığı veya sistematik değişimlerin empirik olarak belirlenen BKF'de fark edilemeyecek kadar küçük olduğudur. BKF'nin deneysel belirlenmelerinin birçoğunun güvenilirliği sınırlıdır. Küme ve oymak çalışmalarında galaktik alan yıldızlarından arka planda kalan nesnelerin asıl incelenen yıldızlar arasına karışmaları büyük bir problem oluşturmaktadır. Bu tür yıldızların ve gerçek üye yıldızlarının belirlenmesi üzerine yapılan gözlemsel çalışmalar çoktur. BKF'nin belirlenmesi üzerine yapılan çalışmaların çoğu fotometriktir. Tayfsal yapılan çalışmaların çoğu ise toplam yıldız nüfusunun sadece küçük bir kesrini kapsamakta olup ve sonuçların büyük ölçeğe taşınmasında hataların artmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, OB oymaklarını içeren çoğu çalışma küçük kütleli yıldızların büyük kütleli yıldızlara oranını ortaya çıkarmaktan acizdir (Walter ve diğ., 1994).

Geçtiğimiz on sene içerisinde tayfsal çalışmalara ait duyarlılıkların artmasıyla, Güneş civarındaki OB oymaklarındaki yıldızların detaylı incelenmelerine olanak sağlamıştır (örneğin  $\lambda$  Orionis bölgesi için bkz. Dolan ve Mathieu, 2001). Özellikle, *Hipparcos* ölçümleri OB oymaklarındaki büyük kütleli yıldız içeriği hakkındaki bilgimizi büyük ölçüde arttırmıştır. Örneğin de Zeeuw ve diğ. (1999)'nin çalışmasında da belirtildiği gibi yakın OB oymaklarının *Hipparcos* verisi oymaklardaki büyük ve orta kütleli yıldızların tam bir tanımını ortaya koymuştur. Preibisch ve diğ. (2002)'nin anakol öncesi yıldızların tayfsal gözlemlerine dayalı US'deki başlangıç kütle fonksiyonunu belirleme üzerine yaptığı çalışmada, US'deki yıldız oluşum sürecini oldukça güvenilir bir senaryoya bağlamıştır. Preibisch ve diğ. (2002)'nin US'deki 0,1 ile 20  $M_{\odot}$  kütle aralığındaki yıldızları incelemişlerdir. Yıldız oluşum bölgesi olarak US'i seçmelerinin nedeni bu bölgedeki aktif yıldız oluşumunun yakın zamanda bitmiş olması, böylece US'de gözlenebilen yıldızların kütlelerinin ve yaşlarının yıldız oluşum sürecinin sonucunu sergilemesidir. Preibisch ve diğ. (2002) US'deki BKF için aşağıdaki eşitlikleri belirlemişlerdir:

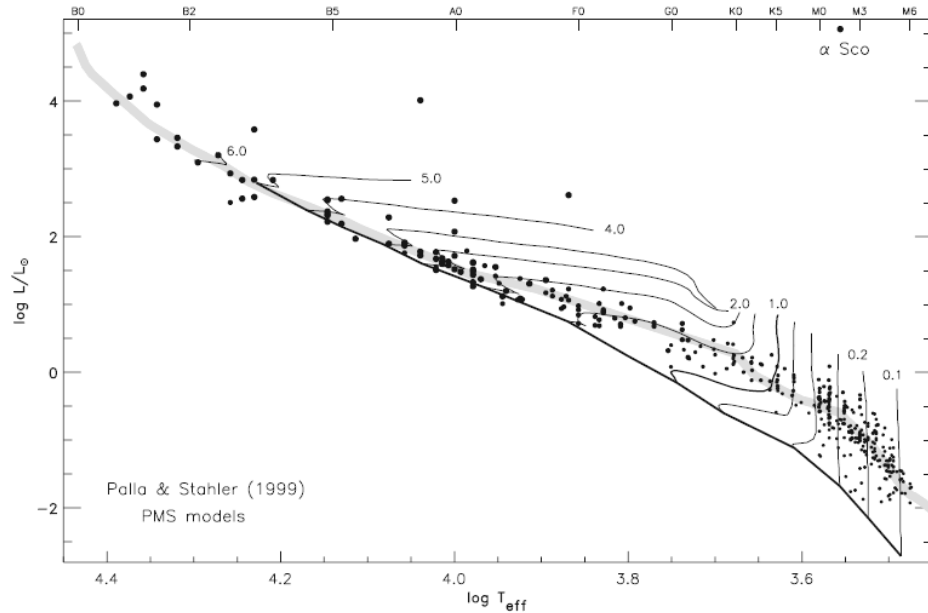
$$\frac{dN}{dM} \propto \left\{ \begin{array}{l} M^{-0,9 \pm 0,2} (0,1 \leq M / M_{\odot} \leq 0,6) \\ M^{-2,8 \pm 0,5} (0,6 < M / M_{\odot} \leq 2) \\ M^{-2,6 \pm 0,5} (2 < M / M_{\odot} \leq 20) \end{array} \right\} \quad (1.1)$$

Yukarıdaki denklemde verilen eşitliğin integral toplamı  $1400 M_{\odot}$  kütle değerine sahip farklı kütlelerde 2525 yıldız olduğunu ima eder. Bu yıldızlardan 75 %'i kütlesi  $0,6 M_{\odot}$ 'den küçük olan ve toplam kütleyle 39 % katkı sağlayan yıldızlardır. Tüm yıldızların sadece %3 ü  $2 M_{\odot}$ 'den daha büyük kütleyle sahiptir. Ancak toplam kütleyle katkısı %33 tür. Bütün bu rakamlar (1.1) eşitliğinde verilen BKF'den çıkarılmaktadır. Toplam yıldız kütlelerinin mantıklı bir tahmini için Preibisch ve diğ. (2002) yıldızların çoğunun çoklu sistem içinde buldukları ihtimalini göz önünde bulundurmışlardır. Geç tayf türü için çift yıldız frekansı en az 50 % (bkz. Duquennoy ve Mayor, 1991; Fischer ve Marcy, 1992; Köhler ve diğ., 2000) ve erken türler için ise daha da fazladır (Mason ve diğ., 1998; Abt ve diğ., 1990; Preibisch ve diğ., 1999). Preibisch ve diğ. (2002) çoklu sistemlerdeki bileşenlerin toplam kütlelerini de şu şekilde hesaplamışlardır: Çift yıldız frekansının 100 % olduğunu ve ikinci bileşenlerin (1.1)'de verilen ile aynı BKF'ye sahip olduklarını varsayarak,  $0,1-20 M_{\odot}$  kütle aralığındaki tüm bileşenlerin kütleleri toplam kütleinin 40 %'si olarak çıkar. Çift yıldızların ikinci bileşenlerine ek olarak US'deki büyük kütleli yıldızları da hesaba katan Preibisch ve diğ. (2002) US'deki tüm yıldızların toplam kütlelerini  $2060 M_{\odot}$  olarak vermiştir.

US'deki yıldız oluşum verimliliğini de şu şekilde tahmin etmişlerdir: de Geuss (1992) Upper Sco'yu saran H I kabuğunun kütlelerini  $\sim 80000 M_{\odot}$  olarak belirlemiştir. Bu değeri tüm bulutun toplam kütleli varsayımı altında, yıldız oluşum verimliliğini  $\sim 2060 M_{\odot} / 80000 M_{\odot} \sim 2,6 \%$  olarak belirlemiştir. Belirledikleri bu değer, birçok molekül bulutundaki yıldız oluşum verimliliği ile uyumlu olup (bkz. Cohen ve Kuhn, 1979) başlangıç bulut kütlelerinin çok küçük bir kesrinin yıldız dönüşüğünü gösterir.

US'deki yıldız oluşum senaryosunu öneren Preibisch ve diğ. (2002) yıldız oluşum verimliliğinin anlaşılmasında oymağın uzay dağılımının önemli olduğunu iddia etmektedirler. *Hipparcos* ile belirlenen üyelerin 70 %'i gökyüzünde 11

derecelik çapa sahip bir alan içinde bulunmaktadır, bu da oymağın boyutunun 28 pc olduğunu gösterir. de Bruijne (1999) US'nin *Hipparcos* üyelerinin grup içi hız dağılımının sadece  $1,3 \text{ km s}^{-1}$  olduğunu göstermiştir. Bu verilerden oymağın başlangıç boyutunu Preibisch ve diğ. (2002) şöyle hesaplıyor: Oymak büyük kütleli yıldızların neden olduğu kısa bir oymaktan gaz atımı evresinden sonra aniden bağımsız oluyor ve yıldızlar başlangıç konumlarından serbest olarak genişlemeye başlıyorlar. Oymakta ölçülen ortalama genişleme hızı dikkate alındığında oymaktaki bir nokta 5 milyon yılda yaklaşık 13 pc yol alırdı. Bu ortalama genişleme miktarı bugün oymağın görünen boyutundan (28 pc) çıkartıldığında oymağın başlangıç büyüklüğü 15 pc bulunur. US'deki aynı orijinli yıldız sayısındaki patlama için en uygun senaryo yaklaşık 12 milyon yıl önce bir süpernovanın US'deki yıldız oluşumunu tetiklemesidir. Sco-Cen OB oymağını saran devasa H I ilmiğinin kinematiği ve yapısı bulutun US'den 5-6 milyon yıl önce geçtiğini önermektedir (de Geuss, 1992). Zamandaki bu nokta US için küçük kütleli yıldızların H-R diyagramlarındaki yerlerine bakılarak belirlenen yaş ile tamamen uyum içindedir. Preibisch ve diğ. (2002) tarafından  $0,1-20 M_{\odot}$  kütle aralığındaki US üyesi yıldızların H-R diyagramındaki konumlarını en iyi temsil eden 5 milyon yaş çizgisi Şekil 1.2'de gösterilmiştir.



Şekil 1.2. US'deki küçük ve büyük kütleli yıldızların H-R diyagramındaki konumlarını en iyi temsil eden 5 milyon yıl yaş çizgisi (Preibisch ve diğ., 2002 den alınmıştır).

Ayrıca UCL'nin US'den uzaklığı yaklaşık 75 pc olduğundan, bu şok dalgası yıldız oluşumunun tetiklenmesi için gerekli olan özelliklere ( $v \sim 20 - 25 \text{ km s}^{-1}$ ) sahiptir. Böylece önerilen yıldız oluşum senaryosu tüm gözlemsel veri ile kendi içinde de tutarlı olmaktadır.

US'den geçen şok dalgası, içinde  $10 M_{\odot}$  kadar kütleli 10 yıldız da içeren 2500 yıldızın oluşumunu başlatmıştır. Yeni doğan büyük kütleli yıldızlar enerjilerini üretmeye başladıklarında, güçlü ışınım ve yıldız rüzgârları ile içinde buldukları bulutu dağıtmıştır. Bulutu öyle bir kuvvetle etkilemiştir ki, 1 milyon yıldan daha kısa bir sürede yıldız oluşumunu sona erdirmiştir. Bu senaryo, oymaktaki dar bir yaş dağılımını ve bulut kütlelerinin 2 % gibi küçük bir kesrinin yıldızla dönüştüğünü açıklıyor. Yaklaşık 1,5 milyon yıl önce US'deki en büyük kütleli yıldız, PSR J1932+1059'un atası, süpernova olarak patladı. Bu patlama bileşeninin,  $\zeta$  Oph, yörüngeden atılmasına (bkz. Hoogerwerf ve diğ., 2001) ve oluşan şok dalgası da US molekül bulutunun tamamıyla dağılmasına neden oldu.

Şok dalgasının geçen 1 milyon yıl içerisinde  $\rho$  Oph bulutun içinden geçmesinde oldukça ilginçtir (de Geuss, 1992). Bugün  $\rho$  Oph bulutunda tanık olduğumuz güçlü yıldız oluşum aktivitesi şok dalgası tarafından tetiklenmiş olmalıdır (bkz. Motte ve diğ. 1998). Scorpius-Centaurus-Ophiucus birleşimindeki sıralı tetiklenmiş yıldız oluşumu üçüncü nesil yıldızları temsil edebilir (Preibisch ve diğ., 2002).

Yukarıda bahsedilen konulan yıldız oluşum senaryosunun bir benzeri diğer OB oymakları için de ortaya konabilir. Bunun için öncelikle yıldız oymağını temsil eden BKF'nin belirlenmesi gerekmektedir. Ancak sadece BKF'nin belirlenmesi oymağın kütlesi ve yıldız oluşum sürecini açıklamak için yeterli değildir. Çünkü incelenen sistemlerin çoklu sistemlerin üyesi olup olmadığı üzerine istatistik varsayımlar yapmak sonuçlar üzerinde bir yanlılık oluşturmaktadır. Bu nedenle, OB oymaklarında çift veya çoklu sistemlerin karakteristiğinin de iyi belirlenmesi gerekmektedir.

Köhler ve diğ. (2000)'nin Sco-Cen yıldız oluşum bölgesinde seçilen 118 X-ışın kaynağının, T-Tauri yıldızlarının çoklu olup olmaması üzerine yaptıkları çalışmada genç yıldız bileşenlerinin sayısının anakoldakilere göre ~1,6 kat daha fazla olduğunu bulmuşlardır. Sco-Cen'deki T Tauri yıldızlarının çift veya çoklu sistemlere oranı Taurus-Auriga yıldız oluşum bölgesine göre biraz daha azdır ancak bu fark hata sınırları içerisindedir. Akı oranlarını incelemeleri sonucunda Taurus-Auriga bölgesinde aynı parlaklığa sahip çift yıldız sayısının Sco-Cen'dekine oranla daha fazla bulunmuştur. Bunu da nedeni büyük ihtimalle her iki yıldız oluşum bölgesinin yapısıyla ilişkilidir. Kızılötesi bileşen için kayda değer sayıda bir delil bulunamamıştır. Böylece kızılötesi bileşenlerin genç yıldızlardaki çoklu sistemlerin beklenenden daha fazla sayıda olmalarını açıklayamaz. US'deki iki farklı yıldız grubundaki çift yıldızların yörünge ayrıklıkları üzerine yaptıkları çalışmada Kohler ve diğ. (2000) her iki grup için de farklı ortalama yörünge ayrıklığı belirlemiştir. Bu, yıldız yörünge dönem dağılımlarının tüm yıldız oluşum bölgelerinde aynı olan evrensel bir nicelik olmadığını gösterir. Dönem dağılımı yıldız oluşum sürecinde çevresel koşulların bir sonucu veya daha sonra yıldızların dinamik etkileşimi ile ilişkili olmalıdır.

Nitschelm (2003) Sco-Cen birleşimindeki çift veya çoklu sistemlerin bir listesini vermiştir. Tablo 1.2-4'deki yıldızlar çift veya çokluğu kesin olanlarla teyit edilmeyi bekleyenler olarak iki gruba ayrılmışlardır. Tablo 1.2'de verilen çift veya çoklu yıldızların sayısı de Zeeuw ve diğ. (1999) çalışmasında verilen oymağın güvenilir üyelerinin sayıları ile karşılaştırıldığında alt gruplardaki çift/çoklu sistemlerin tüm yıldızlara oranı: US'de 16 / 120 ~ 13 %, UCL'de 18 / 221 ~8 % ve LCC'de 12 / 180 ~ 7 %'dir. Tabii ki bu oranlar sadece bileşeni olduğu kesinleşen sistemler (Tablo 1.2 – 1.3) içindir. Çift ya da çoklu sistem olduğunun teyit edilmesi gereken ve Nitschelm (2003) tarafından verilen şüpheli tayfsal değişenlerin sayısı 47'dir. Bu sayı içerisinde geri tayf türünden yıldızların sayısı oldukça azdır. Bu durumun, istatistik çalışmalarda göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

Yıldız oluşum bölgelerinde incelenen yıldızların parametrelerinin duyarlı elde edilmesi, bu yıldız gruplarına ait BKF, yaş, kimyasal bolluk, üyelik gibi bilgilere ulaşmamızı sağlar. Bu amaçla bu bölgelerdeki çift yıldızların analizi bize yıldızların mutlak parametrelerinin duyarlı tayininde etkin bir yol sunar. Aksi takdirde sadece *Hipparcos* uzaklığının kullanımıyla mutlak parlaklık, ısıtma, tayf türü gibi bilgilere ulaşılarak bu bölgelerdeki yıldızların mutlak parametrelerine gitmek hesaplarımızda bize tayf ve fotometrik verilerin analizlerinden elde edilenden daha büyük bir hata bandı verecektir. Bu nedenle bu bölgelerdeki çift sistemlerin sistematik tayfsal ve fotometrik gözlemleri yapılmalı ve yıldızların mutlak parametreleri belirlenerek içinde buldukları ortam ile ilişkisi incelenmelidir.

Bu tez çalışmasında kullanılan yıldızlardan PT Vel hariç, diğer yıldızlar ( $\eta$  Muscae, V831 Centaurus ve V964 Centaurus) Tablo 1.2'den seçilerek gözlenmiş ve incelenmiştir. Seçilen dört yıldız ile yıldız oluşum bölgelerinin tüm özelliklerini belirlemek mümkün değildir. Ancak bu tür çalışmalar bu bölgelerde mutlak parametreleri duyarlı belirlenen yıldızların sayısını arttıracaktır. Tablo 1.2'deki yıldızlardan çift veya çokluğu teyit edilmeyi bekleyen yıldızlardan, konumu uygun olanların gelecekte yeni tayfsal ve fotometrik gözlemleri yapılarak detaylı incelenecektir. Bu tez çalışmasının gelecekte bu yönde yapılacak araştırmalara rehber olması umulmaktadır. Çift veya çoklu sistemlerin gözlem ve istatistiğinin oluşturulması sadece yıldız nüfusunun ortaya konması değil, ayrıca yıldız kütlelerinin ve diğer mutlak parametrelerin yüksek duyarlılıkta elde edilmesine olanak sağlar. Böylece yıldız oluşum bölgelerindeki BKF, yaş, kimyasal bolluk ve diğer önemli parametrelerin duyarlı tayini “*yalnız grupların*” yapı oluşum ve evrimleri hakkında bilgi verir. Bu araştırmaların sonucunda Galaksimizin evrimi hakkında önemli sonuçlara ulaşılır.

Tablo 1.2. Sco-Cen kompleksindeki görsel çiftler.

CCDM = WDS	Grup	Grup üyeliği (%)	Parlaklık 1 (kadir)	Parlaklık 2 (kadir)	P (yıl)	To	a (mas)	e	i (derece)	w (derece)	$\Omega$ (derece)
16003-2237AB	US		2,39	4,62	10,58	2000,693	0,1070	0,940	38,0	359	175
11210-5429AB	LCC	95	4,08	5,57	38,67	1936,228	0,2962	0,780	65,3	220,2	116
16054-1948CE	US		4,92	7,43	36,97	2011,529	0,1283	0,050	45,8	317,1	13,8
15088-4517AB	UCL	54	4,43	5,23	72,36	1925,710	0,2634	0,598	74,3	299,6	25,5
15351-4110AB	UCL	78	3,40	3,51	395,01	1865,127	0,9512	0,150	99,4	10,3	88,2
12567-4741AB	LCC		6,52	9,86	257,13	1924,070	0,7306	0,878	47,3	292,9	122,9
16212-2536AC	US	98	3,06	5,24	154,09	1965,793	0,5140	0,494	138,4	298,2	125
13134-5042AB	LCC	85	6,56	6,78	99,42	1981,378	0,3232	0,612	137,1	87,9	23,1
15227-4441AB	UCL	88	3,56	5,04	225,43	2024,726	0,7251	0,495	112,1	26,1	104,7
16054-1948AB	US	57	2,90	10,6	299,27	1828,878	0,6207	0,048	66,7	234,4	101,3
12463-6806AB	LCC	97	3,51	4,01	305,39	1871,895	1,7307	0,652	67,3	88,1	155,2
13123-5955AB	LCC	64	5,30	6,00	27,94	1939,537	0,1762	0,757	51,5	227,1	76,6
12446-5717AB	LCC	88	6,99	8,18	121,88	2063,637	0,2952	0,591	109,1	109,7	68,1
14516-4335AB	UCL	92	4,84	5,27	20,69	1999,604	0,1515	0,131	69,9	110,9	111,8
15035-4035AB	UCL	90	9,53	9,85	113,51	1909,557	0,2800	0,433	61,3	112,4	24,7
15051-4703A	UCL	88	4,57	4,65	516,81	2116,070	1,5871	0,516	107,6	107,1	57,3
16255-2327DE	US	96	7,04	8,65	312,12	2046,952	0,6604	0,345	122,7	182,7	26,9
16294-2626AB	US	0	0,96	5,37	1308,10	1387,880	2,6239	0,388	83,1	45,4	90
16120-1928AB	US	88	4,36	5,39	4067,6	1851,708	5,2795	0,963	90,9	270,0	4
12165-5009AB	LCC	99	10,20	10,26	201,86						
15313-3349AB	UCL	77	7,07	7,90	87,99						
15313-3349AC	UCL	77	7,07	9,18	1156						
15471-3531AB	UCL	85	7,02	8,91	276,12						
13226-6059AB	LCC	98	5,40	5,40	110,98						
16038-4356AB	UCL	92	10,44	10,78	170,46						
15253-3845BC	UCL		8,70	9,60	1096,80						
16245-3734AB	UCL	81	6,10	6,20	99,83						
15451-3506AB	UCL	99	8,40	8,70	71,63						
11234-6457A	LCC		5,36	6,68	1842						
15452-3418AB	UCL	99	10,31	13,11	8500(?)						



Tablo 1.3. Sco-Cen kompleksinde yakın çift (örten, tayfsal, elipsoidal) olduğu kesinleşen sistemler.

Yıldız adı	Grup	Grup üyeliği (%)	Paralaks (mas)	Parlaklık (kadir)	Tayf türü	Çözüm kalitesi	P (yıl)	To	asini (mas)	e	i (derece)	w (derece)	Tür
β Cru	LCC		9,25	1,25	B0,5III	E	1828,0	1995,440	136,136	0,380	16,0	293,0	SB
ζ Cen	UCL		8,48	2,55	B2,5IV	E	8,0240	1940,461	10,600	0,500	61,3	290,0	SB2
GG Lup	UCL	100	6,34	5,59	B7V + B9V	E	1,849693	1985,194	8,268	0,150	86,8	86,2	EB + SB2
4 Lup	UCL	100	8,24	4,75	B5V	E	12,26	1963,609	10,470	0,192	50,7	82,8	SB2
6 Sco	US	97	7,10	2,89	B1V + B2V	E	1,57008	1991,250	2,580	0,150	48,8	25,0	EB + SB2
7 Sco	US		8,12	2,29	B0,2IV	E	3813,82	2000,693	0,940	38,0	359,0		SB1
8 Sco	US	57	6,15	2,56	B0,5V	E	6,8282	1909,531	11,300	0,290	60,5	17,4	SB2
μ Sco	UCL		3,97	3,00	B1,5IV + B	E	1,44626	1978,000	3,680	0,037	30,0	151,4	EB + SB2
θ Cru	LCC		4,33	4,72	B2IV	G	3,4280	1912,551	2,420	0,000	0,0		SB1
α Cru	LCC		10,17	0,77	B0,5IV	G	75,7794	1907,179	38,600	0,460	21,0		SB1
ξ Cen	LCC	95	7,92	4,27	B1,5V	G	7,6497	1908,370	3,820	0,350	308,6		SB1
ν Cen	UCL	93	6,87	3,41	B2IV	G	2,6249	1991,250	0,744	0,000	0,0		ELL + SB1
3 CenB	UCL		10,96	6,01	B8V	G	17,4280	1977,417	3,980	0,210	15,0		SB1
4 CenA	UCL		4,87	4,75	B4IV	G	6,9301	1910,412	1,940	0,250	152,0		SB1
e Lup	UCL	100	7,18	4,83	B3IV	G	0,9014	1954,704	0,273	0,030	0,0		SB1
ε Lup	UCL	88	6,47	3,37	B2IV - V	G	4,5598	1966,669	3,400	0,260	330,0		SB2
HR 5736	UCL	98	7,79	5,46	B5V	G	3,8275	1964,137	0,642	0,250	22,0		SB1
HR 5801	US	98	5,43	6,19	B9IV	G	5,2766	1974,368	2,530	0,330	86,0		SB
40 Lib	UCL	99	7,33	3,66	B2,5V	G	3,2907	1966,400	3,260	0,280	114,0		SB2
HR 5906	US	99	7,87	5,38	B5V	G	1,9235	1955,280	0,812	0,360	309,0		SB1
HD 42315	US	79	6,52	6,86	B9V	G	1,2640	1962,298	0,386	0,610	330,0		SB1
5 Sco	US	93	7,97	3,87	B2IV=V	G	4,0033	1974,357	0,869	0,270	231,0		SB1
13 Sco	US	95	6,97	4,58	B2V	G	5,7805	1977,423	2,460	0,190	115,0		SB2
14 Sco	US	88	7,47	4,00	B2IV	G	5,5521	1974,376	2,010	0,110	267,0		SB1
HD 145519	US		8,00		B9V	G	3,3606	1961,673	1,150	0,330	6,0		SB1
20 Sco	US	98	4,44	2,91	B1III	G	34,23	1954,416	14,900	0,360	308,0		SB2
7 Oph	US	61	6,67	4,22	B2Vne	G	138,8	1973,469	25,700	0,440	325,0		SB1
4 CenB	UCL		8,36		Am	P	4,839	1976,377	1,127	0,050	51,0		SB
γ Lup	UCL	78	5,75	2,80	B2IV	P	2,8081	1991,250	1,090	0,100	97,0		ELL + SB
45 Lib	US		9,15	5,04	B3V	P	14,4829	1955,175	5,470	0,270	217,0		ELL + SB2
HR 5934	US	98	7,16	5,84	B3V	P	10,0535	1974,361	7,210	0,580	340,0		SB2
25 Cru	LCC		4,79		B4IV	A	1,2250						SB1

Devamı

Tablo 1.3. Sco-Cen kompleksinde yakın çift (örten, tayfsal, elipsoidal) olduğu kesinleşen sistemler.

Yıldız adı	Grup	Grup üyeliği (%)	Paralaks (mas)	Parlaklık (kadir)	Tayf türü	Çözüm kalitesi	P (yıl)	To	asini (mas)	e	i (derece)	w (derece)	Tür
V831 Cen	LCC	64	9,42	4,58	B8V	A	0,64252						ELL (SB2?)
$\eta$ Mus	LCC	71	8,04	4,79	B8V	A	2,396321						EB + SB2
V964 Cen	LCC	92	8,24	5,47	B6V	A	1,54259						EB (SB?)
V966 Cen	LCC	91	9,59	9,76	K0=2V+(G)	A	1,08875						EB
$\sigma$ Lup	UCL		5,68	4,44	B2III	A	3,0186						ELL
HP Lup	UCL		6,54	9,25	A8V	A	1,154553						EB + SB
V1003 Sco	UCL	97	4,75	5,83	B2,5IV	A	1,5942						ELL
FH Mus	LCC	90	9,23	6,26	B8V	B	0,58						ELL
V718 Sco	US	75	7,66	8,83	A8III=IV	B	2,0						EB
KR Mus	LCC	99	9,67	6,69	B9Vne	N							EB?
V983 Cen	UCL		10,96	4,32	B5	N							EB
V883 Cen	LCC		3,05	6,34	B5IV	N							EB + SB2
HR 6003	US	87	7,65	5,86	B9V	N							SB2
NSV 20610	UCL	81	6,97	5,42	B8V	N							ELL (SB1?)

Çözüm kalitesi sütunu: E- Mükemmel, G- İyi, P- Zayıf, A- İyi dönem fakat yörünge yok, B- Kötü dönem ve yörünge yok, N- Dönem yok.

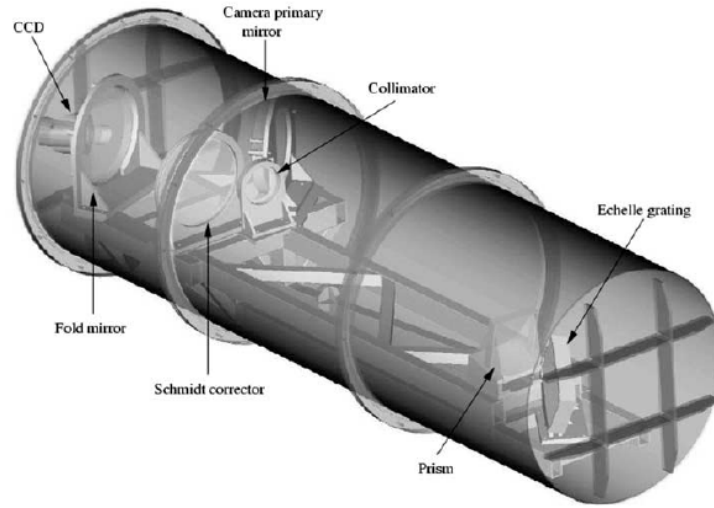
Tablo 1.4. Sco-Cen'deki şüpheli çift veya çoklu sistemler.

Yıldız adı	Grup	Grup üyeliği (%)	Paralaks (mas)	Parlaklık (kadir)	Tayf türü
HR 4089	LCC	77	7,59	4,97	B8V
HD 95122	LCC		3,92	6,48	B7V
HR 4406	LCC		3,69	5,55	B2IV/V
<i>j</i> Cen	LCC		7,10	4,30	B3Vne
HR 4573	LCC		5,45	5,59	B3V
HR 4604	LCC	94	9,61	5,34	A0IV
V863 Cen	LCC	83	8,68	4,46	B2IIIne
$\delta$ Cen	LCC		8,25	2,58	B2IVne
$\rho$ Cen	LCC		9,53	3,97	B3V
$\alpha^2$ Cru	LCC		2,09		B1V
$\sigma$ Cen	LCC	78	7,36	3,91	B3V
$\gamma$ Mus	LCC		10,07	3,84	B5V
$\alpha$ Mus	LCC	89	10,67	2,69	B2IV/V
CH Cru (39 Cru)	LCC		3,15	4,91	B6IVe
e BZ Cru	LCC		3,32	5,27	B2pe
$\beta$ Mus	LCC	97	10,48	3,04	B2,5V
HR 4848	LCC	76	8,24	4,62	B3V
$\lambda$ Cru	LCC	85	9,06	4,62	B4Vne
V831 Cen	LCC	64	9,42	4,58	B8V
V964 Cen	LCC	92	8,24	5,47	B6V
$\epsilon$ Cen	LCC		8,68	2,29	B1III
$\mu$ Cen	UCL	90	6,19	3,47	B2IV/Vnpe
$\tau$ Lup	UCL		3,15	4,56	B2IV
$\eta$ Cen	UCL		10,57	2,33	B1,5Vne + A
$\alpha$ Lup	UCL	73	5,95	2,30	B1,5III
$\sigma$ Lup	UCL	92	8,00	4,32	B5IV
$\beta$ Lup	UCL		6,23	2,68	B2III
<i>K</i> Cen	UCL	89	6,05	3,13	B2IV
$\pi$ Lup	UCL	88	6,56	4,37	B5V
HR 5625	UCL	99	7,34	5,85	B7V
$\lambda$ Lup	UCL	54	8,02	4,07	B3V
$\delta$ Lup	UCL	97	6,39	3,22	B1,5IV
$\phi^2$ Lup	UCL	100	5,38	4,54	B4V
<i>k</i> Lup	UCL		8,72	4,60	A0V
35 Lib	US		4,24	5,53	B2Vnn
IU Lib	US		9,30	5,16	B6IV
KT Lup (d Lup)	UCL	84	7,51	4,55	B3IV p
47 Lib	US	95	5,23	5,95	B2=B3V
FX Lib (48 Lib)	US	68	6,36	4,95	B8Ia=Iab
$\eta$ Lup	UCL	95	6,61	3,42	B2,5IV
$\theta$ Lup	UCL	73	7,94	4,22	B2,5Vn
HR 6007	US		7,53	5,50	B8V
HR 6100	UCL	81	6,97	5,42	B8V
5 $\rho$ Oph	US	43	8,27	4,57	B2V
21 $\alpha$ Sco	US	100	5,40	1,06	M1Ib + B2,5V
N Sco	US		4,37	4,24	B2III - IV
42 Oph	US		5,79	3,27	B2IV

## BÖLÜM 2

### GÖZLEMLER VE VERİ İNDİRGEME

Bu tez çalışmasında yapılan gözlemler Yeni Zelanda'nın Canterbury Üniversitesi Fizik ve Astronomi Bölümü'ne bağlı Tekapo gölü yakınlarındaki ( $\sim 43^\circ 59^d$  Güney,  $174^\circ 27^d$  Doğu) Mt John gözlemevinin olanakları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tayfsal gözlemler için 1-m'lik Mc Lellan teleskobu ve ona bağlı HERCULES (High Efficiency and Resolution Canterbury University Large Echelle Spectrograph) tayfçekeri kullanılmıştır. Tayfçeker dış ortamdaki ısı değişimlerinden etkilenmeyen bir oda içerisinde oldukça sağlam bir zemin üzerine oturtulmuş ve havası alınmış bir tank içerisine yerleştirilmiştir. Yıldız ışığı 1-m'lik teleskobun Cassegrain odağından tayfçekere 20-m uzunluğunda ve genişlikleri seçilebilen optik fiber kablolar ile gönderilmektedir. Tayfçekerin içinde bulunduğu tankın teknik çizimi Şekil 2.1'de gösterilmektedir.



Şekil 2.1. HERCULES tayfçekerinin içinde bulunduğu havası alınmış tank (<http://www.phys.canterbury.ac.nz/research/astronomy/hercules/>).

HERCULES tayfçekeri  $\lambda=380$  nm ile 880 nm dalgaboyu aralığını 80 tayf dizisi sağlayacak şekilde dizayn edilmiştir. Gözlemler, iki farklı yüksek çözümleme gücü  $R=41000$  ve  $70000$  ile yapılmaktadır. Gözlemde kullanılacak çözümleme

gücünün seçimi, farklı boyutlardaki üç fiber kablonun seçimine bağlıdır. İçinde yarıklı olmayan 100- $\mu\text{m}$  boyutlu fiber kablo (Fiber-1) kullanılarak ayırma gücü 41000 olan tayf elde edilebilir. Tez çalışmasındaki gözlemlerde Fiber-1 kullanılmıştır. Fiber-1'in gökyüzündeki izdüşümü ( $\theta \sim 4,5''$ ) Mt John'da ölçülen ortalama görüşten ( $3,5''$ ) (Hearnshaw ve diğ., 2002) daha az değildir. Böylece görelî kısa poz süreleri ile istenilen S/G (Sinyal / Gürültü) oranı ve çizgi şiddet yoğunluğunu elde etmek mümkün olmuştur. Fiber 2 ve 3,  $R=70000$  ayırma güçlü alınabilse bile, aynı poz süreli görüntüler için daha iyi görüş ( $\theta \sim 2''$ ) kalitesine sahip gözlem koşulları gerekmektedir. Tayfçeker ile ilgili daha ayrıntılı bilgi Hearnshaw ve diğ. (2002) ve Skuljan ve diğ. (2004) tarafından verilmiştir.

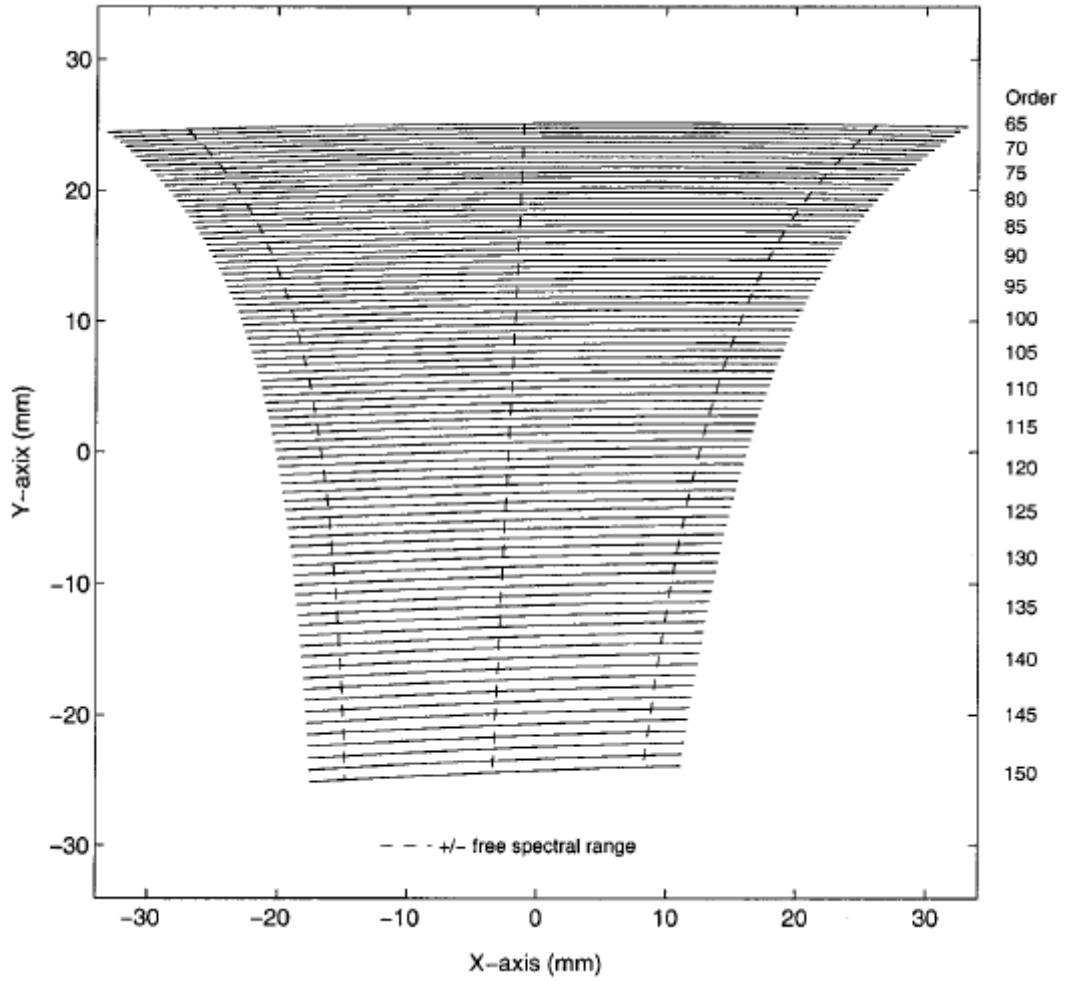
Tayfsal gözlemler 2006 yılının Nisan-Mayıs ile Ağustos-Eylül aylarında yapılmıştır. Her iki gözlem sezonunda farklı CCD kamera kullanılmıştır. İlk gözlem döneminde (Nisan-Mayıs, 2006) kullanılan CCD piksel boyutu 24- $\mu\text{m}$  olan 1024x1024 pikseli SITE kamerasıdır. Kameranın piksel boyutu ve sayısı HERCULES'in sağladığı optik tayf bölgesinden daha küçük bir alan gördüğünden tüm optik bölgenin tayfını alabilmek için 4 farklı CCD konumunda tayf almak gereklidir. CCD kamera tayfçekerin içinde bulunduğu havası alınmış tankın dışında farklı konumlara göre ayarlanabilmektedir. Tez çalışmasında 4 bölgeden  $\lambda=450$  ile 720 nm dalgaboyu aralığında kesikli tayf sağlayan 2 numaralı bölge seçilmiştir. CCD kameranın soğutma işlemi sıvı azot ile gerçekleştirilmiştir. Her gece CCD kameranın sıvı haznesi Canterbury Üniversitesi Kimya Bölümünden belirli aralıklarla Mt John gözlemevine taşınan sıvı azot ile doldurulmaktadır. CCD kameranın sıvı haznesine konulan sıvı azot miktarı kamerayı ancak 8 saat kadar istenen soğuklukta tutabilmektedir. Gözlem gecelerinin uzun olduğu kış günlerinde gece ortasında sıvı azotun yenilenmesi gerekmektedir.

İkinci gözlem döneminde (Ağustos-Eylül, 2006) ise piksel boyutu 15- $\mu\text{m}$  ve piksel sayısı 4kx4k olan Spectral Instruments 600 Series (SI600s) kamerası kullanılmıştır. Bu kamera ile  $\lambda=365$  nm ile 940nm dalgaboyu aralığında kesintisiz tayf elde edilebilmektedir. Bu kameranın soğutma sistemi SITE kamerasından oldukça farklıdır. Kameranın içinde bulunan helyum gazı farklı basınç değerlerinde

tutularak CCD çipinin soğutulması sağlanmıştır. Helyum kamera sistemi içerisinde hava ile temas etmediğinden ve kapalı bir döngü içerisinde olduğundan dolayı eksilmemekte, böylece değiştirilmesine de gerek kalmamaktadır. Birinci ve ikinci dönemdeki gözlemlerde S/G oranının 100'ün üstünde olmasına dikkat edilmiştir. Verilecek poz süreleri Cassegrain odağından teleskoba gelen ışığın yoluna konulan bir fotometre ile istenilen sayım değeri elde edilecek şekilde ayarlanmıştır. Gözlenen tayflar bilgisayara kaydedilirken tayfların alındığı zaman fotometriden alınan sayımlar ile bu sayım değerlerinin kaydedildiği zamanların akı ortalaması alınarak belirlenmiştir. Gözlenen yıldızların poz süreleri her bir yıldızın detaylı analizinin anlatıldığı Bölüm 3'de verilmektedir. Dikkat edilirse yeni kamera ile aynı S/G oranını elde edebilmek için daha fazla poz süresine ihtiyaç duyulmuştur. Bunu nedeni yeni kameranın (SI600s) piksel boyutunun küçük olmasından dolayı aynı S/G oranını elde edebilmek için daha fazla poz süresine ihtiyaç duyulmasıdır. Birinci ve ikinci gözlem döneminde elde edilen bir örnek tayf Şekil 2.2'de gösterilmektedir.

Tüm gözlemlerde alınan tayfların dalgaboyu kalibrasyonu için Toryum-Argon lamba tayfı alınmıştır. Lamba tayfı incelenen sistemin tayfindan önce ve sonra alınmıştır. İndirgeme aşamasında ise bu iki kalibrasyon tayfının ortalaması alınarak kalibrasyonun duyarlılığı sağlanmıştır. Tüm optik tayfçeker düzenek hareketsiz bir ortamda olmasına rağmen kalibrasyon tayfının bu şekilde alınması hassas dalgaboyu ölçümleri için oldukça faydalıdır. Elde edilen düz alan düzeltmesi için teleskobun Cassegrain odağına uygun biçimde yerleştirilen beyaz lamba tayfı alınmıştır.

Tayfsal gözlemlerin indirgemelerinde Canterbury Üniversitesi Fizik ve Astronomi Bölümü'nde HERCULES tayfının indirgenmesi için geliştirilen HRSP (Hercules Reduction Software Package) (Skuljan, 2004) yazılımı kullanılmıştır. İndirgeme aşaması échelle tayf indirgemesi için standart olan işlemlerdir (Skuljan, 2004).

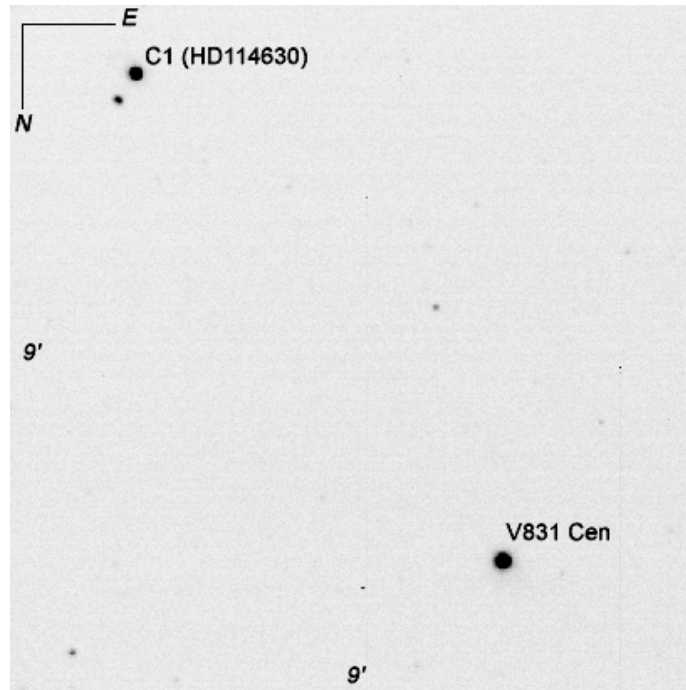


Şekil 2.2. HERCULES ile alınmış bir échelle tayf görüntüsü. Burada gösterilen tayf dizileri dizi=65 ( $\lambda_B=875.1$  nm) ile dizi=150 ( $\lambda_B=379.3$  nm) arasındadır (Hearnshaw ve diğ., 2002).

HERCULES tayfçekerinin hareketsiz bir ortamda bulunması ve alınan her bir tayfın özelliğinin iyi bilinmesi böylesi bir yazılımın yapılmasına olanak sağlamıştır. İlk gözlem döneminde alınan tayfların indirgemelerinde HRSP'nin 2,0 sürümü, ikinci gözlem dönemindeki tayfların indirgemelerinde ise 3,0 sürümü kullanılmıştır. İki farklı sürüm kullanılmasının nedeni her iki gözlem döneminde elde edilen tayfların büyüklüklerinin farklı olmasındandır.

Kısıtlı sayıda fotometrik gözlemler Mt John gözlemevinin 0,6-m'lik Optical Craftsmann (OC) teleskobu kullanılarak yapılmıştır. Detektör olarak da MT John Gözlemevine AAVSO tarafından bağışlanan ST-9 CCD kamerası kullanılmıştır. Bu

kamera dâhili bir filtre tekerine yerleştirilmiş Bessel BVR ve I filtreleri ile kullanılabilir. Her ne kadar kameranın gökyüzündeki izdüşümü sadece 9' x 9' olsa da incelenen sistemlerin bazıları için ( $\eta$  Mus ve V831 Cen) farklı filtrelerde minimum zamanı elde edilmesine olanak sağlanmıştır. Fotometrik gözlemlerin indirgemeleri MaximDL yazılımı kullanılarak açıklık fotometrisi ile yapılmıştır. Şekil 2.3'de Mt John'da 0,6-m OC teleskobu ve ona bağlı ST-9 CCD kamerası ile elde edilmiş bir görüntü gösterilmiştir.



Şekil 2.3. ST-9 CCD kamerası ile V-bandında elde edilmiş 9'x9' açı dakikası alana ait örnek bir görüntü.



## BÖLÜM 3

### İNCELENEN SİSTEMLER

#### 3.1. $\eta$ Muscae

*Hipparcos* (ESA 1997) uydusu tarafından keşfedilen  $\eta$  Muscae (HD 114911; HIP 64661;  $V \sim 4^m,78$ ;  $P \sim 2,40$  gün) güney yarımkürede bulunan parlak bir örten çift yıldız sistemidir. Sistemin *Hipparcos* tarafından belirlenen trigonometrik paralaksı  $8,04 \pm 0,59$  mas'dır.  $\eta$  Mus'un parlaklığı ve renginin belirlenmesi üzerine birçok çalışma yapılmıştır (Schilt ve Jackson, 1949; Egen ve Lynga, 1968; Crawford, Barnes ve Golson, 1970; Lindroos, 1983; van Paradijs ve diğ., 1986; Slawson, Hill ve Landstreet, 1992). Moffat ve Seggewiss (1977) Wolf-Rayet türü çift yıldız  $\theta$  Mus'un gözlemleri sırasında  $\eta$  Mus'un fotometrik değişimlerini fark etmişlerdir. Az sayıdaki gözlemlerden itibaren tek bir yörünge dönemi belirlenememesine rağmen, Moffat ve Seggewiss, içinde gerçek dönemi de bulunduran birçok muhtemel dönem belirlemişlerdir.

Çoklu sistemler katalogunda (Tokovinin, 1997)  $\eta$  Mus çoklu sistem olarak listelenmiştir.  $\eta$  Mus-B ile  $\eta$  Mus-A arasındaki ayrıklık 60 as, konum açısı da 332 derecedir.  $\eta$  Mus-B,  $\eta$  Mus-A'dan 3,4 kadir daha sönüktür. Medici ve Hubrig (2000) üçlü sistem olarak bilinen  $\eta$  Mus'un aslında dörtlü sistem olduğunu bildirmiştir. Dörtlü sistemin detayları daha sonra Hubrig ve diğ. (2001) tarafından verilmiştir. Dördüncü bileşen  $\eta$  Mus-C ile  $\eta$  Mus-A arasındaki ayrıklık 2,71 as, konum açısı 125 derece ve J, H ve K fotometrik bantlarındaki parlaklık farkları ise sırasıyla  $5^m,25$ ,  $4^m,54$  ve  $3^m,32$ 'dir. Aynı çalışmada,  $\eta$  Mus-C'nin  $0,88 M_{\odot}$  kütleli ve 4900 K etkin sıcaklığa sahip bir anakol öncesi yıldız olduğu iddia edilmiştir.

Slawson ve diğ. (1992) gökyüzünün Sco-Cen'i de içine alan bir bölgesinde çok sayıda B- ve A-türü yıldızların UBV fotometrik ölçümlerini bir arada yayınlamışlardır. Bu çalışmada  $\eta$  Mus-A'nın U-B ve B-V renkleri sırasıyla,  $-0^m,36$  ve  $-0^m,09$  olarak verilmiştir ve bu renkler 12700 K renk sıcaklığına işaret etmektedir. Bu sıcaklık Hubrig ve diğ. (2001)'nin Geneva fotometrisini kullanarak belirlediği 12760 K'lik etkin sıcaklık değerine çok yakındır. Ancak, spektro-fotometrik veriyi

kullanarak ve Balmer ile Paschen süreklilikleri arasındaki düşüşe (Balmer düşmesi) bakarak Sokolov (1995) oldukça farklı bir sıcaklık değeri,  $16130 \pm 960$  K, vermiştir.

de Zeeuw ve diğ. (1999)  $\eta$  Mus-A'nın Scorpius-Centaurus (yada Sco-OB) oymağına üyeliği için 60 % ihtimal vermişlerdir. 16-20 milyon yıl yaşında olduğuna inanılan (Sartori ve diğ., 2003) Sco OB oymağı Güneşe en yakın OB oymağıdır. Diğer yandan,  $\eta$  Mus-A Sco-OB'nin bir üyesi ise, bu durumda yaşı Hubrig ve diğ. (2001) tarafından belirlenen yaştan daha küçük olmalıdır. Bu durumda üyelik durumunun açıklığa kavuşturulmasının  $\eta$  Mus-A'nın kendisini ve oymağı anlamada ne kadar önemli olduğu ortaya çıkar. Çünkü OB oymaklarındaki çift yıldız sayısının ve özelliklerinin anlaşılması yıldız oluşum sürecinin daha iyi anlaşılmasına katkı sağlayacaktır (Brown, 1999).

$\eta$  Mus-A'nın tayf çizgilerindeki değişimler ilk olarak Campbell (1928) tarafından farkına varılmıştır. Daha sonra, Buscombe ve Morris (1961) elde ettikleri tayfları çalışmış ve dikine hız eğrisinden  $56,5 \text{ km s}^{-1}$  hız yarı-genliği ve 20 gün yörünge dönemi önermişlerdir. Tokovinin (1997) yıldızın tayf türüne bakarak kütlelerini  $M_1 = 4,48 M_{\odot}$  olarak belirlemiştir. Ayrıca, tek çizgili sistemin kütle fonksiyonundan, görünmeyen ikinci bileşen için  $M_2 = 2,63 M_{\odot}$  kütlelerini önermiştir. Giuricin ve diğ. (1984)  $\eta$  Mus-A'nın bu doğru olmayan yörünge parametrelerini yakın çift sistemlerin dönem dağılımları üzerine yaptıkları istatistik çalışmada kullanmışlardır.  $\eta$  Mus-A "Eight Catalogue of Orbital Elements of Spectroscopic Binary Systems (Batten ve diğ., 1989)" adlı katalogda Buscombe ve Morris (1996) tarafından önerilen aynı yanlış yörünge parametreleri ile listelenmiştir.

$\eta$  Mus-A tayfının çift-çizgili karakteri ilk olarak Hubrig ve Mathys (1996) tarafından geç B-tayf türünden yıldızlardaki  $3984 \text{ \AA}$  çizgisinin çalışılması sırasında fark edilmiştir. *Hipparcos* tarafından hemen hemen eşit minimum derinlikleriyle örtme örtülme doğasının keşfinden sonra, Hensberge ve diğ. (2003) *Hipparcos* tarafından önerilen 20 günlük yörünge döneminin yanlış olduğu ortaya çıkmıştır. Kütle oranı Hensberge ve diğ. (2003) tarafından  $M_1/M_2 = 1,14$  olarak tahmin edilse de yeni tayfsal yörünge parametreleri yayınlanmamıştır.

### 3.1.1. Gözlemler

#### 3.1.1.1. Tayfsal Gözlemler

Tayfsal gözlemler Bölüm 2’de belirtildiği gibi Mt John Canterbury Üniversitesi Gözlemevinin 1-m McLellan teleskobuna bağlı HERCULES tayfçekeri ile yapılmıştır. Fiber kablo seçiminde 1 numaralı fiberin istenilen sinyalin istenilen zamanda alınabilmesi için daha uygun olduğu düşünülmüştür. İki farklı gözlem döneminde  $\eta$  Mus’un toplam 52 adet (50  $\eta$  Mus-A, 2  $\eta$  Mus-B) tayfı alınmıştır. Gözlem kütüğü Tablo 3.1’de verilmektedir.

İlk gözlem döneminde SITE 1024x1024 piksel CCD kamerası ile toplam 4 gecede (17-20/05/2006) 43 adet tayf elde edilmiştir. Bu CCD kamera ile tüm tayf bölgesinin gözlenebilmesi için 4 farklı CCD konumunda tayf almak gereklidir. 2 numaralı CCD konumu ( $\sim 4500 - 7200 \text{ \AA}$ ) tercih edilmiştir. Çünkü bu çalışma için istenilen tayf çizgi yoğunluğu, süreklilik akısı ve CCD’nin verimliliği en uygun bu konumda elde edilebilmektedir. Poz süresi olarak ortalama 160 saniye verilmiştir ve ortalama sinyal/gürültü oranı (S/G) 550 nm’de 130 olarak elde edilmiştir. İkinci gözlem döneminde 3 gecede (19,20/08/2006 ve 07/09/2006) 9 adet tayf (7  $\eta$  Mus-A, 2  $\eta$  Mus-B için) SI600 kamerası ile elde edilmiştir. Bölüm 2’de de belirtildiği gibi bu kamera tüm tayf bölgesini kapsadığından CCD için herhangi bir konum seçimi söz konusu değildir. Bu dönemde yapılan gözlemlerde 290 saniyelik ortalama poz süresi ile 500 nm’de ortalama S/G oranı 90 olarak elde edilmiştir.

Gözlemlerin indirgemeleri Bölüm 2’de anlatıldığı gibi yapılmıştır. Tayfların normalize edilmesi aşamasında, ikinci veya üçüncü dereceden polinomlar süreklilik üzerinde seçilen bölgelere fit edilmiştir. Tayflar bu fit edilen fonksiyonlara bölünmek suretiyle normalize edilmişlerdir. Çoğunluğu su buharından kaynaklanan atmosfer çizgileri özellikle He I 5875  $\text{\AA}$  çizgisinin bulunduğu 97 no’lu tayf dizisinde temizlenmiştir. Diğer tayf dizilerindeki atmosfer çizgileri ihmal edilebilir ölçüde bulunmaktadır. Atmosfer çizgilerinin temizlenmesinde hızlı dönen A-tayf türünden bir yıldızın (HD151676, A3V) tayfı kullanılmıştır.

Tablo 3.1.  $\eta$  Mus sisteminin tayfsal gözlem kütüğü. Evreler 3.2 denklemine göre hesaplanmıştır. İki farklı gözlem sezonu yatay çizgi ile ayrılmıştır.  $\eta$  Mus-B'ye ait gözlemler (\*) sembolü ile gösterilmiştir.

No	HJD -2400000	Tarih	UT	Evre
1	53872,88280	17.05.2006	09:11:14	0,421
2	53872,98030		11:31:38	0,461
3	53872,98690		11:41:08	0,464
4	53873,07270		13:44:41	0,500
5	53873,14470		15:28:22	0,530
6	53873,14860		15:33:59	0,532
7	53873,80060	18.05.2006	07:12:52	0,804
8	53873,80460		07:18:37	0,805
9	53873,82500		07:48:00	0,814
10	53873,82920		07:54:03	0,816
11	53873,86130		08:40:16	0,829
12	53873,86510		08:45:45	0,831
13	53873,92760		10:15:45	0,857
14	53873,93250		10:22:48	0,859
15	53874,03110		12:44:47	0,900
16	53874,03710		12:53:25	0,903
17	53874,07190		13:43:32	0,917
18	53874,07670		13:50:27	0,919
19	53874,12740		15:03:27	0,940
20	53874,13200		15:10:05	0,942
21	53874,19000		16:33:36	0,966
22	53874,19400		16:34:11	0,968
23	53874,24470		17:52:22	0,989
24	53874,24910		17:58:42	0,991
25	53874,78800	19.05.2006	06:54:43	0,216
26	53874,79210		07:00:37	0,218
27	53874,83840		08:07:18	0,237
28	53874,84260		08:13:21	0,239
29	53874,89430		09:27:48	0,260
30	53874,89910		09:34:42	0,262
31	53874,93170		10:21:39	0,276
32	53874,93560		10:27:16	0,277
33	53874,97970		11:30:46	0,296
34	53874,98370		11:36:32	0,298
35	53875,02470		12:35:34	0,315
36	53875,07990		13:55:03	0,338
37	53875,08560		14:03:16	0,340
38	53875,12900		15:05:46	0,358
39	53875,18970		16:33:10	0,383
40	53875,19510		16:40:57	0,386
41	53876,01470	20.05.2006	12:21:10	0,728
42	53876,07080		13:41:57	0,751
43	53876,09540		14:17:23	0,761
44	53966,81020	19.08.2006	07:26:41	0,617
45	*53966,82510		07:48:09	-
46	53966,90400		09:41:46	0,656
47	53966,96610		11:11:11	0,682
48	53967,79300	20.08.2006	07:01:55	0,027
49	53967,88610		09:15:59	0,066
50	53967,95960		11:01:49	0,097
51	53985,88260	07.09.2006	09:10:57	0,576
52	*53985,89350		09:26:41	-

### 3.1.1.2. Işık Elemanları

*Hipparcos* fotometrisine göre  $\eta$  Mus-A'nın ışık elemanları,

$$\text{HJD} = 2448501,730(1) + 2,39630(6) \times E \quad (3.1)$$

şeklindedir.  $\eta$  Mus, tayfsal gözlemlerin yapıldığı süre zarfında  $\theta \sim 0,45\text{--}0,6$  ve  $0,9\text{--}0,15$  evre aralığında Johnson B-filtresinde fotometrik olarak da gözlenmiştir.

Gözlemler Mt John gözlemevine ait 0,6-m'lik Optical Craftsman (OC) teleskobuna takılı ST-9 CCD kamerası ile yapılmıştır. Gözlemlerin indirgemeleri ve parlaklık okuması MaximDl yazılım paketi ile gerçekleştirilmiştir. Ne yazık ki fotometrik gözlemlerin kalitesinin düşük olması ışık eğrisi analizinde kullanılmasına engel olmuştur. Ancak iki minimum zamanı, birinci minimum için  $2453974,9159 \pm 10$  ve ikinci minimum için  $2453992,8900 \pm 9$  elde edilebilmiştir. Minimum zamanları Kwee-van Woerden yöntemi (Kwee ve van Woerden, 1956) kullanılarak okumuştur. Bu minimum zamanları, *Hipparcos* minimum zamanı ve tayf analizinden elde edilen tutulma zamanı (Tablo 3.2)  $\eta$  Mus-A'nın güncel ışık öğelerinin belirlenmesinde kullanılmıştır. Güncel ışık elemanları ve bunların rms hataları en küçük kareler yöntemi ile

$$\text{HJD} = 2453974,9160(9) + 2,3963161(9) \times E \quad (3.2)$$

olarak hesaplanmıştır.

Tablo 3.2.  $\eta$  Mus-A'nın güncel ışık öğelerinin elde edilmesinde kullanılan minimum zamanlar.

HJD	Hata	Filtre	Referans
-2400000			
48501,7300	0,0010	H <sub>p</sub>	<i>Hipparcos</i>
53874,2690	0,0007	Sp.	Bu çalışma
53974,9159	0,0010	B	Bu çalışma
53992,8900	0,0009	B	Bu çalışma

### 3.1.2. Dikine Hızlar

Dikine hızların ölçümleri dalgaboyu kalibrasyonu yapılmış, normalize edilmiş tayflardan yer atmosferinin çizgileri temizlendikten sonra iki farklı yöntem kullanılarak, çapraz eşleşme (cross-correlation) ve Fourier ayıklama (Fourier disentangling) tekniği ile yapılmıştır. Tez çalışmasında, iki farklı yöntem ölçümlerin tutarlılığını karşılaştırmak için faydalıdır.

#### 3.1.2.1. Çapraz Eşleme Yöntemi

Sıcak yıldızların tayflarında sıkça rastlanan problem dikine hız ölçümleri için gerekli fotosfer çizgilerinin sınırlı sayıda olmasıdır. Tablo 3.3'de kullanılan échelle tayf dizileri ve bu dizilerin içinde kullanılan tayf çizgileri hakkında bilgi verilmektedir. Ne yazık ki, bu çizgilerin bazıları güvenilir dikine hız ölçümü veremeyecek kadar zayıftır. Çapraz eşleme yöntemi ile kullanılan çizgiler Tablo 3.3'ün 4. sütununda X harfi ile belirtilmiştir.

Dikine hızların bu yöntem ile okunmasında B9VI tayf türünden HR7773 yıldızı dikine hız standart yıldızı olarak seçilmiştir ve ilk gözlem döneminde 2 adet tayfi alınmıştır. Alınan tayfların ortalama S/G oranları 550nm dalgaboyu bölgesinde yaklaşık 180'dir. HR7773 yıldızının dikine hızı Fekel (1999) tarafından  $-1,02 \text{ km s}^{-1}$  olarak verilmiştir. HR7773'ün dikine hızını kontrol etmek için bazı atmosfer çizgilerine (Si II 6371, He I 5875, Ne I 6316, Cr II 5313, Fe I 5169, Mg I 5172, Mg I 5183, Fe II 5018, Si II 5041, Fe II 4583, Al II 4588, W I 4549, Cr II 4558 Å) IRAF'ın **splot** programı yardımıyla Gauss fonksiyonu fit edilmiştir. Ele alınan atmosfer çizgilerine ait laboratuvar dalga boyları NIST (National Institute of Standards and Technology) veritabanından alınmıştır. Elde edilen dikine hız,  $-1,06 \pm 1,10 \text{ km s}^{-1}$ , Fekel (1999) tarafından verilen katalog hızına çok yakındır.  $1,10 \text{ km s}^{-1}$ 'lik hata her bir çizgiden ölçülen hataların standart sapmasıdır.

Dalgaboyu kalibrasyonunun güvenilirliğinin belirlenmesinden sonra, çapraz eşleme yöntemi uygulanmış ve dikine hızı okumak için IRAF'ın **fxcor** programı yardımıyla çapraz eşleme fonksiyonunun merkezine Gauss fonksiyonu fit edilmiştir. Tayf çizgilerinin birbirine girdiği tutulma bölgelerinin yakınında bileşenlerin dikine

hızlarını okumak için IRAF'ın **deblend** fonksiyonu yardımıyla çapraz eşleme fonksiyonuna iki Gauss fonksiyonu fit edilmiştir. Dikine hızların okunmasından sonra dikine hızlara ve tayfin alındığı zamana gün merkezli düzeltme yapılmıştır.

Çapraz eşleme yönteminden elde edilen dikine hızlardan teorik dikine hızların en küçük kareler yöntemi ile fit edilmesinden Şekil 3.1'de gösterilen yörünge çözümleri elde edilmiştir. Yörünge dönemi 2,3963 gün (Denklem 3.2) sabit tutulmuş, basıklık  $e$ , enberinin boylamı  $w$ , hız yarı genlikleri  $K_{1,2}$ , kütle merkezinin hızı  $V_\gamma$  ve tutulum zamanı en küçük kareler ile yapılan çözümde serbest bırakılmışlardır. Farklı tayf dizilerinden elde edilen 6 farklı tutulum zamanının ortalaması alınmış ve Tablo 3.2'de verilen fotometrik minimum zamanları ile birlikte yörünge döneminin güncellenmesinde kullanılmıştır.

Tablo 3.3. Bu çalışmada  $\eta$  Mus-A'a ait kullanılan tayf çizgileri.

Dizi No	Dalgaboyu Bölgesi (Å)	Çizgi (Å)	Ortalama S/G	Yorum
85	6665-6713	6678,15 (He I)	X 140	Görel olarak zayıf, örnek tayfta mevcut
89	6366-6312	6371,36 (Si II)	135	Görel olarak güçlü, örnek tayfta mevcut
97	5841-5883	5875,62 (He I)	X 130	Görel olarak güçlü, örnek tayfta mevcut Uzun dalgaboylarına doğru gidildikçe H <sub>2</sub> O çizgileri ile iç içe girmiştir
107	5296-5334	5316,80 (Ne I) 5313,56 (Cr II)	X 130	Zayıf Zayıf, bazen gürültü içinde kaybolmaktadır
110	5151-5188	5183,60 (Fe II) 5172,68 (Mg I) 5169,03 (Fe I) 5167,32 (Mg I)	X 135	Zayıf Zayıf, bazen gürültü içinde kaybolmaktadır Zayıf, bazen gürültü içinde kaybolmaktadır Zayıf, bazen gürültü içinde kaybolmaktadır
113	5015-5051	5018,43 (Fe II) 5041,03 (Si II)	X 134 X	Görel olarak güçlü ancak tayf dizisinin Fe II'den daha zayıf
117	4843-4878	4861,33(H <sub>β</sub> )	120	Bileşen yıldızlar kolayca birbirlerinden ayırt
124	4570-4603	4583,83 (Fe II) 4588,19 (Al II)	90	Zayıf Zayıf
125	4534-4566	4549,51 (W I) 4558,66 (Cr II)	X 90	Zayıf Zayıf

Yörünge çözümünün ikinci aşamasında elde edilen güncellenmiş yörünge dönemi sabit tutulup ilk çözümde yörünge basıklığı sıfır değerinden çok farklı çıkmadığı için çember yörünge varsayımı altında çözüme gidilmiştir.

Şekil 3.1'de 113 ve 125 numaralı tayf dizilerinden elde edilen dikine hızlardaki saçılma diğer tayf dizilerindekilere göre daha fazladır. 113 numaralı tayf

dizisindeki saçılma muhtemelen dikine hız standart yıldızındaki Fe II 5018 Å demir çizgisinin yakınındaki diğer zayıf çizgileri ile iç içe girmesinden dolayıdır. Diğer yandan, 125 numaralı tayf dizisindeki saçılma  $\eta$  Mus-A tayfının o bölgesindeki fotosfer çizgilerinin zayıflığından kaynaklanmaktadır. Ancak, çizgilerin iç içe girmesi, zayıflıkları gibi etkenlerin yanı sıra tayfin mavi bölgesinde çözümlerdeki büyük saçılmanın temel nedeni kısa dalgaboylarına doğru gidildikçe foton gürültüsünün artmasındandır. Bununla birlikte, tayf çizgilerinin iç içe girmesi, zayıflığı, dönmenin etkisi vb. etkenler dikine hızın duyarlılığının belirlenmesinde baskın rol oynamaktadır. Teorik dikine hızların fitlerinden, ölçülen dikine hızlardaki hata  $1,5 \text{ km s}^{-1}$  olarak belirlenmiştir. HR7773'ün dikine hızındaki hatasından daha az duyarlı olan bu hata  $\eta$  Mus-A tayfının S/G oranının HR7773 tayfına göre daha küçük olmasından kaynaklanmaktadır.

Tablo 3.4. 89, 97, 107, 110, 113 ve 125 numaralı tayf dizilerinin çapraz eşleme yönteminden hesaplanan sistemin yörünge parametreleri.

Parametre / Tayf dizisi	89	97	107	110	113	125
$V_{\gamma_1} (\text{km s}^{-1})$	26,50(0,71)	24,46(0,35)	22,19(0,71)	24,08(0,51)	25,59(0,68)	21,40(0,88)
$V_{\gamma_2} (\text{km s}^{-1})$	28,03(0,56)	23,80(0,30)	24,04(0,78)	23,35(0,78)	26,95(1,56)	21,85(0,92)
$K_1 (\text{km s}^{-1})$	141,87(0,88)	145,58(0,45)	145,17(0,90)	145,20(0,67)	144,64(0,90)	148,99(1,33)
$K_2 (\text{km s}^{-1})$	141,36(0,73)	145,29(1,00)	145,36(1,01)	143,03(0,65)	150,91(4,01)	146,66(1,35)
$T_0 (-2453874)$	0,2694(0,0004)	0,2691(0,0004)	0,2690(0,0004)	0,2688(0,0005)	0,2702(0,0020)	0,2675(0,0020)
$P(\text{gün})$	2,3963161*	2,3963161*	2,3963161*	2,3963161*	2,3963161*	2,3963161*
$e$	0	0	0	0	0	0
$w(^{\circ})$	-	-	-	-	-	-
$q(K_1/K_2)$	1,004(1)	1,002(5)	1,001(1)	0,999(2)	0,960(4)	1,016(4)

Not: (\*) Parametreler yörünge fiti sırasında sabit tutulmuştur.

Kütle merkezinin hızı Tablo 3.4'de verilen ve ayrı ayrı çözümlerden bulunan kütle merkezi hızlarının ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Dikine hız verilerinin ortalaması alınırken 113 ve 125 numaralı tayf dizilerinden elde edilen çözümler dikkate alınmamışlardır. Sonuç olarak  $\eta$  Mus-A çift yıldızının kütle merkezinin hızı  $V_{\gamma} = 24,55 \text{ km s}^{-1}$  olarak bulunmuştur. Kütle merkezinin hızının belirlenmesinde yapıldığı gibi Tablo 3.4'de verilen diğer yörünge parametreleri de her bir çözümün



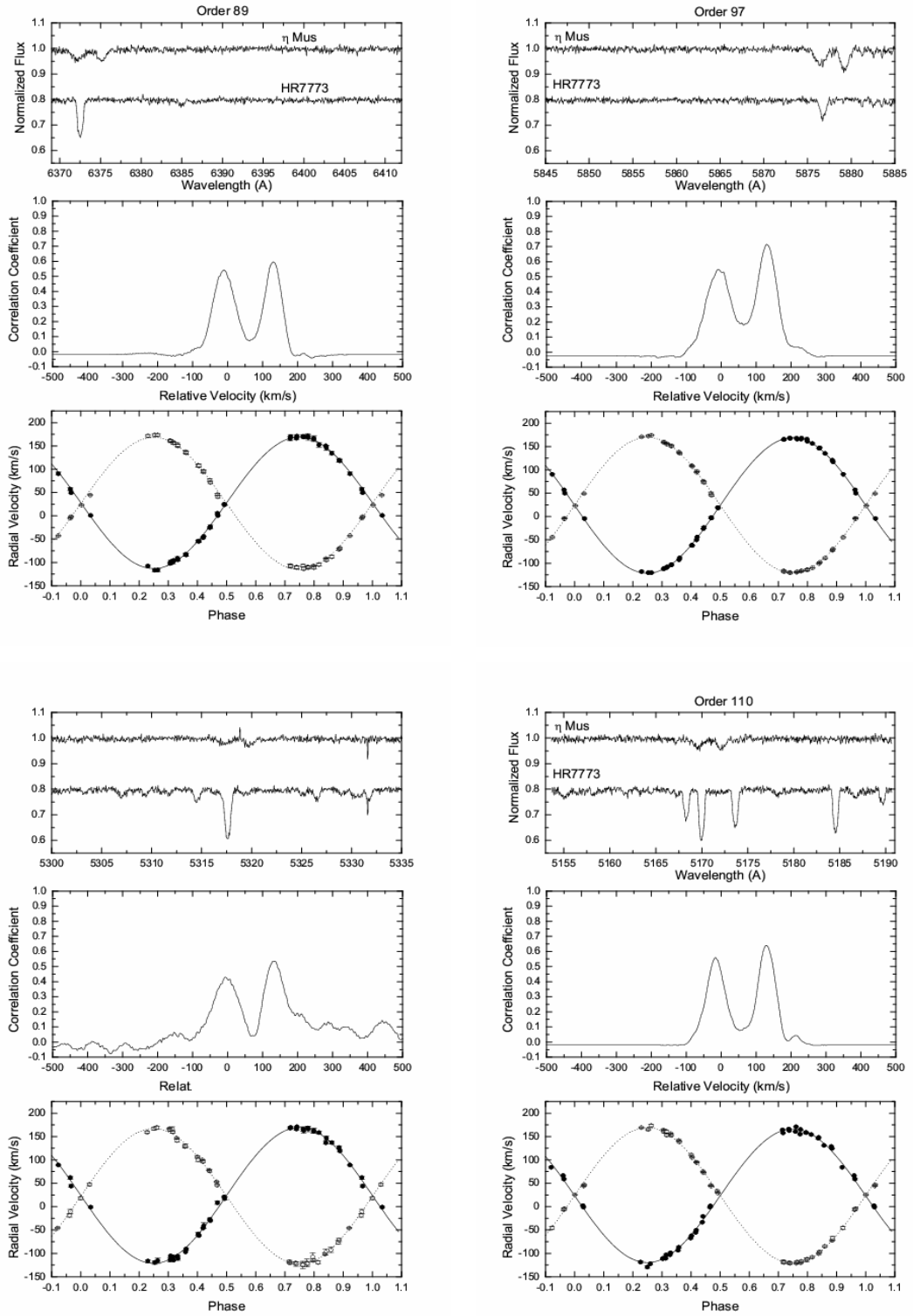
ortalaması alınarak hesaplanmış ve dikine hızların Fourier yöntemi ile belirlenmesi yönteminde (KOREL) girdi parametreleri olarak kullanılmışlardır.

### **3.1.2.2. Fourier analizi ile tayfin bileşenlerine ayrılması ve yörünge çözümü (KOREL)**

$\eta$  Mus-A çift sistemi, Fourier ayrışma yöntemi (tayfin bileşenlerine ayrılması yöntemi) KOREL (Hadrava 1995; 2004) yazılımının yeni sürümü ile incelenmiştir. KOREL yazılımında çapraz eşleme yönteminden bulunan yörünge parametreleri girdi olarak kullanılmıştır. Örnek tayfa gerek duyulmadan KOREL ile ikinci gözlem döneminde alınan 7 adet  $\eta$  Mus-A tayfı da analiz edilmiştir.

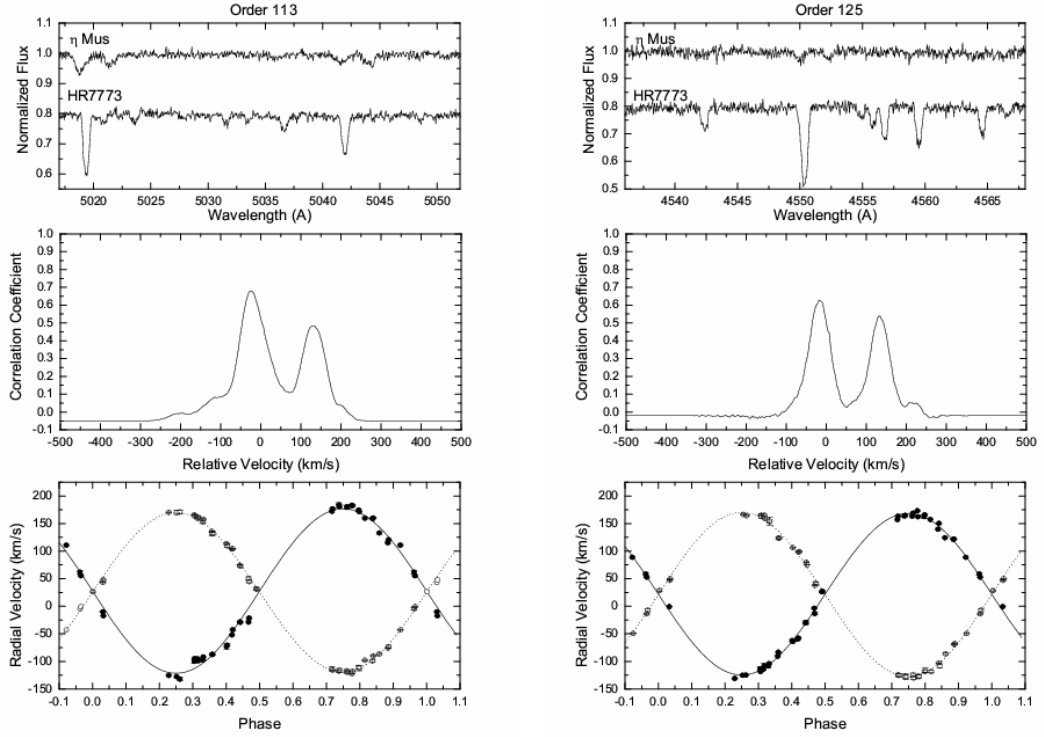
Tablo 3.3’de verilen échelle tayf dizileri ayrı ayrı analiz edilmiştir. KOREL çözümleri süresince sadece güncel ışık elemanları, tutulum zamanı  $T_0$  ve yörünge dönemi  $P$ , sabit tutulmuş ve diğer yörünge parametreleri, basıklık  $e$ , enberinin boylamı  $\omega$ , dikine hız yarı genlikleri  $K_1$  ve  $K_2$  analize serbest parametre olarak iterasyona sokulmuşlardır. KOREL sistemin kütle merkezinin hızını ölçemez. Ancak bileşenlerin dikine hızlarını kütle merkezi hızını da içinde barındıran örnek bir tayfa göre ölçebilir.

KOREL fitlerini oluştururken, bileşenlerin çizgi şiddetleri sabit tutulabilir. İncelenen tayflarda tutulma gözlenmiyorsa bu seçenek idealdir. Bununla birlikte, KOREL kullanım kılavuzunda (Hadrava, 2004) her durumda fitin ilk aşamasında çizgi şiddetlerini sabit tutulup yörünge parametrelerinin bulunması ve daha sonra belirlenen parametrelerle çizgi şiddetlerinin serbest bırakılarak fite gidilmesinin etkin bir yöntem olduğu vurgulanmaktadır. Kullanım kılavuzundaki bu bilgi yazılıma, örtülme sırasında tutulan bileşenin çizgi şiddetindeki azalma dikkate alınacak şekilde aktarılmıştır.



Şekil 3.1.  $\eta$  Mus: Çapraz eşleme için seçilen tayf dizileri (order) her bir panelin üstünde gösterilmektedir. Panellerde  $\eta$  Mus-A ve örnek tayf (üst), çapraz eşleme fonksiyonu (orta) ve dikine hızlar ile onların yörünge çözümleri (alt) gösterilmektedir.

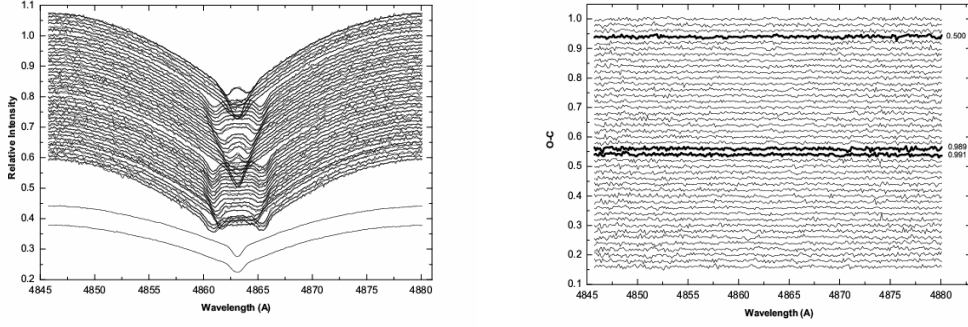
Şekil 3.1'nin devamı.



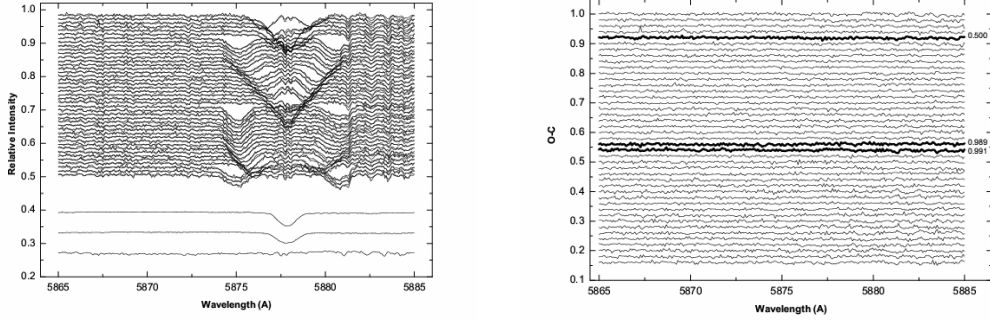
Şekil 3.2–3.4'ün sol panellerinde  $\eta$  Mus-A'nın dokuz tayf bölgesinin sadece üçü gösterilmiştir.  $H_{\beta}$  bölgesindeki 43 tayf (Şekil 3.2) KOREL fitleri ile üst üste binmiştir. Birinci ve ikinci bileşenlerine ayrılmış  $H_{\beta}$  tayfları fitlerin altında görülmektedir. Benzer olarak, He I 5875 Å çizgisinin ayıklanmış tayfı Şekil 3.3'ün sol panelinde yer alıyor. Dokuz tayf arasından sadece 97 numaralı tayf dizisi dikkate değer atmosfer çizgileri içermektedir. Bundan dolayı 97 numaralı tayf dizisinde bulunan atmosfer çizgileri dikkate alınıp KOREL tarafından ayrıştırılmıştır. KOREL'in belirlemiş olduğu atmosfer çizgileri Şekil 3.3'ün sol panelinde bileşenlerine ayrılmış He I 5875 Å çizgilerinin altında gösterilmektedir. Şekil 3.4'ün sol panelinde 127 numaralı tayf dizisindeki He I 4471 ve Mg II 4481 Å çizgileri KOREL fitleri ile gösterilmektedir.

Şekil 3.2-3.4'nin sağ panellerinde, O-C (yıldız tayfı – KOREL fiti) artıkları gösterilmiştir. Tutulum zamanı ile çakışan sadece 4 tayf vardır. Tayfların O-C artıkları Şekil 3.2-3.4'de daha koyu çizgiler ile gösterilmiştir. Tutulum dışında alınan

tayflarla arasında herhangi bir farklılık görünmemektedir. Böylece KOREL'in çözümleri yaparken gözlenen çizgi şiddetlerini de dikkate aldığı anlaşılıyor.



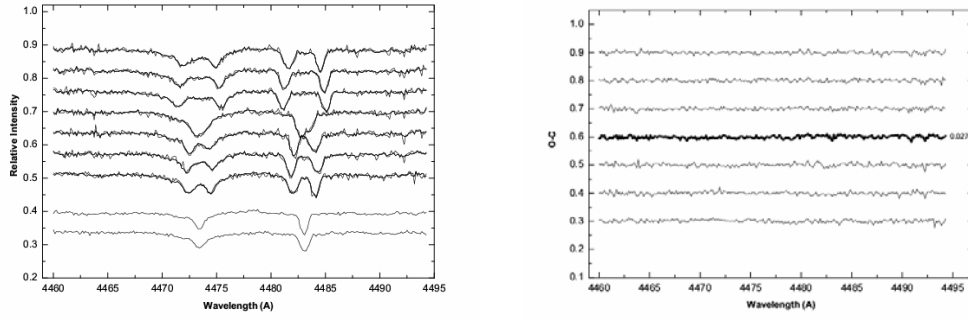
Şekil 3.2. η Mus: Sol)  $H_{\beta}$  bölgesinde KOREL ile analiz edilen 43 tayf. Gözlem tayfı ile KOREL fitleri üst üste bindirilmiştir. Birinci ve ikinci bileşene ait ayıklanmış tayfı, fitlerin altında gösterilmektedir. Sağ) Fitlerin O-C artıkları. Tutulma evresine rastgelenler daha koyu renkle belirtilmiştir.



Şekil 3.3. η Mus: Sol) He I 5875 Å bölgesinde KOREL ile analiz edilen 43 tayf. Gözlem tayfı ile KOREL fitleri üst üste bindirilmiştir. Birinci ve ikinci bileşene ayıklanmış tayfı, fitlerin altında gösterilmektedir. Sağ) Fitlerin O-C artıkları. Tutulma evresine rastgelenler daha koyu renkle belirtilmiştir. Yer atmosferine ait çizgiler bileşenlere ait çizgilerin altındadır.

KOREL programı dikine hızları referans kabul edilen kütle merkezi hıza göre belirlemektedir. Kütle merkezi  $0 \text{ km s}^{-1}$  olarak belirlenen bu referans sistemindeki dikine hızlara Bölüm 3.1.2.1'de çapraz eşleme yöntemi ile belirlenen kütle merkezi hızı eklenerek bileşenlerin mutlak hızları hesaplanmıştır. Elde edilen

hızlar ve yörünge çözümünden oluşan farklar Bakış ve diğ. (2007)'de sunulmuştur. Dikkat edilirse bu Tablo 3.1'de sadece ilk gözlem döneminde alınan 43 tayftan değil aynı zamanda ikinci dönemde alınan 7 tayftan KOREL yöntemi ile elde edilen dikine hızlar da bulunmaktadır. KOREL'in avantajı burada açıkça görülmektedir.



Şekil 3.4.  $\eta$  Mus: Sol) He I 4471 ve Mg II 4481 Å bölgesinde KOREL ile analiz edilen 7 tayf. Gözlem tayfı ile KOREL fitleri üst üste bindirilmiştir. Birinci ve ikinci bileşenin ayıklanmış tayfı, fitlerin altında gösterilmektedir. Sağ) Fitlerin O-C artıkları. Örtülme evresine rastgelen evre daha koyu renkle belirtilmiştir.

Tablo 3.5.  $\eta$  Mus-A'un KOREL çözümlerinden hesaplanan tayfsal yörünge parametreleri.

Parametre	Değer
$P$ (gün)	2,39631611
$T_0$	53974,9160
$e$	$0,0016 \pm 0,0009$
$w$ ( $^\circ$ )	$90,3 \pm 0,1$
$K_1$ ( $km\ s^{-1}$ )	$145,35 \pm 0,2$
$K_2$ ( $km\ s^{-1}$ )	$145,38 \pm 0,2$
$q$ ( $K_1/K_2$ )	$1,000 \pm 0,001$
$m_1 \sin^3 i$ ( $M_\odot$ )	$3,06 \pm 0,02$
$m_2 \sin^3 i$ ( $M_\odot$ )	$3,05 \pm 0,02$
$a \sin i$ ( $R_\odot$ )	$13,8 \pm 0,4$

Tüm tayfların analizi ile KOREL, yörünge parametrelerini standart sapmaları ile birlikte hesaplamaktadır. KOREL, 5 farklı tayf bölgesini aynı anda çözümlene gücüne sahiptir. Bu çalışmada incelenen tayf dizileri tayfçekerin odak düzlemindeki CCD yongasının boyutlarından daha küçük olmasından dolayı sürekli değildir. Bu

nedenle, 9 tayf KOREL ile ayrı ayrı analiz edilmiştir. Dokuz tayf dizisinden hesaplanan çözümlerin ortalaması Tablo 3.5’de sunulmuşlardır. Böylece Tablo 3.5’de verilen basıklık değeri küçük olmasına rağmen hatasının daha küçük olması, basık yörüngeli çözümün güvenilirliğini arttırmaktadır.

### 3.1.3. Işık ve Dikine Hız Eğrilerinin Eşzamanlı Çözümü

Bu tez çalışmasında  $\eta$  Mus-A sistemi için kullanılan fotometrik veriler, *Hipparcos* (*Hp*) ve Manfroid ve diğ. (1991) ve Sterken ve diğ. (1993)’nin Strömgren fotometrisine (uvby) aittir.  $\eta$  Mus-A sisteminin Strömgren bandında yapılan en son gözlemleri Hensberge (2007)’den alınmıştır. Hensberge (2007)’nin fotometrik verileri, tayfsal veriler (dikine hızlar) ile birleştirilerek eşzamanlı çözüme gidilmiştir. Fotometrik veriler arasında Hensberge (2007)’nin verileri daha duyarlı görünmektedir (bkz. Şekil 3.5). Bu nedenle ortak çözümlerin çoğu Hensberge (2007)’den alınan fotometrik verilere dayanmaktadır.

Slawson (1992) tarafından  $\eta$  Mus-A için verilen B-V rengi ( $-0^m,09$ ) SIMBAD’daki B8V tayf türü ile tutarlıdır.  $\eta$  Mus-A sistemi ile aramızdaki yıldızlararası sönmeyi belirlemek için Johnson ve Morgan (1953) tarafından önerilen  $Q$ -yöntemi kullanılmıştır. Johnson ve Morgan (1953)  $Q$  parametresini yıldızlararası ortamın etkisinden bağımsız, yıldızların (U-B) ve (B-V) renginin bir fonksiyonu olarak tanımlamıştır:  $Q=(U-B)-0,72(B-V)$ .  $Q$  değerinin kırmazmadan arındırılmış (B-V)<sub>0</sub> değeri ile arasında (B-V)<sub>0</sub>=0,332 $Q$  bir bağıntı vardır.  $\eta$  Mus-A’nın Johnson fotometrik sisteminde ölçülen renkler U-B =  $-0^m,36$  ve B-V =  $-0^m,09$  dur. Yukarıda verilen bağıntı  $Q$  değerini  $-0,295$  verir. (B-V)<sub>0</sub>=0,332 $Q$  bağıntısında  $Q$  değeri yerine konursa  $\eta$  Mus-A’nın kırmazmadan arındırılmış rengi (B-V)<sub>0</sub>= $-0^m,098$  hesaplanır. Yıldızın gözlemsel (B-V) rengi ile kırmazmadan arındırılmış renk indeksi arasındaki renk artışı  $E(B-V) = 0^m,008$ ’dır. Yıldızın  $E(B-V)$  renk artışı ise  $E(U-B)=0,72E(B-V)$  bağıntısı kullanılarak  $E(U-B)=0^m,006$  hesaplanır.  $\eta$  Mus-A ile aramızdaki V-bandındaki sönmeye  $A_v = 3,1 \times E(B-V) = 3,1 \times 0^m,008 = 0^m,025$  kadardır. Budding ve Demircan (2007)’nin anakol yıldızları için verdikleri renk-sıcaklık arasındaki bağıntı kullanılarak, (B-V)<sub>0</sub> =  $-0,098$  rengi için, 12700 K’lik bir etkin yüzey sıcaklığı belirlenmiştir. Bu sıcaklığı birinci bileşenin yüzey sıcaklığı

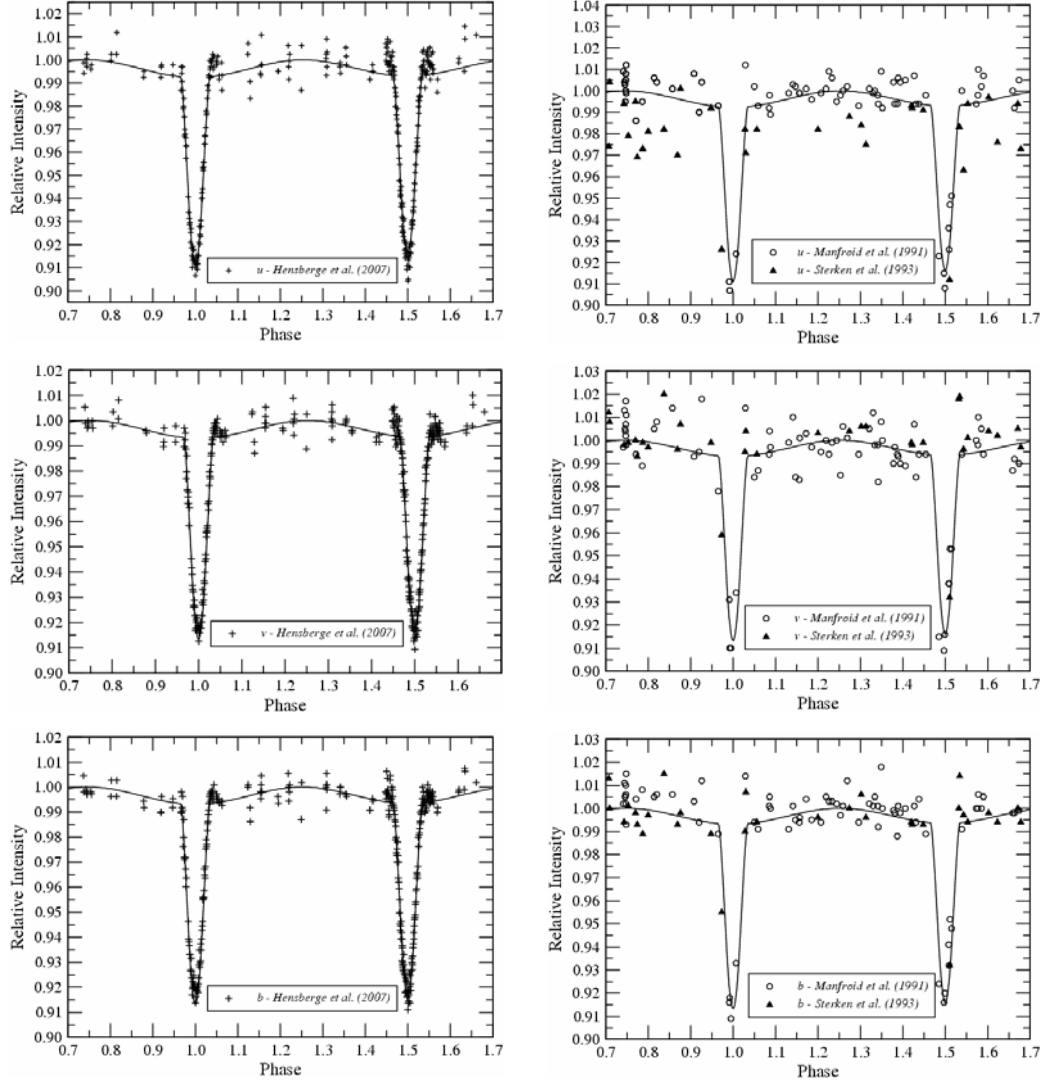
kabul edip sistemin ışık ve dikine hız eğrilerinin ortak çözümüne gidilmiştir. Sistemin model parametrelerinin tayininde Wilson-Devinney (W-D) (Wilson ve Devinney, 1971; Wilson, 1994) yazılımı kullanılmıştır. PHOEBE (Prsa ve Zwitter, 2005) yazılımı, ışık eğrisi ve diferansiyel düzeltme ile fitlerin oluşturulmasında kullanılmıştır. Radyatif atmosferli yıldızlara uygun çekim kararmaları  $g_1 = g_2 = 1$  ve tüm ışınım yansıtma katsayıları  $A_1 = A_2 = 1$  olarak alınmış ve analiz süresince bu parametreler sabit tutulmuşlardır. *Hipparcos* (Hp) ve Strömgren (uvby) filtreleri için kenar kararma katsayıları van Hamme (1993)'den alınmıştır. Ortak çözümün sonucunda hesaplanan model parametreleri Tablo 3.6'da verilmektedir. Işık eğrileri ve dikine hız eğrisine yapılan en uygun model fitleri de Şekil 3.5'de gösterilmektedir. Ortak çözüm, yörüngenin KOREL tarafından bulunan küçük basıklığını ortadan kaldırmış çember yörüngeye götürmüştür. KOREL tarafından bulunan basıklık büyük ihtimalle gerçeği yansıtmamaktadır.

Tablo 3.6.  $\eta$  Mus-A sisteminin ışık ve dikine hız eğrisinin eş zamanlı çözümünden model parametreleri. Hatası verilmeyen parametreler çözümde sabit tutulmuştur.

Parametre	Birinci Bileşen	İkinci Bileşen
$P$ (gün)		2,3963161
$T_o$ (HJD)		2453974,9160
$a$ ( $R_{\odot}$ )		$14,11 \pm 0,15$
$q$ ( $M_2/M_1$ )		$0,999 \pm 0,001$
$V_{\gamma}$ ( $\text{km s}^{-1}$ )		$24,46 \pm 0,02$
$i$ ( $^{\circ}$ )		$77,4 \pm 0,3$
$T_{1,2}$ (K)	12700	$12550 \pm 300$
$L_u$ ( $L_1/L_{\text{Toplam}}$ )	$0,510 \pm 0,042$	$0,490 \pm 0,041$
$L_v$ ( $L_1/L_{\text{Toplam}}$ )	$0,517 \pm 0,053$	$0,483 \pm 0,052$
$L_b$ ( $L_1/L_{\text{Toplam}}$ )	$0,511 \pm 0,041$	$0,489 \pm 0,040$
$L_y$ ( $L_1/L_{\text{Toplam}}$ )	$0,510 \pm 0,040$	$0,490 \pm 0,039$
$L_{Hp}$ ( $L_1/L_{\text{Toplam}}$ )	$0,509 \pm 0,040$	$0,491 \pm 0,039$
$g_{1,2}$		1
$A_{1,2}$		1
$e$		0
$F_1 = F_2$		1

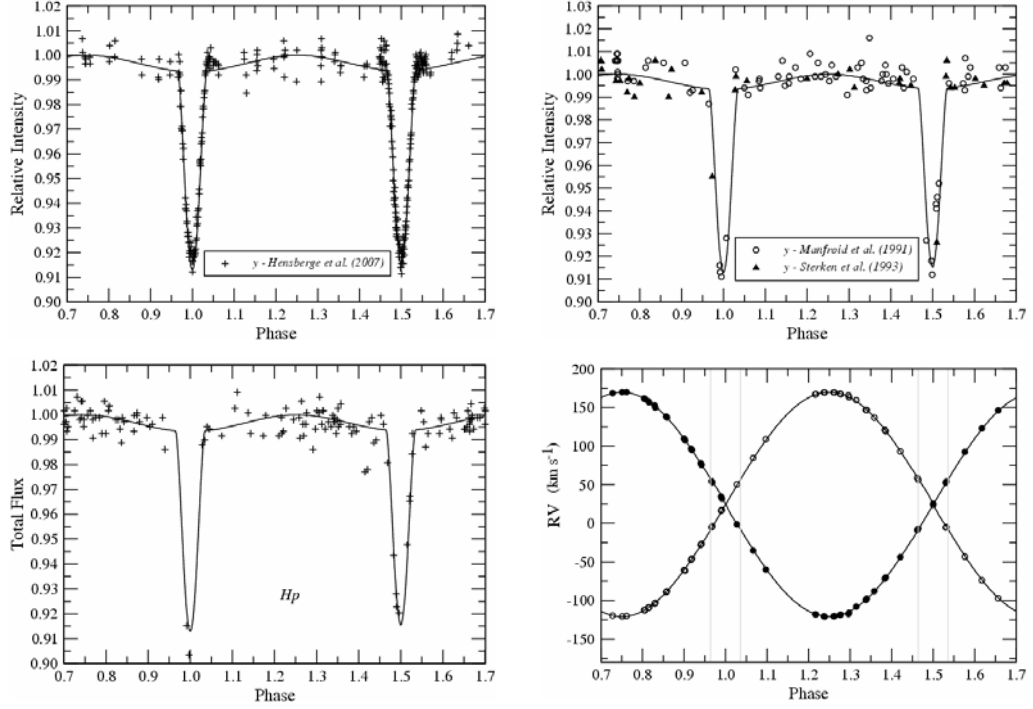
$\eta$  Mus-B görsel bileşeni fotometrik ve tayfsal gözlemleri etkileyemeyecek kadar uzaktır.  $\eta$  Mus-C ışığının bir kısmı  $\eta$  Mus-A'nın ışığına karışmaktadır, ancak  $\eta$  Mus-C soğuk ve kırmızıdır. Hubrig ve diğ. (2001)  $\eta$  Mus-C'nin J(1250nm),

H(1620nm) ve K(2200nm) fotometrik bantlarındaki ışık katkılarını yüzde olarak sırasıyla 0,8, 1,5 ve 4,5 olarak vermektedirler. Bu oranlara bakılarak mavi bölgeye doğru gidildikçe ışık katkısının önemsenmeyecek kadar az olduğu kolayca tahmin edilebilir.



Şekil 3.5.  $\eta$  Mus-A için ışık ve dikine hız gözlemleri ile çözümleri. Her bir panelde fotometrik bant ve verilerin kaynağı belirtilmiştir. Dikine hız eğrisinin gösterildiği panelde tutulum bölgeleri de dik doğrularla gösterilmiştir.





Şekil 3.5'in devamı.

### 3.1.4. Model Atmosfer Uygulamaları

KOREL programı bileşenlerin dikine hızlarının belirlenmesinde ve tayfsal yörünge çözümlerinde kullanılmıştır. KOREL tarafından belirlenen bileşenlerin tayfları model atmosfer teknikleri kullanılarak analiz edilmiştir (Bkz. Fitzpatrick ve diğ., 2003 ve Hensberge ve diğ., 2000).

Analizden önce bileşenlerin tayfları tekrar normalize edilmiştir. Eğer  $S_k$ ,  $k$  numaralı bileşene ait bir tayf çizgisinin şiddeti ise, burada  $k = 1, 2$ , KOREL tarafından ayrıştırılmış çizgi şiddeti ( $A_k$ ) ile;

$$A_k = f_k S_k + (1 - f_k) \quad (3.3)$$

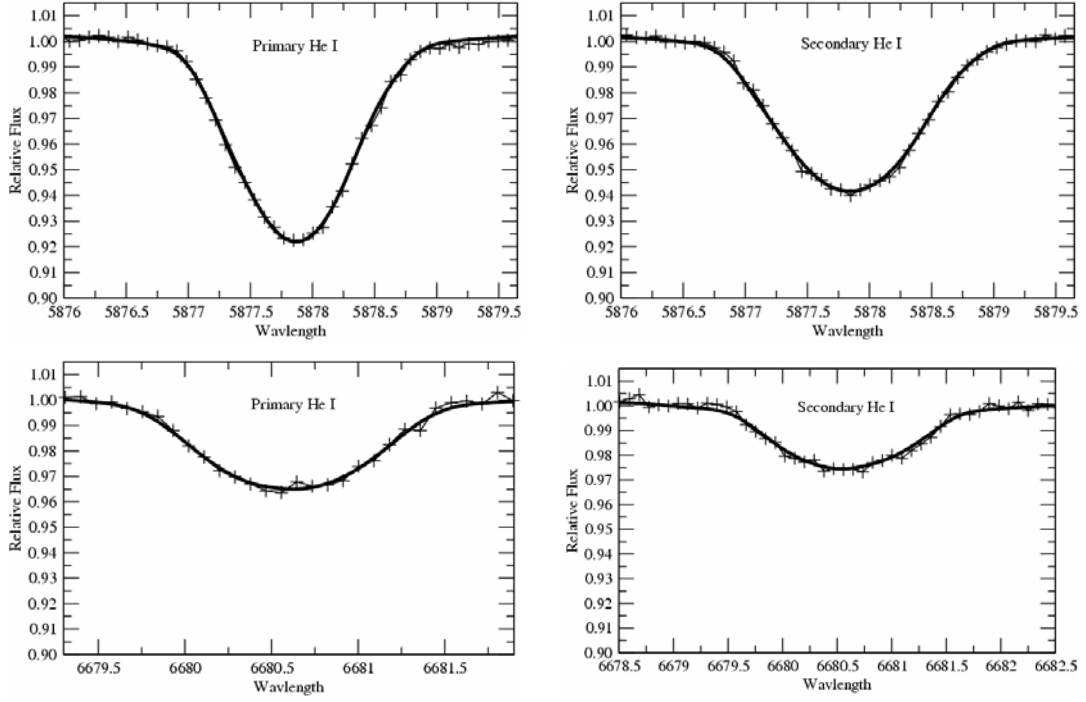
gibi bir bağıntısı vardır. (3.3) eşitliğinde  $f_k$ ,  $k$ -bileşeninin toplam ışığa katkısını ve  $(1 - f_k)$ , diğer yıldızın süreklilik katkısını göstermektedir.  $\eta$  Mus-A'nın ışık eğrisi çözümleri birinci ve ikinci bileşenin toplam ışığa katkısının, sırasıyla, 51 % ve 49 % olduğunu göstermiştir. Bileşenlerin sistemin toplam ışığına katkısı hemen hemen

aynı olduğundan yüzey sıcaklıkları birbirine çok yakındır. Bu benzerlik birinci bileşenin ışık katkısının ikinci bileşene göre daha büyük olduğu  $u$  (350nm) bandı için geçerli değildir. Ancak analizlerde yıldızların mor-öte bölgedeki enerji dağılımları dikkate alınmamıştır.

$\eta$  Mus-A'nın teorik model atmosfer setlerinin oluşturulmasında, Sco OB'deki yıldızların ağır element bolluğu Güneş bolluğunda kabul edilmiş mikro türbülans değeri içinde B-türü (radyatif atmosferli) yıldızlarda beklenen  $\xi = 0 \text{ km s}^{-1}$  (Smalley, 2004) değeri alınmıştır. Model atmosferlerin oluşturulmasında ATLAS9 (Kurucz, 1993), sentetik tayfların üretilmesinde ise SYNTH3 (Kurucz, 1993) yazılımları Linux ortamında kullanılmıştır. Bileşenlere ait yüzey çekimleri ( $\log g_{1,2}$ ) eş zamanlı çözümden üretilen ve Tablo 3.7'de verilen fiziksel büyüklükler alınarak model atmosferlerin hesaplanmasına gidilmiştir. Sentetik tayflar He I'in 5875 ve 6678 Å çizgileri için oluşturulmuştur. Gözlemler ile sentetik tayflar karşılaştırılmadan önce bileşenlerin ait tayfları 3.3 numaralı denklem kullanılarak tekrar normalize edilmiştir. Uygun model parametrelerinin belirlenmesinde minimum  $\chi^2$  istatistiği kullanılmıştır. Gözlemleri en iyi ifade eden teorik model parametreleri şunlardır:  $T_{\text{eff1}} = 13170 \pm 100 \text{ K}$ ,  $T_{\text{eff2}} = 13020 \pm 100 \text{ K}$ ,  $(v \sin i)_1 = 34 \pm 2 \text{ km s}^{-1}$  ve  $(v \sin i)_2 = 44 \pm 3 \text{ km s}^{-1}$  dir.

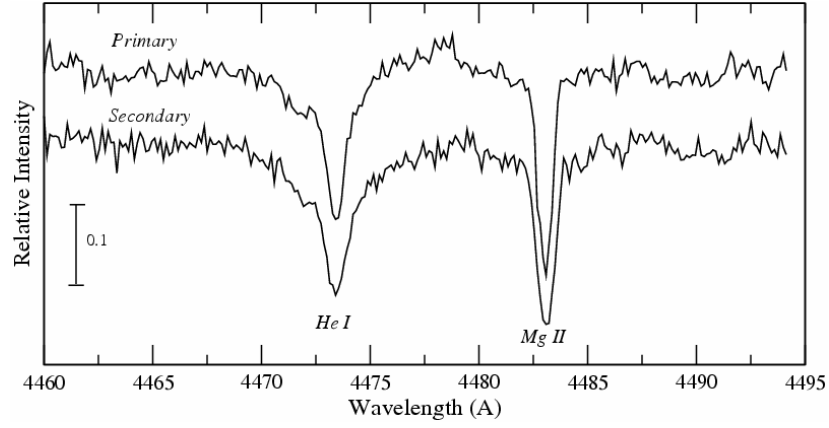
Şekil 3.6'da sentetik çizgiler ile gözlenen çizgilerin uygunluğu açıkça görülmektedir. Model atmosferlerden hesaplanan sıcaklıkların daha önce renk sıcaklıklarından bulunankinden daha büyüktür. Bununla beraber, hem ışık eğrisi çözümü hem de model atmosfer uygulamaları bileşenler arasındaki sıcaklık farkını aynı vermektedir.

Gözlemlere en iyi uyumu sağlayan sentetik tayflar,  $\eta$  Mus-A sisteminin kütle merkezi hızını  $V_\gamma = 24 \pm 4 \text{ km s}^{-1}$  verir. Bu hız çapraz eşleme yönteminden bulunan  $24,55 \pm 1,5 \text{ km s}^{-1}$ 'lik hıza oldukça yakındır.



Şekil 3.6.  $\eta$  Mus: He I 5875 ve 6678 Å model atmosfer çizgi kesitleri (sürekli çizgiler) ve KOREL ile ayıklanmış bileşenlere ait tayflar (doğrular ile birleştirilmiş artılar).

127. tayf dizisinde bulunan He I 4471 Å çizgisi, Mg II 4481 Å çizgisi ile birlikte model atmosfer uygulamasında kullanılabilir. Ancak bu çizgilerin KOREL tarafından ayıklanmış tayfları sadece 7 gözlem tayfı kullanılarak elde edilmiştir. Bu durumda, tez çalışmasında az sayıda tayfın kullanılması nedeniyle ayıklanmış tayflarda bazı bozukluklar görülmüştür (bkz. Fitzpatrick ve diğ., 2003). Şekil 3.7 bileşenlerin bu çizgilere ait ayıklanmış tayflarını göstermektedir. Şekil 3.7'den de görüleceği üzere Mg II 4481 Å çizgisi etrafındaki normalize olmuş akı değeri sanki sürekliliğin altındadır. Beklenen sürekliliğe göre daha düşük düzeyde, sanki hızlı dönen görünmeyen bileşeni ima eden bir görünüm vardır. Bu durum Hensberge ve diğ. (2007) tarafından da fark edilmiştir ancak detaylı analiz bir sonraki makale çalışmasına bırakılmıştır. Bu nedenle bu çalışmada He I 4471 Å ve Mg II 4481 Å çizgilerine model atmosfer fitleri yapılmamıştır. Bununla beraber, Hensberge ve diğ. (2007)'nin tayfsal verileri ile bu çalışmada kullanılan tayfsal veriler birleştirilerek teorik atmosfer modellerinin önerdiği bu şüpheli bileşenin varlığı yakın gelecekte incelenecektir.



Şekil 3.7.  $\eta$  Mus: Bileşenlerin He I 4471 Å ve Mg II 4481 Å çizgileri.

### 3.1.5.1. Görsel Bileşen: $\eta$ Mus-B

$\eta$  Mus-B, Ap-türü bir yıldız olarak rapor edilmiştir (Vogt ve Faundez, 1979). Lindroos (1985)  $\eta$  Mus-B'nin Strömgen fotometrisine dayalı gözlemlerinden metal çizgili A3 V türü bir yıldız olduğunu öngörmüştür. SIMBAD tarafından verilen B-V rengi ( $0^m,34$ ) ve Vogt ve Faundez (1979)'in Strömgen gözlemleri de bu tayf sınıfını doğrulamaktadır. Bununla beraber, erken A-türü yıldızlarının Strömgen indisleri ile tayf türleri arasındaki istatistiksel ilişkiye bakılarakta benzer tayf türüne (A2-3Va) ulaşılabilir.

### 3.1.5.2. $\eta$ Mus-A ve $\eta$ Mus-B'nin LCC'ye Üyelikleri

$\eta$  Mus-A'nın LSR'ye göre uzay hızı  $(u,v,w) = (8,8;-25,0;1,5) \pm (1,2;1,1;0,3)$   $\text{km s}^{-1}$  ve büyüklüğü  $v_s(\sqrt{u^2 + v^2 + w^2}) = 26,5 \text{ km s}^{-1}$  olarak hesaplanmıştır. LCC'nin uzay hızının büyüklüğü  $13,7 \pm 7,0 \text{ km s}^{-1}$  (Sartori ve diğ., 2003)'dir. Böylece,  $v_s$  hızının LCC'nin hızından yaklaşık  $2\sigma$  kadar büyük çıkması,  $\eta$  Mus-A'nın LCC'ye olan üyeliği hakkında kesin bir şey söylemeyi zorlaştırıcı niteliktedir. Genellikle bir yıldız grubundaki yıldızların üyelikleri araştırılırken yıldızların yaşı ve kimyasal bolluğu yıldız grubu ile karşılaştırılır. LCC'ye üye yıldızların da kimyasal bolluğunu belirleme üzerine henüz bir çalışma olmadığından,  $\eta$  Mus-A'nın kimyasal bolluğunun bilinmesi de üyeliğini kanıtlamayacaktır.  $\eta$  Mus-A'nın yaşını

belirleyip LCC'deki yıldızların yaşları ile karşılaştırmak üyelik testi için şimdilik en iyi yöntem olarak görünmektedir.

$\eta$  Mus-B'nin Lower Crux-Centaurus (LCC) OB alt oymağına olan üyeliğini araştırmak için  $\eta$  Mus-A'nın gözlemleri süresince 20 gün ara ile 2 tayfi alınmıştır. Tayflar aynı zamanda  $\eta$  Mus-A ve -B'nin çekimsel olarak bağlı sistemler olup olmadığını araştırmak için de kullanılabilir. Seçilen bazı çizgilere Gauss fiti yapılmak suretiyle  $\eta$  Mus-B'nin dikine hızı  $12 \pm 1 \text{ km s}^{-1}$  bulunmuştur. Bu hız LCC'nin üyeleri için de Zeeuw ve diğ. (1999)'nin belirlediği ortalama hıza çok yakındır.  $\eta$  Mus-B'nin öz hareket bileşenlerini, uzaklığı Hipparcos ve Tycho katalogundan (ESA, 1997) alınarak, ölçtüğümüz dikine hızlarını ve Güneş'in Local Standart of Rest (LSR)'e göre olan hız bileşenlerini  $(u,v,w)_{\odot} = (10,00; 5,25; 7,17) \text{ km s}^{-1}$  (Denhen ve Binney, 1998) bir araya getirilerek,  $\eta$  Mus-B'nin LSR'ye göre uzay hızı  $(u,v,w) = (1,6; -14,8; 2,1) \text{ km s}^{-1}$  ve standart hataları  $du = 1,7 \text{ km s}^{-1}$ ,  $dv = 1,8 \text{ km s}^{-1}$  ve  $dw = 1,0 \text{ km s}^{-1}$  olarak hesaplanmıştır. Bu değerler LCC için Sartori ve diğ. (2003) verdiği uzay hız bileşenlerine  $(u,v,w)_{LCC} = (1,1; -13,6; 1,1) \text{ km s}^{-1}$  ( $\sigma_u = 5,8$ ,  $\sigma_v = 5,6$  ve  $\sigma_w = 2,5 \text{ km s}^{-1}$ ) çok yakındır. Bu,  $\eta$  Mus-B'nin LCC'ye olan üyeliğini destekleyen önemli bir kanıttır.

$\eta$  Mus-A ve -B'nin aynı uzaklıkta olduğu var sayılırsa, açısal uzaklıklarından (60 as) birbirlerine uzaklıkları 6300 AB hesaplanır.  $\eta$  Mus-A sisteminin kütlesi  $M=6,77 M_{\odot}$  olduğuna göre 6300 AB uzaklıktaki bir cismin kaçma hızı  $1,4 \text{ km s}^{-1}$  olması gerekir. Hesaplanan kaçma hızı, bu iki yıldızın kütle merkezleri arasındaki hız farkından çok daha küçüktür.  $\eta$  Mus-A ve  $\eta$  Mus-B arasındaki dikine hız farkının bu kadar büyük olması, bu iki sistemin çekimsel olarak bağlı olamayacağını delilidir.

Tez çalışmasında  $\eta$  Mus-B için alınan iki tayfında ne çizgi şekillerinde bir bozulma ne de yer değiştirme görülmemiştir. Vogt ve Faundez (1979)'in Strömgren gözlemlerinde de herhangi bir fotometrik değişime rastlanmamıştır.  $\eta$  Mus-B tayfında seçilen bazı metal çizgilerinin FWHM ölçümleri  $vsini=35 \pm 2 \text{ km s}^{-1}$ 'lik bir dönme hızı vermiştir.

### 3.1.6. Yakın Çift Yıldız Parametreleri

$\eta$  Mus-A yakın çift sisteminin temel fiziksel parametreleri Tablo 3.7’de verilmiştir. Dikine hızların ışık eğrilerinin W-D yöntemi ile ortak çözümleri bileşenler arasında 150 K’lik bir sıcaklık farkına işaret etmektedir. He I 5875 Å ve 6678 Å çizgilerine yapılan model atmosfer fitleri de bu sıcaklık farkını doğrulamaktadır. Model atmosfer fitlerinden bulunan sıcaklıklar (renk sıcaklıklarından 470 K daha büyük) B7V tayf türüne işaret etse de Tablo 3.7’de verilen fiziksel parametreler B7,5V tayf türünü göstermektedir. Yakın çiftin bileşenlerinin sıcaklıklarına uygun tüm ışınım düzeltmeleri Budding ve Demircan (2007)’dan alınmıştır.  $L_1$  ve  $L_2$  mutlak ışıtmaları ve uzaklık modülünü kullanarak  $\eta$  Mus-A için fotometrik uzaklık  $103 \pm 5$  pc hesaplanmıştır. Bu fotometrik uzaklık *Hipparcos* kataloğunda verilen trigonometrik paralakstan hesaplanan uzaklığa ( $124 \pm 9$  pc) göre daha küçüktür.  $\eta$  Mus-A sisteminin yaşı bileşenlerin H-R diyagramında izokron çizgileri ile karşılaştırılması sonucunda  $16 \pm 5$  milyon yıl olarak belirlenmiştir. Bulunan bu yaş LCC’nin üyelerinin yaşı ile uyum içindedir.  $\eta$  Mus-A’nın yaş tayininde kullanılan yöntem ve LCC’ye üyeliği ile ilgili daha detaylı bilgi tezin Tartışma ve Sonuç bölümünde verilmektedir.

Tablo 3.7. Tablo 3.6’da verilen W-D çözümlerine göre  $\eta$  Mus-A’nın mutlak parametreleri.

Parametre	Birinci Bileşen	İkinci Bileşen
<i>Tayf türü</i>	B7 V	B7,5 V
$M (M_{\odot})$	$3,30 \pm 0,04$	$3,29 \pm 0,04$
$R (R_{\odot})$	$2,14 \pm 0,02$	$2,13 \pm 0,02$
$T (K)$	$12700 \pm 100$	$12550 \pm 300$
$\log L (L_{\odot})$	$2,03 \pm 0,03$	$2,00 \pm 0,03$
$a (R_{\odot})$		$14,11 \pm 0,05$
$\log g (cgs)$	$4,293 \pm 0,005$	$4,298 \pm 0,005$
$M_{bol} (kadir)$	$-0,33 \pm 0,05$	$-0,26 \pm 0,12$
$BC$	-0,75	-0,66
$M_v (kadir)$	$0,42 \pm 0,09$	$0,47 \pm 0,09$
$E(B-V)(kadir)$		0,008
$d (pc)$		$103 \pm 5$

### 3.2. V831 Centauri

V831 Cen, (HD114529, HIP64425, HR4975) parlak ( $V \sim 4^m, 583$ ), ön tayf türünden ( $B-V = -0,08$ ;  $U-B = -0,38$ ;  $V-I = -0,07$ ;  $R-I = -0,09$ ;  $B6V$ ) ve çoklu bir sistem içerisinde bulunan yakın bir çifttir. V831 Cen'in parlaklığı ve renginin belirlenmesi üzerine birçok çalışma yapılmıştır (Schilt ve Jackson, 1949; Egen, 1965; Crawford ve diğ. 1970; Strauss ve Ducati, 1981; Waelkens ve Bartholdi, 1982; de Geuss ve diğ., 1990; Slawson ve diğ., 1992).

Galaktik düzleme yakın bir yerde bulunan ( $l = 305^\circ, 55$ ,  $b = 2^\circ, 85$ ) V831 Cen, IDS 13060-5923 (See 170) AB görsel çift yıldızının parlak bileşenidir. V831 Cen-A ile -B arasındaki ayırlık 183 mas ve yörünge dönemi ise 27 yıldır. See 170 daha geniş ve çoklu bir sistem ( $AB-C = I424$ ,  $ABC-D = HDO 223$ ; Worley, 1978; Worley ve Douglas, 1997) içinde bulunmaktadır. V831 Cen *Hipparcos* Girdi Kataloğunda (HIC)'da çoklu sistem olarak kayıtlı olduğu halde *Hipparcos* uydusu tarafından bileşenler ayırt edilememiştir. Ancak Falin ve Mignard (1999) *Hipparcos* katalogunda astrometrik olarak çözümlenmemiş sistemleri tekrar ele aldıkları çalışmalarında V831 Cen AB-C yörüngesi için yaklaşık bir çözüm ( $\theta = 7^\circ$ ,  $\rho = 1,903$  as,  $\Delta m = 3^m, 72$ ) üretebilmişlerdir.

V831 Cen'in ışık değişimleri ilk olarak Waelkens ve Bartholdi (1982) tarafından duyurulmuştur. Sistemin ışık eğrisi ilk bakışta üçüncü bileşenin ışık katkısından veya küçük yörünge eğimi nedeniyle minimum derinlikleri sığlaşmış bir yakın çift yıldızınkine benzemektedir. Waelkens ve Bartholdi'nin Geneva fotometrisinde elde ettikleri ışık eğrisinden, daha sonra *Hipparcos* uydusunun fotometrik gözlemlerinden yıldızın basit bir elipsoidal değişimden ziyade tutulum gösterdiği sonucuna varılmıştır. Işık eğrisinin sıg ve sinüs fonksiyonuna benzer bir yapıda olması, tek bir fotometrik model ortaya koymada bir takım zorlukları da beraberinde getirir. Ancak farklı gözlemsel bulguların bir araya getirilmesi ile mantıklı öngörüler yapılabilir.

Slawson ve diğ. (1992) gökyüzünün Sco-Cen'i de içine alan bir bölgesinde çok sayıda B- ve A-türü yıldızların UBV fotometrik ölçümlerini yapmışlardır. Bu

çalışmada V831 Cen'in U-B ve B-V renkleri, sırasıyla, -0,400 ve -0,080 kadir olarak verilmiştir. Yıldız renkleri 12700 K'lik renk sıcaklığına işaret etmektedir. 12700 K'lik sıcaklık Waelkens ve Bartholdi (1982)'nin Geneva fotometrisinden elde ettikleri kızarmadan arındırılmış renk indeksleri Cramer ve Maeder (1979) kalibrasyon tablolarından belirledikleri 13800 K'lik etkin sıcaklık değerin ve Gulati ve diğ. (1989)'nin yıldızların mor-öte akıları ile renkleri arasındaki ilişkidenden hesapladıkları 14890 K'lik sıcaklıktan oldukça küçüktür. Ancak bu ölçümler arasında, Waelkens ve Bartholdi sıcaklık tahminini, ışık eğrisindeki tutulmaları ve renk değişimlerini dikkate alarak yaptıkları için daha güvenilirlerdir.

*Hipparcos* (ESA, 1997) uzaklığı ( $106 \pm 17$  pc) ve sistemin koordinatları ( $\alpha = 13^h 12^m 17^s,6$ ;  $\delta = -59^\circ 55' 14'',1$ ) sistemi Scorpius-Centaurus (ya da Sco-OB) oymağının sınırları içerisine koyar. de Zeeuw ve diğ. (1999)'ne göre V831 Cen'in Sco-OB'ye üyeliği için 82 % ihtimal vardır. Kinematik yöntemlerle öngörülen üyelik ihtimalini daha iyi incelemek için V831 Cen'in mutlak parametrelerinin belirlenip bileşenlerinin H-R diyagramındaki konumlarına bakılmalı veya kimyasal bolluğu ile Sco-OB yıldızları arasındaki ilişki incelenmelidir. Ayrıca V831 Cen'in de içinde bulunduğu çoklu sistemin üyelik özelliklerinin belirlenmesi, yıldız oluşum bölgelerinde (YOB) sayıca az olmayan çoklu sistemlerin istatistik çalışmalarına fayda sağlayacaktır.

Campbell (1928) V831 Cen'in bileşenlerini tayf üzerinde belirleyemeyerek yıldızın dikine hızını  $12,2 \text{ km s}^{-1}$  hesaplamıştır. Cucchiaro ve diğ. (1977) B-tayf türleri için mor-öte tayfları ile MK tayf sınıflaması arasındaki ilişkidenden yararlanarak V831 Cen'in tayfını birinci ve ikinci bileşen için, sırasıyla, B8V ve B9V olarak belirlemiştir. Böylece V831 Cen'in tayfındaki çift çizgi yapısı ilk kez Cucchiaro ve diğ. (1977) tarafından ortaya konulmuştur. Literatürde iki tayfsal çalışma dışında V831 Cen çift sisteminin tayfsal yörüngesinin belirlenmesi üzerine başka bir tayfsal çalışma bulunmamaktadır.



### 3.2.1. Tayfsal Gözlemler

Tayfsal gözlemler Bölüm 2’de belirtildiği gibi Mt John Canterbury Üniversitesi Gözlemevi’nin 1-m McLellan teleskobuna bağlı HERCULES tayfçekeri ile yapılmıştır. Kablo seçiminde istenilen sinyalin istenilen zamanda alınabilmesi için Fiber-1 kablosu tercih edilmiştir.

İki farklı gözlem döneminde V831 Cen’in toplam 32 adet tayfı alınmıştır. Gözlem kütüğü Tablo 3.8’de verilmiştir.

İlk gözlem döneminde SITE 1024x1024 piksel CCD kamerası ile toplam 2 gecede (19-20/05/2006) 27 adet tayf elde edilmiştir. CCD kamera ile tüm tayf bölgesinin gözlenebilmesi için 4 farklı CCD konumunda tayf almak gereklidir. 2 numaralı CCD konumu ( $\sim 4500 - 7200 \text{ \AA}$ ) tercih edilmiştir. Bunun nedeni istenilen tayf çizgi yoğunluğu, süreklilik akısı ve CCD’nin verimliliği en uygun bu konumda elde edilebilmesidir. Yıldız tayflarının alımında ortalama poz süresi 160 saniye, 550 nm dalgaboyunda ortalama S/G oranı 100 olarak belirlenmiştir. İkinci gözlem döneminde 1 gecede (19/08/2006) 5 adet tayf SI600 kamerası ile kaydedilmiştir. Bölüm 2’de de belirtildiği gibi kamera tüm tayf bölgesini kapsadığından CCD için herhangi bir konum seçimi söz konusu değildir. Bu dönemde yapılan gözlemlerde 290 saniyelik ortalama poz süresi ile 500 nm dalgaboyunda ortalama S/G oranı 90 olarak belirlenmiştir.

Gözlem indirgemeleri Bölüm 2’de anlatıldığı gibi yapılmıştır. Tayfların normalize edilmesi aşamasında ikinci veya üçüncü dereceden polinomlar süreklilik üzerinde seçilen bölgelere fit edilmiştir. Tayflar, fit edilen fonksiyonlara bölünmek suretiyle normalize edilmiştir. Çoğunluğu su buharından kaynaklanan yer atmosferi çizgileri özellikle He I 5875  $\text{\AA}$  çizgisinin bulunduğu 97 no’lu tayf dizisinde temizlenmiştir. Diğer tayf dizilerindeki yer atmosferine ait çizgiler ihmal edilebilir miktardadır.

### 3.2.2. Dikine Hızlar

Dikine hızlar,  $\eta$  Mus sisteminin tayflarının analizinde yapıldığı gibi (Bölüm 3.1), dalgaboyu kalibrasyonu yapılmış, normalize edilmiş tayflardan atmosfer çizgileri temizlendikten sonra iki farklı yöntem kullanılarak, çapraz eşleşme (cross-correlation) ve Fourier ayıklama (Fourier disentangling) tekniği ile ölçülmüştür.

#### 3.2.2.1. Çapraz Eşleme Yöntemi

V831 Cen'in bileşenlerinin dikine hızları, He I 5875 Å çizgilerinin normal B8-tayf türünden bir anakol yıldızının atmosfer parametreleri ( $T_{\text{eff}} = 12000$  K,  $\log g = 4.00$ , bkz. Budding ve Demircan, 2007), 5830–5890 Å dalgaboyu aralığında oluşturulan sentetik tayfinin çapraz eşlemesiyle hesaplanmıştır. Model atmosferler Kurucz (1993)'dan alınmış, sentetik tayfin oluşturulması ise Linux işletim sisteminde SYNTHE (Kurucz, 1993) yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Mikro çalkantı için standart değer kabul edilen  $0 \text{ km s}^{-1}$  alınmıştır. Bileşenlerin dönme hızları üretilen farklı sentetik tayfların gözlemlerle karşılaştırılması sonucunda belirlenmiştir. Yıldızların dönmeleriyle ilgili daha detaylı bir çalışma Bölüm 3.2.4'de verilmiştir. Şekil 3.8'de bileşenlere ait He I 5878 Å çizgileri örnek seçilmiş bazı farklı yörünge evrelerinde gösterilmektedir.

Dikine hızların okuması için IRAF'ın **fxcor** programı yardımıyla çapraz eşleme fonksiyonunun merkezine Gauss fonksiyonu fit edilmiştir. Tayf çizgilerinin birbirine girdiği tutulma bölgelerinin yakınında bileşenlerin dikine hızlarını okumak için IRAF'ın **deblend** fonksiyonu yardımıyla çapraz eşleme fonksiyonuna iki Gauss fonksiyonu fit edilmiştir. V831 Cen'in tayfında bileşenlerin çizgileri oldukça genişlemiştir. Buna ek olarak sistemdeki üçüncü cismin varlığı tayftaki bileşenlerin çok daha sığ görünmesine sebep olmaktadır. Bu nedenle ilk dönemde alınan 27 tayftan sadece 17'sinde bileşenlerin hızları güvenilebilir şekilde okunabilmiştir. Dikine hızların okunmasından sonra dikine hızlara ve tayfin alındığı zamana uygun Güneş merkezli düzeltme yapılmıştır.

Tablo 3.8. V831 Cen sisteminin tayfsal gözlem kütüğü.

No	HJD -2400000	Tarih	UT	Evre
1	53874,78260	19.05.2006	06:46:57	0,662
2	53874,80780		07:23:14	0,701
3	53874,82860		07:53:11	0,734
4	53874,83130		07:57:04	0,738
5	53874,85190		08:26:44	0,770
6	53874,85600		08:32:38	0,776
7	53874,88350		09:12:14	0,819
8	53874,88830		09:19:09	0,827
9	53874,92220		10:07:58	0,880
10	53874,92530		10:12:26	0,884
11	53874,96940		11:15:56	0,953
12	53874,97260		11:20:33	0,958
13	53874,99120		11:47:20	0,987
14	53875,01800		12:25:55	0,029
15	53875,03160		12:45:30	0,050
16	53875,06940		13:39:56	0,109
17	53875,07360		13:45:59	0,115
18	53875,11890	14:51:13	0,186	
19	53875,17750	16:15:36	0,277	
20	53875,18250	16:22:48	0,285	
21	53875,24600	17:54:14	0,383	
22	53875,99500	20.05.2006	11:52:48	0,549
23	53876,00310		12:04:28	0,562
24	53876,02440		12:35:08	0,595
25	53876,06030		13:26:50	0,651
26	53876,06450		13:32:53	0,657
27	53876,10410		14:29:54	0,719
28	53966,84682	19.08.2006	08:20:29.3	0,948
29	53966,85552		08:33:00.9	0,961
30	53966,87621		09:02:48.8	0,994
31	53966,88242		09:11:45.4	0,003
32	53966,95791		11:00:28.8	0,121

Çapraz eşleme yöntemi ile hesaplanan dikine hızların en küçük kareler yöntemi ile teorik dikine hız eğrisine fit edilmesinden Şekil 3.8’de gösterilen yörünge çözümleri üretilmiştir. Çözümler sırasında yörünge dönemi *Hipparcos* tarafından verilen dönemde ( $P = 0,6425200$  gün), basıklık ( $e = 0$ ) çember yörünge varsayımı altında sabit tutulmuş, hız yarı genlikleri  $K_{1,2}$ , kütle merkezinin hızı  $V_\gamma$  ve tutulum zamanı en küçük kareler yöntemi ile yapılan çözümde serbest bırakılmıştır. Serbest bırakılan parametreler birkaç iterasyon adımından sonra çözümlenebilmiştir. Hesaplanan en iyi çözüm parametreleri hataları ile birlikte Tablo 3.9’da verilmiştir. Şekil 3.8’de çapraz eşleme sırasında  $\phi = 0,277$  evresinde elde edilen eşleme fonksiyonu ile dikine hızlara yapılan en iyi çember yörünge çözümü gösterilmiştir.

Tablo 3.9. V831 Cen'in çapraz eşleme ile tayfsal yörünge çözümü.

Parametre	Değer	Hata
$V_\gamma$ ( $km\ s^{-1}$ )	12,1	3,7
$K_1$ ( $km\ s^{-1}$ )	187,6	2,0
$K_2$ ( $km\ s^{-1}$ )	216,3	2,3
$T_0$ (HJD)	2448500,3178	0,0017
$P$ (gün)*	0,6425200	
$e^*$	0,0	
$q$ ( $K_1/K_2$ )	0,87	0,01

(\*) Parametreler çözümlerde sabit tutulmuştur.

### 3.2.2.2. Fourier yöntemi ile tayfin bileşenlerine ayrılması ve yörünge çözümü (KOREL)

V831 Cen çift sistemin tayfi, Fourier analizi ile tayfin bileşenlerine ayrılması yöntemi üzerine dayalı KOREL (Hadrava 1995; 2004) yazılımının yeni sürümü ile incelenmiştir. KOREL yazılımında çapraz eşleme yönteminde belirlenen yörünge parametreleri girdi olarak kullanılmıştır. KOREL ile ikinci gözlem döneminde alınan 5 adet V831 Cen'in tayfi da ayrıca analiz edilmiştir.

85 ve 97 numaralı échelle tayf dizilerinde bulunan He I 5875 Å ve He I 6678 Å çizgileri ayrı ayrı incelenmiştir. KOREL çözümleri süresince çember yörünge varsayımı altında tutulum zamanı  $T_0$ , yörünge dönemi  $P$ , dikine hız yarı genlikleri  $K_1$  ve  $K_2$  analize serbest parametre olarak girmiştir. KOREL kütle merkezinin hızını belirleyemez ancak bileşenlerin dikine hızlarını kütle merkezi hızına göre ölçebilir. Bu yüzden bileşenlerin ayrıştırılmış tayfları sistemin kütle merkezi hızında olacak şekilde ayrıştırılırlar.

$\eta$  Mus-A'nın tayfinin KOREL analizinde uygulandığı gibi V831 Cen'in tayfinda da bileşenlerin çizgi şiddetleri serbest bırakılmıştır. Tayfta süreklilikte etkisini gösteren, böylece bileşen yıldızların çizgilerinin sık görünmesine neden olan V831 Cen-B tayftan KOREL ile ayıklanamamıştır. Bunun nedeni V831 Cen-B'nin çok hızlı dönmesinden dolayı tayf çizgilerinin iyice sığlaşmasındandır. Yakın üçlü sistemin (AB) her bir bileşeninin ışık katkısına bakıldığında, birbirine eşit ışık katkıları görünmesine rağmen, V831 Cen-A'nın bileşenlerinin tayfta görünmesinin nedeni bileşenlerin dönme hızlarının B bileşenine göre daha yavaş olmasındandır.

Şekil 3.9’da 97 numaralı tayf dizisindeki He I 5875 Å çizgisine yapılan KOREL fitleri gösterilmiştir. 97 numaralı tayf dizisinde yerin atmosfer çizgilerinin baskınlığı nedeniyle KOREL çözümlerinde bu durum dikkate alınmıştır. Ayıklanmış bileşen tayflarının altında atmosfer çizgilerinin çok iyi ayırt edildiği Şekil 3.9’da görülmektedir. Tablo 3.10’da KOREL ile yörünge çözümü sonucunda hesaplanan tayfsal yörünge parametreleri verilmektedir.

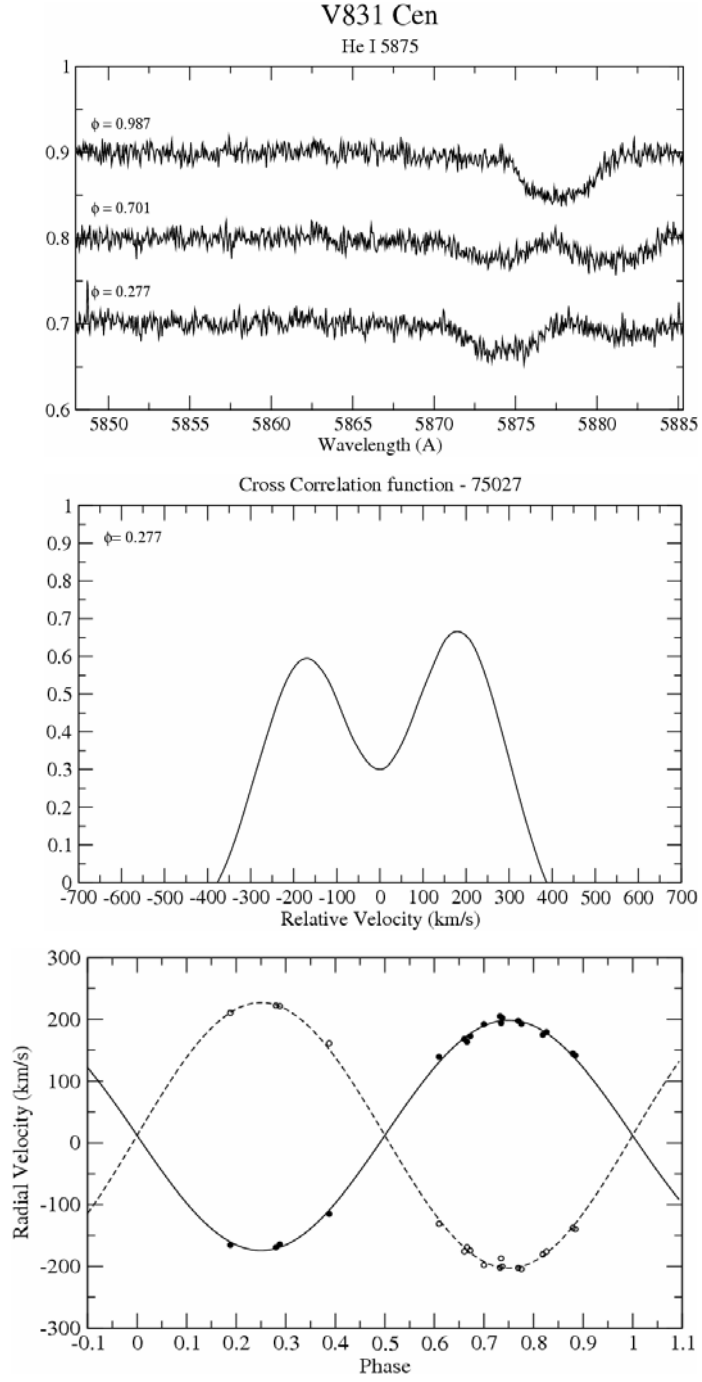
Tablo 3.10. V831 Cen’in KOREL çözümlerinden hesaplanan tayfsal yörünge parametreleri. Hatası verilmeyen parametreler model tayininde sabit tutulmuştur.

Parametre	Değer	Hata
$P$ (gün)	0,642522176	$2 \times 10^{-9}$
$dP/dT$	0	-
$T_0$	2448500,3016	0,0020
$e$	0	-
$w$ (°)	90	-
$K_1$ ( $km\ s^{-1}$ )	187,7	0,1
$K_2$ ( $km\ s^{-1}$ )	217,0	0,1
$q$ ( $K_1/K_2$ )	0,865	0,005
$m_1 \sin^3 i$ ( $M_\odot$ )	2,366	0,013
$m_2 \sin^3 i$ ( $M_\odot$ )	2,047	0,012
$asini$ ( $R_\odot$ )	5,138	0,009

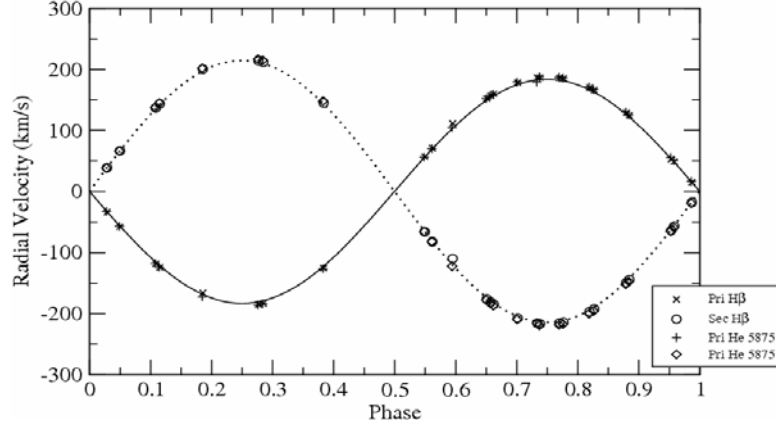
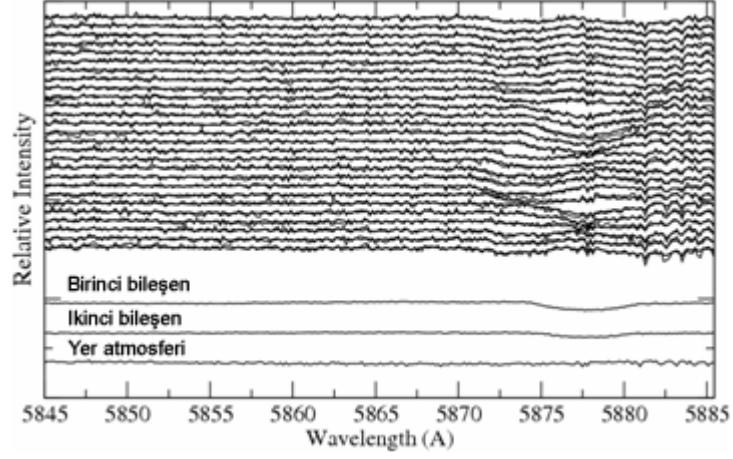
### 3.2.3. Işık ve Dikine Hız Eğrilerinin Eşzamanlı Çözümü

V831 Cen-A’nın ışık ve dikine hız eğrilerinin eş zamanlı çözümünde iki farklı fotometrik ve bir dikine hız veri seti kullanılmıştır. Fotometrik veriler, Waelkens ve Bartholdi (1982)’nin Geneva fotometrik sistemindeki gözlemleri ve *Hipparcos* uydu verilerinden, sistemin dikine hız verileri ise bu çalışmada elde edilmiştir.

Waelkens ve Bertholdi (1982) V831 Cen-A’nın Geneva fotometrisindeki kızarmadan arındırılmış renklerinden sistemin birinci bileşeninin yüzey sıcaklığını 13800 K belirlemişlerdir. Yıldızın ışık eğrisi çözümünde birinci bileşeninin yüzey sıcaklığı 13800 K alınmıştır. Literatürde verilen diğer renk indeksleri (Johnson B-V ve U-B renkleri) B8V tayf türüne işaret etmektedir.



Şekil 3.8. V831 Cen: Çapraz eşlemede kullanılan He I 5875 Å çizgilerinin örnek seçilmiş üç farklı yörünge evresindeki görünümleri (*üst panel*).  $\phi = 0,277$  evresinde çapraz eşleme fonksiyonu (*orta panel*). Hesaplanan dikine hızlara en iyi uyan teorik dikine hız eğrisi (*alt panel*).



Şekil 3.9. V831 Cen: He I 5875 Å çizgilerinin bulunduğu 97 numaralı diziyeye yapılan KOREL fitleri ayrıca bileşenlerin ve yer atmosferinin ayıklanmış tayfları (*üst panel*), KOREL ile elde edilen dikine hızlar ve çözüm sonucunda elde edilen dikine hız eğrisi (*alt panel*).

B8 tayf türündeki bir anakol yıldızının yüzey sıcaklığı 12700 K olup Geneva fotometrisindeki renklerden hesaplanan 1380 K sıcaklıktan oldukça farklıdır. Model parametrelerinin tayininde Wilson-Devinney (W-D) (Wilson ve Devinney, 1971; Wilson, 1994) yazılımı, ışık eğrisi ve diferansiyel düzeltme ile fitlerin oluşturulmasında PHOEBE (Prsa ve Zwitter, 2005) yazılımı kullanılmıştır. Modellemede radyatif atmosferli yıldızlara uygun çekim kararmaları ( $g_1 = g_2 = 1$ ) ve

tüm ışınım yansıtma katsayıları ( $A_1 = A_2 = 1$ ) olarak alınmıştır. Hp filtresi için kenar kararım katsayıları van Hamme (1993)'den, Geneva fotometrisindeki U, B, V, B1, B2, V1 ve G filtreleri için kenar kararım katsayıları ise Claret (2003)'den alınmıştır.

Tokovinin (1977, 1999) V831 Cen-ABCD çoklu sisteminin bileşenlerinin parlaklıklarını sırasıyla  $m_{Aab} = 5^m,0$ ,  $m_B = 5^m,7$ ,  $m_C = 8^m,4$  ve  $m_D = 12^m,6$  olarak vermektedir. D bileşeni 49 açı saniyelik uzaklığı ile fotometrik gözlemleri etkilememektedir. Ancak diğer iki bileşen, B ve C, yakın çiftin, Aab, toplam ışığına katkıda bulunmaktadır. AB-C sisteminin parlaklık ölçümleri Washington Double Star Catalogue (WDS)'da  $\Delta M$  Katalog Ölçümleri başlığı altında verilmektedir. Ölçümler Tokovinin'in kataloğundaki parlaklıklar ile göz önüne alınan uzak bileşenlerin (V831 Cen-B ve C) toplam ışığa katkıları V-bandında 35 % bulunmuştur. Ancak  $\Delta M$  ölçümlerindeki farklı değerler ışık katkısının tahminine 2 %'lik bir hata getirmektedir. Astrometrik çözümün yapıldığı Bölüm 3.2.5'de *Hipparcos* Transit Verisine açıklık sentezi tekniği kullanılarak, B-bileşeninin sistemin toplam ışığına katkısı Hp-bandında 35 % bulunmuştur. AabB bileşenleri birbirine yakın tayf türlerinde olduğu için sistemin toplam ışığına katkısı beklenen bir sonuçtur. Bu nedenle, ışık eğrisi analizinde üçüncü ve dördüncü bileşenin (V831 Cen-B ve C) ışık katkısı tüm bantlarda 35 %'de sabit tutulmuştur.

Işık ve dikine hız eğrileri ilk olarak ayırık model varsayımı altında çözülmüştür. Ancak çözümden bulunan parametreler ve fitlerin duyarlılığı değen model varsayımı altında elde edilenlerden 1,5 % kadar farklıdır. Çalışmadaki fotometrik veri setinin duyarlılığı ne yazık ki sistemin ayırık mı yoksa değen mi olduğuna karar vermek için yeterli değildir. Buna karşın ışık eğrisi parametreleri ve daha sonra elde edeceğimiz mutlak parametreler güvenilirdir. Ortak çözümün sonucunda hesaplanan model parametreleri Tablo 3.11'de, ışık ve dikine hız eğrilerine yapılan en uygun model fitleri de Şekil 3.11'da gösterilmiştir.

#### 3.2.4. Dönme Hızları

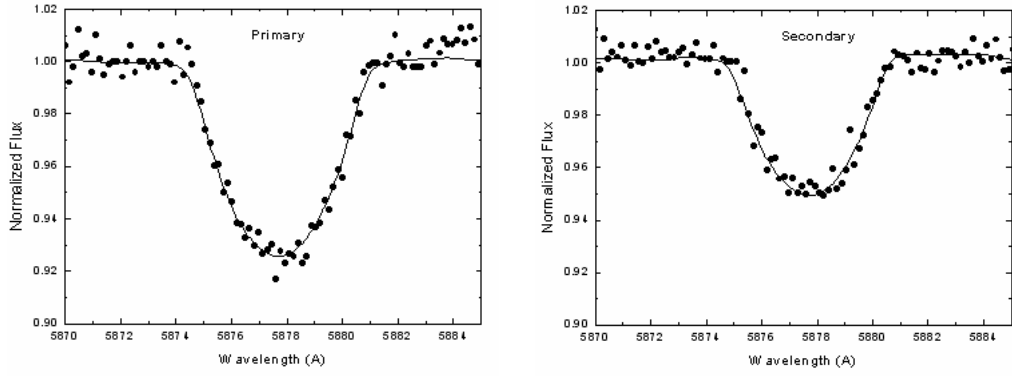
V831 Cen sistemindeki bileşen yıldızlarının dönme hızlarını,  $\eta$  Mus sistemindeki gibi He I 5875 Å çizgilerine model atmosfer fitleri yapılarak



hesaplanmıştır. Bileşenlerin ayrıştırılmış tayfları (3.3) formülüne göre normalize edilmiştir. (3.3) formülündeki  $f_k$  için V831 Cen'in ışık eğrisi çözümlerinden birinci (Aa) ve ikinci (Ab) bileşenin katkıları, sırasıyla, 33 % ve 32 % bulunmuştur. Işık eğrisi çözümleri bileşenlerin ışık katkılarının dalgaboyuna hemen hemen bağımsız olduğunu göstermiştir.

V831 Cen'in teorik model atmosfer setlerinin oluşturulmasında, Sco OB'deki yıldızların ağır element bolluğu Güneş bolluğunda kabul edilmiş mikro türbülans değeri içinde B-türü yıldızlarda beklenen  $\xi = 0 \text{ km s}^{-1}$  (Smalley, 2004) değeri alınmıştır. Model atmosferlerin oluşturulmasında ATLAS9 (Kurucz, 1993), sentetik tayfların üretilmesinde ise SYNTH3 (Kurucz, 1993) yazılımları Linux ortamında kullanılmıştır. Bileşenlerin yüzey çekimleri ( $\log g_{1,2}$ ) eş zamanlı çözümden üretilen ve Tablo 3.12'de verilen değerler alınarak model atmosferlerin hesaplanmasına gidilmiştir. Sentetik tayflar bileşenlerin He I 5875 Å çizgileri için oluşturulmuştur. Gözlemler ile sentetik tayflar karşılaştırılmadan önce bileşenlerin tayfları 3.3 numaralı denklem kullanarak tekrar normalize edilmiştir. Gözlem tayflarını en iyi ifade eden sentetik tayfin belirlenmesinde minimum  $\chi^2$  analizi kullanılmıştır. Hesaplanan parametreler şunlardır;  $T_{\text{eff}1} = 15000 \pm 100 \text{ K}$ ,  $T_{\text{eff}2} = 13200 \pm 100 \text{ K}$ ,  $(v \sin i)_1 = 155 \pm 5 \text{ km s}^{-1}$  ve  $(v \sin i)_2 = 140 \pm 5 \text{ km s}^{-1}$ 'dir. He I çizgisine yapılan model atmosfer fitleri Şekil 3.10'da gösterilmiştir.

Işık eğrisi çözümünden yıldızların senkronize dönme hızları, sırasıyla, 182  $\text{km s}^{-1}$  ve 169  $\text{km s}^{-1}$  olarak hesaplanmıştır. Model atmosfer fitlerinden bulunan izdüşüm dönme hızlarını ( $v \sin i$ ) bileşenlerin dönme hızına çevirebilmek için sistemin yörüngesinin eğim açısına ihtiyaç vardır. Fotometrik analizler eğim açısının  $i=58^\circ.8$  olduğunu gösteriyor. Bu da bileşenlerin ekvatoryel dönme hızlarının, sırasıyla, 181  $\text{km s}^{-1}$  ve 164  $\text{km s}^{-1}$  olacağına işaret etmektedir. Bileşenlerin yörünge ve ışık eğrilerinden hesaplanan senkronize hızları karşılaştırıldığında hemen hemen birbirlerine yakın olduğu görülüyor. Bu da bileşenlerin dönme hızlarının yörünge dönemi ile senkronize olduğunu göstermektedir.



Şekil 3.10. V831 Cen: Bileşenlerin He I 5875 Å çizgilerine yapılan model atmosfer fitleri.

### 3.2.5. Astrometrik Çözüm

Çoklu sistemin astrometrik gözlemleri See (1898) ile başlar. V831 Cen-AB sistemi için 1897–1983 yılları arasında 58 astrometrik gözlem vardır (See 170 AB). Finsen (1964) See 170 AB sisteminin astrometrik yörünge çözümünü yaparak sistemin yörünge parametrelerini literatürde ilk kez elde etmiştir. Finsen'e göre V831 Cen-AB iki yakın çift yıldız (Aab) ile bir üçüncü (B) yıldızla oluşturulan yörünge dönemi 27 yıl olan bir sistemdir. Sistemin en güncel astrometrik veri seti Hartkopf (özel iletişim) tarafından sağlanmıştır.

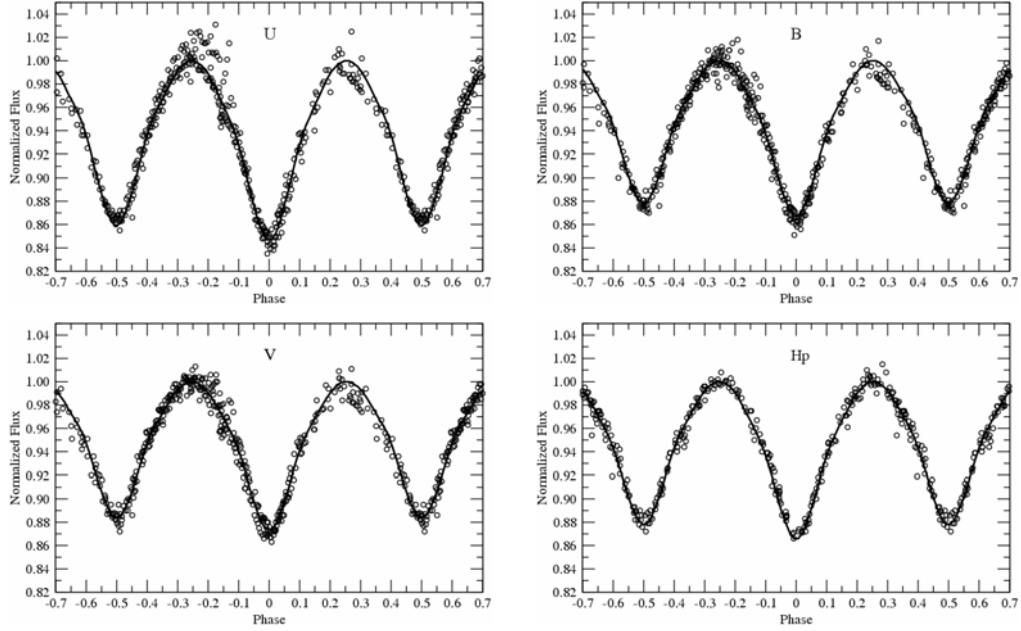
Astrometrik veri setine 7-parametrelili yörünge çözümü (yöntem için bkz. Bakış, 2005; Bakış ve diğ., 2006) uygulanmıştır. Ancak Finsen'in çözümlerine benzer sonuçlara ulaşılmıştır. Çözümlerden hesaplanan yörünge parametreleri Tablo 3.12'de gözlemlere yapılan en iyi yörünge fitleri de Şekil 3.13'de gösterilmiştir.

V831 Cen *Hipparcos* Input Catalogue'da (ESA, 1997) çoklu sistem olarak listelenmiştir. Ancak *Hipparcos* gözlemleri sonucunda elde edilen astrometrik verilerden 27 yıllık yörünge çözümlenememiştir. *Hipparcos* verisinin ve yörünge çözümlerinin yayınlanmasından sonra daha detaylı çalışmalar *Hipparcos* tarafından belirlenemeyen birçok çift veya çoklu sistemin belirlenmesine öncülük etmiştir (bkz. Söderhjelm, 1999; Quist ve Lindgren, 1999; Pourbaix ve Jorissen, 2000; Ribas ve diğ., 2002; Bakış ve diğ., 2006). V831 Cen, *Hipparcos* kataloğunun Transit Data (TD) kısmında (CDROM Disk 6) listelenen 34000 yıldızdan birisidir. TD

incelenmesi yapılmadan önce TD'den bir sonraki adım olan Orta-düzyey Astrometrik Verinin (Intermediate Astrometric Data (IAD)) analizi yapılmıştır. Konum gözlemlerinin artıklarının modellenmesi üzerine dayalı olan bu analiz sonucunda V831 Cen'in 27 yıllık dönemli yörüngesi çözümlenememiştir. V831 Cen'in IAD verisi bilinmeyen bir nedenle oldukça saçılmalıdır. Falin ve Mignard (1999) da *Hipparcos* verisinin tekrar analizi sonucunda V831 Cen'in yörüngesini belirleyememiş ama yaklaşık (stochastic) çözüm vermişlerdir. Bu nedenle IAD'dan bir düzey daha ham veri olan TD'nin analizine gidilmiştir. TD, NDAC (Northern Data Analysis Consortium) (Lindegren ve diğ., 1992; Söderjhelm ve diğ., 1992) veri analiz birliği tarafından *Hipparcos* veri indirgemesinin orta aşamasında sağlanan verilerden oluşmaktadır. TD'nin daha detaylı açıklaması Hipparcos Kataloğu Cilt 1, Bölüm 2.9'da verilmiştir. V831 Cen'in TD dosyaları Quist ve Lindegren (1999) tarafından belirtildiği şekilde oluşturulmuştur. Ham görüntülerin açıklık analizini yapmak için Caltech Enstitüsünden Shepherd ve diğ. (1994) tarafından yazılmış DIFMAP yazılım paketi kullanılmıştır. Ham görüntülerin CLEAN algoritması (Högbom, 1974) kullanılarak nokta yayma fonksiyonu (Point Spread Function) ile temizlenmesi sonucu elde edilen temiz görüntü Şekil 3.12'de görülmektedir. Şekil 3.12'de görsel bileşen konum açısı  $\theta = 56^\circ,3$  ayrıklık  $\rho = 40$  mas'da net bir şekilde görülmektedir. Üçlü sistemin 27 yıllık yörünge döneminin 11 %'ini kapsayan 3 yıllık *Hipparcos* gözlemlerini yıllara bölme çabası bir sonuç vermemiştir. Bu nedenle hesaplanan bu konum açısı ve ayrıklık *Hipparcos* tarafından verilen 1991,25 zamanına karşılık gelmektedir. Şekil 3.12'deki nokta kaynakların ortalama akı yoğunlukları Aab ve B bileşeni için sırasıyla 4,9 Jy/ışın ve 2,8 Jy/ışın'dır. Akı yoğunlukları da görsel çiftin bileşenlerinin ışık katkılarını 65 % ve 35 % olarak vermektedir. Işık eğrisinde üçüncü bileşen için kabul edilen ışık katkısının da doğru olduğu görülmektedir.

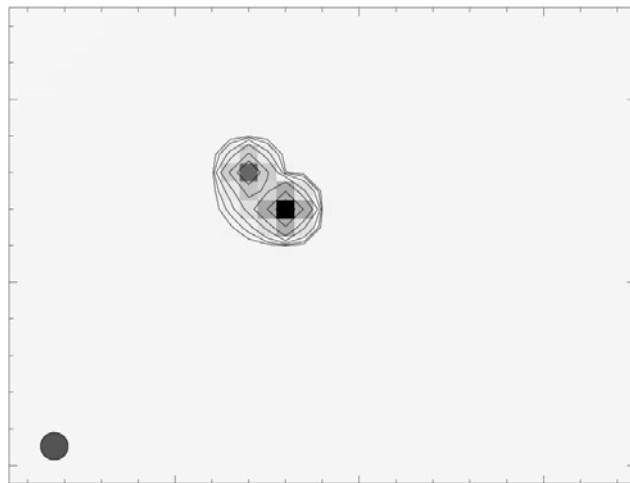
Tablo 3.11. V831 Cen-A sisteminin ışık ve dikine hız eğrilerinin eş zamanlı çözümünden hesaplanan model parametreleri. Hatası verilmeyen parametreler çözümde sabit tutulmuştur.

Parametre	Birinci Bileşen	İkinci Bileşen
$P$ (gün)	0,642524	
$T_o$ (HJD)	$2443547,7106 \pm 0,0002$	
$a$ ( $R_{\odot}$ )	$5,99 \pm 0,04$	
$q$ ( $K_1/K_2$ )	$0,863 \pm 0,005$	
$V_{\gamma}$ ( $\text{km s}^{-1}$ )	$12,1 \pm 3,7$	
$i$ ( $^{\circ}$ )	$58,8 \pm 0,1$	
$T_{1,2}$ (K)	13800	$12700 \pm 30$
$L_U$ ( $L/L_{\text{Toplam}}$ )	$0,34 \pm 0,01$	$0,31 \pm 0,01$
$L_B$ ( $L/L_{\text{Toplam}}$ )	$0,33 \pm 0,01$	$0,32 \pm 0,01$
$L_V$ ( $L/L_{\text{Toplam}}$ )	$0,33 \pm 0,01$	$0,32 \pm 0,01$
$L_{Hp}$ ( $L/L_{\text{Toplam}}$ )	$0,33 \pm 0,01$	$0,32 \pm 0,01$
$L_3$ $UBVHp$ ( $L/L_{\text{Toplam}}$ )	0,35	
$r_{\text{ort}}$	$0,386 \pm 0,002$	$0,358 \pm 0,002$
$g_{1,2}$	1	
$A_{1,2}$	1	
$e$	0	
$F_1=F_2$	1	

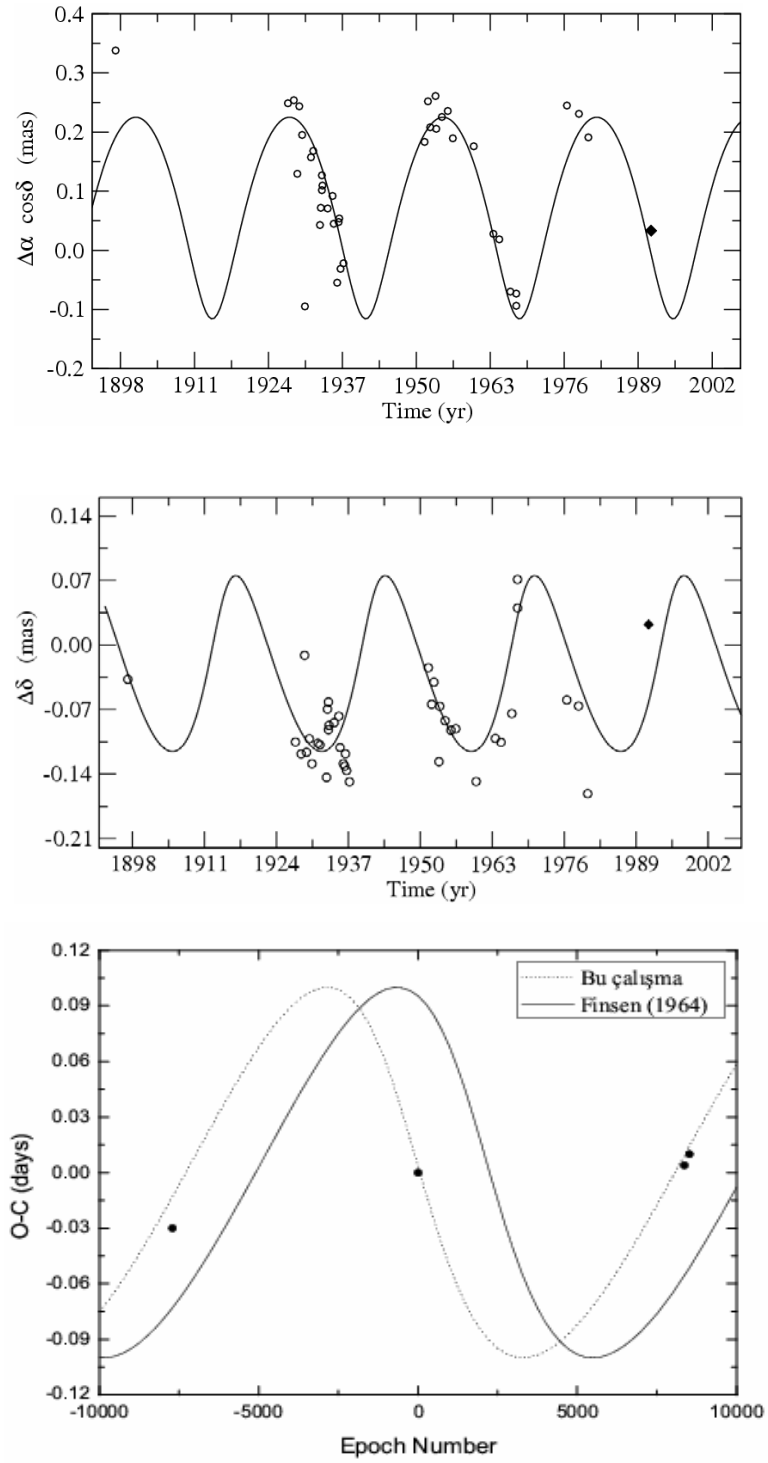


Şekil 3.11. V831 Cen-A'nın ışık eğrilerinin çözümleri. Her bir panelde fotometrik bant belirtilmiştir.

V831 Cen-B yıldızının *Hipparcos*'un TD verisini kullanarak bulduğumuz astrometrik konumu ( $\theta = 56^\circ,3$ ;  $\rho = 40$  mas), Finsen'in yörünge parametrelerine göre 1991,25 yılı için türetilen konumdan ( $\theta = 236^\circ,3$ ;  $\rho = 40$  mas)  $180^\circ$  farklılık gösteriyor. Çözümün öngördüğü bu beklenmedik durumu denetlemek için aynı yöntem ile incelenmiş çoklu sistemlerin (örneğin HIP15719, HIP46706, HIP81589, HIP97237) analizleri tekrar yapılmış ve tüm sistemler için de daha önce bulunan çözümler ile aynı olduğu görülmüştür. Ayrıca üçüncü cisim ile oluşturulan yörünge nedeniyle sistemin döneminde çevrimsel bir değişim beklenir. Işık zaman etkisi olarak da adlandırılan bu etki çift yıldızın minimum zamanlarından O-C değişimleri oluşturularak incelenir. Tez çalışmasında V831 Cen'in fotometrik gözlemlerinden elde edilen bir minimum zamanı (2453974,9170) ve tayfsal çözümden elde edilen tutulum zamanı (2453874,9993), *Hipparcos*'un verdiği tutulum zamanı (2448500,2970) ve Waelkens ve Bartholdi (1984)'ün verdiği minimum zamanı (2443547,7060) ile birleştirilerek Şekil 3.13'de verilen O-C diyagramında noktalanmıştır. Şekil 3.13'den de görüleceği gibi Finsen'in yörüngesi nedeniyle O-C diyagramında meydana gelmesi beklenen sinüzoidal değişim gözlem noktalarını çok iyi temsil etmemektedir. Oysaki enberi den geçiş zamanının Finsen tarafından verilen değerden (1941,0) 1937,1'e çekilmesi, Şekil 3.13'de de görüleceği gibi, gözlemlerin teorik eğri ile iyi temsil edilmesine neden olur. Ancak bu enberi noktasından geçiş zamanı da konum gözlemlerini desteklememektedir. O-C eğrisindeki bu tutarsızlığın nedeni de anlaşılamamıştır.



Şekil 3.12. V831 Cen: *Hipparcos* TD verilerinin DIFMAP'de nokta kaynak fonksiyonu ile analizinden bileşenlerin (A ve B) ayrı ayrı görünüşleri.



Şekil 3.13. V831 Cen AB sisteminin yer tabanlı (açık daireler) ve *Hipparcos* gözlemine (içi dolu elmas) yapılan astrometrik yörünge çözümü (üst ve orta panel). O-C eğrisinde görülen ışık zaman etkisinin iki farklı enberiden geçiş zamanı (Finsen ve bu çalışma) için gösterimi (alt panel).

Tablo 3.12. V831 Cen-ABC sisteminin astrometrik yörünge verileri.

Parametre	Finsen	<i>V831 Cen AB (See 170)</i>		<i>V831 Cen AC (I 424)</i>	
$m_{Aab}$ (kadir)	5,0	$a(^{\circ})$	0,185	$a(^{\circ})$	1,9
$m_B$ (kadir)	5,7	$P$ (yıl)	27,0	$P$ (yıl)	927
$m_C$ (kadir)	8,4	$T_0$ (yıl)	1941,0	$T_0$ (yıl)	-
$m_D$ (kadir)	12,6	$e$	0,320	$e$	-
		$w$ ( $^{\circ}$ )	168,5	$w$ ( $^{\circ}$ )	-
		$\Omega$	114,6	$\Omega$ ( $^{\circ}$ )	-
		$i$ ( $^{\circ}$ )	68,3	$i$ ( $^{\circ}$ )	-

### 3.2.6. Yakın Çift Yıldız Parametreleri

V831 Cen-Aab yakın çift sisteminin fiziksel parametreleri Tablo 3.12’de verilmiştir. Tablo 3.13’de verilen fiziksel parametreler birinci ve ikinci bileşenin tayf türlerini B7V + B8V olarak göstermektedir. Yakın çiftin bileşenlerinin sıcaklıklarına uygun tüm ışınım düzeltmeleri Budding ve Demircan (2007)’dan alınmıştır.  $L_1$  ve  $L_2$  mutlak ışıtmaları ve sistemin uzaklık modülünü kullanarak V831 Cen için fotometrik uzaklık  $105 \pm 6$  pc olarak bulunmuştur. Sistemin fotometrik uzaklığı *Hipparcos* katalogunda ki trigonometrik paralaksından hesaplanan uzaklık ( $106 \pm 17$  pc) ile birebir bir uyumludur. V831 Cen sisteminin yaşı bileşenlerin H-R diyagramında izokron çizgileri ile karşılaştırılması sonucunda  $12 \pm 5$  milyon yıl olarak belirlenmiştir. Bulunan bu yaş LCC’nin üyelerinin yaşı ile uyum içindedir. V831 Cen’in yaş tayininde kullanılan yöntem ile ilgili daha detaylı bilgi tezin Tartışma ve Sonuç bölümünde verilmektedir.

Tablo 3.13. V831 Cen-A’nın mutlak parametreleri.

Parametre	Birinci Bileşen	İkinci Bileşen
Tayf türü	B7 V	B8 V
$M$ ( $M_{\odot}$ )	$3,77 \pm 0,02$	$3,26 \pm 0,02$
$R$ ( $R_{\odot}$ )	$2,32 \pm 0,01$	$2,15 \pm 0,01$
$T$ (K)	13800	$12700 \pm 50$
$\log L$ ( $L_{\odot}$ )	$2,24 \pm 0,01$	$2,03 \pm 0,01$
$a$ ( $R_{\odot}$ )		$6,00 \pm 0,01$
$\log g$ (cgs)	$4,285 \pm 0,005$	$4,287 \pm 0,005$
$M_{bol}$ (kadir)	$-0,86 \pm 0,03$	$-0,33 \pm 0,04$
$BC$	-0,90	-0,75
$M_v$ (kadir)	$0,046 \pm 0,086$	$0,420 \pm 0,107$
$E(B-V)$		0,034
$d$ (pc)		$105 \pm 6$

### 3.3. PT Velorum

PT Velorum (NSV 4409; HIP45079; HD79154;  $V=7,03$ ;  $P=1,802$  gün;  $A0 V$ ;  $\alpha = 09^h 10^m 57^s,7$ ;  $\delta = -43^\circ 16' 02'',9$ ) ışık değişimleri Strohmeier ve diğ. (1964) tarafından keşfedilen ve BV469 olarak adlandırılan parlak güney yıldızlarından biridir. Örtme örtülme doğası ilk kez *Hipparcos* (ESA, 1997) tarafından keşfedilmiştir. Sistemin *Hipparcos* fotometrisi Algol türü bir ışık eğrisi sergilemektedir.

PT Vel sistemindeki bileşenlerinin iç-yapılarının incelenmesi açısından önemli özelliklerinden biri eksen dönmesi göstermesidir (Otero, 2003; Bulut ve Demircan, 2007). Gözlenen birkaç minimum verisinin dışında, PT Vel'in başka gözlemsel verisi mevcut değildir. Sadece *Hipparcos* ve ASAS (Pojmanski, 2002) katalogları sırasıyla Hp ve V-fotometrik bantlarında sistemin ışık eğrilerini sağlamaktadır ve günümüze kadar bizim yaptığımız bu çalışmanın dışında tayfsal bir çalışması yoktur.

#### 3.3.1. Tayfsal Gözlemler

PT Vel'in tayfsal gözlemleri, Bölüm 2'de belirtildiği gibi, Mt John Canterbury Üniversitesi Gözlemevinin 1-m McLellan teleskobuna bağlı HERCULES tayfçekeri ile yapılmıştır. Fiber kablo seçiminde 1 numaralı fiberin istenilen sinyalin istenilen zamanda alınabilmesi için daha uygun olduğu düşünülmüştür.

8–19 Mayıs 2006 tarihleri arasında 11 gecede toplam 28 tayf alınmıştır. Dedektör olarak 24- $\mu\text{m}$  boyutlu 1024 x 1024 piksele SITE CCD kamerası kullanılmıştır. Bu kamera ile tüm optik tayf bölgesini gözleyebilmek için 4 farklı CCD konumu kullanmak gereklidir. 2 numaralı konum ( $\sim 4500 - 7200 \text{ \AA}$ ) tayf-çizgi yoğunluğu, süreklilik akısı ve CCD'nin etkinliği açısından en uygun olanıdır. Gecenin görüş kalitesine göre  $S/G = 120$  verecek şekilde pozlar 500 ile 1800 saniyelik süreler için alınmıştır. Gözlem kütüğü Tablo 3.14'de verilmiştir.



Tablo 3.14. PT Vel sisteminin tayfsal gözlem kütüğü.

No	Tayf	HJD -2450000	Tarih	UT	Poz süresi (s)
1	w3864012	3863,823	08/05/2006	07:42:53,9	989
2	w3864014	3863,836	08/05/2006	08:02:25,2	923
3	w3864020	3863,883	08/05/2006	09:09:29,8	772
4	w3864022	3863,895	08/05/2006	09:26:21,7	824
5	w3864034	3863,973	08/05/2006	11:18:34,4	1162
6	w3864036	3863,988	08/05/2006	11:40:08,3	1103
7	w3864042	3864,025	08/05/2006	12:33:37,8	1510
8	w3866002	3865,840	10/05/2006	08:08:22,4	1467
9	w3868008	3867,883	12/05/2006	09:09:51,8	2141
10	w3868028	3868,029	12/05/2006	12:39:38,1	994
11	w3870011	3869,808	14/05/2006	07:22:36,5	1148
12	w3871022	3870,786	15/05/2006	06:50:18,2	844
13	w3871031	3870,835	15/05/2006	08:01:14,5	832
14	w3871040	3870,881	15/05/2006	09:06:36,4	1200
15	w3872007	3871,799	16/05/2006	07:08:41,6	742
16	w3872015	3871,838	16/05/2006	08:04:58,6	779
17	w3872017	3871,848	16/05/2006	08:20:22,8	533
18	w3872022	3871,882	16/05/2006	09:08:11,0	807
19	w3872023	3871,933	16/05/2006	10:21:50,7	661
20	w3873016	3872,866	17/05/2006	08:45:27,7	744
21	w3874022	3873,787	18/05/2006	06:52:19,6	929
22	w3874030	3873,812	18/05/2006	07:27:28,9	900
23	w3874041	3873,847	18/05/2006	08:18:20,4	909
24	w3874052	3873,883	18/05/2006	09:10:24,0	1139
25	w3874066	3873,947	18/05/2006	10:42:16,1	1325
26	w3874077	3874,004	18/05/2006	12:04:15,0	1030
27	w3875013	3874,768	19/05/2006	06:25:06,2	905
28	w3875030	3874,815	19/05/2006	07:32:51,1	909

Gözlem indirgemeleri Bölüm 2’de anlatıldığı gibi yapılmıştır. Tayfların normalize edilmesi aşamasında, ikinci veya üçüncü dereceden polinomlar süreklilik üzerinde seçilen bölgelere fit edilmiştir. Tayflar, fit edilen fonksiyonlara bölünmek suretiyle normalize edilmişlerdir.

### 3.3.2- Dikine Hızlar

PT Vel’in dikine hızlarının ölçümü échelle tayf dizilerinin B9IV tayf türünden HR7773 yıldızının tayf dizileri ile çapraz eşlemeyle belirlenmiştir. Dikine hız ölçümleri için 12 tayf dizisi birbirlerinden bağımsız çalışılmıştır. Tayf dizileri ile ilgili bilgi Tablo 3.15’de verilmektedir. Tablo 3.15’de verilen tayf çizgileri arasında sadece  $H_{\beta}$  çizgisi genişlemiş çizgi yapısından dolayı çapraz eşleme yöntemi ile analiz edilmemiştir. Çapraz eşleme yöntemi IRAF’ın **fxcor** programı ile eşleme fonksiyonlarının merkezlerine Gauss fonksiyonu fit edilmek suretiyle

gerçekleştirilmiştir. Her bir tayf dizisinden hesaplanan dikine hızların ağırlıklı ortalaması alındıktan sonra, hızlara gün merkezli düzeltme yapılmıştır. Gün merkezli hızlara HR7773'ün mutlak hız düzeltmesi de yapılarak PT Vel'in mutlak hızları elde edilmiştir.

Tayfsal yörünge çözümü diferansiyel düzeltme yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Yörünge çözümü süresince, (Otero, 2003) 3.4 ve 3.5 eşitliklerinde verilen birinci ve ikinci minimum için ışık elemanları sabit tutulmuştur.

$$\text{Min I HJD} = 2448293,4930(1) + 1,8020075(10) \times E \quad (3.4)$$

$$\text{Min II HJD} = 2448294,3600(1) + 1,8020350(10) \times E \quad (3.5)$$

Yörüngenin basıklığı  $e$ , enberinin boylamı  $w$ , hız yarı genlikleri  $K_{1,2}$ , kütle merkezinin hızı  $V_\gamma$  iterasyona götürülen diğer yörünge parametreleridir. Dikine hızlara en iyi uyan yörünge çözümüne, birkaç iterasyon adımından sonra ulaşılmıştır. Hesaplanan yörünge parametreleri hataları ile birlikte Tablo 3.16'de verilmektedir.

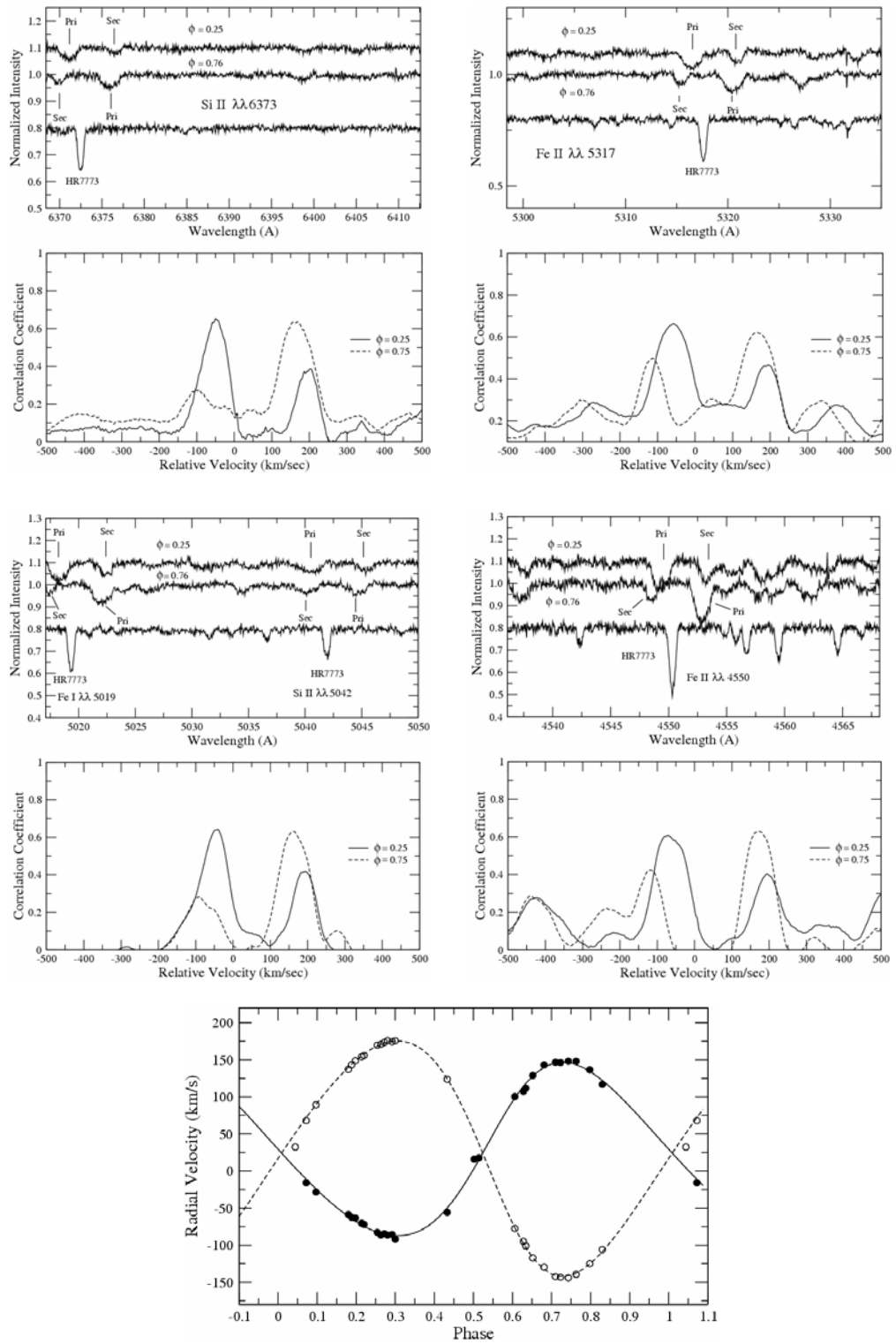
### 3.3.3- Işık ve Dikine Hız Eğrilerinin Çözümü

#### 3.3.3.1- Çift yıldız model ve girdi parametreleri

Işık ve dikine hız eğrilerinin analizinde iki farklı fotometrik veri seti (*Hipparcos* ve ASAS, sırasıyla, Hp ve V-bantları) ve Bölüm 3.3.2'de bahsedilen dikine hızlar kullanılmıştır. 1989–1991 yılları arasında bahsedilen ve 129 gözlem noktalı *Hipparcos* gözlemleri, ikinci minimumda oldukça az noktaya sahiptir. Buna karşın 2001–2006 yılları arasında yapılan ASAS fotometrisi 312 gözlem noktası ile ışık eğrisinin duyarlı analizine imkân tanıyan evre dağılımına sahiptir. Bu nedenle ışık eğrisi parametrelerinin belirlenmesinde ASAS fotometrisi kullanılmıştır.

Tablo 3.15. Tez çalışmasında PT Vel için kullanılan tayf çizgileri.

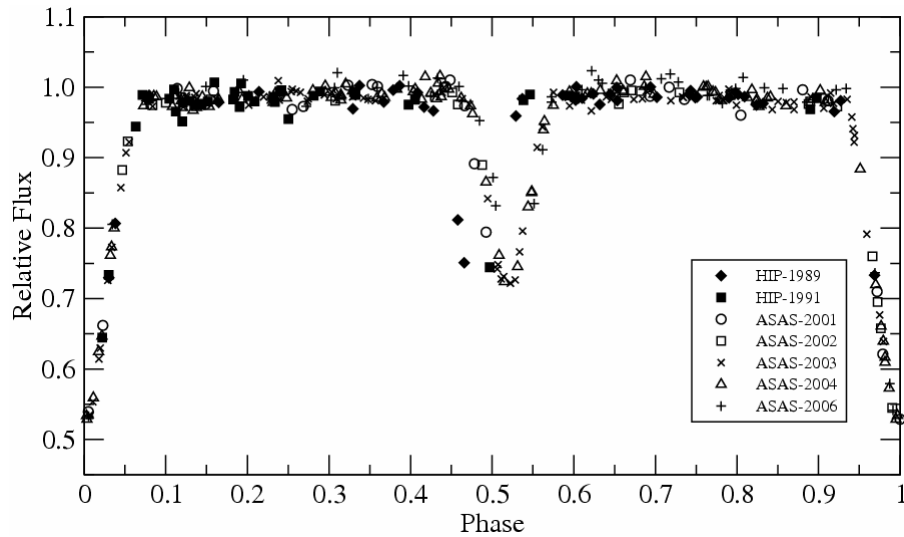
Tayf	Çizgi	Dalgaboyu	Ortalama	Yorum
89	6373,12 (Si II)	6368-6314	140	Hem yıldız hem örnek tayfta Si II çizgisi oldukça kuvvetlidir. Çapraz eşleme için güvenilir.
105	5402,06 (Ne I) 5405,62 (Fe I) 5416,71 (Fe I) 5425,58 (Fe I) 5434,40 (Si II)	5398-5437	120	Zayıf Çok zayıf Zayıf Zayıf Zayıf. Zayıf çizgiler bazen kendi iç içe girdiklerinden çapraz eşleme için uygun değildir.
107	5317,71 (Fe II)	5298-5335	120	Hem yıldız hem de örnek tayfta kuvvetli Fe II çizgisinin yanı sıra zayıf metal göze çarpmaktadır.
108	5265,65 (Fe II) 5277,16 (Cr I)	5249-5286	130	Hem yıldız hem de örnek tayfta kuvvetli Fe II çizgisi göze çarpmakta. Hem yıldız hem de örnek tayfta kuvvetli Cr I çizgisi göze çarpmakta. Bunun yanı sıra zayıf metal çizgiler de göze çarpmaktadır. Bu çizgiler çapraz eşlemeye dahil edilmemişlerdir.
109	5235,48 (Ne I) 5228,60 (Fe I)	5200-5238	120	Hem yıldız hem de örnek tayfta kuvvetli Ne I çizgisi göze çarpmakta. Her iki tayfta da kuvvetlidir. Ancak tayf dizisinin sınırına yakın olduğundan eşlemeye dahil edilmemiştir.
110	5168,93 (Fe I) 5170,34 (Fe I) 5174,13 (Mg I) 5185,05 (Mg I)	5153-5190	120	Her iki tayfta da kuvvetli ve güvenilir. Her iki tayfta da kuvvetli ve güvenilir. Her iki tayfta da kuvvetli ve güvenilir. Her iki tayfta da kuvvetli ve güvenilir. Bu kuvvetli çizgiler çapraz eşlemeyi de güvenilir yapmıştır.
113	5019,83 (Fe I)	5017-5053	120	Görel olarak kuvvetli ancak tayf dizisinin sınırına yakın.
115	5042,44 (Si II) 4958,51 (Ne I) 4934,18 (Si II)	4929-4965	115	Fe I'den zayıf ancak kullanıldı. Görel olarak zayıf olan Ne I ve Si II çizgileri her iki tayfta da mevcut.
117	4862,65 (H <sub>β</sub> )	4845-4880	100	Her iki bileşene ait çizgiler kolaylıkla ayırt edilebilmekte.
123	4620,05 (Fe I)	4610-4642	85	Görel kuvvetli. Her iki tayfta da mevcut.
124	4585,11 (Fe II) 4589,42 (Ne II)	4572-4605	80	Görel kuvvetli. Görel kuvvetli. Her iki tayfta da mevcut.
125		4535-4568	80	Belirlenemeyen bir dizi zayıf metal var.
126	4509,39 (Ne II) 4516,29 (Ne II) 4523,58 (Ne II)	4506-4532	80	Görel kuvvetli. Görel kuvvetli. Görel kuvvetli. Tüm çizgiler de her iki tayfta mevcut.



Şekil 3.14. PT Vel: Çapraz eşleme için seçilen tayf dizileri her bir panelin üstünde gösterilmektedir. Panellerde PT Vel ve örnek tayf (üst), çapraz eşleme fonksiyonu (altta) verilmektedir. En alt panelde dikine hızlar ile yörünge çözümleri gösterilmektedir.

Tablo 3.16. Çapraz eşleme yöntemi ile hesaplanan tayfsal yörünge parametreleri.

Parametre	Değer
$P$ (gün)	1,8020075
$T_0$	2448293,493
$e$	$0,130 \pm 0,004$
$w$ ( $^\circ$ )	$5,08 \pm 0,04$
$K_1$ ( $km\ s^{-1}$ )	$116,73 \pm 0,2$
$K_2$ ( $km\ s^{-1}$ )	$158,10 \pm 0,2$
$q$ ( $K_1/K_2$ )	$0,738 \pm 0,002$
$m_1 \sin^3 i$ ( $M_\odot$ )	$2,173 \pm 0,007$
$m_2 \sin^3 i$ ( $M_\odot$ )	$1,605 \pm 0,006$
$a \sin i$ ( $R_\odot$ )	$9,702 \pm 0,011$



Şekil 3.15. PT Vel'in *Hipparcos* ve ASAS ışık eğrisi. Gözlem dönemleri farklı sembollerle gösterilmiştir.

PT Vel'in eksen dönmesi gösterdiği bilindiği için (Otero, 2003; Bulut ve Demirçan, 2007) uzun erimli (5 yıl) ASAS fotometrik verileri 2001, 2002, 2003, 2004 ve 2006 yıllarını içerecek şekilde ayrılmıştır. 2003 ve 2004 yıllarına ait verilerin diğer yıllara göre daha iyi evre dağılımı gösterdiği görülmüştür. Bundan dolayı ışık eğrisi parametrelerinin belirlenmesinde 2003-2004 yıllarına ait fotometrik veriler kullanılmıştır. Sistemin 2005 yılına ait ASAS gözlemi yoktur. Şekil 3.15'de yıllara göre ASAS gözlemleri ve *Hipparcos* ışık eğrisi gösterilmektedir. İkinci minimumun yıllara göre yer değişimi açıkça görülmektedir. Eksen dönmesinin neticesi olan bu durumun tartışması Bölüm 3.3.4'de yapılmıştır.

2003 ve 2004 yıllarındaki fotometrik gözlemler Wilson-Devinney (W-D) (Wilson ve Devinney, 1971; Wilson, 1994) ışık ve dikine hız analiz programı ile çözülmüştür. Işık eğrisinin çözümü için birinci bileşenin sıcaklığının belirlenmesi gereklidir. Sıcaklık tayininde kullanılacak PT Vel'in ölçülen renkleri yıldızlararası ortamdaki kızıllaşmıştır. Renk artıklarının tayininde Schlegel ve diğ. (1998) kızıllaşma haritalarının kullanılması galaktik enlemi  $b=|5|$  dereceden küçük olan yıldızlar için güvenilir değildir (Schlegel ve diğ., 1998). Bu nedenle Schlegel ve diğ. (1998)'nin kızıllaşma haritalarının kullanılması uygun görülmemektedir. Bununla birlikte, Gathier (1985) 13 gezegenimsi bulutsuyu gözlediği Walraven fotometrik çalışmasında PT Vel'i yerel standart yıldızlardan biri olarak kullanmıştır. Yaptığı ölçümlerde, PT Vel'in Walraven bandındaki parlaklığı ve renkleri  $V = -0,056$ ,  $V-B = 0,0238$ ,  $B-U = 0,4209$ ,  $U-W = 1074$  ve  $B-L = 0,1779$  olarak belirlenmiştir. Kızıllaşmadan arındırılmış renkleri hesaplamak için Lub ve Pel (1977)'in aşağıdaki bağıntıları kullanılabilir;

$$[B - U] = (B - U) - 0,61(V - B), \quad (3.6)$$

$$[U - W] = (U - W) - 0,45(V - B), \quad (3.7)$$

$$[B - L] = (B - L) - 0,39(V - B). \quad (3.8)$$

3.6–3.8 bağıntılarındaki katsayılar iki renk diyagramlarındaki kızıllaşma eğrilerinin eğimleridirler. PT Vel'in gözlenen renkleri için, 3.6–3.8 bağıntıları kızıllaşmadan arındırılmış parametreleri  $[B-U] = 0,4064$ ,  $[U-W] = 0,0967$  ve  $[B-L] = 0,1686$  verir. Kızıllaşmadan arındırılmış renklerden yıldızın yüzey sıcaklığının belirlenmesi, Castelli ve Kurucz (2003)'ün Walraven fotometrisi için oluşturdukları  $\log T$  ve  $\log g$  değerleri arasındaki ilişkiyi veren tablolarından ilgili yüzey renkleri için ara değer hesabı yapılmak suretiyle hesaplanmıştır.  $\log T$  ve  $\log g$  belirlendikten sonra, bu tabloda yapılan ara değer hesabı yıldızın gerçek rengini  $[V-B]$  verir. Walraven V-bandındaki soğurmanın hesabı ve Johnson'ın V-bandındaki parlaklığın belirlenmesinde Brand ve Wouterloot (1988) bağıntıları kullanılmıştır.

$$\frac{A_v}{E(V - B)} = 3,16 - 0,12E(B - V) \quad (3.9)$$

$$V_J = 6,884 - 2,5(V_{Wal} + 0,39(V - B)) \quad (3.10)$$

PT Vel'in kızıllaşmadan arındırılmış renklerinden hesaplanmış yüzey sıcaklığı ve yüzey çekimi, sırasıyla,  $T_e = 9250$  K ve  $\log g = 4,21$  cgs'dir. Teorik renkler ile sıcaklık arasında yapılan ara değer hesabı ile  $[V-B] = 0^m,019$  bulunur. 3.9 eşitliğinden  $A_v = 0^m,016$  elde edilir. PT Vel'in Johnson V parlaklığı ise yine aynı bağıntılardan  $V_{Johnson} = 7^m,065$  bulunur.

Bileşenlerin kütle oranı ( $q$ ) tayftan hesaplanan değerde sabitlenip ikinci bileşenin yüzey çekim potansiyeli ( $\Omega_2$ ) kütle oranına göre değiştirilmiştir. Yarı-ayrık model varsayımı ile yapılan ışık eğrilerinin analizi, fiziksel olarak tutarlı bir sonuç vermemiştir. Bu nedenle daha ileride yapılan analizlerde ayrık model (MODE 2) göz önünde bulundurulmuştur.

### 3.3.3.2. Işık Eğrisi Parametrelerinin Belirlenmesi

Yüzey potansiyelleri ( $\Omega_1, \Omega_2$ ), ikinci bileşenin sıcaklığı ( $T_{eff2}$ ), birinci bileşenin ısıtması ( $L_1$ ), yörünge eğimi ( $i$ ) ve enberinin boylamı ( $w$ ) W-D yazılımı ile yapılan ışık eğrisi analizinde serbest bırakılan parametrelerdir. Kenar kararması için logaritmik kenar kararma yasası (van Hamme, 1993) kullanılmıştır. Kenar kararma katsayıları ( $x_{1,2}, y_{1,2}$ ), uygun yüzey çekimi ( $\log g$ ) ve sıcaklık ( $T_e$ ) için van Hamme (1993)'nin tablolarından yararlanılmıştır. Tüm ışınım yansıtma katsayısı ve çekim kararma katsayıları radyatif atmosferli yıldızlara uygun olarak (von Zeipel, 1924) 1 değeri kabul edilip analiz süresince sabit tutulmuştur. Yörünge basıklığı ( $e$ ), enberinin boylamı ( $w$ ), kütle oranı ( $q$ ) gibi parametrelerin başlangıç değerleri, Bölüm 3.3.2'de tayfsal yörünge çözümünden alınmıştır. Kütle oranı ve basıklık, sırasıyla,  $q = 0.738$  ve  $e = 0.130$  model hesabında sabit tutulmuştur. Üçüncü bir cismin sistemin ışığına katkısı da göz önünde bulundurulmuş ve SIMBAD veritabanı ile Hipparcos ve Tycho kataloglarında (ESA, 1997) yapılan araştırma neticesinde PT Vel'in 40 açı saniyesi uzaklığında MP Vel değişen yıldızı bulunmuştur. MP Vel'in PT Vel'in fotometrik ve tayfsal gözlemlerinin hesabını etkileyemeyeceği açıktır. Buna ek olarak, PT Vel'in tayfında üçüncü cisme ait herhangi bir çizgiye rastlanmamıştır. 2003 ve 2004 yıllarına ait ışık eğrisi çözümleri birkaç iterasyon

adımından sonra en küçük  $\chi^2$  değerine ulaşmıştır. Çözümlerin güvenilirliğini test etmek için farklı girdi parametreleri modele yerleştirilerek tekrar çözümlenmeye gidilmiştir. Her bir çözüm sonucunda aynı parametrelere ulaşılmıştır. Çözümlerin verdiği parametreler Tablo 3.17’de verilmişlerdir.

Bileşen yıldızların görelî boyutları hesaplandıktan sonra, dikine hızlar bileşenlerin yakınlık ve dönme etkileri dikkate alınarak tekrar analiz edilmiştir. Analiz sonucunda kayda değer bir değişime rastlanmamıştır.

Evre dağılımlarının görelî olarak daha zayıf olduğu *Hipparcos* ve *ASAS*’ın 2001, 2002 ve 2006 tarihli ışık eğrileri enberinin boylamının tayininde kullanılmışlardır. Işık eğrilerinin W-D ile analizinde enberinin boylamı, evre kayması ve birinci bileşenin ışıması serbest bırakılan parametreler iken diğer ışık eğrisi parametreleri iterasyonlar süresince sabit tutulmuştur. Işık eğrilerinin analizi sonucunda farklı  $w$  değerleri elde edilmiştir. Şekil 3.16’da kullanılan tüm fotometrik veriler (1989, 1991, 2001, 2002, 2003, 2004 ve 2006) ve dikine hız verileri ile tayin edilen en iyi model eğrileri gösterilmişlerdir.

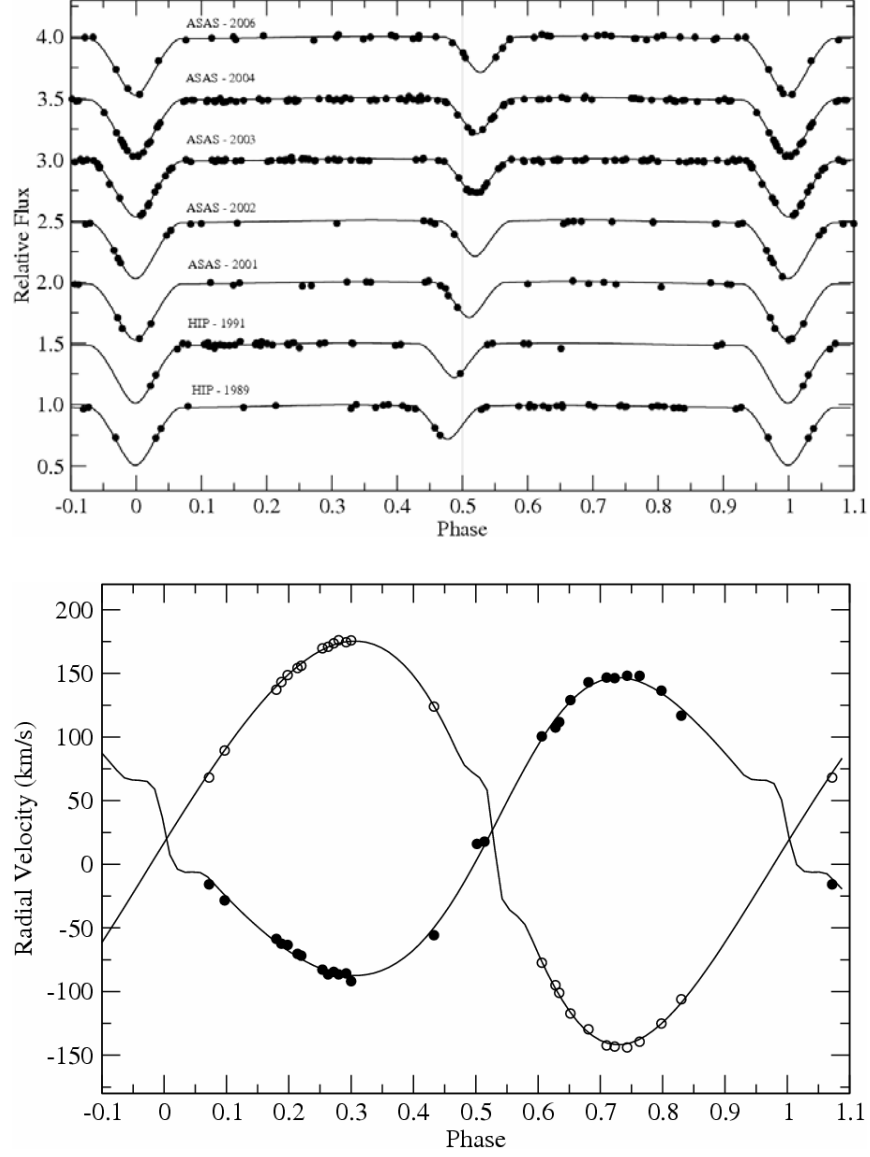
#### 3.3.4. Eksen Dönmesi

3.4 ve 3.5 eşitliklerindeki yörünge dönemlerindeki farklar eksen dönmesinin açık bir sonucudur. Ayrıca PT Vel’in küçük olmayan yörünge basıklığı ( $e=0,130$ ) eksen dönmesi ihtimalini arttırır. Ancak minimum zamanlarının sayısının yetersiz olması ve zamana dağılımının düzgün olmamasından dolayı, enberinin hareketini ve yörünge basıklığını minimum zamanlarından belirleme olanağı yoktur. Bu nedenle eksen dönmesi dönemi ışık ve dikine hız eğrilerinden elde edilen  $\omega$  parametrelerine en küçük kareler yöntemi ile doğru fiti yapmak sureti ile belirlenmiştir. Zamana karşı çizdirilen enberinin boylamlarına yapılan doğrusal fit Şekil 3.17’de gösterilmektedir. Doğrunun eğimi ( $\alpha = 0,0345 \pm 0,001$ ), enberi boylamı ile artış göstermektedir. Eksen dönme miktarı  $2,00 \pm 0,09$  °/yıl yani  $\omega = 0,0097 \pm 0,0004$  °/çevrim’dir. Bu değerler ile eksen dönme dönemi  $U=182,6 \pm 7,9$  yıl olarak bulunur.

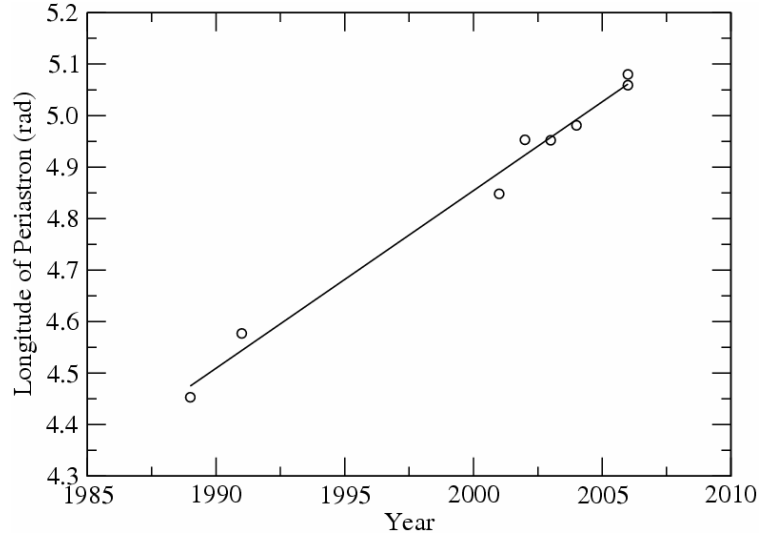


Tablo 3.17. PT Vel sisteminin ışık eğrilerinin çözümünden elde edilen model parametreleri. Hatası verilmeyen parametreler çözümde sabit tutulmuşlardır. Kadirlerin sağ alt köşesinde verilen sayılar yıldızın o seneki verilerini göstermektedir. Hatalar noktadan sonraki son basamaktaki hatalardır.

Parametre	Hp <sub>1989</sub>	Hp <sub>1991</sub>	V <sub>2001</sub>	V <sub>2002</sub>	V <sub>2003</sub>	V <sub>2004</sub>	V <sub>2006</sub>
$T_1$ (K)	9250	9250	9250	9250	9250	9250	9250
$T_2$ (K)	7650	7650	7650	7650	7650±40	7650±30	7650
$q(K_2/K_1)$	0,736	0,736	0,736	0,736	0,736	0,736	0,736
$e$	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
$w$ (rad)	4,453±14	4,577±27	4,848±17	4,953±14	4,950±6	4,983±6	5,059±14
$L_1$ ( $L_1/L_{toplaml}$ )	0,757	0,757	0,757	0,757	0,755±7	0,758±5	0,757
$L_2$ ( $L_2/L_{toplaml}$ )	0,243	0,243	0,243	0,243	0,245±10	0,242±10	0,243
$\Omega_1$	5,56	5,56	5,56	5,56	5,59±5	5,53±3	5,56
$\Omega_2$	5,9	5,9	5,9	5,9	5,94±4	5,85±4	5,9
$r_1$ (kutup)	0,211	0,211	0,211	0,211	0,210±2	0,212±2	0,211
$r_1$ (uç)	0,219	0,219	0,219	0,219	0,218±2	0,220±2	0,219
$r_1$ (kenar)	0,215	0,215	0,215	0,215	0,213±2	0,216±2	0,215
$r_1$ (arka)	0,218	0,218	0,218	0,218	0,216±2	0,219±2	0,218
$r_1$ (ort)	0,215	0,215	0,215	0,215	0,213±2	0,216±2	0,215
$r_2$ (kutup)	0,159	0,159	0,159	0,159	0,158±2	0,160±2	0,159
$r_2$ (uç)	0,163	0,163	0,163	0,163	0,161±2	0,164±2	0,163
$r_2$ (kenar)	0,160	0,160	0,160	0,160	0,159±2	0,161±2	0,16
$r_2$ (arka)	0,162	0,162	0,162	0,162	0,161±2	0,163±2	0,162
$r_2$ (ort)	0,160	0,160	0,160	0,160	0,159±2	0,161±2	0,16
$i$ (°)	88,2	88,2	88,2	88,2	88,5±5	87,8±4	88,2
Evre kayması	-0,0128	-0,0070	0,0050	0,0102	0,0104	0,0114	0,0145
Nokta sayısı; $\chi^2$	42; 0,0040	40; 0,0056	28; 0,0039	25; 0,0009	105; 0,0067	107; 0,0061	47; 0,0065



Şekil 3.16. PT Vel'in ışık ve dikine hız eğrileri ve hesaplanan en uygun teorik fitler. Işık eğrileri *Hipparcos* ve ASAS verilerinden oluşturulmuştur.



Şekil 3.17. PT Vel: Enberinin boylamının zamana göre değişimi.

### 3.3.5- Mutlak Parametreler, Uzaklık ve İç Yapı Sabiti

Tablo 3.16'deki tayfsal sonuçların, Tablo 3.17'daki ışık eğrisi parametreleriyle birleştirilmesiyle PT Vel'in bileşen yıldızlarının mutlak parametreleri elde edilmiş ve Tablo 3.18'de verilmiştir. Bileşenlerin kütleleri 1 % hata ile belirlenmiştir. Böylece, Andersen (1991) tarafından belirlenen yıldız parametrelerinin teorik modeller ile karşılaştırılabilmesi için 1 %'lik duyarlılık sınırına PT Vel yaklaşmış olup mutlak parametreleri iyi belirlenen çift çizgili çift sistemlere dâhil edilmiştir.

PT Vel'in kızıllaşmadan arındırılmış Johnson V parlaklığı ( $7^m,065$ ), ışık eğrisinden hesaplanan bileşenlerin ışık katkıları ile bileşen yıldızların parlaklıkları, sırasıyla,  $m_1 = 7^m,367$  ve  $m_2 = 8^m,601$  olarak bulunmuştur.

Bileşenlerin sıcaklıkları, kütleleri ve yarıçaplarına baktığımızda benzer özelliklere sahip bileşen yıldızların oluşturduğu bir sistem ile karşılaşıyoruz. Birinci bileşenin sıcaklığı  $T_{\text{eff1}} = 9250$  K, kütlesi  $M_1 = 2,18 M_{\odot}$  ve yarıçapının  $R_1 = 2,09 R_{\odot}$  A0V tayf türü ile tutarlı (Straizys ve Kuruliene, 1981) olduğunu görüyoruz. Ayrıca, ikinci bileşenin sıcaklığı  $T_{\text{eff2}} = 7650$  K, kütlesi  $M_2 = 1,61 M_{\odot}$  ve yarıçapının  $R_2 = 1,55 R_{\odot}$  A5V tayf türü ile tutarlı olduğunu görüyoruz.

Tablo 3.18. Tablo 3.17’da verilen W-D çözümlerine göre PT Vel’in mutlak parametreleri.

Parametre	Birinci Bileşen	İkinci Bileşen
<i>Tayf türü</i>	A0 V	A5 V
$T_0$ (HJD)	2453870,7417 ± 0,0018	
$P$ (gün)	1,8020075 ± 0,0000010	
$e$	0,130 ± 0,004	
$w$	5,061 ± 0,005	
$M$ ( $M_{\odot}$ )	2,177 ± 0,008	1,607 ± 0,006
$R$ ( $R_{\odot}$ )	2,087 ± 0,020	1,553 ± 0,020
$T$ (K)	9250 ± 50	7650 ± 40
$\log L$ ( $L_{\odot}$ )	1,545 ± 0,012	0,954 ± 0,015
$a$ ( $R_{\odot}$ )	9,71 ± 0,01	
$\log g$ (cgs)	4,140 ± 0,008	4,262 ± 0,010
$M_{bol}$ (kadir)	0,874 ± 0,030	2,359 ± 0,038
$M_v$ (kadir)	1,08 ± 0,02	2,33 ± 0,06
$m_v$	7,326 ± 0,008	8,560 ± 0,010
$E(B-V)$	0,004	
$d$ (pc)	162 ± 2	

PT Vel’in *Hipparcos* kataloğundaki trigonometrik paralakstan hesaplanan uzaklığı  $160 \pm 5$  pc’dir. Bu çalışmada, Code (1976), Flower (1996), Bessel (1998) ve Girardi (2002)’den ayrı ayrı alınan tüm ışınım düzeltme (BC) terimleri kullanılarak PT Vel sistemindeki bileşenlerinin mutlak kadirleri ( $M_{v1,2}$ ) hesaplanmıştır. Mutlak parlaklıklar da sistemin V parlaklığı ve ışık eğrisi çözümünden hesaplanan bileşenlerin sistemin toplam ışığına katkıları bir araya getirilerek sistemin fotometrik uzaklığı  $163 \pm 3$  pc hesaplanmıştır. PT Vel’in fotometrik uzaklığı *Hipparcos* uydusundan hesaplanan trigonometrik paralaks değeri ile hemen hemen aynıdır.

### 3.4. V964 Centauri

V964 Cen (202 G Cen, HD115823, HIP65112, HR5026) parlak ( $V \sim 5^m, 447$ ) ön tayf türünden (B6V) güney yarımküre yıldızıdır. V964 Cen'in parlaklığı ve renginin belirlenmesi üzerine birçok çalışma yapılmıştır (örneğin Bertiau, 1958; Gutierrez-Moreno ve Moreno, 1968; Crawford ve diğ., 1971; Dachs ve Schmidt-Kaler, 1975; Eggen, 1977; de Geuss ve diğ. 1989; Slawson ve diğ. 1992; van Houten ve diğ. 1999). Bu çalışmaların özeti Tablo 3.19'de verilmektedir.

de Vaucouleurs (1957) ön tayf türünden güney yıldızlarının ışıtmalarını ve uzaklıklarını belirlediği çalışmasında V964 Cen'i Sco-Cen OB'ye üye ihtimali yüksek olan yıldızlar arasına koymuştur. de Zeeuw ve diğ. (1999) ise V964 Cen'in Sco OB'nin alt üyesi olan Lower Crux Centaurus'a üyelik ihtimalini 100 % olarak vermiştir.

Sco-Cen OB'deki yıldızların kinematik özelliklerini inceleyen Bertiau (1958), V964 Cen'in tayfını B5 III ve dikine hızını  $6,2 \text{ km s}^{-1}$  vermektedir. Buscombe ve Morris (1960) gözlemlenen 5 tayftan ikinci bileşenin de dikine hızını belirleyebilmiş ve sistemi oluşturan bileşenlerin tayf türü için B5 III + A1: önerisinde bulunmuştur. Ancak tayfsal yörünge çözümü için sistemin yeterli sayıda dikine hız verisi olmadığı için, yörünge parametreleri belirlenememiştir. Buscombe (1969) V964 Cen'in iki farklı tayfında, çoğunlukla metal çizgilerinden yaptığı ölçümlerden yıldızın izdüşüm dönme hızını  $v \sin i = 70 \text{ km s}^{-1}$  olarak hesaplamıştır. Hiltner ve diğ. (1969) V964 Cen'in MK sistemindeki tayf sınıflamasını B6V olarak belirlemiştir. Cucchiaro ve diğ. (1980) birçok yıldızın morötesi tayf çizgilerini inceleyerek yaptığı tayf sınıflamasında, V964 Cen için B6 V tayf sınıfını öngörmektedirler. Duflo ve diğ. (1995) yıldızların dikine hız katalogunda V964 Cen'in dikine hızını  $10 \text{ km s}^{-1}$  vermektedirler. Brown ve Verschueren (1997) Sco OB'deki yıldızların yüksek çözünürlüklü tayflarından dönme hızlarını belirledikleri çalışmasında V964 Cen'in izdüşüm dönme hızını  $42 \pm 5 \text{ km s}^{-1}$ , Glebocki ve Stawikowski (2000) ise  $80 \text{ km s}^{-1}$  olarak vermektedir.

Morossi ve Malagnini (1985) birçok yıldızın moröte tayflarına yaptıkları model atmosfer fitlerinden V964 Cen'in yüzey sıcaklığını 15170 K olarak belirlemişlerdir. de Geuss ve diğ. (1989) V964 Cen'in Walraven fotometrisindeki kızıllaşmadan arındırılmış renk indislerini belirlediği çalışmasında yıldızın yüzey sıcaklığını ve yüzey çekim ivmesini, sırasıyla, 14450 K ve 4,26 (cgs) hesaplamışlardır. Gulati ve diğ. (1989) erken tür yıldızların mor-ötesi akıları ile sıcaklıkları arasındaki empirik ilişkiden yararlanarak V964 Cen'in sıcaklığını 15170 K belirlemiştir. Castelli (1991) Strömngren fotometrik renk indekslerinden yararlanarak V964 Cen'in yüzey sıcaklığını 14610 K ve yüzey çekimini  $\log g=4,23$  (cgs) bulunmuştur. Niemczura (2003) V964 Cen'in IUE tayflarına yaptığı model atmosfer fitlerinden yıldızın yüzey sıcaklığını, yüzey çekimini, renk artığı ve metal bolluğunu sırasıyla  $T_{\text{eff}}=13850 \pm 200$  K,  $\log g = 4,255$  (cgs),  $E(B-V) = 0^m,022$ ,  $[M/H] = -0,50 \pm 0,10$  dex olarak belirlemiştir. Fitzpatrick ve Massa (2005), Niemczura (2003)'nın yaptığı çalışmaya benzer bir çalışma da V964 Cen'in yarıçapı, yüzey sıcaklığı, yüzey çekimini, renk artığı ve metal bolluğunu, sırasıyla,  $R = 2,38 \pm 0,11 R_{\odot}$ ,  $T_{\text{eff}} = 14244 \pm 173$  K,  $\log g = 4,26$  cgs,  $E(B-V) = 0^m,000$ ,  $[M/H] = -0,13 \pm 0,15$  dex olarak bulmuşlardır.

Westin (1985) Gould Kuşağı'nı oluşturan parlak yıldızları incelediği çalışmasında yaşları 20 milyon yıl olan yıldızların galaktik düzleme 19 derecelik açı yapan başka bir düzlemde dağıldıklarını, yaşları 60 milyon yıldan daha büyük olan yıldızların ise galaktik düzlemde rastgele dağıldıklarını görmüştür. Westin'in çalışmasında V964 Cen'in yaşı ZAMS'a yakın olmasından dolayı net olarak belirlenememiş ancak 40 milyondan daha küçük olduğu vurgulanmıştır.

### 3.4.1. Tayfsal Gözlemler

Tayfsal gözlemler Bölüm 2'de belirtildiği gibi Mt John Canterbury Üniversitesi Gözlemevinin 1-m McLellan teleskobuna bağlı HERCULES tayfçekeri ile yapılmıştır. Fiber kablo seçiminde 1 numaralı fiberin istenilen sinyalin istenilen zamanda alınabilmesi için daha uygun olduğu düşünülmüştür.

V964 Cen'in sadece ikinci gözlem döneminde gözlemleri yapılmıştır ve toplam 44 adet tayfi alınmıştır. Gözlemler SI600 kamerası kullanılmıştır. Bölüm 2'de de belirtildiği gibi kamera tüm tayf bölgesini kapsadığından CCD için herhangi bir konum seçimi söz konusu değildir. Gözlem indirgemeleri Bölüm 2'de anlatıldığı gibi yapılmıştır. Tayfların normalize edilmesi aşamasında ikinci veya üçüncü dereceden polinomlar süreklilik üzerinde seçilen bölgelere fit edilmiştir. Tayflar, fit edilen fonksiyonlara bölünmek suretiyle normalize edilmişlerdir.

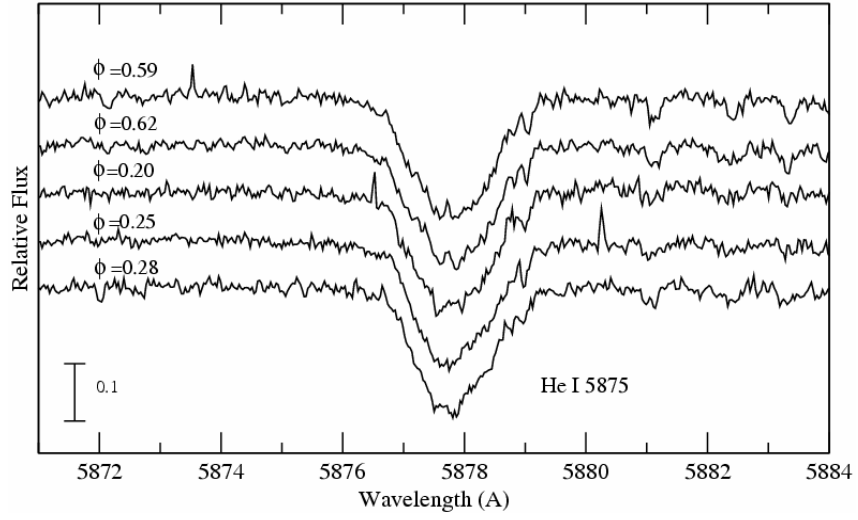
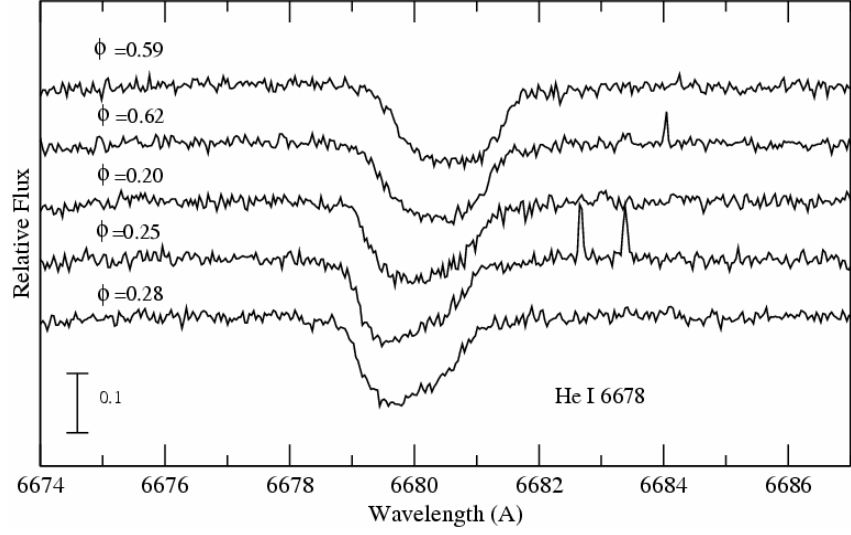
Tablo 3.19. V964 Cen'in temel fotometrik, konum ölçümleri ve kinematik verileri.

Parametre	Değer	Kaynak
<b>Johnson Fotometrisi</b>		
$V_0$	5,39	Gutierrez-Moreno ve Moreno, 1968
$(B-V)_0$	-0,15	
$(U-B)_0$	-0,54	
$\beta$	2.727	
$E(B-V)$	0.01	Savage ve diğ. (1985)
$J$	$5,727 \pm 0,032$	Cutri ve diğ. (2003)
$H$	$5,760 \pm 0,046$	
$K$	$5,802 \pm 0,021$	
$A_{VJ}$	0,03	de Geuss ve diğ. (1989)
<b>Strömgren fotometrisi</b>		
b-y	-0,071	Crawford ve diğ. (1971)
$m_1$	0,118	
$c_1$	0,461	
$\beta$	2,721	
$\alpha$	$3,168 \pm 0,023$	Dachs ve Schmidt-Kaler (1975)
<b>Walraven fotometrisi</b>		
V	0,5692	de Geuss ve diğ. (1989)
V-B	-0,0451	
B-U	0,1671	
U-W	0,0193	
B-L	0,0600	
<b>Kinematik özellikler</b>		
$\mu_\alpha \cos \delta, \mu_\delta$ (mas)	-26, -16	Egen (1977)
$U, V, W$ (km s <sup>-1</sup> )	+12, -24, -10	
$V\gamma$ (km s <sup>-1</sup> )	+10:	
$U, V, W$ (km s <sup>-1</sup> )	-8,05(2,5), -20,15(3,1), -5,56(0,9)	Fuchs ve diğ. (2006)
$\mu_\alpha \cos \delta, \mu_\delta$ (mas)	-30,71 $\pm$ 0,49; -16,46 $\pm$ 0,41	Hipparcos (ESA, 1997)
$d$ (pc)	121,4 $\pm$ 9,7	
<b>Işık elemanları</b>		
$T_0$ (HJD)	2448500,9107 $\pm$ 0,0004	Hipparcos (ESA, 1997)
$P$ (gün)	1,54259	

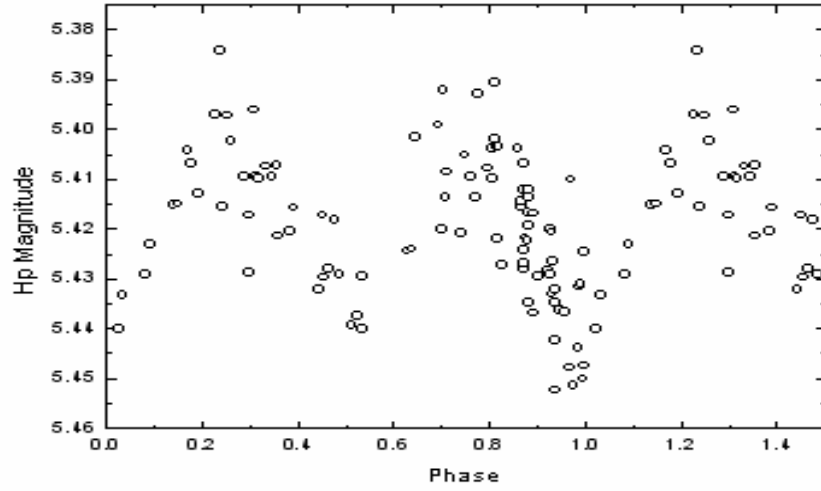
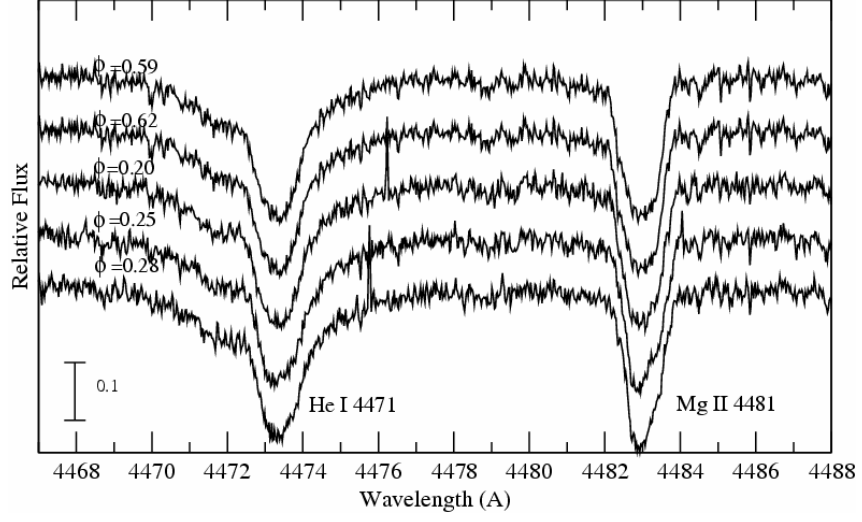
### 3.4.2. Tayf Çizgilerinin Yorumlanması

V964 Cen'in tayfsal gözlemlerinden elde edilen tayf kesitlerinin bir kısmı Şekil 3.18'de farklı yörünge evreleri (0,20, 0,25, 0,28, 0,59, 0,62) için gösterilmektedir. Şekil 3.18'de erken tür yıldızlarda olduğu gibi V964 Cen'in optik bölgesindeki tayfında en göze çarpan 3 farklı He I (6678, 5875, 4471 Å) ile Mg II 4481 Å çizgileri görülmektedir. Ayrıntılı bir model atmosfer fiti yapılmamasına karşın η Mus ve V831 Cen çalışmalarından edinilen izlenimler doğrultusunda, V964 Cen'in çizgileri normal B6V tayf türünden yıldızın çizgi şiddetleri ile uyumludur. Yıldızın tayfında başka bir yıldızın sürekliliğinden dolayı çizgilerin şiddetlerinde azalma olmadığını da görülmektedir. Ayrıca *Hipparcos* ışık eğrisinden (Şekil 3.19) hesaplanan ışık elemanlarına göre alt alta çizdirilen tayf kesitlerinde de olası bir yörünge hareketinden dolayı Doppler kayması gözlenmemektedir. Ancak He I 6678 Å çizgisinin kesitinde şekil değiştirmesi görülmektedir. Çizgi kesitlerindeki şekil değişimlerinin zonklayan yıldızlardakine benzer olduğu görülmektedir. Her ne kadar bu tür değişimler Yavaş Zonklayan B (SPB) türü yıldızlarda görünse de V964 Cen'in gelecekte yapılması planlanan ayrıntılı tayf analizi yıldızın gerçek doğası ve Sco-Cen üyeliği hakkında önemli bilgilerin elde edilmesini sağlayacaktır.





Şekil 3.18. V964 Cen'in Hipparcos ışık ölçelerine göre 5 farklı yörünge evresinde ki He I 6678 Å (üst panel), He I 5875 Å (alt panel) çizgileri.



Şekil 3.19. V964 Cen'in Hipparcos ışık ölçelerine göre 5 farklı yörünge evresindeki He I 4471 Å ve Mg II 4481 Å (*üst panel*) çizgileri ve *Hipparcos* ışık eğrisi.

## BÖLÜM 4

### TARTIŞMA VE SONUÇ

Tez çalışmasında incelenen sistemler ile ilgili olarak aşağıdaki bulgulara ulaşılmıştır:

*Hipparcos*, Strömngren fotometrileri ve yüksek çözünürlüklü tayfların analizine göre  $\eta$  Mus-A, Buscombe ve Morris (1961)'in önerdiği gibi, tek çizgili çift sistem olmayıp, çoklu bir sistem içerisinde çift çizgili 2,4 gün yörünge dönemli hemen hemen eş kütleli bileşenlerden oluşan bir çift yıldız sistemidir.  $\eta$  Mus-A'dan 60 as uzaklıkta bulunan  $\eta$  Mus-B yakın çekişsel olarak bağlı olmayan optik bir bileşendir. Görsel bileşenler arasında en sönük olan  $\eta$  Mus-C'nin  $\eta$  Mus sistemine olan çekişsel bağlılığı dikine hız verisinin veya görsel yörüngesinin bulunmamasından dolayı incelenmesi mümkün değildir.  $\eta$  Mus-C şu anda sadece Hubrig ve diğ. (2001) tarafından kızılötesi fotometri ile keşfedilmiş optik bir bileşendir.

de Zeeuw ve diğ. (1999) Güneş yakınındaki OB yıldız oymakları üzerine yaptıkları çalışmada  $\eta$  Mus-A'nın LCC'ye üyeliğini 60 % ihtimal ile hesaplamıştır.  $\eta$  Mus-B'nin konum, öz hareket ve dikine hız verilerinden hesaplanan uzay hızından LCC'ye olan üyeliği kuvvetle muhtemeldir. Ancak yıldızın  $\eta$  Mus-A'nın üyeliği eldeki verilere göre çok zayıftır.

$\eta$  Mus-A'nın ve diğer LCC yıldızlarının evrim aşamasını incelemek için Sartori ve diğ. (2003) tarafından oluşturulan Sco-Cen OB yıldızları katalogundan faydalanılarak Şekil 3.20'deki H-R diyagramı oluşturulmuştur. Anakol yıldızlarının yaş tayininde Berteli ve diğ. (1994)'nin izokronları, anakol öncesi yıldızların yaş tayininde Siess ve diğ. (2000)'nin izokronları kullanılmıştır. Her iki izokron seti Güneş bolluğu varsayımı altında hazırlanmıştır. Şekil 3.20'de  $\eta$  Mus-A'nın bileşenlerinin konumlarına bakıldığında, bileşenler ZAMS (sıfır yaş anakolu)'dan çok fazla uzaklaşmamış görünmektedir. Yıldızlar  $16 \pm 5$  milyon yıl yaşındadır. Hesaplanan yaş, Sartori ve diğ. (2003)'nin LCC oymağı için önerdiği yaş ile uyum

içerisindedir. Ne yazık ki elimizdeki veriler ile kimyasal test imkânı olanaksızdır. Ancak,  $\eta$  Mus-A'nın yaşı LCC'ye olan üyeliğini destekler niteliktedir.

Çift yıldızların dinamik evrimi açısından  $\eta$  Mus-A'nın bileşenlerinin farklı hızlarda dönmesi (Aa için  $34 \text{ km s}^{-1}$  ve Ab için  $44 \text{ km s}^{-1}$ , bkz. 3.1.4) ilginçtir. Sadece Ab bileşeni yörünge ile eş zamanlı dönmektedir. Esas soru Aa bileşeninin neden daha yavaş döndüğüdür. Bazı erken tür yıldızların, anakola doğru büzülürken anakol öncesi etrafındaki toplanma diski ile hala etkileşim halinde olmasında dolayı yıldızın açısal momentum kaybetmesi neticesinde anakol yaşantısına yavaş dönme hızı ile başladığı bilinmektedir (Rebull ve diğ. 2004; Herbst ve Mundt 2005). Yıldız oluşum bölgelerinde (YOB) yıldızların dönme hızlarını etkileyen diğer bir etken de toplanma oranlarıdır. Wolff ve diğ. (2007) LCC gibi düşük yoğunluklu ( $\rho = 0,14 M_{\odot} \text{pc}^{-3}$ ) YOB'lar için düşük toplanma oranları önermiştir. Bu düşük toplanma oranları da yıldızların düşük yoğunluklu YOB'larda daha yavaş başlangıç hızları ile döneceği sonucuna götürmektedir. Böylece  $\eta$  Mus-A'nın bileşenlerinin anakol ömürlerine yavaş dönme ile başladığını söyleyebiliriz.

Bununla birlikte, dinamik evrimine ikinci senaryo olarak,  $\eta$  Mus-A'nın bileşenleri ZAMS'a hızlı dönen yıldızlar olarak gelmişlerdir ( $\sim 150\text{--}200 \text{ km s}^{-1}$ , bkz. Gray, 1988) ve bileşenler arasındaki karşılıklı çekimden dolayı hızlarını bugünkü hızlarına düşürmüşlerdir.  $\eta$  Mus-A'nın bileşenleri için eş dönme zaman ölçeği hesaplanırsa (Zahn, 1977) 350000 yıllık bir zaman bulunur ki, bu süre sistemin izokron yaşından bile küçük olmakla birlikte LCC'nin yaşından da küçüktür.

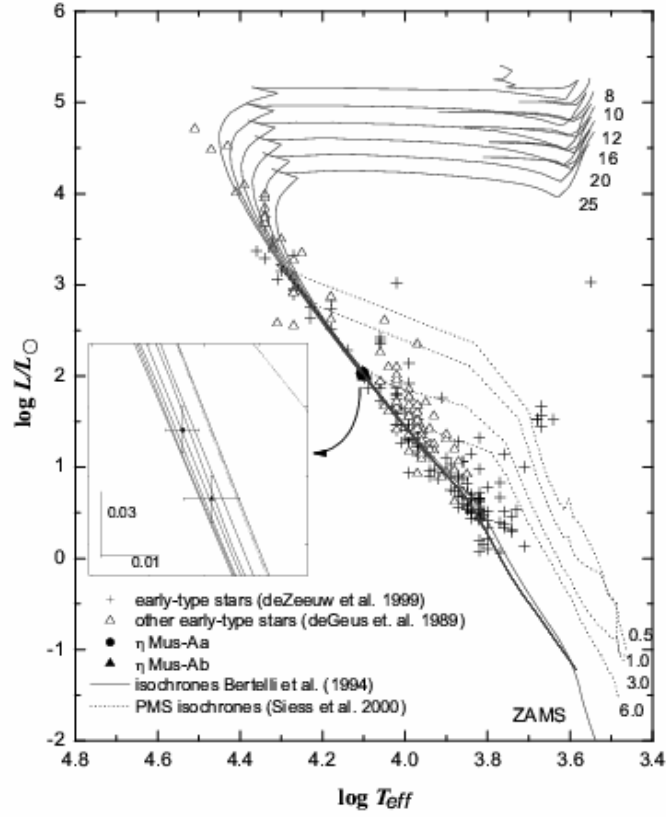
Yörünge dinamik evrimi üzerine muhtemel senaryo şu şekilde verilebilir; eğer yıldızlar eş dönmeden daha büyük hızlarda dönselerdi bu eş dönme zaman ölçeği ile sistemin izokron yaşı arasında bir tutarsızlığa neden olacaktı. Ancak, tutarlı bir senaryo bileşenlerden herhangi birinin daha yavaş dönmesi ile daha kolay açıklanabilir. Öyle görünmektedir ki,  $\eta$  Mus-A sistemi, sistemin yaşından açık şekilde çok daha küçük olan eş dönme zaman ölçeğini çoktan tamamlamıştır.  $\eta$  Mus-A sistemi yıldız çarpışmalarının muhtemel olabileceği kalabalık bir bölgede bulunmaktadır. Bu etkileşimler çift sistemin yörüngesinden bazen oldukça büyük

miktarlarda açısai momentum aktarılmasına neden olmaktadır. Buna ek olarak  $\eta$  Mus-A 2,71 as uzaklıkta üçüncü bir bileşene de sahiptir ve bu bileşen de, Paczynski ve diğ. (2006) tarafından üçüncü bir cismin yörünge evrimi ile değen çiftlerin oluşması üzerine verdiği mekanizmaya göre sistemin yörüngesinden bir miktar açısai momentumun kaybolmasına neden olabilir.

Üçüncü bileşen sebebi ile veya kalabalık bölgelerdeki yıldız yakın geçişleri nedeni ile açısai momentum kaybı olursa çift yıldızın aniden yörüngesinin küçülmesine neden olur. Bu etkileşimler bileşenlerden değil de yörüngeden açısai momentum aldığından, bileşenler etkileşim süresinde dönme hızlarını korurlar. Etkileşimle azalan yörünge dönemi sonucunda sistem tekrar eş zamanlı dönmeye başlar. Küçük kütleli bileşen eş zamanlı dönmeyi büyük kütleliye göre daha çabuk yakalayacaktır. Öyle anlaşılıyor ki, büyük kütleli bileşenin ise eş dönmeyi yakalaması için daha zamana ihtiyacı vardır.

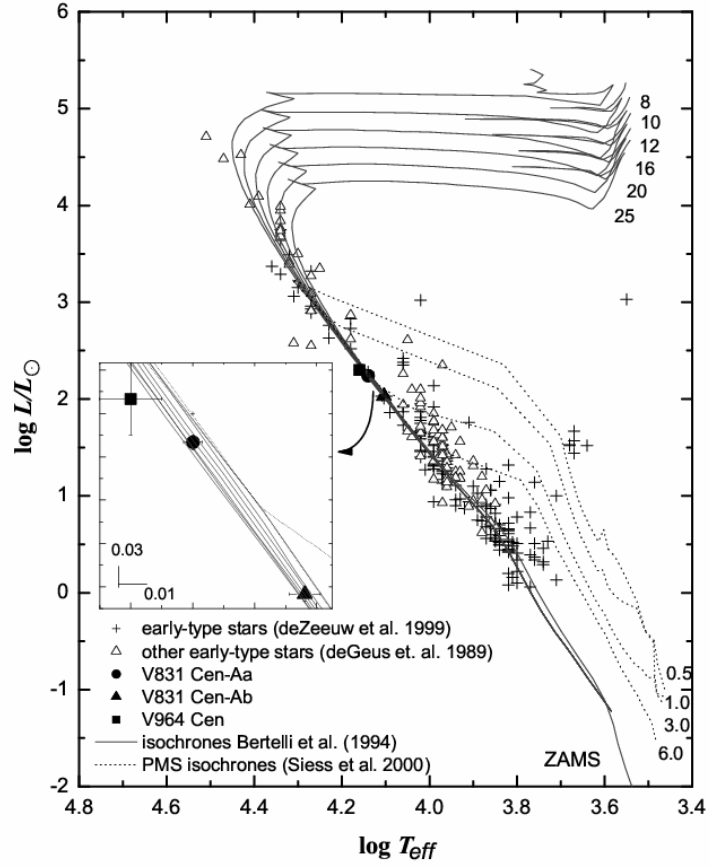
*Hipparcos* ve Geneva fotometrisindeki veriler ve yüksek çözünürlüklü tayfların analizine göre V831 Cen,  $\eta$  Mus-A yakın çift yıldız gibi, çoklu sistem içerisinde yerleşmiş, çift çizgili, 0,64 gün yörünge döneme sahip benzer kütleli bileşenlerden oluşan bir çift sistemdir. V831 Cen-A sisteminin literatürden alınan fotometrik verileri (ışık eğrileri) ile bu tez çalışmasında elde edilen tayfsal verisi, sistemin doğasını ilk defa açığa çıkarmıştır. Her ne kadar bileşenlerin mutlak parametreleri beklenen duyarlılıkta bulunmuş olsa da sistemin değen mi yoksa ayrık mı olduğu hâla belirsizdir.

Bu tez çalışmasında V964 Cen'in tayf çizgilerinin incelenmesi sonucunda bir çift yıldız olmadığı fakat optik tayfın kırmızı bölgesindeki çizgilerin (örneğin, He I 6678 Å) küçük genlikli değişimleri ile çizgi şeklindeki değişimler yıldızın zonklama yaptığıının bir göstergesi olarak yorumlanabilir. Yıldızın çift olmaması renk indekslerinin teorik modeller ile rahatlıkla karşılaştırılabileceği anlamına gelir ve bu nedenle de, de Geuss ve diğ. (1989)'nin Walraven fotometrisinden hesapladıkları sıcaklık ( $\log T_{\text{eff}} = 4,16$ ), yüzey çekimi  $\log g = 4,26$  cgs ve ışıltma  $\log L/L_{\odot} = 2,3$  dir.



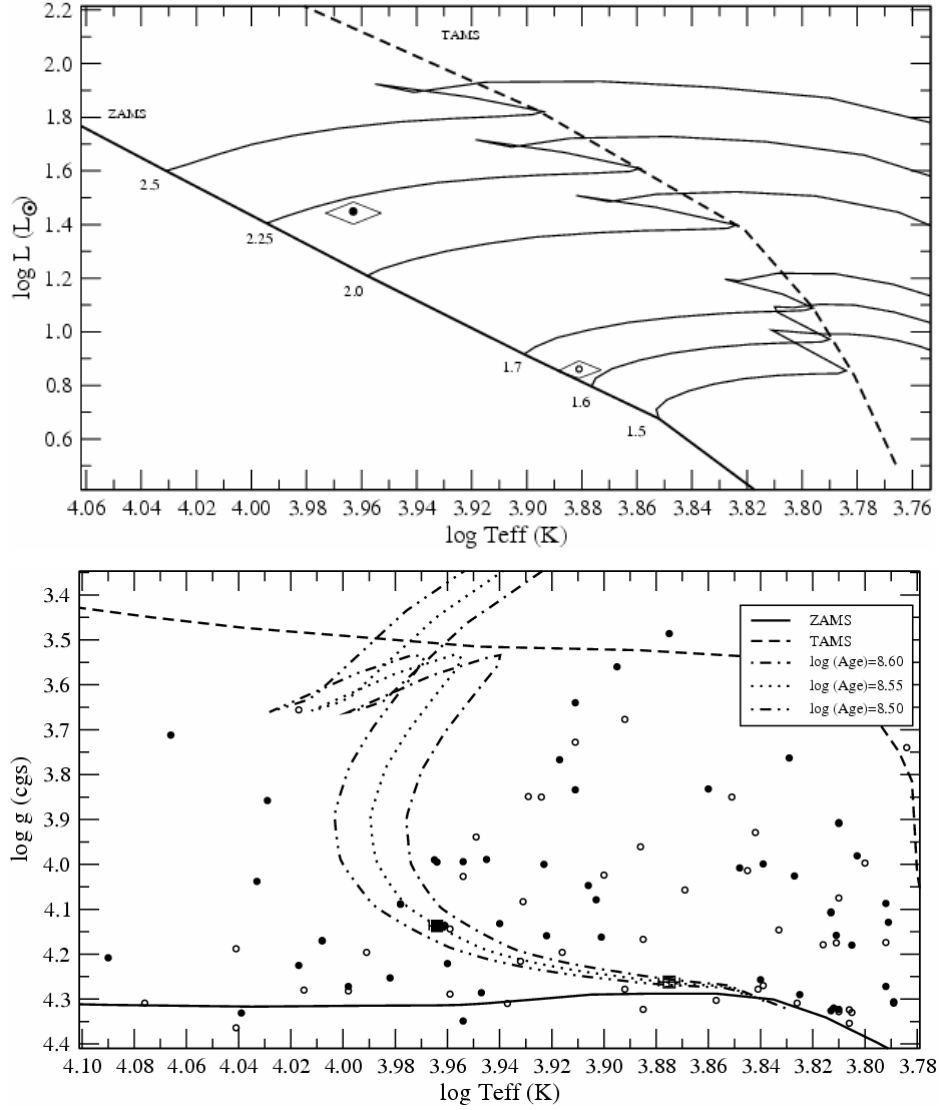
Şekil 3.20. LCC OB oymağındaki yıldızların H-R diyagramı. İzokron yaşları PMS izokron çizgilerinin altında ve anakol sonrası çizgilerinin üstünde gösterilmişlerdir. Kullanılan farklı sembollerin tanımları sol alt köşede verilmiştir. Daha açık olması için  $\eta$  Mus-A'nın bileşenlerinin yerleri sembol tanımlarının üstünde büyütülmüş panelde gösterilmiştir.

Şekil 3.21'de V831 Cen-A'nın bileşenleri ve V964 Cen,  $\log T_{\text{eff}} - \log L$  diyagramında diğer LCC üyeleri ile birlikte gösterilmiştir. V831 Cen'in yüzey sıcaklığı ( $T_{\text{eff}}$ ) ve ışıltma ( $L$ ) değerleri sisteme yapılan fotometrik modelden, V964 Cen'in yüzey sıcaklığı ve ışıltma değerleri ise de Geuss ve diğ. (1989)'den alınmıştır. Görüldüğü gibi V831 Cen'in bileşenleri ZAMS'a çok yakın iken V964 Cen hata sınırları içerisinde ZAMS ile temas halindedir. V964 Cen'in tayf çizgilerinin daha detaylı analizi sıcaklığının ve ışıltmasının daha iyi belirlenmesini sağlayacaktır. V964 Cen'in H-R diyagramında beklenen konumunun şu andaki gözlemsel verilerle uyuşmasa bile, yıldızın ZAMS'ın solunda çıkması sistemin genç olduğunu gösterir.



Şekil 3.21. LCC OB oymağındaki yıldızların H-R diyagramı. İzokron yaşları PMS izokron çizgilerinin altında ve anakol sonrayı çizgilerinin üstünde gösterilmişlerdir. Kullanılan farklı sembollerin tanımları şeklin sol alt köşede verilmiştir. V831 Cen'nin bileşenleri ile V964 Cen'in H-R diyagramındaki yerleri sembol tanımlarının üstünde büyütülmüş panelde ayrıntılı gösterilmiştir.

Bu tez çalışmasında, PT Vel basık yörüngeli çift sisteminin mutlak parametreleri ve eksen dönmesi dönemi duyarlı olarak ( $\sim 1\%$ ) belirlenmiştir. Sistem 1,8 gün yörünge dönemli,  $M_1=2,177 M_{\odot}$ ,  $M_2=1,607 M_{\odot}$  kütleli ve  $R_1=2,087 R_{\odot}$ ,  $R_2=1,553 R_{\odot}$  yarıçaplı iki bileşenden oluşmaktadır. Çift sistemin yörüngesi  $e=0,13$ 'lük bir basıklığa ve  $U=182$  yıl dönemlik eksen dönmesi göstermektedir.



Şekil 3.22.  $\log T_{\text{eff}} - \log g$  düzleminde PT Vel'in bileşenlerinin konumları. Şekildeki diğer ayrık sitemlerin verileri Andersen (1991)'den alınmıştır. Üç farklı izokron ( $\log(\text{yaş}) = 8,50; 8,55$  ve  $8,60$ ) çizgisinden her iki bileşeni de temsil eden yaş çizgisinin  $\log(\text{yaş}) = 8,55$  olduğu açıkça görülmektedir. Şekilde kullanılan semboller sağ üst köşede verilen panelde gösterilmiştir.

PT Vel'in evrimsel konumunu incelemek için bileşenlerin  $\log T_{\text{eff}} - \log g$  ve  $\log T_{\text{eff}} - \log L$  düzlemlerindeki konumlarına bakılmıştır. Şekil 3.22'nin üst panelinde Schaller ve diğ. (1992)'nin yıldız evrim çizgileri farklı kütleler için çizdirilmiş ve PT Vel'in bileşen yıldızları konumları Andersen (1991)'den alınan diğer ayrık çift yıldızlar ile birlikte H-R diyagramında gösterilmiştir.  $\log T_{\text{eff}} - \log L$



diyagramından da görüleceği üzere PT Vel'in her iki bileşeni de ZAMS'dan çok uzak olmamakla birlikte büyük kütleli birinci bileşeni evrimsel açıdan ikinci bileşene göre daha ileride görünmektedir. Şekil 3.22'nin alt panelinde Schaller ve diğ. (1992)'nin teorik yıldız modellerinden faydalanılarak  $\log T_{\text{eff}} - \log g$  düzleminde farklı yaş çizgileri ile bileşen yıldızların konumları karşılaştırıldı. İzokronların hesaplanmasında Meynet (özel iletişim) tarafından hazırlanan bilgisayar kodu kullanılmıştır.  $\log T_{\text{eff}} - \log g$  düzleminde çizdirilen üç farklı yaş çizgisinden ( $\log(\text{yaş}) = 8,50; 8,55$  ve  $8,60$ ) 355 milyon yıla karşılık gelen  $\log(\text{yaş})=8,55$  yaş çizgisi her iki bileşeni çok iyi temsil etmektedir. Böylece sistemin yaşı  $355 \pm 5$  milyon yıl olarak hassas bir duyarlılıkla bulunmuştur. Yaş eğrisi için kabul edilen element bolluğu  $Z = 0.020$  ve  $Y = 0.30$ 'tur.

PT Vel sisteminin eksen dönmesi göstermesi yıldızın içyapısına ilişkin bilgiler edinmemize yardımcı olur. Eksen dönmesinde eksen dönme miktarı klasik Newton katkısına ek olarak Genel Relativiteden ve üçüncü cisimden kaynaklanan katkılar da içerir. Genel Relativite teorisi gözlemsel eksen dönmesindeki relativistik katkıyı Einstein'in aşağıdaki formül ile tanımlanır:

$$\dot{\omega}_{rel} = 5.45 \times 10^{-4} \frac{1}{1 - e^2} \left( \frac{M_1 + M_2}{P} \right)^{2/3} \quad (4.1)$$

burada  $M_i$  ( $i=1, 2$ ) bileşenlerin kütlelerini,  $e$  yörüngenin basıklığını,  $P$  ise gün biriminde yörünge dönemini temsil eder. (4.1) denkleminin kullanımı ile PT Vel'in eksen dönmesinde relativistik katkının  $0,00091 \text{ }^\circ \text{ çevrim}^{-1}$  olduğunu buluruz. Bu katkı toplam eksen dönmesinin %9'si kadardır. Eksen dönmesinde başka bir katkı da sistemdeki üçüncü cismin çekimsel etkilerinden kaynaklanır. Bu çalışmada, PT Vel sisteminde üçüncü bileşenin varlığına dair ne bir fotometrik ne de tayfsal bir delil bulunamamıştır. Bu nedenle, üçüncü cisimden kaynaklanacak katkılar ihmal edilmiştir. Relativistik katkıyı gözlenen eksen dönmesi oranından çıkartırsak içyapı sabitinin gözlemsel ortalamasını ( $k_{2obs}$ ) aşağıdaki formül ile hesaplayabiliriz:

$$k_{2obs} = \frac{1}{c_{21} + c_{22}} \frac{\dot{\omega}}{360} \quad (4.2)$$

burada  $c_{2i}$  ( $i=1,2$ ) yörünge basıklığının, bileşenlerin kesirsel yarıçapları ve kütleleri ve dönme hızlarının Kepler hızlarına oranının bir fonksiyonudur.  $k_{2obs}$  un gözlemsel ortalama değeri (4.2) eşitliğinden -2,61 olarak bulunur. Bileşenlerin teorik içyapı sabitleri ( $k_{2theo1,2}$ ) ise Claret (1998)'in teorik hesaplamalarından alınmıştır. Claret (1998) tarafından verilen tablolarda teorik içyapı sabitleri bileşenlerin farklı sıcaklık, yarıçap, kütle ve yüzey çekimlerine göre ayrı ayrı listelenmiştir. PT Vel'in bileşenlerinin kütle ve yüzey çekimlerine göre ara değer hesabı yaparak bileşenlerin teorik içyapı sabitleri birinci ve ikinci bileşen için sırasıyla -2,44 ve -2,31 olarak bulunmuştur. Ortalama teorik içyapı sabiti ise (4.3) formülü kullanılarak  $\bar{k}_{2teo} = -2,40$  olarak hesaplanmıştır.

$$\bar{k}_{2theo} = \frac{c_{21}k_{21theo} + c_{22}k_{22theo}}{c_{21} + c_{22}} \quad (4.3)$$

Teorik modellerden bulunan içyapı sabitlerinin ile gözlemlerden belirlenen içyapı sabiti ile karşılaştırıldığında aralarında belirgin bir fark olduğu görülmüştür. Bu çalışmada kullanılan gözlemsel veri toplam eksen dönmesi döneminin %9'si olsa da elde edilen eksen dönmesi döneminin yeni minimum zamanlarının analizi ile desteklenmesi gerekmektedir. İçyapı sabiti yıldızların ortalama yoğunluğu ile merkez yoğunluğunun oranı ile orantılı olduğundan ( $k \approx \frac{\rho_{mean}}{\rho_{central}}$ ), bu sonuç PT Vel'in bileşen yıldızların kütlece yoğunlaşmasının teorik modellerin tahminine göre daha fazla olduğunu gösteriyor.

## KAYNAKLAR

- Abt. H.A., Gomez A.E., Levy S.G., 1990. The Frequency and Formation Mechanism Of B2-B5 Main-Sequence Binaries. *ApJS*, 74, 551 – 573.
- Alter G., Ruprecht J. ve Vanysek V., 1979. Catalogue of Star Cluster and Associations, 2nd edition, eds. G. Alter, B. Balazs and GJ. Ruprecht, Budapest, Academia Kiado
- Ambartsumian V.A., 1947. in Stellar Evolution and Astrophysics, *Armenian Aced. of Sci.*, 1, 133.
- Andersen J., 1991. Accurate Masses and Radii of Normal Stars. *A&ARv*, 3, 91 – 126.
- Bakış V., Erdem A., Budding E., Demircan O., Bakış H., 2005. Astrometric Solution of the Multiple System XY Leo. *Ap&SS*, 296, 131 – 134.
- Bakış V., Budding E., Erdem A., Bakış H., Demircan O., Hadrava P., 2006. Analysis of  $\delta$  Librae Including Hipparcos Astrometry. *MNRAS*, 370, 1935 – 1945.
- Bakış V., Bakış H., Eker Z., Demircan O., 2007.  $\eta$  Muscae: A Young Detached Binary with Two Identical Components. *MNRAS*, *baskıda*.
- Batten Alan H., Fletcher J. M. ve MacCarthy D. G., 1989. Catalogue of the Orbital Elements of Spectroscopic Binary Systems. *Publications of the Dominion Astrophysical Observatory*, 17, 1.
- Bertelli G., Bressan A., Chiosi C., Fagotto F. ve Nasi E., 1994. Theoretical Isochrones from Models with New Radiative Opacities. *A&AS*, 106, 275 – 302.
- Bertiau F. C., 1958. Absolute Magnitudes of Stars in the Scorpo-Centaurus Association. *ApJ*, 128, 533 – 561.
- Blaauw A., 1964. The O Associations in the Solar Neighborhood. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 2, 213 – 246.
- Blaauw A., 1999. Stellar Evolution and the Population Concept after 1950; The Vatican Conference. *ApSS*, 267, 45 – 54.
- Blaauw A., 1946. PhD Thesis, Groningen Univ., *Publ. Kapteyn Astron. Lab.*, 52, 1.
- Bok B.J., 1934. The Stability of Moving Clusters. *Harvard College Observatory Circular*, 384, 1 – 41.

- Brand J. ve Wouterloot J. G. A., 1988. The Velocity Field of the Outer Galaxy in the Southern Hemisphere. III - Determination of Distances to O, B, and A type Stars in the Walraven Photometric System. *A&AS*, 75, 117 – 137.
- Brown A. G. A., Blaauw A., Hoogerwerf R., de Bruijne J. H. J. ve de Zeeuw P. T., 1999. OB Associations. in *The Origin of Stars and Planetary Systems*, Eds.: Charles J. Lada and Nikolaos D. Kylafis, *Kluwer Academic Publishers*, 411.
- Brown A. G. A. ve Verschueren, W., 1997. High S/N Echelle Spectroscopy in Young Stellar Groups. II. Rotational Velocities of Early-type Stars in SCO OB2. 319, 811 – 838.
- Budding E. ve Demircan O., 2007, Introduction to Astronomical Photometry, 2nd edition, *Cambridge Univ. Pres*, Cambridge.
- Bulut I. ve Demircan O., 2007. A New Catalogue of Eclipsing Binary Stars with Eccentric Orbits. *MNRAS*, 378, 179 – 181.
- Buscombe W. ve Morris P. M., 1961. Three Southern Spectroscopic Binaries. *MNRAS*, 123, 183 - 188.
- Buscombe W., 1969. Line Strengths for Southern OB Stars-I, Spectrograms with High Dispersion. *MNRAS*, 114, 1 – 29.
- Campbell L., 1928. Catalogue of Observed Velocities. *Lick Obs. Publ.*, 16, 195 – 346.
- Castelli F., 1991. Effective Temperature and Gravity from  $c(0)$  and Beta Indices for B-type Stars. *A&A*, 251, 106 – 116.
- Castelli F. ve Kurucz R. L., 2003. New Grids of ATLAS9 Model Atmospheres. *IAUS*, 210P, A20.
- Claret A., 2003. A New Non-linear Limb-darkening Law for LTE Stellar Atmosphere Models II K at Several Surface Gravities. Geneva and Walraven Systems: Calculations for  $-5.0 \leq [M/H] \leq +1$ ,  $2000 \text{ K} \leq T_{\text{eff}} \leq 50,000 \text{ K}$  at Several Surface Gravities. *A&A*, 401, 657 – 660.
- Cohen M. ve Kuhi L. V., 1979. Observational Studies of Pre-main-sequence Evolution. *ApJSS*, 41, 743 – 843.
- Cramer N. ve Maeder A., 1979. Luminosity and  $T_{\text{eff}}$  Determinations for B-type Stars. *A&A*, 78, 305 – 311.

- Crawford D. L., Barnes J. V. ve Golson J.C., 1970. Four-color and Hbeta Photometry for Bright Stars in the Southern Hemisphere. *AJ*, 75, 624 – 635.
- Crawford D. L., Barnes J. V., Golson J. C., 1971. Four-color and Hbeta Photometry for Bright B-type Stars in the Southern Hemisphere. *AJ*, 76, 621 – 629.
- Cucchiario A., Macau-Hercot D., Jaschek M., Jaschek C., 1977. Spectral Classification from the Ultraviolet Line Features of S2/68 spectra. II - Late B-type Stars. *A&AS*, 30, 71 – 79.
- Cucchiario A., Jaschek M., Jaschek C., Macau-Hercot D., 1980. Spectral Classification from the Ultraviolet Line Features of S2/68 Spectra. V - Supplement Series. *A&AS*, 40, 207 – 213.
- Dachs, J. ve Schmidt-Kaler, T., 1975. Standard Stars for Photoelectric H-alpha Line Photometry. *A&AS*, 21, 81 – 97.
- de Bruijne Jos H.J., 1999. A Refurbished Convergent-point Method for Finding Moving Groups in the HIPPARCOS Catalogue. *MNRAS*, 306, 381 – 393.
- Cutri R. M., Skrutskie M. F., van Dyk S., Beichman C. A., Carpenter J. M., Chester T., Cambresy L., Evans T., Fowler J., Gizis J. ve 15 ortak yazar, 2003. 2MASS All Sky Catalog of Point Sources. *The IRSA 2MASS All-Sky Point Source Catalog, NASA/IPAC Infrared Science Archive.* <http://irsa.ipac.caltech.edu/applications/Gator/>.
- de Bruijne J. H. J., 1999. Structure and Colour-magnitude Diagrams of Scorpius OB2 Based on Kinematic Modelling of Hipparcos Data. *MNRAS*, 310, 585 – 617.
- de Geus, E. J., de Zeeuw, P. T., Lub, J., 1989. Physical parameters of Stars in the Scorpio-Centaurus OB Association. *A&A*, 216, 44 – 61.
- de Geus E.J., Lub J. ve van de Grift E., 1990. Walraven Photometry of Nearby Southern OB Associations. *A&AS*, 85, 915 – 964.
- de Geus E.J., 1992. Interactions of Stars and Interstellar Matter in Scorpio Centaurus. *A&A*, 262, 258 – 270.
- de Vaucouleurs A., 1957. Spectral Types and Luminosities of B, A and F Southern Stars. *MNRAS*, 117, 449 – 462.

- de Zeeuw P. T., Hoogerwerf R., de Bruijne J. H. J., Brown A. G. A., Blaauw A., 1999. A HIPPARCOS Census of the Nearby OB Associations. *AJ*, 117, 354 – 399.
- Dehnen W. ve Binney J.J., 1998. Mass Models of the Milky Way. *MNRAS*, 298, 387 – 394.
- Dolan C.J. ve Mathieu R.D., 2001. The Spatial Distribution of the  $\lambda$  Orionis Pre-Main-Sequence Population. *AJ*, 121, 2124 – 2147.
- Duflot M., Figon P., Meyssonnier N., 1995. Vitesses Radiales. Catalogue WEB: Wilson Evans Batten. Subtitle: Radial Velocities: The Wilson-Evans-Batten Catalogue. *A&AS*, 114, 269 – 280.
- Duquennoy A. ve Mayor M., 1991. Multiplicity among Solar-type Stars in the Solar Neighbourhood. II - Distribution of the Orbital Elements in an Unbiased Sample. *A&A*, 248, 485 – 524.
- Eddington A.S., 1914. *Stellar Movements and the Structure of the Universe*, London: *MacMillan & Co.*
- Eggen O.J., 1965. Masses, Luminosities, Colors, and Space Motions of 228 Visual Binaries. *AJ*, 70, 19 – 68.
- Eggen O. J. ve Lynga G., 1968. Blue Objects Near CEN XR-2. *ApJ*, 153, 195 – 197.
- Eggen O.J., 1977. Is Star Formation Bimodal? II. The Nearest Early-type Stars. *PASP*, 89, 187 – 204.
- ESA, 1997. *The Hipparcos Catalogue*. *ESA SP-1200*.
- Falin J.L. ve Mignard F., 1999. Mining in the HIPPARCOS Raw Data. *A&AS*, 135, 231 – 241.
- Fekel F. C., 1999. The Status of Early-Type Radial-Velocity Standards. *ASPC*, 185, 378 – 382.
- Finsen W.S., 1964. Interferometer Observation of Binary Stars. *AJ*, 69, 319 – 324.
- Fischer D.A. ve Marcy G.W., 1992. Multiplicity among M Dwarfs. *AJ*, 396, 178 – 194.
- Fitzpatrick E. L., Ribas I., Guinan E. F., Maloney F. P. ve Claret A., 2003. Fundamental Properties and Distances of Large Magellanic Cloud Eclipsing Binaries. IV. HV 5936. *AJ*, 587, 685 – 700.

- Fitzpatrick E. L. ve Massa D., 2004. Determining the Physical Properties of the B Stars. II. Calibration of Synthetic Photometry, *AJ*, 129 1642 – 1662.
- Fuchs B., Breitschwerdt D., de Avillez M. A., Dettbarn C., Flynn C., 2006. The Search for the Origin of the Local Bubble Redivivus. *MNRAS*, 373, 993 – 1003.
- Gathier R., 1985. VBLUW-Photometry of Stars in Small Fields around 13 Planetary Nebulae. *A&AS*, 60, 399 – 423.
- Girardi L., Bertelli G., Bressan A., Chiosi C., Groenewegen M. A. T., Marigo P., Salasnich B., Weiss A., 2002. Theoretical Isochrones in Several Photometric Systems. I. Johnson-Cousins-Glass, HST/WFPC2, HST/NICMOS, Washington, and ESO Imaging Survey Filter Sets. *A&A*, 391, 195 – 212.
- Giuricin G., Mardirossian F. ve Mezzetti, M., 1984. The Period Distribution of Unevolved Close Binary Systems. *ApJS*, 54, 421 – 441.
- Glebocki R. ve Stawikowski A., 2000. Catalog of Projected Rotational Velocities. *AcA*, 50, 509 – 515.
- Gould, B.A., 1874, *Proc. AAAS*, 115.
- Gray D.F., 1988. Lectures on Spectral-line Analysis: F,G, and K stars, book, *Arva: Ontario, Canada*
- Gray, R.O. ve Garrison R.F., 1987. The Early A-type Stars - Refined MK Classification, Confrontation with Stroemgren Photometry, and the Effects of Rotation. *ApJS*, 65, 581 – 602.
- Guillout P., Sterzik M. F., Schmitt J. H. M. M. Motch, C. ve Neuhauser, R., 1998. Discovery of a Late-type Stellar Population Associated with the Gould Belt. *A&A*, 337, 113 – 124.
- Gulati R.K., Malagnini M.L. ve Morossi C., 1989. Empirical Temperature Calibrations for Early-type Stars, *A&ASS*, 80, 73 – 88.
- Gutierrez-Moreno A. ve Moreno H., 1968. A Photometric Investigation of the SCORPIO-CENTAURUS Association. *ApJS*, 15, 459 – 498.
- Hadrava P., 1995. Orbital Elements of Multiple Spectroscopic Stars. *A&AS*, 114, 393 – 396.

- Hadrava P., 2004. Disentangling of Spectra of Multiple Stars. *Publ. Astron. Inst. Cz.*, 92, 1
- Hearnshaw J. B., Barnes S. I., Kershaw G. M., Frost N., Graham G., Ritchie R. ve Nankivell G. R., 2002. The Hercules Échelle Spectrograph at Mt. John. *Exp. Astron.*, 13, 59 – 76.
- Hensberge H., Pavlovski K. ve Verschueren W., 2000. The Eclipsing Binary V578 Mon in the Rosette Nebula: Age and Distance to NGC 2244 Using Fourier Disentangled Component Spectra. *A&A*, 358, 553 – 571.
- Hensberge H., Nitschelm C., Bouzid Y. M. ve 7 ortak yazar, 2003.  $\eta$  Muscae: a Multiple System with a PMS Component. in *Open Issues in Local Star Formation*, Eds.: Jacques Luine and Jane Gregorio-Hetem, *Astrophysics and Space Science Library*, 299.
- Hensberge H., Nitschelm C., Olsen E.H. ve 9 ortak yazar, 2007. The Eclipsing Double-lined Binaries V883Cen and  $\eta$  Mus. *MNRAS*, 379, 349 – 356.
- Herbig G.H., 1962. The Properties and Problems of T Tauri Stars and Related Objects. *Adv. Astr. Astrophys.*, 1, 47 – 103.
- Herbst W. ve Mundt R., 2005. Rotational Evolution of Solar-like Stars in Clusters from Pre-Main Sequence to Main Sequence: Empirical Results. *ApJ*, 633, 967 – 985.
- Herschel, J.F.W., 1847. Results of Astron. Observations made during the years 1834 – 1838 at the Cape of Good Hope, London, 385.
- Hiltner W. A., Garrison R. F., Schild R. E., 1969. MK Spectral Types for Bright Southern OB Stars. 157, 313 – 326.
- Hog E., Bassgen G., Bastian U. Ve 9 ortak yazar, 1997. The TYCHO Catalogue. *A&A*, 323, 57 – 60.
- Hoogerwerf R. ve Aguilar L.A., 1998. Identification of Moving Groups and Member Selection Using HIPPARCOS Data. *MNRAS*, 306, 394 – 406.
- Hoogerwerf R., de Bruijne J. H. J. ve de Zeeuw P. T., 2000. The Origin of Runaway Stars. *ApJ*, 544, 133 – 136.
- Högbom J.A., 1974. Aperture Synthesis with a Non-Regular Distribution of Interferometer Baselines. *A&AS*, 15, 417 – 426.



- Hubrig S., Mignant D. Le., North P., Krautter J., 2001. Search for Low-mass PMS Companions around X-ray Selected Late B Stars. *A&A*, 372, 152 – 164.
- Hubrig S. ve Mathys G., 1996. The  $\lambda$  3984 Feature in Late-B Spectroscopic Binaries. *A&AS*, 120, 457 – 462.
- Kapteyn J.C., 1914. On the Individual Parallaxes of the Brighter Galactic Helium Stars in the Southern Hemisphere, Together with Considerations on the Parallax of Stars in General. *ApJ*, 40, 43 – 126.
- Kapteyn J.C., 1918. On Parallaxes and Motion of the Brighter Galactic Helium Stars Between Galactic Longitudes  $150^\circ$  and  $216^\circ$ . *ApJ*, 47, 104 – 133.
- Kapteyn J.C., 1918. On Parallaxes and Motion of the Brighter Galactic Helium Stars Between Galactic Longitudes  $150^\circ$  and  $216^\circ$ . *ApJ*, 47, 145 – 178.
- Kapteyn J.C., 1918. On Parallaxes and Motion of the Brighter Galactic Helium Stars Between Galactic Longitudes  $150^\circ$  and  $216^\circ$ . *ApJ*, 47, 255 – 282.
- Köhler R., Kunkel M., Leinert C. ve Zinnecker H., 2000. Multiplicity of X-ray selected T Tauri stars in the Scorpius-Centaurus OB association. *A&A*, 356, 541 – 558.
- Kroupa P., 2002. The Initial Mass Function of Stars: Evidence for Uniformity in Variable Systems. *Science*, 295, 82 – 91.
- Kurucz R. L., 1993. CD-ROM 13, 18, <http://kurucz.harvard.edu>
- Kwee K. K. ve van Woerden H., 1956. A Method for Computing Accurately the Epoch of Minimum of an Eclipsing Variable. *BAN*, 12, 327 – 329.
- Johnson H. L. ve Morgan W. W., 1953. Fundamental Stellar Photometry for Standards of Spectral type on the Revised System of the Yerkes Spectral Atlas. *ApJ*, 117, 313 – 352.
- Larson R.B., 1986. Bimodal Star Formation and Remnant-dominated Galactic Models. *MNRAS*, 218, 409 – 428.
- Lesh R. J., 1968. The Kinematics of the Gould Belt: An Expanding Group? *ApJS*, 17, 371 – 420.
- Linblad, P.O., 1967. *BAN*, 19, 34.
- Lindgren L., Hog E., van Leeuwen F., Murray C. A., Evans D. W., Penston M. J., Perryman M. A. C., Petersen C., Ramamani N., Snijders M. A. J., 1992.

- The NDAC HIPPARCOS Data Analysis Consortium - Overview of the Reduction Methods. *A&A*, 258, 18 – 30.
- Lindroos K. P., 1983. A Study of Visual Double Stars with Early type Primaries. II - Photometric Results. *A&AS*, 51, 161 – 178.
- Lindroos K. P., 1985. A Study of Visual Double Stars with Early type Primaries. IV Astrophysical data. *A&AS*, 60, 183 – 211.
- Lub J. ve Pel J. W., 1977. Properties of the Walraven VBLUW Photometric System. *A&A*, 54, 137 – 158.
- Manfroid J., Sterken C., Bruch A. ve 17 ortak yazar, 1991. Long-term Photometry of Variables at ESO. I - The First Data Catalogue (1982–1986). *A&AS*, 87, 481 – 498.
- Mason B. D., Gies D. R., Hartkopf W. I., Bagnuolo W. G., Jr., Brummelar T. T. ve McAlister H. A., 1998. ICCD Speckle Observations of Binary Stars. XIX - an Astrometric / Spectroscopic Survey of O Stars. *AJ*, 115, 821 – 847.
- Medici A. ve Hubrig S., 2000. Triple System Epsilon Vol and Quadruple System Eta Mus: the Mass Ratio in Close Binary Systems. *IBVS*, 4827, 1.
- Meynet G., Mermilliod J.C., Maeder A., 1993. New Dating of Galactic Open Clusters. *A&AS*, 98, 477 – 504.
- Miller G.E. ve Scalo J.M., 1979. The Initial Mass Function and Stellar Birthrate in the Solar Neighborhood. *ApJS*, 41, 513 – 547.
- Moffat A.F.J. ve Seggewiss W., 1977. The Wolf-Rayet binary theta Muscae. *A&A*, 54, 607 – 616.
- Morgan W.W., Sharpless S. ve Osterbrock D., 1952. Some Features of Galactic Structure in the Neighborhood of the Sun. *AJ*, 57, 3 – 3.
- Morgan W.W., Whitford A.E. ve Code A.D., 1953. Studies in Galactic Structure. I. a Preliminary Determination of the Space Distribution of the Blue Giants. *ApJ*, 118, 318 – 322.
- Morossi C. ve Malagnini M. L., 1985. Observed and Computed Spectral Flux Distribution of Non-supergiant O9-G8 Stars. III - Determination of T(eff) for the Stars in the Breger Catalogue. *A&AS*, 60, 365 – 372.

- Motte F., Andre P. ve Neri R., 1998. The Initial Conditions of Star Formation in the rho Ophiuchi Main Cloud: Wide-field Millimeter Continuum Mapping. *A&A*, 336, 150 – 172.
- Niemczura E., 2003. Metallicities of the SPB Stars from the IUE Ultraviolet Spectra. *A&A*, 404, 689 – 700.
- Nitschelm C., 2003. The Binary Population in the Sco-Cen Complex: the Present State of Knowledge and Preparation of Future Research. Open Issues in Local Star Formation. Contents of the CD-ROM: Poster Contributions. Proceedings of the Ouro Preto Colloquium, Brazil, April 5–10, 2003. Edited by Jacques Lépine and Jane Gregorio-Hetem. *Astrophysics and Space Science Library, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht*, 299, 16.
- Olano C. A., 2001. The Origin of the Local System of Gas and Stars. *AJ*, 121, 295 – 308.
- Otero S.A., 2003. Hipparcos Eclipsing Binaries Showing Apsidal Motion. *IBVS*, 5482, 1.
- Paczynski B., Szczygiel D. M., Pilecki B. ve Pojmanski G., 2006. Eclipsing Binaries in the All Sky Automated Survey Catalogue. *MNRAS*, 368, 1311 – 1318.
- Pannekoek A., 1929. *Publ. Astron. Inst. Amsterdam*, 2, 63.
- Pojmanski G., 2002. The All Sky Automated Survey. Catalog of Variable Stars. I. 0 h - 6 h Quarter of the Southern Hemisphere. *AcA*, 52, 397 – 427.
- Pourbaix D. ve Jorissen A., 2000. Re-processing the Hipparcos Transit Data and Intermediate Astrometric Data of Spectroscopic Binaries. I. Ba, CH and Te-poor S stars., *A&AS*, 145, 161 – 183.
- Pöppel W., 1997. The Gould Belt System and the Local Interstellar Medium. *Fundamentals of Cosmic Physics*, 18, 1 – 271.
- Pöppel W. G. L., 2001. The Gould Belt System. *ASPC*, 243, 667 – 676.
- Preibisch T., Balega Y., Hofmann K.-H., Weigelt G. ve Zinnecker H., 1999. Multiplicity of the Massive Stars in the Orion Nebula Cluster. *NewA*, 4, 531 – 542.
- Preibisch T., Brown A.G.A., Bridges T., Guenther E., Zinnecker H., 2002. Exploring the Full Stellar Population of the Upper Scorpius OB Association. *AJ*, 124, 404 – 416.

- Prsa A. ve Zwitter T., 2005. A Computational Guide to Physics of Eclipsing Binaries. I. Demonstrations and Perspectives. *ApJ*, 628, 426 – 438.
- Rasmuson N. H., 1921. Lund Medd.. Ser. II, 26, 1.
- Rasmuson N. H., 1927. Lund Medd., Ser. II 47b, 1.
- Rebull L. M., Wolff S. C. ve Strom S. E., 2004. Stellar Rotation in Young Clusters: The First 4 Million Years. *AJ*, 127, 1029 – 1051.
- Ribas I., Arenou F., Guinan Edward F., 2002. Astrometric and Light-Travel Time Orbits to Detect Low-Mass Companions: A Case Study of the Eclipsing System R Canis Majoris. *AJ*, 123, 2033 – 2041.
- Ruprecht J., 1966. Classification of Open Star Clusters. *Bulletin of the Astronomical Institute of Czechoslovakia*, 17, 33.
- Ruprecht J., Balazs B. ve White R.E., 1981. Catalogue of Star Clusters and Associations, Supplement to 2nd Edition, ed. B. Balazs (Budapest :Akademia Kiado) <http://obswww.unige.ch/webda/>
- Quist C.F. ve Lindegren L., 1999. The HIPPARCOS Transit Data: What, Why and How? *A&AS*, 138, 327 – 343.
- Sandqvist, Aa., Tomboulides, H. ve Lindblad, P. O., 1988. H I and H<sub>2</sub>CO in Dark Dust Clouds along Gould's Belt. *A&A*, 205, 225 – 234.
- Sartori M.J., Lepine J.R.D. ve Dias W.S., 2003. Formation Scenarios for the Young Stellar Associations between Galactic Longitudes  $l = 280^\circ - 360^\circ$ . *A&A*, 404, 913 – 926.
- Savage B. D., Massa, D., Meade M., Wesselius P. R., 1985. A Catalog of Ultraviolet Interstellar Extinction Excesses for 1415 Stars. *ApJS*, 59, 397 – 432.
- Scalo J. M., 1998. The IMF Revisited: A Case for Variations . *ASPC, The Stellar Initial Mass Function*, ed. G. Gilmore & D. Howel (San Francisco: ASP), 142, 201 – 236.
- Schaller G., Schaerer D., Meynet G., Maeder A., 1992. New Grids of Stellar Models from 0.8 to 120 Solar Masses at  $Z = 0.020$  and  $Z = 0.001$ . *A&AS*, 96, 269 – 331.
- Schilt J. ve Jackson C., 1949. Photoelectric Determination of the Colors of 286 Stars South of Declination -15 Degrees. *AJ*, 55, 9 – 12.

- Schlegel D.J., Finkbeiner D.P., Davis M., 1998. Maps of Dust Infrared Emission for Use in Estimation of Reddening and Cosmic Microwave Background Radiation Foregrounds. *ApJ*, 500, 525 - 553.
- See T.J.J., 1898. Discoveries and Measures of Double and Multiple Stars in the Southern Hemisphere. *AJ*, 18, 181 – 187.
- Shu F. ve Lizano S., 1988. The Evolution of Molecular Clouds. *Astrophysical Letters and Communications*, 26, 217 – 226.
- Shepherd M. C., Pearson T. J. ve Taylor G. B., 1994. *BAAS*, 27, 903.
- Siess L., Dufour E. ve Forestini, M., 2000. An Internet Server for Pre-main Sequence Tracks of Low- and Intermediate-mass Stars. *A&A*, 358, 593 – 599.
- Skuljan J.R., David J. ve Hearnshaw J.B., 2004. Accurate Orbital Parameters for the Bright Southern Spectroscopic Binary  $\zeta$  Trianguli Australis - An Interesting Case of a Near-circular Orbit. *MNRAS*, 352, 975 – 983.
- Skuljan J.R., 2004. HRSP - A Dedicated Echelle Reduction Software Package for Hercules. *ASPC*, 310, 575 – 579.
- Slawson R.W., Hill R.J. ve Landstreet J.D., 1992. A Homogeneous Catalog of New UBV and H-beta Photometry of B- and A-type Stars in and around the Scorpius-Centaurus OB association. *ApJS*, 82, 117 – 144.
- Smalley B., 2004. Observations of Convection in A-type Stars. *Proceedings IAU Symposium*, 224, 131 – 138.
- Söderhjelm S., 1999. Visual Binary Orbits and Masses POST HIPPARCOS. *A&A*, 341, 121 – 140.
- Stothers R. ve Frogel J. A., 1974. The Local Complex of O and B Stars. I. Distribution of Stars and Interstellar Dust. *AJ*, 79, 456 – 471.
- Straizys V. ve Kuriliene G., 1981. Fundamental Stellar Parameters Derived from the Evolutionary Tracks. *Ap&SS*, 80, 353 – 368.
- Sokolov N. A., 1995. The Determination of Teff of B, A and F Main Sequence Stars from the Continuum between 3200 A and 3600 A. *A&AS*, 110, 553 – 564.
- Söderhjelm S., Evans D. W., van Leeuwen F., Lindegren L., 1992. Detection and Measurement of Double Stars with the HIPPARCOS Satellite - NDAC Reductions. *A&A*, 258, 157 – 164.

- Sterken C., Manfroid J., Anton K. ve 23 ortak yazar, 1993. Longterm Photometry of Variables at ESO - Part Two - the Second Data Catalogue 1986-1990. *A&AS*, 102, 79 – 83.
- Strauss F.M. ve Ducati J.R., 1981. Standard Stars for H $\alpha$  Photometry. *A&ASS*, 44, 337 – 343.
- Ströhmeier W., Knigge R., Ott H., 1964. Bright Southern BV-Stars. *IBVS*, 66, 1.
- Tokovinin A. A., 1997. MSC - A Catalogue of Physical Multiple Stars. *A&AS*, 124, 75 – 84.
- Torra J., Fernandez D. ve Figueras F., 2000. Kinematics of Young Stars. I. Local Irregularities. *A&A*, 359, 82 – 102.
- van Hamme W., 1993. New Limb-darkening Coefficients for Modeling Binary Star Light Curves. *AJ*, 106, 2096 – 2117.
- van Houten, C. J., Walraven, Th., Walraven, J. H., 1999. Five-colour Photometry of OB-stars in the Southern Hemisphere. *A&AS*, 137, 113 – 116.
- van Paradijs J., van Amerongen S., Damen E. ve van der Woerd H., 1986. Five-Colour Photometry of Early-type Stars in the Direction of Galactic X-ray Sources. *A&AS*, 63, 71 – 85.
- Vogt, N. ve Faundez M. A., 1979. Photoelectric Observations of Peculiar A and Related Stars. I - Stromgren Photometry of 341 AP stars. *A&AS*, 36, 477 – 484.
- von Zeipel H., 1924. The Radiative Equilibrium of a Rotating System of Gaseous Masses. *MNRAS*, 84, 665 – 683.
- von Zeipel H., 1924. The Radiative Equilibrium of a Slightly Oblate Rotating Star. *MNRAS*, 84, 684 – 701.
- von Zeipel H., 1924. Radiative Equilibrium of a Double-star System with Nearly Spherical Components. *MNRAS*, 84, 702 – 720.
- Waelkens C. ve Bartholdi P., 1982. HR4975 - a Possible Early-Type Contact System with Unequal Components. *A&A*, 108, 51 – 54.
- Walter F. M., Vrba F. J., Mathieu R. D., Brown A. ve Myers P. C., 1994. X-ray Sources in Regions of Star Formation. 5: The Low Mass Stars of the Upper Scorpius Association . *AJ*, 107, 692 – 719.

- Westin T. N. G., 1985. The Local System of Early Type Stars - Spatial Extent and Kinematics, *A&AS*, 69, 99 – 134.
- Wilson R. E. ve Devinney E. J., 1971. Realization of Accurate Close-Binary Light Curves: Application to MR Cygni. *ApJ*, 166, 605 – 620.
- Wilson R. E., 1994. Binary-star Light Curve Models. *PASP*, 106, 921 – 941.
- Wolff S.C., Strom S. E., Dror D. ve Venn, K., 2007. Rotational Velocities for B0-B3 Stars in Seven Young Clusters: Further Study of the Relationship between Rotation Speed and Density in Star-Forming Regions. *AJ*, 133, 1092 – 1103.
- Worley C.E., 1978. Micrometer Measures of 1,980 Double Stars. *Publications of the United States Naval Observatory*, 24, 1 – 186.
- Worley C.E. ve Douglas G.G., 1996. The Washington Double Star Catalog (WDS, 1996.0). *A&AS*, 125, 523 – 523.
- Zahn J.P., 1977. Tidal Friction in Close Binary Stars. *A&A*, 57, 383 – 394.
- Zinnecker H., McCaughrean M. J. ve Wilking, B. A., 1993. in *Protostars and Planets III*, ed. E. H. Levy ve J. I. Lunine (Tucson: Univ. Arizona Press), 429.

## Tablolar

Tablo 1.1.	Yakın OB oymakları (de Zeeuw ve diğ., 1999). Galaktik koordinatlar derece cinsindedir.....	4
Tablo 1.2.	Sco-Cen kompleksindeki görsel çiftler.....	12
Tablo 1.3.	Sco-Cen kompleksinde yakın çift (örten, tayfsal, elipsoidal) olduğu kesinleşen sistemler.....	13
Tablo 1.4.	Sco-Cen'deki şüpheli çift veya çoklu sistemler.....	15
Tablo 3.1.	$\eta$ Mus sisteminin tayfsal gözlem kütüğü. Evreler 3.2 denklemine göre hesaplanmıştır. İki farklı gözlem sezonu yatay çizgi ile ayrılmıştır. $\eta$ Mus-B'ye ait gözlemler (*) sembolü ile gösterilmiştir.....	24
Tablo 3.2.	$\eta$ Mus-A'nın güncel ışık öğelerinin elde edilmesinde kullanılan minimum zamanlar.....	25
Tablo 3.3.	Bu çalışmada $\eta$ Mus-A'a ait kullanılan tayf çizgileri.....	27
Tablo 3.4.	89, 97, 107, 110, 113 ve 125 numaralı tayf dizilerinin çapraz eşleme yönteminden hesaplanan sistemin yörünge parametreleri.....	28
Tablo 3.5.	$\eta$ Mus-A'un KOREL çözümlerinden hesaplanan tayfsal yörünge parametreleri.....	33
Tablo 3.6.	$\eta$ Mus-A sisteminin ışık ve dikine hız eğrisinin eş zamanlı çözümünden model parametreleri. Hatası verilmeyen parametreler çözümde sabit tutulmuştur.....	35
Tablo 3.7.	Tablo 3.6'da verilen W-D çözümlerine göre $\eta$ Mus-A'nın mutlak parametreleri.....	42
Tablo 3.8.	V831 Cen sisteminin tayfsal gözlem kütüğü.....	47
Tablo 3.9.	V831 Cen'in çapraz eşleme ile tayfsal yörünge çözümü.....	48
Tablo 3.10.	V831 Cen'in KOREL çözümlerinden hesaplanan tayfsal yörünge parametreleri. Hatası verilmeyen parametreler model tayininde sabit tutulmuştur.....	49
Tablo 3.11.	V831 Cen-A sisteminin ışık ve dikine hız eğrilerinin eş zamanlı	



	çözümünden hesaplanan model parametreleri. Hatası verilmeyen parametreler çözümde sabit tutulmuştur.....	56
Tablo 3.12.	V831 Cen-ABC sistemine astrometrik yörünge verileri.....	59
Tablo 3.13.	V831 Cen-A'nın mutlak parametreleri.....	59
Tablo 3.14.	PT Vel sisteminin tayfsal gözlem kütüğü.....	61
Tablo 3.15.	Tez çalışmasında PT Vel için kullanılan tayf çizgileri.....	63
Tablo 3.16.	Çapraz eşleme yöntemi ile hesaplanan tayfsal yörünge parametreleri.....	65
Tablo 3.17.	PT Vel sisteminin ışık eğrileri ve dikine hız eğrisinin çözümünden elde edilen model parametreleri. Hatası verilmeyen parametreler çözümde sabit tutulmuşlardır. Kadirlerin sağ alt köşesinde verilen sayılar yıldızın o seneki verilerini göstermektedir. Hatalar noktadan sonraki son basamaktaki hatalardır.....	69
Tablo 3.18.	Tablo 3.17'da verilen W-D çözümlerine göre PT Vel'in mutlak parametreleri.....	72
Tablo 3.19.	V964 Cen'in temel fotometrik, konum ölçümleri ve kinematik verileri.....	75

## Şekiller

- Şekil 1.1. Ruprecht (1966) tarafından listelenen 1,5 kpc içerisindeki OB oymaklarının galaktik düzleme izdüşümü (de Zeeuw ve diğ., 1999'den alınmıştır). Dairelerin büyüklükleri izdüşümlerinin büyüklükleri ile orantılıdır. Dairelerin içerisindeki siyah noktalar ise mutlak parlaklığı  $M_v \sim -5$ 'den parlak olan yıldız sayısını (N) noktaların büyüklüğü ile orantılı olarak göstermektedir. Gould Kuşağı'nı oluşturan yapı küçük noktalarla gösterilmiştir..... 5
- Şekil 1.2. US'daki küçük ve büyük kütleli yıldızların H-R diyagramındaki konumlarını en iyi temsil eden 5 milyon yıl yaş çizgisi (Preibisch ve diğ., 2002 den alınmıştır)..... 8
- Şekil 2.1. HERCULES tayfçekerinin içinde bulunduğu havası alınmış tank (<http://www.phys.canterbury.ac.nz/research/astronomy/hercules/>)..... 16
- Şekil 2.2. HERCULES ile alınmış bir eşelle tayf görüntüsü. Burada gösterilen tayf dizileri dizi=65 ( $\lambda_B=875.1$  nm) ile dizi=150 ( $\lambda_B=379.3$  nm) arasındadır (Hearnshaw ve diğ., 2002)..... 19
- Şekil 2.3. ST-9 CCD kamerası ile V-bandında elde edilmiş 9'x9' açı dakikası alana ait örnek bir görüntü..... 20
- Şekil 3.1.  $\eta$  Mus: Çapraz eşleme için seçilen tayf dizileri (order) her bir panelin üstünde gösterilmektedir. Panellerde  $\eta$  Mus-A ve örnek tayf (üst), çapraz eşleme fonksiyonu (orta) ve dikine hızlar ile onların yörünge çözümleri (alt) gösterilmektedir..... 30
- Şekil 3.2.  $\eta$  Mus: Sol)  $H_\beta$  bölgesinde KOREL ile analiz edilen 43 tayf. Gözlem tayfı ile KOREL fitleri üst üste bindirilmiştir. Birinci ve ikinci bileşenin ait ayıklanmış tayfı, fitlerin altında gösterilmektedir. Sağ) Fitlerin O-C artıkları..... 32
- Şekil 3.3.  $\eta$  Mus: Sol) He I 5875 Å bölgesinde KOREL ile analiz edilen 43 tayf. Gözlem tayfı ile KOREL fitleri üst üste bindirilmiştir. Birinci ve ikinci bileşenin ayıklanmış tayfı, fitlerin altında gösterilmektedir. Sağ) Fitlerin O-C artıkları..... 32
- Şekil 3.4.  $\eta$  Mus: Sol) He I 4471 ve Mg II 4481 Å bölgesinde KOREL ile

	analiz edilen 7 tayf. Gözlem tayfı ile KOREL fitleri üst üste bindirilmiştir. Birinci ve ikinci bileşenin ayıklanmış tayfı, fitlerin altında gösterilmektedir. Sağ) Fitlerin O-C artıkları.....	33
Şekil 3.5.	$\eta$ Mus-A için ışık ve dikine hız gözlemleri ile çözümleri. Her bir panelde fotometrik bant ve verilerin kaynağı belirtilmiştir. Dikine hız eğrisinin gösterildiği panelde tutulum bölgeleri de dik doğrularla gösterilmiştir.....	36
Şekil 3.6.	$\eta$ Mus: He I 5875 ve 6678 Å model atmosfer çizgi kesitleri (sürekli çizgiler) ve KOREL ile ayıklanmış bileşenlere ait tayflar (doğrular ile birleştirilmiş artılar).....	39
Şekil 3.7.	$\eta$ Mus: Bileşenlerin He I 4471 Å ve Mg II 4481 Å çizgileri.....	40
Şekil 3.8.	V831 Cen: Çapraz eşlemede kullanılan He I 5875 Å çizgilerinin üç farklı yörünge evresindeki görünümleri ( <i>üst panel</i> ). $\phi = 0,277$ evresinde çapraz eşleme fonksiyonu ( <i>orta panel</i> ). Hesaplanan dikine hızlara en iyi uyan teorik dikine hız eğrisi ( <i>alt panel</i> ).....	50
Şekil 3.9.	V831 Cen: He I 5875 Å çizgilerinin bulunduğu 97 numaralı diziyeye yapılan KOREL fitleri ve bileşenlerin ayıklanmış tayfları ( <i>üst panel</i> ), KOREL ile elde edilen dikine hızlar ve çözüm sonucunda elde edilen en iyi fitler ( <i>alt panel</i> ).....	51
Şekil 3.10.	V831 Cen: Bileşenlerin He I 5875 Å çizgilerine yapılan model atmosfer fitleri.....	54
Şekil 3.11.	V831 Cen-A'nın ışık eğrilerinin çözümleri. Her bir panelde fotometrik bant belirtilmiştir.....	56
Şekil 3.12.	V831 Cen: <i>Hipparcos</i> TD verilerinin DIFMAP'de nokta kaynak fonksiyonu ile analizinden bileşenlerin (A ve B) ayrı ayrı görünümüleri.....	57
Şekil 3.13.	V831 Cen AB sisteminin yer tabanlı (açık daireler) ve <i>Hipparcos</i> gözlemine ( <i>içi dolu elmas</i> ) yapılan astrometrik yörünge çözümü ( <i>üst ve orta panel</i> ). O-C eğrisinde görülen ışık zaman etkisinin iki farklı enberiden geçiş zamanı (Finsen ve bu çalışma) için gösterimi ( <i>alt panel</i> ).....	58
Şekil 3.14.	PT Vel: Çapraz eşleme için seçilen tayf dizileri her bir panelin	

	üstünde gösterilmektedir. Panellerde PT Vel ve örnek tayf (üst), çapraz eşleme fonksiyonu (altta) verilmektedir. En alt panelde dikine hızlar ile yörünge çözümleri gösterilmektedir.....	64
Şekil 3.15.	PT Vel'in <i>Hipparcos</i> ve ASAS ışık eğrisi. Gözlem dönemleri farklı sembollerle gösterilmiştir.....	65
Şekil 3.16.	PT Vel'in ışık ve dikine hız eğrileri ve hesaplanan en uygun teorik fitler. Işık eğrileri <i>Hipparcos</i> ve ASAS verilerinden oluşturulmuştur...	70
Şekil 3.17.	PT Vel: Enberinin boylamının zamana göre değişimi.....	71
Şekil 3.18.	V964 Cen'in <i>Hipparcos</i> ışık öğelerine göre 5 farklı yörünge evresinde ki He I 6678 Å ( <i>üst panel</i> ), He I 5875 Å ( <i>alt panel</i> ) çizgileri.....	77
Şekil 3.19.	V964 Cen'in <i>Hipparcos</i> ışık öğelerine göre 5 farklı yörünge evresindeki He I 4471 Å ve Mg II 4481 Å ( <i>üst panel</i> ) çizgileri ve <i>Hipparcos</i> ışık eğrisi.....	78
Şekil 3.20.	LCC OB oymağındaki yıldızların H-R diyagramı. İzokron yaşları PMS izokron çizgilerinin altında ve anakol sonrası çizgilerinin üstünde gösterilmişlerdir. Kullanılan farklı sembollerin tanımları sol alt köşede verilmiştir. Daha açık olması için $\eta$ Mus-A'nın bileşenlerinin yerleri sembol tanımlarının üstünde büyütülmüş panelde gösterilmiştir.....	82
Şekil 3.21.	LCC OB oymağındaki yıldızların H-R diyagramı. İzokron yaşları PMS izokron çizgilerinin altında ve anakol sonrayı çizgilerinin üstünde gösterilmişlerdir. Kullanılan farklı sembollerin tanımları şeklin sol alt köşede verilmiştir. V831 Cen'nin bileşenleri ile V964 Cen'in H-R diyagramındaki yerleri sembol tanımlarının üstünde büyütülmüş panelde ayrıntılı gösterilmiştir.....	83
Şekil 3.22.	Log $T_{\text{eff}}$ – log $g$ düzleminde PT Vel'in bileşenlerinin konumları. Şekildeki diğer ayırık sitemlerin verileri Andersen (1991)'den alınmıştır. Üç farklı izokron (log (yaş) = 8,50; 8,55 ve 8,60) çizgisinden her iki bileşeni de temsil eden yaş çizgisinin log (yaş) = 8,55 olduğu açıkça görülmektedir. Şekilde kullanılan semboller sağ üst köşede verilen panelde gösterilmiştir.....	84

## YAŞAM ÖYKÜSÜ

<b>Doğum Yılı:</b>	1978
<b>Yazışma Adresi :</b>	Fizik Bölümü Fen Edebiyat Fakültesi Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Çanakkale, 17040, Çanakkale/Türkiye
<b>Telefon :</b>	1820
<b>Faks :</b>	2180533
<b>e-posta :</b>	bakisv@comu.edu.tr

### EĞİTİM

<b>Mezuniyet Yılı</b>	<b>Derece</b>	<b>Üniversite</b>	<b>Öğrenim Alanı</b>
1999	Lisans	Ege Üniversitesi	ASTRONOMİ
2004	Yüksek Lisans	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi	ASTROFİZİK
2007	Doktora	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi	ASTROFİZİK

### AKADEMİK-MESLEKTE DENEYİM

<b>Görev Dönemi</b>	<b>Görev Türü</b>	<b>Kuruluş</b>
2001-	Araştırma Görevlisi	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

### UZMANLIK ALANLARI

<b>Uzmanlık Alanları</b>
Astronomi ve Astrofizik

## ÖDÜLLER

Ödülün Adı	Alındığı Kuruluş	Yılı
En iyi proje ödülü	Bulgaristan Bilimler Akademisi ve Belogradchik Gözlemevi	2003
Yayın Teşvik	Çanakkale Onsekiz Mart Üniv.	2004
Yayın Teşvik	TÜBİTAK	2004
Yayın Teşvik	Çanakkale Onsekiz Mart Üniv.	2005
Yurt Dışı Araştırma Bursu	TÜBİTAK – Bilim Adamı Yetiştirme Grubu	2006
Yayın Teşvik	TÜBİTAK	2006

## YAYINLAR

- **Uluslararası Hakemli Dergilerde Yayımlanan Makaleler**

*	Demircan, O., Erdem, A., Özdemir, S., Çiçek, C., Bulut, I., Soydugan, F., Soydugan, E., <b>Bakiş, V.</b> , Kabas, A., Bulut, A., Tüysüz, M., Zejda, M., Budding, E.; " The First Eclipsing Binary Observations at the Ulunar Astrophysics Observatory", <b>2003, <i>IBVS</i></b> , 5364.
*	<b>Bakiş, V.</b> , Erdem, A., Budding, E., Demircan, O., "GSC 4288_0186 : A New Eccentric Binary" , <b>2003, <i>IBVS</i></b> , 5381.
*	<b>Bakiş, V.</b> , Tuysuz, M., Zejda, M., Soydugan, F., Soydugan, E., Kabas, A., Dogru, S. S., Erdem, A., Budding, E., Demircan, O.; "New Times of Minima of Eclipsing Binary Systems", <b>2003, <i>IBVS</i></b> , 5399.
*	Budding, E., Heckert, P., Soydugan, F., Soydugan, E., <b>Bakiş, V.</b> , Bakis, H., Erdem, A.; "Photometry of HR 1817 at Two Sites Well Separated in Longitude" , <b>2003, <i>IBVS</i></b> , 5451.
*	<b>Bakiş, V.</b> , Bakis, H., Erdem, A., Cicek, C., Demircan, O., Budding, E.; "New Times of Minima of Some Selected Eclipsing Binary Systems" , <b>2003, <i>IBVS</i></b> , 5464.
**	Budding, E., Erdem, A., Çiçek, C., Bulut, I., Soydugan, F., Soydugan, E., <b>Bakiş, V.</b> , Demircan, O.; "Catalogue of Algol type binary stars", <b>2004, <i>A&amp;A</i></b> , 417, 263.
**	<b>Bakiş, V.</b> , Erdem, A., Budding, E., Demircan, O. and Bakis, H.; "Astrometric Solution of The Triple System XY Leo" , <b>2005, <i>Ap&amp;SS</i></b> , 296, Nos. 1-4, 131-134 .
**	Budding, E., <b>Bakiş, V.</b> , Erdem, A., Demircan, O., Iliev, L., Iliev, I., Slee, O., B., "Multi-facility study of the Algol-type binary Delta Librae", <b>2005, <i>Ap&amp;SS</i></b> , 296,

	Nos. 1-4, 371-389.
*	<b>Bakış, V.</b> , Bakis, H., Tuysuz, M., Ozkardes, B., Erdem, A., Cicek, C., Demircan, O., "New Times of minima of Eclipsing Binary Stars", <b>2005</b> , <i>IBVS</i> , 5616.
*	Bakis, H., <b>Bakış, V.</b> , Demircan, O. ve Budding, E., "Standard UBV Observations at the Çanakkale University Observatory (ÇUO)", <b>2005</b> , <i>Turkish Journal of Phy.</i> , 29, 217.
*	<b>Bakış, V.</b> , Dogru, S.S., Bakış, H., Dogru, D., Erdem, A., Çiçek, C., Demircan, O., "New Times of Minima of Eclipsing Binary Stars", <b>2005</b> , <i>IBVS</i> , 5662.
**	Bakış, V., Budding, E, Erdem, A., Bakış, H., Demircan, O., Hadrava, P., "Analysis of $\delta$ Librae Including Hipparcos Astrometry", <b>2006</b> , <i>MNRAS</i> , 370, 1935.
**	Bulut, İ., Çiçek, C., Erdem, A., Bakış, V., Demircan, O., Değirmenci, Ö., L., "First Ground-Based Photometry and Light Curve Analysis of the Eccentric Eclipsing Binary V744 Cas", <b>2006</b> , <i>AN</i> , 327, 912..
*	<b>Bakış, V.</b> , Bakış, H., Budding, E., Demircan, O. And Zejda, M., <b>2006</b> , "Photometric and Spectroscopic Study of the Eccentric Binary GSC 4288 0186", <i>ASP</i> , 370, 213.
*	Bakış, H., <b>Bakış, V.</b> , Demircan, O. and Budding, E., <b>2006</b> , "On the Variability of Be Star EM Cep", <i>ASP</i> , 370, 225.
*	<b>Bakış, V.</b> , Bakış, H., Demircan, O., Budding, E., Erdem, A., Çiçek, C., <b>2006</b> , Discovery of New Variable Stars at Çanakkale Onsekiz Mart University Observatory, <i>ASP</i> , 370, 251.
**	Erdem, A., Dogru, S., <b>Bakış, V.</b> and Demircan, O., "Orbital Period Variations of Four Algol-type Eclipsing Binaries: SW Cyg, UU Leo, XX Cep and BO Vul", <b>2007</b> , <i>AN</i> , 328, 543.
**	<b>Bakış, V.</b> , Bakış, H., Eker, Z., Demircan, O., "η Muscae: A Young Detached Binary with Two Identical Components", <b>2007</b> , <i>MNRAS</i> , <i>baskıda</i> .
**	Bakış, V., <b>Bakış, H.</b> , Demircan, O., Eker, Z., "Absolute Dimensions and Apsidal Motion of the Eccentric Binary PT Velorum", <b>2007</b> , <i>MNRAS</i> , <i>yayına gönderildi</i> .
**	<b>Bakış, H.</b> , Bakış, V., Demircan, O., Eker, Z., The early-type semidetached binary system V716 Centaurus] {The early-type semidetached binary system V716 Centaurus", <b>2007</b> , <i>MNRAS</i> , <i>yayına gönderildi</i> .
	** Citation Index tarafından taranan dergiler, * Diğer uluslararası hakemli dergiler.

- **Uluslararası Bilimsel Toplantılarda Sunulan ve Bildiri Kitabında Yayınlanan Bildiriler**

Soydugan, E., <b>Bakis, V.</b> , Aygun, S., Ozkardes, B., Inan, A.,: "CW Cep Studied by COMU Astronomers", <b>2001, Southern CCD and Photometry Group Communique</b> , V.2, I.4, September.
<b>Bakis, V.</b> , Demircan, O.; "Approximations for the Roche Model", <b>2002</b> , Çanakkale Astrophysics Workshop, "New Directions for Close Binary Stars: The Royal Road to the Stars", Çanakkale, 3, 102.
<b>Bakis, V.</b> , Bakis, H., Demircan, O., Budding, E.; "Strong Wind Effect of Massive Binary Stars: V444 Cep, V1898 Cyg", <b>2003, Summer School for Young Astronomers</b> , Belogradchik, Bulgaristan.
Erdem, A., Demircan, O., Budding, E., Çiçek, C., Bulut, I., Soydugan, E., Soydugan, F., <b>Bakiş, V.</b> , <b>2002</b> , "Catalogue of Algol-type Binary Stars", Çanakkale Astrophysics Workshop "New Directions for Close Binary Stars: The Royal Road to the Stars", Çanakkale, 3, 91.
Budding, E., <b>Bakis, V.</b> , Erdem, A., Demircan, O., Iliev, L., Iliev, I., Slee, O., B., <b>2004</b> , "Multi-facility study of the Algol-type binary Delta Librae", Zdenek Kopal's Binary Star Legacy, Litomisyl, Çek Cumhuriyeti, <b>Ap&amp;SS</b> , 296, 371.
<b>Bakis, V.</b> , Erdem, A., Budding, E., Demircan, O. and Bakis, H., <b>2004</b> , "Astrometric Solution of The Triple System XY Leo" , Zdenek Kopal's Binary Star Legacy, Litomisyl, Çek Cumhuriyeti, <b>Ap&amp;SS</b> , 296, 131.
<b>Bakis, V.</b> , Demircan, O., Budding, E., Bakis, H. ; "Astrometric Solutions of Eclipsing Binaries: R CMa, XY Leo and XY UMa", <b>2004</b> , Astrometry with Small Telescopes and Second Meeting of the Sub-Regional european Astronomical Committee, Bucharest, Romania, <b>Romanian Academy of Sciences</b> , .
Özel, M.E., Kaçar, Y., <b>Bakiş, V.</b> , Olutaş, M., Kızıloğlu, Ü., Güver, T., <b>2004</b> , "Gamma Ray Burst Afterglow Studies in Turkey", Astrometry with Small Telescopes and Second Meeting of the Sub-Regional european Astronomical Committee, Bucharest, Romania, <b>Romanian Academy of Sciences</b> , .
<b>Bakis, V.</b> , Bakış, H., Budding, E., Demircan, O. And Zejda, M., <b>2006</b> , Photometric and Spectroscopic Study of the Eccentric Binary GSC 4288 0186, Solar and Stellar Physics Through Eclipses Meeting, Eds. O.Demircan, Albayrak, Berahitdin, Selam, S. O., Antalya, <b>ASP</b> , 370, 213.
Bakiş, H., <b>Bakiş, V.</b> , Demircan, O. and Budding, E., <b>2006</b> , On the Variability of Be Star EM Cep, Solar and Stellar Physics Through Eclipses Meeting, Eds. O.Demircan, Albayrak, Berahitdin, Selam, S. O., Antalya, <b>ASP</b> , 370, 225.
<b>Bakiş, V.</b> , Bakış, H., Demircan, O., Budding, E., Erdem, A., Çiçek, C., <b>2006</b> , Discovery of New Variable Stars at Çanakkale Onsekiz Mart University Observatory, ( <i>Poster</i> ), Solar and Stellar Physics Through Eclipses Meeting, Eds. O.Demircan, Albayrak, Berahitdin, Selam, S. O., Side, Antalya, <b>ASP</b> , 370, 251.



- **Ulusal Bilimsel Toplantılarda Sunulan ve Bildiri Kitabında Yayımlanan Bildiriler**

Demircan, O., Özdemir, S., <b>Bakis, V.</b> , Kabas,A., <b>2002</b> , "Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ulupınar Astrofizik Gözlemevi Meteoroloji Kayıtları", <b>XIII. UAT</b> , Antalya.
<b>Bakis, V.</b> , Demircan, O.; "Roche Modeli için Yeni bir Yaklaşım", <b>2002</b> , <b>XIII. UAT</b> , Antalya.
Zejda, M., <b>Bakis, V.</b> , Demircan, O., Özdemir, S., Erdem, A., Çiçek, C., Bulut, A., Kabas, A., Bulut, I., Tüysüz, M., "Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ulupınar Astrofizik Gözlemevi CCD Gözlemleri", <b>2002</b> , <b>XIII. UAT</b> , Antalya.
<b>Bakis, V.</b> , Zejda, M., Using of MUNIPACK for CCD Data Reduction, <b>2003</b> , Çanakkale Astrophysics Workshop "CCD's in Astronomy", Çanakkale.
Bakış, H., Erdem, A., Çiçek, C., <b>Bakış, V.</b> , Soyduğan, F., Soyduğan, E., Demircan, O., Frasca, A., Catalano, S. ; "RS CVn Türü Gem, FI Cnc, IT Com, BM CVn ve BM Lyn Yıldızlarının Fotometrik ve Tayfsal Gözlemleri", <b>2004</b> , <b>XIV. UAT</b> , Erciyes Üniversitesi.
<b>Bakış, V.</b> , Erdem, A., Demircan, O., Budding, E., Bakış, H.; "Çoklu Sistem XY Leonis' in Astometrik Çözümü", <b>2004</b> , <b>XIV. UAT</b> , Erciyes Üniversitesi.
Bakış,H., <b>Bakış, V.</b> , Demircan,O., Edwin,B., Erdem,A., <b>2004</b> , "Çanakkale OnsekizMart Üniversitesi Astrofizik Araştırma Merkezi İçin Standart Sisteme Dönüşüm Katsayıları", <b>XIV. UAT</b> , Erciyes Üniversitesi.
Çiçek, C., Değirmenci, Ö.L., Bulut, İ., Demircan, O., Erdem, A., <b>Bakış, V.</b> , Erkan, N., <b>2006</b> , "Eksen Dönmesi Gösteren Hipparcos Örtün Çift Sistemi V398 Lac'ın İlk Yer Tabanlı Gözlemlerinin Fotometrik Analizi", <b>XV. UAT</b> , <i>baskıda</i> .
Kaçar, Y., <b>Bakış, V.</b> , Özel, M.E., <b>2006</b> , "SN2004dj Süpernovası Gözlemleri", <b>XV. UAT</b> , <i>baskıda</i> .
Bulut, İ., Çiçek, C., Erdem, A., <b>Bakış, V.</b> , Demircan, O., Değirmenci, Ö.L., <b>2006</b> , "Eksantrik Yörüngeli Örtün Çift Yıldız V744 Cas ' ın Yere Dayalı ilk Gözlemlerinin Fotometrik İncelenmesi", <b>XV. UAT</b> , <i>baskıda</i> .

## PROJELER

Yılmaz, A., Hilgers, A., <b>Bakış, V.</b> , "Hall Etkisi İtme Motorunun İndüklediği Sorguç Plazmasının Yapısı ve Uzay aracı ile Etkileşimleri ", 2005, kod: 104M321, <b>TÜBİTAK Projesi</b> , <i>devam ediyor.</i>
Çiçek, C., Erdem, A., Bulut, İ., Demircan, O., <b>Bakis, V.</b> ; "Bazı Eksantrik Yörüngeli Örtten Çift Yıldızların Fotometrik İncelenmesi", 2004, Proje kodu 102T201, <b>TÜBİTAK Projesi</b> , <i>tamamlandı.</i>
Erdem, A., <b>Bakis, V.</b> , Demircan, O.; "Örtten Çiftlerde Üçüncü Cisim Sorunu ve Üçüncü Cismin Dinamiği", Yüksek Lisans <b>ÇOMÜ Projesi</b> , 2003/45, <i>tamamlandı.</i>
Erdem, A., Çiçek, C., Soydugan, E., Soydugan, F., <b>Bakış, V.</b> ve Bulut, İ., "Manyetik Aktivite Gösteren Güneş Türü Birkaç Örtten Çift Yıldızın Yörünge Dönemi Analizi", <b>ÇOMÜ Projesi</b> , 1999/FE/0, <i>tamamlandı.</i>
<b>Bakis, V.</b> , Bakış, H., Budding, E., Demircan, O., <b>2006</b> , "Yıldız Mutlak Parametrelerinin Galaktik Ortama Bağımlılığının Denetlenmesi", <b>TÜBİTAK Yurt-Dışı Araştırma Projesi</b> , kod: 2254, <i>tamamlandı.</i>
Demircan, O., Bakış, H., <b>Bakış, V.</b> , <b>2005</b> , Etkileşen Be türü Yakın Çift Sistemlerin İncelenmesi, <b>ÇOMÜ Projesi</b> , No:118, <i>devam ediyor.</i>
Demircan, O., Özcağ, L., Bakış, H., <b>Bakış, V.</b> , <b>2005</b> , Ulupınar Gözlemevi Bölgesinde Fotometrik Sönümlenme Katsayısının Belirlenmesi ve Yıllık Değişimlerinin İncelenmesi, <b>ÇOMÜ Projesi</b> , No: 47, <i>devam ediyor.</i>
Demircan, O. ve diğ., <b>2006</b> , "Büyük Teleskop Projesi", <b>DPT Projesi</b> , <i>devam ediyor.</i>

**Düzenleme Tarihi** : 01/10/2007