

**T.C.**  
**ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**DOKTORA TEZİ**

**BAZI CAB ADAYI ÇİFT YILDIZLARIN**  
**FOTOMETRİK ANALİZİ**

**Derya SÜRGİT**

**Fizik Anabilim Dalı**

Tezin Sunulduğu Tarih: **27.10.2010**

**Tez Danışmanı:**

**Prof. Dr. Ahmet ERDEM**

**ÇANAKKALE**

## DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

**DERYA SÜRGİT** tarafından **PROF. DR. AHMET ERDEM** yönetiminde hazırlanan “**BAZI CAB ADAYI ÇİFT YILDIZLARIN FOTOMETRİK ANALİZİ**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof.Dr. Ahmet ERDEM

Danışman

Prof.Dr. Cafer İBANOĞLU

Prof.Dr. Ömer Lütü DEĞİRMENCİ

Jüri Üyesi

Jüri Üyesi

Prof.Dr. Osman DEMİRCAN

Doç. Dr. Caner ÇİÇEK

Jüri Üyesi

Jüri Üyesi

Sıra No:

Tez Savunma Tarihi: 27/10/2010

Prof.Dr. İsmail TARHAN

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

Hazırlanan bu doktora tezi Çanakkale Onsekiz Mart üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projesi (BAP) tarafından 2007/55 no’lu proje tarafından desteklenmiştir.

## İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI

**Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.**

Derya SÜRGİT

## TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanmasında her türlü yardım ve önerilerini esirgemeyen, tez süresince değerli yorumlarıyla yol gösteren, her zaman yanımda olan çok değerli hocam Prof. Dr. Ahmet ERDEM'e saygılarımı ve teőekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim. Tez çalışmamın gözlemsel verilerinin toplanmasında bu imkânı sağlayan, yorumlarıyla yol gösteren Prof. Dr. Edwin BUDDING'e ve Prof. Dr. Osman DEMİRCAN'a, ayrıca Mt John Gözlemevinin imkanlarını bize sunan Prof. Dr. John HEARNshaw'a, Mt John Gözlemevinde kaldığım süre boyunca gözlemlerde ve her türlü konuda yardımlarını esirgemeyen Alan GILMORE ve eşine, gözlemlerde teknik destek sağlayan tüm çalışanlarına, Canterbury Üniversitesinde çalışmamızda bize yol gösteren Dr. Duncan WRIGHT'e, Erasmus süresince Polonya'da yardımlarını ve arkadaşlığını esirgemeyen, değerli bilgileriyle yol gösteren Prof. Dr. Staszek ZOLA ve Polonya'da bulunduğum süre içerisinde arkadaşlığını esirgemeyen değerli ailesine, çalışmalarım süresince değerli bilgilerini esirgemeyen Doç. Dr. Faruk SOYDUGAN'a, Doç. Dr. Selçuk BİLİR'e, Yrd. Doç. Dr. Hasan AK'a, teőekkürlerimi sunarım. Ayrıca hayatımın her anında maddi manevi yardımlarını hiç esirgemeyen canım aileme sonsuz teşekkür ederim.

Derya SÜRGİT

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

<u>Simge</u>	<u>Açıklama</u>
<b>RV</b>	Dikine Hız,
<b>MJUO</b>	Mt John Üniversitesi Gözlemevi,
<b>HRSP</b>	Hercules İndirgeme Yazılım Paketi,
<b>CCF</b>	Çapraz Eşleme Yöntemi,
<b>O-C</b>	Gözlenen- Hesaplanan Minimum Zamanı Farkı,
<b>HR</b>	Hertzprung-Russel Diagramı,
<b>HJD</b>	Heliosentrik Jülyen Günü,
<b>ESA</b>	European Space Agency,
<b>IRAF</b>	Görüntü İndirgeme ve Analiz Paketi,
<b>KOREL</b>	Fourier Dönüşümü ile Çift veya Çoklu Sistemlerin Tayflarının Ayrıştırılması İçin Kullanılan Yazılım,
<b>SI600s</b>	Spectral Instrument 600 Series,
<b>CCD</b>	Charge Coupled Device,
<b>ILOT</b>	Information Limit Optimisation Tecniqe
<b>MC</b>	Monte Carlo Yöntemi,
<b>WD</b>	Wilson-Devinney Programı,
<b>PROF</b>	Profile Fiting (tayfsal çizgi kesidine Gauss fonksiyonu fiti programı)
<b>PARAM</b>	Bayesian yöntemine dayanarak hazırlanan program, ( <a href="http://stev.oapd.inaf.it/cgi-bin/param">http://stev.oapd.inaf.it/cgi-bin/param</a> )
<b>ZAMS</b>	Sıfır Yaş Anakolu,
<b>TAMS</b>	Anakoldan Ayrılma Noktaları,
<b>S/G</b>	Sinyal/Gürültü Oranı,
<b>Å</b>	Angström,
<b>λ</b>	Dalgaboyu,
<b>[Fe/H]</b>	Metallik oranı,
<b>Gyıl</b>	Gigayıl,
<b>Hp</b>	Hipparcos Parlaklığı,
<b>C1</b>	Mukayese yıldızı,
<b>C2</b>	Denet yıldızı,
<b>σ<sub>i</sub></b>	Standart hata,
<b>e</b>	Basıklık,

<b>w</b>	Enberi Boylamı,
<b>q</b>	Kütle oranı ( $m_2/m_1$ ),
<b>a</b>	Yarı-büyük Eksen Uzunluğu,
<b>i</b>	Yörünge Düzlemi Normali ile Bakış doğrultusu Arasındaki açı(Eğim Açısı),
<b>P</b>	Yörünge Dönemi,
<b>M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub></b>	Bileşenlerin Kütleleri,
<b>R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub></b>	Bileşenlerin Yarıçapları,
<b>K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub></b>	Bileşenlerin Hızlarının Yarı-genlikleri,
<b>V<sub>γ</sub></b>	Ortak Kütle Merkezi Hızı,
<b>A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub></b>	Bileşenlerin Yansıtma Katsayıları,
<b>g<sub>1</sub>, g<sub>2</sub></b>	Bileşenlerin Çekimsel Kararma katsayıları,
<b>F<sub>h</sub>, F<sub>c</sub></b>	Bileşenlerin Dönme Hızlarının Senkronize Dönme Hızlara Oranı,
<b>Ω<sub>1</sub>, Ω<sub>2</sub></b>	Bileşenlerin Potansiyelleri,
<b>r<sub>1</sub>, r<sub>2</sub></b>	Bileşenlerin Kesirsel Yarıçapları,
<b>T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub></b>	Bileşenlerin Sıcaklıkları,
<b>L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub></b>	Bileşenlerin Işıtmaları,
<b>E(B-V)</b>	Renk Artığı,
<b>A<sub>pg</sub></b>	Fotografik Parlaklık Değişimi,
<b>Vsini</b>	Ekvatoryal Dönme Hızının İzdüşümü,
<b>mas</b>	Mili Yay Saniyesi,
<b>as</b>	Yay Saniyesi,
<b>AU</b>	Astronomical Unit (Astronomik Birim),
<b>L<sub>☉</sub></b>	Güneşin Işıtması,
<b>M<sub>☉</sub></b>	Güneşin Kütleli,
<b>R<sub>☉</sub></b>	Güneşin Yarıçapı,
<b>M<sub>bol</sub></b>	Bolometrik Parlaklık,
<b>M<sub>v</sub></b>	Görsel Mutlak Parlaklık,
<b>ΔM</b>	Kütle kaybeden (looser) bileşenden kazanan (gainer) bileşene aktarılan kütle,
<b>δM</b>	Sistemden Kaybolan kütle miktarı,
<b>ΔP/P</b>	Gözlenen dönem değişimi oranı,
<b>A<sub>s</sub>, P<sub>s</sub>, T<sub>s</sub></b>	Sinüslü Değişimin sırasıyla Yarı Genliği, Dönemi, Minimum Zamanı,

$r_3$	Üçlü sistemin ortak kütle merkezine olan uzaklığı,
$\Delta J$	Açısal momentum transferi,
$I_s$	Kabuğun eylemsizlik momentumu,
$\Delta E$	Enerji Değişimi,
$\Delta L_{RMS}$	Işıtma Değişimi,
<b>BH</b>	Black Hole(Kara Delik),
$f(m)$	Kütle fonksiyonu,
$\Delta\Omega/\Omega$	Bileşen yıldızın diferansiyel dönmesinin kesirsel değişimi
$T_0$	Tutulma Başlangıç Zamanı,
<b>NS</b>	Nötron star(Nötron Yıldızı),
$(EW)$	Eşdeğer Genişlik,
$I_c$	Süreklilik Akısı,
$I_d$	Ortalama Dalga boyunda Görelî Derinlik,
$s$	Gaussian Genişleme Parametresi,
$r$	Rotasyonel Genişleme Parametresi,
$u$	Kenar Kararma Katsayısı,
$f(M_3)$	Üçüncü cismin kütle fonksiyonu,
$\rho$	Ayrıklık açısı,
$\theta$	Konum Açısı,
$\pi$	İraksınım/paralaks,

## ÖZET

### BAZI CAB ADAYI ÇİFT YILDIZLARIN FOTOMETRİK ANALİZİ

Derya SÜRGİT

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Fizik Anabilim Dalı Doktora Tezi

Danışman: Prof. Dr. Ahmet ERDEM

27.10.2010, 126

Bu tez çalışmasında CAB (Kromosferik Aktif Çift Yıldız) adayı olarak gözönüne alınan CF Tuc, KZ Pav ve WZ Hor'un Mt John Üniversitesi Gözlemevi'nde (Yeni Zelanda) 2007 ve 2008 gözlem sezonlarında alınan yüksek çözünürlüklü tayfları ve fotometrik verileri ve literatürden alınan fotometrik veriler incelenmiştir.

CF Tuc'un yüksek çözünürlüklü tayfları iki farklı yöntem (çarpaz eşleme ve KOREL) kullanılarak analiz edilmiştir. Sistemin bileşenlerinin dikine hız değerleri elde edilerek yörünge elemanları hesaplanmıştır. CF Tuc'un H $\alpha$  ve CaII H ve K salma çizgileri incelenmiş ve eşzamanlı yapılan tayfsal ve fotometrik gözlemleri kullanılarak yörünge dolanma evresine göre H $\alpha$  salması ve ışık eğrisi asimetrisi arasında bir anti-korelasyon bulunmuştur. CF Tuc'un yüksek çözünürlüklü tayf çizgilerinden Na D2 çizgisi kullanılarak sistemin eş-dönme gösterdiği görülmüştür. CF Tuc'un BV ışık eğrileri ve dikine hız eğrileri Wilson-Devinney yöntemi kullanılarak eş zamanlı olarak analiz edilmiştir. Sistemin mutlak parametreleri:  $M_1=1.11\pm 0.01 M_{\odot}$ ,  $M_2=1.23\pm 0.01 M_{\odot}$ ,  $R_1=1.63\pm 0.02 R_{\odot}$ ,  $R_2=3.60\pm 0.02 R_{\odot}$ ,  $L_1=3.32\pm 0.51 L_{\odot}$  ve  $L_2=3.91\pm 0.84 L_{\odot}$  olarak bulunmuştur. CF Tuc'un baş bileşenin yaşı yaklaşık 5 Gyıl olarak bulunmuş ve CF Tuc'un bileşenlerinin HR diyagramındaki konumları tartışılmıştır. Sistemin uzaklığı, yıldızlararası soğurma ihmal edilerek,  $89\pm 6$  pc değerinde tahmin edilmiştir. CF Tuc'un yörünge dönemi değişimi, *O-C* verisi kullanılarak, analiz edilmiş ve *O-C* artıklarının değişimi iki farklı yaklaşımla ele alınmıştır: (i) üç ardışık doğrusal değişim ve (ii) aşağıya doğru parabol üstüne binmiş sinüslü bir değişim. Bu değişimler, kütle aktarımı ve kütle kaybının birleşik etkisi, Applegate mekanizması ve üçüncü cisim nedeniyle oluşan ışık-zaman etkisi cinsinden tartışılmıştır. Ayrıca CF Tuc'un Hipparcos astrometrik verisi kullanılarak astrometrik analizi yapılmıştır.

Çoklu sistem KZ Pav'ın (IDS 20490-7048 A-BC) A çift sistem bileşeninin yüksek çözümü tayfları, çarpaz eşleme ve KOREL kullanılarak analiz edilmiştir. KZ Pav A çift



sisteminin bileşenlerinin dikine hız değerleri elde edilerek yörünge elemanları hesaplanmıştır. MgI (5183.6 Å) çizgi kesitleri kullanılarak çiftin bileşenlerinin eş-dönme gösterdikleri bulunmuştur. Wilson-Devinney yöntemin kullanılarak, çiftin dört farklı fotometrik veri seti (1988-9 BV, 1998 V, Hipparcos ve 2006 BVRI) ile yeni dikine hız eğrileri eşzamanlı analiz edilmiş ve bileşenlerin mutlak parametreleri hesaplanmıştır:  $M_1=1.70\pm 0.02 M_{\odot}$ ,  $M_2=1.09\pm 0.03 M_{\odot}$ ,  $R_1 = 1.74\pm 0.01 R_{\odot}$ ,  $R_2 = 1.94\pm 0.02 R_{\odot}$ ,  $L_1 = 5.86 \pm 0.81 L_{\odot}$  ve  $L_2 = 2.32 \pm 0.40 L_{\odot}$ . KZ Pav'ın baş bileşenin yaşı yaklaşık 1.4 Gyl olarak bulunmuş ve KZ Pav'ın bileşenlerinin HR diyagramındaki konumları tartışılmıştır. KZ Pav'ın uzaklığı, yıldızlararası soğurma dikkate alındığında,  $115\pm 8$  pc olarak bulunmuştur. KZ Pav A çift sistemin yörünge dönemi değişimine yaklaşık bir yüzyıllık minimum verisi kullanılarak bakılmış ve değişimin aşağı parabol üzerine binmiş sinüslü yapıda olduğu bulunmuştur. Aşağı parabolün belirttiği yörünge dönemi azalması, kütle aktarımı ve kütle kaybının birleşik etkisine bağlanmıştır. Sinüslü/çevrimsel dönem değişimi, üçüncü cisim nedeniyle oluşan ışık-zaman etkisi, Applegate mekanizması ve KZ Pav BC bileşenlerinden gelen yüksek terimli çekimsel tedirginlikler cinsinden tartışılmıştır. Çoklu sistem KZ Pav'ın gözlemsel astrometrik veri analizi yapılarak, A-BC ve B-C bileşenlerinin yörünge parametreleri bulunmuştur.

WZ Hor'un bu çalışmayla birlikte ilk tayfsal gözlemleri ve yer tabanlı ilk fotometrik gözlemleri yapılmış ve ışık ve dikine hız eğrileri elde edilmiştir. Sistemin yüksek çözünürlüklü tayfları, çarpaz eşleme ve KOREL kullanılarak analiz edilmiş ve yalnızca baş bileşenin dikine hızları elde edilebilmiştir. Fotometrik BVRI ışık eğrileri Monte Carlo Search Yöntemi kullanılarak eş-zamanlı çözümlenmiş ve sistemin fotometrik kütle oranı  $q=0.403$  olarak bulunmuştur. Tayfsal kütle fonksiyonu ve fotometrik çözümden elde edilen kütle oranı kullanılarak bileşenlerin mutlak parametreleri tahmin edilmiştir:  $M_1=1.94 M_{\odot}$ ,  $M_2=0.77 M_{\odot}$ ,  $R_1 = 1.84 R_{\odot}$ ,  $R_2 = 0.75 R_{\odot}$ ,  $L_1 = 5.24 L_{\odot}$  ve  $L_2 = 0.11 L_{\odot}$ . Ayrıca, WZ Hor'un bileşenlerinin HR diyagramındaki konumları tartışılmıştır.

**Anahtar sözcükler:** Çift yıldızlar: örten – yıldızlar: temel parametreler – teknik: tayf ölçüm – teknik: ışık ölçüm – yıldızlar: CF Tuc, KZ Pav ve WZ Hor.

## ABSTRACT

### PHOTOMETRIC ANALYZES OF SOME CAB CANDIDATE BINARY STARS

Derya SÜRGİT

Çanakkale Onsekiz Mart University

Graduate School of Science and Engineering

Chair for Physics Thesis of Ph.D. Science

Supervisor: Pro. Dr. Ahmet ERDEM

27.10.2010, 126

In this thesis, we studied high-resolution spectra and photometric data of three CAB (Chromospherically Active Binaries) candidates stars (CF Tuc, KZ Pav and WZ Hor), which were obtained at the Mt John University Observatory in New Zealand in 2007 and 2008. We used some photometric data of these stars from literature.

We analyzed the high-resolution spectra of CF Tuc with two different methods (cross-correlation and KOREL). Radial velocities of both components were obtained, and the spectroscopic orbit of the system was solved. The H $\alpha$  and CaII H & K emission lines of CF Tuc were studied. Using almost simultaneous spectroscopic and photometric observations, an anticorrelation between the H $\alpha$  emission and the BV light curve maculation effects was found. It is concluded that the components rotated synchronously according to their Na D2 line profiles. Our spectroscopic data and recent *BV* light curves were solved simultaneously using the Wilson-Devinney method. The following absolute parameters of the components were determined:  $M_1=1.11\pm 0.01 M_{\odot}$ ,  $M_2=1.23\pm 0.01 M_{\odot}$ ,  $R_1 = 1.63\pm 0.02 R_{\odot}$ ,  $R_2 = 3.60\pm 0.02 R_{\odot}$ ,  $L_1 = 3.32 \pm 0.51 L_{\odot}$  ve  $L_2 = 3.91 \pm 0.84 L_{\odot}$ . The primary component has an age of about 5 Gyr, and the positions of the components in the HR diagram were also discussed. The distance to the system was estimated to be  $89\pm 6$  pc from the dynamic parallax, neglecting interstellar absorption. The orbital period of the system was studied using the *O-C* analysis. The *O-C* diagram could be interpreted in terms of either two abrupt changes or a quasi-sinusoidal form superimposed on a downward parabola. These variations were discussed by reference to the combined effect of mass transfer and mass loss, the Applegate mechanism and also a light-time effect due to the existence of a third body in the system. The Hipparcos astrometric data was also analysed.

High-resolution spectra of CCDM J20587-7025 A eclipsing binary component of the KZ Pav (IDS 20490–7048 A-BC) multiple system were analyzed with two different methods (cross-correlation and KOREL). Radial velocities of the components of the binary were derived, and the orbital parameters of the binary were calculated. The close binary components rotated synchronously according to their MgI (5183.6 Å) line profiles. The new radial velocities and four photometric data sets (1988–89 *BV*, 1998 *V*, *Hipparcos* and 2006 *BVRI*) were analyzed simultaneously using the Wilson-Devinney method. The absolute parameters of the components were calculated as  $M_1=1.70\pm 0.02 M_\odot$ ,  $M_2=1.09\pm 0.03 M_\odot$ ,  $R_1=1.74\pm 0.01 R_\odot$ ,  $R_2=1.94\pm 0.02 R_\odot$ ,  $L_1=5.86\pm 0.81 L_\odot$  ve  $L_2=2.32\pm 0.40 L_\odot$ . The primary component has an age of about 1.4 Gyr, and the positions of the components in the HR diagram were also discussed. The distance to the system was estimated to be  $115\pm 8$  pc from the dynamic parallax, neglecting interstellar absorption. The variation of the orbital period of KZ Pav A, from times of minimum data covering nearly one century, indicates a quasi-sinusoidal form superimposed on a downward parabola. The secular period decrease was interpreted in terms of the combined effects of mass transfer and loss. The sinusoidal component may reflect a light-time effect from either an unseen component or higher order terms in perturbations from the BC system, or perhaps an internal magnetic field rearrangement (Applegate type) mechanism. The orbits of the A-BC and B-C systems are considered against historic astrometric measurements.

We present the first spectroscopic study and the first ground-based photometric observations of WZ Hor. High resolution spectra of the system were analyzed with using cross-correlation and KOREL, and only the radial velocity values of the primary component were derived. The photometric *BVRI* light curves were solved simultaneously using the Wilson-Devinney method with Monte Carlo type algorithm. The photometric mass ratio was derived as  $q=0.403$ . The following absolute parameters of the components were estimated from the spectral mass function and the photometric solution:  $M_1=1.94 M_\odot$ ,  $M_2=0.77 M_\odot$ ,  $R_1=1.84 R_\odot$ ,  $R_2=0.75 R_\odot$ ,  $L_1=5.24 L_\odot$  ve  $L_2=0.11 L_\odot$ . The positions of the components in the HR diagram were also discussed.

**Keywords:** binaries: eclipsing- stars: fundamental parameters – technique: spectroscopy – technique: photometry – stars: individual (CF Tuc, KZ Pav and WZ Hor).

# İÇERİK

	<b>Sayfa</b>
TEZ SINAVI SONUÇ BELGESİ .....	ii
İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI.....	iii
TEŞEKKÜR .....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	v
ÖZET .....	vii
ABSTRACT .....	ix
<b>BÖLÜM 1 – GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. CAB yıldızları nedir? .....</b>	<b>1</b>
1.1.1. RS CVn türü çift yıldızlar .....	3
1.1.2. BY Dra türü yıldızlar .....	4
1.1.3. Algol türü değişenler.....	5
<b>1.2. Tezin Amacı .....</b>	<b>7</b>
<b>1.3. Seçilen CAB Adayları .....</b>	<b>7</b>
1.3.1. CF Tuc .....	7
1.3.2. KZ Pav .....	9
1.3.3. WZ Hor .....	10
<b>BÖLÜM 2 – MATERYAL VE YÖNTEM .....</b>	<b>11</b>
2.1. Tayfsal Gözlemler ve Veri İndirgemesi .....	11
2.2. Fotometrik Gözlemler .....	14
<b>BÖLÜM 3 – ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA .....</b>	<b>22</b>
<b>3.1. CF Tuc .....</b>	<b>22</b>
3.1.1. Tayfsal Veri Analizi ve Yörünge Çözümü .....	22
3.1.1.1. Çapraz Eşleme Yöntemi (CCF) ile Dikine Hız Değerlerinin Okunması ve Yörünge Çözümü .....	22
3.1.1.2. KOREL Yöntemi ile Dikine Hız Değerlerinin Okunması ve Yörünge Çözümü .....	25
3.1.2. Dönme Hızları .....	29
3.1.3. Manyetik Aktivite Belirteçleri .....	31
3.1.4. Işık ve Dikine Hız Eğrilerinin Eşzamanlı Çözümü .....	36
3.1.5. Yörünge Dönem Analizi .....	40

3.1.5.1. Ani Dönem Değişimi .....	40
3.1.5.2. Çevrimsel Yapılı Dönem Değişimi ve Işık-Zaman Etkisi ...	41
3.1.5.3. Çevrimsel Yapılı Dönem Değişimi ve Manyetik Aktivite ....	47
3.2. KZ Pav .....	48
3.2.1. Tayfsal Veri Analizi ve Yörünge Çözümü .....	48
3.2.1.1. Çapraz Eşleme Yöntemi (CCF) ile Dikine Hız Değerlerinin Okunması ve Yörünge Çözümü .....	49
3.2.1.2. KOREL Yöntemi ile Dikine Hız Değerlerinin Okunması ve Yörünge Çözümü .....	49
3.2.2. Dönme Hızları .....	56
3.2.3. Işık ve Dikine Hız Eğrilerinin Eşzamanlı Çözümü .....	57
3.2.4. Yörünge Dönem Analizi .....	62
3.2.5. Astrometrik Çözüm .....	66
3.3. WZ Hor .....	69
3.3.1. Tayfsal Veri Analizi ve Yörünge Çözümü .....	69
3.3.1.1. Çapraz Eşleme Yöntemi (CCF) ile Dikine Hız Değerlerinin Okunması ve Yörünge Çözümü .....	69
3.3.1.2. KOREL Yöntemi ile Denetleme .....	72
3.3.2. Işık ve Dikine Hız Eğrisinin Eşzamanlı Çözümü .....	74
<b>BÖLÜM 4 – SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....</b>	<b>78</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>91</b>
Çizelgeler .....	I
Şekiller .....	III
Özgeçmiş .....	IV

## **BÖLÜM 1**

### **GİRİŞ**

#### **1.1. CAB yıldızları nedir?**

Kromosferik aktif çift yıldızlar (CAB, Chromospherically Active Binaries), aktif renkkürelili (chromosphere), F, G veya K tayf türünden ve V yada IV ısıtma sınıfından olan iki yıldızla sahip ayırık/yarı-ayırık çift yıldız sistemleridir. CAB yıldızları, güçlü CaII H ve K salması ve/veya H $\alpha$  salması, optik/morötesi salması, yumuşak/sert X-ışını ve radyo salması gösteren ve manyetik alan kökenli aktiviteye sahip yıldızlardır. Güneşe benzer ancak Güneş'tekinden çoğu zaman binlerce yeğin sergiledikleri manyetik kökenli aktif olaylar, bu türden yıldızları, astrofizikçilere çekici kılmış ve pek çok çalışmanın ana konusu durumuna getirmiştir.

CAB yıldızları ışık eğrilerinde tutulmaların yanında, diğer yıldızların ışık eğrilerinden farklı olarak, yeğin ve yaygın yıldız lekelerinden kaynaklanan değişimler gösterirler. İlk soğuk yıldız lekesi modeli Kron (1947) tarafından ileri sürülmüştür. Aslında, CAB yıldızlarında, manyetik aktivite, kendini ışık kürede (photosphere) leke olarak gösterirken, renkkürede plaj olarak ortaya çıkmaktadır. Son yıllarda ışık küredeki bu aktiviteyi belirlemek için, tayf çizgilerinin Zeeman yarılmalarından, Doppler görüntüleme (Doppler Imaging=DI) tekniklerinden, çizgi-derinlik oranı (line-depth ratio=LDR) modülasyonundan yararlanılmaktadır. Ayrıca renkkürenin yüzey özelliklerini ve aktivitesini belirlemek için H $\alpha$  çizgisi ve CaII H ve K çizgileri kullanılır (örnek çalışmalar, Strassmeier ve ark. 1993; Catalano ve ark. 1996, 2000; Frasca ve ark. 1998, 2000). Öte yandan CAB yıldızlarında ışıkölçümü ve tayfsal gözlemler, lekeler ve plaj bölgeleri arasındaki ilişkiyi ortaya koymaktadır (Rodono ve ark. 1987, Catalano ve ark. 1996; Frasca ve ark. 1998, 2000; Biazzo ve ark. 2005). Ayrıca, yakın çift sistemlerde (örneğin TZ CrB, Frasca ve ark. 1997) ve güçlü manyetik aktivite gösteren çift yıldızlarda (örneğin degen çift yıldız VW Cep, Frasca ve ark. 1996), leke-plaj ilişkisinin gözlemsel kanıtları ortaya konmuş ve lekeler ile plajlar arasında 30° – 50° lik sistematik bir boylamsal takibin gözlemsel kanıtları elde edilmiştir (Catalano ve ark. 1996, 2000).

CAB yıldızlarında, CaII, MgII, UV (morötesi) ve EUV (aşırı mor ötesi) salması üzerine yapılan çalışmalarda manyetik aktivitenin dönmeye zayıfça bağlı olduğu görülmüştür (Vilhu ve Rucinski 1983; Strassmeier ve ark. 1990; Simon ve Fekel 1987; Basri 1987, Fernandez-Figueroa ve ark. 1986; Glebocki ve Stawikowski 1988; Mathioudakis ve ark. 1995). CAB'larda koronal aktivitenin bir göstergesi olan X-ışın ısıtması ile yıldız yarıçapı R

(dolayısıyla bolometrik ısıtma) arasında bir ilişki olduğu ortaya konmuştur (Demircan 1986; Majer ve ark. 1986). Ayrıca yıldızların koronal aktivitesi ile yörünge yarıçapı, yörünge dönemi ve Roche lobunu doldurma oranları arasında bir ilişki olabileceğine dair araştırmalar yapılmıştır (Demircan 1986, 1987; Glebocki ve Stawikowski 1988; Young ve Koniges 1977; Young ve ark. 1989; Medeiros ve Mayor 1995; Schrijver ve Zwaan 1991). Yıldızın karşılıklı çekim nedeniyle güçlenen hızlı dönmesi ve koronal aktivitesi arasında bir ilişki olabileceği ileri sürülmüştür (Dempsey ve ark. 1993; Vilhu ve Rucinski 1983; Strassmeier ve ark. 1990; Basri 1987; Walter 1981; Welty ve Ramsey 1995; Singh ve ark. 1996).

CAB yıldızlarına ilişkin ilk katalog 1988 yılında içinde 168 yıldızın bulunduğu bir çalışmadır (Strassmeier ve ark., 1988). Daha sonra CAB'ların sayısı 5 yıl sonra 1993'te yayınlanan ikinci katalogda 206'ya yükselmiştir (Strassmeier ve ark., 1993). CAB yıldızlarına ilişkin en son yapılan katalog çalışması Eker ve ark. (2008) tarafından yayınlanmıştır.

CAB yıldızlarında görülen büyük karanlık lekeler, kuvvetli salma çizgileri, güçlü koronal ışınım, kuvvetli rüzgar ve dönem değişimi; kromosferik etkinlikten kaynaklandığı görülmektedir. Kromosferik etkinlik, “*dinamo kuramına*” göre derin dış konvektif katmana sahip ve hızlı dönme hareketi yapan yıldızlarda ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla RS CVn türü etkinlikler farklı evrim durumunda bulunan çok sayıda tek veya çift yıldızda ortaya çıkabilmektedir, bunlar;

- (i) RS CVn türü değişenler,
- (ii) BY Dra türü değişenler,
- (iii) FK Com türü değişenler,
- (iv) T Tauri (anakol öncesi yıldızlar) türü değişenler,
- (v) Flare ve Flash Yıldızları veya UV Ceti tipi yıldızlar
- (vi) W UMa türü değişenler
- (vii) Algol türü değişenler (Yarı-ayrık Algol türü çiftlerin Roche şişimini doldurmuş soğuk alt dev bileşenleri)

Ayrıca, geç tayf türünden lekeli bir yıldız ve beyaz cüce veya altcüce bir yoldaş içeren (ileri düzeyde evrimleşmiş) çift yıldızlar, Güneş benzeri tek anakol yıldızları, yavaş dönen devler (tek yıldız), yaşlı novaların ve kataklizmik değişenlerin soğuk bileşenleri de renkküre kökenli aktivite göstermektedirler. Yukarıda sözedilen yıldızlardan, çift yıldız olmaları nedeniyle, RS Cvn'lere, BY Dralara ve Algollere ilişkin temel bilgiler aşağıda ayrıntılı olarak verilecek; W UMalar, degen sistem olmaları ve ortak zarfa sahip olmaları nedeniyle CAB başlığı altında değerlendirilmeyeceklerdir.

**1.1.1. RS CVn türü çift yıldızlar**

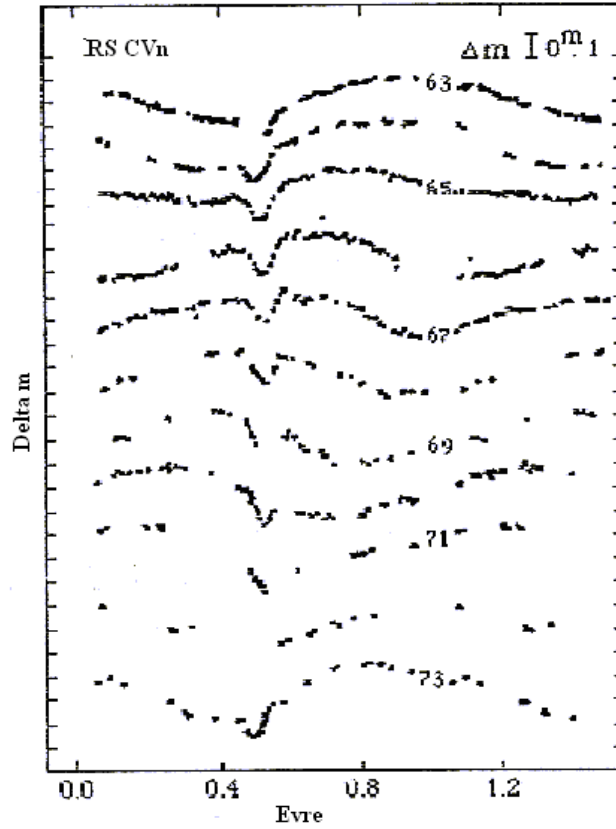
RS CVnler, genelde F, G yada K tayf türünden ve V yada IV ışıma sınıfından yakın ancak ayrıık çift yıldızlardır. Büyük kütleli baş bileşen G-K tayf türünden bir dev yada alt-dev, küçük kütleli ikinci bileşen G-M tayf türünden bir alt-dev yada anakol cücesidir. Bu tür çift yıldızların en büyük özelliği, ışık eğrilerinde tutulmalar dışında asimetrik ışık değişimleri göstermeleridir (bkz. Şekil 1.1). Bu sıradışı değişimler, soğuk/karanlık yıldız lekeleri olarak açıklanmaktadır. Pek çok RS CVn çift yıldızında ikinci bileşenin sistemin toplam ışımasına katkısının çok az olmasından dolayı ikinci bileşenin tayf çizgileri sistemin tayfında görülemez ve bu türe tek çizgili RS CVn'ler denir. Işık eğrilerindeki asimetrik değişimler de yine ikinci bileşenin katkısının çok az olmasından dolayı baş bileşenin aktivitesine bağlanır.

RS CVn türü çift yıldız sınıflaması, ilk kez Hall (1976) tarafından yapılmıştır. Bu sınıfa ait yıldızların, sonraki çalışmalarla da, aşağıdaki temel özelliklere sahip oldukları desteklenmiştir:

- (i) Işık eğrilerinde tutulmalar dışı asimetrik değişimler gösterirler,
- (ii) Tayflarında  $H\alpha$  ve CaII H ve K salması,
- (iii) Alt-dev bileşenin kendi Roche lobunu halen dolduramamış olması
- (iv) Bileşenlerin hızlı dönme göstermeleri ve
- (v) Yörünge dönemlerinin değişmesi.

RS CVn türü çift yıldızlar, diğer CAB yıldızlarına benzer olarak, faküla, plaj, parlama (flare), koronal yıldız rüzgarı vb aktif yapılardan kaynaklanan optik/morötesi salması, X-ışını, mikrodalga ve radyo salması gösterirler.



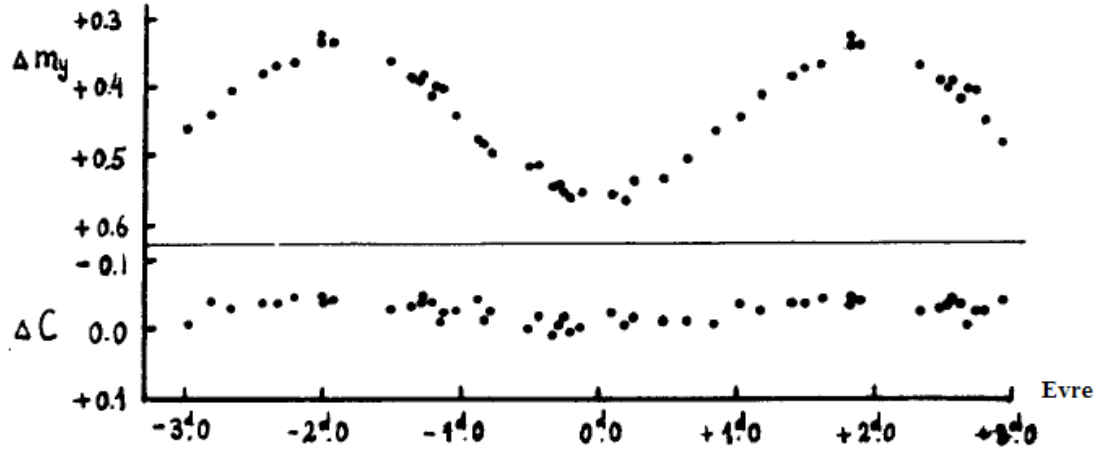


Şekil 1.1. RS CVn'nin tutulma dışındaki ışık eğrisinin yıllara göre değişimi (Rodono, 1980).

### 1.1.2. BY Dra türü yıldızlar

BY Dra türü sistemlerin bileşenleri, G-K tayf türünden anakol cüce yıldızlarıdır. Bu yıldızların en belirgin özelliği tayflarında güçlü H salma çizgileri göstermeleridir. BY Dra'lar, güçlü kromosferik aktiviteye sahip yıldızlar olup hem tek hem de çift yıldız sistemi olabilirler. Bopp ve Fekel (1977)'e göre bu türden yıldızların kromosferik aktivite gösterebilmesi için ekvatoryal (eşlek) dönme hızlarının 5 km/sn değerinin üstünde olması gerekmektedir. BY Dra türü çift yıldızlarda gözlenen parlaklık değişimi, yüzeyi lekeli bir yıldızın eksensel dönmesinden kaynaklanmaktadır. Fotosferlerine oranla daha soğuk olan güneş benzeri leke bölgelerinin, yıldızın yarımkürelerinden birinde daha fazla yer alması halinde, dönme modülasyonu etkisiyle ışık değişimi ortaya çıkmaktadır. BY Draconis yıldızlarının çoğu, UV-Ceti türü ani parlamalar (flare) göstermektedir. Bu guruba adını veren BY Dra, K4V+K7.5 tayf türünden tutulma göstermeyen ve yörünge dönemi 5.975 gün olan bir çift sistemdir. Sistemin ortalama parlaklığı 50-60 yıllık bir çevrimle değişmekte olup (bkz. Şekil 1.2.), leke dalgasının dönemi (fotometrik dönem) 3.827 gün ve sistemin yörünge basıklığı  $e=0.31$  civarındadır. RS CVn türü yıldızlarda leke etkinliği, ışık eğrilerindeki değişim ve tayftaki çizgi kesitlerinin bozulması ile doğrulanmıştır. Böylece tutulmalar dışında kalan ışık değişimlerinin, leke kökenli dalga biçimindeki bozulmalardan kaynaklandığı görülmüştür

(Kron, 1952). Bazen RS CVn türü çift yıldızların BY Dra türü çift yıldızların bir alt grubu olarak sınıflandırıldığı görülmektedir. Ancak bu iki grubun evrim yapıları birbirinden oldukça farklıdır. BY Dra yıldızlarının çoğu, UV-Ceti türü flare etkinlikleri de gösteren geç tür anakol cüceleridir.

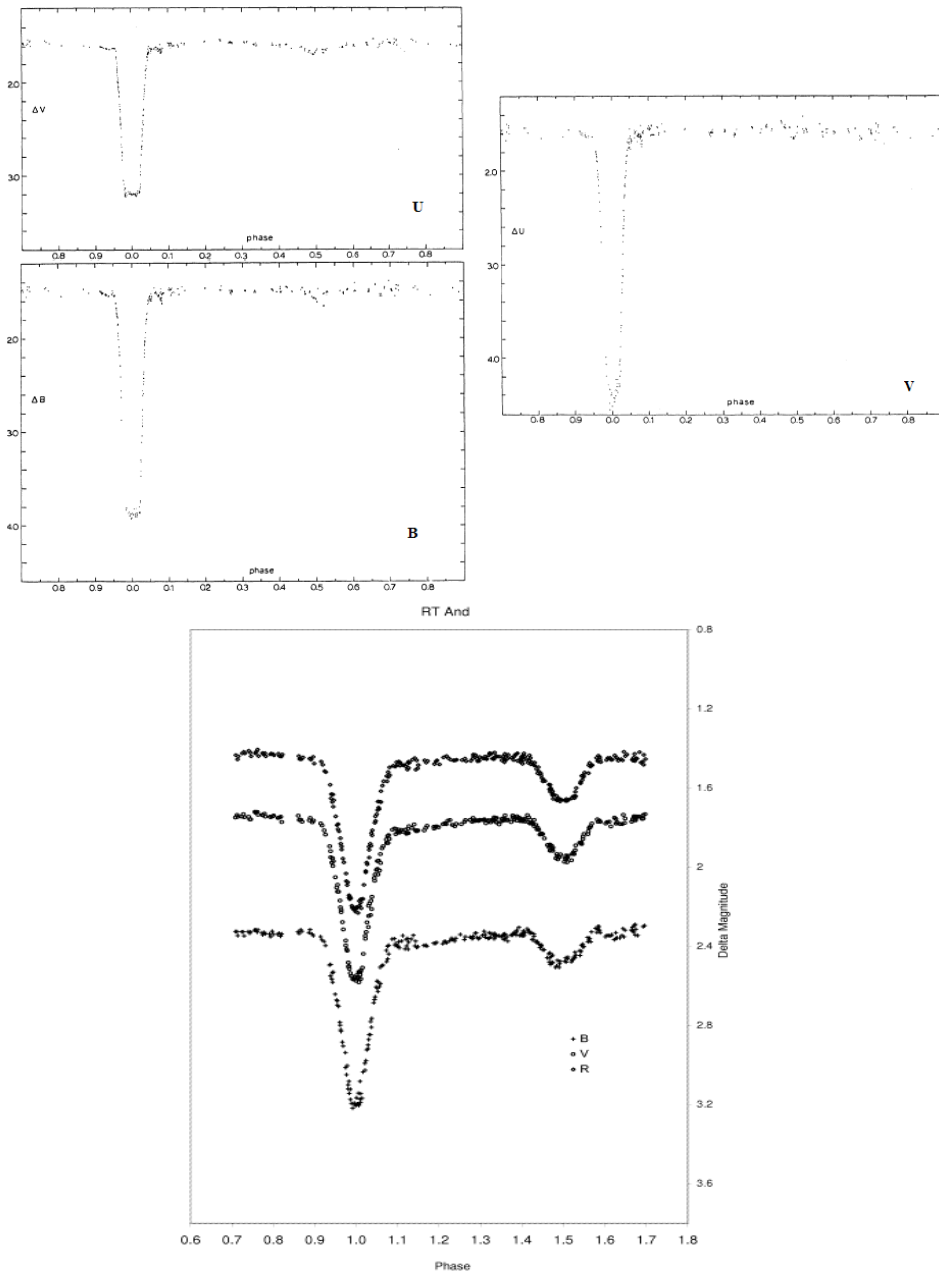


Şekil 1.2. BY Dra'nın ışık değişimi (Chugainov, 1966).

### 1.1.3. Algol türü değişenler

Algol türü sistemler (EA), örten çift yıldızların ışık eğrisi biçimlerine göre yapılan sınıflamanın bir grubunu teşkil etmektedirler. Algol türü çift sistemler, tutulmalar dışında, ışık eğrilerinde önemli bir değişim göstermezler. Genelde her iki bileşen küresel yapıda ya da bileşenlerden biri belirli düzeyde bozunmaya uğramıştır. Algollerin baş bileşenleri B veya erken A-türü bir anakol yıldızı, yoldaş bileşenleri ise kritik Roche şişimini doldurmuş G veya K-türü bir dev/altdev yıldızdır. Yakın çift yıldızlar, Roche modeline göre ayırık, yarı-ayırık ve değen çift yıldızlar olarak sınıflanmıştır (Kopal, 1955). Algol türü sistemler, yarı-ayırık çift yıldızlar sınıfına girmektedirler. Algol türü sistemlerin en belirgin özelliği her iki minimum derinliğinin birbirinden oldukça farklı olması ve hatta bazı dalga boylarında ikinci minimumun gözlenemiyor olmasıdır. Ayrıca minimumların sivri olması, parçalı tutulma olduğunu göstermektedir. Yörünge dönemleri, bir günden daha kısa değerlerden birkaç yıla kadar çok geniş bir aralığa dağılmıştır.

Algol türü sistemlerin bir alt sınıfı olan geri tür Algol çiftlerin ikinci (yoldaş) bileşeni kromosferik olarak aktif yıldızlardır. Bu nedenle, bu tür yıldızlar RS CVn türü sistemlerin genel özelliklerini gösterirler. Dolayısıyla bu türden Algol'lerin manyetik aktivite özellikleri : (i) Konveksiyon bölgeleri ve hızlı dönme, (ii) Ca II H ve K salma çizgileri, (iii) Olası leke aktivitesi nedeniyle ışık eğrisi düzensizlikleri, (iv) X-ışını salması, (v) Güçlü flare benzeri ısısal olmayan radyo salması, (vi) Kısa dönemli ya da uzun dönemli yörünge dönemi değişimleri, (vii) 7-109 yıl dönemli manyetik çevrimler. Bu türden Algollere örnek olarak seçilen RT And ve RS Cep'in ışık eğrileri Şekil 1.3'de gösterilmiştir.



Şekil 1.3. RS Cep'in (üst panelde, Hall ve ark., 1984) ışık değişimi, RT And'ın ışık değişimi (alt panelde, Yakut ve Ibanoglu, 2000) görülmektedir.

## **1.2. Tezin Amacı**

Bu tez çalışmasında, ana amaç, bazı CAB adayı çift yıldızların fotometrik analizlerini yapmak ve sonuçları tartışmaktır. Çalışma, gözlem verisini ve bu veriyi modellemeyi gerektirdiğinden; tayfsal ve fotometrik gözlemler, Mt. John Üniversitesi Gözlemevi'nde (Yeni Zellanda) yapılmıştır. Bu nedenle Güney Yarımküre'den gözlenebilen CAB adayı üç çift yıldız (CF Tuc, KZ Pav ve WZ Hor) ele alınmıştır.

Dolayısıyla, bu tez çalışmasında, seçilen bu üç CAB adayının tayfsal ve fotometrik yolla gözlenmesi, elde edilen ışık ve dikine hız eğrilerinin modern yöntemlerle eş-zamanlı analiz edilmesi, böylece bileşenlerinin mutlak parametrelerinin hesaplanması ve evrim durumlarının tartışılması amaçlanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda CF Tuc ve KZ Pav için yapılan çalışma, sırasıyla, Doğru ve ark. (2009) ve Sürğit ve ark. (2010) tarafından, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society'da, "The chromospherically active binary CFTuc revisited" ve "The Algol binary system KZ Pavonis revisited" başlıklı makaleler olarak yayınlanmıştır. WZ Hor için yapılan çalışmanın makaleye dönüştürme işlemleri sürmektedir.

## **1.3. Seçilen CAB Adayları**

Sunulan doktora tez çalışmasında tezin amaçlarına ve fotometrik ve tayfsal gözlem kriterlerine göre CAB adayı üç yıldız (CF Tuc, KZ Pav ve WZ Hor) seçilmiştir. Bu yıldızlardan CF Tuc ve KZ Pav'ın yalnızca tayfsal gözlemleri ve WZ Hor'un hem fotometrik hem de tayfsal gözlemleri yapılmıştır. Bu çalışmada elde edilen gözlemsel veri ile literatürde bulunan fotometrik gözlemsel veri birleştirilerek analiz edilmiştir. Aşağıda bu yıldızların literatür bilgisi verilmektedir. Tezin diğer bölümlerinde analizler ve sonuçlar sunulacaktır.

### **1.3.1. CF Tuc**

CF Tuc (HD 5303 = HIP 4157,  $V = 7^m.60$ ), Güney Yarımküre'den iyi bilinen kromosferik aktif bir çift yıldızdır (bkz. Eker ve ark., 2008, CAB Katalogu, 3.baskı). Sistem ilk olarak Strohmeier, Knigge ve Ott (1965) tarafından Bamberg değişen yıldızı (BV 625) olarak listelenmiş ve fotografik parlaklık değişim genliği  $A_{pg}=0^m.3$  olarak belirlenmiştir. Güçlü CaII H ve K salma çizgilerinin varlığı ilk olarak Bidelman ve MacConnell (1973) tarafından bulunmuştur. Sistemin güçlü CaII H ve K salma çizgilerine sahip olduğu Houk ve Cowley (1975) tarafından bir kez daha not edilerek tayf türü G2/5V+F0 olarak belirlenmiştir. Daha sonra CF Tuc'un bir RS CVn türü çift yıldız olduğu (Hearnshaw ve Oliver, 1977) tarafından doğrulanmıştır. CF Tuc'un ilk fotometrik ve tayfsal gözlemleri Collier ve ark. (1981) tarafından yapılmıştır. Bu tayfsal gözlemler Mt John Gözlemevinde 61 cm Boller &

Chivens teleskobuyla yapılmıştır. Bileşenlerin dikine hız değerleri ve sistemin yörünge parametreleri ilk kez elde edilmiş ve dikine hız verilerinden sistemin yörünge dönemi  $2.798 \pm 0.001$  gün olarak belirlenmiştir. CF Tuc'un fotometrik verisi Russell-Merrill yöntemi kullanılarak çözülmüş ve sistemin ışık eğrisinde gözlenen tutulmalar dışı ışık değişimleri soğuk bileşen üzerinde soğuk/karanlık lekeyle yorumlanmıştır. Daha sonra Balona (1987) tarafından içinde CF Tuc'unda bulunduğu 53 tane CaII H ve K çizgileri gösteren parlak, geç tayf türünden yıldızların dikine hızları ölçülmüştür. Sistemin soğuk bileşeninin dönme hızı birçok yazar tarafından ele alınmış ve farklı değerler hesaplanmıştır: Pallavicini ve ark. (1992)'dan 35 km/s, Randich ve ark. (1993)'dan 65 km/s ve Donati ve ark.(1997)'dan 70 km/s. Cutispoto ve Leto (1997), CF Tuc'un Bessell *UBVRI* gözlemlerini yapmış ve standarda dönüştürdükleri renklerden sistemin tayf türünü G0V/IV + K4V/IV olarak belirlemiştir.

Coates ve ark. (1983) ve Budding ve MacLaughlin (1987), CF Tuc'un fotometrik ışık eğrilerini çözmüşler ve ışık eğri asimetrisi için yine karanlık leke modelini kullanmışlardır. Diğer yandan Budding ve Zeilik (1995) ve Anders ve ark. (1999), sistemin, sırasıyla, 25'er ve 27'şer adet ışık eğrisini analiz etmiş ve uzun dönemli leke değişimlerini çalışmışlardır. Thompson ve ark. (1991) sistemin yörünge döneminin monoton biçimde arttığına dikkat çekmiş ve bu değişimden sistemden kütle transferi ve kütle kaybının sorumlu olduğunu önermişlerdir. Anders ve ark. (1999) ise minimum zamanlarının *O-C* artıklarından sistemin yörünge döneminin çevrimsel biçimde değiştiğini göstermişler ve bu değişimin nedenini Applegate (1992)'in önerdiği manyetik aktivite mekanizması ile açıklamaya çalışmışlardır. Innis ve ark. (2003 ve 2007), sistemin yörünge döneminde 1995 ve 2006 yılları arasında herhangi bir değişim olmadığını önermişlerdir. CF Tuc'un bileşenlerinin mutlak parametrelerini, Collier ve ark. (1981) ışık ve dikine hız eğrisi çözümlerinden; Coates ve ark. (1983) ışık eğrisi çözümünden bulmuşlardır.

Randich ve ark. (1994), CF Tuc'un dahil olduğu yaklaşık 100 RS CVn çift sistemi için oldukça yüksek Li bolluk oranları bulmuşlar ve bu gözlemsel kanıt (kromosferik aktivite veya evrim aşaması) için fiziksel nedenleri tartışmışlardır. Rocha-Pinto ve ark. (2002) ise izokron, kimyasal ve lityum yaşlarını kullanarak kromosferik olarak genç, kinematik olarak yaşlı gözükten 30 RS CVn türü çift sistem üzerinde çalışmıştır. Buna göre sistemin kromosferik ve izokron yaşlarını sırasıyla 0.38 Gyr and 2.30 Gyr olarak tahmin etmişlerdir. Bir CAB yıldızı olan CF Tuc, aktif bir radyo kaynağı olarak Slee ve ark. (1987) tarafından keşfedilmiştir. Drake ve ark. (1992) Einstein uydusu verisini kullanarak sistemin X-ışını salmasını çalışmıştır. Sistem ayrıca Pounds ve ark. (1993) tarafından ROSAT (EUV) Parlak Kaynak Katalogunda (Bright Source Catalogue) listelenmiştir. Dempsey ve ark. (1993), Kürster (1994

ve 1996), ROSAT gözlemlerini kullanarak CF Tuc'un büyük flare biçimli fişkırmalar gösterdiğini kaydetmiştir. Ayrıca Gunn ve ark. (1997), sistemin EUV ve radyo gözlemlerini çalışmışlar ve benzer sonuçlar elde etmiştir.

### **1.3.2. KZ Pav**

Bir Güney Yarımküre yıldızı KZ Pav (BV 482 = HD 199005 = HIP 103542,  $V=7.75$  mag)'ın değişen doğası, Hoffmeister (1949) tarafından keşfedilmiş ve klasik algol (EA) türü bir çift yıldız olarak sınıflandırılmıştır. Fotografik gökyüzü düzlem (Sky patrol plate) yöntemiyle belirlenen, sistemin ilk ışık elemanları, Strohmeier (1967) ve Strohmeier ve Knigge (1969) tarafından yayınlanmıştır. Sistemin yörünge dönemi bir güne (0.9499 gün) yakın bulunmuştur. KZ Pav'ın ilk fotometrik gözlemleri *UBV* renklerinde Shaw (1970, 1971) tarafından yapılmış ve KZ Pav örten çiftinin HJ5231 A-BC (= IDS 20490-7048) çoklu sistemin parlak A bileşeni olduğu bulunmuştur. Shaw, *B-V* ve *U-B* renk ölçeklerinden KZ Pav A çiftinin tayf türünü F0V + K1 olarak belirlemiş ve soğuk bileşenin evrimleşmiş bir anakol ötesi yıldız olduğunu söylemiştir. Holden (1978), HJ5231 A-BC çoklu sisteminin A-BC bileşenleri arasındaki görsel parlaklık farkını ve açısal ayrıklığını, sırasıyla  $0^m.5$  ve  $6.84$  açısanisi; B-C bileşenleri arasındaki görsel parlaklık farkını ve açısal ayrıklığını, sırasıyla  $0^m.4$  ve  $1.01$  açısanisi olarak ölçmüştür. KZ Pav çoklu sisteminin fotometrik ve astrometrik parametreleri, Tokovinin (1997) ve Gazengel ve ark. (1995)'nin çalışmalarında da belirlenmiştir. Mallama (1982), üç fotometrik minimum zamanı elde etmiş ve Strohmeier ve Knigge (1969)'ın verilerini de kendi verisine ekleyerek ışık elemanlarını güncellemiştir.

Walker ve Budding (1996; bundan sonra WB denilecektir), KZ Pav A'nın fotometrik gözlemlerini Auckland Gözlemevinde 50 cm'lik bir Edith – Winstone teleskopu ve Williams Mark I fotometrisi kullanarak yapmıştır. WB, KZ Pav çoklu sistemin A-BC bileşenlerinin tutulmalar dışında parlaklık farklarını *B* ve *V* filtrelerinde sırasıyla  $0^m.60$  ve  $0^m.40$  olarak belirlemiştir. KZ Pav A'nın *V* rengindeki parlaklık değişiminin  $7^m.69 - 9^m.33$  aralığında ve *B-V* renk değişiminin  $0^m.31 - 0^m.61$  aralığında değiştiğini bulmuşlardır. WB, *BV* ışık eğrilerinin çözümünde Budding ve Zeilik (1987) tarafında geliştirilen ILOT programını kullanarak KZ Pav A'nın bir klasik Algol türü yarı-ayrık örten çift yıldız olduğunu ileri sürmüşlerdir. WB, KZ Pav A için buldukları yörünge dönemini Mallama (1982)'nin ve Hoffmeister (1943)'in buldukları ile karşılaştırmış ve dönem artışını  $\Delta P/P \approx 9 \times 10^{-10}$  olarak belirlemişler ve bu yörünge değişimini klasik Algol türü sistemlerde görülen B durumu senaryosuna göre kütle aktarımı mekanizmasıyla açıklamışlardır.

KZ Pav A'nın bir sonraki fotometrik gözlemleri, Budding, Marsden ve Slee (2001; bundan sonra BMS denilecektir) tarafından Güney Queensland Mount Kent Gözlemevi'nde 40 cm'lik Webb teleskobu ve buna takılı SBIG ST6 CCD kamera kullanılarak yapılmıştır. BMS, KZ Pav A'nın ATCA uydusu tarafından 1998 yılında elde edilen mikrodalga verisi ile kendilerinin hemen hemen eşzamanlı elde ettikleri optik gözlem verisini karşılaştırarak çift yıldızın zayıf bir radyo kaynağı olabileceğini ve sistemin radyo salmasındaki bir pikten kütle aktarımının sorumlu olabileceğini açıklamaya çalışmışlardır. Slee ve ark. (1987), KZ Pav'ın da dahil olduğu 153 aktif soğuk yıldızın 4.8 ve 8.4 GHz bölgesindeki radyo salması ölçümlerini kaydetmişlerdir. Stewart (1989) da benzer radyo salması ölçümlerini hesaplamıştır. Sistemin bir zayıf X-ışını kaynağı olduğu Schwope ve ark. (2000) tarafından kaydedilmiştir. Wendker (1995) ve Budding ve ark. (1998) sistemin radyo salması üzerine çalışmışlardır.

Nördstrom ve ark. (2004), yaklaşık 14000 adet F ve G tayf türünden yıldızların metal bolluklarını, dönme hızlarını, kinematik yaşlarını ve salt parlaklıklarını belirlemişlerdir. Bu katalog çalışmasında, KZ Pav A bileşeninin logaritmik Fe/H bolluğu, uzaklığı ve yaşı sırasıyla -0.24 dex, 85 pc ve 2.3 Gyr olarak verilmiştir.

### **1.3.3. WZ Hor**

WZ Hor (Cap -63° 185 = HD 17755 = HIP 13074,  $V=8^m.1$ ), ilk olarak Strohmeier (1967) tarafından fotografik gökyüzü düzlem (Sky patrol plate) yöntemiyle Bamberg değişen yıldızı (BV 989) olarak listelenmiş ve fotografik parlaklık değişim genliği  $A_{pg}=0^m.35$  olarak belirlenmiştir. Hipparcos uydusu tarafından çift yıldız olduğu yenilerde ortaya konmuştur (ESA 1997). Bu nedenle literatürde üzerine yapılmış pek çalışma yoktur. Hipparcos kataloğu ve SIMBAD veri tabanına göre; WZ Hor, sırasıyla F3/F5V ve F4V tayf türünden, değişen yıldız olarak verilmiş ve Malkov ve ark. (2006)'nın örten çift sistemlere ilişkin kataloğunda yer almıştır. Nördstrom ve ark. (2004), yaklaşık 14000 adet F ve G tayf türünden yıldızların metal bolluklarını, dönme hızlarını, kinematik yaşlarını ve salt parlaklıklarını belirlemişlerdir. Nördstrom ve ark., WZ Hor için logaritmik Fe/H bolluğu, uzaklığı ve yaşı sırasıyla -0.20 dex, 95 pc ve 2.5 Gyr olarak vermiştir.

**BÖLÜM 2****MATERYAL VE YÖNTEM****2.1. Tayfsal Gözlemler ve Veri İndirgemesi**

Seçilen sistemlerin yüksek çözünürlüklü tayfları 2007 – 2008 yaz döneminde Yeni Zelanda’da, Tekapo Gölü yakınındaki ( $\sim 43^\circ 59^d$  güney,  $174^\circ 27^d$  doğu) Mt John Üniversitesi Gözlemevinde 1-m McLennan teleskobu ve buna bağlı HERCULES (**H**igh **E**fficiency and **R**esolution **C**anterbury **U**niversity **L**arge **E**chelle **S**pectrograph) tayfçekeri kullanılarak alınmıştır. Gözlemler sırasında dedektör olarak 4kx4k Spectral Instruments 600 series (SI600s) CCD kamerası kullanılmıştır.

Gözlemler sırasında  $f/7,7$  ve  $f/13,5$  odak oranlarına ve Dall-Kirkham optik düzeneğine sahip Cassegrain türü bir teleskop kullanılmıştır. Yapılan gözlem sırasında yıldızın ışığı, Cassegrain odağının önüne monte edilmiş iki alan düzenleyici lensten çapraz olarak geçer. Hava koşullarına ve gözlenen sistemin özelliklerine göre üç farklı fiber kullanılabilir şekilde girdi modülü, Cassegrain odağına takılmıştır. Kullanılan fiberler 100  $\mu\text{m}$  ve 50  $\mu\text{m}$  çaplı 20 m uzunluğunda olup Cassegrain odağından kontrol odasındaki échelle tayfçekesine, gözlenen yıldızın ışığını taşıyacak şekilde düzenlenmiştir.

Gözlemlerde kullanılan HERCULES tayfçekeri, dış ortamdan etkilenmeyecek şekilde izole edilmiş oldukça sağlam, vakumlu bir tüp içerisine yerleştirilmiştir. Tayf çekerin dalga boyu aralığı 380 nm ile 900 nm olup 100 tayf dizisi elde edilecek şekilde tasarlanmış olup  $R=41000$  ve  $R=70000$  olmak üzere iki farklı yüksek çözünürlük gücünde gözlem yapılabilmektedir. Gözlemin yapılacağı çözünürlük gücüne, farklı boyutlardaki üç fiber kablonun seçimine göre karar verilmektedir.  $R=41000$  çözünürlük gücü için içinde yarık olmayan 100  $\mu\text{m}$  boyutlu Fiber 1 olarak adlandırılmış fiber kablo kullanılmaktadır. Bu fiber çekirdeğinin gökyüzü düzlemi üzerine düşürülmüş izdüşümünün açısal büyüklüğü ( $\theta \sim 4.5''$ ) olup MJUO’de yaklaşık  $3.5''$  olarak belirtilen (Hearnshaw ve ark., 2002) görüş açısından küçük olmadığından gözlemlerde, istenilen sinyalin istenilen zamanda alınabilmesi için Fiber 1 kullanılmıştır.  $R=70000$  için Fiber 2 ve Fiber 3 seçilmektedir, ancak bunun için çok daha iyi hava koşulları ( $\theta \sim 2''$ ) gerekmektedir. Tayf çekerle ilgili detaylı bilgiler Hearnshaw ve ark. (2002) ve Skuljan ve ark. (2004) tarafından yapılan çalışmalardan elde edilebilir.

Gözlemlerde kullanılan SI600s (Spectral Instruments 600 series) CCD kameranın piksel boyutu 15  $\mu\text{m}$  ve  $4000 \times 4000$ ’dir ve 365 nm ile 940 nm dalgaboyu aralığında kesintisiz olarak tayf elde etme olanağı sunmaktadır. CCD’nin soğutulması, kamera içindeki helyum



gazının ayarlanabilir basınçlarda tutulmasıyla gerçekleştirilir ve havayla herhangi bir etkileşim olmadığı için gözlem sırasında yenilenmesine gerek yoktur.

Seçilen yıldızlardan CF Tuc'un gözlemlerinde 06.09.2007 - 04.10.2007 tarihleri arasında ortalama 10 gecede 24 adet tayf elde edilmiştir. Yapılan gözlemlerle ilgili bilgiler Çizelge 2.1'de verilmiştir. Gözlemlerde verilen poz süresi, hava şartlarına göre, yaklaşık (1100-1800) s arasında değişmektedir. KZ Pav için, Eylül- Ekim 2007 arasında 10 gecede 17 tayf ve Kasım 2008'de iki gecede 16 tayf elde edilmiş ve hava koşullarına bağlı olarak poz süreleri, 1000 - 2100 s arasında verilmiştir. Yapılan gözlemlere ilişkin bilgiler, Çizelge 2.2'de sunulmuştur. WZ Hor'un tayfsal gözlemleri, 05.09.2007 ve 03.10.2007 tarihleri arasında yapılmış ve 10 gecede 30 adet tayfi elde edilmiştir. Gözlemlerde poz süresi, hava koşullarına göre, 1800-2100 s arasında verilmiştir. Yapılan gözlemlere ilişkin bilgiler Çizelge 2.3'de verilmiştir. Gözlemler sırasında her bir yıldız görüntüsünün öncesi ve sonrasında toryum-argon lambası, mukayese tayfi olarak alınırken; flat düzeltmesi için, her gece beyaz ışık görüntüsü de alınmıştır. Ayrıca yıldızların tayf türüne uygun olarak seçilen HD 36079 ve HD 693 olmak üzere iki standart yıldız gözlenmiştir.

Gözlemlerin indirgenmesi için Canterbury Üniversitesi Fizik ve Astronomi Bölümü'nde geliştirilen Hercules İndirgeme Yazılım Paketi (HRSP, Hercules Reduction Software Package, versiyon 3, Skuljan ve Wright, 2007) kullanılmıştır. İndirgeme işlemi, échelle tayflar için yapılan standart yöntemi içermektedir.

**Çizelge 2.1.** CF Tuc'un tayfsal gözlemleri ile ilgili bilgiler

No	Görüntü	Tarih	HJD	S/N	Poz Süresi(s)
1	w4350022	06.09.07	54349.98652	60	1509
2	w4350030	06.09.07	54350.03238	74	1223
3	w4350053	06.09.07	54350.23328	78	1322
4	w4351012	07.09.07	54350.89945	85	1144
5	w4351014	07.09.07	54350.91536	80	1021
6	w4352010	08.09.07	54351.90655	50	1500
7	w4352019	08.09.07	54351.96099	78	1500
8	w4352022	08.09.07	54351.98189	85	1200
9	w4353002	09.09.07	54352.86856	85	1500
10	w4354017	10.09.07	54353.93546	80	1300
11	w4354019	10.09.07	54353.95324	85	1300
12	w4354037	10.09.07	54354.10935	95	1300
13	w4354039	10.09.07	54354.12710	88	1300
14	W4356003	12.09.07	54355.85715	55	1600
15	W4356005	12.09.07	54355.87984	60	1700
16	W4356018	12.09.07	54355.99775	70	1500
17	W4356028	12.09.07	54356.07125	80	1500
18	W4356030	12.09.07	54356.09149	80	1500

Çizelge 2.1'in devamı

No	Görüntü	Tarih	HJD	S/N	Poz Süresi(s)
19	W4363011	19.09.07	54362.85380	98	1600
20	W4363027	19.09.07	54362.93923	80	1900
21	W4363029	19.09.07	54362.96309	85	1750
22	W4377014	03.10.07	54376.89666	94	2100
23	W4377022	03.10.07	54376.96563	78	2200
24	W4378016	04.10.07	54377.94931	82	2100

Çizelge 2.2. KZ Pav'ın tayfsal gözlemleri ile ilgili bilgiler

No	Görüntü	Tarih	HJD	S/N	Poz Süresi(s)
1	w4349003	050907	54348.82705	54	1467
2	w4349005	050907	54348.84952	51	1613
3	w4349055	050907	54349.24164	72	1503
4	w4351002	070907	54350.83390	98	1000
5	w4351004	070907	54350.84821	88	1000
6	w4351027	070907	54351.05835	95	1447
7	w4351040	070907	54351.10469	103	1200
8	w4351055	070907	54351.22982	90	1300
9	w4351057	070907	54351.24786	92	1300
10	w4362027	180907	54362.02426	111	1800
11	w4362029	180907	54362.04794	98	1800
12	w4364020	200907	54363.85441	100	1514
13	w4364022	200907	54363.87632	93	1600
14	w4364044	200907	54364.04430	80	2000
15	w4364046	200907	54364.06372	73	2100
16	w4375014	011107	54374.90991	98	1800
17	w4805013	041208	54804.94628	70	1200
18	w4806006	051208	54805.87012	105	1290
19	w4806008	051208	54805.88768	93	1200
20	w4806010	051208	54805.90494	116	1200
21	w4806012	051208	54805.92295	116	1200
22	w4806014	051208	54805.93943	111	1200
23	w4806016	051208	54805.95796	113	1200
24	w4806018	051208	54805.97515	122	1200
25	w4806020	051208	54805.99323	121	1200
26	w4806022	051208	54806.01009	113	1200
27	w4806024	051208	54806.02660	84	1148
28	w4806025	051208	54806.04432	112	1200
29	w4806027	051208	54806.06113	99	1094
30	w4806029	051208	54806.07957	107	1200
31	w4806031	051208	54806.10097	102	1200
32	w4806033	051208	54806.11756	123	1200
33	w4806035	051208	54806.13633	113	1200

Çizelge 2.3. WZ Hor'un tayfsal gözlemleri ile ilgili bilgiler

No	Tarih	HJD	S/N	Poz Süresi (s)
1	050907	54349.01613	55	1747.39
2	050907	54349.03920	60	1803.72
3	050907	54349.16275	55	1590.64
4	050907	54349.18491	60	1838.57
5	060907	54350.14999	65	1385.97
6	060907	54350.16971	70	1453.01
7	090907	54353.11839	65	1800.03
8	090907	54353.14561	65	1800.03
9	100907	54353.84039	65	1800.03
10	100907	54354.01796	60	1800.03
11	100907	54354.04146	60	1800.03
12	100907	54354.18373	60	1800.03
13	100907	54354.20723	70	1800.03
14	120907	54355.94503	70	1900.01
15	120907	54355.96972	45	1900.01
16	120907	54356.16385	45	1900.01
17	120907	54356.18923	45	1900.01
18	180907	54362.12331	65	1900.03
19	180907	54362.14922	65	2100.01
20	180907	54362.23643	65	2100.01
21	190907	54363.02994	73	2100.01
22	190907	54363.05575	73	2100.01
23	190907	54363.11793	70	2100.01
24	190907	54363.14473	70	2100.01
25	200907	54363.95208	65	2100.01
26	200907	54363.97960	65	2100.01
27	011007	54375.01002	50	2100.01
28	011007	54375.04717	50	1900.01
29	031007	54376.86671	50	1900.03
30	031007	54376.99856	45	2300.00

## 2.2. Fotometrik Gözlemler

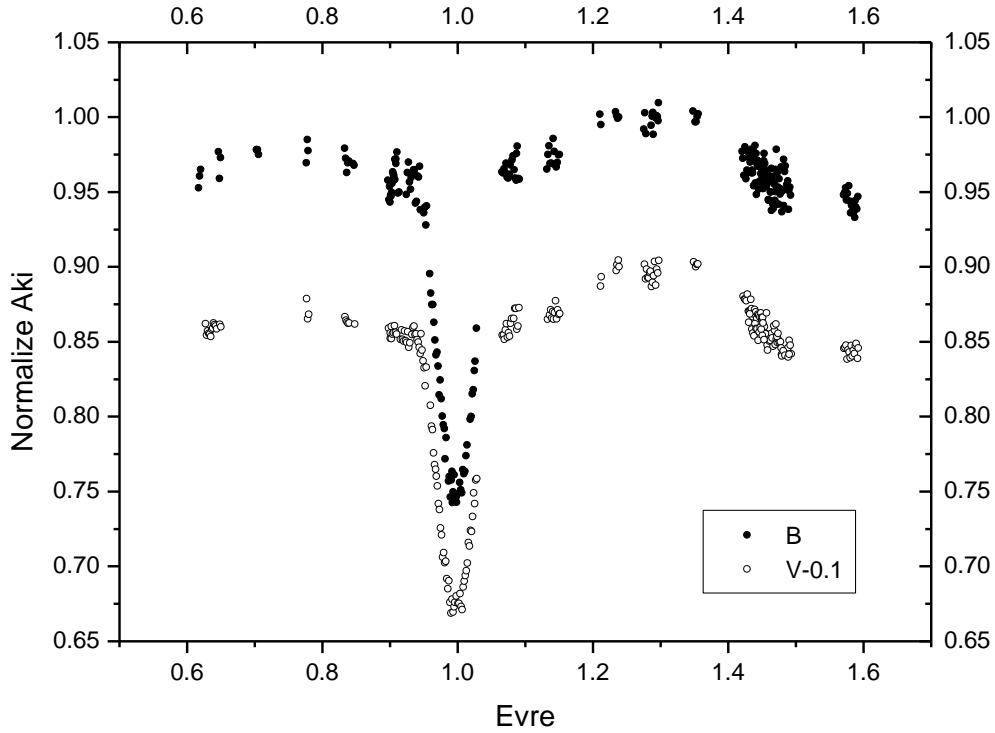
Seçilen sistemlerinin fotometrik gözlemlerinin modellenmesinde hem literatürdeki ışık eğrilerinden hem de kendi gözlemiş olduğumuz ışık eğrilerinden yararlanılmıştır. CF Tuc için Innis (2008, özel haberleşme)'den alınan *BV* ışık eğrileriyle birlikte Hipparcos ışık eğrisi kullanılmıştır. KZ Pav için WB 1988-9 *BV* ışık eğrileri, BMS 1998 *V* ışık eğrisi ve bu çalışmadan elde edilen 2006 *BVRI* fotometrik ışık eğrileri, WZ Hor için ise 2007 Eylül-Ekim gözlem sezonunda *BVRI* filtrelerinde elde ettiğimiz ışık eğrileri kullanılmıştır.

Innis, CF Tuc'u, 2007 yaz sezonunda, *BV* renklerinde, Brightwater Gözlemevi (Yeni Zellanda)'nde gözlemiştir. Gözlemlerde kısa odaklı, 70 mm teleskop ve buna bağlı, görüş açısı 0.8 arcdeg x 0.55 arcdeg olan SBIG ST7E CCD kamera kullanılmıştır. Bu gözlemevi ve teknik detayla ilgili bilgiler, Innis ve ark. (2007b)'nin çalışmasında verilmektedir.

Gözlemlerde HD 5210 ve HD 4644 yıldızları, sırasıyla, mukayese (C1) ve denet (C2) olarak kullanılmıştır. Gözlemlerden, CF Tuc'un değişen-mukayese anlamında diferansiyel aletsel parlaklıkları elde edilmiş ancak parlaklıklar standart Johnson *BV* sistemine dönüştürülmemiştir. Innis'ten alınan gözlem verisi kullanılarak *B* ve *V* ışık eğrileri için gözlem noktalarının ortalama hataları, mukayese ve denet yıldızlarının gözlenen parlaklıklarından C1-C2 farkına göre hesaplandı. Buna göre, gözlenen *B* ve *V* parlaklıkları için hatalar sırasıyla  $0^m.031$  ve  $0^m.013$  olarak belirlendi. *B* ve *V* gözlem noktalarının evrelerini hesaplamak amacıyla CF Tuc'un Şekil 3.12'de verilen *O-C* diyagramına göre çevrim sayısı  $E > 2000$  olan gözlemsel fotoelektrik/CCD baş minimum zamanları kullanılarak ışık elemanları ( $T_0$  ve  $P_{orb}$ ) ağırlıklı en küçük kareler yöntemiyle belirlendi:

$$\text{HJD (Min I)} = 2452452.7326(68) + 2^d.7975004(9) E \quad (2.1)$$

*BV* gözlem noktalarının yörünge evresine göre değişimi, Şekil 3.10'un üst panelinde verilmektedir. Işık eğrilerinde minimum çukurları, 0.0 evresiyle uyuşmaktadır. CF Tuc'un *BV* ışık eğrisi Şekil 2.1'de gösterilmektedir.

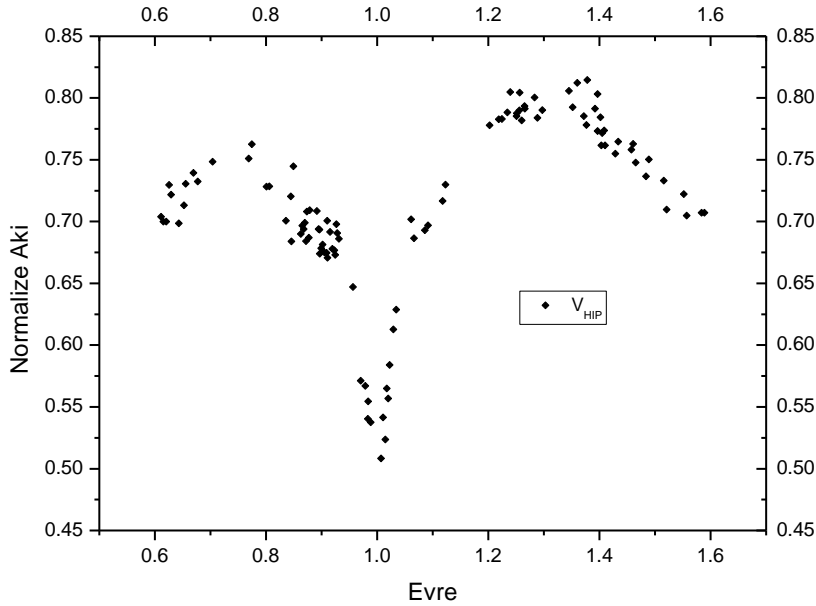


Şekil 2.1. CF Tuc'un *BV* ışık eğrisi (Innis, 2008).

CF Tuc'un Hipparcos ışık eğrisi, yaklaşık 121 gözlem noktasından oluşmaktadır. Gözlem noktalarının ortalama hatası, Hipparcos Katalogu'nda (ESA, 1997)  $0^m.011$  olarak verilmektedir. Çözüme girmeden önce sistemin Hipparcos parlaklıkları, Rucinski ve Duerbeck (1997) tarafından verilen  $H_p-V=0.22x(B-V)$  dönüşümü kullanılarak Johnson  $V$  parlaklığına dönüştürüldü. Hipparcos ışık eğrisini evrelendirmek için aşağıdaki ışık öğeleri kullanıldı:

$$\text{HJD (MinI)} = 2448502.560 + 2^d.79765xE \quad (2.2)$$

Her bir gözlem noktasının ağırlığı, Hipparcos Kataloğu'nda verilen standart hatalar ( $\sigma_i$ ) kullanılarak,  $W_i=1/\sigma_i^2$  denkleminde belirlendi. Yaklaşık 10 gözlem noktası, hatalarının büyük olmasından dolayı, kullanılmadı. CF Tuc'un Hipparcos ışık eğrisi Şekil 2.2'de gösterilmektedir.



**Şekil 2.2.** CF Tuc'un Hipparcos uydusunun gözlemlerinden elde edilen ışık eğrisi(ESA, 1997).

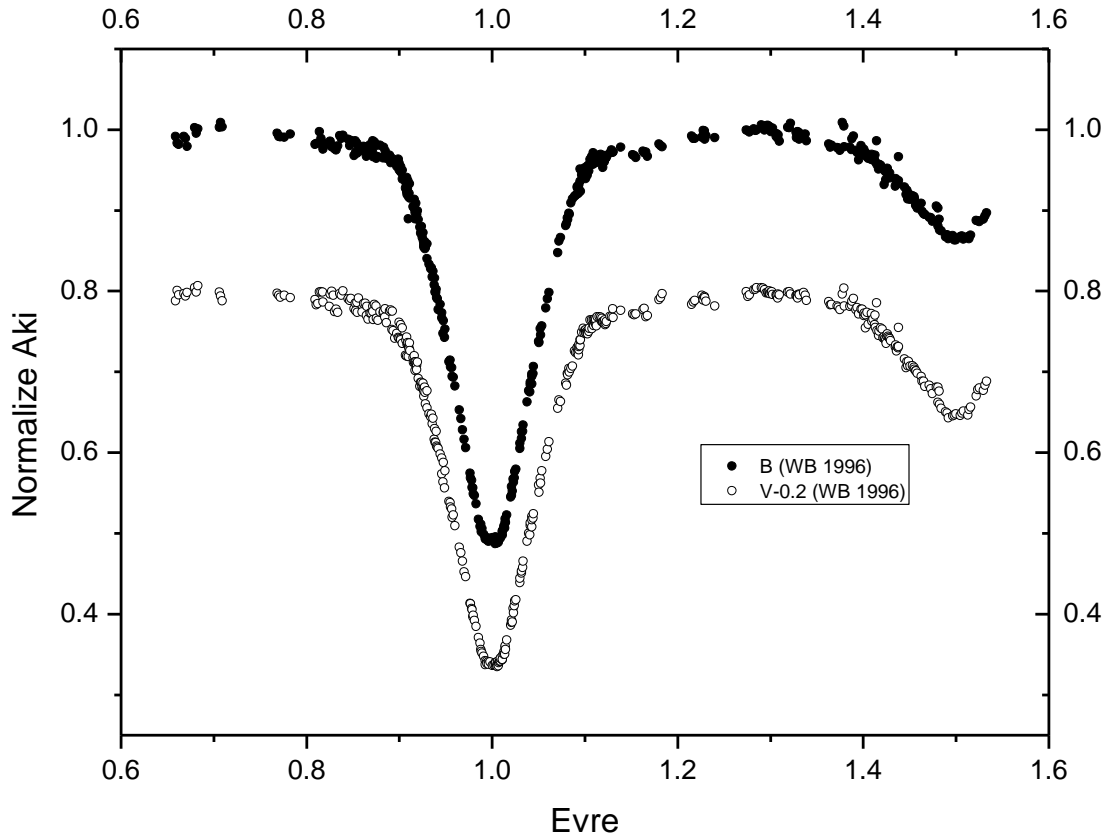
KZ Pav'ın fotometrik gözlemleri sırasıyla: WB, Ekim 1988 ve Eylül 1989 tarihleri arasında Auckland Gözlemevi'nde 25 gecede KZ Pav'ı gözleyerek  $B$  ve  $V$  filtrelerinde 443'er gözlem noktası elde etmişlerdir. Gözlemlerde HD 199190 ve HD 198971 yıldızları, sırasıyla, mukayese (C1) ve denet (C2) olarak kullanılmıştır. Elde edilen gözlem verisi standart Johnson  $BV$  parlaklığına dönüştürüldükten sonra KZ Pav çoklu sistemin diğer bileşeni

HJ5231 BC'den gelen üçüncü ışık katkısı arındırılmış ve KZ Pav A'nın ortalama  $V$  parlaklığı  $V=8^m.144$  ve renk ölçüğü  $B-V=0^m.513$  olarak belirlenmiştir.

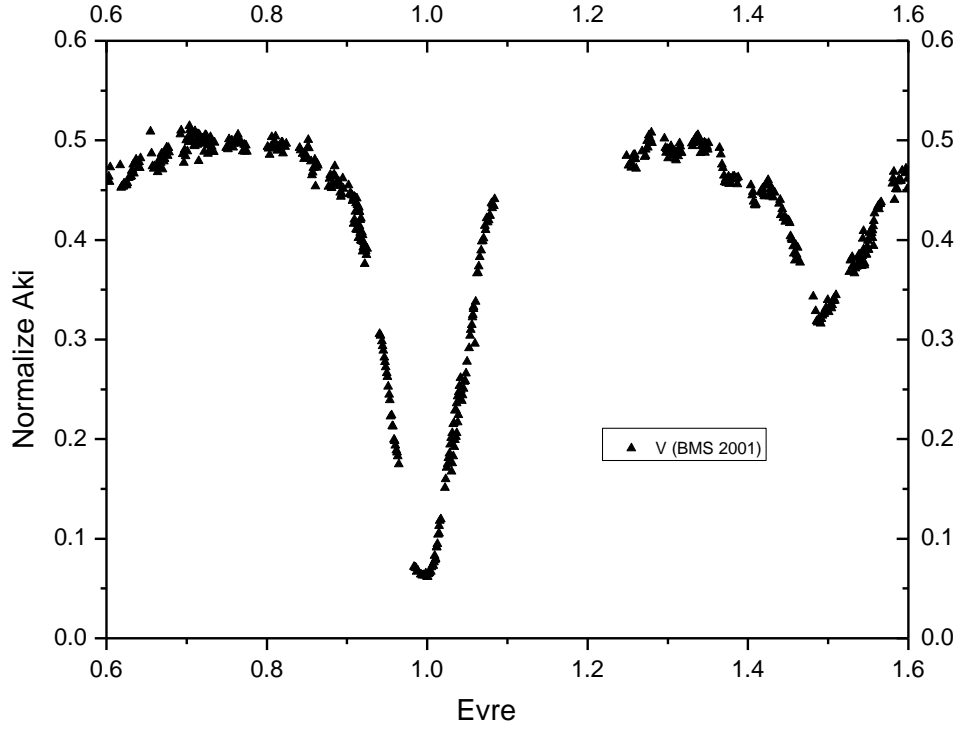
BMS, Güney Queensland Mt. Kent Gözlemevi'nde 40cm'lik Webb teleskobu ve buna bağlı Santa Barbara Instruments Group (SBIG) ST6 CCD kamerasını kullanarak standart  $V$  filtresinde Ağustos ve Eylül 1998 tarihleri arasında ortalama 8 gecede KZ Pav'ı gözleyerek 569 gözlem verisi elde etmişlerdir.

KZ Pav'ın Hipparcos fotometrik gözlem verisi, Bessel (2000)'in kalibrasyonunda  $V-I=0^m.49$  ve  $B-V=0^m.38$  renk ölçeklerine göre verilen  $V=V_{HIP}-0.009$  formülü kullanılarak standart Johnson  $V$  parlaklığına dönüştürüldü. Her bir gözlem noktasının ağırlığı, Hipparcos Kataloğu (ESA, 1997)'nda verilen standart hatalar ( $\sigma_i$ ) kullanılarak,  $W_i=1/\sigma_i^2$  denkleminde belirlendi. Sadece tek bir gözlem noktası, hatasının büyük olmasından dolayı, kullanılmadı. Akı normalizasyonu, 0.25 evresinde maksimum parlaklık düzeyi  $7^m.14$  alınarak yapılmıştır.

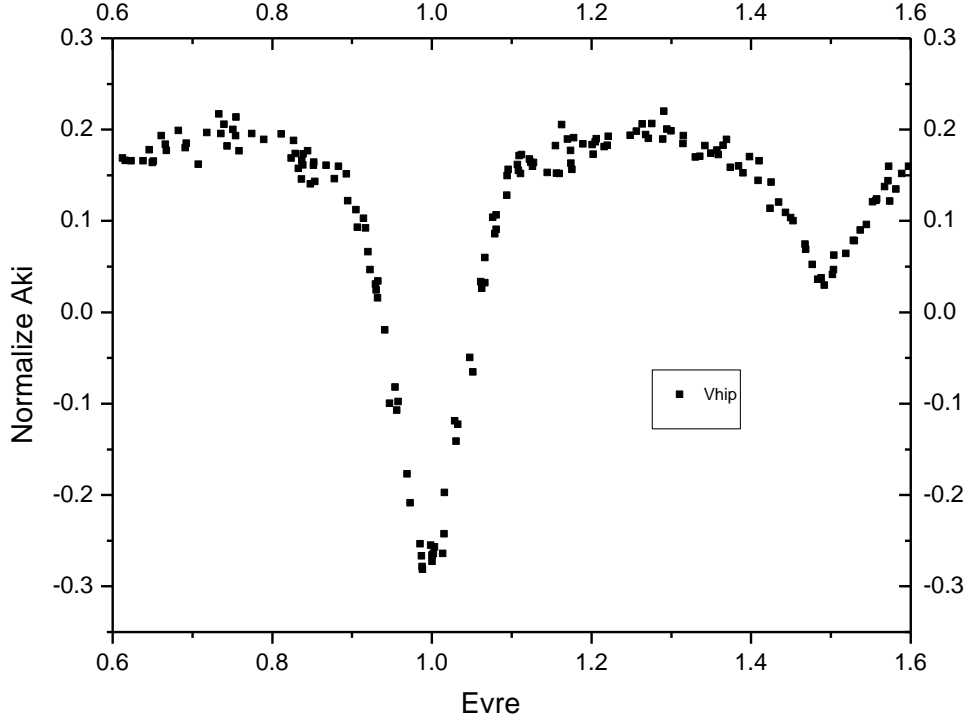
KZ Pav'ın 2006 fotometrik gözlemleri, MJUO Gözlemevi'nde 0.6-m Optik Craftsman Teleskobu ve buna takılı ST-9 CCD kamerası kullanılarak  $BVRI$  filtrelerinde yapılmıştır. KZ Pav'ın  $BV$  (WB, 1996) ışık eğrileri,  $V$  (BMS, 2001) ışık eğrisi, Hipparcos ışık eğrisi ve 2006  $BVRI$  ışık eğrileri Şekil 2.3, 2.4, 2.5 ve 2.6'da gösterilmektedir.



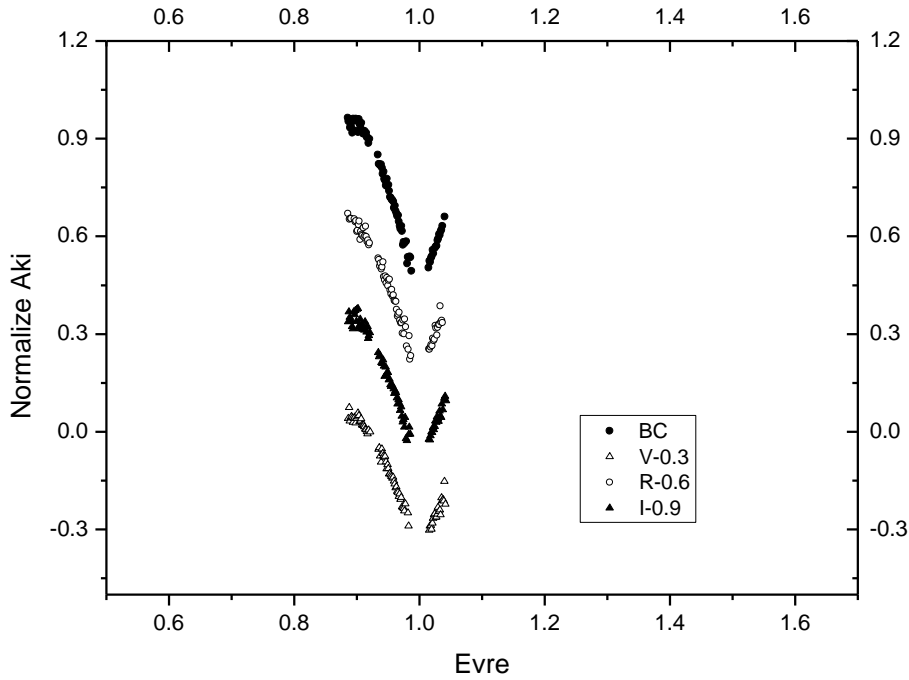
Şekil 2.3. KZ Pav'ın  $BV$  ışık eğrisi(Walker ve Budding, 1996).



Şekil 2.4. KZ Pav'ın V ışık eğrisi (Budding, Marsden ve Slee, 2001).



Şekil 2.5. KZ Pav'ın Hipparcos uydusunun gözlemlerinden elde edilen ışık eğrisi(ESA, 1997).



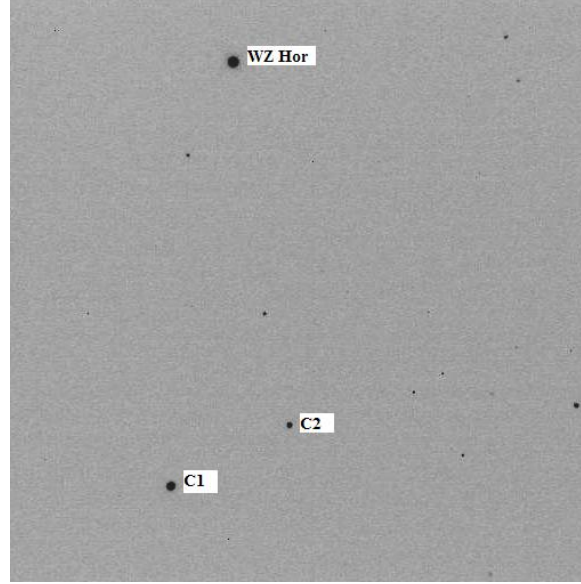
Şekil 2.6. KZ Pav'ın 2006 BVRI ışık eğrisi.

WZ Hor'un fotometrik CCD gözlemleri, Eylül-Ekim 2007'de, Yeni Zellanda Canterbury Üniversitesi Mt. John Gözlemevi'nde, 60cm Optical Craftsman (OC) teleskop ve buna takılı ST-9 CCD kamerası kullanılarak yapılmıştır. ST-9 CCD kamerası, 60cm Optical Craftsman (OC) teleskopta piksel başına 0.43 açısaniesi boyutunda görüntü vermektedir. Tüm gözlemler, Bessell BVRI filtrelerinde ardışık olarak yapılmış ve gece başına tüm hedef yıldızlar için her bir filtrede ortalama 200 görüntü elde edilmiştir. WZ Hor'un parlaklığına, kullanılan filtreye ve gökyüzü koşullarına bağlı olarak, poz süreleri, birkaç saniye ile 10 saniye arasında değişmektedir. CCD cipi üzerinde pikselden piksele olan değişimleri düzeltmek için, gözlemler süresince, bias ve flat görüntüleri de alınmıştır. Mukayese (C1) ve denet (C2) olarak, aynı görüntüye düşecek şekilde ve aletsel parlaklığı ve rengi, WZ Hor'unkine en iyi uyum sağlayacak koşulda, sırasıyla, GSC 8862 717 ve GSC 8862 475 yıldızları seçilmiştir. Bu yıldızlara ilişkin genel bilgiler Çizelge 2.4'de verilmiştir. Gözlemler sırasında elde edilen görüntülerin boyutu 7.3 açıdakikası x 7.3 açıdakikası'dır. Yıldızların konumunu gösteren bir örnek görüntü, Şekil 2.7'de gösterilmektedir.

CCD görüntülerinde indirgeme işlemleri (bias ve dark çıkarılması ve flat-alan düzeltmesi vb.) ve seçilen yıldızların parlaklıklarının okunması, C-Munipack programı (<http://integral.sci.muni.cz/cmunipack>) kullanılarak yapılmıştır. Daha sonra, WZ Hor'un Bessell BVRI ışık eğrilerini elde etmek için ilgili mukayese yıldızına göre diferansiyel



ışıkölçümü yapılmıştır. Tüm gözlemlerde seçilen mukayese yıldızlarının parlaklıklarının değişmediğini denetlemek amacıyla her bir gözlemlerde tüm filtrelerde okunan aletsel parlaklıklardan mukayese-denet diferansiyel parlaklıkları da incelenerek mukayese yıldızında kabul edilebilir mertebeden bir değişim olmadığı görülmüştür.



**Şekil 2.7.** WZ Hor, mukayese (GSC 8862 717) ve denet (GSC 8862 475) yıldızlarının bu çalışmada 2007 gözlemlerinde elde edilen örnek bir CCD görüntüsü. Görüntü, 60cm Optical Craftsman (OC) teleskop ve buna takılı ST-9 CCD kamera ile V filtresinde 2 s'lik bir poz süresi verilerek alınmıştır. Görüntünün boyutu, 7.3 açıdakikası x 7.3 açıdakikası'dır.

**Çizelge 2.4.** WZ Hor'un mukayese ve denet yıldızlarının kimlik bilgileri

Yıldız	GSC No	$\alpha_{2000}$	$\delta_{2000}$	V	B-V	Tayf Türü
WZ Hor	8862-878	02 <sup>sa</sup> 46 <sup>dk</sup> 56 <sup>s</sup>	-63°10' 13"	8.03	0.39	F4V
Mukayese	8862-717	02 <sup>sa</sup> 48 <sup>dk</sup> 09 <sup>s</sup>	-63°04' 17"	9.32	0.790	G5
Denet	8862-475	02 <sup>sa</sup> 47 <sup>dk</sup> 53 <sup>s</sup>	-63°03' 21"	12.4		

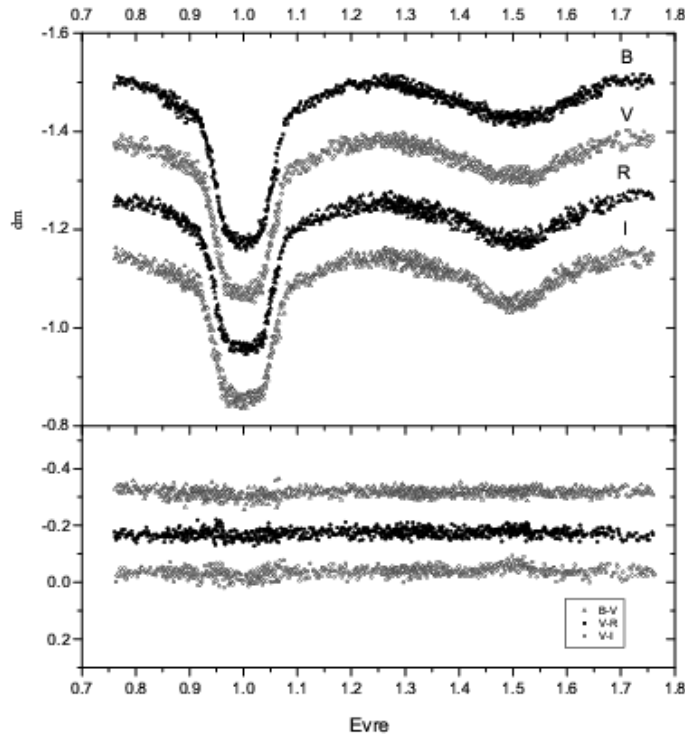
Gözlemler sırasında iki tane birinci minimum ve bir tane ikinci minimum zamanı elde edilmiş ve Kwee & van Woerden (1956) yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Bu minimum zamanları, Çizelge 2.5'de listelenmiştir. Literatürde WZ Hor'a ilişkin minimum zamanları verilmediğinden dolayı; sistemin yeni ışık öğeleri, yalnızca bu çalışmada elde edilen CCD minimum zamanları kullanılarak hesaplanmış ve Denklem 2.3'de verilmiştir:

$$HJD_{\min I} = 2454369.9473(4) + 0^d.7287571(4) \times E \quad (2.3)$$

Çizelge 2.5. WZ Hor sisteminin bu çalışmada elde edilen CCD minimum zamanları

Yıldız	JD Hel. 2400000+	Filtre	Min. Türü
	54360.1093(6)	BVRI	II
WZ Hor	54361.2019(5)	BVRI	I
	54369.9473(5)	BVRI	I

WZ Hor'un *BVRI* aletsel ışık ve *B-V*, *V-R* ve *V-I* renk eğrileri Şekil 2.8'de gösterilmektedir. Sistemin ışık eğrileri, küçük genlikli Algol-türü ışık eğrisi yapısındadır. Birinci minimumda hemen hemen tam tutulma görülmekte; ikinci minimum genliği, uzun dalgalılarına gittikçe artmaktadır. Işık eğrilerinde herhangi bir asimetrik değişime rastlanmamaktadır. Birinci minimumda *B*, *V*, *R* ve *I* filtrelerinde genlikler sırasıyla 0.321, 0.305, 0.302, 0.287; ikinci minimumda *B*, *V*, *R* ve *I* filtrelerinde genlikler sırasıyla 0.066, 0.068, 0.090, 0.094 olarak belirlenmiştir. Şekil 2.8'deki renk eğrilerinden, özellikle *V-I* renk eğrisinde, birinci minimumda kızıllaşma ve ikinci minimumda mavileşme görülmekte ve ikinci bileşenin tayf türünün birinci bileşenden çok daha geri tayf türünden olduğuna işaret etmektedir.



Şekil 2.8. WZ Hor'un 2007 *BVRI* ışık ve renk eğrileri.

**BÖLÜM 3****ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA****3.1. CF Tuc****3.1.1. Tayfsal veri analizi ve yörünge çözümü**

Dikine hızların ölçümü, dalga kalibrasyonu ve normalizasyonu yapılan tayflara çapraz eşleme (cross-correlation) ve Fourier ayıklama (Fourier disentangling, KOREL, Hadrava, 2004) olmak üzere iki farklı yöntem kullanılarak yapılmıştır. KOREL, bazı kompleks durumlarda tek bir çözüm üretemediğinden dolayı yörünge parametrelerini tahmin etmek için CCF (Cross-Correlation Function) birinci adım olarak kullanıldı. Bu iki farklı yöntemin kullanılması, yapılan ölçümlerin denetlenmesine ve elde edilen yörünge çözümünün daha duyarlı olmasına olanak verir. Genelde tüm tayfsal dizinler aynı kalitede ise ölçümlerin duyarlılığı dizinlerin sayısının kareköküyle artar. Önemli olan seçilen tayf dizilerinin gürültüden uzak ve bileşenlerin çizgilerinin doğru bir şekilde ayırt edilebilir olmasıdır.

**3.1.1.1 Çapraz eşleme yöntemi (CCF) ile dikine hız değerlerinin okunması ve yörünge çözümü**

Dikine hız değerleri IRAF'ın program paketlerinden biri olan FXCOR taskı kullanılarak çapraz eşleme yöntemi (bkz. Tonry ve Davis, 1979; Popper ve Jeong, 1994) ile okunmuştur. Bu yöntem yıldızın tayf çizgilerine seçilen mukayese tayfının eşleştirilmesine dayanmaktadır. Böylece en iyi uyumu veren eşleme fonksiyonuna (CCF) gauss fiti yapılarak dikine hızlar okunmaktadır. HD 36079 (G5 II,  $V_r=-13.6\text{km/s}$ )'un tayfi bileşenlerin dikine hızlarının belirlenmesi için mukayese tayfi olarak kullanılmıştır. Dikine hızların okunması sırasında gürültünün en az olduğu ve bileşenlerin çizgilerinin net olarak ayırt edildiği tayf dizileri tercih edilmiştir. Bu tayf dizileri 85, 88, 97 ve 110 nolu diziler olup bunlarda görülen en belirgin tayf çizgileri Çizelge 3.1'de verilmiştir.

CCF yönteminden belirlenen dikine hızlar kullanılarak yörünge parametreleri elde edilmiştir. Çözümler sırasında yörünge dönemi sabit tutulmuş ve yörünge çember olduğu kabul edilerek basıklık ( $e=0$ ) ve enberinin boylamı ( $w=90^\circ$ ) olarak sabit alınmıştır. Bileşenlerin hızlarının yarı genliği  $K_1$  ve  $K_2$ , tutulma başlangıç zamanı  $T_0$  ve ortak kütle merkezinin hızı  $V_\gamma$  serbest bırakılmıştır. Yörünge parametrelerinin belirlenmesi aşamasında Teodor Pribulla (2008, özel haberleşme) tarafından geliştirilen ELEMDR77 (Win/Dos versiyonu) yazılımı kullanılmıştır. CCF yönteminden elde edilen yörünge parametreleri Çizelge 3.2'de verilmiştir. Böylece Çapraz Eşleme Yöntemiyle bulunan hızların analizinden belirlenen yörünge parametreleri, KOREL programına girdi parametreleri olarak uygulanacaktır.

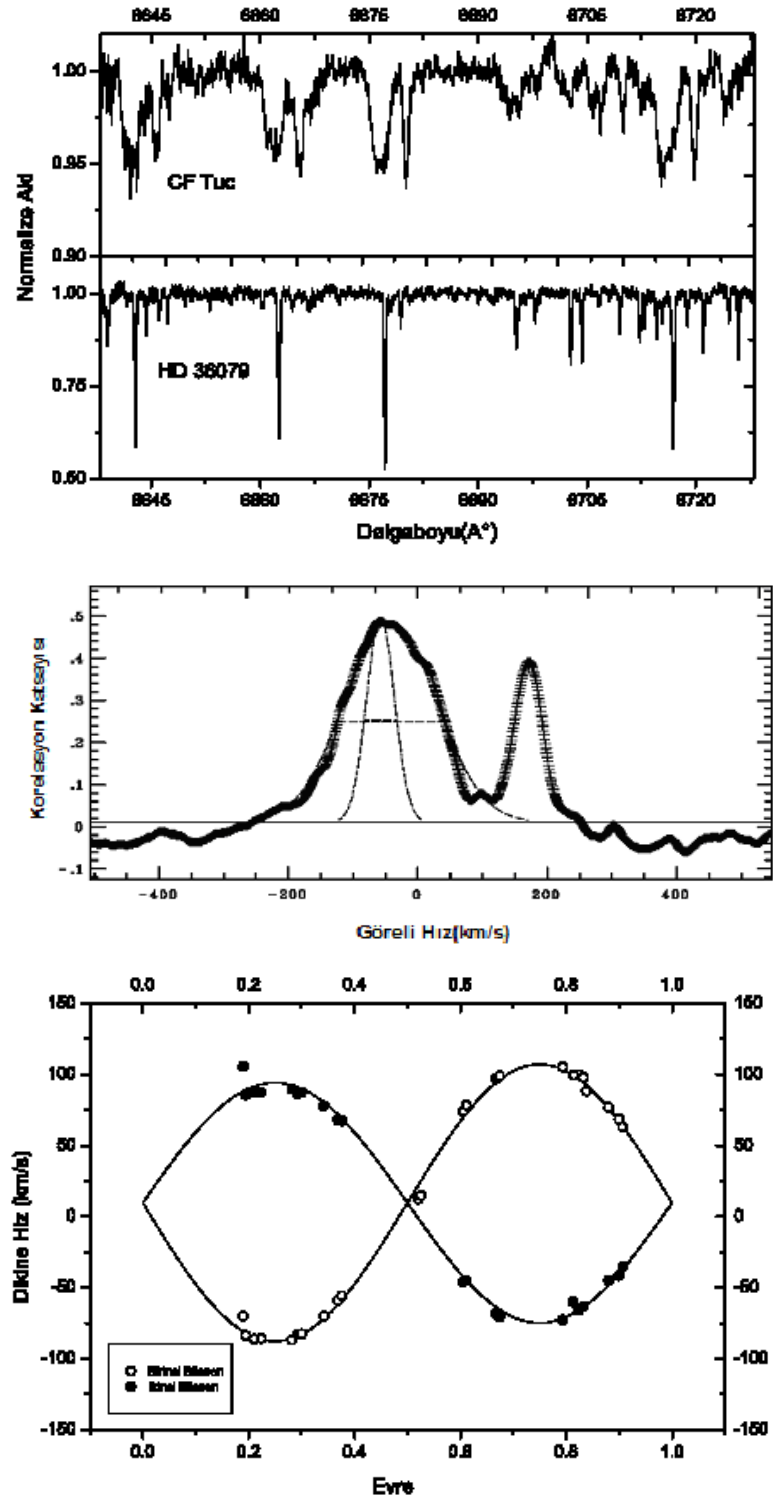
**Çizelge 3.1.** CF Tuc'un dikine hız ölçümlerinde kullanılan tayf dizileri ve tayf çizgileri

Dizi No	Dalgaboyu Aralığı (Å)	Baskın Tayfsal Çizgiler
85	6640-6470	SiII (6660.52 Å), SiII (6665.0 Å), FeI(6677.989 Å), SiII (6717.04 Å)
88	6430-6440	FeI (6430.844 Å), CaI (6439.075 Å), CaI (6449.81 Å), CaII (6456.87 Å), CaI (6462.57 Å)
97	5820-5900	NaI D2 (5892 Å), NaI D1 (5898 Å)
110	5151-5188	MgI (5174.13 Å), FeI (5168.897 Å), FeII (5169.03 Å), Fe II (5171.595 Å), MgI (5172.6843 Å), MgI (5174.13 Å)

**Çizelge 3.2.** 85, 88, 97 ve 110 nolu tayf dizilerinin çapraz eşleme yönteminden hesaplanan yörünge parametreleri

Parametre	Dizin 85	Dizin 88	Dizin 97	Dizin 110
$P_{orb}$ (gün)	2.7975004	2.7975004	2.7975004	2.7975004
$e$	0	0	0	0
$w$ (°)	90	90	90	90
$T_0$ (HJD)	54327.0643±0.0064	54327.0755±0.0096	54327.0641±0.0075	54327.0671±0.0085
$V_\gamma$ (km/s)	9.61±0.76	10.67±1.13	9.30±0.90	8.76±0.99
$K_1$ (km/s)	97.43±1.34	96.72±1.98	97.91±1.59	95.00±1.76
$K_2$ (km/s)	84.52±1.33	86.41±1.98	87.41±1.59	87.81±1.76
$a_1 \sin i$ (AU)	0.0251 ±0.0003	0.0249±0.0005	0.0251±0.0004	0.0244 ±0.0005
$a_2 \sin i$ (AU)	0.0217±0.0003	0.0222± 0.0005	0.0225±0.0004	0.0226±0.0005
$M_1 \sin^3 i$ ( $M_\odot$ )	0.811±0.027	0.840±0.042	0.870±0.034	0.850±0.037
$M_2 \sin^3 i$ ( $M_\odot$ )	0.935±0.030	0.940±0.045	0.975±0.037	0.920±0.039
$q$	1.15±0.05	1.12±0.08	1.12±0.06	1.08±0.07

Örnek olarak seçilen 85 nolu tayf dizini için CCF yönteminden elde edilen dikine hız değerleri ve üzerine yapılan teorik fit Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



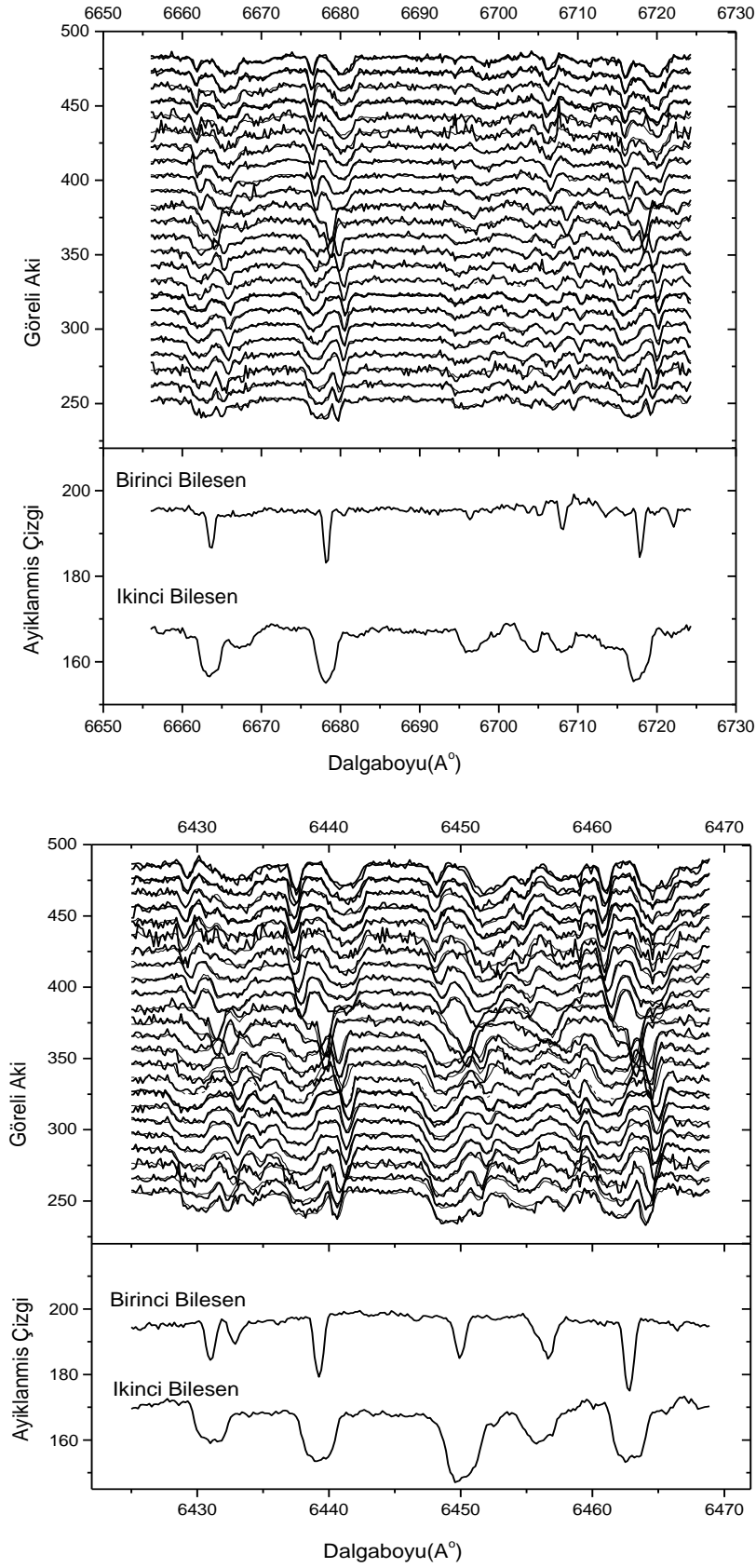
**Şekil 3.1.** CCF için seçilen 85 nolu tayf dizisi için CF Tuc ve mukayese tayfı HD 36079 (üstte), çapraz eşleme fonksiyonu çıktısı (ortada), dikine hızlar ve üzerine yapılan en iyi teorik fit (altta) gösterilmektedir.

**3.1.1.2. KOREL yöntemi ile dikine hız değerlerinin okunması ve yörünge çözümü**

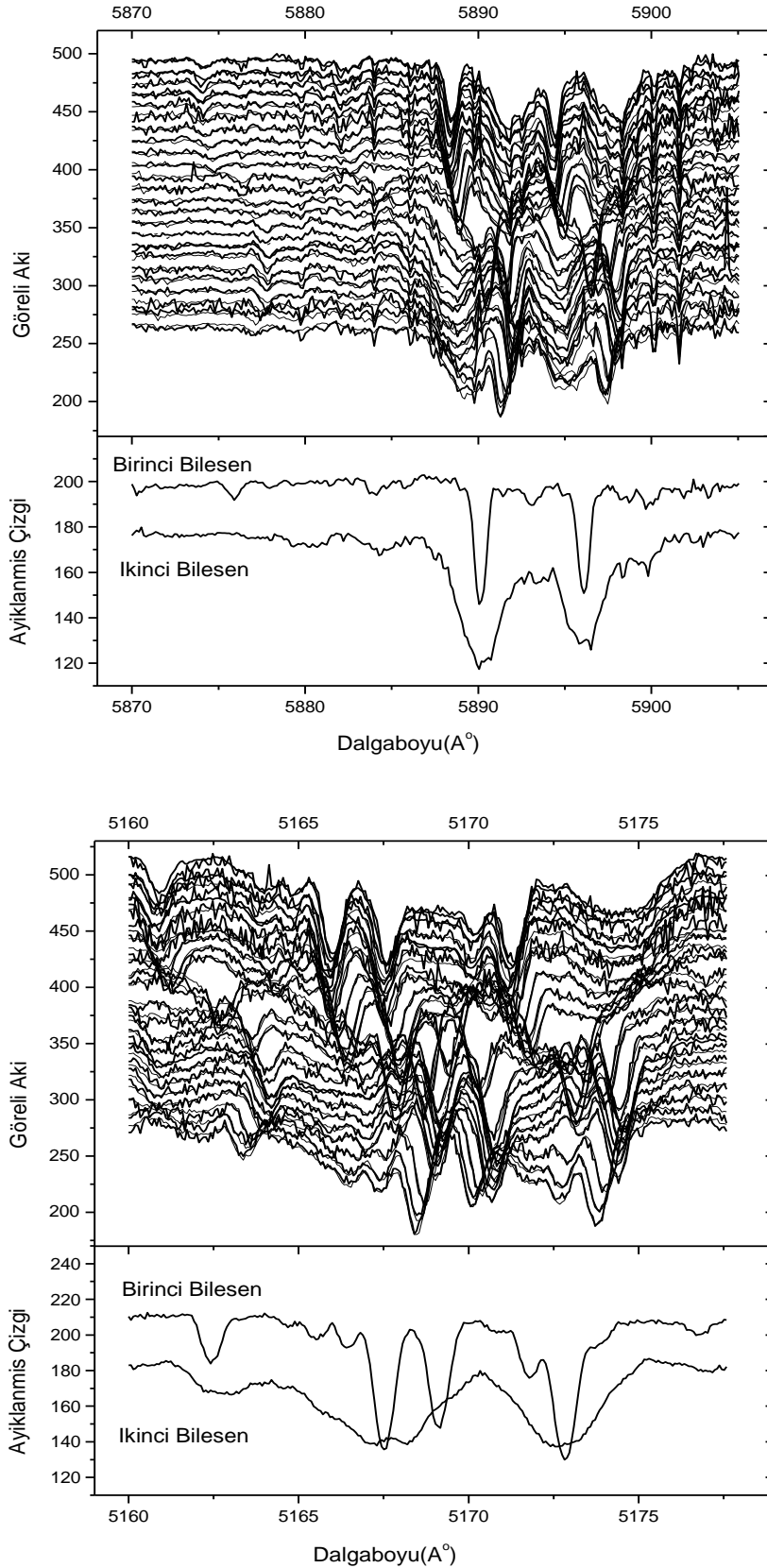
KOREL, Hadrava (1995, 1997, 2004) tarafından Fortran dilinde yazılmış bir program olup, bir çizgi kesitindeki çift ya da maksimum beş yıldız bileşenlerinin akı katkılarının Fourier analiziyle ayrıştırılmasına dayanan bir yöntemdir. Çiftin yörünge parametrelerinden belirlenen değerlere göre ayrıştırılan her bileşen çizgisinin Doppler kayması hesaplanmakta ve dikine hız değerleri bulunmaktadır. Böylece program aynı anda dikine hızları bulurken yörünge çözümü de yapmaktadır. Bu programda ilk adım olarak uygun giriş parametreleri girilmelidir. Buna göre, CCF yöntemi ile dikine hızların çözümünden elde edilen yörünge parametreleri (bkz. Çizelge 3.2) giriş parametreleri olarak alınmıştır. Analizler sırasında bileşenlerin çizgilerinin iyi ayırt edildiği, gürültünün daha az olduğu ve CCF yönteminde kullanılan 4 farklı tayf dizini (85, 88, 97 ve 110 nolu tayf dizinleri, bkz. Çizelge 3.1) eş zamanlı olarak analiz edilmiştir.

Birkaç iterasyon sonunda KOREL hata sınırları içerisinde basıklığı ( $e$ ) sıfıra yakın vermiştir. Bu yüzden yörünge çember kabul edilerek iterasyonlara devam edilmiştir. Ayrıca iterasyonlar sırasında yörünge dönemi  $P_{orb}=2.7975004$  gün olmak üzere sabit alınmıştır (Bkz. Bölüm 3.1.4). Bileşenlerin dikine hızlarının yarı genliği  $K_1$  ve  $K_2$  ve tutulma başlangıç zamanı  $T_0$  serbest bırakılmıştır. KOREL, tutulma evrelerinden (0.0 evre ya da 0.5 evre) birinde en iyi belirlenen hız değerlerini dikkate alarak bileşenlerin dikine hız değerlerini hesaplar. Bu nedenle sistemin ortak kütle merkezi hızını hesaplamaz. En iyi teorik fitin sonucunda elde edilen yörünge elemanları Çizelge 3.3'te, tayflara uygulanan en iyi teorik fitler ve bileşenlerin ayıklanmış tayfları Şekil 3.2 (a) ve (b)'de gösterilmiştir. Çizelge 3.3'te verilen, sistemin ortak kütle merkezinin hızı  $V_\gamma = 9.58 \pm 0.14$  için CCF yöntemi ile bulunan ve Çizelge 3.2'de verilen kütle merkezi hızlarının ortalaması alınmıştır.

Sonuç olarak, CF Tuc'un bileşenlerinin KOREL'den elde edilen dikine hızları Çizelge 3.4'te verilmektedir. Bu hız değerlerine, KOREL programı  $V_\gamma$ 'yı hesaplayamadığı için, CCF yöntemi ile bulunan ve Çizelge 3.2'de verilen kütle merkezi hızlarının ortalaması eklenmiştir. Çizelge 3.4'te birinci sütunda zaman (HJD biriminde), ikinci sütunda hızların gözlem zamanlarının evreleri, üçüncü ve beşinci sütunlarda bileşenlerin en son bulunan dikine hız değerleri, dördüncü ve altıncı sütunlarda ise dikine hızlar ile  $BV$  ışık eğrilerinin eş zamanlı çözümünden elde edilen teorik hızlar ile gözlenen hızların farkından elde edilen  $O-C$  değerleri verilmektedir.



Şekil 3.2(a). 85 (üst panel) ve 88 (alt panel) nolu tayf dizilerine yapılan KOREL fitleri ve bileşenlere ilişkin ayrıştırılmış tayflar.



Şekil 3.2(b). 97 (üst panel) ve 110 (alt panel) nolu tayf dizilerine yapılan KOREL fitleri ve bileşenlere ilişkin ayrıştırılmış tayflar.



Çizelge 3.3. CF Tuc'un yörünge elemanları

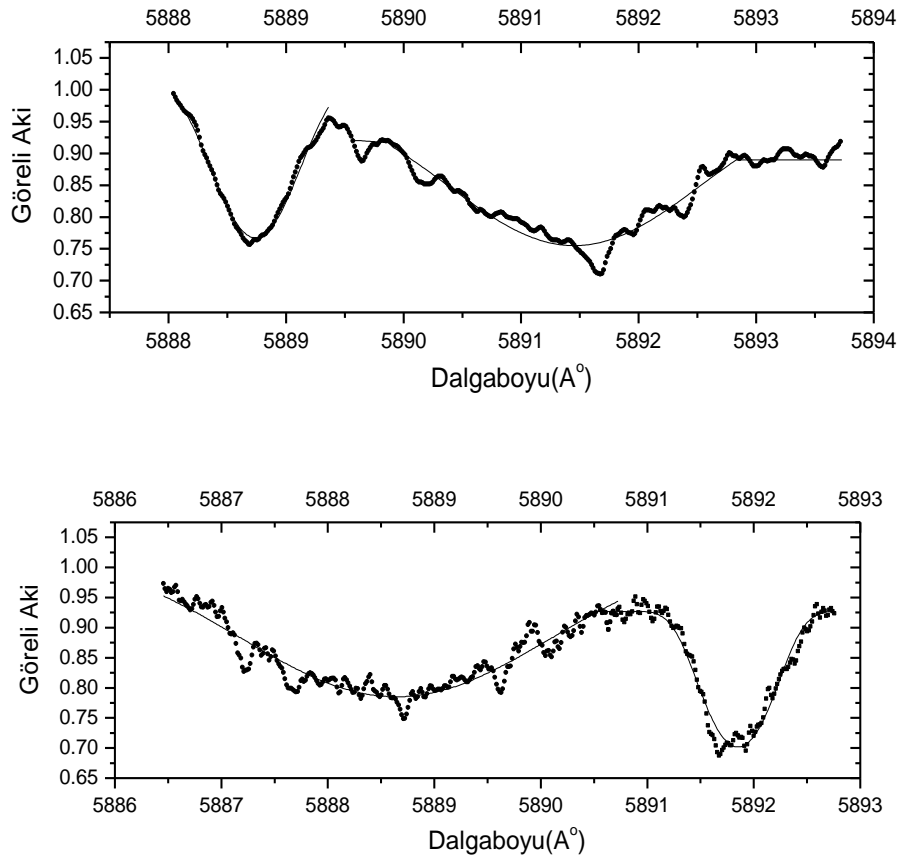
Parametre	Değer
$P_{\text{orb}}$ (gün)	2.7975004
$T_0$ (HJD)	54327.0583±0.0012
$V_\gamma$ (km/s)	9.58± 0.14
$q$	1.117±0.009
$K_1$ (km/s)	98.92± 0.24
$K_2$ (km/s)	88.55±0.24
$a_1 \sin i$ (AU)	0.0254± 0.0001
$a_2 \sin i$ (AU)	0.0228±0.0001
$M_1 \sin^3 i$ ( $M_\odot$ )	0.902±0.005
$M_2 \sin^3 i$ ( $M_\odot$ )	1.008±0.006

Çizelge 3.4. CF Tuc'un bileşenlerine ait dikine hız değerleri ve üzerine yapılan en iyi teorik fitin  $O-C$  değerleri

Gözlem Zamanı (HJD)	Evre $\phi$	$RV_1$ ( $\text{km s}^{-1}$ )	$O-C_1$ ( $\text{km s}^{-1}$ )	$RV_2$ ( $\text{km s}^{-1}$ )	$O-C_2$ ( $\text{km s}^{-1}$ )
2454377.9493	0.192	-82.4	1.0	91.8	-0.5
2454349.9865	0.196	-84.6	-0.4	92.3	-0.8
2454350.0324	0.212	-87.2	-0.2	96.2	0.8
2454352.8686	0.226	-87.9	0.7	96.8	0.0
2454350.2333	0.284	-87.7	-0.7	95.5	0.1
2454355.8572	0.295	-85.3	0.0	94.4	0.6
2454355.8798	0.303	-84.4	-0.7	92.6	0.1
2454355.9978	0.345	-72.5	-0.7	87.0	4.7
2454356.0713	0.371	-62.1	-0.6	73.7	0.3
2454356.0915	0.378	-58.9	-0.5	70.8	0.1
2454350.8994	0.522	24.9	0.5	--	--
2454350.9154	0.528	26.7	-1.3	--	--
2454353.9355	0.608	71.1	-1.7	-45.4	0.9
2454353.9532	0.614	75.7	0.1	-48.2	0.6
2454354.1093	0.670	95.8	-1.3	-67.5	0.6
2454354.1271	0.676	96.0	-2.8	-71.8	-2.2
2454362.8538	0.796	104.3	-0.1	-75.1	0.3
2454376.8967	0.815	100.2	0.0	-70.4	1.4
2454362.9392	0.826	97.3	0.0	-68.8	0.3
2454362.9631	0.835	94.8	0.3	-66.6	0.1
2454376.9656	0.840	93.0	0.2	-65.0	0.2
2454351.9065	0.882	76.3	0.4	-50.0	-0.1
2454351.9610	0.902	66.9	0.9	-41.7	-0.5
2454351.9819	0.909	63.1	0.7	-38.2	-0.4

### 3.1.2. Dönme Hızları

CF Tuc'un bileşenlerinin dönme (rotasyonel) hızlarını belirlemek için Budding ve Zeilik (1995) tarafından geliştirilen PROF programı kullanıldı. PROF, Gaussian ve dönme genişlemelerini içeren bir fonksiyon altında çizgi kesiti (çizgi profilini) hesaplar. Temel olarak içerdiği parametreler;  $I_c$  süreklilik akısı,  $I_d$  ortalama dalga boyunda ( $\lambda_m$ ) görel derinlik,  $r$  Doppler dönme genişleme parametresi,  $s$  verilen çizginin Gaussian genişleme parametresi ve  $u$  kenar karama katsayısıdır. Benzer yöntem, Olah ve ark. (1992, 1998)'nin ve Budding ve ark. (2009)'nin çalışmalarında izlenmiştir. Bu tez çalışmasında PROF'ta kullanılmak üzere CF Tuc'un 97 nolu tayf dizisindeki Na D2 çizgisi seçildi. PROF ile çeşitli evrelerde gözlenen Na D2 çizgi kesitlerine fit yapıldı. Örnek olarak, 0.371 ve 0.826 evrelerinde yapılan çizgi kesiti fitlerinin sonuçları Şekil 3.3'te gösterilmekte ve Çizelge 3.5'te verilmektedir.



**Şekil 3.3.** 0.371 evresi (üst panelde) ve 0.826 evresinde (alt panelde) Na D2 çizgisine yapılan PROF fitlerinin sonuçları.

Çizelge 3.5’de verilen  $r$  Doppler dönme genişleme parametresine göre birinci ve ikinci bileşenlerin dönme hızları sırasıyla  $26\pm 3$  ve  $60\pm 5$  km/s olarak hesaplanmıştır. Bileşenlerin mutlak parametreleri (bkz. Çizelge 4.1) ve  $v_{rot} \sin i = 2\pi R \sin i / P_{rot}$  kullanılarak (eş dönme, yani  $P_{rot} = P_{orb}$  ve  $i_{rot} = i_{orb}$  kabulü altında) birinci ve ikinci bileşenlerin teorik dönme hızları sırasıyla  $28\pm 1$  ve  $62\pm 2$  km/s olarak bulunmuştur. Buradan her iki bileşenin hata sınırları içerisinde eş dönme yaptığı görülmektedir.

Çizelge 3.5’de verilen  $s$  Gaussian genişleme parametresi, 0.371 ve 0.826 evrelerinde sırasıyla birinci bileşen için 24 – 15 km/s aralığında, ikinci bileşen için 38 - 54 km/s aralığında değişmektedir. Bu parametre aslında ısısal ve ısısal olmayan (mikro ve/veya makro türbülans) iki hız bileşenin vektörel büyüklüğünü içerir:

$$s = \sqrt{\frac{3kT}{m_{Na}} + v_t^2} . \quad (3.1)$$

Na D2 çizgisinin bir alt dev atmosferinde olduğu varsayılırsa; sıcaklık 4300 K alınarak ısısal hız 2km/s olarak bulunur. Bu durumda, çizgi fitinden tahmin edilen  $s$  Gaussian genişleme parametresinde ısısal terimin katkısının çok az olduğu ve ısısal olmayan işlemlerin (mikro/makro türbülanslar, manyetik enerji vb) çoğunlukla işe karıştığı söylenebilir.

**Çizelge 3.5.** Na D2 (5892 Å) çizgisi için iki farklı evrede uygulanan fit parametreleri

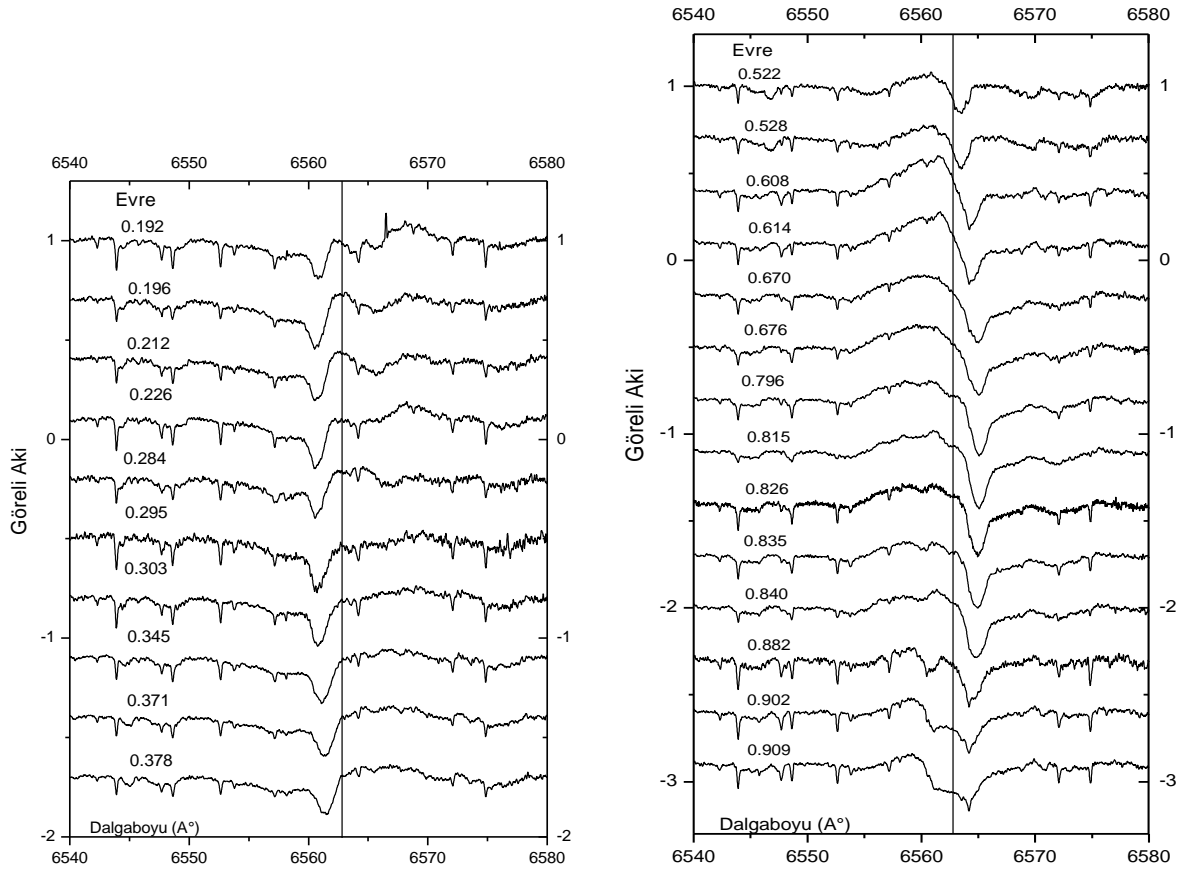
Parametre	Evre 0.371		Evre 0.826	
	Birinci Bileşen	İkinci Bileşen	Birinci Bileşen	İkinci Bileşen
$I_c$	1.024±0.015	0.990±0.010	0.927±0.012	1.031±0.008
$I_d$	0.216±0.018	0.188±0.010	0.192±0.019	0.175±0.008
$\lambda_m(\text{Å})$	5888.740±0.043	5891.452±0.094	5891.852±0.043	5888.641±0.102
$r(\text{Å})$	0.498±0.053	1.142±0.108	0.528±0.055	1.216±0.088
$s(\text{Å})$	0.469±0.107	0.745±0.074	0.300±0.060	1.053±0.055
$r(\text{km/s})$	25±3	58±6	27±3	62±5
$s(\text{km/s})$	24±6	38±4	15±3	54±3
$\Delta I$	0.01	0.01	0.01	0.01
$\chi^2/\nu$	1.034	1.040	1.024	1.048

CF Tuc’un fotometrik ve tayfsal gözlemlerinin hemen hemen eşzamanlı yapılması, fotometrik ve tayfsal gözlem sonuçlarının birbiriyle karşılaştırılmasına olanak tanımaktadır.

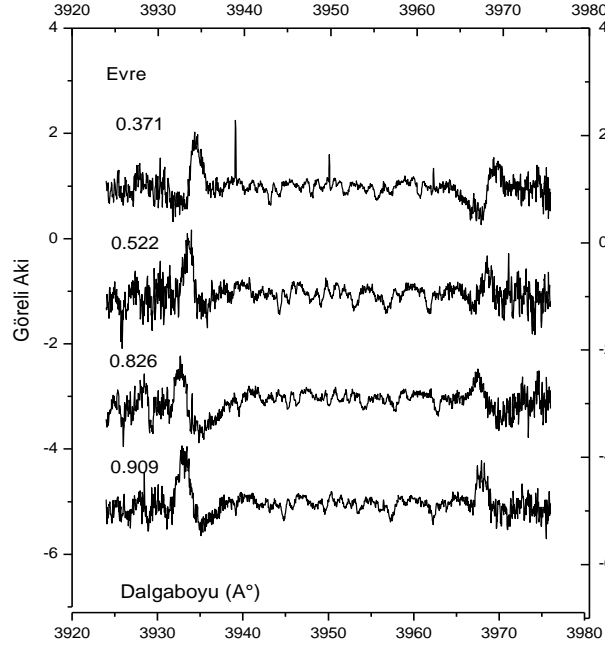
Örneğin,  $s$  parametresi, ışık eğrisi asimetrisinin (dolayısıyla lekenin) en etkin olduğu 0.821 evresinde en yüksek değeri, ışık eğrisi asimetrisinin gözükmediği 0.371 evresinde ise en küçük değeri almaktadır. Bu nedenle ikinci bileşende  $s$  parametresinin yıldızın yüzey aktivitesine doğrudan bağlı olduğu sonucuna varılabilir.

### 3.1.3. Manyetik Aktivite Belirteçleri

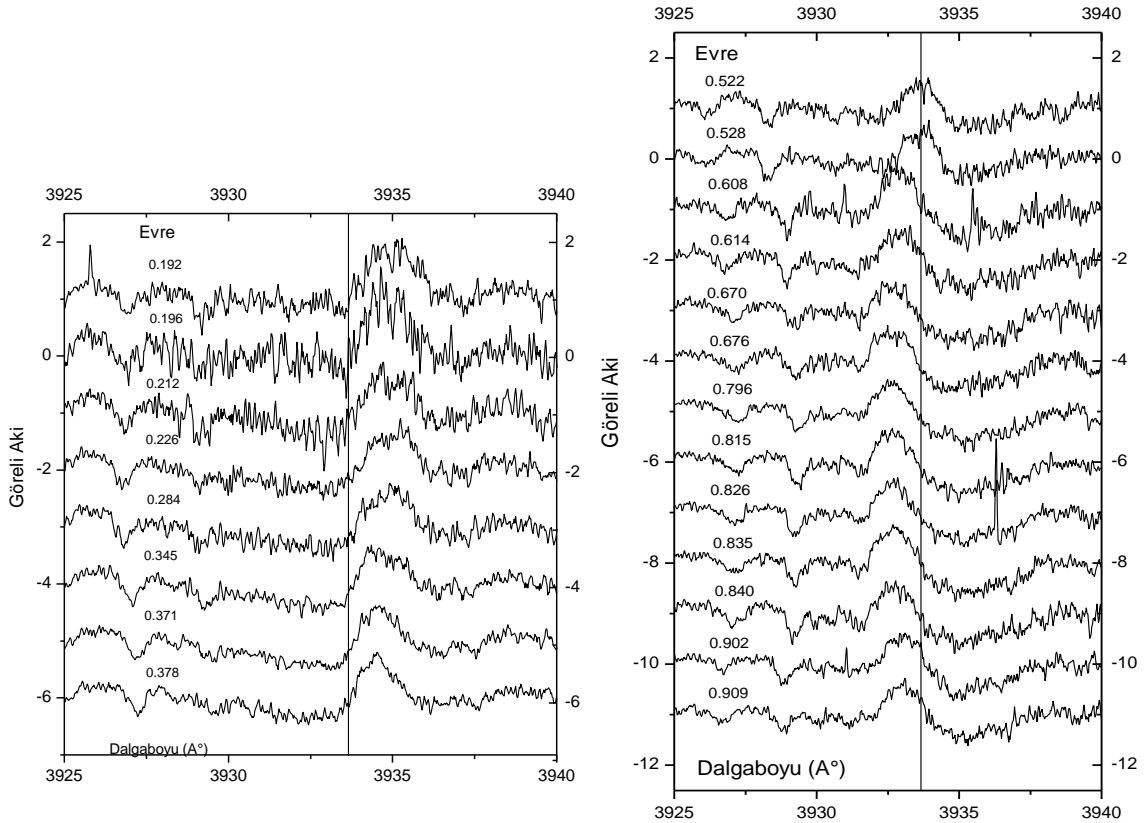
$H\alpha$  ve  $CaII$  H & K salma çizgileri, soğuk yıldızlardaki manyetik aktivitenin en önemli belirteçlerindedir. Aslında bu salma çizgileri, yalnızca manyetik aktiviteden değil, örneğin Algol türü kütle transferi yapan çift yıldızlarda bileşenlerarası gaz akımlarında, klasik ya da geçici yığılma disklerinde kendilerini gösterirler (bkz. Richards ve Albright, 1999).



**Şekil 3.4.** CF Tuc için 2007’de gözlenen  $H\alpha$  çizgi profillerinin yörünge periyoduna göre ilk yarısı (sol panel) ve diğer yarısı (sağ panel). Dik olarak çizilen çizgi  $H\alpha$  çizgisinin laboratuvar dalgaboyunu ( $\lambda_0 = 6562.82 \text{ \AA}$ ) gösteriyor.

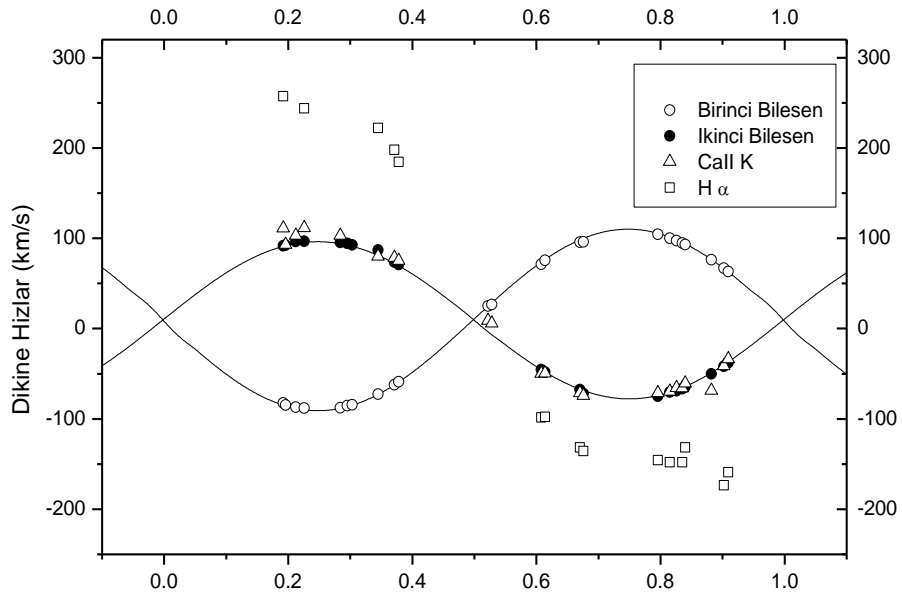


Şekil 3.5. Farklı yörünge evrelerinde CF Tuc için gözlenen CaII H & K tayflarından örnekler.



Şekil 3.6. CF Tuc için 2007'de gözlenen CaII K çizgi profillerinin yörünge dönemine göre ilk yarısı (sol panel) ve diğer yarısı (sağ panel). Dik olarak çizilen düz çizgi, CaII K çizgisinin laboratuvar dalga boyunu ( $\lambda_0 = 3933.66 \text{ \AA}$ ) gösteriyor.

CF Tuc'un tayfında  $H\alpha$  ve CaII H & K dalga boylarında göstermiş olduğu salma ve soğurma çizgi kesitleri Şekil 3.4, 3.5 ve 3.6'da gösterilmektedir. Tüm soğurma ve salma özellikleri yörünge evrelerine bağlı olarak kırmızı yada mavi bölgede değişmektedir. Bu salma çizgilerinin sistemin aktif olan soğuk bileşeninden kaynaklandığı varsayılmaktadır. Bunu denetlemek için  $H\alpha$  ve CaII K salma çizgilerinin dikine hız (RV) değerleri hesaplandı ve sistemin her iki bileşeninin dikine hız değerleriyle birlikte Şekil 3.7'de gösterildi. Hesaplama/denetlemede CaII H ( $3968.5 \text{ \AA}$ ) çizgisinin kullanılmayışının nedeni, bu çizginin He ( $3970.1 \text{ \AA}$ ) çizgisi ile karışmasıdır (line blending effect). Şekil 3.7'ye bakıldığında, gerçekten, CaII K salma çizgisinden ölçülen dikine hız değerlerinin soğuk, ikinci bileşene ilişkin dikine hız eğrisini takip ettiği görülmektedir.  $H\alpha$  salma çizgisinden ölçülen dikine hızlar ise ikinci bileşenin yörünge hareketini yaklaşık 200 km/s lik büyük bir genlikle izlemektedir. Bu oldukça büyük hız genliğinden soğuk bileşenin kromosferik kökenli plazma fışkırması (chromospheric prominence) sorumlu gösterilebilir.



**Şekil 3.7.**  $H\alpha$  ve CaII K salma çizgilerinden ölçülen RV değerlerinin değişimi. Sürekli çizgiler, CF Tuc'un bileşenlerinin ışık ve RV eğrilerinin eşzamanlı çözümünden elde edilen teorik RV eğrilerini temsil etmektedir.

Marino ve ark. (2001), RS CVn türü bir çift sistem olan HR 7428 için  $H\alpha$  salma çizgisinden ölçülen dikine hız değerlerini kullanarak bileşenler arası maddeyi modellemiştir. Bu çalışmada, aynı yöntem izlenerek, CF Tuc'un  $H\alpha$  salma çizgisinden

ölçülen dikine hızların değişiminde bulunan büyük genlik değeri (bkz. Şekil 3.7) aşağıdaki biçimde tartışılmıştır:

Modelde  $H\alpha$  salma çizgisini veren bölgenin uzaklığı, aşağıdaki eşitlikten hesaplanır:

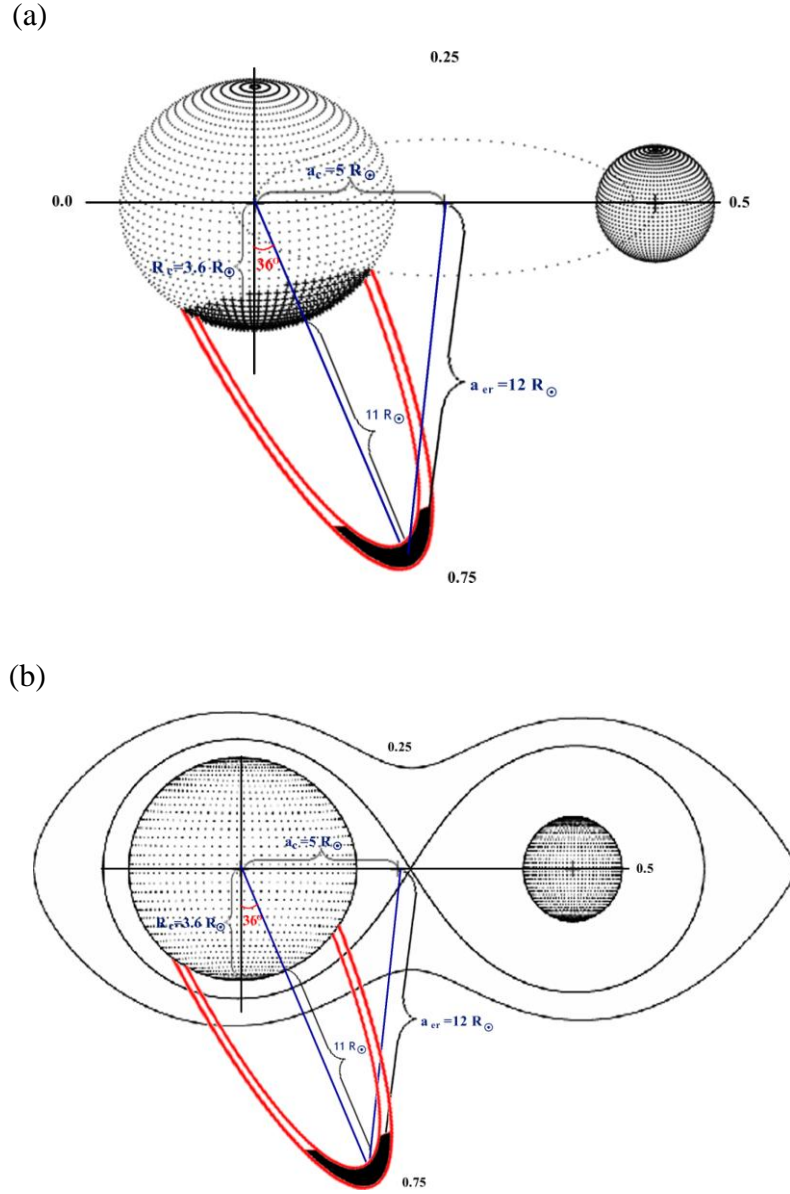
$$a_{er}=a_c(K_{er}/K_c) \quad (3.2)$$

Burada  $a_c$ , soğuk yıldızın yörüngesinin yarı-büyük eksen uzunluğunu,  $K_c$  ve  $K_{er}$ , sırasıyla soğuk (cooler) yıldız için dikine hız değişiminin yarı-genliğini ve  $H\alpha$  salma çizgisini veren bölgenin (emitting region) dikine hız değişimindeki yarı-genliğini temsil eder. Bu eşitlikte sistemin yörünge çözümünden bulunan  $K_c=89$  km/s ve  $a_c=3.6 \times 10^6$  km değerleri kullanılarak  $H\alpha$  salma çizgisini veren bölgenin CF Tuc'un ortak kütle merkezinden olan uzaklığı  $a_{er}=8.3 \times 10^6$  km olarak belirlenmiştir. Aslında,  $a_{er}$  uzaklığı, eşdönme varsayımı altında aşağıdaki denklem kullanılarak da hesaplanabilir:

$$v_{er,orb} \sin i = \frac{2\pi a_{er} \sin i}{P_{orb}} \quad (3.3)$$

Sonuçta, eğer soğuk bileşenin yarıçapı dikkate alınır (Çizelge 4.1'den  $R_c=3.6 R_\odot$ ),  $H\alpha$  salması veren bölgenin soğuk bileşenin yüzeyinden yaklaşık  $3R_c$  uzaklıkta olduğu söylenebilir (bkz. Şekil 3.8).

CF Tuc'un hemen hemen eşzamanlı yapılan fotometrik ve tayfsal gözlemleri, soğuk bileşen yıldızın atmosferindeki fotosferik ve kromosferik aktif bölgelerini (lekeler, plaj ve/veya fişkırtma) birlikte çalışma olanağını sunar. Bu amaçla gözlenen  $H\alpha$  ve CaII K tayfindaki salma yapılarının eşdeğer genişlikleri ( $EW_{göz}$ ) Gauss fit tekniği kullanılarak ölçüldü ve yörünge evresine göre Şekil 3.9'da çizildi. Bölüm 3.1.4'te ise CF Tuc'un  $BV$  ışık eğrilerinde gözlenen asimetrisini açıklamak için soğuk bileşen üzerinde büyük soğuk leke modeli kullanıldı. Yalnızca leke etkisini gözönüne almak ve bu ışık eğrisi asimetrisini gözlemsel  $EW_{H\alpha}$  ve  $EW_{CaII,K}$ 'nin değişimleriyle karşılaştırmak için,  $BV$  gözlemsel ışık eğrisi, ışık ve dikine hız eğrilerinin eşzamanlı çözümünden elde edilen parametreler kullanarak oluşturulan teorik eğriden çıkarıldı; böylece, tutulma ve yakınlık etkileri gözlemlerden ayıklanarak yalnızca ışık eğrisi asimetrisini gösteren ışık değişimi elde edildi (bkz. Şekil 3.9). Böylece, fotosferden gelen fotometrik veri ile kromosferden gelen salma verisi Şekil 3.9'da yörünge evresine göre karşılaştırılmaktadır.

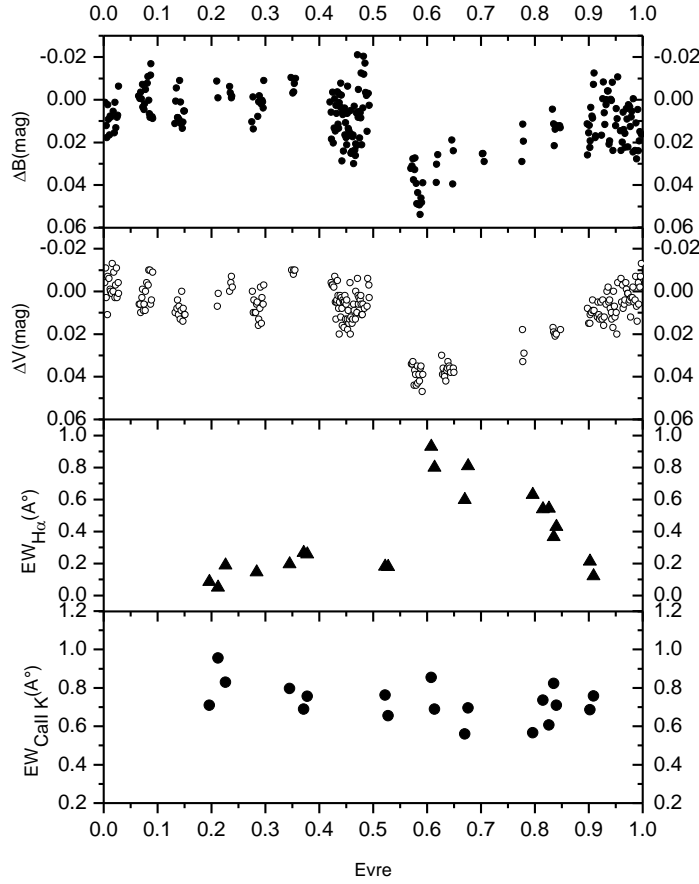


**Şekil 3.8.** CF Tuc'un bileşenlerinin 3 boyutlu konfigürasyonu. Aktif, büyük yarıçaplı bileşende leke bölgesi ile H $\alpha$  salması veren bölgenin konum bazındaki ilişkisi gösterilmeye çalışılmıştır. Üst panelde leke bölgesi koyu renkle belirtilirken alt panelde sistemin Roche geometrisi kullanılmıştır.

Şekil 3.9'da,  $\Delta B$  ve  $\Delta V$  ışık eğrilerinin minimum olduğu (fiziksel anlamda soğuk lekenin baskın olduğu) 0.65 evresinde  $EW_{H\alpha}$  eşdeğer genişliği maksimum değere (yaklaşık 1 Å) ulaşmaktadır. Işık eğrilerinde değişimin olmadığı (yani lekenin görülmediği) 0.0 - 0.5 evre aralığında gözlemsel  $EW_{H\alpha}$  değerleri minimum olmakta ( $\sim 0.2\text{Å}$ ) ve hemen hemen değişim göstermemektedir. CaII K salma çizgisinden ölçülen eşdeğer genişlik ( $EW_{CaII,K}$ ) değerleri ise



yörünge evresine göre belirgin bir değişim göstermemektedir. Sonuçta, sistemin  $BV$  ışık eğri asimetrisi ile  $H\alpha$  salması arasındaki zıt evre ilişkisi, soğuk aktif bileşende fotosferik ve kromosferik aktif bölgelerin konum bazında birbirlerine yakın olduklarını (ya da bağlantılı olduklarını) gösterir. Birçok aktif yıldızda gözlemsel fotosferik ve kromosferik belirtiler arasında bu zıt evre ilişkisi görülmüştür (örneğin Frasca ve ark. 2000, 2005; Biazzo ve ark. 2006).



**Şekil 3.9.** CF Tuc'un, tutulma ve yakınlık etkileri çıkarıldıktan sonra, gözlemsel  $B$  ve  $V$  parlaklık değerlerinin (üstteki iki panelde) ve  $H\alpha$  ve CaII K salma çizgilerinin gözlemsel eşdeğer genişlik değerlerinin (alttaki iki panelde) yörünge evresine göre değişimleri.

#### 3.1.4. Işık ve dikine hız eğrilerinin eşzamanlı çözümü

CF Tuc'un Innis (2008, özel haberleşme)'den alınan  $BV$  ışık eğrileriyle birlikte Hipparcos ışık eğrisi (ESA, 1997) ve bu çalışmadan elde edilen dikine hız eğrileri, Wilson-Devinney (WD) yöntemini (Wilson ve Devinney 1971) baz alan programın 1996 versiyonu kullanılarak analiz edildi. İlk olarak, Innis'ten alınan  $BV$  ışık eğrileri ile yeni dikine hız eğrileri eşzamanlı çözüldü.

WD yönteminde, çoğu fit programında olduğu gibi, bazı parametreler kuramsal model ve çalışmalardan tahmin edilerek sabit tutulur. Çözümlerde sabit alınan parametreler; baş bileşenin etkin sıcaklığı, Anders ve ark. (1999)'nın ve Budding ve McLaughlin (1987)'nin fotometrik çözümlerinden 6100 K olarak seçilmiştir ki bu değer, aynı zamanda Collier (1982) ve Cutispoto ve Leto (1997) tarafından sistem için belirlenen renk ölçeklerine uygun düşmektedir. Kenar kararına için lineer olmayan kenar kararına katsayıları, dalgaboyu ve sıcaklığa göre, Diaz-Cordoves ve ark. (1995)'nin ve Claret ve ark. (1995)'nin verdiği çizelgelerden alınmıştır. Bileşenlerin bolometrik yansıma (albedo) katsayıları, Rucinski (1969)'nin konvektif atmosferler için verdiği 0.5 değerinde; bolometrik çekim kararına katsayıları ise Lucy (1967)'nin konvektif atmosferler için verdiği 0.32 değerinde sabit tutulmuştur. Bu çalışmada yapılan bileşenlerin dönme hızları modeline göre (bkz. Bölüm 3.1.2) bileşenler eş dönme göstermektedir. Bu nedenle dönme parametreleri  $F_h=F_c=1$  olarak alınmıştır. Ayrıca, Bölüm 3.1.1'deki tayfsal gözlem sonuçlarından sistemin bileşenlerinin eş dönme yaptıkları ve yörüngenin çembersel ( $e=0$ ) yörünge olduğu bulunmuştur.

Çözümlerde serbest bırakılan parametreler ise; görelî yörüngenin yarı-büyük eksen uzunluğu  $a$ , bileşenlerin kütle oranı  $q=m_2/m_1$ , evre kayması *Phase shift*, sistemin kütle merkezine dikine hızı  $V_\gamma$ , sistemin yörüngesinin gökyüzü düzlemine olan eğikliği  $i$ , ikinci bileşenin akı ağırlıklı ortalama yüzey sıcaklığı  $T_2$ , bileşenlerin boyutsuz normalize yüzey potansiyelleri  $\Omega_1$  ve  $\Omega_2$ , birinci bileşenin kesirsel tek renk ısıtması  $L_{1B}$  ve  $L_{1V}$ 'dir.  $q$ ,  $a$  ve  $V_\gamma$  için giriş değerleri dikine hız çözümlerinden alınmıştır (bkz. Bölüm 3.1.1). Sistemin yörünge dönemi analizinde tartışılan üçüncü cisim olasılığı nedeniyle, üçüncü ışık katkısı ( $I_3$ ), WD programı çalıştırılırken, serbest bırakılmış, ancak iterasyonlarda fiziksel olarak anlamsız biçimde negatif değerlere gitmesinden dolayı, çözümün sonraki aşamalarında dikkate alınmamıştır. Öte yandan, RS CV türü örten çift yıldız olan CF Tuc, tıpkı diğer RS CVn türü çift yıldızlarda gözleendiği biçimde, ışık eğrilerinde asimetri gösterir (bkz. Şekil 3.10a). RS CVnlerde genel olarak ikinci bileşen daha büyük kütleli, evrimce daha ileri aşamada ve daha soğuk/daha geri tayf türündendir ve soğuk leke genelde bu bileşen üzerine modellenir. Dolayısıyla bu çalışmada (ve literatürdeki CF Tuc'la ilgili diğer çalışmalarda), gözlenen ışık eğrisi asimetriğini açıklamak için, soğuk lekenin ikinci bileşenin yüzeyinde olduğu varsayılmış ve leke modeliyle ilgili dört parametre (lekenin enlemi, boylamı, açısal boyutu ve sıcaklık faktörü) serbest bırakılmıştır.

WD programında DC (diferansiyel düzeltme) yöntemi kullanılarak serbest bırakılan parametreler için düzeltme miktarları ve hataları hesaplanır. Düzeltmeler girilir ve çözüme iterasyonlar şeklinde devam edilir. İterasyonlarda, serbest bırakılan parametrelerin düzeltme

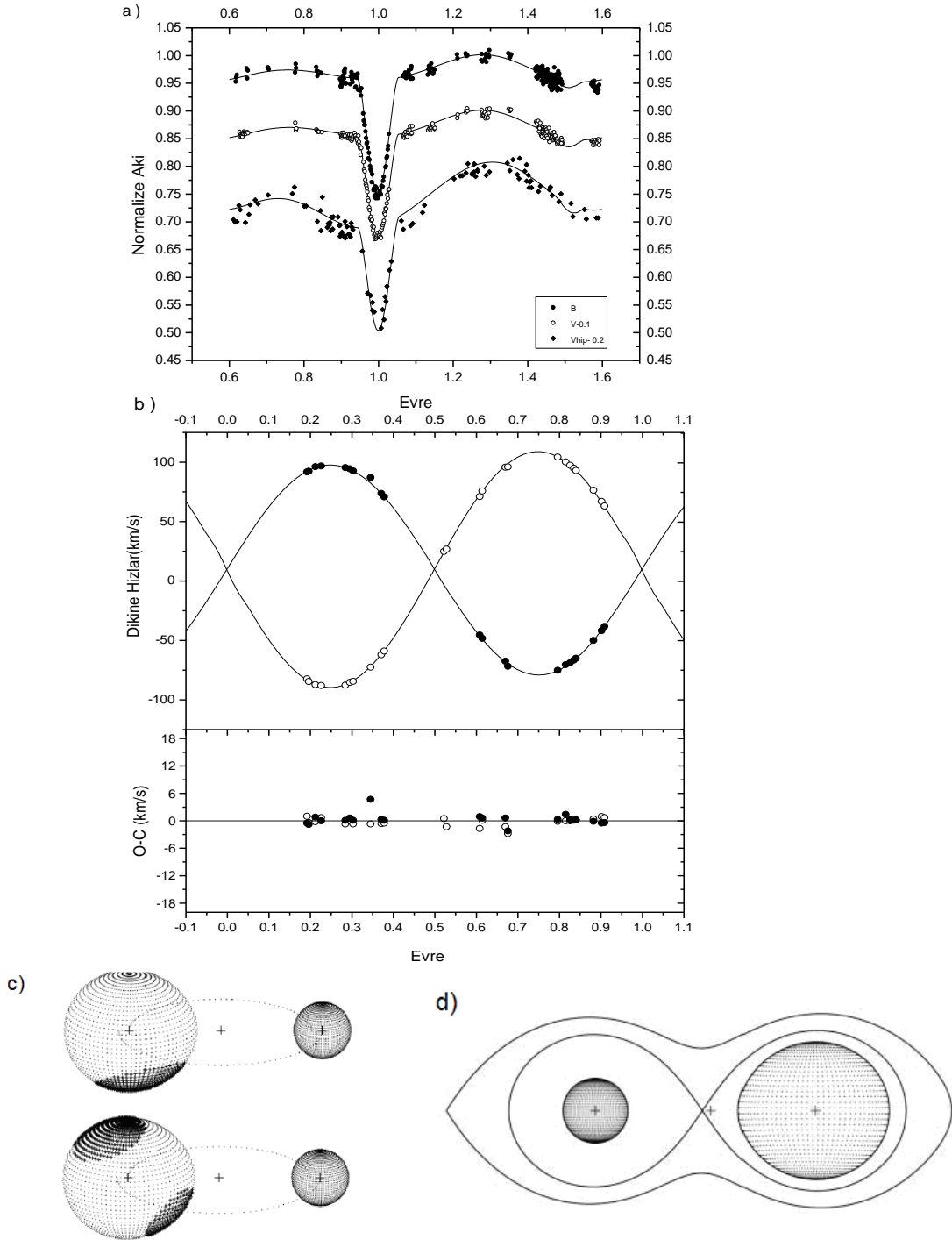
miktarları hatalarından daha küçük çıkarsa, çözüm anlam kazanır ve programa son verilir. Bu şekilde CF Tuc için çalıştırılan WD programından elde edilen nihai sonuçlar ve hataları, Çizelge 3.6'da verilmekte, gözlem noktaları ile gözlemlere fit edilen kuramsal eğrilerin karşılaştırılması Şekil 3.10'da gösterilmektedir. Ayrıca, soğuk bileşenin üzerindeki lekeleri gösteren üç boyutlu modeli ve sistemin Roche geometrisi, Binary Maker Program'ı (ver.3.0, Bradstreet ve Steelman, 2002) kullanılarak çizilmiş ve Şekil 3.10'un alt panellerinde gösterilmiştir.

**Çizelge 3.6.** CAB yıldızı CF Tuc'un ışık ve dikine hız eğrilerinin eşzamanlı çözümünden elde edilen parametreler ve hataları

Parametre	BV+2RV	Hp
$a(R_{\odot})$	11.08±0.02	-
Phase shift	-0.0017±0.0002	-0.0003±0.0006
$V_{\gamma}$ (km/s)	9.6±0.4	-
$i$ (deg)	69.91±0.09	69.91
$T_1$ (K)	6100	6100
$T_2$ (K)	4286±19	4286
$\Omega_1$	7.907±0.086	7.907
$\Omega_2$	4.452±0.011	4.452
$q_{\text{corr}}=m_2/m_1$	1.115±0.003	1.115
$l_1/l_{12}(B)$	0.616±0.008	-
$l_1/l_{12}(V)$	0.557±0.008	0.567±0.001
$r_1$ (ortalama)	0.148±0.001	0.148
$r_2$ (ortalama)	0.325±0.001	0.325
<b>Leke Parametreleri</b>		
Birinci lekenin enlemi (deg)	155±5	121±5
Birinci lekenin boylamı (deg)	303±4	329±3
Birinci lekenin yarıçapı (deg)	47±2	31±4
Birinci lekenin $T_{\text{leke}}/T_{\text{yıldız}}$	0.746±0.038	0.731±0.026
İkinci lekenin enlemi (deg)	-	24±3
İkinci lekenin boylamı (deg)	-	206±3
İkinci lekenin yarıçapı (deg)	-	38±2
İkinci lekenin $T_{\text{leke}}/T_{\text{yıldız}}$	-	0.785±0.028
$\Sigma W(O-C)^2$	0.03177	0.01192

Hipparcos ışık eğrisi, yukarıda belirtildiği üzere, WD programı kullanılarak çözüldü. İterasyonlar sırasında, yalnızca leke parametreleri, evre kayması ve birinci bileşenin kesirsel ışıması serbest bırakıldı. Diğer parametreler ise BV ışık ve RV eğrilerinin eşzamanlı çözümünden bulunan sonuçlar kabul edilerek sabit alındı. Hipparcos ışık eğrisi, 0.70 evre civarında ve baş minimumun iniş ve çıkış kollarında olmak üzere iki farklı evrede iki büyük asimetri göstermektedir. Bu asimetriyi açıklamak için ikinci bileşen üzerinde iki soğuk leke

kullanıldı. İterasyonlar sonucu elde edilen nihai sonuçlar ve hataları, Çizelge 3.6'da verilmekte ve Şekil 3.10.(a) ve (c)'de gösterilmektedir.



**Şekil 3.10.** (a) CF Tuc'un BV ve Hipparcos gözlemsel ışık eğrileri ve bunları en iyi temsil eden teorik ışık eğrileri, (b) Bileşenlerin gözlenen dikine hızları ve bunları en iyi temsil eden teorik eğriler, (c) BV ve Hipparcos gözlemsel ışık eğrileri asimetrijlerinden çıkarılan, sırasıyla, tek leke ve çift lekeyi gösteren bileşenlerin 3 boyutlu konfigürasyonları, (d) sistemin Roche geometrisi.

### 3.1.5. Yörünge Dönem Analizi

CF Tuc'un yörünge dönemi değişimini incelemek amacıyla sistemin gözlemsel minimum zamanları kullanılarak oluşturulan *O-C* diyagramına bakıldı. Sistemin minimum zamanlarının çoğu Kreiner (2008)'den özel haberleşme ile alınmıştır. Diğer minimum zamanları, Anders ve ark. (1999)'ndan ve Innis ve ark. (2008, özel haberleşme)'nin gözlemiş olduğu 2007 *BV* ışık eğrilerinden hesaplanmış olduğumuz bir minimum zamanından oluşmaktadır. İlk olarak, Anders ve ark. (1999) tarafından aşağıda verilen ışık elemanları kullanarak *O-C* değerleri hesaplanmıştır.

$$\text{HJD (MinI)} = 2444219.270 + 2^d.797715xE \quad (3.6)$$

Hesaplanan *O-C* artıklarının çevrim sayısı *E*'ye ve gözlem yılına göre değişimi Şekil 3.11 ve Şekil 3.12'nin üst panelinde gösterilmiştir. Thompson ve ark. (1991), *O-C* değişiminin yukarı doğru parabol biçiminde olduğunu ve buradan CF Tuc'un yörünge döneminin düzenli bir şekilde arttığını ve bu değişimden sistemden kütle kaybı yada kütle aktarımının sorumlu olabileceğini önermişlerdir. Anders ve ark. (1999), sistemin yörünge dönemi değişiminin çevrimsel bir yapıda olduğunu ileri sürmüşler ve bu değişimden Applegate mekanizmasının sorumlu olabileceğini tartışmışlardır. Innis ve ark. (2003, 2007a) ise sistemin yörünge döneminin 1995 ile 2006 yılları arasında herhangi bir değişim göstermediğini kaydetmişlerdir.

Bu çalışmada güncellenen minimum zamanı verisiyle çizdirilen *O-C* diyagramında CF Tuc'un yörünge dönemi değişimi literatürde önerilen değişimlerden oldukça farklı çıkmıştır. Bu değişim aşağıda üç farklı biçimde tartışılmaktadır:

#### 3.1.5.1. Ani dönem değişimi

Bu yaklaşımda, CF Tuc'un Şekil 3.11'deki *O-C* artıklarının sistemin yörünge dönemindeki ani değişimlerden kaynaklandığı düşünüldü. Buna göre *O-C* gözlem verisinin kapsadığı yaklaşık 30 yıl içerisinde CF Tuc'un yörünge dönemi üç ani değişim göstermiştir. Bu değişimleri hesaplamak amacıyla gözlem verisinin dağılımını gözönüne alarak üç doğru fiti en küçük kareler yöntemiyle uygulandı ve çevrim sayısı değer aralığına göre aşağıdaki denklemler elde edildi:

$$\text{HJD (MinI)} = 2444219.2615(52) + 2^d.797692(12)xE \quad (E \leq 776 \text{ için}), \quad (3.7)$$

$$\text{HJD (MinI)} = 2444219.2126(51) + 2^{\text{d}}.797749(4) \times E \quad (885 \leq E \leq 1835 \text{ için}) \text{ ve} \quad (3.8)$$

$$\text{HJD (MinI)} = 2444219.7446(153) + 2^{\text{d}}.797482(5) \times E \quad (E \geq 2192 \text{ için}). \quad (3.9)$$

İlk ani dönem değişimi, HJD  $2446527 \pm 70$ 'de (yaklaşık 1986'da)  $\Delta P/P = (-2.04 \pm 0.31) \times 10^{-5}$ ; ikinci ani dönem değişimi, HJD  $2449745 \pm 100$ 'de (yaklaşık 1995'te)  $\Delta P/P = (+9.51 \pm 0.06) \times 10^{-5}$ 'dir. İki ani dönem değişimi arasındaki zaman aralığı  $3218 \pm 100$  gün ya da yaklaşık 9 yıldır. Huang (1963)'a göre bir çift yıldız sisteminde ani dönem değişimlerine yıldızların fiziksel özelliklerine bağlı olarak tek bir bileşenden ya da bileşenlerin ikisinden kaynaklanan anisotropik kütle fişkirmaları sebep olabilir. Tıpkı güneş atmosferindeki fişkirmalar gibi, CF Tuc'un tayfında gözlenen H $\alpha$  salmasından ölçülen dikine hız değerleri aktif bileşenden yüksek hızlarda fişkiran gazı destekler (bkz. Bölüm 3.1.3). Ancak, CF Tuc'un 30 yıllık O-C diyagramında görülen önce dönem azalması, 9 yıl sonra dönem artışı ve günümüze kadar tekrar dönem azalması, ani dönem değişimleri yerine çevrimsel yapıdaki uzun terimli bir değişimin belirtileri olabilir.

### 3.1.5.2. Çevrimsel yapılı dönem değişimi ve ışık-zaman etkisi

Bu yaklaşımda, O-C artıklarının aşağıya doğru parabol üstüne binmiş sinüslü bir değişim gösterdiği düşünüldü ve aşağıdaki denklem en küçük kareler yöntemiyle fit edildi:

$$C = T_o + PE + QE^2 + A_s \sin \left[ \frac{2\pi}{P_s} (E - T_s) \right]. \quad (3.10)$$

Burada  $Q$  karesel (parabolik) terimin katsayısı,  $A_s$ ,  $P_s$  ve  $T_s$  sinüslü değişimin sırasıyla yarı-genliği, dönemi ve minimum zamanıdır.

O-C değişimindeki parabol yapısını açıkça gösterebilmek, yani; parabolün merkezini  $E=0$ 'a kaydırarak oluşan simetride parabolün iki kolunda hemen hemen eşit sayıda gözlem verisi oluşturarak, O-C gözlemlerinin ağırlıklı bir şekilde parabolik değişimi gösterdiğini sağlamak amacıyla aşağıdaki ışık elemanları kullanılarak O-C değerleri yeniden hesaplandı:

$$\text{HJD (MinI)} = 2448922.2310 + 2^{\text{d}}.797630 \times E. \quad (3.11)$$

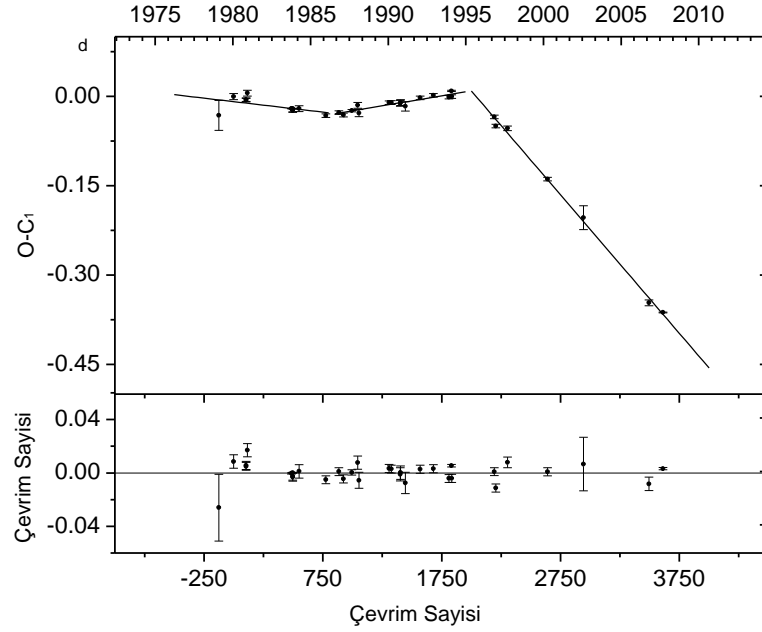
Yeni  $O-C_2$  değerleri Şekil 3.12'nin ikinci panelinde çevrim sayısına göre çizilmiştir. Yukarıda değinildiği gibi, Denklem (3.10), gözlemsel  $O-C_1$  ve  $O-C_2$  verisine ayrı ayrı fit edilmiş ve elde edilen sonuçların hata sınırları içerisinde hemen hemen aynı olduğu görülmüştür. Çizelge 3.7'de verilen sonuçlar,  $O-C_2$  verisine fit yapılan teorik eğriye ilişkindir.

Çizelgedeki parabolik terim  $Q$ , CF Tuc'un yörünge döneminin yılda  $1.11 \pm 0.05$  s azaldığını göstermektedir. Bu değer, CF Tuc'un RS CVn sistemleri arasında en yüksek dönem azalma oranına sahip olduğunu belirtir. Bu dönem değişiminin fiziksel nedenini tartışmak için sistemin bileşenlerinin fiziksel durumu gözönüne alınmalıdır. Bölüm 3.1.4'de yapılan, ışık ve dikine hız eğrilerinin eşzamanlı çözümüne göre; CF Tuc, ayrık bir sistem olup birinci ve ikinci bileşeni kendi Roche lobunun sırasıyla %52'sini ve %89'nu doldurmuştur. Dolayısıyla sistemde iki bileşen arasında doğrudan kütle transferi beklenemez. Bununla birlikte, CF Tuc'un tayfsal ve fotometrik gözlemlerinin boyutça büyük olan ikinci bileşenin kromosferik ve koronal aktiviteye sahip olduğunu gösterdiği hatırlanırsa; aktif bileşenin güçlü yıldız rüzgarlarıyla hem sistemden kütle kaybı hem de  $L_1$  iç Lagrangian noktasından aktif olmayan diğer bileşene doğru zayıf bir koronal akış biçiminde kütle aktarımı yapabileceği beklenir.

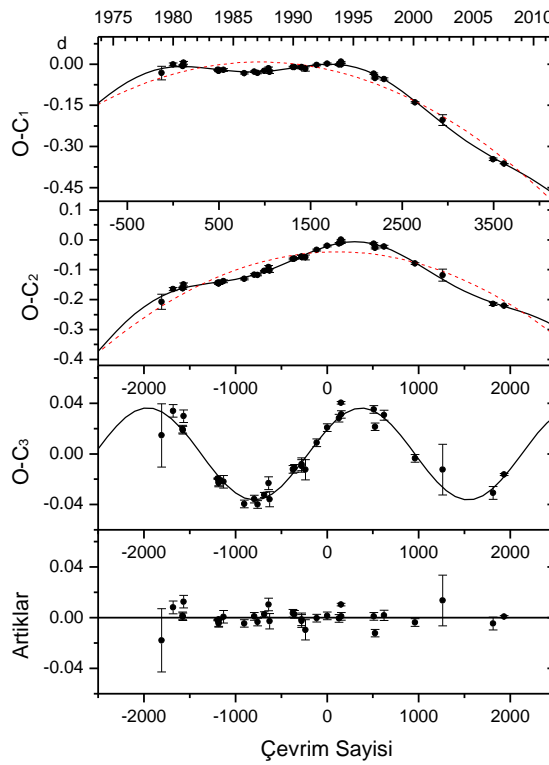
Kütle kaybı ve kütle aktarımı yoluyla oluşan dönem değişimini açıklayabilmek için Erdem ve ark. (2007a, 2007b) tarafından verilen aşağıdaki denklem kullanıldı:

$$\frac{\Delta P}{P} = 3 \left( \frac{r_a}{a} \right)^2 \frac{\delta M}{M} + 3 \frac{(M_l - M_g)}{M_l M_g} \Delta M . \quad (3.12)$$

Burada,  $\Delta M$  kütle kaybeden (looser) bileşenden kazanan (gainer) bileşene aktarılan kütle,  $\delta M$ , Alfven yarıçapı  $r_a$  uzaklığı kadar sistemle birlikte eş zamanlı döndükten sonra sistemden kaybolan kütle miktarı,  $\Delta P/P$  ise gözlenen dönem değişimi oranıdır.

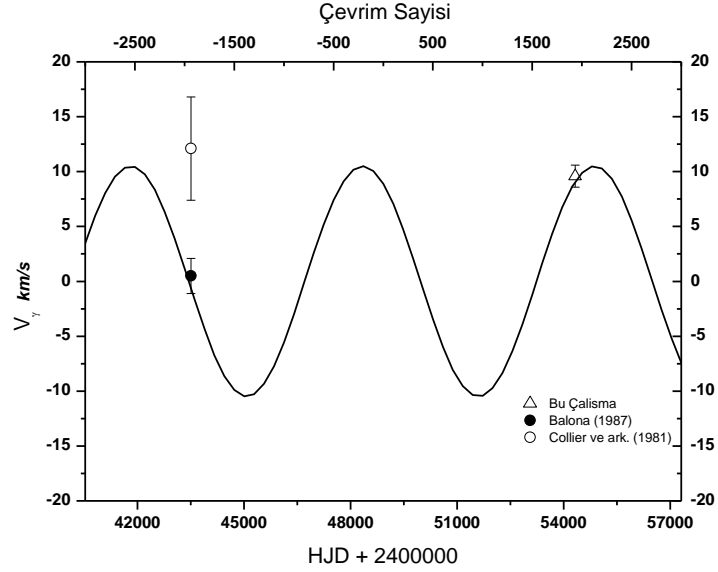


Şekil 3.11. CF Tuc'un Denklem (3.6)'da verilen ışık öğeleri kullanılarak oluşturulan  $O-C$  artıklarının doğrusal değişimleri.

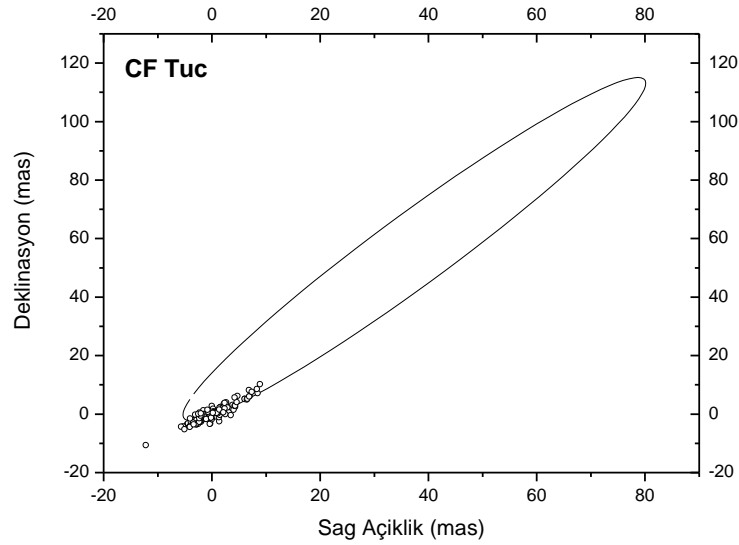


Şekil 3.12. CF Tuc'un  $O-C$  değişiminin aşağı parabol (kesikli çizgi) üzerine binmiş sinüslü (sürekli çizgi) temsili. Üstten birinci panelde, Anders ve ark. (1999)'nın ışık elemanları kullanılarak hesaplanan  $O-C_1$  (üst panel) değerleri; ikinci panelde Denklem (3.11)'e göre hesaplanan  $O-C_2$  değerleri gösterilmektedir.





**Şekil 3.13.** CF Tuc'un, üçlü sistemin ortak kütle merkezi etrafında çizdiği yörüngesinde dikine hız değişiminin kuramsal temsili, sürekli eğri ile gösterilirken; üç gözlem noktası da hata çubuklarıyla birlikte işaretlenmiştir.



**Şekil 3.14.** Hipparcos astrometrik verisi ile Çizelge 2.8'de sunulan astrometrik çözümü temsil eden yörünge.

Denklemden iki bilinmeyen var olduğundan dolayı, ikinci bileşenden birinci bileşene yıldız rüzgarıyla aktarılan kütle miktarı  $10^{-11} M_{\odot}/\text{yıl}$  ve Alfvén yarıçapı  $10R_2$  olarak varsayılırsa  $\Delta P/P = -4.57 \times 10^{-6} \text{ yıl}^{-1}$  gözlenen dönem değişimi için kaybolan kütle miktarı  $\delta M = 3.38 \times 10^{-7} M_{\odot}/\text{yıl}$  olarak bulunur. Bu kütle kaybı ile Hilditch (2001)'in kırmızı dev yıldızlardan yıldız rüzgarı yoluyla kaybolan kütle için verdiği  $10^{-11}$  ve  $10^{-8} M_{\odot}/\text{yıl}$  değer aralığı

karşılaştırıldı. CF Tuc için hesaplanan değer, Hilditch'in verdiği değer aralığının maksimumundan 10 kat daha büyük çıkmıştır.

Sinüslü  $O-C$  değişiminin genelde iki nedeni vardır: (i) üçüncü bir cisim nedeniyle ışık-zaman etkisi ve (ii) bileşenlerden birinin ve her ikisinde var olan manyetik aktivite nedeniyle dönem değişimi. Aşağıda ışık-zaman etkisi, CF Tuc için tartışılmakta; manyetik aktivite mekanizması ise Bölüm 3.1.5.3'te gözönüne alınacaktır.

Çizelge 3.7'e göre, CF Tuc örten çifti, üçüncü cisimle oluşturduğu sistemin kütle merkezi etrafında çembersel bir yörüngede  $17.87 \pm 0.57$  yılda dolanmaktadır. Bu yörüngede CF Tuc'un üçlü sistemin (CF Tuc örten çifti + üçüncü cisim) kütle merkezine izdüşüm uzaklığı  $6.29 \pm 0.31$  AU'dur. Bu iki değerden üçüncü cismin kütle fonksiyonu  $f(M_3) = 0.78 \pm 0.07 M_{\odot}$  olarak hesaplanır. Böylece üçüncü cismin kütlesi, üçlü sistemin yörünge eğikliğine bağlı olarak,  $i_{12} = 30^{\circ}$  için  $9.63 \pm 0.29 M_{\odot}$ ,  $i_{12} = 90^{\circ}$  için  $2.71 \pm 0.13 M_{\odot}$  bulunur. Burada CF Tuc örten çiftinin toplam kütlesi  $M_1 + M_2 = 2.34 M_{\odot}$  olarak alınmıştır (bkz. Bölüm 4.1). Eğer üçüncü cismin yörüngesi ile örten çiftin yörüngesi ortak düzlemde ise, üçüncü cismin üçlü sistemin ortak kütle merkezine olan uzaklığı  $r_3$  ve kütlesi sırasıyla  $4.93$  AU ve  $2.99 \pm 0.13 M_{\odot}$  olarak bulunur.  $r_3$ 'ün bu değeri Jüpiter'in yörünge yarıçapından daha küçüktür. Dolayısıyla üçüncü cisim, CF Tuc örten çiftinin dış Lagranian noktasının çok dışında olup yörüngesi CF Tuc tarafından tedirgin edilmemektedir. CF Tuc'un uzaklığı için bu çalışmada bulunan  $89$  pc değerini (bkz. Bölüm 4.1) alırsak, örten çift ile üçüncü cisim arasındaki minimum açısal ayrıklık  $71$  mas olarak tahmin edilir. CF Tuc'un üçlü sistemin ortak kütle merkezi etrafında çizdiği yörüngede dikine hız değişimi teorik olarak hesaplanmış ve çevrim sayısı/gözlem yılına göre Şekil 3.13'te çizilmiştir. Bu hız değişiminin yarı-genliği  $10.5$  km/s'dir ki bu değer modern tayfsal gözlemler için gözlenebilir değerdir. CF Tuc'un kütle merkezinin farklı zamanlarda gözlenen/ölçülen hız değerleri de Şekil 3.13'te işaretlenmiştir. Bunlar:  $12.1 \pm 4.7$  km/s (Collier ve ark., 1981),  $0.5 \pm 1.6$  km/s (Balona, 1987) ve  $9.6 \pm 1$  km/s (bu çalışma). Hatası çok büyük olan ilk veri dışında, gözlenen  $V_{\gamma}$  hızları, teorik eğriyle uyuşum göstermektedir.

Çizelge 3.7. CF Tuc'un O-C değişiminin ve astrometrik verinin çözüm parametreleri

Parametre	Değer
<b>Sinusoidal O-C çözümü</b>	
$T_0$ (HJD)	2448922.2102±0.0021
$P$ (gün)	2.797641±0.0000015
$Q$ (gün)	$-4.9 \times 10^{-8} \pm 2.1 \times 10^{-9}$
$A_s$ (gün)	0.0363±0.0018
$P_s$ (yıl)	17.87±0.57
$T_s$ (HJD)	2430387±599
$\Sigma W(O-C)^2$	0.00848
<b>Astrometrik çözüm</b>	
$P_{12}$ (yıl)	17.87
$T_{12}$ (HJD)	2443441
$a_{12}$ (mas)	72.04
$e_{12}$	0
$w_{12}$ (deg)	90
$i_{12}$ (deg)	83±7
$\Omega_{12}$ (deg)	144±19
$\Delta \alpha \cos \delta$ (mas)	37.4±0.2
$\Delta \delta$ (mas)	56.4±0.2
$\Delta \mu_\alpha \cos \delta$ (mas/yıl)	-2.9±0.3
$\Delta \mu_\delta$ (mas/yıl)	0.7±0.3
$\Delta \pi$ (mas)	-0.7±0.3
$\chi^2/\nu$	1.01

Üçüncü cisim hipotezini denetlemek için astrometrik çözüme başvuruldu. Benzer yöntem, R Cma için Ribas ve ark. (2002), XY Leo ve  $\delta$  Lib için Bakış ve ark. (2005, 2006), U Oph için Budding ve ark. (2009) ve ayrıca VW Cep,  $\zeta$  Phe ve HT Vir için Zasche ve Wolf (2007) tarafından kullanılmıştır. CF Tuc'un astrometrik verisi, Hipparcos Intermediate Astrometric Data (ESA (1997))'dan alındı. Hipparcos uydusu, Ocak 1990 ile Ocak 1993 tarihleri arasında yaklaşık üç yıl boyunca CF Tuc'u gözlemiştir. Bu gözlemlerden elde edilen 76 astrometrik ölçüm, Hipparcos Kataloğu'nun web sayfasında verilmektedir. Astrometrik çözüm, bir örten çift sisteminin yörünge dönemi analizinde varılan bir üçüncü cisim hipotezi için iki farklı yolla destek verir: birincisi, örten çiftin üçlü sistemin ortak kütle merkezi etrafındaki yörüngesini çizmek; diğeri ise bu üçlü sistemin yörünge eğimini ( $i_{12}$ ) belirlemektir. Bu çalışmada astrometrik yörünge çözümü için Budding ve ark. (2009) tarafından uygulanan yöntem izlendi. Bu yöntemde aşağıdaki denklemler kullanılmıştır:

$$\Delta x = \frac{-a(1-e^2)}{1+e \cos v} [\cos(v+\omega) \sin \Omega - \sin(v+\omega) \cos \Omega \cos i], \quad (3.13)$$

$$\Delta y = \frac{a(1-e^2)}{1+e \cos v} [\cos(v+\omega) \cos \Omega + \sin(v+\omega) \sin \Omega \cos i], \quad (3.14)$$

$$\Delta v = \frac{\partial v}{\partial \alpha \cos \delta} (\Delta \alpha \cos \delta + \Delta x) + \frac{\partial v}{\partial \delta} (\Delta \delta + \Delta y) + \frac{\partial v}{\partial \pi} (\Delta \pi + \Delta z) + \frac{\partial v}{\partial \mu_\alpha \cos \delta} \Delta \mu_\alpha \cos \delta + \frac{\partial v}{\partial \mu_\delta} \Delta \mu_\delta, \quad (3.15)$$

Hipparcos ölçümleri tek boyutlu olduğu için  $\Delta x$  ve  $\Delta y$ 'ye bağlı olarak ölçülmüş  $\Delta v$  gerçek ayrıklık açısı değişimine ihtiyaç duyulmaktadır. Yöntemde 12 bağımsız değişken kullanılır:  $a_{12}$ ,  $e_{12}$ ,  $\omega_{12}$ ,  $i_{12}$ ,  $P_{12}$ ,  $T_{12}$ ,  $\Omega_{12}$  (7 yörünge parametresi) ve  $\alpha$ ,  $\delta$ ,  $\mu_\alpha$ ,  $\mu_\delta$ ,  $\pi$  (5 astrometrik parametre; ekvotaryal koordinatlar + öz hareket + ıraksınım/paralaks) ve her bir gözlem zamanına göre değiştiğinden dolayı hesaplanması için Kepler denklemi ile yörünge dönemi ( $P$ ) ve enberiden geçiş zamanı ( $T_0$ ) kullanılır.

Hipparcos astrometrik verisinin CF Tuc'un  $O-C$  değişiminden çıkarılan, üçlü sistemin yörünge dönemi  $\sim 18$  yılın yalnızca  $1/6$ 'sını kapsaması yüzünden; iterasyonlarda, 5 astrometrik parametre ile yalnızca iki yörünge parametresi ( $i_{12}$  ve  $\Omega_{12}$ ) serbest bırakılırken diğer 5 parametre,  $O-C$  analizinden bulunan değerlerde sabit tutulmuştur. Elde edilen sonuçlar, Çizelge 3.7'de ve Şekil 3.14'te verilmiştir. Üçlü sistemin yörünge eğikliği  $i_{12} = 83^\circ$  ve üçüncü cismin kütlesi  $2.74 m_\odot$  olarak bulunmuştur. Şekil 3.14'te, ne yazık ki Hipparcos gözlemlerinin zaman sürecinin üçlü sistemin yörünge döneminden çok daha küçük olmasından ve literatürde CF Tuc'la ilgili başka gözlemsel astrometrik veri bulunmayışından dolayı; Hipparcos astrometrik verisi, çizilen yörünge küçük bir kısmını kapsamaktadır.

### 3.1.5.3. Çevrimsel yapıli dönem değişimi ve manyetik aktivite

Çevrimsel  $O-C$  değişimini açıklayabilmenin bir diğer yolu Applegate mekanizması (Applegate, 1992)'dir. Buna göre, manyetik aktivite çevrimi, manyetik aktif bileşenli örten çift yıldızlarda, özellikle RS CVn türü sistemlerde, yörünge dönemi modülasyonları oluşturabilir. Manyetik aktivite, yıldızın çekimsel çokuçlu (quadrupole) momentini değiştirebilir. Böylece yıldızın iç ve dış kısımları arasında meydana gelen açısız momentumun çevrimsel değişimi, yıldızın hem şeklini hem de radyal diferansiyel dönme hızını değiştirebilir. Açısız momentin değişimi için gerekli olan tork, birkaç kG'luk yüzeyaltı manyetik alan tarafından üretilebilir. Manyetik aktiviteden dolayı örten çiftin bileşenlerinin dönme rejiminde oluşabilen herhangi bir değişim, dönme-yörünge kitlenmesinin bir sonucu olarak yörünge dolanmasına yansır. Burada, CF Tuc'un yörünge dönemi değişiminin sinüslü

kısmını açıklamak için Applegate (1992)'nin formülleri kullanıldı ve manyetik aktivite mekanizmasından ikinci bileşen yıldız sorumlu tutuldu.

CF Tuc'un Şekil 3.12'de gösterilen sinüslü  $O-C$  değişiminin dönemi 17.87 yıl ve yarıgenliği 0.0363 gündür. Buradan  $\Delta P/P$  değişim oranı  $3.49 \times 10^{-5}$  olarak bulunur. Yörünge dönemindeki değişim  $\Delta P = 8.45$  s'dir. Açısal momentum transferi,  $\Delta J = 6.84 \times 10^{48}$   $\text{gcm}^2\text{s}^{-1}$  olarak hesaplanır. Eğer yıldız dış kabuğunun kütlesi  $M_s = 0.1 M$  alınırsa; kabuğun eylemsizlik momentumu  $I_s = 1.03 \times 10^{55}$   $\text{gcm}^2$  ve diferansiyel dönmenin değişim oranı  $\Delta \Omega / \Omega = 0.026$  olarak bulunur. Mekanizma için gerekli olan enerji değişimi ve ısıtması değişimi sırasıyla  $\Delta E = 9.08 \times 10^{42}$  ergs ve  $\Delta L_{\text{RMS}} = 13.23 L_{\odot}$ 'dir. Bu model ortalama yüzey alanını 12 kG olarak verir. Görüldüğü üzere, modelden tahmin edilen, aktif yıldızın ısıtmasındaki değişim, yıldızın toplam ısıtmasından çok daha büyük çıkmaktadır! Bu nedenle Applegate modeli ( $M_s = 0.1 M$  ve  $\Omega_{\text{dr}} = \Delta \Omega$  varsayımı altında) CF Tuc'un gözlenen yörünge dönemi değişimini açıklayamaz. Applegate (1992), RS CVn'in kendisi için de benzer sonuç hesaplamıştır. Ancak, iki varsayım ekleyerek, RS CVn için kabul edilebilir sonuç elde edebilmiştir. Bu iki varsayımdan birincisi, aktif bileşen yıldızın dış kabuğu, katı cisim gibi dönmektedir ( $\Omega_{\text{dr}} = 0$ ). İkincisi ise yıldızın içi ile dış kabuğu arasındaki diferansiyel dönmeden dolayı yıldızın iç kısmında enerji kaybının meydana gelmesi ve konvektif bölgede enerjinin bir kısmının depolanmasıdır. Bu iki ek varsayım altında yapılan hesaplar, CF Tuc'un ikinci bileşenin Applegate modeli manyetik aktivite göstermesindeki ısıtma değişimini  $\Delta L_{\text{rms}} = 3.31 L_{\odot} = 0.85 L_2$ 'ye azaltır ama yine de aktif yıldız ikinci bileşenin ısıtmasının 0.85'inin değişmesini öngörmektedir! Sonuç olarak Applegate mekanizması CF Tuc'un gözlenen yörünge dönemi modülasyonunu açıklamada yetersiz kalmaktadır.

### 3.2. KZ Pav

#### 3.2.1. Tayfsal veri analizi ve yörünge çözümü

KZ Pav'in dikine hız ölçümlerinin belirlenebilmesinde, Bölüm 3.1.1'de CF Tuc için yapılanlara benzer işlem basamakları kullanılarak, dalga kalibrasyonu ve normalizasyonu yapılan tayflara çapraz eşleme (cross-correlation) ve Fourier ayıklama (Fourier disentangling, KOREL, Hadrava, 2004) olmak üzere iki farklı yöntem kullanılmıştır.

Sistemin yörünge parametrelerinin belirlenmesi sırasında KOREL, bazı kompleks durumlarda tek bir çözüm üretmediğinden dolayı, birinci adım olarak CCF (Cross-Correlation Function) kullanıldı. Bu iki farklı yöntemin kullanılması, daha duyarlı yörünge

çözümlerinin elde edilmesine ve ölçümlerin denetlenmesine olanak tanır. Duyarlı bir şekilde yapılan ölçümler sayesinde gürültüden uzak, bileşenlerin daha net ayırt edilebildiği tayflar elde edilebilir.

### **3.2.1.1. Çapraz eşleme yöntemi (CCF) ile dikine hız değerlerinin okunması ve yörünge çözümü**

KZ Pav'ın dikine hız değerlerinin belirlenmesinde IRAF'ın paket programlarından biri olan FXCOR taskı kullanılarak çapraz eşleme yöntemi (bkz. Tonry ve Davis, 1979; Popper ve Jeong, 1994) kullanılmıştır. Bu yöntemde yıldızın tayf çizgilerine seçilen mukayese tayfinin eşleştirilmesi yapılır. Böylece en iyi uyumu veren eşleme fonksiyonuna (CCF) gauss fiti yapılarak dikine hızlar okunur. Bileşenlerin dikine hız ölçümleri için aynı gözlem sezonunda gözlenen parlak, aktif olmayan ve yavaş dönen standart yıldız HD 693 (F6V,  $V_r=14.4\text{km/s}$ )'ün tayfları kullanılmıştır. Dikine hızlarının okunması sırasında gürültünün en az olduğu ve çizgilerin net olarak seçildiği tayf dizileri tercih edilmiştir. Seçilen tayf dizileri 88, 93, 108, 110, 115 ve 127 nolu diziler olup bu tayf dizilerinde görülen en belirgin tayf çizgilerine ilişkin bilgiler Çizelge 3.8'de verilmiştir.

Sistemin yörünge çözümünde; sistemin yörünge dönemi sabit tutulmuştur ve yörüngenin çember olduğu kabul edilerek basıklık için  $e=0$  ve enberi boylamı için  $w=90^\circ$  sabit tutulmuştur. Bileşenlerin hızlarının yarı genliği  $K_1$  ve  $K_2$ , tutulma başlangıç zamanı  $T_0$  ve ortak kütle merkezinin hızı  $V_\gamma$  serbest bırakılmıştır. Yörünge parametrelerinin belirlenmesinde ELEMDR77 (Teodor Pribulla, 2008; özel haberleşme) yazılımı kullanılmıştır. Sonuçlar ve hataları, Çizelge 3.9'da verilmiştir.

### **3.2.1.2. KOREL yöntemi ile dikine hız değerlerinin okunması ve yörünge çözümü**

KZ Pav için KOREL koduna CCF yöntemi ile ölçülen dikine hızlardan belirlenen yörünge parametreleri (bkz. Çizelge 3.9) giriş parametreleri olarak alınmıştır. CCF yönteminde kullanılan 88, 93, 108, 110, 115 ve 127 nolu tayf dizileri KOREL'de eşzamanlı analiz edilmiştir. Analizler sırasında KOREL birkaç iterasyondan sonra hata sınırları içerisinde basıklığı ( $e$ ) sıfıra yakın vermiştir. Bu nedenle yörünge çember kabul edilerek iterasyonlara devam edilmiş ve yörünge dönemi  $P_{orb}=0.9498802$  gün olarak sabit alınmıştır (Bkz. Bölüm 3.2.3). Analiz sırasında Bölüm 3.1.1.2'de CF Tuc için yapılan işlem basamaklarına benzer yol izlenmiş ve bileşenlerin dikine hızlarının yarı genliği  $K_1$  ve  $K_2$  ve tutulma başlangıç zamanı  $T_0$  serbest bırakılmıştır. KOREL, tutulma evrelerinden (0.0 evre ya da 0.5 evre) birinde en iyi belirlenen hız değerlerini dikkate alarak bileşenlerin dikine hız değerlerini hesaplar. Bu nedenle sistemin ortak kütle merkezi hızını hesaplamaz. Bu nedenle sistemin ortak kütle

merkezinin hızı için CCF yöntemi ile bulunan  $V_\gamma = -1.85 \pm 0.42$  değeri KOREL'den elde edilen dikine hızların üzerine eklenmiştir.

KOREL iterasyonları sonucunda elde edilen yörünge elemanları, Çizelge 3.10'da verilmiş; tayflara uygulanan en iyi teorik fitler ve bileşenlerin ayıklanmış tayfları, Şekil 3.16(a), (b) ve (c)'de gösterilmiştir. Çizelge 3.11'de birinci sütunda gözlem zamanı (HJD biriminde), ikinci sütunda gözlem zamanlarına karşılık gelen yörünge evresi, üçüncü ve beşinci sütunlarda bileşenlerin en son bulunan dikine hız değerleri, dördüncü ve altıncı sütunlarda ise dikine hızlar ile WB (1988-9, *BV*), BMS (1998, *V*) ve 2006 *BVRI* ışık eğrilerinin eşzamanlı çözümünden elde edilen teorik hızlar ile gözlenen hızların farkından elde edilen *O-C* değerleri verilmektedir.

**Çizelge 3.8.** KZ Pav'ın dikine hız ölçümlerinde kullanılan tayf dizileri ve tayf çizgileri

Dizi No	Dalgaboyu Aralığı (Å)	Baskın Tayfsal Çizgiler
88	6435-6460	FeI (6430.844 Å), WI (6435.24 Å), CaI (6439.075 Å), VI (6452.34 Å), CaII (6456.87 Å)
93	6102-6142	CaI (6102.72 Å), CaI (6122.22 Å), FeI (6137.694 Å)
108	5265-5280	CaI (5265.56 Å), FeI (5266.555 Å), CaI (5270.27 Å), TiIII (5278.12 Å)
110	5151-5188	MgI (5167.3216 Å), MgI (5172.6843 Å), MgI (5183.6042 Å)
115	4918-4958	SiII (4932.80 Å), FeI (4957.597 Å)
127	4480-4490	MgI (4481.130 Å), FeI (4489.739 Å)

**Çizelge 3.9.** 88, 93, 108, 110, 115 ve 127 nolu tayf dizilerinin çapraz eşleme yönteminden hesaplanan hızlarının ortalamasından elde edilen yörünge parametreleri

Parametre	Değer
$P_{\text{orb}}$ (gün)	0.94988020
$e$	0
$w$ (°)	90
$T_0$ (HJD)	54361.8063 $\pm$ 0.0064
$V_\gamma$ (km/s)	-1.67 $\pm$ 1.58
$K_1$ (km/s)	124.7 $\pm$ 2.7
$K_2$ (km/s)	184.7 $\pm$ 2.7
$a_1 \sin i$ (AU)	0.0109 $\pm$ 0.0002
$a_2 \sin i$ (AU)	0.0161 $\pm$ 0.0002
$M_1 \sin^3 i$ ( $M_\odot$ )	1.7405 $\pm$ 0.0503
$M_2 \sin^3 i$ ( $M_\odot$ )	1.1746 $\pm$ 0.0503
$q$	0.67 $\pm$ 0.02

Çizelge 3.10. KZ Pav A'nın tayfsal yörünge elemanları

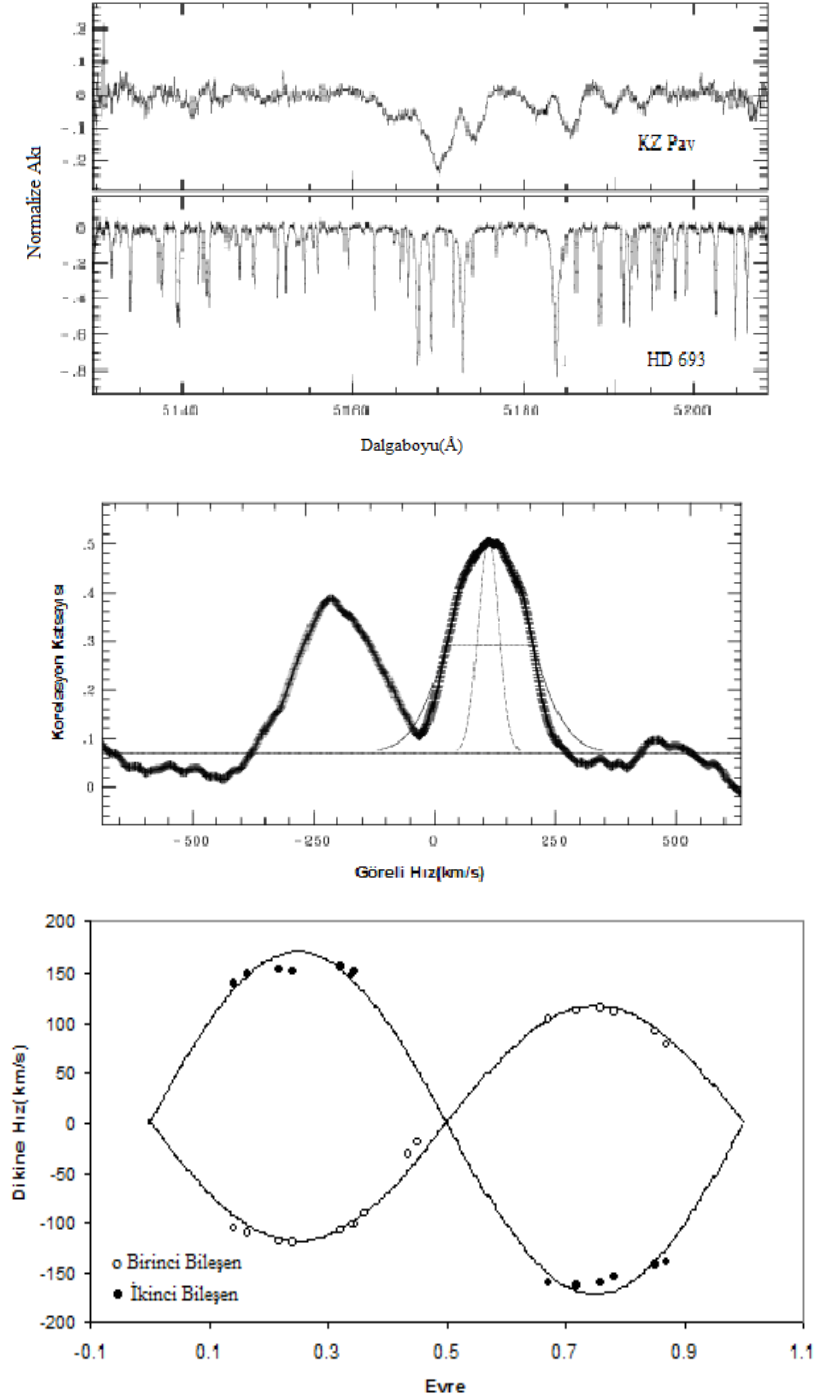
Parametre	Değer
$P_{\text{orb}}$ (gün)	0.9498802
$T_0$ (HJD)	54361.8036±0.0007
$V_\gamma$ (km/s)	-1.85±0.42
$q$	0.65±0.01
$K_1$ (km/s)	118.39±0.72
$K_2$ (km/s)	181.06±0.73
$a_1 \sin i$ (AU)	0.0103±0.0001
$a_2 \sin i$ (AU)	0.0158±0.0001
$M_1 \sin^3 i$ ( $M_\odot$ )	1.598±0.006
$M_2 \sin^3 i$ ( $M_\odot$ )	1.045±0.0006

Çizelge 3.11. KZ Pav'ın bileşenlerine ait dikine hız değerleri ve üzerine yapılan en iyi teorik fitin  $O-C$  değerleri

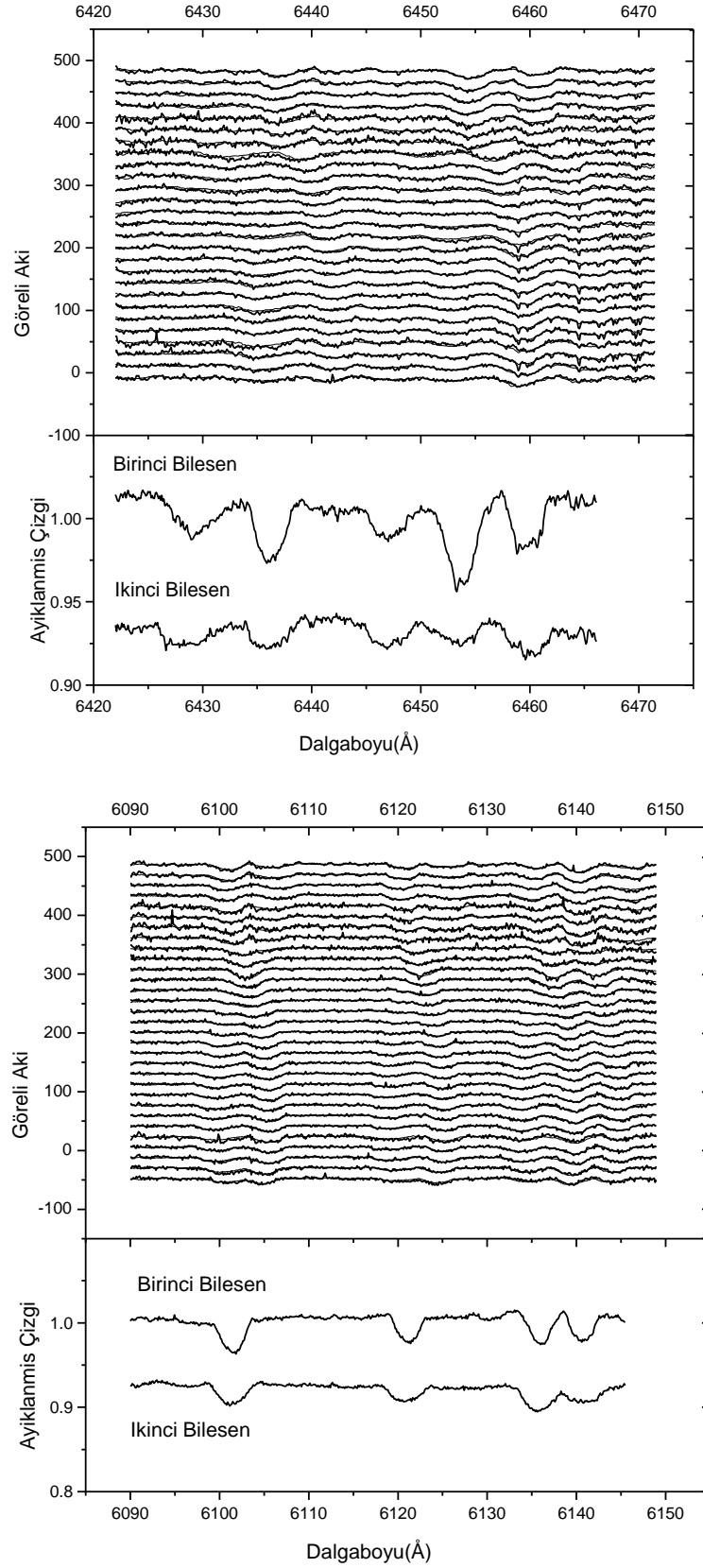
Gözlem Zamanı (HJD)	Evre $\Phi$	$RV_1$ ( $\text{km s}^{-1}$ )	$O-C_1$ ( $\text{km s}^{-1}$ )	$RV_2$ ( $\text{km s}^{-1}$ )	$O-C_2$ ( $\text{km s}^{-1}$ )
2454363.8544	0.159	-100.5	1.5	149.8	-2.1
2454363.8763	0.182	-109.2	-0.2	160.7	-1.4
2454362.0243	0.232	-118.9	0.4	178.0	2.1
2454362.0479	0.257	-119.6	0.4	179.1	2.6
2454348.8270	0.339	-102.3	0.0	152.5	0.7
2454364.0443	0.359	-93.6	4.5	139.3	-6.8
2454348.8495	0.362	-92.0	1.6	136.8	-3.0
2454364.0637	0.379	-83.4	0.1	123.6	-1.9
2454350.8339	0.451	-33.6	5.5	-	-
2454350.8482	0.467	-21.5	3.1	-	-
2454805.8701	0.497	-9.8	-7.5	-	-
2454805.8877	0.516	10.5	5.3	-	-
2454804.9463	0.525	6.2	-6.4	-	-
2454805.9049	0.534	18.0	-2.0	-	-
2454805.9230	0.553	46.7	12.2	-	-
2454805.9394	0.570	42.9	-5.5	-	-
2454805.9580	0.590	61.5	0.0	-100.5	6.3
2454805.9751	0.608	72.2	-1.3	-120.4	-0.1
2454805.9932	0.627	82.2	-2.2	-132.6	3.2
2454806.0101	0.645	90.9	1.6	-144.7	-2.0
2454806.0443	0.681	105.7	0.5	-168.8	-4.2
2454351.0583	0.688	107.1	-1.0	-168.8	-4.2
2454806.0611	0.698	111.4	0.8	-173.3	-1.2
2454806.0796	0.718	114.3	-0.1	-178.3	-1.0
2454351.1047	0.737	115.8	0.3	-182.1	-3.1
2454806.1010	0.740	116.6	0.4	-182.9	-2.8
2454806.1176	0.758	116.4	0.1	-182.8	-2.3
2454349.2416	0.775	115.0	-0.6	-180.5	-0.8
2454806.1363	0.778	113.8	-0.8	-181.2	-2.8
2454374.9099	0.798	118.3	7.3	-172.1	1.6
2454351.2298	0.868	85.8	0.5	-132.5	3.8
2454351.2479	0.887	76.1	1.4	-116.7	3.1



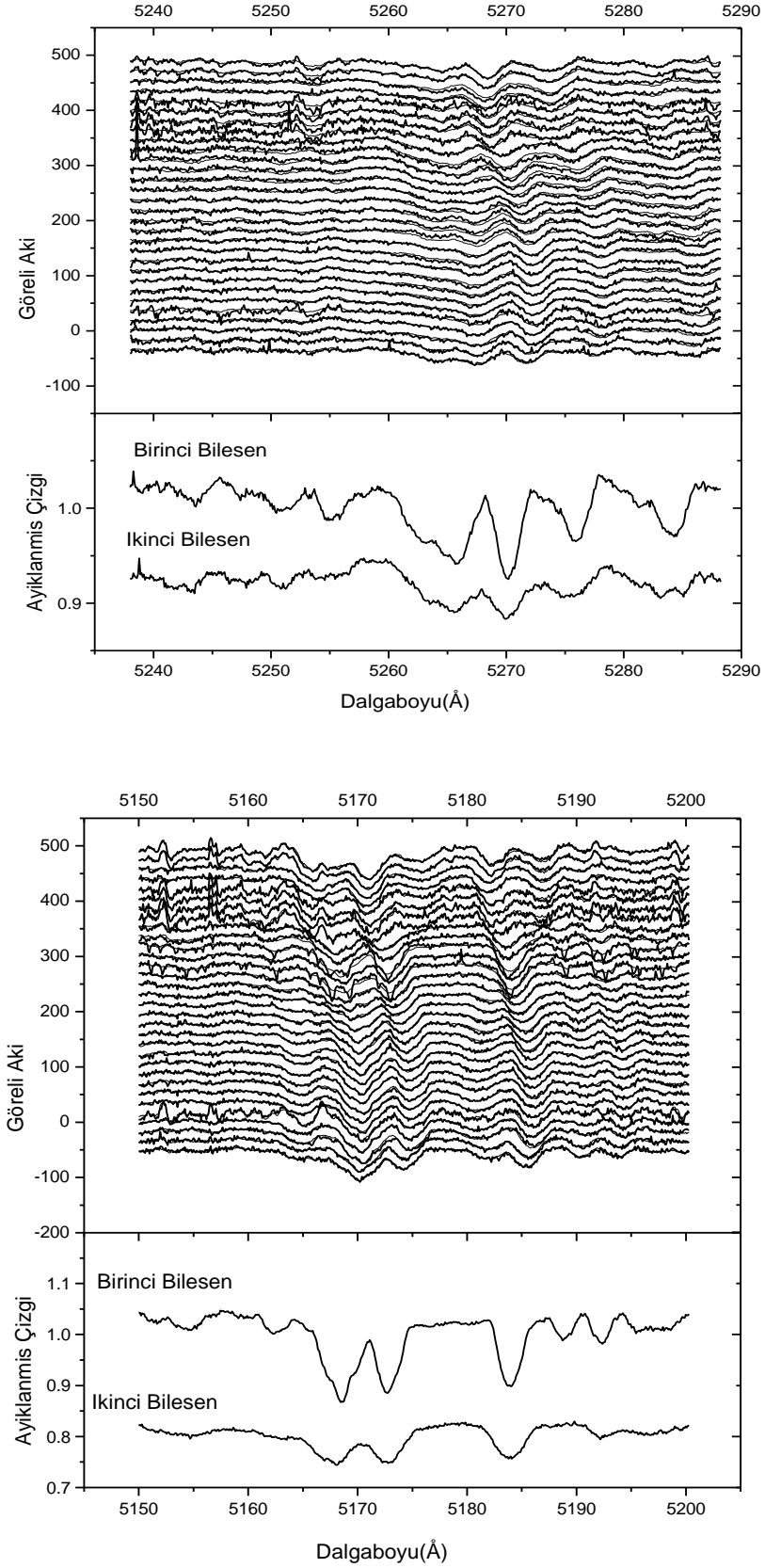
Örnek olarak seçilen 110 nolu tayf dizisi için CCF yönteminden elde edilen dikine hız değerleri ve üzerine yapılan teorik fit Şekil 3.15’de gösterilmiştir.



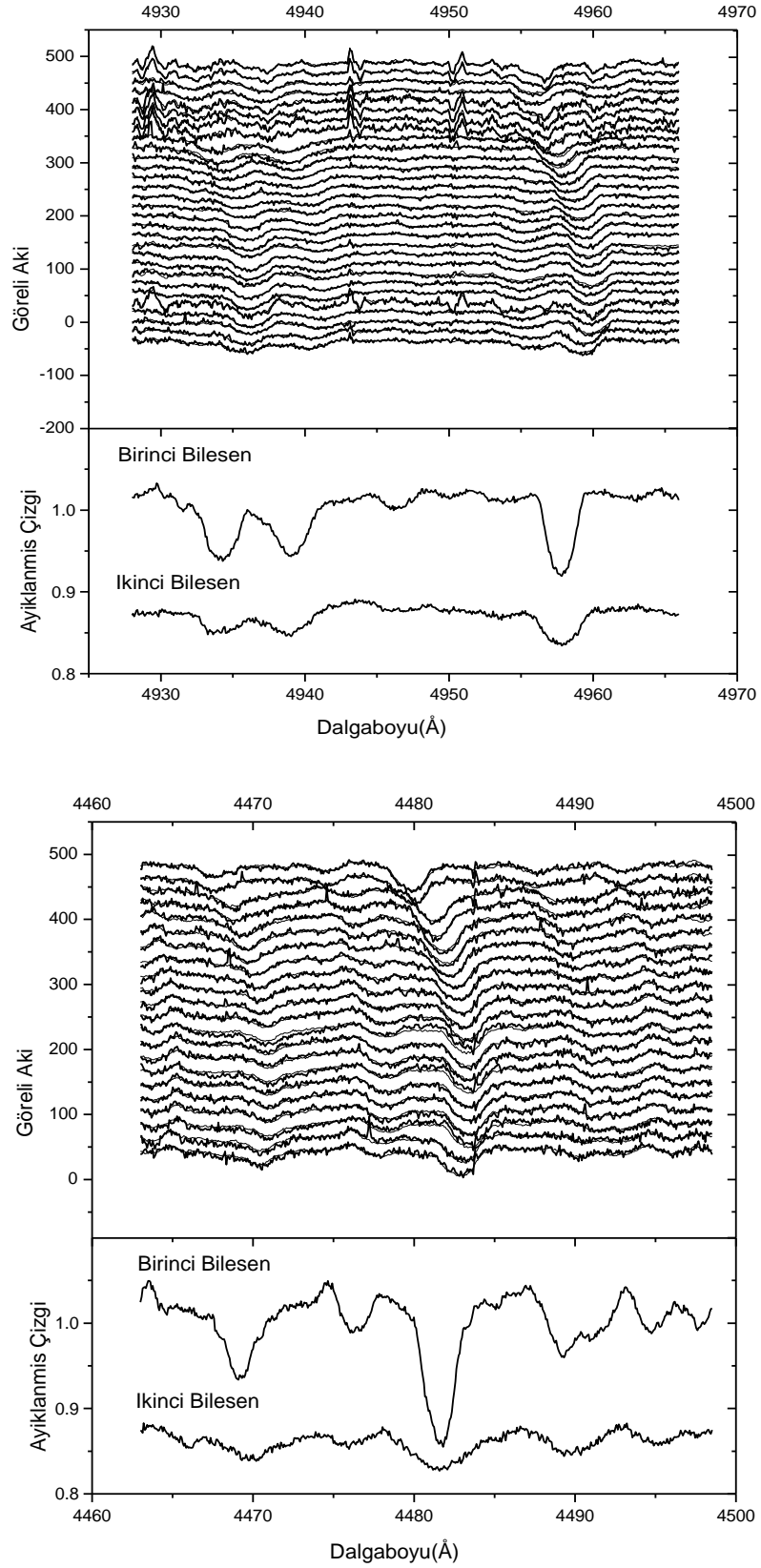
**Şekil 3.15.** CCF için seçilen 110 nolu tayf dizisi için KZ Pav ve mukayese tayfı HD 693 (üstte), çapraz eşleme fonksiyonu çıktısı (ortada), dikine hızlar ve üzerine yapılan en iyi teorik fit (altta) gösterilmektedir.



Şekil 3.16(a). 88 (üst panel) ve 93 (alt panel) nolu tayf dizilerine yapılan KOREL fitleri ve bileşenlere ilişkin ayrıştırmış tayflar.



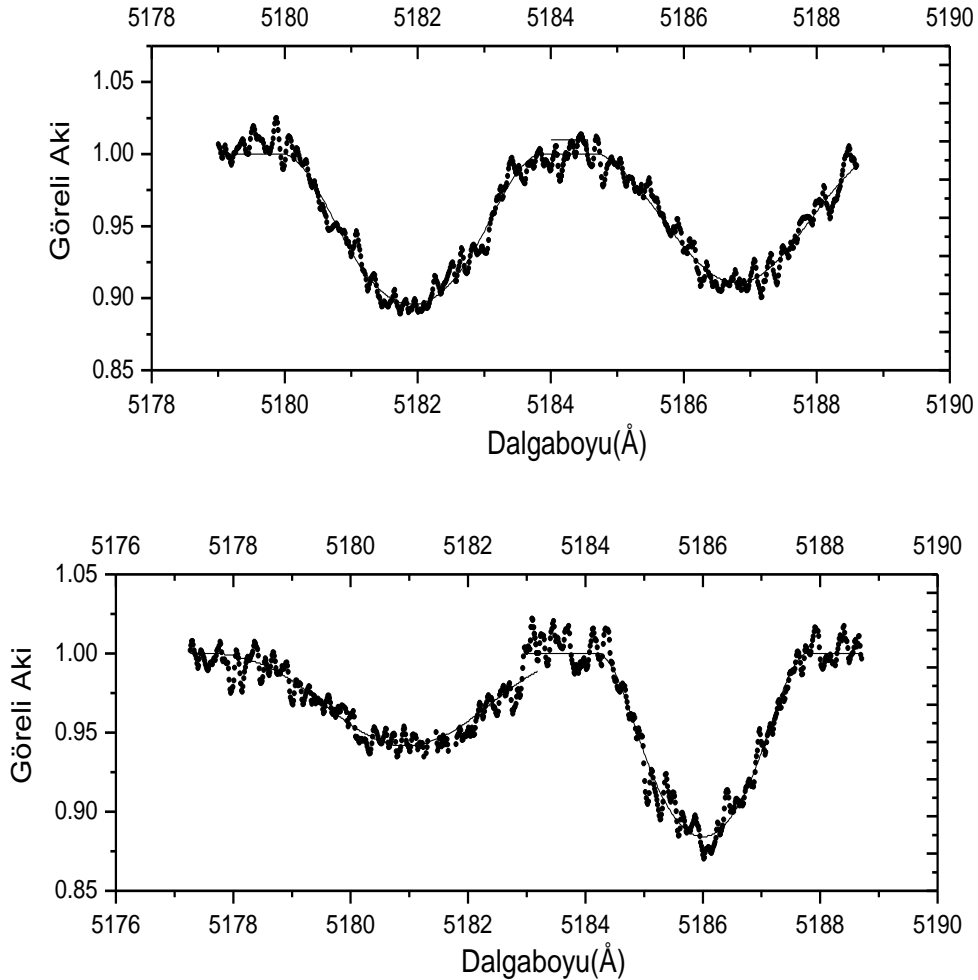
**Şekil 3.16(b).** 108 (üst panel) ve 110 (alt panel) nolu tayf dizilerine yapılan KOREL fitleri ve bileşenlere ilişkin ayrıştırılmış tayflar.



Şekil 3.16(c). 115 (üst panel) ve 127 (alt panel) nolu tayf dizilerine yapılan KOREL fitleri ve bileşenlere ilişkin ayrıştırılmış tayflar.

### 3.2.2. Dönme Hızları

KZ Pav'ın bileşenlerinin dönme (rotasyonel) hızlarının belirlenmesinde Budding ve Zeilik (1995) tarafından geliştirilen ve Bölüm 3.1.2'de CF Tuc için uygulanan PROF programı kullanıldı. Bölüm 3.1.2'de değinildiği biçimde, PROF, Gaussian ve dönme genişlemelerini içeren bir fonksiyon altında çizgi kesitini (çizgi profilini) hesaplar. Temel olarak içerdikleri parametreler;  $I_c$  süreklilik akısı,  $I_d$  ortalama dalga boyunda ( $\lambda_m$ ) görelî derinlik,  $r$  Doppler dönme genişleme parametresi,  $s$  verilen çizginin Gaussian genişleme parametresi ve  $u$  kenar kararım katsayısıdır. Bu çalışmada kullanılmak üzere KZ Pav'ın 110 nolu tayf dizisindeki Mg I (5183.6) çizgisi seçildi. KZ Pav'ın çeşitli evrelerinde gözlenen Mg I (5183.6) çizgi kesitlerine fit yapıldı. Örnek olarak, 0.232 ve 0.798 evrelerinde yapılan çizgi kesiti fitlerinin sonuçları Şekil 3.17'de gösterilmekte ve Çizelge 3.12'de verilmektedir.



**Şekil 3.17.** 0.232 evresi (üst panelde) ve 0.798 evresinde (alt panelde) Mg I (5183.6) çizgisine yapılan PROF fitleri.

Çizelge 3.12’de verilen  $r$  rotasyonel genişleme parametresine göre birinci ve ikinci bileşenlerin dönme hızları sırasıyla  $93\pm 2$  ve  $101\pm 5$  km/s olarak hesaplanmıştır. Bileşenlerin birinci ve ikinci bileşenlerin teorik dönme hızları, bileşenlerin mutlak parametreleri (bkz. Çizelge 4.2) ve  $v_{\text{rot}}\sin i = 2\pi R \sin i / P_{\text{rot}}$  kullanılarak (eş dönme, yani  $P_{\text{rot}} = P_{\text{orb}}$  ve  $i_{\text{rot}} = i_{\text{orb}}$  kabulü altında) sırasıyla  $93\pm 2$  ve  $104\pm 3$  km/s olarak bulunmuştur. Buradan her iki bileşenin hata sınırları içerisinde eş dönme yaptığı görülmektedir.

Çizelge 3.12’de verilen  $s$  Gaussian genişleme parametresi, 0.232 ve 0.798 evrelerinde sırasıyla birinci bileşen için 12 - 16 km/s aralığında, ikinci bileşen için 25 - 29 km/s aralığında değişmektedir. Soğuk bileşen için  $s$  parametresinin büyük çıkması, yüzey türbülansı ya da yüzeydeki hareketli gaz kütlelerinin düzensiz (chaotic) hız bileşenlerinin görece katkılarıyla ilgili olabilir.

**Çizelge 3.12.** İki farklı evrede Mg I (5183.6) çizgilerine uygulanan PROF fit sonuçları

Parametre	Evre 0.232		Evre 0.798	
	Birinci Bileşen	İkinci Bileşen	Birinci Bileşen	İkinci Bileşen
$I_c$	$1.004\pm 0.007$	$1.026\pm 0.008$	$1.003\pm 0.007$	$1.002\pm 0.007$
$I_d$	$0.092\pm 0.001$	$0.096\pm 0.009$	$0.099\pm 0.011$	$0.051\pm 0.094$
$\lambda_m(\text{\AA})$	$5181.914\pm 0.014$	$5186.791\pm 0.016$	$5185.999\pm 0.011$	$5180.957\pm 0.033$
$r(\text{\AA})$	$1.574\pm 0.018$	$1.700\pm 0.022$	$1.549\pm 0.016$	$1.785\pm 0.042$
$s(\text{\AA})$	$0.202\pm 0.018$	$0.432\pm 0.013$	$0.107\pm 0.022$	$0.494\pm 0.022$
$r(\text{km/s})$	$91\pm 2$	$98\pm 3$	$90\pm 2$	$103\pm 4$
$s(\text{km/s})$	$12\pm 2$	$25\pm 2$	$6\pm 3$	$29\pm 3$
$\Delta I$	0.01	0.01	0.01	0.01
$\chi^2/\nu$	1.034	1.040	1.035	1.020

### 3.2.3. Işık ve dikine hız eğrilerinin eşzamanlı çözümü

KZ Pav’ın WB 1988-9 BV ışık eğrileri, BMS 1998 V ışık eğrisi, Hipparcos ışık eğrisi ve bu çalışmadan elde edilen 2006 BVRI fotometrik ışık eğrileri ile dikine hız eğrileri, van Hamme ve Wilson (2007) tarafından güncellenen Wilson-Devinney (WD) (Wilson ve Devinney 1971) programının 2007 versiyonu kullanılarak eş zamanlı olarak analiz edildi.

WD 2007 programında KZ Pav A’nın 1988-9 BV, 1998 V, Hipparcos V ve 2006 BVRI ışık ve dikine hız eğrilerinin eşzamanlı analizinde iterasyonlar sırasında sabit alınan parametreler aşağıda belirtilmiştir: Çift sistem için hesaplanan  $B-V=0^m.38$  renk ölçüğü

kullanılarak Budding ve Demircan (2007)'nin renk kalibrasyonundan KZ Pav A'nın birinci bileşenin etkin sıcaklığı 6820 K olarak belirlendi. Kenar kararma için lineer olmayan (kareköklü) kenar kararma yasası kabulü altında; kenar kararma katsayıları, dalgaboyu ve sıcaklığa göre, Diaz-Cordoves ve ark. (1995)'nin ve Claret ve ark. (1995)'nin verdiği çizelgelerden alınmıştır. Bolometrik çekim kararma üsleri, Lucy (1967)'nin konvektif atmosferler için verdiği 0.32 değerinde ve bileşenlerin bolometrik yansıma (albedo) katsayıları, Rucinski (1969)'nin konvektif atmosferler için verdiği 0.5 değerinde sabit tutulmuştur. Bu çalışmada yapılan bileşenlerin dönme hızları modeline göre (bkz. Bölüm 3.2.2) bileşenler eşdönme göstermektedir. Bu nedenle dönme parametreleri  $F_h=F_c=1$  olarak alınmıştır. Ayrıca, Bölüm 3.2.1'deki tayfsal gözlem sonuçlarından yörüngenin çember ( $e=0$ ) yörünge olduğu bulunmuştur.

Analizler sırasında serbest bırakılan parametreler ise; görelî yörüngenin yarı-büyük eksen uzunluğu  $a$ , bileşenlerin kütle oranı  $q=m_2/m_1$ , evre kayması  $\Phi$ , sistemin kütle merkezinin dikine hızı  $V_\gamma$ , sistemin yörüngesinin gökyüzü düzlemine olan eğikliği  $i$ , ikinci bileşenin akı ağırlıklı ortalama yüzey sıcaklığı  $T_2$ , bileşenlerin boyutsuz normalize yüzey potansiyelleri  $\Omega_1$  ve  $\Omega_2$ , ilgili tüm bandlar için birinci bileşenin kesirsel tek renk ışıması ( $L_1/(L_{top})$ )'dir. Çözümler sırasında ilk olarak dikine hız çözümünden elde edilen  $q$ ,  $a$  ve  $V_\gamma$  değerleri giriş değerleri olarak alınmıştır (bkz. Bölüm 3.2.1).

**Çizelge 3.13.** KZ Pav A çift yıldızının ışık ve dikine hız eğrilerinin eşzamanlı çözümünden elde edilen parametreler ve hataları

Parametre	Değer
$a(R_{\odot})$	$5.72 \pm 0.02$
<i>evre kayması</i> $\Phi$	$0.0006 \pm 0.0001$
$V_{\gamma}$ (km/s)	$-1.85 \pm 0.45$
$q_{\text{con}} = m_2/m_1$	$0.641 \pm 0.003$
$i$ (derece)	$86.29 \pm 0.21$
$T_1$ (K)	6820
$T_2$ (K)	$5116 \pm 9$
$\Omega_1$	$3.989 \pm 0.021$
$\Omega_2$	3.139
$L_1/L_{\text{topl}}(B)^1$	$0.506 \pm 0.004$
$L_1/L_{\text{topl}}(V)^1$	$0.456 \pm 0.003$
$L_1/L_{\text{topl}}(V)^2$	$0.414 \pm 0.004$
$L_1/L_{\text{topl}}(V_{\text{HIP}})^3$	$0.454 \pm 0.004$
$L_1/L_{\text{topl}}(B)^4$	$0.505 \pm 0.005$
$L_1/L_{\text{topl}}(V)^4$	$0.455 \pm 0.006$
$L_1/L_{\text{topl}}(R)^4$	$0.441 \pm 0.005$
$L_1/L_{\text{topl}}(I)^4$	$0.409 \pm 0.006$
$L_3/L_{\text{topl}}(B)^1$	$0.369 \pm 0.003$
$L_3/L_{\text{topl}}(V)^1$	$0.379 \pm 0.003$
$L_3/L_{\text{topl}}(V)^2$	$0.429 \pm 0.004$
$L_3/L_{\text{topl}}(V_{\text{HIP}})^3$	$0.372 \pm 0.005$
$L_3/L_{\text{topl}}(B)^4$	$0.368 \pm 0.004$
$L_3/L_{\text{topl}}(V)^4$	$0.366 \pm 0.005$
$L_3/L_{\text{topl}}(R)^4$	$0.353 \pm 0.005$
$L_3/L_{\text{topl}}(I)^4$	$0.359 \pm 0.005$
$r_1$ (ortalama)	$0.304 \pm 0.002$
$r_2$ (ortalama)	$0.340 \pm 0.001$
$\Sigma W(O-C)^2$	0.1698

1WB 1988–89 *BV* light curve, 2BMS 1998 *V* light curve, 3*Hipparcos* and 42006 *BVRI* photometric data.

KZ Pav çoklu bir sistem olduğu için üçüncü ışık katkısı ( $l_3/(l_{\text{tot}})$ ), WD programı çalıştırılırken, serbest bırakılmıştır. İterasyonlar sırasında ilk olarak ayrı çift yıldızlar için olan Mode 2 kullanılmıştır. Fakat iterasyonlar ikinci bileşenin Roche lobunu doldurduğunu göstermesi üzerine Mode 5 geçilerek nihai çözüme ulaşılmıştır. Çözüm sonuçları, Çizelge 3.13’de verilmektedir. Gözlemler ile gözlemleri en iyi temsil eden teroik eğriler, Şekil



3.18(a),(b) ve (c)'de gösterilmiştir. Şekil 3.18(a)'da Hipparcos ışık eğrisi için üçüncü ışık olmadan elde edilen teorik ışık eğrisi ayrıca örnek olarak sunulmuştur. Şekil 3.18(d)'de sistemin Roche konfigürasyonu da çizdirilmiştir.

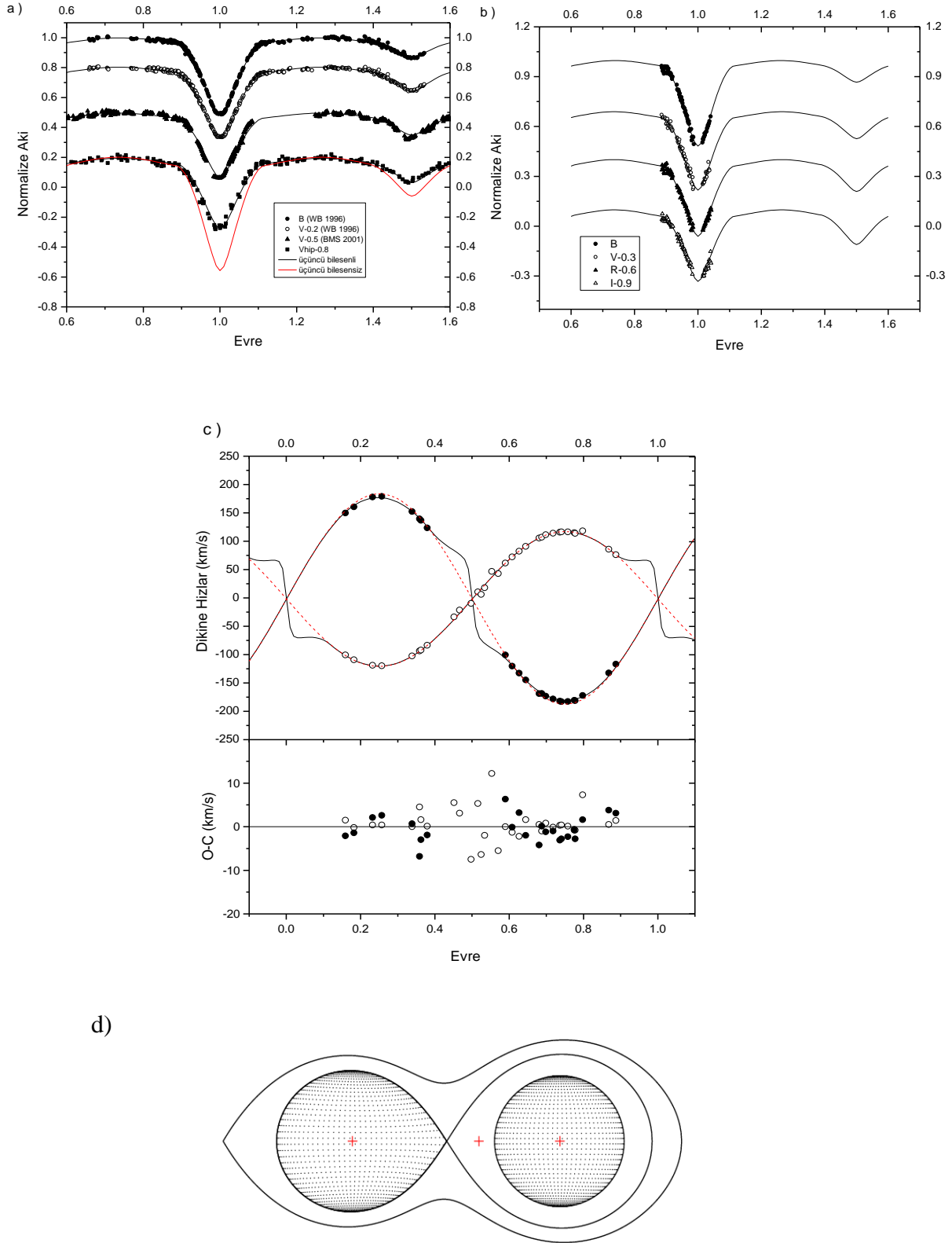
KZ Pav çoklu sistemin A-BC bileşenlerinin *BVRI* filtrelerindeki görünür parlaklıklarının belirlenmesinde SIMBAD veri tabanında verilen *B*, *V*, *J*, *H* ve *K* filtrelerindeki parlaklık değerleri kullanılmıştır. KZ Pav A-BC çoklu sisteminin *R* ve *I* filtrelerindeki parlaklık değerlerinin hesaplanmasında ise her bir filtre için Budding & Demircan (2009) tarafından verilen dalgaboyu değerlerinden ( $\lambda_V=0.554$ ,  $\lambda_R=0.694$ ,  $\lambda_I=0.878$  ve  $\lambda_J=1.25$   $\mu\text{m}$ ) ve aşağıdaki denklemden yararlanılmıştır:

$$\frac{m_{\lambda_1} - m_{\lambda_2}}{\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2}} \cong \text{sabit} \quad (3.16)$$

KZ Pav A-BC çoklu sisteminde her bir renk için fotometrik çözümden elde edilen *L*, tek renk kesirsel ışıma değerleri, Pogson formülünde kullanılarak *BVRI* renklerindeki görünür parlaklık değerleri belirlenmiştir. Böylece Pogson formülünden belirlenen görünür parlaklık ve denklem 3.16'dan hesaplanan parlaklık değerleri toplanarak KZ Pav çoklu sistemin *BVRI* renklerindeki parlaklıkları hesaplanmış ve hataları ile birlikte Çizelge 3.14'de verilmiştir.

**Çizelge 3.14.** KZ Pav (A-BC) sisteminde yıldızların *BVRI* filtrelerindeki parlaklıkları ve ortalama hataları

Parlaklık	<i>B</i>	<i>V</i>	<i>R</i>	<i>I</i>	Hata
$m_1$	8.88	8.60	8.28	8.07	0.02
$m_2$	10.38	9.62	9.11	8.69	0.03
$m_3$	9.22	8.52	8.52	8.21	0.03



**Şekil 3.18.** KZ Pav A'nın (a) 1988-9 BV, 1998 V ve Hipparcos ve (b) 2006 BVRI gözlemsel ışık eğrileri ve bunları en iyi temsil eden teorik ışık eğrileri. (c) Bileşenlerin gözlenen dikine hızları ve bunları en iyi temsil eden teorik eğriler ve (d) sistemin Roche geometrisi.

### 3.2.4. Yörünge dönem analizi

Yakın çift sistem KZ Pav A'nın yörünge dönemi değişimini incelemek amacıyla tüm fotografik, fotoelektrik ve CCD gözlemsel minimum zamanları Kreiner ve ark. (2001)'dan alınmıştır. Bu veriye ek olarak, WB 1988-9 V gözlem verisinden 2 fotometrik minimum zamanı hesaplanmıştır:  $2447666.1031 \pm 0.0003$  HJD (birinci minimum) ve  $2447772.0159 \pm 0.0007$  (ikinci minimum). BMS 1998 V gözlem verisinden  $2451060.9735 \pm 0.0002$  HJD (birinci minimum) ve  $2451087.0942 \pm 0.0007$  (ikinci minimum) olmak üzere 2 CCD minimum zamanı elde edilmiştir. 2006 gözlem verisinden ise  $2453844.0755 \pm 0.0020$  HJD birinci minimum zamanı hesaplanmıştır. Hesaplamalarda KVV yöntemi (Kwee & van Woerden 1956) kullanılmıştır. Kreiner ve ark. (2001)'dan alınan minimum zamanlarına bu hesaplananlar eklenerek sonuçta *O-C* analizinde 73 fotografik (düzlem minimum), 1 fotografik (sezonluk ışık eğrisinden), 5 fotoelektrik ve 3 CCD minimum zamanı kullanılmıştır. Ağırlıklandırma, fotografik (düzlem minimum), fotografik (sezonluk ışık eğrisinden), fotoelektrik ve CCD verisi için sırasıyla 1, 2, 10 ve 10 olarak alınmıştır.

*O-C* artıkları, Kreiner ve ark. (2001)'ndan alınan aşağıdaki doğrusal ışık elemanları kullanılarak hesaplandı:

$$\text{HJD (MinI)} = 2444431.7614 + 0^d.94987834xE \quad (3.17)$$

Hesaplanan *O-C* artıklarının çevrim sayısı  $E$ 'ye ve gözlem yılına göre değişimi Şekil 3.19'un en üst panelinde gösterilmektedir. KZ Pav A'nın 1900 ve 1965 yılları arasında elde edilen fotografik (düzlem minimum) verisi yaklaşık 0.06 gün civarında bir saçılma göstermektedir. Ancak, özellikle, 1980'den sonra elde edilen pe ve CCD verisi sinüslü bir değişim vermektedir. Aşırı saçılma gösteren bu fotografik (düzlem minimum) verinin ağırlıkları, yukarıda değinildiği biçimde, en düşük değerde ( $W=1$ ) alındı ve veriden ve değişim eğiliminden uzak olan üç fotografik nokta (Şekil 3.19'da elips içinde belirtilmekte) fit yaparken gözönüne alınmadı. Yapılan uygulama sonucu en iyi fitin aşağı parabol + sinüs fiti olduğu belirlendi ve aşağıdaki denklem en küçük kareler yöntemiyle fit edildi:

$$C = T_o + PE + QE^2 + A_s \sin\left[\frac{2\pi}{P_s}(E - T_s)\right], \quad (3.18)$$

Burada  $A_s$ ,  $P_s$  ve  $T_s$  sinüslü değişimin sırasıyla yarı-genliği, dönemi ve minimum zamanı,  $Q$  karesel (parabolik) terimin katsayısıdır.  $T_0$ ,  $P$ ,  $Q$ ,  $A_s$ ,  $P_s$  ve  $T_s$  için ağırlıklı en küçük kareler yöntemiyle elde edilen sonuçlar Çizelge 3.15’de sunulmuştur. Gözlemleri en iyi temsil eden teorik eğri ve gözlemlerle karşılaştırılması, Şekil 3.19’da gösterilmektedir.

Çizelge 3.15’den görüleceği üzere parabolik terim negatif olup KZ Pav A çiftinin yörünge döneminde  $0.37 \pm 0.15$  s/yüzyıl oranında bir azalma olduğunu belirtmektedir. KZ Pav A klasik bir Algoldür ve klasik Algollerde ikinci bileşen Roche lobunu doldurduğu için korunumlu kütle aktarımı yörünge döneminde azalış yerine artışa yol açar. Sistemde kütle kaybı varsa ve baskınsa beklenen dönem artışı yerine dönem azalışı meydana gelir. Bu yaklaşımla, KZ Pav A klasik Algol çiftinin yörünge döneminde gözlenen azalışı açıklayabilmek için Demirçan (1999) ve Erdem ve ark. (2007) tarafından verilen aşağıdaki denklem kullanıldı:

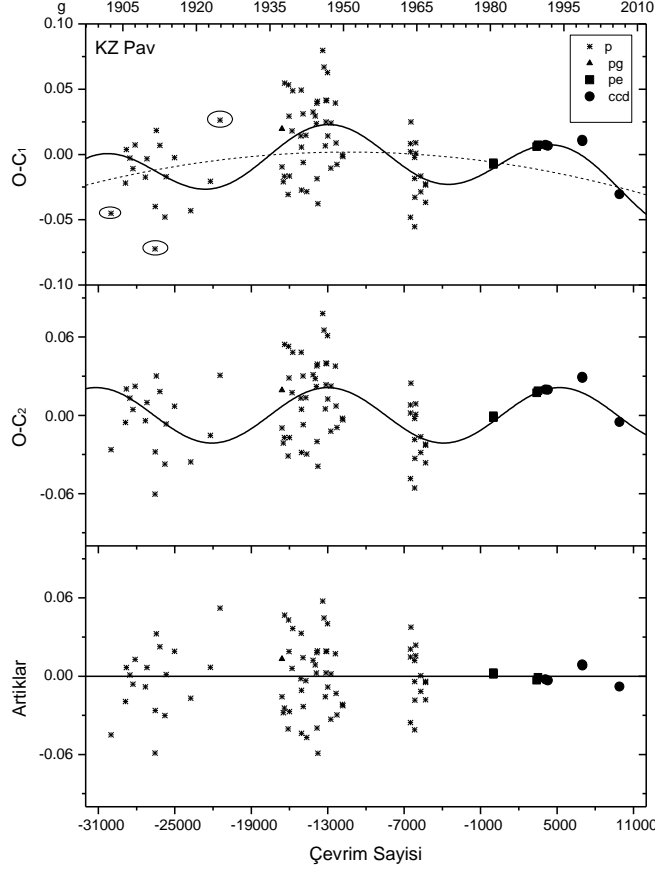
$$\frac{\Delta P}{P} = 3 \left( \frac{r_a}{a} \right)^2 \frac{\delta M}{M} + 3 \frac{(M_l - M_g)}{M_l M_g} \Delta M . \quad (3.19)$$

Burada,  $\Delta M$  kütle kaybeden (looser) bileşenden kazanan (gainer) bileşene aktarılan kütle,  $\delta M$ , Alfvén yarıçapı  $r_a$  uzaklığı kadar sistemle birlikte eş zamanlı döndükten sonra sistemden kaybolan kütle miktarı,  $\Delta P/P$  ise gözlenen dönem değişimi oranıdır. Denklemde iki bilinmeyen var olduğundan dolayı, daha az kütleli bileşenden (Roche lobunu doldurmuş olan ikinci bileşen) birinci bileşene aktarılan kütle miktarı  $10^{-8} M_{\odot}/\text{yıl}$  ve Alfvén yarıçapı  $10R_2$  olarak varsayılırsa  $\Delta P/P = (-1.2 \pm 0.5) \times 10^{-10}$  gözlenen kesirsel dönem değişimi için kaybolan kütle miktarı  $\delta M = 4.42 \times 10^{-9} M_{\odot}/\text{yıl}$  olarak bulunur.

Sinüslü  $O-C$  değişiminin genelde iki nedeni vardır: (i) üçüncü bir cisim nedeniyle ışık-zaman etkisi ve (ii) bileşenlerin birinde veya her ikisinde var olan manyetik aktivite nedeniyle dönem değişimi. Aşağıda bu iki mekanizma sırayla ele alınmaktadır:

Çizelge 3.15’de elde edilen parametrelere göre; KZ Pav A örten çifti, üçüncü cisimle oluşturduğu üçlü sistemin kütle merkezi etrafında çembersel bir yörüngede  $47 \pm 2$  yılda dolanmaktadır. KZ Pav A’nın üçlü sistemin (KZ Pav A örten çifti + üçüncü cisim) kütle merkezine izdüşüm uzaklığı  $3.67 \pm 0.58$  AU’dur. Bu iki değerden olası üçüncü cismin kütle fonksiyonu  $f(M_3) = 0.78 \pm 0.07 M_{\odot}$  olarak hesaplanmıştır. Böylece üçüncü cismin kütlesi, üçlü sistemin yörünge eğikliğine bağlı olarak,  $i_{12} = 30^\circ$  için  $1.48 \pm 0.20 M_{\odot}$ ,  $i_{12} = 90^\circ$  için  $0.64 \pm 0.10 M_{\odot}$  biçiminde bulunmuştur. Burada KZ Pav A örten çiftinin toplam kütlesi

$M_1+M_2=2.79\pm0.04 M_\odot$  olarak alınmıştır (bkz. Bölüm 4.2). Eğer üçüncü cismin yörüngesi ile KZ Pav örten çiftinin yörüngesi ortak düzlemde ise, üçüncü cismin üçlü sistemin ortak kütle merkezine olan uzaklığı  $r_3=16\pm0.2AU$  ve kütlesi  $M_3=0.58\pm0.10 M_\odot$  olarak bulunur.



Şekil 3.19. KZ Pav'ın  $O-C$  değişiminin aşağı parabol (kesikli çizgi) üzerine binmiş sinüslü (sürekli çizgi) temsili.

Çizelge 3.15. KZ Pav A'nın  $O-C$  çözümünden elde edilen parametreleri

Parametre	Değer
$T_0$ (HJD)	$2444431.7570\pm0.0029$
$P$ (gün)	$0.9498772\pm0.0000004$
$Q$ (gün)	$-5.54\times10^{-11}\pm2.3\times10^{-11}$
$A_s$ (gün)	$0.0212\pm0.0033$
$P_s$ (yıl)	$47\pm2$
$T_s$ (HJD)	$2449360\pm504$
$\Sigma W(O-C)^2$	0.04748

Bu değerde bir kütleye sahip üçüncü cisim, bir Anakol yıldızı ise, orta K tayf türünden bir kırmızı cüce olmalıdır. Demircan ve Kahraman (1991)'ın Anakol yıldızları için kütle-ışınım bağıntısına göre üçüncü cismin bolometrik (tüm ışınım) mutlak parlaklığı  $M_{bol}=7^m.6\pm0^m.2$

olarak hesaplanabilir. Bu değer, KZ Pav A çiftinin bu çalışmada belirlenen bolametik mutlak parlaklığı  $2^m.47 \pm 0^m.20$  (bkz. Çizelge 4.2) ile kıyaslanırsa; üçüncü cisim, KZ Pav A'dan  $\sim 5$  kadir daha sönük olmalıdır. Öte yandan KZ Pav A'nın kütle merkezinin üçlü sistemin ortak kütle merkezi etrafında çizdiği yörüngede dikine hız değişiminin yarı-genliği,  $2.3 \pm 0.3$  km/s olarak belirlenmiştir. KZ Pav A'nın uzaklığı  $115 \pm 8$  pc (bkz. Çizelge 4.2) dikkate alındığında KZ Pav A ile üçüncü cisim arasındaki açısal ayrıklık  $32 \pm 3$  ile  $171 \pm 7$  mas (milimetrik açısanıyesi) aralığında olmalıdır.

KZ Pav A örten çiftinin yörünge döneminde gözlenen sinüslü değişimi açıklayabilmek için yukarıda değinilen ikinci mekanizma (manyetik aktivite mekanizması) ele alınır; burada uygulanacak formüller, Applegate (1992)'in çalışmasından alınmıştır. Birinci bileşen baskın bir ışıma sahip olmasına rağmen, bileşenlerin her ikisi de geri tayf türünden olduğundan dolayı sahip olabilecekleri manyetik aktivite olasılığına göre hesaplamalar her iki bileşen için yapılmış ve sonuçlar, Çizelge 3.16'da verilmiştir. Burada,  $\Delta P$ , KZ Pav A çiftinin yörünge dönemindeki değişimini,  $(\Delta P/P)_{\text{mod}}$  yörünge dönemi değişiminin genliğini,  $\Delta J$  aktif bileşenin iç kısmından dış kısmına (zarfına) açısal momentum transferini,  $I_s$  bileşen yıldızın zarfının eylemsizlik momentini göstermektedir (Yıldızın zarfının (dış kabuğunun) kütlesi  $M_s = 0.1 M$  olarak varsayılmıştır.)  $\Delta \Omega / \Omega$ , bileşen yıldızın diferansiyel dönmesinin kesirsel değişimi,  $\Delta E$  ve  $\Delta L_{\text{rms}}$ , sırasıyla model için gerekli enerji ve ısıtma değişimleri,  $B$  aktif bileşenin ortalama yüzeyaltı manyetik alanıdır. Bileşenlerin Applegate modeline göre hesaplanan olası ısıtma değişimlerine bakıldığında (Çizelge 3.16; birinci bileşen için 0.30, ikinci bileşen için 0.10); ikinci bileşende %10'luk bir ısıtma değişimi kabul edilebilir bir değerdir ve eğer Applegate modeli bir manyetik aktivite yüzünden KZ Pav A çiftinin yörünge dönemi değişiyorsa, bu aktiviteden ve dönem değişiminden ikinci bileşen sorumlu olmalıdır.

**Çizelge 3.16.** KZ Pav A'nın Applegate modeline göre elde edilen sonuçlar

Parametre	Birinci Bileşen	İkinci Bileşen
$\Delta P$ (s)	0.64	0.64
$(\Delta P/P)_{\text{mod}}$	$7.76 \times 10^{-6}$	$7.76 \times 10^{-6}$
$\Delta J$ (gcm <sup>2</sup> /s)	$2.32 \times 10^{48}$	$6.89 \times 10^{47}$
$I_s$ (gcm <sup>2</sup> )	$3.32 \times 10^{54}$	$2.65 \times 10^{54}$
$\Delta \Omega / \Omega$	0.009	0.003
$\Delta E$ (erg)	$3.25 \times 10^{42}$	$3.59 \times 10^{41}$
$\Delta L_{\text{rms}}$ ( $L_{\odot}$ )	1.80	0.20
$\Delta L_{\text{rms}}$ ( $L_s$ )	0.30	0.10
$B$ (kG)	12.9	5.97

### 3.2.5. Astrometrik çözüm

Bu çalışmada, KZ Pav A-BC çoklu sisteminde (IDS 20490-7048 A-BC ve B-C) hem tüm sistemin (A-BC) hem de ikinci sistemin (B-C) astrometrik verisi analiz edilmiştir. Astrometrik veri, Washington Double Stars Catalogue (<http://ad.usno.navy.mil/wds/>; WDS Star No. 20587-7025)'dan alınmış olup 1835'lere kadar uzanmaktadır. Analiz için Budding ve ark. (2009)'nın yöntemi izlendi. Bu yöntemde aşağıdaki denklemler kullanılmaktadır:

$$-\rho \sin \theta = \frac{a(1-e^2)}{1+e \cos \nu} [\cos(\nu + \omega) \sin \Omega - \sin(\nu + \omega) \cos \Omega \cos i] \quad (3.20)$$

$$\rho \cos \theta = \frac{a(1-e^2)}{1+e \cos \nu} [\cos(\nu + \omega) \cos \Omega - \sin(\nu + \omega) \sin \Omega \cos i] \quad (3.21)$$

Denklemler de,  $\rho$  ve  $\theta$  sırasıyla ayırıklık ve konum açıları; 5 yörünge parametresi  $a$ ,  $e$ ,  $\omega$ ,  $i$  ve  $\Omega$ , sırasıyla yörünge yarı-büyük eksen uzunluğunu, basıklığını, enberi boylamını, eğikliğini ve düğümler çizgisinin boylamını göstermektedir.  $\nu$  gerçek ayırıklık açısıdır ve her bir gözlem zamanına göre değiştiğinden dolayı hesaplanması için Kepler denklemi ile yörünge dönemi ( $P$ ) ve enberiden geçiş zamanı ( $T_0$ ) kullanılır.

Tüm sistem (KZ Pav AB-C) ele alındığında; neredeyse son iki yüzyılı kapsayan 21 adet astrometrik gözlem verisi, sanki konum açısı,  $\theta$ , yaklaşık  $113^\circ$ 'de değişim göstermeksizin,  $\rho$  ayırıklığının  $6.5 - 7.5$  açısaniesi değişim aralığına yığılmıştır (bkz. Şekil 3.20). Bu yüzden yapılan astrometrik yörünge çözümünde yüksek dereceden basık bir yörünge elde edilmiş ve yörünge eğikliği, yörünge düzlemi neredeyse bakış doğrultusuna paralel olacak şekilde  $90^\circ$ 'ye yakın çıkmıştır.

Çizelge 3.14'de verilen parlaklıklara göre KZ Pav BC bileşenleri düşük kütleli Anakol yıldızları olmalıdırlar. Böylece, Budding ve Demircan (2007)'nin gözlemsel Anakol kütle-parlaklık kalibrasyonu (the empirical Main-Sequence calibration) kullanılırsa; B ve C bileşenlerinin kütleleri sırasıyla  $1.2$  ve  $1.1 M_\odot$  olarak tahmin edilebilir. KZ Pav'ın Hipparcos Kataloğu (ESA, 1997)'nda verilen  $99$  pc uzaklığı gözönüne alındığında; tüm sistemin (A-BC) yörüngesinin yarıçap vektörünün büyüklüğü  $\sim 650$  AU ve dönemi  $\sim 7300$  yıl olarak hesaplanır. Yörünge çözümü, düğümler çizgisinin boylamını  $\Omega \approx 250^\circ$  ve enberi zamanını  $MÖ \approx 3300$  olarak verir. Sonuçlar, Çizelge 3.17'de ve Şekil 3.20'de verilmektedir. Gözlem noktalarındaki saçılmalar, KZ Pav A-BC çoklu sisteminde BC ikilisinin hareketinden kaynaklanmış olabilir.

Bu yüzden BC ikilisinin yörüngesi de Şekil 3.20’de ayrıca belirtilmiştir. Ayrıca, şekilden görüleceği üzere; John Herschel (1847)’in 1835’te ölçtüğü 10 açısaniyelik ayırlık açısı, ilk ölçümü 1835 ve sonraki ölçümü 1836 arasında yıldız 2.4 açısaniyesi hareket edemeyeceğinden dolayı, yanlış olmalıdır.

KZ Pav BC sistemi ele alındığında; 1911 ile 1991 arasında elde edilen 11 astrometrik ölçüm noktası analiz için kullanılmıştır. Bulunan sonuçlar, Çizelge 3.18’de ve Şekil 3.21’de sunulmuştur. Geddes (1940)’in 1940 yılında BC için oldukça büyük bir ayırlık açısı (1.36 açısaniyesi; Şekil 3.21’de en alttaki üçgen) ölçmüştür. Bu gözlem noktasındaki saçılmanın nedeni, Carter Gözlemevi’nin şehir merkezindeki konumundan dolayı zayıf görüş açısı olabilir.

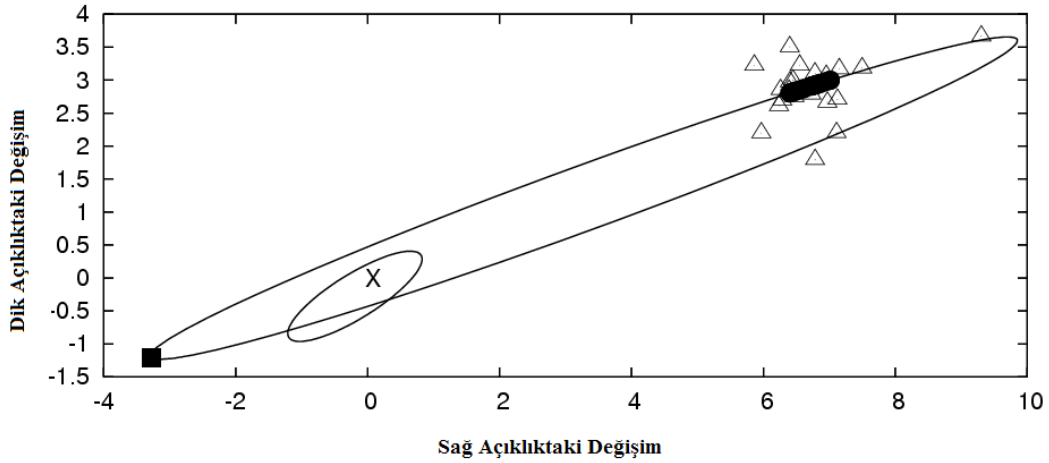
**Çizelge 3.17.** KZ Pav A-BC (IDS 20490-7048 A-BC) çoklu sisteminin astrometrik yörünge çözüm sonuçları

Parametre	Değer	Hata
$P$ (yıl)	7300	
$a$ (açısaniyesi)	7.0	0.1
$e$	0.5	
$w$ (°)	180	
$i$ (°)	85	
$\Omega$ (°)	250	
$T_o(y)$	MÖ 3300	50
Hata	$\chi^2/\nu=1.2$ $\Delta s=0.7(\text{arcsec})$	

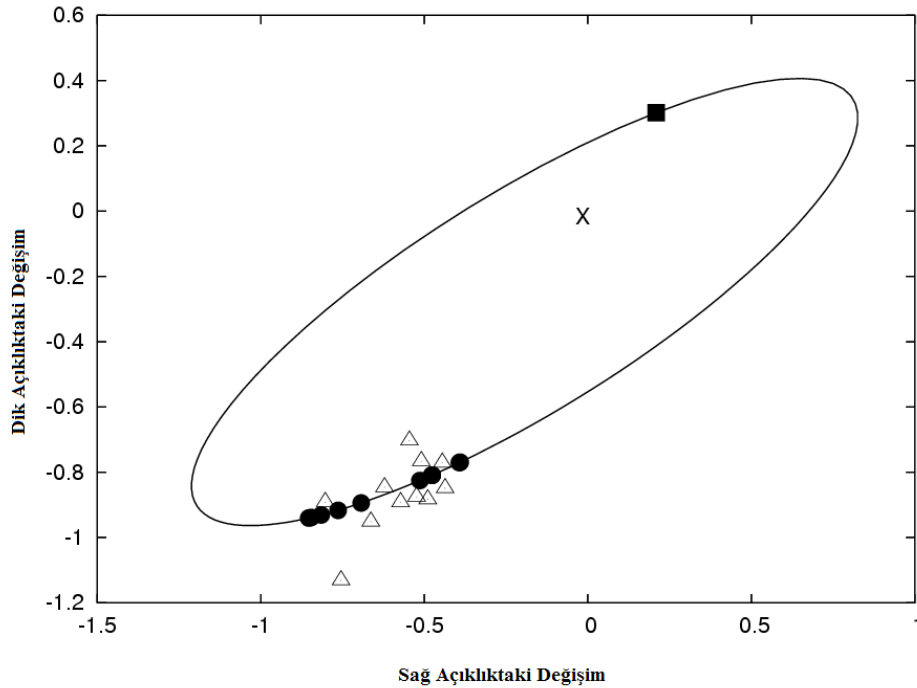
**Çizelge 3.18.** KZ Pav BC çift sisteminin astrometrik yörünge çözüm sonuçları

Parametre	Değer	Hata
$P$ (yıl)	680	
$a$ (açısaniyesi)	1.3	0.02
$e$	0.5	
$w$ (°)	25	
$i$ (°)	75	
$\Omega$ (°)	60	
$T_o(y)$	MS 1618	30
Hata	$\chi^2/\nu=1.2$ $\Delta s=0.7(\text{arcsec})$	





**Şekil 3.20.** KZ Pav (IDS 20490-7048 A-BC) çoklu sistemin astrometrik yörünge çözümü. KZ Pav A örten çiftinin konumu çarpıyla gösterilmiştir. Açık üçgenler gözlem noktalarını göstermekte; içi dolu kare, enberi konumunu belirtmektedir. İçi dolu yuvarlaklar, kuramsal yörüngede gözlem noktalarına karşılık konumları temsil etmektedir. Küçük elips, C'nin, BC sisteminin kütle merkezine göre, görelî yörüngesini göstermektedir.



**Şekil 3.21.** KZ Pav BC sisteminin astrometrik yörünge çözümü. Çarpıyla gösterilen B'nin konumuna göre C'nin görelî yörüngesi temsil edilmektedir. Açık üçgenler gözlem noktalarını göstermekte; içi dolu kare, enberi konumunu belirtmektedir. İçi dolu yuvarlaklar, kuramsal yörüngede gözlem noktalarına karşılık konumları temsil etmektedir.

### **3.3. WZ Hor**

#### **3.3.1. Tayfsal veri analizi ve yörünge çözümü**

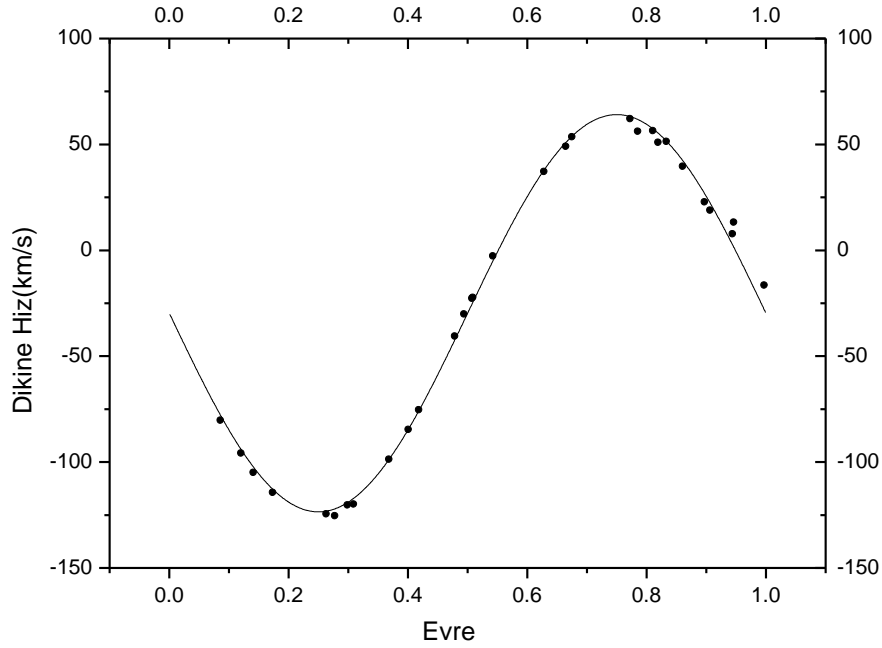
WZ Hor'un dikine hız ölçümlerinin belirlenebilmesinde, Bölüm 3.1.1'de CF Tuc ve Bölüm 3.2.1'de KZ Pav için yapılanlara benzer işlem basamakları kullanılarak, dalga kalibrasyonu ve normalizasyonu yapılan tayflara çapraz eşleme (cross-correlation) ve Fourier ayıklama (Fourier disentangling, KOREL, Hadrava, 2004) olmak üzere iki farklı yöntem kullanılmıştır.

Sistemin yörünge parametrelerinin belirlenmesinde yalnızca CCF (Cross-Correlation Function) kullanılmış; KOREL programıyla da elde edilen parametrelerin duyarlılığı denetlenmiştir.

##### **3.3.1.1. Çapraz eşleme yöntemi (CCF) ile dikine hız değerlerinin okunması ve yörünge çözümü**

WZ Hor'un dikine hız değerlerinin belirlenmesinde IRAF'ın paket programlarından biri olan FXCOR taskı kullanılarak çapraz eşleme yöntemi (bkz. Tonry ve Davis, 1979; Popper ve Jeong, 1994) izlenmiştir. Bu yöntemde yıldızın tayf çizgilerine seçilen mukayese tayfının eşleştirilmesi yapılır. Böylece en iyi uyumu veren eşleme fonksiyonuna (CCF) gauss fiti yapılarak dikine hızlar okunur. Dikine hız ölçümleri için aynı gözlem sezonunda gözlenen parlak, aktif olmayan ve yavaş dönen standart yıldız HD 693 (F6V,  $V_r=14.4\text{km/s}$ )'ün tayfları kullanılmıştır. Dikine hızlarının okunması sırasında gürültünün en az olduğu ve çizgilerin net olarak seçildiği tayf dizileri tercih edilmiştir. Seçilen tayf dizileri 87, 107, 110, 117, 131, 139 ve 145 nolu diziler olup bu tayf dizilerinde görülen en belirgin tayf çizgilerine ilişkin bilgiler Çizelge 3.20'de verilmiştir. WZ Hor'un ikinci bileşeninin sistemin toplam ışınımına katkısı çok düşüktür, örneğin *V* filtresinde %2 mertebesindedir. Bu katkı uzun dalgaboylarında, örneğin *I* filtresinde %4 oranında, artmaktadır. Ancak sistemin uzun dalgaboylarında elde edilen tayflarının çok gürültülü olması nedeniyle ikinci bileşene ait çizgiler ayırt edilememektedir. Bu nedenle WZ Hor'un yalnızca baş bileşenine ait dikine hız değerleri okunabilmiş ve hatalarıyla birlikte Çizelge 3.19'da verilmiştir. CCF yöntemiyle elde edilen baş bileşenin dikine hız eğrisi Şekil 3.22'de gösterilmiştir.

Sistemin baş bileşenin tayfsal yörünge çözümünde; yörünge dönemi sabit tutulmuş ve yörünge çember olduğu kabul edilmiştir. Baş bileşenin dikine hız değişiminin yarı-genliği  $K_1$ , tutulma başlangıç zamanı  $T_0$  ve ortak kütle merkezinin hızı  $V_\gamma$  serbest bırakılmıştır. Yörünge parametrelerinin belirlenmesinde ELEMDR77 (Teodor Pribulla, 2008; özel haberleşme) yazılımı kullanılmıştır. Sonuçlar ve hataları, Çizelge 3.20’de verilmiştir.



Şekil 3.22. WZ Hor’un CCF ile elde edilen dikine hız eğrisi ve üzerine yapılan fit.

Çizelge 3.19. WZ Hor’un baş bileşenin dikine hız değerleri ve hataları

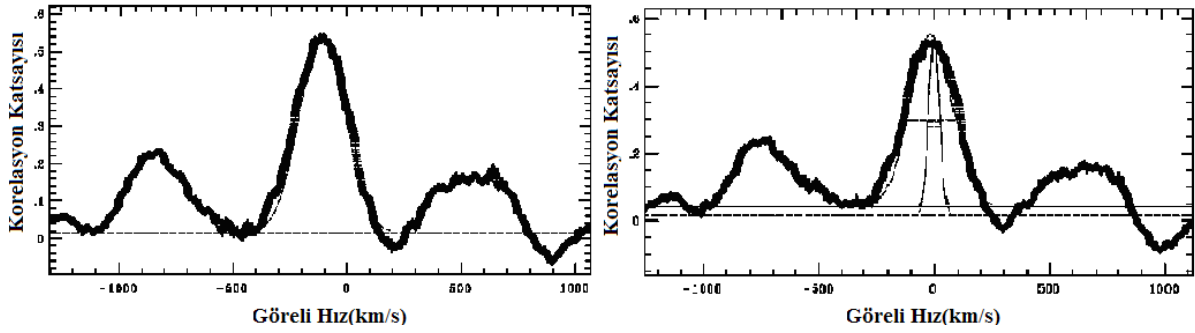
Gözlem Zamanı (HJD)	Phase	RV1	Hata
2454356.1639	0.085	-80.29	0.60
2454356.1892	0.120	-95.75	0.83
2454354.0180	0.141	-104.95	0.61
2454354.0415	0.173	-114.31	0.90
2454362.1233	0.263	-124.45	0.79
2454349.0161	0.277	-125.32	1.57
2454362.1492	0.298	-120.22	1.02
2454349.0392	0.309	-119.80	1.84
2454354.1837	0.368	-98.63	0.89
2454354.2072	0.400	-84.63	1.61

Çizelge 3.19'un devamı

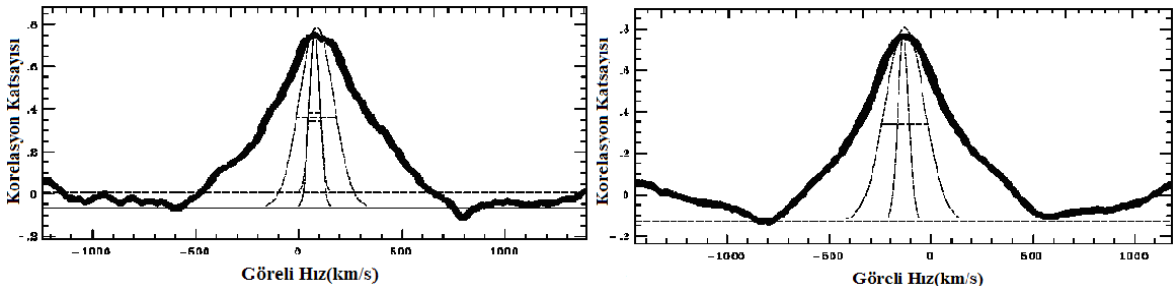
Gözlem Zamanı (HJD)	Phase	RV1	Hata
2454362.2364	0.418	-75.35	1.01
2454349.1628	0.478	-40.47	1.43
2454376.8667	0.494	-30.05	0.68
2454363.0299	0.507	-22.65	0.84
2454349.1849	0.509	-22.25	0.64
2454363.0557	0.542	-2.63	0.51
2454363.1179	0.628	37.18	0.14
2454363.1447	0.665	49.09	0.36
2454376.9986	0.675	53.60	0.42
2454363.9521	0.772	62.21	0.43
2454355.9450	0.785	56.18	0.76
2454363.9796	0.810	56.50	0.65
2454355.9697	0.819	51.03	0.88
2454350.1500	0.833	51.41	0.93
2454350.1697	0.860	39.61	1.32
2454353.8404	0.897	22.89	0.78
2454353.1184	0.906	18.98	0.48
2454353.1456	0.944	7.78	0.62
2454375.0100	0.946	13.28	0.94
2454375.0472	0.997	-16.46	1.38

Çizelge 3.20. WZ Hor'un dikine hız ölçümlerinde kullanılan tayf dizileri ve tayf çizgileri

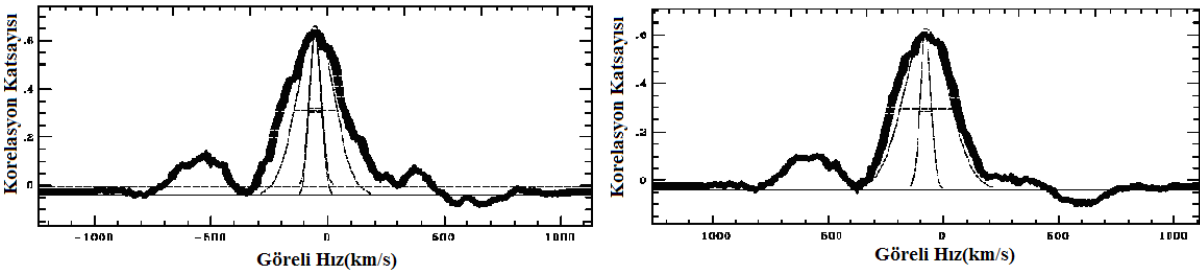
Dizi No	Dalgaboyu Aralığı (Å)	Baskın Tayfsal Çizgiler
87	6521-6585	H <sub>α</sub> (6562.8 Å)
110	5151-5188	MgI (5167.3216 Å) MgI (5172.6843 Å) MgI (5183.6042 Å)
117	4831-4880	H <sub>β</sub> (4861.33 Å)
131	4317-4361	H <sub>γ</sub> (4340.47 Å)
139	4068-4110	H <sub>δ</sub> (4101.74 Å)
145	3910-3947	CaII K (3933.66 Å)



Şekil 3.23(a). Farklı evrelerden örnek olarak seçilen 127 nolu tayf dizisine yapılan cross-correlation fitleri.



Şekil 3.23(b). Farklı evrelerden örnek olarak seçilen 117 nolu tayf dizisine yapılan cross-correlation fitleri.

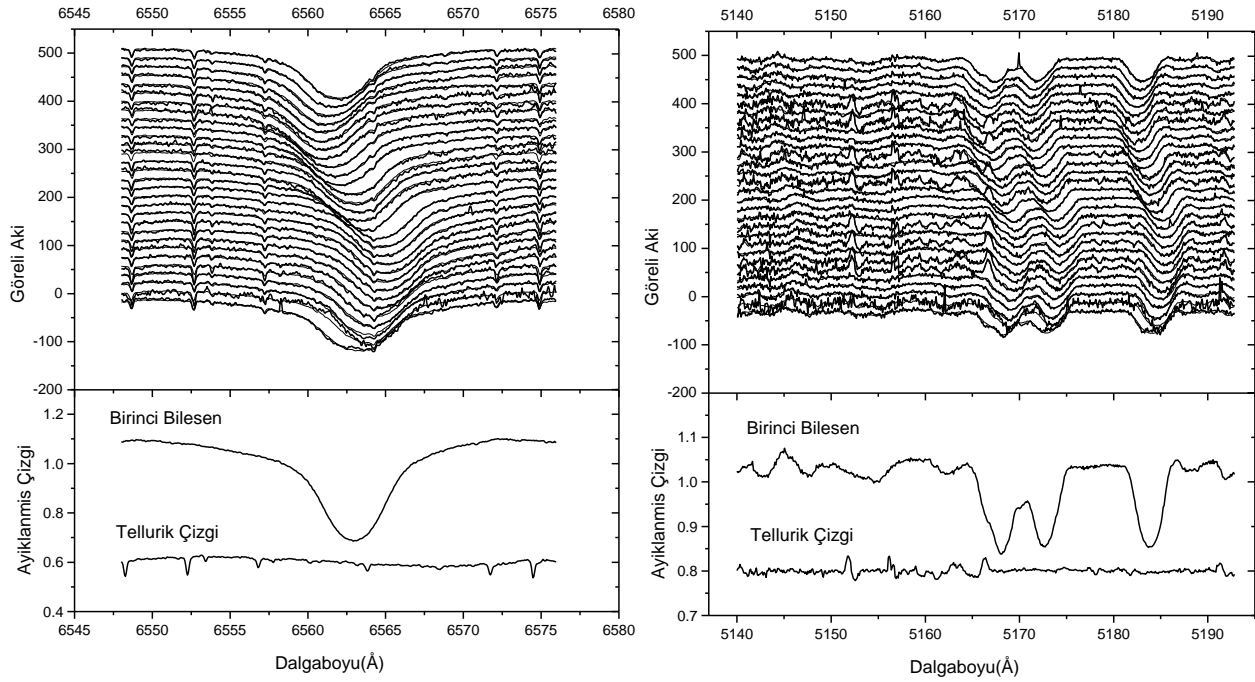


Şekil 3.23(c). Farklı evrelerden örnek olarak seçilen 131 nolu tayf dizisine yapılan cross-correlation fitleri.

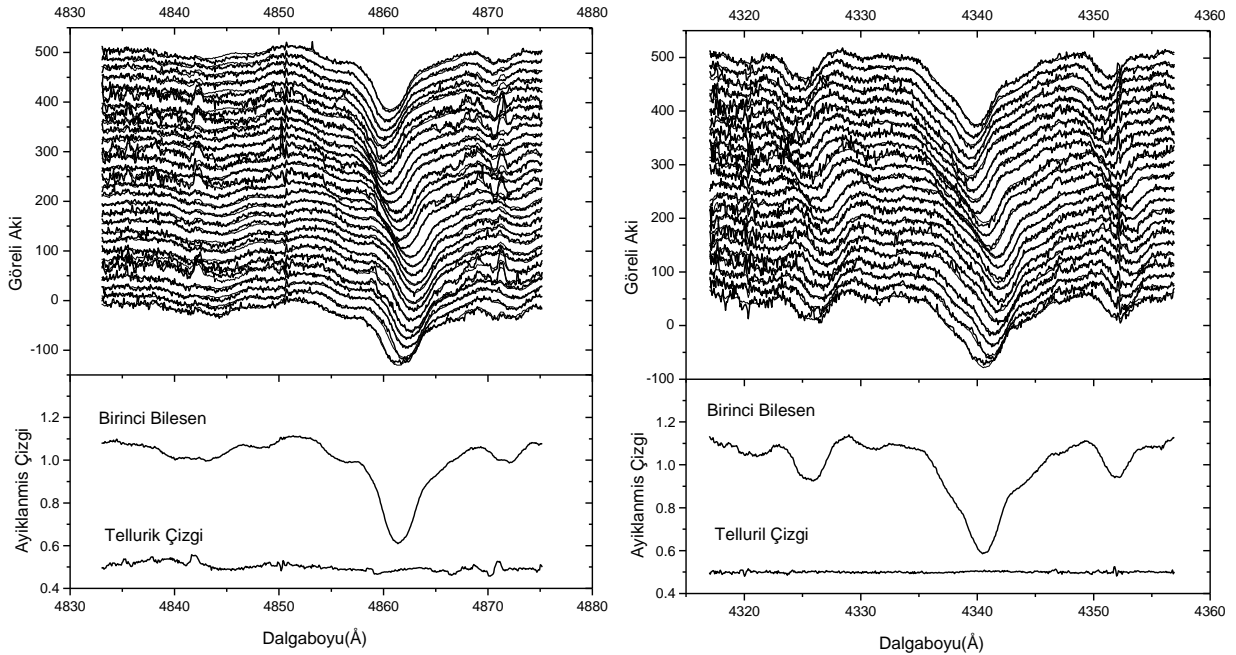
### 3.3.1.2. KOREL yöntemi ile denetleme

WZ Hor'un için KOREL koduna CCF yöntemi ile ölçülen dikine hızlardan belirlenen yörünge parametreleri (bkz. Çizelge 3.20) giriş parametreleri olarak alınmıştır. CCF yönteminde kullanılan 87, 107, 110, 117, 131, 139 ve 145 nolu tayf dizileri KOREL'de eşzamanlı analiz edilmiştir. Analizler sırasında KOREL birkaç iterasyondan sonra hata sınırları içerisinde basıklığı ( $e$ ) sıfıra yakın vermiştir. Bu nedenle yörünge çember kabul edilerek iterasyonlara devam edilmiş ve yörünge dönemi  $P_{orb}=0.72875710$  gün olarak sabit alınmıştır (Bkz. Bölüm 3.3.2). Analiz sırasında Bölüm 3.1.1.2'de CF Tuc için yapılan işlem basamaklarına benzer yol izlenmiştir. Tayflara uygulanan en iyi teorik fitler ve bileşenin

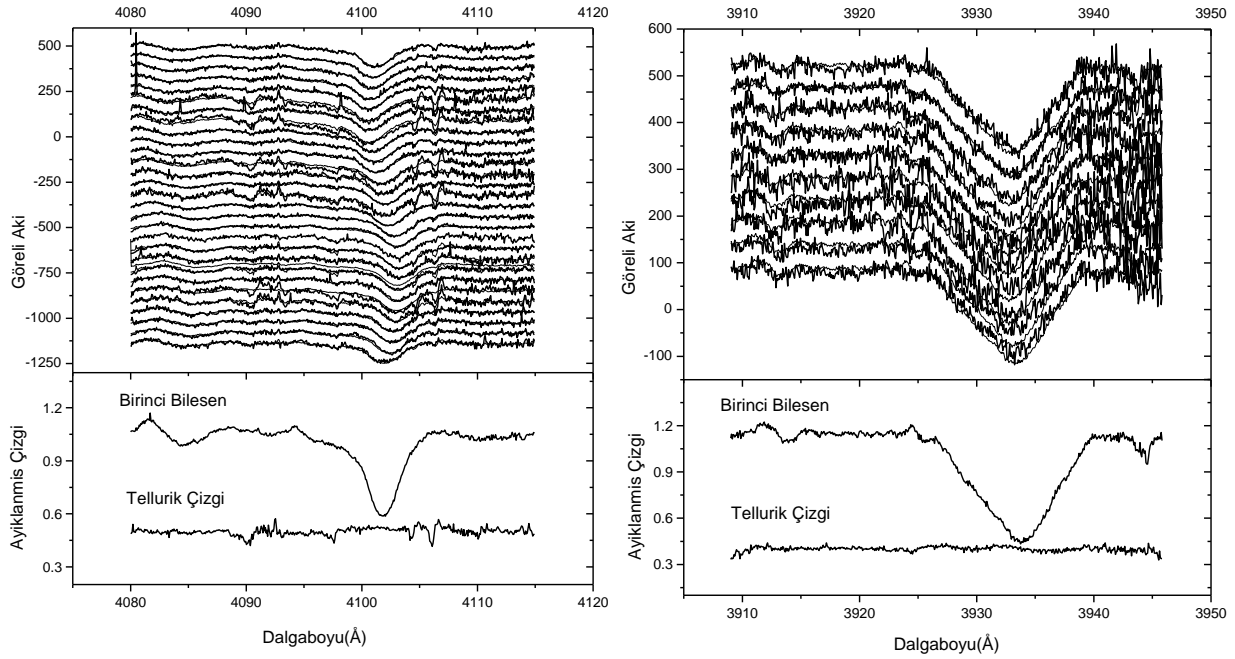
ayıklanmış tayfları ve tellurik çizgileri seçilen tayf dizileri için, Şekil 3.24(a), (b) ve (c)'de gösterilmiştir.



Şekil 3.24(a). 87 (sol panel) ve 110 (sağ panel) nolu tayf dizilerine yapılan KOREL fitleri ve birinci bileşene ait ayrıştırılmış tayf ve tellurik çizgi.



Şekil 3.24(b). 117 (sol panel) ve 131 (sağ panel) nolu tayf dizilerine yapılan KOREL fitleri ve birinci bileşene ait ayrıştırılmış tayf ve tellurik çizgi.



Şekil 3.24(c). 139 (sol panel) ve 145 (sağ panel) nolu tayf dizilerine yapılan KOREL fitleri ve birinci bileşene ait ayrıştırılmış tayf ve tellurik çizgi.

Çizelge 3.21. WZ Hor'un baş bileşenin tayfsal yörünge parametreleri

Parametre	CCF	KOREL
$P_{orb}$ (gün)	0.72875710(sbt)	0.72875710(sbt)
$T_0$ (HJD)	54369.9480(13)	54369.9498(7)
$V_\gamma$ (km/s)	-29.7(7)	-29.4(4)
$K_1$ (km/s)	93.8(10)	95.3(7)
$a_1 \sin i$ (AU)	0.0063(1)	0.0064(1)
$f(m)$ ( $M_\odot$ )	0.063(2)	0.066(3)

### 3.3.2. Işık ve dikine hız eğrisinin eşzamanlı çözümü

WZ Hor'un bu çalışmadan elde edilen 2007 *BVRI* ışık eğrileri ile yine bu çalışmadan elde edilen birinci bileşene ait olan dikine hız eğrisi, Wilson-Devinney (WD) yöntemini (Wilson ve Devinney 1971) baz alan programın 1996 versiyonu kullanılarak eşzamanlı analiz edildi. Çözüm için giriş değerleri, Monte Carlo (MC) algoritması (Zola ve ark., 1997) kullanılarak belirlenmiştir.

Analizde iterasyonlar sırasında sabit alınan parametreler: WZ Hor'un Hipparcos verisinden (ESA, 1997) hesaplanan  $B-V=0^m.41$  renk ölçeğine göre Cox (2000)'un renk

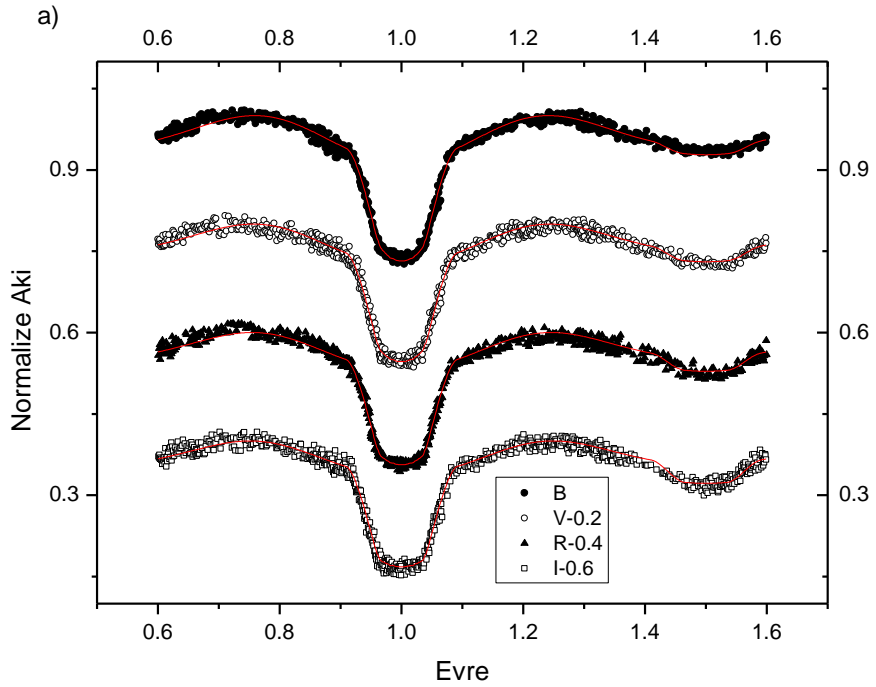
kalibrasyonu kullanılarak birinci bileşenin etkin sıcaklığı 6767 K olarak belirlendi. Kenar kararına için lineer olmayan kenar kararın katsayıları, dalgaboyu ve sıcaklığa göre, Diaz-Cordoves ve ark. (1995)'nin ve Claret ve ark. (1995)'nin verdiği çizelgelerden alınmıştır. Bileşenlerin bolometrik yansıma (albedo) katsayıları, Rucinski (1969)'nin konvektif atmosferler için verdiği 0.5 değerinde; bolometrik çekim kararın üsleri ise Lucy (1967)'nin konvektif atmosferler için verdiği 0.32 değerinde sabit tutulmuştur. Ayrıca, bileşenlerin eş-dönme yaptıkları ve yörüngenin çember olduğu varsayılmıştır.

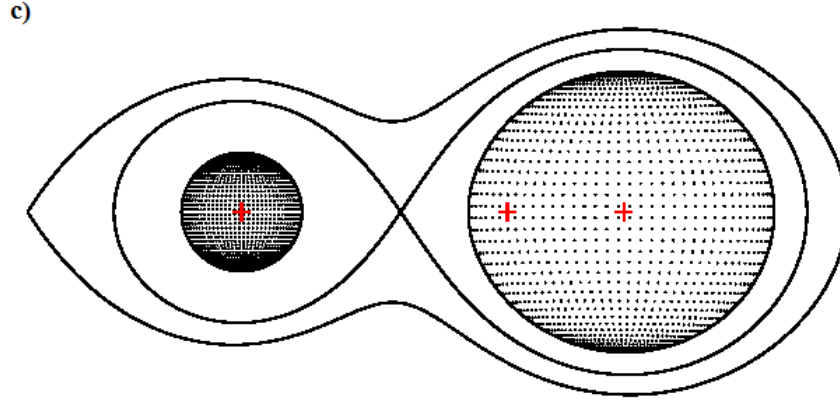
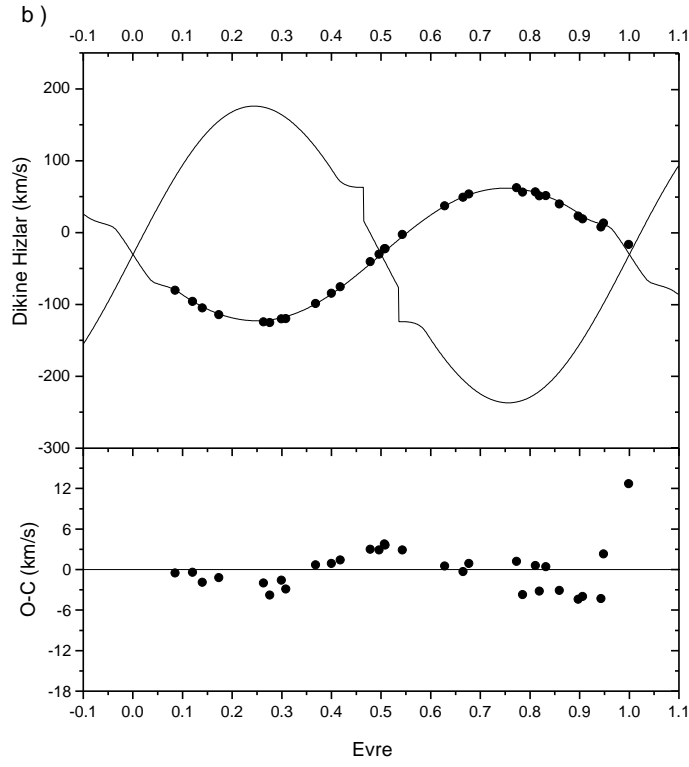
Analizler sırasında serbest bırakılan parametreler ise; görelî yörüngenin yarı-büyük eksen uzunluğu  $a$ , bileşenlerin kütle oranı  $q=m_2/m_1$ , evre kayması *Phase shift*, sistemin kütle merkezine dikine hızı  $V_\gamma$ , sistemin yörüngesinin gökyüzü düzlemine olan eğikliği  $i$ , ikinci bileşenin akı ağırlıklı ortalama yüzey sıcaklığı  $T_2$ , bileşenlerin boyutsuz normalize yüzey potansiyelleri  $\Omega_1$  ve  $\Omega_2$ , birinci bileşenin kesirsel tek renk ışıması  $L_{1B}$ ,  $L_{1V}$ ,  $L_{1R}$  ve  $L_{1I}$  'dir.  $q$ ,  $a$  ve  $V_\gamma$  için giriş değerleri dikine hız çözümlerinden alınmıştır (bkz. Bölüm 3.3.1). Analizler sırasında, üçüncü ışık katkısı ( $I_3$ ), WD programı çalıştırılırken, serbest bırakılmış, ancak iterasyonlarda fiziksel olarak anlamsız biçimde negatif değerlere gitmesinden dolayı, çözümün sonraki aşamalarında dikkate alınmamıştır. WD programında DC (diferansiyel düzeltme) yöntemi kullanılarak serbest bırakılan parametreler için düzeltme miktarları ve hataları hesaplanır. Düzeltmeler girilir ve çözüme iterasyonlar şeklinde devam edilir. İterasyonlarda, serbest bırakılan parametrelerin düzeltme miktarları hatalarından daha küçük çıkarsa, çözüm anlam kazanır ve programa son verilir. Bu şekilde WZ Hor için çalıştırılan WD programından elde edilen nihai sonuçlar ve hataları, Çizelge 3.22'de verilmekte, gözlem noktaları ile gözlemlere fit edilen kuramsal eğrilerin karşılaştırılması ve sistemin Roche geometrisi, Binary Maker Program'ı (ver.3.0, Bradstreet ve Steelman, 2002) kullanılarak çizilmiş ve Şekil 3.25'de gösterilmiştir.



Çizelge 3.22. WZ Hor çift yıldızının ışık ve dikine hız eğrisinin eşzamanlı çözümünden elde edilen parametreler ve hataları

Parametre	Değer
$a(R_{\odot})$	$4.41 \pm 0.02$
evre kayması $\Phi$	$0.0002 \pm 0.0001$
$V_{\gamma}$ (km/s)	$-30.45 \pm 0.29$
$q_{\text{con}} = m_2/m_1$	$0.438 \pm 0.002$
$i$ (derece)	$87.54 \pm 0.09$
$T_1$ (K)	6767
$T_2$ (K)	$3851 \pm 30$
$\Omega_1$	$3.138 \pm 0.004$
$\Omega_2$	$4.103 \pm 0.013$
$r_1$ (ortalama)	$0.380 \pm 0.001$
$r_2$ (ortalama)	$0.157 \pm 0.001$
$l_1/l_{12}$ B	0.9927(5)
$l_1/l_{12}$ V	0.9860(6)
$l_1/l_{12}$ R	0.9812(7)
$l_1/l_{12}$ I	0.9707(7)





**Şekil 3.25.** WZ Hor'un (a) gözlemsel 2007 *BVRI* ışık eğrileri ve bunları en iyi temsil eden teorik ışık eğrileri (b) Birinci bileşenin gözlenen dikine hızı ve bunu en iyi temsil eden teorik eğri ve (c) Sistemin Roche geometrisi.

## **BÖLÜM 4**

### **SONUÇLAR VE ÖNERİLER**

#### **4.1. CF Tuc**

CF Tuc'un yeni yüksek çözünürlüklü 24 tayfı, iki farklı yöntem (çapraz eşleme (cross-correlation) ve Fourier ayıklama (Fourier disentangling, KOREL programı, Hadrava, 2004)) kullanılarak analiz edildi ve sistemin tayfsal yörünge elemanları elde edildi. KOREL programı, yaklaşık 15 tayf çizgisi içeren 4 farklı tayf dizinine eşzamanlı uygulanarak; CF Tuc'un her iki bileşenin dikine hız değerleri elde edildi (bkz. Bölüm 3.1.1). Literatürde CF Tuc üzerine tayfsal olarak iki farklı çalışma bulunmaktadır: Collier ve ark. (1981) ve Balona (1987). Collier ve ark., CF Tuc'un 1976 ve 1978 yılları arasında 31 adet tayfını elde etmişler ve bu tayflardaki  $H_{\delta}$  soğurma çizgisinden sıcak bileşenin ve CaII H & K salma çizgilerinden aktif/soğuk bileşenin dikine hızlarını ölçmüşlerdir. Ancak ölçümleri, 14 km/s değerinden büyük standart hataya sahiptir. Balona ise yalnızca sıcak bileşenin dikine hızını ölçmüş ve bu bileşenin yörünge çözümünü yapmıştır.

CF Tuc'un yüksek duyarlıklı tayf çizgilerinden Na D2 çizgisi kullanılarak her iki bileşenin eş dönme gösterdikleri bulundu (bkz. Bölüm 3.1.2). Literatürde özellikle ikinci (aktif ve soğuk) bileşenin dönme hızı farklı değerlerde hesaplanmıştır. Örneğin, Coates ve ark. (2000), birçok yazarın (Budding ve McLaughlin, 1987; Donati ve ark., 1997; Anders ve ark., 1999) CF Tuc'un her iki bileşenin dönme hızlarını çok farklı belirlediğine dikkat çekmişlerdir. Yazarların belirledikleri dönme hızlarında, birinci (sıcak) bileşenin dönme hızı 25 – 30 km/s aralığında iken ikinci bileşenin dönme hızı 52 – 70 km/s aralığındadır. Coates ve ark., Donati ve ark. (1997)'nin ölçümlerini kullanarak, eğer bileşenler eş dönme yapıyorlarsa, sistemin mutlak parametrelerinden ikinci yıldızın izdüşüm dönme hızının  $\sim 70$  km/s olması gerektiğini vurgulamışlardır.

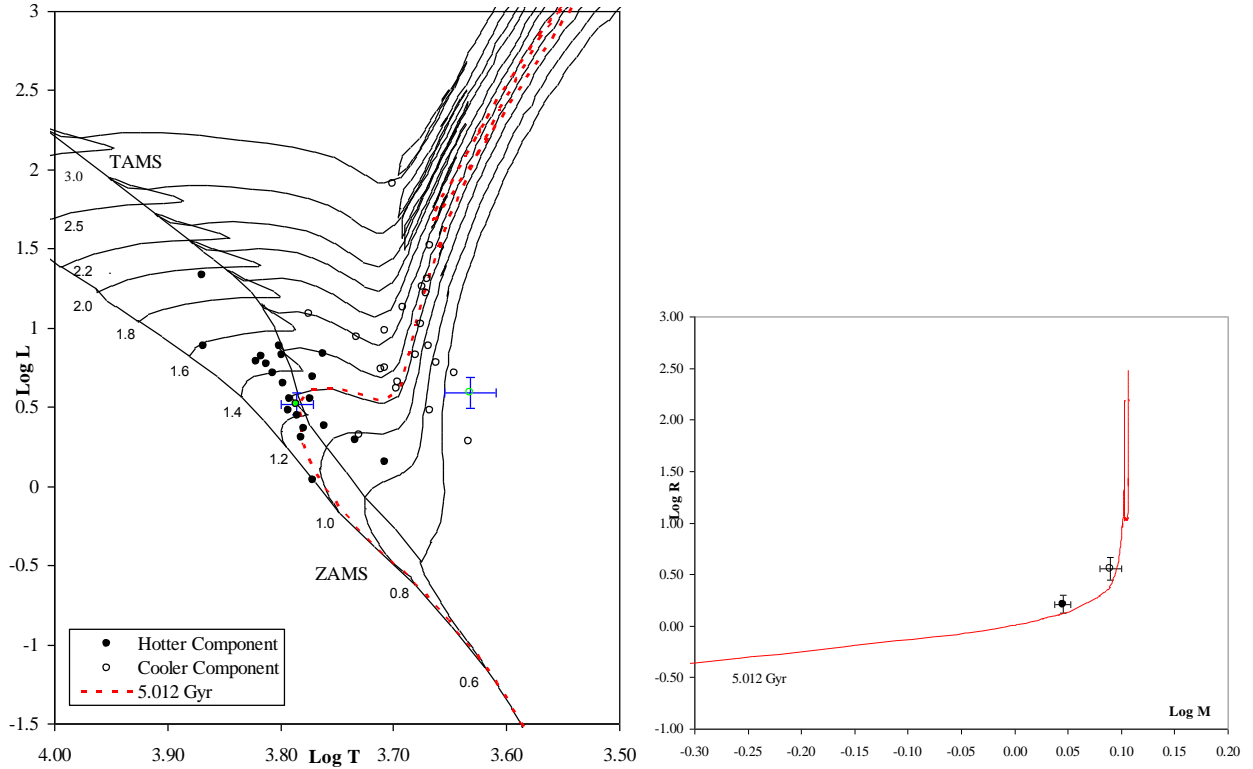
CF Tuc'un bu çalışmadan elde edilen dikine hız eğrileri ile Innis'in 2007 *BV* ışık eğrileri, Wilson-Devinney kodu kullanılarak eş zamanlı çözüldü. 2007 *BV* ışık eğrilerinde maksimumlar arasında büyük asimetrierler vardır. Göreli olarak parlak bir sistem olan CF Tuc ( $V \approx 7^m.6$ ), fotometrik yolla oldukça sık gözlenmiştir. Son 30 yılda sistemin 30 ışık eğrisi elde edilmiştir. Bu ışık eğrilerinin hemen hemen hepsinde büyük asimetrierler gözlenmiştir. Hem bu çalışmadaki tayfsal gözlemlerde hem de literatürdeki tayfsal çalışmalarda (örneğin Collier ve ark., 1981), CF Tuc'un tayfında CaII H & K salma çizgileri gözlemlenmiş ve bu çizgilerin sistemin ikinci bileşeninden kaynakladığı belirlenmiştir. Bu nedenle CF Tuc'un ikinci bileşeni

kromosferik aktif bileşendir ve ışık eğrilerinde görülen büyük asimetri, bu bileşende aktiviteden dolayı ortaya çıkan soğuk lekelerden kaynaklanmalıdır.

Budding ve Zeilik (1995), 16 yıllık zaman aralığında ve genelde V bandında elde edilen 25 adet ışık eğrisini çözdüler ve kendi programlarını (ILOT) kullanarak ikinci(soğuk) bileşenin leke aktivitesini modellediler. Anders ve ark. (1999), 1979 ve 1996 yılları arasında elde edilen 27 adet ışık eğrisini çözdüler ve ikinci yıldız üzerinde varsaydıkları bu soğuk, karanlık lekelerin parametrelerini özellikle lekelerin yarıçaplarını ve boylamlarını belirlediler. Anders ve ark., leke asimetrisinin ışık eğrilerinde genelde birinci minimumdan hemen önce ve ikinci minimumdan (0.5 evreden) hemen sonra ortaya çıktığına dikkat çektiler. CF Tuc'un bu çalışmada ele alınan 2007 BV ışık eğrilerinde de leke asimetrisi, 0.5 evreden hemen sonra kendini göstermeye başlamıştır (bkz. Şekil 3.10). Bu nedenle bu çalışmadaki ışık eğrisi modellemesinde de ikinci bileşen üzerinde tek bir leke kullanıldı. Öte yandan Hipparcos ışık eğrisi, iki ayrı asimetri göstermektedir: Birincisi, 2007 BV ışık eğrilerinde olduğu gibi ikinci minimumun hemen sonrasında, diğeri ise birinci minimumda civarında. Bu yüzden Hipparcos ışık eğrisi analiz edilirken ikinci bileşen üzerinde iki soğuk leke ele alındı. BV ışık ve dikine hız eğrilerinin eşzamanlı çözümünden elde edilen parametreler daha güvenilir olduğundan Hipparcos ışık eğrisinin iterasyonları sırasında yalnızca leke parametreleri ve birinci bileşenin ısıtması serbest bırakıldı. Işık eğrisi asimetrisi ile  $H\alpha$  salma modülasyonunun karşılaştırılması, ikinci bileşenin koromosferik/koronal aktif bölgesi ile fotosferik soğuk leke arasında konum boyutunda yakın bir ilişki olduğunu göstermektedir (bkz. Şekil 3.9). Benzer ilişkiler, birçok CAB siteminde bulunmuştur (örneğin, Frasca, Marilli ve Catalano 1998; Catalano ve ark., 2000; Biazzo ve ark., 2006; Frasca ve ark., 2008).

BV ışık ve RV dikine hız eğrilerinin eşzamanlı çözümü, CF Tuc'un mutlak parametrelerini hesaplamaya olanak sağlar. Sonuçlar, Çizelge 4.1'de verilmektedir. Yukarıda belirtildiği üzere, sistemin birinci bileşenin etkin sıcaklığı, Budding ve McLaughlin (1987), Anders ve ark. (1999)'nın çalışmalarından, 6100 K olarak alındı. Birinci bileşenin sıcaklığını belirlerken; Budding ve McLaughlin, Collier ve ark. (1982)'nin verdiği birinci bileşenin tayf türünü, Anders ve ark. ise Collier (1982)'in belirlediği renk ölçeklerini kullanmışlardır. Eğer Collier (1982)'e göre fotometrik gözlemlerinin standart hatası 0.01 olarak alınır; bu, birinci bileşenin etkin sıcaklığı 6100 K'e 200 K'lik bir yanılğı payı getirir. Diğer yandan, ikinci bileşenin sıcaklığındaki yanılğı için, WD eşzamanlı çözümün verdiği 19 K'lik standart sapmaya 200 K eklenerek, 219 K değeri verilmiştir. Hesaplamalarda Güneş'in etkin sıcaklığı, bolometrik parlaklığı ve bolometrik düzeltmesi sırasıyla 5780 K,  $4^m.75$ ,  $-0^m.14$  olarak kullanılmıştır. Sistemin her iki bileşeni için bolometrik düzeltmeler, Zombeck (1990)'den

yüzey sıcaklıklarına göre alınmıştır. Yıldızlararası soğurma boşlanarak ( $A_V=0$ ), sistemin toplam görsel salt parlaklığı  $2^m.87 \pm 0^m.15$  için CF Tuc'un uzaklığı  $89 \pm 6$  pc olarak belirlendi. van Leeuwen (2007) tarafından verilen yeni Hipparcos paralakslarına göre, CF Tuc'un uzaklığı  $89 \pm 4$  pc'dir. Bu çalışmada hesaplanan paralaks ile Hipparcos paralaksı arasındaki bu uyuşum, CF Tuc'un bu çalışmada belirlenen mutlak parametrelerinin duyarlılığını göstermektedir.



**Şekil 4.1.** Sol panelde, CF Tuc ve literatürden, güvenilir biçimde parametreleri hesaplanan, diğer RS CVn çiftlerinin bileşenlerinin HR diyagramındaki konumları (Eker ve ark., 2008). Sağ panelde ise CF Tuc'un kuramsal evrim modeli ile bileşenlerinin kütle-yarıçap konumlarının karşılaştırılması. Evrim çizgileri, Güneş'in kimyasal kompozisyonuna göre, Girardi ve ark. (2000)'dan alınmıştır. ZAMS'daki sayılar, evrim çizgileri için başlangıç kütlelerini göstermektedir.

Çizelge 4.1. CF Tuc'un mutlak parametreleri

Parametre	Birinci Bileşen	İkinci Bileşen
$M (M_{\odot})$	1.11±0.01	1.23±0.01
$R (R_{\odot})$	1.63±0.02	3.60±0.02
Log $g$ (cgs)	4.05±0.02	3.42±0.02
$T(K)$	6100±200	4286±219
$M_{bol}$	3.45±0.17	3.27±0.23
$L (L_{\odot})$	3.32±0.51	3.91±0.84
$M_v$	3.50±0.17	3.80±0.23
$M_{bol}(\text{sistem})$		2.60±0.15
$M_v(\text{sistem})$		2.87±0.15
$d(\text{pc})$		89±6

CF Tuc'un bileşenlerinin ışıma- etkin sıcaklık ( $T_{\text{eff}} - L$ , yani Hertzsprung-Russel (HR)) diyagramındaki ve kütle-yarıçap ( $M-R$ ) diyagramındaki konumları, Şekil 4.1'de gösterilmiştir. Bu diyagramlarda, CF Tuc'un konumunu karşılaştırmak için ikinci (soğuk) bileşeni daha büyük kütleli olan RS CVn türü örten çift yıldızların konumları da işaretlenmiştir. HR diyagramına göre, RS CVn'lerin soğuk bileşenleri evrimleşerek TAMS (Terminal Anakol = Terminal Main Sequence) çizgisinin ötesinde/dışında yer alırlarken sıcak bileşenler anakol bandı içinde evrimleşmiş anakol yıldızları olarak TAMS çizgisine yakın konumda bulunmaktadır. HR diyagramında ve kütle-yarıçap diyagramında CF Tuc'un bileşenleri için en uyumlu teorik eş-yaş çizgisi (isokron) de çizilmiştir. Her iki bileşen için en uygun yaklaşımı 5.012 Gyıl eş-yaş çizgisi vermektedir. da Silva ve ark. (2006)'nın Bayesian yöntemine dayanarak hazırlanan PARAM programı (<http://stev.oapd.inaf.it/cgi-bin/param>) CFTuc'un yaşını 5.3 Gyıl olarak hesaplamaktadır ki bu değer ile bizim tahmin ettiğimiz değer uyumaktadır.

CF Tuc'un yörünge dönemi değişimi çok ilginç ve çözümü de o denli zordur. CF Tuc'un O-C artıklarının değişimi iki farklı yaklaşımla ele alındı: üç ardışık doğrusal değişim ya da aşağıya doğru parabol üstüne binmiş sinüslü bir değişim. Fitlerin duyarlılığını gösteren  $\Sigma W(O-C)^2$  terimi birinci yaklaşım (doğrusal fitler) için 0.011 ve ikinci yaklaşım (parabol+sinüs fiti) için 0.009 olarak hesaplandı. İlk yaklaşım, 1986 ve 1995 yıllarında iki ani dönem değişimi vermiştir. Buna göre CF Tuc'un yörünge dönemi, 1986'da ani bir artış yaptıktan sonra, 1995 yılında ani bir azalış göstermektedir. Korunumlu kütle aktarım moduna göre yörüngede dönemdeki artışın nedeni, küçük kütleli bileşenden büyük kütleli bileşene kütle aktarımıdır. Ancak CF Tuc'un küçük kütleli bileşeni (fotometrik birinci bileşen) Roche

lobunu doldurmaya oldukça uzaktır ve bu yüzden bu bileşenden diğerine kütle aktarımı beklenemez. Dolayısıyla CF Tuc'un yörünge dönemindeki artış, kütle aktarımı mekanizmasıyla açıklanamaz. Böylece ikinci yaklaşımı ele aldığımızda (O-C'lerin parabol+sinüslü değişimi); aşağı yönlü parabol, CF Tuc'un CAB sistemleri arasında en yüksek yörünge dönemi azalmasına sahip olduğunu göstermektedir. Örtün çiftlerde dönemdeki azalıştan büyük kütleli bileşenden küçük kütleli bileşene kütle aktarımı ve/veya sistemden kütle kaybı mekanizması sorumlu tutulur. Ancak CF Tuc'un ayırık bir sistem olmasından dolayı bileşenler arasında doğrudan bir kütle aktarımı beklenemez. Bu nedenle bir olasılık olarak büyük kütleli alt dev bileşenden (fotometrik ikinci bileşen) yıldız rüzgarları ile kütle kaybı ele alınabilir. Aktif alt dev bileşen Roche lobunun ~%90'ını doldurduğu için yıldız rüzgarlarıyla kaybolan kütle büyük bir kısmı birinci bileşene aktarılırsa, kaybolan kütle kalan kısmı sistemden ayrılmalıdır. Bu hipotezi denetlemek amacıyla CF Tuc'un gözlemsel H $\alpha$  ve Ca II K tayfları gözden geçirilmiştir. Bölüm 3.1.3'te yapılan analize göre H $\alpha$  ve Ca II K salma çizgilerinin dikine hız değerleri ikinci bileşenin (soğuk bileşen) yörünge hareketini takip etmektedir; dolayısıyla, bu salma çizgilerinin kaynağı, soğuk bileşenin kromosferik ve/veya koronal katmanı olmalıdır. H $\alpha$  salma çizgisinden ölçülen dikine hızlar ise ikinci bileşenin yörünge hareketini yaklaşık 200 km/s lik büyük bir genlikle izlemektedir. Bu ölçülen dikine hız değerleri H $\alpha$  salma çizgilerinin kaynağının bileşenlerarası madde olduğunu desteklemektedir.

Sistemin yörünge dönem değişiminin sinüslü formu, ilk adımda, görünürde bir değişim olarak düşünüldü ve görülmeyen üçüncü cisimden dolayı ışık-zaman etkisi sorumlu tutuldu. Buna göre, O-C diyagramının sinüslü değişimi, büyük genlik (~0.04 gün) ve küçük dönem (~18 yıl) altında üçüncü cismin kütleli olduğunu oldukça büyük bir değerde (yani  $2.7 M_{\odot}$ ) verir. CF Tuc'un Hipparcos astrometrik verisi kullanılarak yapılan astrometrik analizi ve çiftin ortak kütle merkezi hızının değişimi üçüncü cismin varlığını kısmen desteklemektedir (bkz. Şekil 3.13, Şekil 3.14). Eğer bu üçüncü cisim bir anakol yıldızı ise, tayf türü geç B türünden mavi anakol cücesi olabilir. Ancak CF Tuc'un yaşı (~ $5 \times 10^9$  yıl) gözönüne alındığında (üçüncü cisim ve CF Tuc aynı ata yıldızlararası buluttan oluşmuşlarsa); bu üçüncü cismin böylesi genç bir anakol B cücesi olması beklenemez. Kuramsal evrim modellerine göre B yıldızlarının toplam ömür süresi  $10^8$  yıl civarındadır. Ayrıca ne yüksek çözünürlüklü tayfsal gözlemlerde ne de fotometrik analizde bu yıldızın varlığına ilişkin bir kanıt görülemedi. Bu nedenle optik bölgede görülmeyen bu üçüncü cisim bir nötron yıldızı (NS) yada bir kara delik (BH) olabilir. Bu da bize "bu yıldızın X-ışını gözlemlerinde görülebilir mi?" sorusunu akla getirir. Franciosi ve ark. (2003), CF Tuc'un BeppoSAX X-

ışını gözlemlerinde, sakin durumda  $\sim 1$  keV, parlamalar (flare) sırasında birkaç keV civarında enerji kaydetmişlerdir. Bu yumuşak X-ışını salmasının manyetik olarak aktif bileşenin koronasından geldiğini rapor etmişlerdir. Trümper (2006)'e göre, genç bir NS çok daha yüksek X-ışını salması göstermeli ve izole edilmiş bir NS 40 – 100 keV civarında ısısal X-ışını salması üretmelidir. Tipik bir nötron yıldızının atası, kütesine bağlı olarak, 100-500 Myıl içinde anakol evresini hızlı bir şekilde geçiren B türü bir yıldız olmalıdır. Yeni doğmuş bir NS,  $10^{7-8}$  K'lık bir yüzey sıcaklığına sahip olmalı ve X-ışını gözlemlerinde kolayca belirlenebilmelidir. CF Tuc durumunda olası üçlü sistemin (CF Tuc+üçüncü cisim) aynı anda oluştuğu varsayılırsa (yani fırlayan bir nötron yıldızının CF Tuc'u yakalaması değil); CF Tuc'un 2007 gözlemlerinden belirlediğimiz yaş ( $\sim 5$  Gyıl) gözönüne alındığında, olası üçüncü cisim=NS çok daha düşük yüzey sıcaklıklarına sahip olacak kadar yeterince zamanı geçirmiş olmalıdır. NS modellerine göre, patlamadan yaklaşık  $10^7$  yıl sonra nötron yıldızının sıcaklığı  $10^5$  K'e kadar düşmektedir. Diğer bir olasılık, üçüncü bileşen gerek bir NS ya da gerekse bir BH olsa, yıldızlararası madde bu sıkışık (compact) cisim üzerine yığıldıkça/biriktikçe bir (yığılma/birikme) ışınımı salınmalıdır. Zaten bir BH gözleminin yegane yolu budur. Şimdi bu senaryoyu CF Tuc için uyarlayalım:

CF Tuc ile üçüncü cisim arasındaki uzaklığın (4.9 AU) oldukça büyük olmasından dolayı NS olarak varsayılan üçüncü cisim üzerine madde yığılması için tek olasılık CF Tuc'un özellikle aktif bileşeninden gözlenen yıldız rüzgarlarıdır. CF Tuc, en yüksek oranda yıldız rüzgarı gösteren CAB yıldızları arasında olsa bile; üçüncü cismin CF Tuc'dan oldukça uzak olması, çiftin  $L_1$  Lagrangian noktasından diğer bileşene geçen maddeden çok daha az etkili olacak şekilde, yıldız rüzgarının çok az bir miktarının üçüncü cisme yığılmasına/birikmesine yol açmalıdır. NS'a yığılma/birikme ısıtması için kullanılan aşağıdaki formüller, Frank, King ve Raine (2002)'nin "Accretion Power in Astrophysics" adlı kitabından alınmıştır:

$$\frac{\dot{M}}{-\dot{M}_w} \cong \frac{1}{4} \left( \frac{M_{NS}}{M_*} \right)^2 \left( \frac{R_*}{a} \right)^2 \quad (4.1)$$

Burada  $\dot{M}$ , yıldız rüzgarının NS tarafından yakalanan kütle miktarını gösterirken;  $-\dot{M}_w$  ise yıldızın (CF Tuc'un aktif bileşeninin) yıldız rüzgarı ile kaybettiği toplam kütle miktarıdır. Gözlenebilir oranda bir yığılma/birikme ısıtması aşağıdaki denklemlerle bulunmaktadır:

$$L_{acc} \approx 10^{37} \left( \frac{\dot{M}}{-10^{-4} \dot{M}_w} \right) \left( \frac{-\dot{M}_w}{10^{-5} M_{\odot} \text{ yil}^{-1}} \right) \text{erg s}^{-1} \quad (4.2)$$



Bu iki denklem birleştirilirse, yığılma ışıması,

$$L_{acc} \approx 2.3 \cdot 10^{19} \left( \frac{M_{NS}}{M_*} \right)^2 \left( \frac{R_*}{a} \right)^2 \dot{M}_w \text{ erg s}^{-1} \quad (4.3)$$

olarak elde edilir. Burada, yıldız rüzgarının toplam kütlesi,  $\dot{M}_w$  için CF Tuc'un dönem analizinden (bkz. Bölüm 3.1.5) bulunan  $3.38 \times 10^{-7} M_{\odot}/\text{yıl} = 2.134 \times 10^{19} \text{ g/s}$  değeri,  $M_{NS}$  için üçüncü cisim için bulunan kütle  $3 M_{\odot}$ ,  $M_*$  ve  $R_*$  için CF Tuc'un ikinci bileşenin kütle ve yarıçapı ( $M_2=1.23 M_{\odot}$ ,  $R_2=3.60 R_{\odot}$ ),  $a$  için üçüncü cismin üçlü sistemin ortak kütle merkezine olan uzaklığı  $4.93 \text{ AU} = 1060 R_{\odot}$  girilirse yığılma ışıması  $L_{acc}=3.4 \times 10^{34} \text{ erg/s}$  olarak bulunur. Bu değer, tipik bir nötron yıldızı X-ışını novasının (NSXN) ve tipik bir kara delik X-ışını novasının (BHXN) sakin/durgun ısıtma değerleri (Narayan ve ark., 2002) ve tipik bir düşük kütleli X-ışını çift yıldızının sakin/durgun ışıması (Lasota, 2000) ile karşılaştırılabilir mertebededir. Dolayısıyla, CF Tuc'un üçüncü cisimi, bu mertebede bir ışıtmaya sahip NS ise X-ışını gözlemlerinde görülmelidir. (İkinci bileşenden birinci bileşene yıldız rüzgarıyla aktarılan kütle miktarı  $10^{-11} M_{\odot}/\text{yıl}$  için varsayılan bu değerden daha büyük bir aktarım olmadıkça; bkz. Bölüm 3.1.5.2). Eğer bu üçüncü bileşen, yüzeyi olmayan bir kara delik (BH) ise; rüzgarla BH'a gelen kütlelin önemli bir kısmı, sert X-ışını fotonlarına dönüşmeden olay ufğunun içinde/altında kaybolur. Ayrıca, gözönüne alınan bu BH üzerine yığılma, bir şok dalgası biçiminde olmayıp, küresel yapıda ise; yığılma ışıması, yukarıda NS için hesaplanan değerden ( $10^{-1}$  ile  $10^{-8}$  aralığında) daha düşük değerde çıkmaktadır. Bu kıyas aralığının bu denli geniş olması, ele alınan BH modelinde çok fazla değişken (dönen BH, manyetik alan, BH'nin hızı, yığılan/biriken madde vb) kullanılmaktan kaynaklanır (Shapiro 1973, 1974; Petrich ve ark. 1989; Frank ve ark. 2002). Eğer aralığın en küçük değerinde (NS için hesaplanan değerden  $10^{-8}$  kat daha düşük) bir ısıtma sözkonusu ise bu değer gözlem limitinin altında kalacağından dolayı bu üçüncü cisim=BH gözlenemez. Bu durumda CF Tuc'un yörünge hareketinin çekimsel olarak etkilendiği bu üçüncü cismin bir BH olmasına ilişkin tek kanıt, bu çalışmadaki O-C analizi olarak kalır. Öte yandan üçüncü cisim gerçekten bir BH ise; bu dünyaya en yakın BH olmalıdır.

CF Tuc'un yörünge dönemi değişiminin sinüslü kısmını açıklamanın bir diğer yolu da Applegate mekanizmasıdır. Ancak Bölüm 3.1.5.3'te yapılan hesaplamalara göre,  $M_s=0.1 M$ ,

$\Omega_{dr}=\Delta\Omega$  ve  $\Delta L_{rms}=0.1L$  koşulları altında, CF Tuc'un yörünge dönemi değişiminin gözlenen oranı Applegate mekanizması ile açıklanamamaktadır.

Sonuç olarak, CF Tuc çift yıldızında yörünge dönemi değişiminin gerçek nedenlerini tam bir güvenilir sonuçla belirleyebilmek için yeni gözlem verilerine ve bunların duyarlı/hassas analizlerine gerek vardır.

#### **4.2. KZ Pav**

KZ Pav A çift yıldızının 2007 - 2008 yaz sezonunda elde edilen yüksek çözünürlüklü tayfları, iki farklı yöntem (çapraz eşleme=cross-correlation ve KOREL programı (Hadrava, 2004)) kullanılarak analiz edildi ve sistemin tayfsal yörünge elemanları hesaplandı. KZ Pav A çiftinin WB 1988-9 *BV*, BMS 1998 *V*, Hipparcos *V* ve bu çalışmadan elde edilen 2006 *BVRI* ışık eğrileri ile bu çalışmadan elde edilen dikine hız eğrileri, Wilson-Devinney kodunun 2007 versiyonu kullanılarak, eşzamanlı çözüldü ve çift sistemin mutlak parametreleri güvenilir bir şekilde elde edildi. Sonuçlar ve hataları, Çizelge 4.2'de verilmektedir. 4 ayrı fotometrik veri seti ve 2 dikine hız veri setinin eşzamanlı çözümü, KZ Pav A'nın klasik Algol türü (yar-ayrık) bir çift sistem olduğunu ve birinci bileşenin de Roche lobunun %80'ini doldurduğunu göstermektedir.

KZ Pav A çiftinin uzaklığı belirlenirken; Schegel ve ark. (1998)'nin yıldızlararası madde/tozun kızılötesi ışınım salma modelinden renk artışı  $E_{\infty}(B-V)=0^m.049$  olarak tahmin edildi. Bu değere göre Bahcall ve Soneria (1980)'nin yönteminden  $E_d(B-V)=0^m.023$  renk artışı belirlendi ve sistemin *V* renginde yıldızlararası sönmemesi,  $A_v=3.1 E_d(B-V)$  olarak hesaplandı. Böylece yıldızlararası soğurmayı gözönüne alarak, aşağıdaki uzaklık modülü formülünden KZ Pav A çiftinin uzaklığı  $115\pm 8$  pc olarak belirlenmiştir:

$$V - M_v = 5 \log \rho - 5 + A_v \quad (4.4)$$

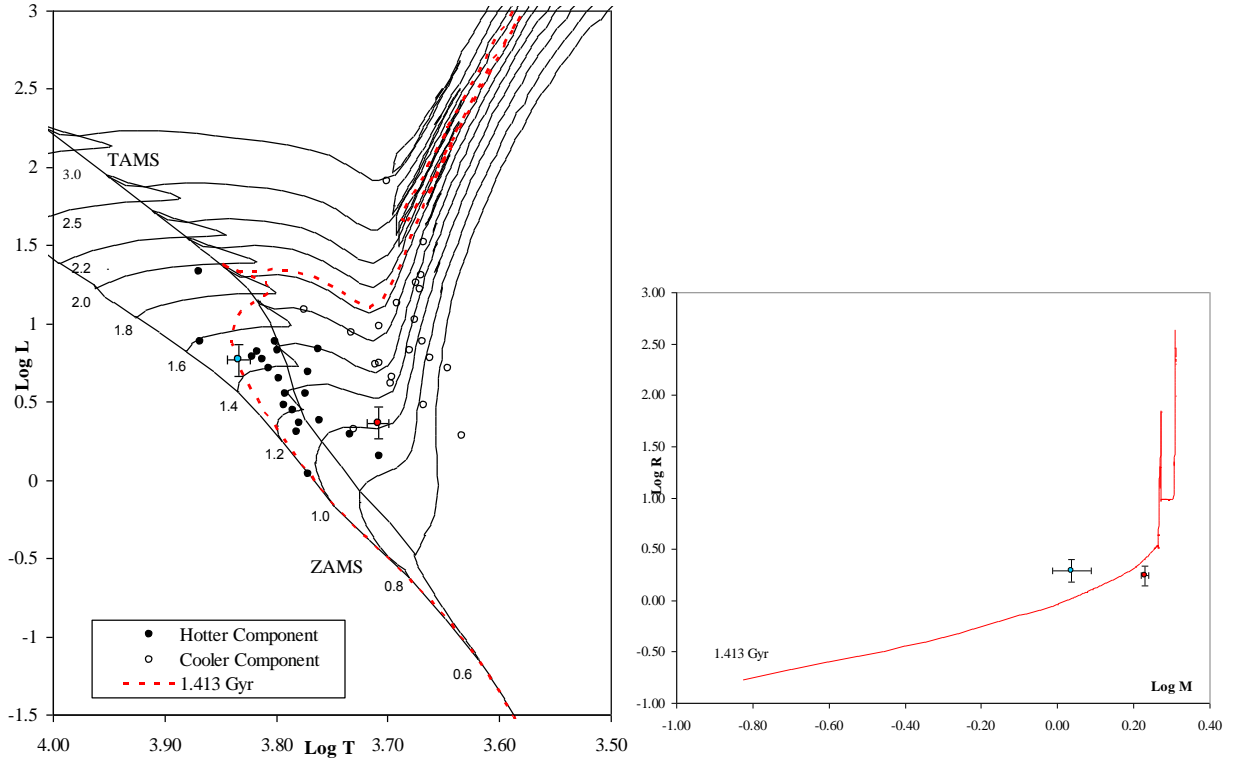
KZ Pav A çiftinin, Popper (1998)'in tutulma yöntemine, ilk Hipparcos paralaksına (ESA, 1997) ve yeni Hipparcos paralaksına (van Leeuwen, 2007) göre uzaklığı, sırasıyla,  $125\pm 11$  pc,  $99\pm 55$  pc ve  $133\pm 66$  pc çıkmaktadır. Muhtemelen KZ Pav'ın çoklu sistem olmasından dolayı Hipparcos paralaksı oldukça büyük hataya sahiptir. Dolayısıyla bu çalışmada elde edilen uzaklık değeri ( $115\pm 8$  pc), farklı yöntemlerle bulunan uzaklık değerleri arasında kabul edilebilir gözükmektedir.

Mg I (5183.6 Å) çizgisi kullanılarak bileşenlerin eşdönme gösterdikleri doğrulandı ve ikinci bileşen için yüzey türbülansı (25 - 29 km/s), birinci bileşeninkine (6 - 12 km/s) göre yüksek mertebeden hesaplandı.

**Çizelge 4.2.** KZ Pav A çift yıldızının mutlak parametreleri

Parametre	Birinci Bileşen	İkinci Bileşen
$M (M_{\odot})$	1.70±0.02	1.09±0.03
$R (R_{\odot})$	1.74±0.01	1.94±0.02
Log $g$ (cgs)	4.19±0.02	3.90±0.01
$T(K)$	6820±200	5116±209
$M_{bol}$	2.83±0.15	3.84±0.19
$L (L_{\odot})$	5.86±0.81	2.32±0.40
$M_v$	2.83±0.15	4.05±0.19
$M_v(\text{sistem})$	2.52±0.15	
$d(\text{pc})$	115±8	

KZ Pav A'nın bileşenlerinin ısıtma- etkin sıcaklık ( $T_{\text{eff}} - L$ , yani Hertzsprung-Russel (HR)) diyagramındaki ve kütle-yarıçap (M-R) diyagramındaki konumları, Şekil 4.2'de gösterilmiştir. Bu diyagramlarda, KZ Pav A'nın konumunu karşılaştırmak için ikinci (soğuk) bileşeni daha büyük kütleli olan RS CVn türü örten çift yıldızların konumları da işaretlenmiştir. HR diyagramına göre, RS CVn'lerin soğuk bileşenleri evrimleşerek TAMS (Terminal Anakol = Terminal Main Sequence) çizgisinin ötesinde/dışında yer alırlarken sıcak bileşenler anakol bandı içinde evrimleşmiş anakol yıldızları olarak TAMS çizgisine yakın konumda bulunmaktadır. HR diyagramında ve kütle-yarıçap diyagramında KZ Pav A'nın bileşenleri için en uygun teorik eş-yaş çizgisi (isokron) de çizilmiştir. Her iki bileşen için en uygun yaklaşımı 1.413 Gyl eş-yaş çizgisi vermektedir.



**Şekil 4.2.** Sol panelde, KZ Pav A ve literatürden, güvenilir biçimde parametreleri hesaplanan, diğer RS CVn çiftlerinin bileşenlerinin HR diyagramındaki konumları (veri için bkz. Eker ve ark., 2008). Sağ panelde ise KZ Pav A'nın kuramsal evrim modeli ile bileşenlerinin kütle-yarıçap konumlarının karşılaştırılması. Evrim çizgileri, Güneş'in kimyasal kompozisyonuna göre, Girardi ve ark. (2000)'dan alınmıştır. ZAMS'daki sayılar, evrim çizgileri için başlangıç kütlelerini göstermektedir.

Yörünge dönemi değişimi ele alındığında; KZ Pav A, yarı-ayrık bir çift sistem olduğundan dolayı, Roche lobunu doldurmuş olan daha küçük kütleli bileşenden daha büyük kütleli bileşene kütle aktarması beklenir. Kütle aktarımı, korunumlu moda gerçekleştiğinde sistemin yörüngesi düzenli bir şekilde artmalıdır ve *O-C* değişimi yukarı yönlü bir parabol biçiminde olmalıdır. Bu yaklaşım, WB (1996) tarafından ele alınmıştır. Ancak, BMS (2001)'nin çalışmasında aktif bir Algol olduğu ortaya çıkan bu sistemden, yıldız rüzgarları ile önemli derecede açısal momentum kaybı olabileceği gözönüne alınmalıdır. Dolayısıyla; KZ Pav A çiftinde hem kütle aktarımı hem de kütle kaybı olmalıdır. KZ Pav'ın bu çalışmada güncelleştirilen *O-C* verisine yapılan fit sonucu çıkan parabolik eğri, çiftin yörünge döneminde  $0.37 \pm 0.15$  s/yüzyıl oranında bir azalma olduğunu belirtmektedir. Bu çalışmada ele alınan modelde ikinci (aktif) bileşenin hem kütle aktardığı hem de yıldız rüzgarlarıyla kütle

kaybettiği varsayılmıştır. Bu korunumlu olmayan kütle aktarımı oranı  $10^{-8} M_{\odot}/\text{yıl}$  için ikinci bileşenden kaybolan kütle  $4.42 \times 10^{-9} M_{\odot}/\text{yıl}$  olarak hesaplanmıştır. Hall ve Kreiner (1980), dönem değişimi gösteren 33 RS CVn türü çift yıldız için kütle kaybının  $10^{-7}$  ile  $10^{-11} M_{\odot}/\text{yıl}$  aralığında değiştiğini tahmin etmişlerdir. Bu aralığa göre KZ Pav A çiftinin ikinci bileşeni için hesaplanan kütle kaybı değeri kabul edilebilir çıkmaktadır. Zaten, Hall ve Kreiner (1980), aktif yıldızların evrim süreçlerinde sistemden ortalama kütle kaybı oranının  $10^{-9} M_{\odot}/\text{yıl}$  mertebesinde olduğunu belirtmektedirler.

KZ Pav A çiftinin Şekil 3.19'daki *O-C* diyagramında verilen sinüslü değişim, iki mekanizma ele alınarak tartışıldı: (i) üçüncü cisim nedeniyle ışık-zaman etkisi ve (ii) bileşenlerden birinde veya her ikisinde var olan manyetik aktivite nedeniyle dönem değişimi. Işık-zaman etkisi için kullanılan formüller, küçük kütleli ( $\sim 0.6 M_{\odot}$ ) ve dolayısıyla sönük ( $7^m.5$ ) ve KZ Pav A'ya çok yakın bir üçüncü cisim vermektedir. Dolayısıyla üçüncü cismin varlığının günümüz gözlem teknolojisiyle doğrulanması olanaksız gözükmektedir. İkinci yaklaşımda Applegate manyetik aktivite mekanizması ele alınmış ve çıkan sonuçlar (bkz. Çizelge 3.16), ikinci bileşendeki manyetik aktivitenin çiftin yörünge döneminde modülasyona neden olabileceğini göstermiştir. Yalnız, bu modelin kanıtlanabilmesi için KZ Pav'ın ışırtmasında modelin önerdiği biçimde meydana gelebilecek değişimlerin izlenmesi gerekmektedir.

Astrometrik analiz sonucu, hem A-BC sisteminin hem de BC sisteminin görelî yörünge eğikliklerinin yüksek derecede çıkması (bkz. Çizelge 3.17 ve 3.18) ve fotometrik analiz sonucu KZ Pav A çiftinin yörünge eğikliğinin de yaklaşık aynı mertebede olması (bkz. Çizelge 3.13); tüm KZ Pav ABC çoklu sisteminin hemen hemen ortak bir yörünge düzleminde dizildiğini/olduğunu göstermektedir. Ayrıca Şekil 3.20'de çizilen yörüngede enberi noktasına yakın konumlarda A'nın BC'ye görelî olarak yaklaşması sözkonusudur. Bu geometri, Ambartsumian (1949) tarafından önerildiği biçimde, bir çoklu sistemin evriminde açısal momentum alışverişleri olduğuna/olacağına olasılık kazandırmaktadır.

### **4.3. WZ Hor**

Bu çalışmada Güney Yarımküre'den bir çift yıldız WZ Hor, modern tekniklerle Eylül-Ekim 2007'de elde edilen yüksek çözünürlüklü tayfları, iki farklı yöntem (çapraz eşleme=cross-correlation=CCF ve KOREL programı (Hadrava, 2004)) kullanılarak analiz edildi. Sistemin CCF yöntemiyle birinci bileşene ait dikine hız değerleri elde edildi ve tayfsal yörünge elemanları hesaplanarak WZ Hor'un tayfsal olarak tek çizgili bir sistem (SB1)

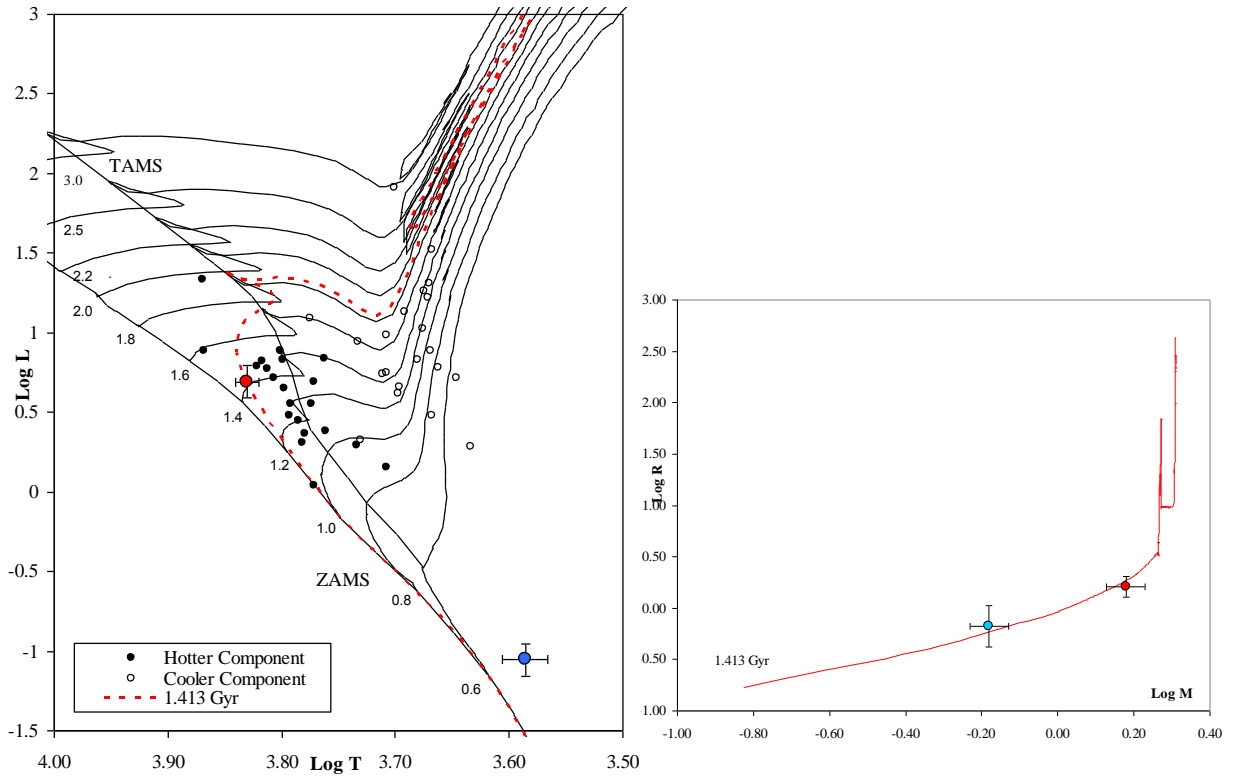
olduğu belirlenmiştir. Aynı gözlem sezonunda WZ Hor'un *BVRI* filtrelerinde ışık eğrileri de elde edildi. WZ Hor'un aynı gözlem sezonunda elde edilen *BVRI* ışık eğrileri ile birinci bileşene ait dikine hız eğrisi, Wilson-Devinney (WD) yöntemini (Wilson ve Devinney 1971) baz alan programın 1996 versiyonu kullanılarak eşzamanlı olarak analiz edildi ve çift sistemin mutlak parametreleri elde edildi. Sonuçlar ve hataları, Çizelge 4.3'de verilmektedir. Analizler sonucunda WZ Hor'un Klasik Algol değil, ters (reverse) Algollere benzer ayırık bir çift sistem olduğu görülmüştür. Daha büyük kütleli, daha sıcak olan birinci bileşen daha büyük boyuta sahipken; daha küçük kütleli, daha soğuk olan ikinci bileşen daha küçük boyuta sahiptir. Bu konfigürasyona göre birinci minimum halkalı örtme (annular transit), ikinci minimum ise tam örtülme (total occultation) olmaktadır.

WZ Hor'un uzaklığı tahmin edilirken; Schegel ve ark. (1998)'nin yıldızlararası madde/tozun kızılötesi ışınım salma modelinden renk artışı  $E_{\infty}(B-V)=0^m.022$  olarak tahmin edildi. Bu değere göre Bahcall ve Soneria (1980)'nin yönteminden  $E_d(B-V)=0^m.010$  renk artışı belirlendi. Böylece, yıldızlararası soğurma gözönüne alınarak, uzaklık modülü formülünden WZ Hor'un olası uzaklığı  $95\pm 6$ pc olarak belirlenmiştir. WZ Hor'un, ilk Hipparcos paralaksına (ESA, 1997) ve yeni Hipparcos paralaksına (van Leeuwen, 2007) göre uzaklığı, sırasıyla,  $96\pm 6$ pc ve  $96\pm 4$  pc çıkmaktadır. Dolayısıyla bu çalışmada (fotometrik yöntemle) elde edilen uzaklık değeri ( $95\pm 6$ pc) ile paralaks yöntemiyle bulunan uzaklık değerlerinin hemen hemen aynı değerde çıkması, WZ Hor'un fotometrik çözümünde hesaplanan mutlak parametrelerinin duyarlı/güvenilir olduğunu göstermektedir.

Hesaplanan mutlak parametrelere bağlı olarak bileşenlerin HR diyagramındaki yerleri ışıltma- etkin sıcaklık ( $T_{\text{eff}} - L$ , yani Hertzsprung-Russel (HR)) diyagramındaki ve kütle-yarıçap (M-R) diyagramındaki konumları, Şekil 4.3'de gösterilmiştir. Bu diyagramlarda, WZ Hor'un konumunu karşılaştırmak için ikinci (soğuk) bileşeni daha büyük kütleli olan RS CVn türü örten çift yıldızların konumları da işaretlenmiştir. HR diyagramına göre, soğuk bileşen evrimleşerek anakolu terketmiş gözükmüşken, sıcak bileşen anakol bandı içinde evrimleşmiş bir anakol yıldızı olarak TAMS çizgisine yakın konumda bulunmaktadır. HR diyagramında ve kütle-yarıçap diyagramında WZ Hor'un bileşenleri için en uygun teorik eş-yaş çizgisi (isokron) de çizilmiştir. Her iki bileşen için en uygun yaklaşımı 1.413 Gyıl eş-yaş çizgisi vermektedir.

Çizelge 4.3. WZ Hor çift yıldızının mutlak parametreleri

Parametre	Birinci Bileşen	İkinci Bileşen
$M (M_{\odot})$	$1.51 \pm 0.03$	$0.66 \pm 0.01$
$R (R_{\odot})$	$1.62 \pm 0.01$	$0.67 \pm 0.01$
$\text{Log } g \text{ (cgs)}$	$4.20 \pm 0.02$	$4.61 \pm 0.02$
$T(K)$	$6767 \pm 200$	$3851 \pm 230$
$M_{\text{bol}}$	$3.02 \pm 0.14$	$7.39 \pm 0.28$
$L (L_{\odot})$	$4.93 \pm 0.64$	$0.09 \pm 0.02$
$M_v$	$3.15 \pm 0.14$	$8.76 \pm 0.28$
$M_v(\text{sistem})$	$3.13 \pm 0.13$	
$d(\text{pc})$	$95 \pm 6$	



**Şekil 4.3.** Sol panelde, WZ Hor ve literatürden, güvenilir biçimde parametreleri hesaplanan, diğer RS CVn çiftlerinin bileşenlerinin HR diyagramındaki konumları (Eker ve ark., 2008). Sağ panelde ise WZ Hor'un kuramsal evrim modeli ile bileşenlerinin kütle-yarıçap konumlarının karşılaştırılması. Evrim çizgileri, Güneş'in kimyasal kompozisyonuna göre, Girardi ve ark. (2000)'dan alınmıştır. ZAMS'daki sayılar, evrim çizgileri için başlangıç kütlelerini göstermektedir.

## KAYNAKLAR

- Ambartsumian V. A., 1949, *Astron. Zh.*, 26, 1
- Anders G. J., Coates D. W., Thompson K. ve Innis J. L., 1999. Observations of active-chromosphere stars - V. A photometric study of the RS CVn system CF Tuc (HD 5303). *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 310(2): 377-386.
- Applegate J. H., 1992. The cooling of neutron stars by the direct URCA process. *Astrophysical Journal*, 394: 17-20.
- Bahcall J. N. ve Soneira R. M., 1980. The universe at faint magnitudes. I - Models for the galaxy and the predicted star counts. *Astrophysical Journal Supplement Series*, 44: 73-110.
- Bakıs, V., Erdem A., Budding E., Demircan O. ve Bakıs, H., 2005. Astrometric Solution of the Multiple System Xy Leo. *Astrophysics and Space Science*, 296(1-4): 131-134.
- Bakıs, V., Budding E., Erdem A., Bakıs, H., Demircan O. ve Hadrava P., 2006. Analysis of  $\delta$  Librae including Hipparcos astrometry. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 370(4): 1935-1945.
- Balona L. A., 1987. Radial velocities of calcium emission stars. I - Observations at Sutherland. *South African Astronomical Observatory, Circulars*, 11: 1-12.
- Basri G., 1987. Stellar activity in synchronized binaries. II - A correlation analysis with single stars. *Astrophysical Journal*, 316: 377-388.
- Bessell M. S., 2000. The Hipparcos and Tycho Photometric System Passbands. *The Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 112(773): 961-965.
- Biazzo K., Frasca A., Henry G. W., Catalano S. ve Marilli E., 2005. Photospheric temperature measurements in young main sequence stars. *Proceedings of the 13th Cambridge Workshop on Cool Stars, Stellar Systems and the Sun, held 5-9 July, 2004 in Hamburg, Germany. Edited by F. Favata, G.A.J. Hussain, and B. Battrick. ESA SP-560, European Space Agency*, 560: 445.
- Biazzo K., Frasca A., Marilli E., Henry G. W., Soyduğan F., Erdem A. ve Bakıs H., 2006. First Simultaneous Photometric and Spectroscopic Analysis of the Active star IT Com. *Information Bulletin on Variable Stars*, 5740: 1.
- Bidelman, W. P. ve MacConnell, D. J., 1973. The brighter stars astrophysical interest in the southern sky. *Astron. J.*, 78: 687-733.
- Bopp B.W. ve Fekel F.C., 1977. The BY Draconis variable FF Andromedae. *Publ. Astron. Soc. Pacific*, 89: 65-68.



- Bradstreet D. H. ve Steelman D. P., 2002. Binary Maker 3.0 - An Interactive Graphics-Based Light Curve Synthesis Program Written in Java. *American Astronomical Society.*, 201: 7502.
- Budding E. ve McLaughlin E., 1987. Observations and analysis of CF TUC. *Astrophysics and Space Science*, 133(1): 45-58.
- Budding E. ve Zeilik M., 1987. An analysis of the light curves of short-period RS Canum Venaticorum stars - Starspots and fundamental properties. *Astrophysical Journal*, 319: 827-835.
- Budding E. ve Zeilik M., 1995. Photometric Investigation of the RS CVn Binary CF TUC. *Astrophysics and Space Science*, 232(2): 355-376.
- Budding E., Slee O. B. ve Jones K., 1998. Further discussion of binary star radio survey data. *Publications Astronomical Society of Australia*, 15(2): 183-188.
- Budding E., Marsden S. C. ve Slee B., 2001. The Active Algol Binary KZ Pavonis. *Publications of the Astronomical Society of Australia*, 18(2): 140-147.
- Budding E. ve Demircan O., 2007. Introduction to Astronomical Photometry, 2 edn. *Cambridge Univ. Press*, Cambridge.
- Budding E., İlek G. ve Demircan O., 2009. Absolute parameters of young stars - I. U Ophiuci. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 393(2): 501-510.
- Catalano S., Rodono M., Frasca A. ve Cutispoto C., 1996. Photometric and H $\alpha$  modulation on active stars. *Stellar surface structure: proceedings of the 176th Symposium of the International Astronomical Union, held in Vienna, Austria*, 176: 403.
- Catalano S., Rodono M., Cutispoto G., Frasca A., Marilli E., Marino G. ve Messina S., 2000. H $\alpha$  line and photometric variability in magnetically active stars. *IN NATO Science Series C: Mathematical and Physical Sciences*, 544: 687.
- Chugainov P. F., 1966. On the Variability of HD 234677. *Information Bulletin on Variable Stars*, 122: 1.
- Claret A., Diaz-Cordoves J. ve Gimenez A., 1995. Linear and non-linear limb-darkening coefficients for the photometric bands R I J H K. *Astronomy and Astrophysics Supplement*, 114:, 247-252.
- Coates D. W., Halprin L., Sartori P. A. ve Thompson K., 1983. Photoelectric photometry of HD 5303. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 202, 427-435.

- Coates D. W., Thompson K. ve Innis J. L., 2000. Comment on the Radius of the Cooler Component of the Eclipsing RS CVn Binary CF Tuc (HD 5303). *Information Bulletin on Variable Stars*, 5007: 1.
- Collier A. C., Hearnshaw J. B. ve Austin R. R. D., 1981. The Southern Rs-Canum Binary HD5303. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 197: 769.
- Collier A. C., 1982, PhD thesis, Univ. Canterbury, Christchurch
- Collier A. C., Haynes R. F., Slee O. B., Wright A. E. ve Hiller D. J., 1982. A coordinated radio and H-alpha survey of southern RS CVn systems and related objects. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 200: 869-880.
- Cutispoto G. ve Leto G., 1997. Long-term monitoring of active stars. VI. UBV(RI)\_c observations collected in Sep.-Oct. 1990. *Astronomy and Astrophysics Supplement*, 121: 369-378.
- Cox, A. N., 2000. Allen's Astrophysical Quantities, 4th ed.....
- da Silva L. ve ark., 2006. Basic physical parameters of a selected sample of evolved stars. *Astronomy and Astrophysics*, 458(2): 609-623.
- de Medeiros J. R. ve Mayor M., 1995. On the link between rotation and coronal activity in evolved stars. *Astronomy and Astrophysics*, 302: 745.
- Diaz-Cordoves J., Claret A. ve Gimenez A., 1995. Linear and non-linear limb-darkening coefficients for LTE model atmospheres. *Astronomy and Astrophysics Supplement*, 110: 329.
- Demircan O., 1986. On the Coronal Activity of RS CVn Systems. *Information Bulletin on Variable Stars*, 2969: 1.
- Demircan O., 1987. Is there period-activity correlation in RS CVn-type binary systems?. *Astrophysics and Space Science*, 136(1): 201-205.
- Demircan O. ve Kahraman G., 1991. Stellar mass-luminosity and mass-radius relations. *Astrophysics and Space Science*, 181(2): 313-322.
- Demircan O., 1999. Dynamical evolution of the RS CVn-type binaries. *Turkish J. Phys.*, 23(2): 425-432.
- Dempsey Robert C., Linsky Jeffrey L., Fleming Thomas A. ve Schmitt J. H. M. M., 1993. The ROSAT All-Sky Survey of active binary coronae. I - Quiescent fluxes for the RS Canum Venaticorum systems. *Astrophysical Journal Supplement Series*, 86(2): 599-609.

- Doğru D., Erdem A., Doğru S. S. ve Zola S., 2009. The chromospherically active binary CFTuc revisited. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 397(3): 1647-1660.
- Donati J.-F., Semel M., Carter B. D., Rees D. E. ve Collier C. A., 1997. Spectropolarimetric observations of active stars. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 291: 658.
- Drake Stephen A., Simon Theodore ve Linsky Jeffrey L., 1992. Radio continuum and X-ray properties of the coronae of RS Canum Venaticorum and related active binary systems. *Astrophysical Journal Supplement Series*, 82(1): 311-321.
- Eker Z. ve ark., 2008. A catalogue of chromospherically active binary stars (third edition). *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 389(4): 1722-1726.
- Erdem A., Soyduğan F., Doğru S. S., Özkardes, B., Doğru D., Tüysüz M. ve Demircan O., 2007a. First period analyses of five neglected Algol-type eclipsing binaries: TT And, V342 Aql, RW Cap, BZ Cas and TW Lac. *New Astronomy*., 12(8): 613-621.
- Erdem A., Doğru S. S., Bakıs, V. ve Demircan O., 2007b. Orbital period variations of four Algol-type eclipsing binaries: SW Cyg, UU Leo, XX Cep and BO Vul. *Astronomische Nachrichten*., 328(6): 543.
- ESA, 1997. The Hipparcos and Tycho Catalogues, ESA SP-1200. ESA, Noordwijk
- Fernandez-Figueroa M. J., Sedano J. L. ve Castro E., 1986. The MG II emission in a sample of regular-period RS CVn systems. *Astronomy and Astrophysics*, 169(1-2): 237-243.
- Franciosini E., Pallavicini R. ve Tagliaferri G., 2003. BeppoSAX observations of CF Tucanae and TY Pyxidis. *Astronomy and Astrophysics*, 399: 279-285.
- Frank J., King A. ve Raine D., 2002. Accretion Power in Astrophysics, 3rd edn. *Cambridge Univ. Press*, Cambridge, p. 75.
- Frasca A., Sanfilippo D., Catalano S., 1996. H $\alpha$  observations of VW Cephei. *Astronomy and Astrophysics*, 313: 532-536.
- Frasca A., Catalano S. ve Mantovani D., 1997. H $\alpha$  emission in the chromospherically active binary  $\sigma_2$  Coronae Borealis (TZ CrB). *Astronomy and Astrophysics*, 320: 101-108.
- Frasca A., Marilli E. ve Catalano S., 1998. Photospheric and chromospheric activity in the late-type giant component of the evolved binary system HD 185510. *Astronomy and Astrophysics*, 333: 205-218.
- Frasca A., Marino G., Catalano S. ve Marilli E., 2000. AR Lacertae: H $\alpha$  chromospheric emission and radial velocities from long-term optical spectroscopy. *Astronomy and Astrophysics*, 358: 1007-1021.

- Frasca A., Freire Ferrero R., Marilli E. ve Catalano S., 2000. Spots and plages on a young main-sequence solar-type star: HD 206860. *Astronomy and Astrophysics*, 364: 179-190.
- Frasca A., Biazzo K., Catalano S., Marilli E., Messina S. ve Rodono M., 2005. Measuring starspot temperature from line-depth ratios. II. Simultaneous modeling of light and temperature curves. *Astronomy and Astrophysics*, 432(2): 647-655.
- Frasca A., Biazzo K., Tas, G., Evren S. ve Lanzafame A. C., 2008. Spots, plages, and flares on  $\lambda$  Andromedae and II Pegasi. *Astronomy and Astrophysics*, 479(2): 557-565.
- Gazengel F., Spagna A., Pannunzio R., Morbidelli R. ve Sarasso M., 1995. The HIPPARCOS multiple stars: reduction methods and preliminary results. *Astronomy and Astrophysics*, 304: 105.
- Geddes M., 1940, *Astron. Bull. Carter Obser.*, 7.
- Girardi L., Bressan A., Bertelli G. ve Chiosi C., 2000. Evolutionary tracks and isochrones for low- and intermediate-mass stars: From 0.15 to 7  $M_{\text{sun}}$ , and from  $Z=0.0004$  to 0.03. *Astronomy and Astrophysics Supplement*, 141: 371-383.
- Glebocki R., ve Stawikowski A., 1988. Are tides responsible for enhanced MG II emission in late-type binaries?. *Astronomy and Astrophysics*, 189(1-2): 199-203.
- Gunn A. G., Migenes V.; Doyle J. G., Spencer R. E. ve Mathioudakis M., 1997. Radio and extreme-ultraviolet observations of CF Tucanae. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 287(1): 199-210.
- Hadrava P., 1995. Orbital elements of multiple spectroscopic stars. *Astronomy and Astrophysics Supplement*, 114: 393.
- Hadrava P., 1997. Relative line photometry of eclipsing binaries. *Astronomy and Astrophysics Supplement*, 122: 581-584.
- Hadrava P., 2004. Disentangling of spectra of multiple stars. in ASP Conf. Ser. *Astron. Soc. Pac.*, San Francisco, 318: 86-94.
- Hall D. S., 1976. in Multiple Periodic Variable Stars, Part I, IAU Colloquium No.29, ed. By W.S. Fitch (Reidel, Dordrecht), 287.
- Hall D. S. ve Kreiner J. M., 1980. Period changes and mass loss rates in 34 RS CVn binaries. *Acta Astronomica.*, 30(3): 387-451.
- Hall D. S., Cannon R. O., III ve Rhombs C. G., 1984. UBV light curves of the eclipsing binary RS Cephei. *Astronomical Journal*, 89: 559-561.

- 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. *Experimental Astronomy*, 13(2), 59-76.
- Hearnshaw J. B. ve Oliver J. P., 1977. HD 5303: a New Southern RS Canum Venaticorum Binary. *Information Bulletin on Variable Stars*, 1342: 1.
- Herschel J. F. W., 1847. Results of Astronomical Observations Made During the Years 1834, 5, 6, 7, 8, At the Cape of Good Hope; Being the Completion of a Telescopic Survey of the Whole Surface of the Visible Heavens, Commenced in 1825. Smith, Elder and Company
- Hilditch R. W., 2001. An Introduction to Close Binary Stars. *Cambridge Univ. Press*, Cambridge, p. 292.
- Hoffmeister C., 1943. Kleinere Veroff. Univ-sternwarte Berlin Babelsberg, No. 27.
- Hoffmeister C., 1949. *Astron. Nachr.*, 12.
- Holden F., 1978. Measures of southern visual double stars. *Publ. Astron. Soc. Pac.*, 90: 587-593.
- Houk N. ve Cowley A. P., 1975. University of Michigan Catalogue of two-dimensional spectral types for the HD stars. Volume I. Declinations -90\_ to -53\_f0. mcts.book.....H
- Huang S.-S., 1963. Modes of Mass Ejection by Binary Stars and the Effect on Their Orbital Periods. *Astrophysical Journal*, 138: 471.
- Innis J. L., Coates D.W., Thompson K. ve Thompson R., 2003. Period Change in an RS CVn BINARY - what drives CF Tuc?. *Information Bulletin on Variable Stars*, 5444: 1.
- Innis J. L., Coates D. W. ve Kaye T. G., 2007a. CCD photometry of CF Tuc and a note on the orbital period. *Open Eur. J. Var. Stars*, 65(1): 1.
- Innis J. L., Coates D. W. ve Kaye T. G., 2007b. CCD B & V Photometry of the Young, Active, Late-type Star PZ Telescopii. *Peremennye Zvezdy*, 27:1.
- Innis J. L., 2008. özel haberleşme.
- Kopal Z., 1955. The classification of close binary systems. *Annales d'Astrophysique*, 18: 379.
- Kreiner J. M., Kim C.-H. ve Nha I.-S., 2001. An Atlas of O – C Diagrams of Eclipsing Binary Stars. Wydawnictwo Naukowe AP, Krakow
- Kron G. E., 1947. The probable detection of patches of varying brightness on AR Lacertae B. *Publ. Astron. Soc. Pac.*, 350: 261-265.
- Kron G. E., 1952. A Photoelectric Study of the Dwarf M Eclipsing Variable YY Geminorum. *Astrophysical Journal*, 115: 301.

- Kürster M., 1994. ROSAT observations of long-duration stellar flares. *Astron. Ges., Abstr. Ser.*, 10: 22.
- Kürster M. ve Schmitt J. H. M. M., 1996. Forty days in the life of CF Tucanae (=HD 5303). The longest stellar X-ray flare observed with ROSAT. *Astronomy and Astrophysics*, 311: 211-229.
- Kwee K. K. ve van Woerden H., 1956. A method for computing accurately the epoch of minimum of an eclipsing variable. *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands*, 12: 327.
- Lasota J.-P., 2000. X-rays from quiescent low-mass X-ray binary transients. *Astronomy and Astrophysics*, 360: 575-582.
- Lucy L. B., 1967. Gravity-Darkening for Stars with Convective Envelopes. *Zeitschrift für Astrophysik*, 65: 89-92.
- Majer P., Schmitt J. H. M. M., Golub L., Harnden F. R., Jr. ve Rosner R., 1986. X-ray spectra and the rotation-activity connection of RS Canum Venaticorum binaries. *Astrophysical Journal*, 300: 360-373.
- Mallama A. D., 1982. Notes on ten Southern Hemisphere eclipsing binaries. *Astronomical Society of the Pacific, Publications*, 94: 987-988.
- Malkov, O. Yu., Oblak, E., Snegireva, E. A. ve Torra, J., 2006. A catalogue of eclipsing variables. *Astronomy and Astrophysics*, 446(2): 785-789.
- Marino G., Catalano S., Frasca A. ve Marilli E., 2001. New physical elements of HR 7428 and its H $\alpha$  behaviour. *Astronomy and Astrophysics*, 375: 100-112.
- Mathioudakis M., Fruscione A., Drake J. J., McDonald K., Browyer S. ve Malina R. F., 1995. Activity versus rotation in the extreme ultraviolet. *Astronomy and Astrophysics*, 300: 775.
- Narayan R., Garcia M. R. ve McClintock J. E., 2002. X-ray novae and the evidence for black hole event horizons. in Gurzadyan V. G., Jantzen R. T., Ruffini R., eds, The Ninth Marcel Grossmann Meeting. World Scientific Press, Singapore, p. 405-425.
- Nordström B., Mayor M., Andersen J., Holmberg J., Pont F., Jørgensen B. R., Olsen E. H., Udry S. ve Mowlavi N., 2004. The Geneva-Copenhagen survey of the Solar neighbourhood. Ages, metallicities, and kinematic properties of  $\sim 14\,000$  F and G dwarfs. *Astronomy and Astrophysics*, 418: 989-1019.
- Olah K., Budding E., Butler C. J., Houdebine E. R., Gimenez A. ve Zeilik M., 1992. The interrelation of UV and optical activity diagnostics in HK Lacertae. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 259(2): 302-314.

- Olah K., Marik D., Houdebine E. R., Dempsey R. C. ve Budding E., 1998. MG II h&k line diagnostics of IM Pegasi. *Astronomy and Astrophysics*, 330: 559-568.
- Pallavicini R., Randich S. ve Giampapa M. S., 1992. Lithium in RS CVn binaries and related chromospherically active stars. I - Observational results. *Astronomy and Astrophysics*, 253(1): 185-198.
- Petrich L. I., Shapiro S. L., Stark R. F. ve Teukolsky S., 1989. Accretion onto a moving black hole - A fully relativistic treatment. *Astrophysical Journal*, 336: 313-349.
- Popper D. M. ve Jeong Y.-C., 1994. Procedures for radial velocities of close binaries from spectra obtained with the Lick echelle-CCD spectrometer. *Astronomical Society of the Pacific, Publications*, 106(696): 189-199.
- Popper D. M., 1998. HIPPARCOS Parallaxes of Eclipsing Binaries and the Radiative Flux Scale. *The Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 110(750): 919-922.
- Pounds, K.A., ve ark., 1993. The ROSAT Wide Field Camera all-sky survey of extreme-ultraviolet sources. I - The Bright Source Catalogue. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 260(1): 77-102.
- Pribulla T., 2008. özel haberleşme.
- Randich S., Gratton R. ve Pallavicini R., 1993, *Astronomy and Astrophysics*, 273(1): 194.
- Randich S., Giampapa M. S. ve Pallavicini R., 1994. Lithium in Rs-Canum Binaries and Related Chromospherically Active Stars - Part Three - Northern Rs-Canum Systems. *Astronomy and Astrophysics*, 283(3): 893.
- Ribas I., Arenou F. ve Guinan E. F., 2002. Astrometric and Light-Travel Time Orbits to Detect Low-Mass Companions: A Case Study of the Eclipsing System R Canis Majoris. *The Astronomical Journal*, 123(4): 2033-2041.
- Richards M. T. ve Albright G. E., 1999. Morphologies of H $\alpha$  Accretion Regions in Algol Binaries. *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 123(2): 537-626.
- Rocha-Pinto H. J., Castilho B. V. ve Maciel W. J., 2002. Chromospherically young, kinematically old stars. *Astronomy and Astrophysics*, 384: 912-924.
- Rodono M., 1980. Stellar Activity. *Mem. S.A.It.*, 51: 623-658.
- Rodono M. ve ark., 1987. Rotational modulation and flares on RS CVn and BY DRA stars. III - IUE observations of V711 Tau (= HR 1099), II Peg, and AR Lac. *Astronomy and Astrophysics*, 176(2): 267-284.

- Rucinski S. M., 1969. The Proximity Effects in Close Binary Systems. II. The Bolometric Reflection Effect for Stars with Deep Convective Envelopes. *Acta Astronomica.*, 19: 245.
- Rucinski S. M. ve Duerbeck H. W., 1997. Absolute Magnitude Calibration for the W UMa-Type Systems Based on HIPPARCOS Data. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 109: 1340-1350.
- Schlegel D. J., Finkbeiner D. P. ve Davis M., 1998. Maps of Dust Infrared Emission for Use in Estimation of Reddening and Cosmic Microwave Background Radiation Foregrounds. *Astrophysical Journal*, 500: 525.
- Schrijver C. J. ve Zwaan C., 1991. Activity in tidally interacting binaries. *Astronomy and Astrophysics*, 251(1): 183-198.
- Schwobe A., Hasinger G., Lehmann I., Schwarz R., Brunner H., Neizvestny S., Ugryumov A., Balega Yu., Trümper J. ve Voges W., 2000. The ROSAT Bright Survey: II. Catalogue of all high-galactic latitude RASS sources with PSPC countrate  $CR > 0.2 \text{ s}^{-1}$ . *Astronomische Nachrichten.*, 321(1): 1-52.
- Shapiro S. L., 1973. Accretion onto Black Holes: the Emergent Radiation Spectrum. II. Magnetic Effects. *Astrophysical Journal*, 185: 69-82.
- Shapiro S. L., 1974. Accretion onto Black Holes: the Emergent Radiation Spectrum. III. Rotating (kerr) Black Holes. *Astrophysical Journal*, 189: 343-352.
- Shaw J. S., 1970. Photoelectric Photometry of HO Telescopii and KZ Pavonis. PhD thesis, Univ. Pennsylvania, 31-10, 5778.
- Shaw J. S., 1971. The Eclipsing Binary KZ Pavonis as a Member of the Visual Multiple h5231. *Bulletin of the American Astronomical Society*, 3: 403.
- Simon T. ve Fekel F. C., 1987. The dependence of ultraviolet chromospheric emission upon rotation among late-type stars. *Astrophysical Journal*, 316: 434-448.
- Singh K. P., Drake S. A. ve White N. E., 1996. RS CVn Versus Algol-Type Binaries: A Comparative Study of Their X-Ray Emission. *Astronomical Journal*, 111: 2415.
- Skuljan J., Ramm D. 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. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 352(3): 975-983.
- Skuljan J. ve Wright D., 2007, HRSP Hercules Reduction Software Package, vers. 3. Univ. Canterbury, New Zealand.
- Slee O. B., Nelson G. J., Stewart R. T., Wright A. E., Jauncey D. L., Heisler L. H., Bunton J. D., Vaughan A. E., Large M. I., Peters W. L. ve Ryan S. G., 1987. A very



- intense, long-lasting radio flare on HD 32918. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 227: 467-479.
- Stewart R. T., 1989. Do all stars have magnetic fields?. *Astronomical Society of Australia, Proceedings*, 8(1): 60-61.
- Strassmeier K. G., Hall D. S., Zeilik M., Nelson E., Eker Z. ve Fekel, F. C., 1988. A catalog of chromospherically active binary stars. *Astronomy and Astrophysics Supplement Series*, 72(2): 291-345.
- Strassmeier K. G., Fekel F. C., Bopp B. W., Dempsey R. C. ve Henry G. W., 1990. Chromospheric CA II H and K and H-alpha emission in single and binary stars of spectral types F6-M2. *Astrophysical Journal Supplement Series*, 72: 191-230.
- Strassmeier K. G., Hall D. S., Fekel F. C. ve Scheck M., 1993. A catalog of chromospherically active binary stars (second edition). *Astronomy and Astrophysics Supplement Series*, 100(1): 173-225.
- Strohmeier W., Knigge R. ve Ott H., 1965. Bright Southern BV-Stars. *Information Bulletin on Variable Stars*, 115: 1.
- Strohmeier W., 1967. Elements for Sonneberg Variables (IV). *Information Bulletin on Variable Stars*, 184: 1.
- Strohmeier W. ve Knigge R., 1969. Results of the Bamberg Southern Hemisphere Sky Patrol. *Monthly Notes of the Astron. Soc. Southern Africa*, 28: 75.
- Sürgit D., Erdem A. ve Budding E., 2010. The Algol binary system KZ Pavonis revisited. *Monthly Notes of the Astron. Soc. Southern Africa*, 407(1): 497-506.
- Thompson K., Coates D. W. ve Anders G., 1991. The period change rate in the RS CVn binary HD 5303. *PASAu*, 9(2): 283-284.
- Tokovinin A. A., 1997. MSC - a catalogue of physical multiple stars. *Astronomy and Astrophysics Supplement*, 124: 75-84.
- Tonry J. ve Davis M., 1979. A survey of galaxy redshifts. I - Data reduction techniques. *Astronomical Journal*, 84: 1511-1525.
- Trümper J., 2006. Deep searches for isolated radio-quiet neutron stars. in Whitelock P. A., Dennefeld M., Leibundgut B., eds, Proc. *IAU Symp.* 232, Scientific Requirements for Extremely Large Telescopes. Cambridge Univ. Press, Cambridge, p. 232: 236-240.
- van Hamme W. ve Wilson R. E., 2007. Third-Body Parameters from Whole Light and Velocity Curves. *The Astrophysical Journal, Volume*, 661(2): 1129-1151.
- van Leeuwen F., 2007. Validation of the new Hipparcos reduction. *Astronomy and Astrophysics*, 474(2): 653-664.

- Vilhu O. ve Rucinski S. M., 1983. Period-activity relations in close binaries. *Astronomy and Astrophysics*, 127: 5-14.
- Walker W. S. G. ve Budding E., 1996. The eclipsing binary system KZ Pav. *The Observatory*, 116: 149-155 (WB).
- Walter F. M., 1981. On the coronae of rapidly rotating stars. II - A period-activity relation in G stars. *Astrophysical Journal*, 245: 677-681.
- Welty A. D. ve Ramsey L. W., 1995. On the Role of Mass Transfer in X-Ray Emission of RS CVN Systems. *Astronomical Journal*, 109: 2187.
- Wendker H. J., 1995. Radio continuum emission from stars: a catalogue update. *Astron. Astrophys. Suppl.*, 109: 177-179.
- Wilson R. E. ve Devinney E. J., 1971. Realization of Accurate Close-Binary Light Curves: Application to MR Cygni. *Astrophysical Journal*, 166: 605.
- Yakut K. ve Ibanoglu C., 2000. BVR Photometry of RS CVn Type Binary RT Andromedae. *Information Bulletin on Variable Stars*, 4991: 1.
- Young A. ve Koniges A., 1977. A study of the occurrence of singly ionized calcium emission in late-type spectroscopic binary stars. *Astrophysical Journal*, 211: 836-843.
- Young A., Ajir F. ve Thurman G., 1989. Chromospheric activity in evolved stars - The rotation-activity connection and the binary-single dichotomy. *Astronomical Society of the Pacific, Publications*, 101: 1017-1031.
- Zasche P. ve Wolf M., 2007. Combining astrometry with the light-time effect: The case of VW Cep,  $\zeta$  Phe and HT Vir. *Astronomische Nachrichten*, 328(9): 928.
- Zola S., Kolonko M. ve Szczech M., 1997. Analysis of a photoelectric light curve of the W UMa-type binary ST Ind. *Astronomy and Astrophysics*, 324, 1010-1012.
- Zombeck M. V., 1990. Handbook of Astronomy and Astrophysics, 2nd edn. *Cambridge Univ. Press*, Cambridge, UK.

## ÇİZELGELER LİSTESİ

Sayfa No

Çizelge 2.1.	CF Tuc'un tayfsal gözlemleri ile ilgili bilgiler.....	12
Çizelge 2.2.	KZ Pav'ın tayfsal gözlemleri ile ilgili bilgiler.....	13
Çizelge 2.3.	WZ Hor'un tayfsal gözlemleri ile ilgili bilgiler.....	14
Çizelge 2.4.	WZ Hor'un mukayese ve denet yıldızlarının kimlik bilgileri.....	20
Çizelge 2.5.	WZ Hor sisteminin bu çalışmada elde edilen CCD minimum zamanları.....	21
Çizelge 3.1.	CF Tuc'un dikine hız ölçümlerinde kullanılan tayf dizileri ve tayf çizgileri.....	23
Çizelge 3.2.	85, 88, 97 ve 110 nolu tayf dizilerinin çapraz eşleme yönteminden hesaplanan yörünge parametreleri.....	23
Çizelge 3.3.	CF Tuc'un yörünge elemanları.....	28
Çizelge 3.4.	CF Tuc'un bileşenlerine ait dikine hız değerleri ve üzerine yapılan en iyi teorik fitin <i>O-C</i> değerleri.....	28
Çizelge 3.5.	Na D2 (5892 Å) çizgisi için iki farklı evrede uygulanan fit parametreleri.....	30
Çizelge 3.6.	CAB yıldızı CF Tuc'un ışık ve dikine hız eğrilerinin eşzamanlı çözümünden elde edilen parametreler ve hataları.....	38
Çizelge 3.7.	CF Tuc'un <i>O-C</i> değişiminin ve astrometrik verinin çözüm parametreleri.....	46
Çizelge 3.8.	KZ Pav'ın dikine hız ölçümlerinde kullanılan tayf dizileri ve tayf çizgileri.....	50
Çizelge 3.9.	88, 93, 108, 110, 115 ve 127 nolu tayf dizilerinin çapraz eşleme yönteminden hesaplanan hızlarının ortalamasından elde edilen yörünge parametreleri.....	50
Çizelge 3.10.	KZ Pav'ın tayfsal yörünge elemanları.....	51
Çizelge 3.11.	KZ Pav'ın bileşenlerine ait dikine hız değerleri ve üzerine yapılan en iyi teorik fitin <i>O-C</i> değerleri.....	51
Çizelge 3.12.	İki farklı evrede Mg I (5183.6) çizgilerine uygulanan PROF fit sonuçları.....	57

Çizelge 3.13.	KZ Pav A çift yıldızının ışık ve dikine hız eğrilerinin eşzamanlı çözümünden elde edilen parametreler ve hataları.....	59
Çizelge 3.14.	KZ Pav (A-BC) sisteminde yıldızların <i>BVRI</i> filtrelerindeki parlaklıkları ve ortalama hataları.....	60
Çizelge 3.15.	KZ Pav A'nın <i>O-C</i> çözümünden elde edilen parametreleri.....	64
Çizelge 3.16.	KZ Pav A'nın Applegate modeline göre elde edilen sonuçlar.....	65
Çizelge 3.17.	KZ Pav A-BC (IDS 20490-7048 A-BC) çoklu sisteminin astrometrik yörünge çözüm sonuçları.....	67
Çizelge 3.18.	KZ Pav BC çift sisteminin astrometrik yörünge çözüm sonuçları.....	67
Çizelge 3.19.	WZ Hor'un baş bileşeninin dikine hız değerleri ve hataları.....	70
Çizelge 3.20.	WZ Hor'un dikine hız ölçümlerinde kullanılan tayf dizileri ve tayf çizgileri.....	71
Çizelge 3.21.	WZ Hor'un baş bileşeninin tayfsal yörünge parametreleri.....	74
Çizelge 3.22.	WZ Hor çift yıldızının ışık ve dikine hız eğrisinin eşzamanlı çözümünden elde edilen parametreler ve hataları .....	76
Çizelge 4.1.	CF Tuc'un mutlak parametreleri.....	81
Çizelge 4.2.	KZ Pav A çift yıldızının mutlak parametreleri.....	86
Çizelge 4.3.	WZ Hor çift yıldızının mutlak parametreleri.....	90

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1.	RS CVn'nin tutulma dışındaki ışık eğrisinin yıllara göre değişimi (Rodono, 1980).....	4
Şekil 1.2.	BY Dra'nın ışık değişimi (Chugainov, 1966).....	5
Şekil 1.3.	RS Cep'in (üst panelde, Hall ve ark., 1984) ışık değişimi, RT And'ın ışık değişimi (alt panelde, Yakut ve Ibanoglu, 2000) görülmektedir.....	6
Şekil 2.1.	CF Tuc'un BV ışık eğrisi (Innis, 2008).....	15
Şekil 2.2.	CF Tuc'un Hipparcos uydusunun gözlemlerinden elde edilen ışık eğrisi (ESA, 1997).....	16
Şekil 2.3.	KZ Pav'ın BV ışık eğrisi (Walker ve Budding, 1996).....	17
Şekil 2.4.	KZ Pav'ın V ışık eğrisi (Budding, Marsden ve Slee, 2001).....	18
Şekil 2.5.	KZ Pav'ın Hipparcos uydusunun gözlemlerinden elde edilen ışık eğrisi (ESA, 1997).....	18
Şekil 2.6.	KZ Pav'ın 2006 BVRI ışık eğrisi.....	19
Şekil 2.7.	WZ Hor, mukayese (GSC 8862 717) ve denet (GSC 8862 475) yıldızlarının bu çalışmada 2007 gözlemlerinde elde edilen örnek bir CCD görüntüsü. Görüntü, 60cm Optical Craftsman (OC) teleskop ve buna takılı ST-9 CCD kamera ile V filtresinde 2 s'lik bir poz süresi verilerek alınmıştır. Görüntünün boyutu, 7.3 açıdakikası x 7.3 açıdakikası'dır.....	20
Şekil 2.8.	WZ Hor'un 2007 BVRI ışık ve renk eğrileri.....	21
Şekil 3.1.	CCF için seçilen 85 nolu tayf dizisi için CF Tuc ve mukayese tayfı HD 36079 (üstte), çapraz eşleme fonksiyonu çıktısı (ortada), dikine hızlar ve üzerine yapılan en iyi teorik fit (altta) gösterilmektedir.....	24
Şekil 3.2(a).	85 (üst panel) ve 88 (alt panel) nolu tayf dizilerine yapılan KOREL fitleri ve bileşenlere ilişkin ayrıştırılmış tayflar.....	26
Şekil 3.2(b).	97 (üst panel) ve 110 (alt panel) nolu tayf dizilerine yapılan KOREL fitleri ve bileşenlere ilişkin ayrıştırılmış tayflar.....	27
Şekil 3.3.	0.371 evresi (üst panelde) ve 0.826 evresinde (alt panelde) Na D2 çizgisine yapılan PROF fitlerinin sonuçları.....	29
Şekil 3.4.	CF Tuc için 2007'de gözlenen H $\alpha$ çizgi profillerinin yörünge	

	periyoduna göre ilk yarısı (sol panel) ve diğer yarısı (sağ panel). Dik olarak çizilen çizgi H $\alpha$ çizgisinin laboratuvar dalgaboyunu ( $\lambda_0 = 6562.82 \text{ \AA}$ ) gösteriyor.....	31
Şekil 3.5.	Farklı yörünge evrelerinde CF Tuc için gözlenen CaII H&K tayflarından örnekler.....	32
Şekil 3.6.	CF Tuc için 2007'de gözlenen CaII K çizgi profillerinin yörünge dönemine göre ilk yarısı (sol panel) ve diğer yarısı (sağ panel). Dik olarak çizilen düz çizgi, CaII K çizgisinin laboratuvar dalga boyunu ( $\lambda_0 = 3933.66 \text{ \AA}$ ) gösteriyor.....	32
Şekil 3.7.	H $\alpha$ ve CaII K salma çizgilerinden ölçülen RV değerlerinin değişimi. Sürekli çizgiler, CF Tuc'un bileşenlerinin ışık ve RV eğrilerinin eşzamanlı çözümünden elde edilen teorik RV eğrilerini temsil etmektedir.....	33
Şekil 3.8.	CF Tuc'un bileşenlerinin 3 boyutlu konfigürasyonu. Aktif, büyük yarıçaplı bileşende leke bölgesi ile H $\alpha$ salması veren bölgenin konum bazındaki ilişkisi gösterilmeye çalışılmıştır. Üst panelde leke bölgesi koyu renkle belirtilirken alt panelde sistemin Roche geometrisi kullanılmıştır.....	35
Şekil 3.9.	CF Tuc'un, tutulma ve yakınlık etkileri çıkarıldıktan sonra, gözlemsel <i>B</i> ve <i>V</i> parlaklık değerlerinin (üstteki iki panelde) ve H $\alpha$ ve CaII K salma çizgilerinin gözlemsel eşdeğer genişlik değerlerinin (alttaki iki panelde) yörünge evresine göre değişimleri.....	36
Şekil 3.10.	<b>(a)</b> CF Tuc'un <i>BV</i> ve Hipparcos gözlemsel ışık eğrileri ve bunları en iyi temsil eden teorik ışık eğrileri, <b>(b)</b> Bileşenlerin gözlenen dikine hızları ve bunları en iyi temsil eden teorik eğriler, <b>(c)</b> <i>BV</i> ve Hipparcos gözlemsel ışık eğrileri asimetriyelerinden çıkarılan, sırasıyla, tek leke ve çift lekeyi gösteren bileşenlerin 3 boyutlu konfigürasyonları, <b>(d)</b> sistemin Roche geometrisi.....	39
Şekil 3.11.	CF Tuc'un Denklem (3.6)'da verilen ışık ögeleri kullanılarak oluşturulan <i>O-C</i> artıklarının doğrusal değişimleri.....	43
Şekil 3.12.	CF Tuc'un <i>O-C</i> değişiminin aşağı parabol (kesikli çizgi) üzerine binmiş sinüslü (sürekli çizgi) temsili. Üstten birinci panelde, Anders ve ark. (1999)'nın ışık elemanları kullanılarak hesaplanan <i>O-C</i> <sub>1</sub> (üst	

	panel) değerleri; ikinci panelde Denklem (3.11)'e göre hesaplanan $O-C_2$ değerleri gösterilmektedir.....	43
Şekil 3.13.	CF Tuc'un, üçlü sistemin ortak kütle merkezi etrafında çizdiği yörüngesinde dikine hız değişiminin kuramsal temsili, sürekli eğri ile gösterilirken; üç gözlem noktası da hata çubuklarıyla birlikte işaretlenmiştir.....	44
Şekil 3.14.	Hipparcos astrometrik verisi ile Çizelge 2.8'de sunulan astrometrik çözümü temsil eden yörünge.....	44
Şekil 3.15.	CCF için seçilen 110 nolu tayf dizisi için KZ Pav ve mukayese tayfı HD 693 (üstte), çapraz eşleme fonksiyonu çıktısı (ortada), dikine hızlar ve üzerine yapılan en iyi teorik fit (altta) gösterilmektedir.....	52
Şekil 3.16(a).	88 (üst panel) ve 93 (alt panel) nolu tayf dizilerine yapılan KOREL fitleri ve bileşenlere ilişkin ayrıştırılmış tayflar.....	53
Şekil 3.16(b).	108 (üst panel) ve 110 (alt panel) nolu tayf dizilerine yapılan KOREL fitleri ve bileşenlere ilişkin ayrıştırılmış tayflar.....	54
Şekil 3.16(c).	115 (üst panel) ve 127 (alt panel) nolu tayf dizilerine yapılan KOREL fitleri ve bileşenlere ilişkin ayrıştırılmış tayflar.....	55
Şekil 3.17.	0.232 evresi (üst panelde) ve 0.798 evresinde (alt panelde) Mg I (5183.6) çizgisine yapılan PROF fitleri.....	56
Şekil 3.18.	KZ Pav A'nın (a) 1988-9 BV, 1998 V ve Hipparcos ve (b) 2006 BVRI gözlemsel ışık eğrileri ve bunları en iyi temsil eden teorik ışık eğrileri. (c) Bileşenlerin gözlenen dikine hızları ve bunları en iyi temsil eden teorik eğriler ve (d) sistemin Roche geometrisi.....	61
Şekil 3.19.	KZ Pav'ın $O-C$ değişiminin aşağı parabol (kesikli çizgi) üzerine binmiş sinüslü (sürekli çizgi) temsili.	64
Şekil 3.20.	KZ Pav (IDS 20490-7048 A-BC) çoklu sistemin astrometrik yörünge çözümü. KZ Pav A örten çiftinin konumu çarpıyla gösterilmiştir. Açık üçgenler gözlem noktalarını göstermekte; içi dolu kare, enberi konumunu belirtmektedir. İçi dolu yuvarlaklar, kuramsal yörüngede gözlem noktalarına karşılık konumları temsil etmektedir. Küçük elips, C'nin, BC sisteminin kütle merkezine göre, görelî yörüngesini göstermektedir.....	68
Şekil 3.21.	KZ Pav BC sisteminin astrometrik yörünge çözümü. Çarpıyla	

	gösterilen B'nin konumuna göre C'nin görelî yörüngesi temsil edilmektedir. Açık üçgenler gözlem noktalarını göstermekte; içi dolu kare, enberi konumunu belirtmektedir. İçi dolu yuvarlaklar, kuramsal yörüngede gözlem noktalarına karşılık konumları temsil etmektedir.....	68
Şekil 3.22.	WZ Hor'un CCF ile elde edilen dikine hız eğrisi ve üzerine yapılan fit.....	70
Şekil 3.23(a).	Farklı evrelerden örnek olarak seçilen 127 nolu tayf dizisine yapılan cross-correlation fitleri.....	72
Şekil 3.23(b).	Farklı evrelerden örnek olarak seçilen 117 nolu tayf dizisine yapılan cross-correlation fitleri.....	72
Şekil 3.23(c).	Farklı evrelerden örnek olarak seçilen 131 nolu tayf dizisine yapılan cross-correlation fitleri.....	72
Şekil 3.24(a).	87 (sol panel) ve 110 (sağ panel) nolu tayf dizilerine yapılan KOREL fitleri ve birinci bileşene ait ayrıştırılmış tayf ve tellurik çizgi.....	73
Şekil 3.24(b).	117 (sol panel) ve 131 (sağ panel) nolu tayf dizilerine yapılan KOREL fitleri ve birinci bileşene ait ayrıştırılmış tayf ve tellurik çizgi.....	73
Şekil 3.24(c).	139 (sol panel) ve 145 (sağ panel) nolu tayf dizilerine yapılan KOREL fitleri ve birinci bileşene ait ayrıştırılmış tayf ve tellurik çizgi.....	74
Şekil 3.25.	WZ Hor'un (a) gözlemsel 2007 <i>BVRI</i> ışık eğrileri ve bunları en iyi temsil eden teorik ışık eğrileri (b) Birinci bileşenin gözlenen dikine hızı ve bunu en iyi temsil eden teorik eğri ve (c) Sistemin Roche geometrisi.....	76
Şekil 4.1.	Sol panelde, CF Tuc ve literatürden, güvenilir biçimde parametreleri hesaplanan, diğer RS CVn çiftlerinin bileşenlerinin HR diyagramındaki konumları (Eker ve ark., 2008). Sağ panelde ise CF Tuc'un kuramsal evrim modeli ile bileşenlerinin kütle-yarıçap konumlarının karşılaştırılması. Evrim çizgileri, Güneş'in kimyasal kompozisyonuna göre, Girardi ve ark. (2000)'dan alınmıştır. ZAMS'daki sayılar, evrim çizgileri için başlangıç kütlelerini göstermektedir.....	80
Şekil 4.2.	Sol panelde, KZ Pav A ve literatürden, güvenilir biçimde parametreleri hesaplanan, diğer RS CVn çiftlerinin bileşenlerinin HR diyagramındaki konumları (veri için bkz. Eker ve ark., 2008). Sağ	



panelde ise KZ Pav A'nın kuramsal evrim modeli ile bileşenlerinin kütle-yarıçap konumlarının karşılaştırılması. Evrim çizgileri, Güneş'in kimyasal kompozisyonuna göre, Girardi ve ark. (2000)'dan alınmıştır. ZAMS'daki sayılar, evrim çizgileri için başlangıç kütlelerini göstermektedir..... 87

Şekil 4.3.

Sol panelde, WZ Hor ve literatürden, güvenilir biçimde parametreleri hesaplanan, diğer RS CVn çiftlerinin bileşenlerinin HR diyagramındaki konumları (Eker ve ark., 2008). Sağ panelde ise WZ Hor'un kuramsal evrim modeli ile bileşenlerinin kütle-yarıçap konumlarının karşılaştırılması. Evrim çizgileri, Güneş'in kimyasal kompozisyonuna göre, Girardi ve ark. (2000)'dan alınmıştır. ZAMS'daki sayılar, evrim çizgileri için başlangıç kütlelerini göstermektedir..... 90

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Derya SÜRGİT

Doğum Yeri : Isparta

Doğum Tarihi : 20.04.1980

### EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : Çanakkale onsekiz Mart Üniversitesi Fizik Bölümü, 1998-2002

Yuksek Lisans Öğrenimi : Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fizik Anabilim Dalı, 2002-2005

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

### BİLİMSEL FAALİYETLERİ

#### a) Yayınlar -SCI –Diğer

- 1) **Sürgit, D.**; Erdem, A.; Budding, E., “The Algol binary system KZ Pavonis revisited”, MNRAS, 407, 497, 2010
- 2) **Doğru, D.**; Erdem, A.; Dogru, S. S.; Zola, S., “The chromospherically--active binary CF Tuc revisited”, MNRAS, 397, 1647, 2009
- 3) **Doğru, D.**, Erdem, A.; Dogru, S. S. “The CCD photometric study of the newly identified RS CVn binary star V1034 Hercules”, NewA, 14, 711, 2009
- 4) Erdem, A.; Budding, E.; Soydugan, E.; Bakış, H.; **Doğru, D.**; Doğru, S. S.; Tüysüz, M.; Kaçar, Y.; Dönmez, A.; Soydugan, F., “The 2006/2007 photometric activity of three chromospherically active stars: V2075 Cyg, FG UMa and BM CVn”, NewA, 14,545, 2009
- 5) A. Erdem, E. Budding, E. Soydugan, F. Soydugan, S. S. Doğru, **D. Doğru**, M. Tüysüz, A. Dönmez, H. Bakış, Y. Kaçar, C. Çiçek, Z. Eker, O. Demircan, “Photometry of three chromospherically active stars: V340 Gem, SAO 62042 and FI Cnc”, NewA, 14, 109, 2009
- 6) Eker, Z.; Ak, N. Filiz; Bilir, S.; **Doğru, D.**; Tüysüz, M.; Soydugan, E.; Bakış, H.; Uğraş, B.; Soydugan, F.; Erdem, A.; Demircan, O.A, “catalogue of chromospherically active

binary stars (third edition)” MNRAS, 389, 1722, 2008

7) A. Erdem, F. Soyduvan, S.S. Doğru, B. Özkardeş, **D. Doğru**, M. Tüysüz and O. Demircan: “First period analyses of five neglected Algol-type eclipsing binaries: TT And, V342 Aql, RW Cap, BZ Cas and TW Lac”, NewA, 12, 613, 2007

8) Erdem, A.; **Sürgit, D.**, “Photometric study of the active binary star V1430 Aquilae” AN 327, 335E, 2006

9) Dogru, S. S., Erdem, A., Donmez, A., Bulut, A., Akin, T., **Dogru, D.**, Cicek, C.; Soyduvan, F., New Times of Minima of Some Eclipsing Binary Stars, IBVS, 5893, 2009

10) Dogru, S. S.; **Dogru, D.**; Donmez, A., “New Times of Minima of Some Eclipsing Binary Stars”, IBVS, 5795, 2007

11) Dogru, S. S.; Donmez, A.; Tuysuz, M.; **Dogru, D.**; Ozkardes, B.; Soyduvan, E.; Soyduvan, F. “New Times of Minima of Eclipsing Binary Systems”, IBVS, 5746, 2007

12) Dogru, S. S.; **Dogru, D.**; Erdem, A.; Cicek, C.; Demircan, O. “New Times of Minima of Eclipsing Binary Systems”, IBVS, 5707, 2006

13) Bakis, V.; Dogru, S. S.; Bakis, H.; **Dogru, D.**; Erdem, A.; Cicek, C.; Demircan, O. “New Times of Minima of Eclipsing Binary Systems”, IBVS, 5662, 2005

## **b) Bildiriler- Uluslar arası-Ulusal**

### **Uluslar arası**

1) Çiçek, C., Erdem, A., Soyduvan, F., **Dogru, D.**, Özkardeş, B., Budding, E., “Cool active binaries recently studied in the CAAM Stellar Programme” International Conference Binaries key to comprehension of the Universe June 8-12 2009, Bruno Czech Republic, 2009

2) **Sürgit, D.**, Erdem, A., “The Active Binary Star V1430 Aquila”, 23. rd International Physics Congress, 13-16 September 2005, Muğla University, Muğla (özet bildiri)

## Ulusal

- 1) **Doğru, D.**, Erdem, A., Demircan, O., “RS CVn Türü Örtten Çift Yıldızlar Kataloğu”, XV. Ulusal Astronomi Kongresi, IV. Ulusal Öğrenci Astronomi Kongresi, 28 Ağustos-01 Eylül 2006, İSTANBUL
- 2) Doğru, S., Erdem, A., Tüysüz, M., **Doğru, D.**, Bakış, H., Soydugan, F., Soydugan, E., Demircan, O., “Bazı RS CVn Türü Çift Yıldızların Işıkolçümü”, XV. Ulusal Astronomi Kongresi, IV. Ulusal Öğrenci Astronomi Kongresi, 28 Ağustos-01 Eylül 2006, İSTANBUL
- 3) Tüysüz, M., Eker, Z., Ak, N., **Doğru, D.**, Soydugan, E., Bakış, H., Uğraş, B., Soydugan, F., “Kromosferik Aktif Çift Yıldızlar (CAB) Kataloğunun Güncelenmesi”, XV. Ulusal Astronomi Kongresi, IV. Ulusal Öğrenci Astronomi Kongresi, 28 Ağustos-01 Eylül 2006, İSTANBUL)
- 4) **Doğru, D.**, Erdem, A., “Güney Yarım Küre’den Bir Aktif Yıldız: CF Tuc”, XVI. Ulusal Astronomi Kongresi, V. Ulusal Öğrenci Astronomi Kongresi, 8-12 Eylül 2008, ÇANAKKALE
- 5) Çiçek, C., Erdem, A., Bakış, H., Soydugan, E., **Doğru, D.**, Tüysüz, M., Kaçar, Y., Dönmez, A., Soydugan, F., ve Doğru, S. S., “RS CVn Türü Çift Yıldızlar V2075 Cyg ve FG Uma’nın Çok Renk Işıkolçümü”, XVI. Ulusal Astronomi Kongresi, V. Ulusal Öğrenci Astronomi Kongresi, 8-12 Eylül 2008, ÇANAKKALE
- 6) Erdem, A., Budding, E., Soydugan, F., Bakış, V., Bakış, H., Özkardeş, B. ve **Doğru, D.**, “Renkküre Kökenli Çizgi Kesiti ve Plaj Modeli”, XVI. Ulusal Astronomi Kongresi, V. Ulusal Öğrenci Astronomi Kongresi, 8-12 Eylül 2008, ÇANAKKALE
- 7) **Sürgit, D.**, Erdem, A., Budding, E., “Çoklu Bileşenli bir Sistem:KZ Pav”, XVII. Ulusal Astronomi Kongresi, VI. Ulusal Öğrenci Astronomi Kongresi, 31 Ağustos-4 Eylül 2010, ADANA

**c) Katıldığı Workshop ve Seminerler**

- 1) *CCDs in Astronomy*, 2-7 February 2003, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, ÇANAKKALE
- 2) 11-12 Haziran 2004 ‘İlk ve Orta Öğretimde Fen-Fizik Öğretimi’, Türk Fizik Vakfı Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi ve İl Milli Eğitim Müdürlüğü, Çanakkale
- 3) *Be Stars and Data Analysis of Close Binary Stars*, Workshop, Çanakkale, TURKEY, 2004 (Local Organization Committee)

**d) Katıldığı Projeler**

- 1) “RS CVn Sistemlerinin Genel Özellikleri” 2005/37 nolu BAP (Bilimsel Araştırma Projeleri), (Yardımcı Arş.).
- 2) “RS CVn Türü Yıldızlar Kataloğu” 2006/12 nolu BAP (Bilimsel Araştırma Projeleri). (Yardımcı Arş.)
- 3) “Aktif Kromosferli Çift Yıldızlar Kataloğu” 104T508 nolu TÜBİTAK Projesi. (Yardımcı Arş.)
- 4) “Uzun Dönemli RS CVn Çift Yıldızlarında Işık kürenin ve Renk kürenin Aktivitesi” 105T083 nolu TÜBİTAK Projesi. (Yardımcı Arş.)
- 5) Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Gözlemevi Büyük Teleskop Projesi, DPT Bilimsel Alt Yapı Projesi, DPT, 2207K120660, (devam ediyor)
- 6) “Bazı CAB Adayı Çift Yıldızların Fotometrik Analizi” 2007/55 nolu BAP (Bilimsel Araştırma Projeleri). (Yardımcı Arş., devam ediyor)

**e) Katıldığı Yurt Dışı Programları**

- 1) 25 Ağustos 2007 - 15 Ekim 2007 tarihleri arasında Mt. John Üniversitesi Gözleminde

(Yeni Zellanda Ulusal Gözlemevi) doktora tez çalışması kapsamında gözlemler yapılmıştır.

2) 2007-2008 eğitim ğretim döneminin göz yarıyılını 19/10/2007-18/02/2008 tarihleri arasında Erasmus programı çerçevesinde ‘‘Pedagogical University of Cracow’’ da tamamlamıştır.

## **İç DENEYİMİ**

Çalıştığı Kurumlar ve Yılları :

2002- anakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü –  
Araştırma Görevlisi

## **İLETİşİM**

E-posta Adresi : dsurgit@comu.edu.tr, surgit.d@gmail.com