

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

GÜNEY YARIMKÜREDE SEÇİLEN BAZI W UMa
TÜRÜ ÇİFT YILDIZLARIN TAYFSAL VE
FOTOMETRİK İNCELENMESİ

Burcu ÖZKARDEŞ

Fizik Anabilim Dalı

Tezin Sunulduğu Tarih: **30/07/2010**

Tez Danışmanı:
Prof. Dr. Ahmet ERDEM

ÇANAKKALE

DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

BURCU ÖZKARDEŞ tarafından **Prof. Dr. AHMET ERDEM** yönetiminde hazırlanan “**GÜNEY YARIMKÜREDE SEÇİLEN BAZI W UMa TÜRÜ ÇİFT YILDIZLARIN TAYFSAL VE FOTOMETRİK İNCELENMESİ**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

.....
Prof. Dr. Ahmet ERDEM

Danışman

.....
Prof. Dr. Cafer İBANOĞLU

Jüri Üyesi

.....
Prof. Dr. Ömer Lütfi DEĞİRMENCİ

Jüri Üyesi

.....
Prof. Dr. Osman DEMİRCAN

Jüri Üyesi

.....
Doç. Dr. Faruk SOYDUGAN

Jüri Üyesi

Sıra No:

Tez Savunma Tarihi : 30.07.2010

Prof.Dr. İsmail TARHAN

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

Hazırlanan bu Doktora tezi BAP tarafından 2007/56 no'lu projeden 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

Burcu ÖZKARDEŞ

TEŞEKKÜR

Tezin hazırlanmasında her zaman yardımcı olan, fikir, öneri ve yorumlarıyla yol gösteren danışmanım Sayın Prof. Dr. Ahmet ERDEM'e saygılarımla teşekkürlerimi sunarım. Tezin gözlemsel kısmı için Yeni Zellanda'daki Mt. John Üniversite Gözlemevi'nin olanaklarını kullanmama yardımcı olan Prof. Dr. John Hearnshaw'a ve gözlemevi çalışanlarına, tayfsal gözlemlerdeki yardımlarının yanısıra bilgisi ve fikirleriyle yardımcı olan Prof. Dr. Edwin Budding'e, yurtdışı olanağının sağlanmasına yardımcı olan Prof. Dr. Osman DEMİRCAN ve Prof. Dr. M.Emin ÖZEL'e, tez izlemeleri süresince yorum ve önerileriyle yardımcı olan Prof. Dr. Ömer Lütfi DEĞİRMENCI'ye ve Doç. Dr. Caner ÇİÇEK'e, MC yöntemini kullanma olanağını sağlayan ve istatistiksel çalışmaya ilişkin verileri gönderen Prof. Dr. S. ZOLA'ya, bilgi ve deneyimlerini paylaşan Doç.Dr. Faruk SOYDUGAN'a, Doç. Dr. Selçuk BİLİR'e, Yrd. Doç. Dr. Volkan BAKIŞ'a ve Yrd. Doç. Dr. Hicran BAKIŞ'a, maddi ve manevi yönden desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen sevgili aileme ve arkadaşlarıma çok teşekkür ederim.

Burcu ÖZKARDEŞ

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

Å	: Angström
$\Omega_{1,2}$: Bileşenlerin yüzey potansiyeli
λ	: Dalgaboyu
$[\text{Fe}/\text{H}]$: Metallik oranı
a	: Yarı-büyük eksen uzunluğu
f	: Değme parametresi
Gyıl	: Gigayıl
H _p	: Hipparcos parlaklığı
i	: Yörünge eğikliği
J_0	: Yörünge açısal momentumu
$K_{1,2}$: Bileşenlerin dikine hızlarının yarı genlikleri
L_{\odot}	: Güneşin ışıması
$L_{1,2}$: Bileşenlerin ışımaları
ℓ_1	: Birinci bileşenin tek renk kesirsel ışıması
ℓ_3	: Üçüncü bileşenin tek renk kesirsel ışıması
m	: magnitüde (kadir birimi)
$M_{1,2}$: Bileşenlerin kütleleri
M_{\odot}	: Güneşin kütlesi
M_{bol}	: Bolometrik parlaklık
M_V	: Görsel mutlak parlaklık
nm	: nanometre
O-C	: Gözlemlerin teorik veriden olan farkı
q	: Kütle oranı (M_2/M_1)
P	: Çift yıldızın gün biriminde yörünge dönemi
R_{\odot}	: Güneşin yarıçapı
$R_{1,2}$: Bileşenlerin yarıçapları
$r_{1,2}$: Bileşenlerin kesirsel yarıçapları
V_{max}	: Maksimum evredeki görsel parlaklık
s	: saniye
S/G	: Sinyal/Gürültü oranı
T_0	: Birinci kavuşum zamanı
T_{etkin}	: Etkin sıcaklık

as : Açı saniyesi.
ASAS : All Sky Automated Survey
BC : Bolometrik düzeltme
CAB : Kromosferik Aktif Çift Yıldız
CCD : Charge Coupled Device
CNO : Karbon-azot-oksijen çevrimi
DH : Dikine Hız
ESA : European Space Agency
HJD : Heliosentrik Jülyen Günü
HR : Hertzsprung-Russell diyagramı
HRSP : HERCULES indirgeme yazılım paketi
IE : Işık Eğrisi
ILOT : Information Limit Optimisation Technique
IRAF : Görüntü indirgeme ve analiz paketi
KOREL: Tayfsal ayıklama yöntemi (Komponent spectra and ORbital ELeMents)
MC : Monte Carlo yöntemi
MJUO : Mt. John Üniversite Gözlemevi
OGLE : Optical Gravitational Lensing Experiment
PROF : Profile Fiting (tayfsal çizgi kesidine Gauss fonksiyonu fiti programı)
TAMS : Terminal Yaş Anakolu
TRO : Isısal Durulma Salınımı
WCBs : W UMa türü değen çift yıldızların alt grupları
WD : Wilson-Devinney yöntemi
ZAMS : Sıfır Yaş Anakolu

ÖZET

GÜNEY YARIMKÜREDE SEÇİLEN BAZI W UMa TÜRÜ ÇİFT YILDIZLARIN TAYFSAL VE FOTOMETRİK İNCELENMESİ

Burcu ÖZKARDEŞ

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Fizik Anabilim Dalı Doktora Tezi

Danışman: Prof. Dr. Ahmet ERDEM

30.07.2010, 111

Çift yıldızların fotometrik gözlemlerinden elde edilen ışık eğrileri ile tayfsal gözlemlerden belirlenen dikine hız eğrilerin eşzamanlı analizi, gözlenen sistemin bileşen yıldızlarının mutlak parametrelerini doğrudan vermektedir. Belirlenen mutlak parametreler, ilgili sistemin yapısını ortaya koyarken evrim durumunu da tartışmaya olanak tanır. Bu çalışmada, mutlak parametreleri belirlenen W UMa sistemlerinin çoğunun Kuzey Yarımküreden olması sebebiyle, Güney Yarımküreden gözlenebilen üç W UMa sistemi (CN Hyi, IS CMa ve V535 Ara) seçilmiş ve bu üç sistemin yüksek çözünürlüklü tayfsal gözlemleri, Yeni Zellanda'da bulunan Mt. John Üniversite Gözlemevi'nde, 2007 yılının Eylül-Ekim aylarında yapılmıştır. CN Hyi ve IS CMa'nın dikine hız eğrileri, ilk kez bu çalışmada elde edilmiştir. Tayfsal analiz yöntemi KOREL ile her bir sistemin dikine hız eğrileri elde edilirken tayfsal yörünge çözümlerinden kütle oranları belirlenmiştir. Buna göre, CN Hyi, IS CMa ve V535 Ara'nın tayfsal kütle oranları sırasıyla, $0,189 \pm 0,005$, $0,300 \pm 0,009$ ve $0,319 \pm 0,002$ olarak bulunmuştur.

CN Hyi'nin Hipparcos ışık eğrisi, bu çalışmadan elde edilen dikine hız eğrileriyle birlikte Wilson-Devinney yöntemi kullanılarak eşzamanlı olarak çözülmüştür. Fotometrik veriye lekesiz model uygulanmış ve fotometrik analiz süresince, Hipparcos Katalogu verilerine göre sistemin toplam ışığına üçüncü ışık katkısı ($I_3 = 0,03$) gözönüne alınmıştır. Eşzamanlı çözüm, sistemi 0,40'lık değme oranına sahip A alt türü W UMa yıldızı olarak tanımlamaktadır. Sistemin temel parametreleri ise, $M_1 = 1,37 \pm 0,06 M_{\odot}$, $M_2 = 0,25 \pm 0,02 M_{\odot}$, $R_1 = 1,60 \pm 0,02 R_{\odot}$, $R_2 = 0,77 \pm 0,03 R_{\odot}$, $L_1 = 4,10 \pm 0,60 L_{\odot}$, $L_2 = 0,87 \pm 0,22 L_{\odot}$ 'dir. Yıldızlararası galaktik soğurmanın dikkate alındığı uzaklık modülü, bu çalışmada elde

edilen çözüm sonuçlarına göre sistemin uzaklığını, 56 ± 4 pc olarak vermektedir. CN Hyi'nin bileşenlerinin ısıtma-sıcaklık diyagramındaki (HR diyagramı) konumları da tartışılmıştır.

IS CMa'nın Hipparcos ışık eğrisi, Wilson-Devinney kodunu baz alan Monte Carlo (MC) istatistik yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Hipparcos fotometrik verisi, lekeli ve lekesiz model olmak üzere, iki alternatif yaklaşım altında çözülmüştür. $\Sigma W(O-C)^2$ değerlerine göre, en iyi çözümü lekeli (soğuk leke) model yaklaşımı vermektedir. Bu çözüm, sistemi 0.34'lük değme oranına sahip A alt türü W UMa yıldızı olarak tanımlamaktadır. Sistemin mutlak parametreleri ise, $M_1=1,68 \pm 0,04 M_{\odot}$, $M_2=0,50 \pm 0,02 M_{\odot}$, $R_1=2,00 \pm 0,02 R_{\odot}$, $R_2=1,18 \pm 0,03 R_{\odot}$, $L_1=7,65 \pm 0,60 L_{\odot}$, $L_2=1,99 \pm 0,80 L_{\odot}$ 'dir. Yıldızlararası galaktik soğurmanın dikkate alındığı fotometrik uzaklık modülü, bu çalışmada elde edilen çözüm sonuçlarına göre sistemin uzaklığını, 87 ± 5 pc olarak vermektedir. Sistemin bileşenlerinin ısıtma-sıcaklık diyagramındaki (HR diyagramı) konumları da tartışılmıştır. 1,59 Gyıl'lık evrimsel yaş çizgisi her iki bileşeni aynı izokrona temsil etmektedir.

V535 Ara'nın literatürde yer alan dört ayrı fotometrik veri seti (1966 *BV*, 1970 *BV*, Hipparcos and ASAS), Wilson-Devinney yöntemiyle analiz edilmiştir. Eşzamanlı çözüm sonuçlarına göre, V535 Ara, 0,22'lik değme oranına sahip bir A alt türü W UMa sistemidir. Mutlak parametreleri ise; $M_1=1,93 \pm 0,04 M_{\odot}$, $M_2=0,59 \pm 0,02 M_{\odot}$, $R_1=2,09 \pm 0,02 R_{\odot}$, $R_2=1,23 \pm 0,02 R_{\odot}$, $L_1=17,72 \pm 1,96 L_{\odot}$, $L_2=5,89 \pm 0,85 L_{\odot}$ 'dir. Yıldızlararası soğurmanın dikkate alındığı uzaklık modülü, bu çalışmada elde edilen çözüm sonuçlarına göre sistemin uzaklığını, 147 ± 11 pc olarak vermektedir. Sistemin bileşenlerinin ısıtma-sıcaklık diyagramındaki (HR diyagramı) konumları da tartışılmıştır.

PROF programı kullanılarak her üç sistemin bileşenlerinin dönme hızları hesaplanmış eşdönme yaptıkları doğrulanmıştır. Program ayrıca bileşenlerin yüksek mertebeden türbülans hızlarına da sahip olduklarını göstermektedir: CN Hyi, IS CMa ve V535 Ara'nın bileşenleri için, sırasıyla, 47 – 69 km/s, 72 – 89 km/s ve 72 – 92 km/s.

Ayrıca sunulan bu doktora tez çalışmasının sonunda, 29 A türü ve 19 W türü W UMa sisteminin fiziksel parametreleri (Zola, 2009; özel haberleşme) kullanılarak, W UMa sistemlerinin istatistiksel özellikleri de tartışılmıştır.

Anahtar sözcükler: Çift yıldızlar: örten – yıldızlar: temel parametreler – teknik: tayfölcüm – teknik: ışıkölçüm – yıldızlar: CN Hyi, IS CMa ve V535 Ara

ABSTRACT

SPECTROSCOPIC AND PHOTOMETRIC STUDY OF SOME W UMa TYPE BINARY STARS SELECTED IN THE SOUTHERN HEMISPHERE

Burcu ÖZKARDEŞ

Çanakkale Onsekiz Mart University

Graduate School of Science and Engineering

Chair for Physics Thesis of PhD

Supervisor: Prof. Dr. Ahmet ERDEM

30.07.2010, 111

A simultaneous solution of the light and radial velocity curves of the binary star yields directly absolute parameters of the component stars. Absolute parameters allow us to discuss the evolutionary state of the observed system. In this thesis, three W UMa systems (CN Hyi, IS CMa and V535 Ara), who are only observable from southern hemisphere, are selected; as most of W UMa systems from northern hemisphere were studied in the literature. The high resolution spectroscopic observations of all three systems were made at Mt. John University Observatory in New Zealand in September-October 2007. Radial velocity curves of CN Hyi and IS CMa were obtained in this thesis for the first time. Radial velocities of the component stars of all three W UMa type systems were determined using the spectral disentangling technique (KOREL). Orbital solutions of CN Hyi, IS CMa and V535 Ara yielded spectroscopic mass ratios as $0,189\pm 0,005$, $0,300\pm 0,009$ and $0,319\pm 0,002$, respectively.

Hipparcos light and radial velocity curves of CN Hyi were analysed simultaneously using Wilson-Devinney method. The light contribution of the third star to the total light of the system was also considered during our photometric analysis, according to Hipparcos Catalogue. Our simultaneous solution describes CN Hyi as an A subtype W UMa type star which has a filling factor of 0,40. The absolute parameters of the components are as follows: $M_1=1,37\pm 0,06 M_{\odot}$, $M_2=0,25\pm 0,02 M_{\odot}$, $R_1=1,60\pm 0,02 R_{\odot}$, $R_2=0,77\pm 0,03 R_{\odot}$, $L_1=4,10\pm 0,60 L_{\odot}$, $L_2=0,87\pm 0,22 L_{\odot}$. The distance modulus including the corrections of interstellar extinction yields the distance of the system as 56 ± 4 pc. The positions of the components of the system in the luminosity-temperature diagram (HR diagram) were also discussed.

Hipparcos light curve of IS CMa was solved by means of the Wilson-Devinney method supplemented with a Monte Carlo type algorithm. The Hipparcos photometric data solved under two alternative approaches: one model with a spot and the other model without a spot. The best solution belongs to the model with a spot, according to the weighted sum of the squared residuals, $\Sigma W(O-C)^2$. The best solution describes IS CMa as an A subtype W UMa type system which has a filling factor of 0,34. The absolute parameters of the components are as follows: $M_1=1,68\pm0,04 M_{\odot}$, $M_2=0,50\pm0,02 M_{\odot}$, $R_1=2,00\pm0,02 R_{\odot}$, $R_2=1,18\pm0,03 R_{\odot}$, $L_1=7,65\pm0,60 L_{\odot}$, $L_2=1,99\pm0,80 L_{\odot}$. The distance modulus including the corrections of the interstellar extinction yields the distance of the system as 87 ± 5 pc. The positions of the components in the luminosity-temperature diagram (HR diagram) were also discussed. An evolutionary age of 1,56 Gy fits both components in the same isochrone.

Four photometric data-sets (1966 *BV*, 1970 *BV*, Hipparcos and ASAS) of V535 Ara were modelled with the Wilson-Devinney method. The simultaneous solution describes V535 Ara as an A subtype W UMa type system which has a filling factor of 0,22. The absolute parameters of the components are as follows: $M_1=1,93\pm0,04 M_{\odot}$, $M_2=0,59\pm0,02 M_{\odot}$, $R_1=2,09\pm0,02 R_{\odot}$, $R_2=1,23\pm0,02 R_{\odot}$, $L_1=17,72\pm1,96 L_{\odot}$, $L_2=5,89\pm0,85 L_{\odot}$. The distance to V535 Ara is 147 ± 11 pc according to its photometric parallax, taking into account interstellar extinction. The positions of the components in the HR diagram were also discussed.

Rotational velocities of component stars of all three W UMa systems were calculated using PROF program. Synchronous rotation of the components was confirmed, with a relatively high level of surface turbulence.

The statistical properties of W UMa type systems were also discussed using the physical parameters of 29 A subtype W UMa systems and 19 W subtype W UMa systems (Zola, 2009; private communication).

Keywords: binaries: eclipsing – stars: fundamental parameters – technique: spectroscopy – technique: photometry – stars: individual (CN Hyi, IS CMa and V535 Ara)

İÇERİK

	Sayfa
TEZ SINAVI SONUÇ BELGESİ.....	ii
İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	v
ÖZET	vii
ABSTRACT	ix
BÖLÜM 1 – GİRİŞ.....	1
1.1.W UMa Türü Örten Çift Yıldızlar.....	1
1.2. A ve W Alt Sınıfı W UMa Türü Örten Çift Yıldızlar.....	6
1.3. W UMa Türü Örten Çift Yıldızların Evrim Senaryoları.....	14
1.4.Tezin Amacı.....	19
1.5.CN Hyi.....	20
1.6.IS CMa.....	21
1.7.V535 Ara.....	22
BÖLÜM 2 – MATERYAL VE YÖNTEM.....	24
2.1.Tayfsal Gözlemler ve Verinin İndirgenmesi.....	24
2.2.Fotometrik Gözlemler.....	28
BÖLÜM 3 – BULGULAR VE TARTIŞMA.....	33
3.1. Dikine Hızlar ve Yörünge Çözümü.....	33
3.1.1.CN Hyi.....	33
3.1.2.IS CMa.....	39
3.1.3.V535 Ara.....	44
3.2.Dönme Hızları.....	50
3.2.1.CN Hyi.....	50
3.2.2.IS CMa.....	52
3.3.3V535 Ara.....	53
3.3.Fotometrik Analiz.....	55
3.3.1.CN Hyi.....	55
3.3.2.IS CMa.....	58
3.3.3.V535 Ara.....	62

BÖLÜM 4 – SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	67
4.1.CN Hyi.....	67
4.2.IS CMa.....	70
4.3.V535 Ara.....	72
4.4. W UMa Sistemlerinin İstatistiksel Özellikleri.....	75
KAYNAKLAR.....	84
Çizelgeler.....	I
Şekiller.....	III
Özgeçmiş.....	VII

BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1. W UMa Türü Örtün Çift Yıldızlar

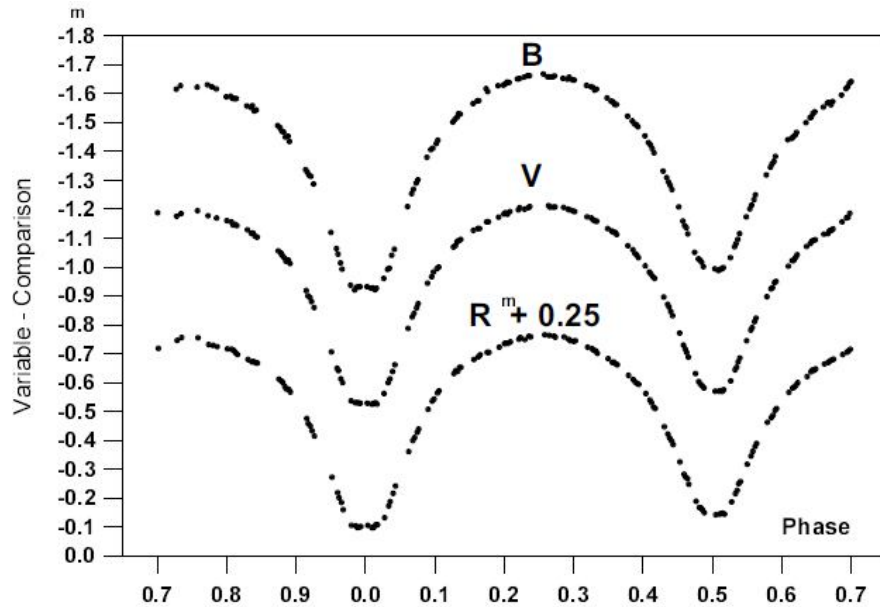
Örtün çift yıldızların bazı özel sınıflarını incelemek ilgi çekicidir ki W UMa türü sistemler bunlardan biridir. Bir W UMa sisteminin tipik ışık eğrisi, eğrisel maksimumlara ve yaklaşık eşit minimum derinliklere sahiptir. Bu türden değişen yıldızlar, tutulmalar süresince çok az renk değişimi gösterirler. Bileşenlerin yüzey parlaklıkları oranı, minimum derinliklerin oranını belirler. Dolayısıyla, W UMa türü sistemlerde, minimum derinliklerin yaklaşık eşit ve sözü edilen renk değişiminin yok denecek kadar az olması, bileşenlerin yüzey sıcaklıklarının yaklaşık eşit olduğunu gösterir. W UMa türü örtün çift yıldızlar kısa yörünge dönemlerine sahiptirler: $0,2 \text{ gün} < P_{\text{yörünge}} < 0,8 \text{ gün}$. Gözlenen en kısa dönemli W UMa türü çift yıldız CC Com olup $P_{\text{yörünge}} = 0,22 \text{ gündür}$ (Stepien, 2006). Kütle oranları $q = M_2/M_1$, genellikle, $0,2-0,5$ aralığında değişim gösterir. Bilinen en küçük kütle oranlı W UMa sistemi SX Crv olup $q = 0,066$ 'dır (Pribulla ve ark., 2003). Tayfsal çalışmalar, bu türden çift yıldızların bileşenlerinin anakolda ya da anakola yakın konumlandıklarını, sıcaklıklarının yaklaşık eşit olmasına karşın eşit olmayan kütleli bileşenlerden oluştuğunu göstermektedir (Webbink, 2003). Güneş çevresinde bulunan en düşük kütleli W UMa yıldızlarının kütleleri, %10'luk belirsizlikle $1 M_{\odot}-1,1 M_{\odot}$ aralığındadır (Stepien, 2006). W UMa türü sistemlerin tayf türleri, geç A'dan orta K'ya olan değişim aralığını içerir. Bileşenler arası güçlü çekim etkisi nedeniyle senkronize dönerler ve bu yüzden, dönme dönemi dolanma dönemine eşittir. Geç tayf türünden olmaları ve hızlı dönmeleri, konvektif atmosferlere sahip olduklarını; dolayısıyla, manyetik aktivite, büyük yıldız lekeleri gibi kromosferik ve koronal özelliklere sahip olduklarını göstermektedir (Bilir ve ark., 2005). Işık eğrisinin biçimi nedeniyle, bu türden parlaklık değişimi gösteren örtün çift sistemlere adı verilen W UMa yıldızının, *BVR* filtrelerindeki ışık eğrisi, örnek olarak, Şekil 1.1'de gösterilmektedir.

Örtün çift yıldızları, Roche modeline göre sınıflamak mümkündür. W UMa türü örtün çift yıldızlar, Roche modelinin degen ve aşırı degen çift yıldızlar alt sınıfına girmektedir. Bu modelde, her iki bileşen de kendi Roche şişimlerini doldurmuşlardır. Bu nedenle W UMa sistemleri için "degen çift yıldız (contact binary)" tanımı da kullanılır. L_1 Lagrange noktasından bileşenlerin birbirlerine madde aktarmasıyla L_2 Lagrange noktasına kadar uzanan ve bileşenleri saran ortak bir zarf oluşabilir (aşırı degen çift yıldız). L_2 noktasına gelen gaz (madde), sistemi terketmesini sağlayacak kadar beraberinde açılal momentum

taşıyabilir. Bileşenlerin birbirine çok yakın olması, küresel yapıda olmamalarına ve dolayısıyla, ışık eğrilerinde tutulmalar dışında sürekli değişim gözlenmesine neden olur. Ortak zarf nedeniyle bileşenlerin sıcaklıkları birbirine yakındır. Bu durum, ışık eğrilerinde her iki minimumun yaklaşık eşit derinlikte olmasına yol açar. Roche modelinde bileşenlerin geometrisini belirleyen temel parametrelerden biri, değme/taşma parametresi olup f ile gösterilir. Değme parametresi, bileşenlerin iç potansiyel yüzeylerini ne ölçüde taşıdıklarını belirler ve Ω , ortak zarfın potansiyeli; $\Omega_{iç}$ ve $\Omega_{dış}$, iç ve dış Roche kritik yüzey potansiyelleri olmak üzere

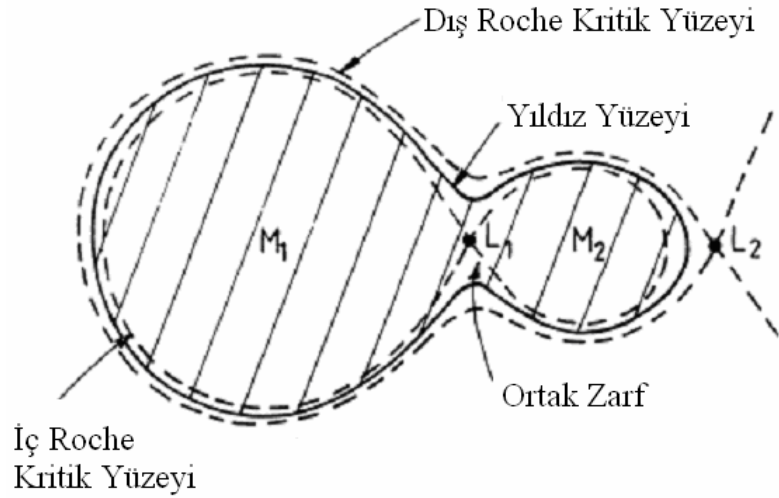
$$f = \frac{\Omega - \Omega_{iç}}{\Omega_{dış} - \Omega_{iç}} \quad (1.1)$$

ile tanımlanır. Bu parametre, sistem yeni değme durumunda ise minimum değere, bileşenler dış kritik zarflarını doldurduklarında ise maksimum değere ulaşır ($0 \leq f \leq 1$). Değme parametresi, W UMa türü sistemlerin evrimini ve yapısını anlamada önemli bir rol oynar (Rucinski, 1973; Bilir ve ark., 2005). Şekil 1.2a'da, değen çift yıldızlar için Roche modelinin şematik gösterimi, Şekil 1.2b ve c'de ise iki örnek Roche geometrisi gösterilmektedir.

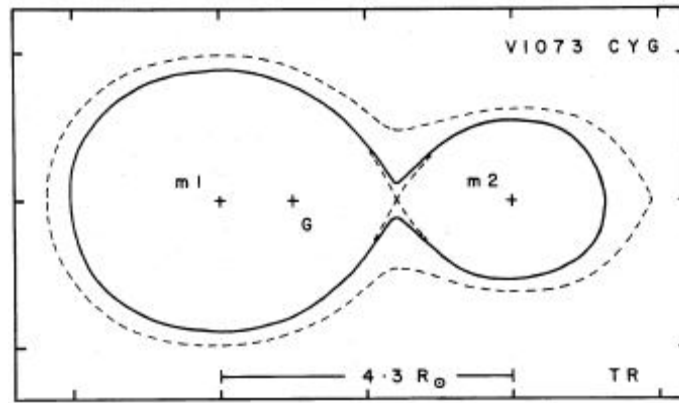


Şekil 1.1. W UMa çift yıldızının BVR filtrelerindeki ışık eğrisi (Keskin ve Aslan, 1998).

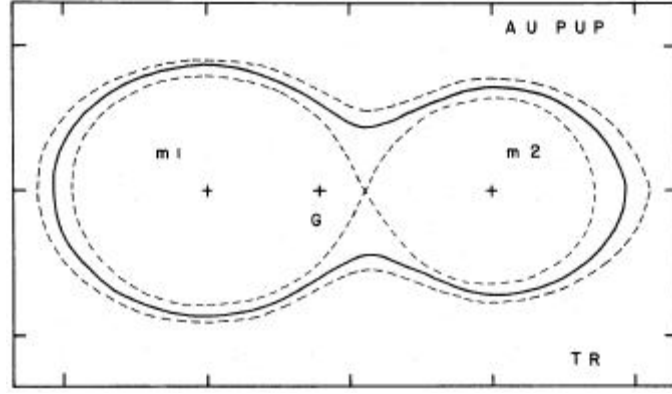
W UMa sistemlerinin gözlemleri, ışık eğrilerinde önemli asimetrielerin varlığını göstermektedir. 0,25 ve 0,75 evreleri civarında görülen ışık düzeyi farkına/asimetriye O'Connell Etkisi denmektedir. O'Connell etkisinin açıklanması, yakın çift sistemlere ilişkin zor problemlerden biridir. Bu etki için ışık eğrisi analizlerinde, leke modeli kullanılır. Bu model, ya bileşenler arası kütle aktarımından kaynaklanan sıcak leke ya da manyetik aktivite sonucu soğuk leke olarak ele alınır. Lekenin soğuk ya da sıcak olarak hangisinin kullanılacağı, uygulamada önemli bir sorundur. Bu sorunu çözebilmek için çok—renk fotometrik gözlem verisi ile tayfsal verinin eşzamanlı analizine gerek duyulur.



Şekil 1.2a. M_1 ve M_2 kütleli ($M_1 > M_2$) degen çift yıldızın Roche eşpotansiyel yüzeyleri. L_1 ve L_2 , iç ve dış Lagrange noktalarıdır (Smith, 1984).



Şekil 1.2b. Değen çift yıldız V1073 Cyg'nin değme parametresi $f=0,07$ için 0,25 evredeki Roche geometrisi (Leung ve Schneider, 1978).



Şekil 1.2c. Aşırı degen çift yıldız AU Pup'un $f=0,72$ için 0,25 evredeki Roche geometrisi (Leung ve Schneider, 1978).

Değen çift yıldızlar gibi karmaşık yapıya sahip sistemlerin dönem değişimleri, bu sistemlerin yapısal özelliklerine ve farklı fiziksel mekanizmalara bağlıdır. Değen çiftlerin O-C diyagramları, bu sistemlerin çoğunun dönemlerinin hemen hemen sürekli olarak değiştiğini göstermektedir. Yakın çift sistemlerin dönem değişimlerini, kısa zaman ölçeğinde (10 yıl ya da daha az) ve uzun zaman ölçeğinde (termal zaman ölçeğiyle kıyaslanacak kadar) gerçekleşmesine göre ikiye ayırmak mümkündür (Kalimeris ve ark., 1994):

- (i) Değen çift yıldızlarda kısa zaman ölçeğinde gerçekleşen dönem değişiminden, yani dönemin artmasından ya da azalmasından, genellikle, aşağıda verilen mekanizmalardan biri sorumludur:
 - a) Sistemin ortak zarfında uzun zaman ölçeğinde gerçekleşen ve statik olmayan madde hareketi
 - b) Güçlü manyetik alanların periyodik hareketi
 - c) Bir ya da her iki bileşenin içyapısındaki madde hareketleri

Yukarıdaki mekanizmalardan ilki, hidrodinamik olarak, büyük miktarda enerjinin ikinci bileşene aktarılmasının bir sonucudur. İkinci mekanizma, manyetik olarak aktif bileşenin deformasyonuna neden olan kuadropol moment değişimiyle ilgilidir. Son mekanizma ise, tek bileşenin çekirdeğindeki maddenin yeniden dağılımı yada bileşenlerin iç bölgelerinde herhangi bir yolla madde akışı neticesinde kütle merkezinin kaymasıyla karakterize edilir ve bu durumda, L_1 Lagrange noktası yakınında, olaydan sorumlu bileşen genişlemeye başlar.

- (ii) Uzun zaman ölçeğinde gerçekleşen dönem değişimlerinden aşağıda verilen mekanizmalardan biri sorumludur:

- a) Manyetik frenleme nedeniyle açısal momentum kaybı
- b) L_2 Lagrange noktasından kütle ve açısal momentum kaybı
- c) Birinci bileşenin kimyasal evrimi

Sistem, dış kritik eşpotansiyel yüzeyini taşıdığında, yörünge döneminde bir azalma gözlenir ve kütle kaybı ile beraberinde açısal momentum kaybı, bu azalmayı hızlandırabilir. Teorik ve gözlemsel sonuçlara göre, degen çift yıldızlarda manyetik frenlemeyle $10^{43} \text{ gcm}^2\text{yıl}^{-1}$ oranında açısal momentum kaybı gerçekleşmektedir (Kalimeris ve ark., 1994).

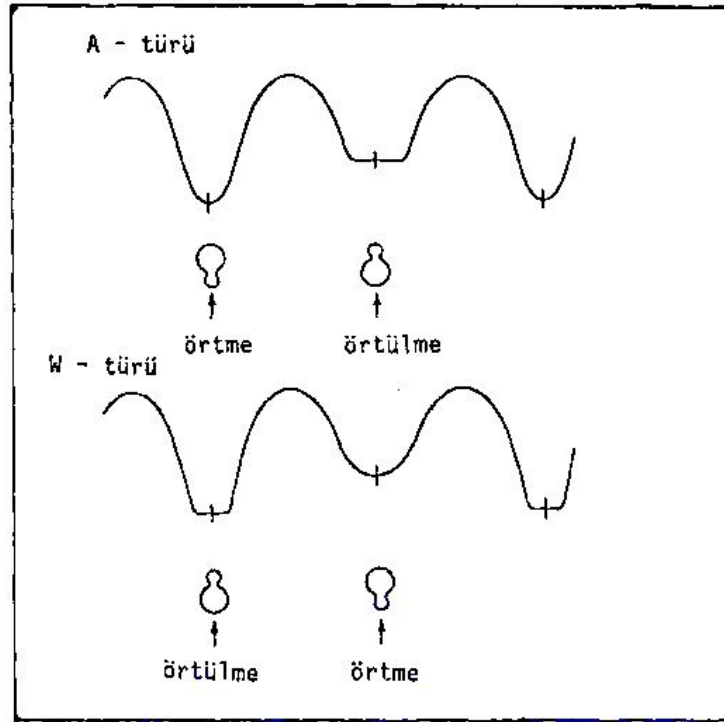
Shapley (1948), W UMa türü yıldızların sayı bolluğunu inceleyen ilk araştırmacı olup birim hacim başına düşen W UMa türü yıldız sayısının diğer türden örten çift yıldızların sayısının yaklaşık 20 katı olduğunu saptamıştır. Shapley tarafından verilen sayıya dayanarak bütün güneş türü yıldızların yaklaşık %1'inin W UMa türü değişen yıldız olduğu söylenebilir (Rucinski, 2002). Popov (1964), bölgesel yoğunluğu $2 \times 10^{-5} \text{ pc}^{-3}$ verirken Kraft (1967), bu değer 20 kat altında, 10^{-6} pc^{-3} , bir yoğunluk tahmin etmiştir. van't Veer (1975), tüm yıldızların yaklaşık %1'inin W UMa türü olduğunu desteleyecek şekilde, sayısal yoğunluğu $11 \times 10^{-5} \text{ pc}^{-3}$ olarak bulurken Duerbeck (1984), bu değeri $\sim 10^{-5} \text{ pc}^{-3}$ olarak vermiştir. Rucinski (1993), çıplak gözle görülebilenleri de gözönüne alarak sayı bolluğu için $\sim 0,0005-0,002$ aralığını vermiş ve her 500-2000 olağan yıldızdan birinin W UMa türü çift yıldız olduğunu vurgulamıştır. Rucinski, 1998'de, OGLE I verisini kullanarak W UMa'ların sayı bolluğunu 1/130 olarak belirlerken 2002'de Hipparcos uydusunun verisini kullanarak bu bolluğu 1/500 olarak tahmin etmiştir. Rucinski (2002), W UMa'ların sayı bolluğundaki farklı değerlerin, çoğunlukla gözlemsel etkilerden kaynaklandığını ve buna ek olarak galaksi merkezi boyunca gözlenen degen çiftler popülasyonunun güneş komşuluğundakinden farklı olacağını ifade etmiştir.

W UMa türü degen çift yıldızların yaşam süreleri, yani yaşları, tam olarak belirlenmemektedir. Çeşitli araştırmacılar farklı materyallere göre farklı yaşlar belirlemişlerdir. 0,1-1,0 Gyl (Guinan ve Bradstreet, 1988), 1,61 Gyl (Bilir ve ark., 2005), 7,2 Gyl (Li ve ark., 2005) örnek olarak verilebilir. Eker ve ark. (2008), ASAS verisi ile Bilir ve ark. (2005)'nin dönem değişimlerine göre oluşturdukları W UMa türü degen çift yıldızların (WCBs) alt gruplarının kinematik yaşlarını kullanarak; (i) WCB'lerin, atalarının fiziksel koşullarına (dönemleri, bileşenlerinin kütleleri ve açısal momentum kaybı vb.) bağlı olarak herhangi bir yaşta olabileceklerini ve (ii) WCB'lerin popülasyonunda bir denge varsa ve bu sistemler, çoğunlukla ayırık kromosferik aktif çift (CAB) yıldızlardan oluşuyorsa; WCB'lerin ortalama kinematik yaşları 5,74 Gyl (Bilir ve ark., 2005) ile

CAB sistemlerinin ortalama kinematik yaşları 3,86 G yıl (Karataş ve ark., 2004) gözönüne alındığında, değme evresinin yaklaşık 1,61 G yıl süreceğini ifade etmişlerdir.

1.2. A ve W Alt Sınıfı W UMa Türü Örtten Çift Yıldızlar

Binnendijk, 1970’de W UMa türü sistemleri A ve W olmak üzere iki alt sınıfa ayırmıştır. Bu sınıflama, ışık eğrisindeki derin minimumla (birinci minimum) doğrudan ilgilidir. A alt türlerinde derin minimum, küçük boyutlu ve soğuk bileşenin büyük boyutlu, daha kütleli ve daha sıcak bileşenin önünden transit geçişiyle oluşmaktadır. W alt türlerinde derin minimum, büyük boyutlu ve soğuk bileşenin, küçük boyutlu fakat sıcak bileşeni örtmesiyle (occultation) oluşmaktadır. Şekil 1.3’te, W UMa sistemlerinin alt sınıflarına ilişkin örtme ve örtülme durumlarının şematik gösterimi bulunmaktadır.



Şekil 1.3. W UMa türü örtten çift yıldızların A ve W alt sınıflarına ait örtme ve örtülme durumları (Keskin, 1991).

W türü sistemler, genellikle, kararsız ışık eğrilerine ve değişen yörünge dönemlerine sahipken A türü sistemlerde, kararlı ışık eğrileri ve yörünge dönemlerinde az değişim gözlenmektedir (Robertson ve Eggleton, 1977). Rucinski (1974), birinci ve ikinci bileşenlerin sıcaklıklarının eşit olmadığını ve bunun sonucunda, sıcaklık farkının W ve A türlerinde zıt işaretli olacağını önermiştir. Buna göre fark, A türlerinde negatif ve görece

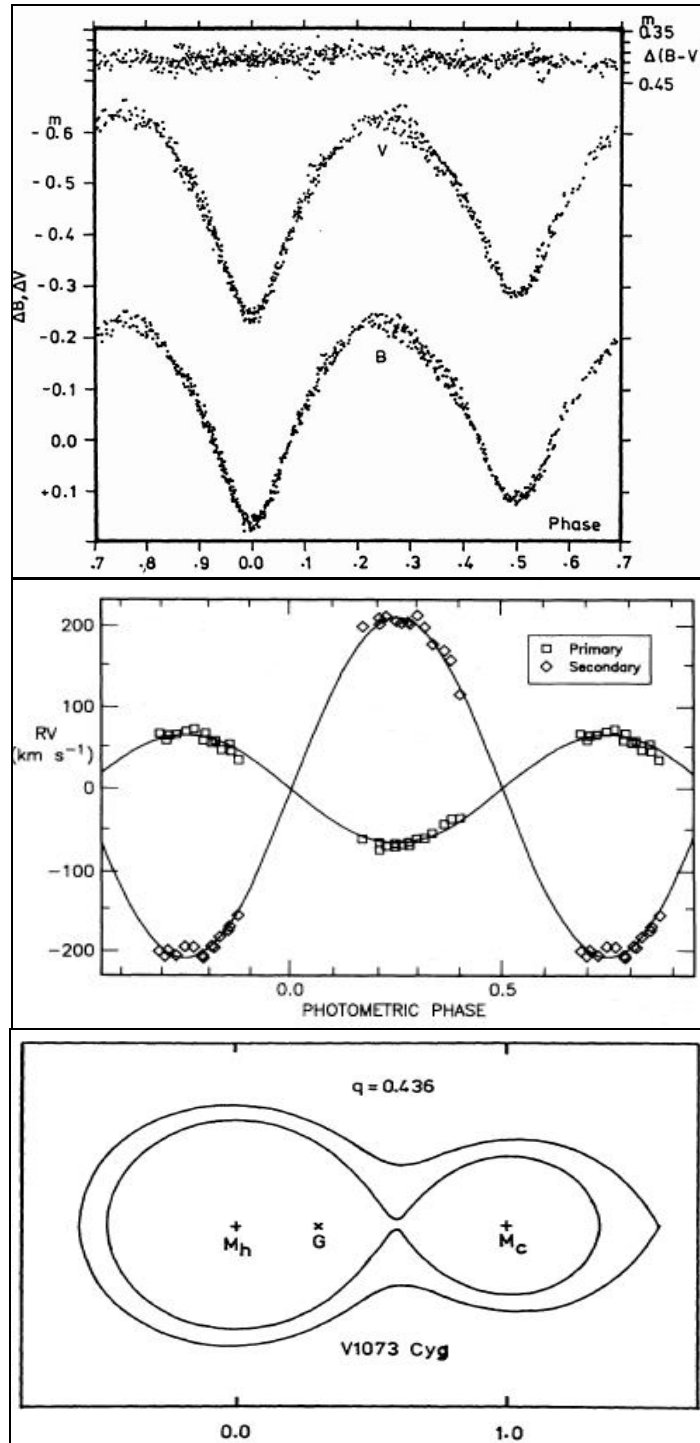
küçük ya da yaklaşık sıfırken W türlerinde pozitif ve görece büyüktür. Mullan (1975), A ve W türlerini ayıran temel özelliğin değme durumu olduğuna dikkat çekerek W türü sistemlerin marjinal değen ve ince ortak zarfa sahip olduklarını, A türü sistemlerin ise değme oranının daha büyük olduğunu ifade etmiştir. Buna göre, W türü sistemlerinde her bir yıldız kendi özelliklerini A türlerine göre daha iyi koruyabilmektedir. Sıfır yaş W UMa yıldızları için Lucy (1976) tarafından önerilen marjinal değme safhasında salınım modeli, A türü sistemlerin nükleer zaman eşelinde ısıl dengeye ulaşarak evrimleşmeleri nedeniyle, W türü sistemler için daha uygundur (Van Hamme, 1981). Shu ve ark. (1976), değme süresizliği modelini önererek A ve W türü değen çift yıldızların ısıl dengeye nasıl ulaştıklarını açıklamaya çalışmışlardır. Wilson (1978), A türü W UMa sistemlerinin sıfır yaş anakol yıldızlarına göre daha büyük yarıçaplara sahip olduklarını ve bu nedenle evrimleşmiş olduklarını belirtmiştir. Çizelge 1.1'de W UMa sistemlerinin alt türleri arasındaki fiziksel farklılıklar, karşılaştırılmalı olarak verilmektedir.

Çizelge 1.1. A ve W türü W UMa sistemleri arasındaki temel farklar (Rucinski, 1972; Duerbeck, 1984; Salman, 2006)

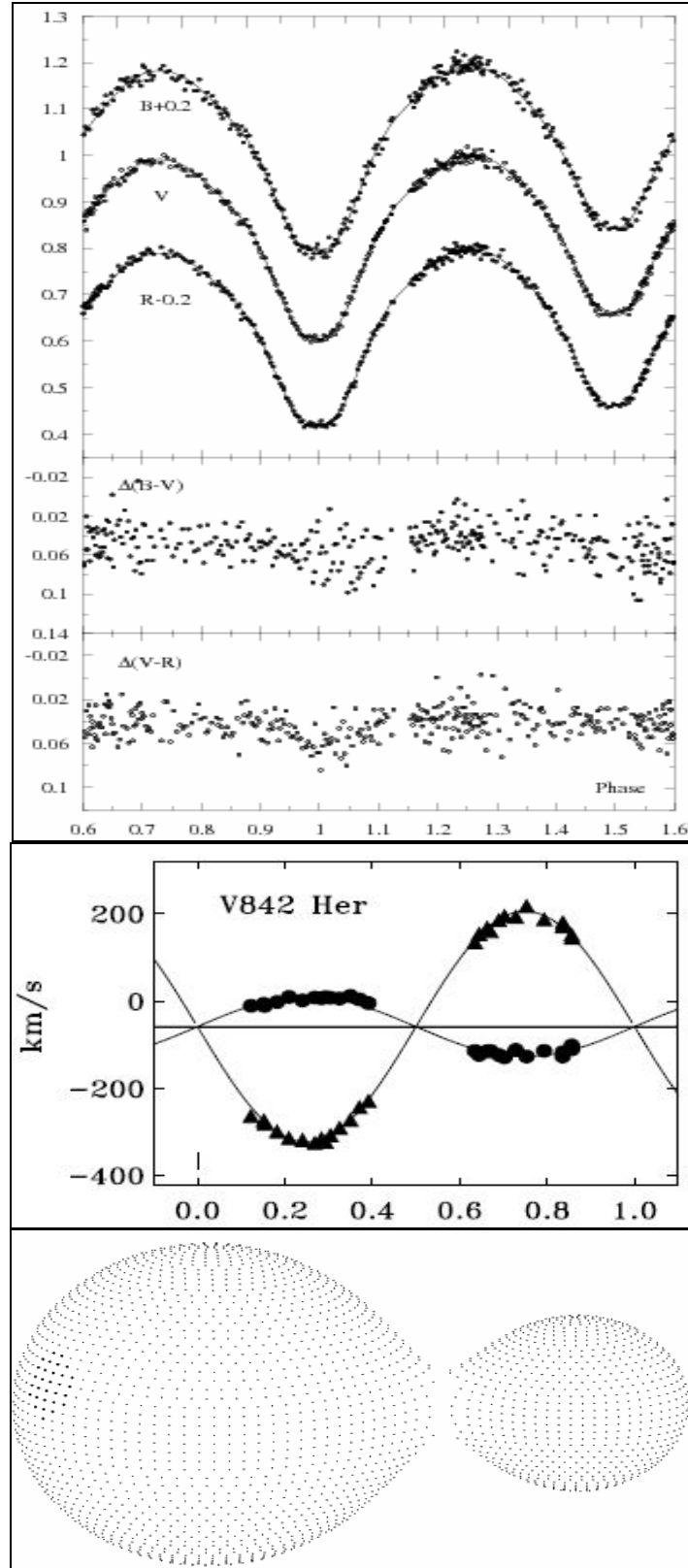
Özellik	A Türü	W Türü
Tayf türü	A-G	F-K
Sıcaklık	Baş bileşen sıcak	Yoldaş bileşen sıcak
Kütle	Büyük	Küçük
Kütle oranı	Küçük (0,08–0,54)	Büyük (0,33–0,88)
Işıtma	Yüksek	Düşük
Dönem değişimi	Pek görülmez	Görülür
Işık eğrileri değişimi	Kararlı	Kararsız
Değme derecesi	Büyük	Küçük
Enerji Aktarımı	Ortak zarfın adyabatik kısmı	Ortak zarfın süperadyabatik kısmı
Ortak Zarf	Radyatif	Konvektif
Evrin Durumu	İleri safhada	Anakolda

Çift yıldızın yörünge düzlemi, gökyüzü düzlemine çakışık değilse, bileşen yıldızlar yörünge hareketlerinden dolayı gözlemciye yaklaşır ya da uzaklaşırlar. Zıt yöndeki hareket nedeniyle, Doppler olayı sonucu, bileşenlerin tayf çizgilerinde kayma gözlenir ve buradan, bileşenlerin dikine hızları elde edilebilir. Böylece, dikine hızların zamana ya da evreye göre işaretlenmesiyle dikine hız eğrileri oluşturulur. Sistemin gözlenen ışık eğrisinden doğrudan A ya da W türü olup olmadığını ayırt etmek zorken dikine hız eğrilerine bakarak

bu ayrımı yapmak mümkündür. A türlerinde, birinci bileşen, birinci maksimumda gözlemciye yaklaşarak negatif genliğe, ikinci maksimumda ise gözlemciden uzaklaşarak

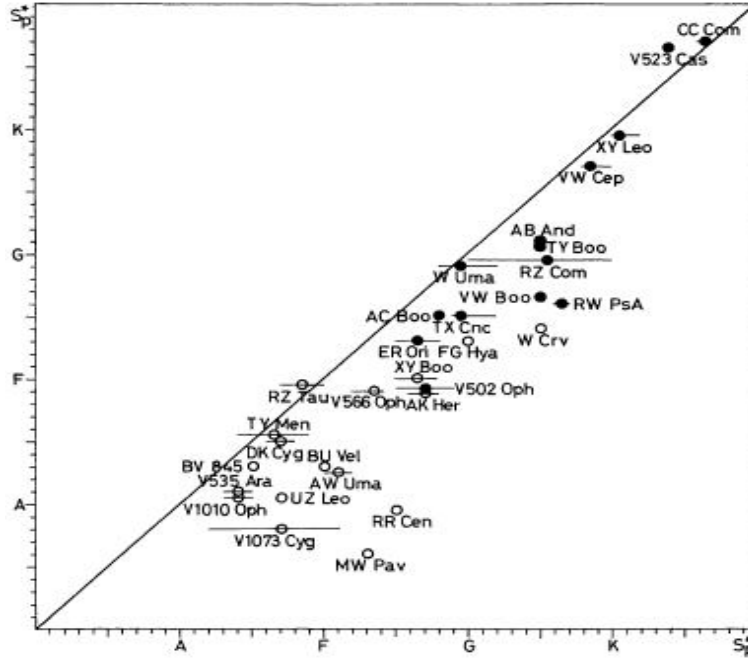


Şekil 1.4a. A alt sınıfından W UMa türü örten çift yıldız V1073 Cyg'nin ışık eğrisi (üstte; Sezer, 1993), dikine hız eğrisi (ortada; Ahn ve ark., 1992) ve 0,25 evrede Roche geometrisi (altta; Sezer, 1993).



Şekil 1.4b. W alt sınıfından W UMa türü örten çift yıldız V842 Her'in ışık eğrisi (üstte; Erdem ve Özkardeş, 2009), dikine hız eğrisi (ortada; Rucinski ve Lu, 1999) ve 0,75 evrede üçboyutlu Roche modeli (altta; Erdem ve Özkardeş, 2009).

pozitif genliğe sahiptir. W türlerinde ise, birinci bileşen, birinci maksimumda gözlemciden uzaklaşarak pozitif genliğe, ikinci maksimumda ise gözlemciye yaklaşarak negatif genliğe sahiptir. Örnek olarak Şekil 1.4 a ve b'de, W UMa türü sistemlerin A ve W alt türlerinin, sırasıyla, ışık eğrileri, dikine hız eğrileri ve Roche geometrileri gösterilmektedir.

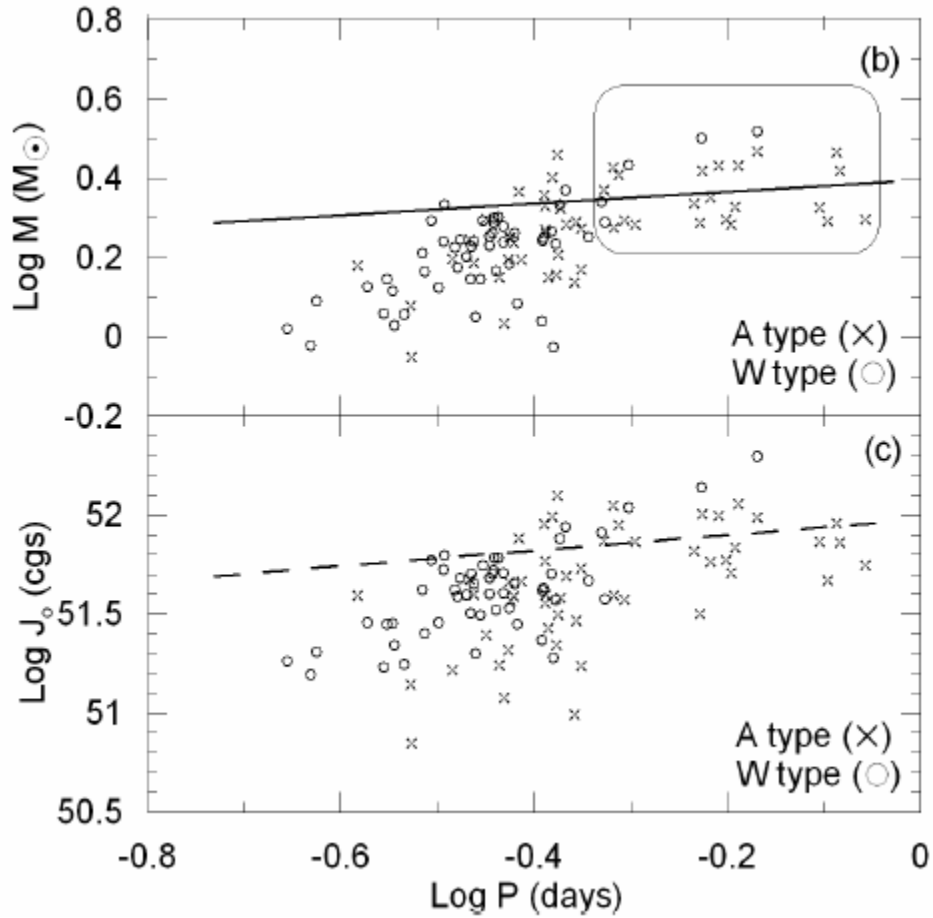


Şekil 1.5. A türü (içi boş küre) ve W türü (içi dolu küre) sistemlerin beklenen tayf türlerinin gözlemlerle karşılaştırılması (Van Hamme, 1981).

Van Hamme (1981)'nin, 17 A türü ve 14 W türü W UMa sistemlerini kullanarak, gözlemsel tayf türleri ve (birinci bileşenlerinin anakol yıldızı olduğu kabulüyle) beklenen tayf türleri için yaptığı karşılaştırma, Şekil 1.5'te verilmektedir. İncelenen sistemlerin hepsinin gözlemsel tayf türleri, anakol yıldızının tayf türünden daha geç olup, ortalama beş alt sınıf kadar geç tayf türlerine doğru bir kayma vardır. Bu kayma, W türlerinde (4 tayfsal alt sınıf), A türlerinden (6 tayfsal alt sınıf) biraz daha küçüktür ve her iki grubun üyeleri, sistematik olarak aynı yönde kayma eğilimindedir. W UMa sistemlerinin birinci bileşenlerinin anakol yıldızı olduğu varsayımına göre, gözlenen tayf türleriyle uyumlu olarak bileşenlerin kütleleri ve yarıçapları çok büyüktür.

Eker ve ark. (2006), kromosferik aktif çift sistemler (CAB) ile W UMa sistemlerinin yörünge açılal momentumu (J_0), toplam kütle (M) ve yörünge dönemi (P) dağılımlarını incelemişler, 102 W UMa sistemi kullanarak $\log J_0$ - $\log P$ ile $\log M$ - $\log P$ diyagramlarını

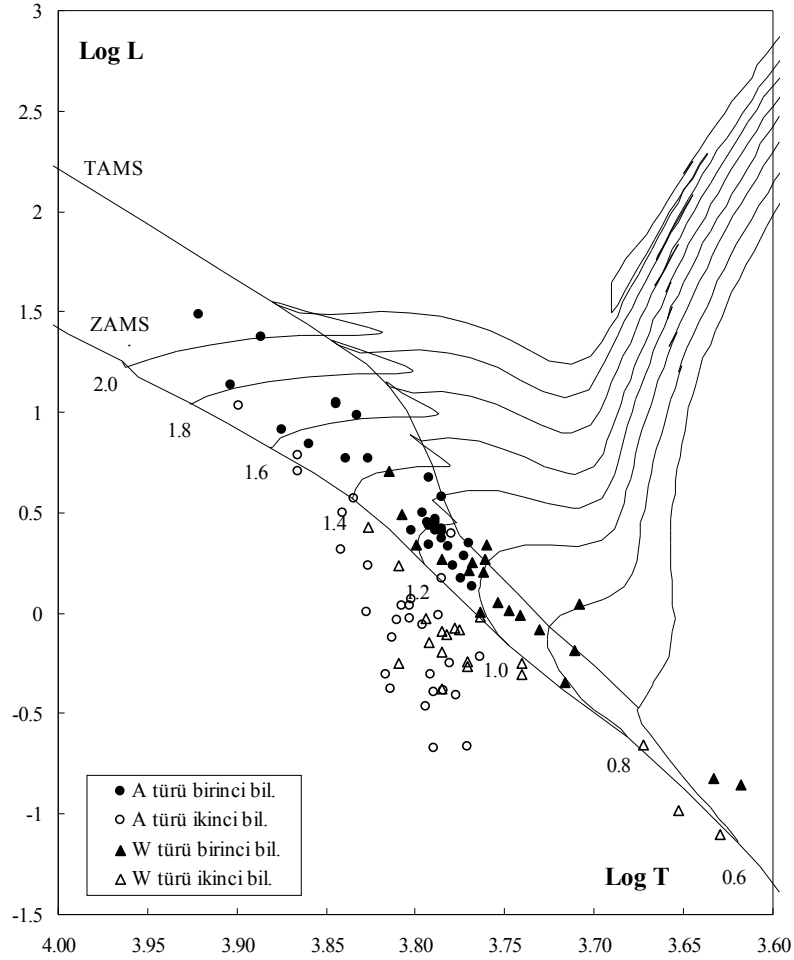
oluşturmuşlardır. Bu logaritmik dağılım diyagramları, Şekil 1.6'da gösterilmektedir. Buna göre, yörünge açılal momentum ile kütle, yörünge dönemine göre dağılımı benzer olup kısa dönemlere gidildikçe W türlerinin A türlerine oranla daha baskın olduğu, A türlerinin toplam kütlelerinin W türlerine göre daha büyük olduğu fakat kütleleri W türlerinin toplam külesinden daha küçük A türlerinin de bulunduğu görülmektedir. Son söylenilen durumu Eker ve ark. (2006)'ı, kütleli bir W sisteminin düşük kütleli bir A sisteme dönüşebileceği şeklinde önermişlerdir.



Şekil 1.6. W UMa sistemlerinin kütle ve yörünge açılal momentumlarının yörünge dönemlerine göre dağılımı (Eker ve ark., 2008).

Bir çift yıldızın fiziksel parametrelerinin güvenilir/duyarlı olarak belirlenebilmesi, ışık ve dikine hız eğrilerinin birlikte ve/veya eşzamanlı analiz edilmesine bağlıdır. Bu anlamda, Krakov (Polonya) ve Toronto (Kanada) çalışma grubu (<http://www.as.up.krakow.pl/wuma/wuma.html>), yüksek çözünürlükteki tayfsal gözlemleriyle duyarlılığı yüksek fotometrik ışık eğrisi gözlemlerini birlikte analiz ederek 48

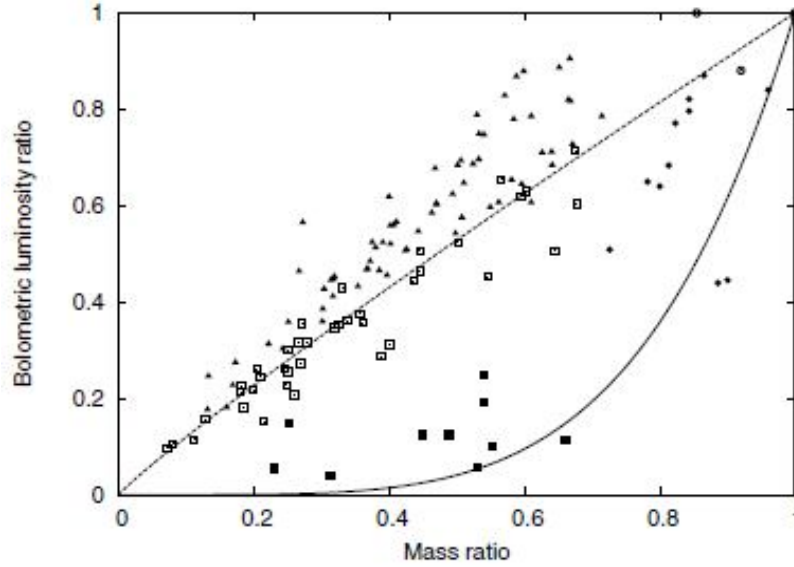
W UMa çift yıldızının mutlak parametrelerini elde etmişlerdir. Buna göre, Şekil 1.7’de 29 A türü ve 19 W türü W UMa sistemlerinin (Zola, 2009: özel haberleşme) bileşenlerinin konumları, HR diyagramında gösterilmektedir. Diğer istatistiksel özellikler, Sonuç ve Tartışma bölümünde orijinal çalışma olarak verilecektir. HR diyagramındaki ZAMS (Zero Age of Main Sequence) Sıfır Yaş Anakolu, TAMS (Terminal Age of Main Sequence) Terminal Yaş Anakolu ve evrim yolları, Girardi ve ark. (2000)’nın düşük kütleli yıldız modelleri için verdikleri kuramsal değerlere göre çizilmiş olup kimyasal bolluk oranı için güneş modeli seçilmiştir. HR diyagramında, birinci bileşenler TAMS’a yakın, ikinci bileşenler ZAMS’a yakın konumdadırlar. Özellikle, W türlerinin ikinci bileşenleri ZAMS’ın sol tarafında yer almaktadır ki bu durum, standart evrim modeliyle ters düşmektedir, standart modele göre, anakolun solunda değil sağında yer almalıdırlar.



Şekil 1.7. A ve W türü W UMa sistemlerinin bileşenlerinin HR diyagramındaki konumları. Evrim yolları, Girardi ve ark. (2000)’ndan alınan kuramsal değerlere göre çizilmiş olup ZAMS üzerindeki sayılar başlangıç kütlelerini göstermektedir.

Bu tersliğe Wang (1994), diğer yazarlar (Lucy, 1976; Flannery, 1976; Robertson ve Eggleton, 1977) tarafından önerilen (Bölüm 1.3'te kısmen anlatılan) “ısısal durulma salınımları” teorisine uyan bir açıklama getirmiştir: A türü W UMa sistemlerinin ikinci bileşenleri, kendi ısısal denge konfigürasyonlarına doğru yavaşça genişlemektedir. W türü W UMa sistemlerinin ikinci bileşenleri ise, ZAMS yarıçapına doğru büzülmeindedir. Büzülme sonucu açığa çıkan çekim enerjisinin bir kısmı ısı enerjisine dönüşerek ikinci bileşenlerin birinci bileşenlerden daha sıcak olmalarına neden olur. Wang (1994), bu önerisinin, W türü sistemlerin ışık eğrilerinin yapısını açıklamak için gözlemlerle de desteklenen ve Rucinski (1974) tarafından verilen HS (hot secondary) modeliyle uyumlu olduğunu belirtmiştir. İkinci bileşenin daha sıcak olmasıyla ilgili başka bir açıklama ise Hilditch (2001) tarafından yapılmıştır ve ikinci bileşenin tek yıldız olarak gözönüne alındığında sahip olacağı sıcaklığın, aslında, sistemi saran ortak zarfın sıcaklığı olduğunu önermiştir.

Literatürde, W UMa sistemlerinin A ve W alt türlerine ek olarak bazı yeni alt sınıflara (E, B ve H) rastlanmaktadır. B alt türü sistemlerin ışık eğrileri, β Lyrae türü sistemlerinkine benzerdir ve fiziksel olarak değil ısısal olarak değen bileşenlerden oluşmaktadır. E alt türleri ise, OBA erken tayf türünden bileşenlere sahiptir. Pribulla ve ark. (2003), 361 değen çift yıldız içeren bir katalog hazırlamıştır ve bu katalogta, 26 B türü ile 15 E türü W UMa sistemi bulunmaktadır. Csizmadia ve Klagyivik (2004), 159 değen çift yıldızın ışık eğrisi çözümlerinden oluşan bir katalog hazırlamışlar ve bu çalışmada, yeni bir alt sınıf tanımlamışlardır. H olarak adlandırılan bu yeni alt sınıf, kütle oranı 0,72'den büyük olan W UMa sistemlerinden oluşmaktadır. Şekil 1.8'de, bu katalogdaki değen çiftlerin kütle oranına (q) göre ısıtma oranı (λ) değişimi gösterilmektedir. İçi boş kare, A türünü; içi dolu kare, B türünü; içi dolu küre, H/A ($q > 0,72$ olan A türü); içi boş küre, H/W ($q > 0,72$ olan W türü) ve içi dolu üçgen W türünü temsil etmektedir. Buna göre, belli bir kütle oranı için W türü sistemler, A türü sistemlerden daha büyük ısıtma oranına sahiptir. A ve W türlerinin her ikisi de, B türü sistemlere göre daha büyük ısıtmalıdır; B türü sistemler, A/W sistemleri ile $\lambda = q^{4,6}$ çizgisi (anakol kütle-ısıtma ilişkisini temsil eden düz çizgi) arasında konumlanmıştır. Ayrıca, W türü sistemler yüksek kütle oranlı bölgede yoğunlaşmışken bu bölgede, az sayıda A türü sistem bulunmaktadır.



Şekil 1.8. Değen çiftler için kütle oranı- ışıltma oranı ilişkisi. Düz çizgi, $\lambda = q^{4,6}$ ile verilen anakol kütle-ışıltma ilişkisini; kesikli çizgi, Lucy (1968)'nin $\lambda = q^{0,92}$ bağıntısını temsil etmektedir (Csizmadia ve Klagyivik, 2004).

1.3. W UMa Türü Örtün Çift Yıldızların Evrim Senaryoları

Kuiper (1941), yakın çift yıldızların bileşenlerinin fiziksel olarak değmeleri için ortak zarfın, her iki yıldızın iç ve dış kritik Roche yüzeyleri arasında olması gerektiğini göstermiştir. Ortak zarf, bileşenlerin iç yüzeyleriyle karşılaştırıldığında oldukça incedir ve bu nedenle bileşenlerin yarıçapları, R_1 ve R_2 , kendi Roche loblarına indirgenebilir:

$$\left(\frac{R_1}{R_2}\right)_{\text{Roche lobu}} = \left(\frac{M_1}{M_2}\right)^{0,46} \quad (1.2)$$

Anakol yıldızları için kütle-yarıçap ilişkisi ise;

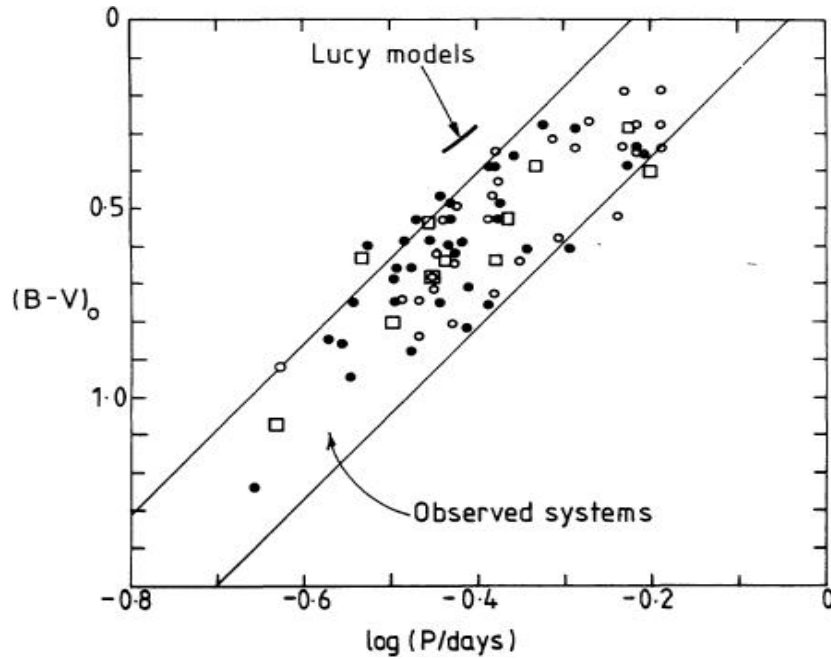
$$\left(\frac{R_1}{R_2}\right)_{\text{Anakol}} = \left(\frac{M_1}{M_2}\right)^{0,6} \quad (1.3)$$

olarak verilmektedir. Denklem (1.2) ve denklem (1.3), bileşenlerin kütleleri eşit olmadıkça birbirleriyle uyumsuz. Bu durum, Kuiper paradoksu olarak bilinir. Kuiper, bileşenlerin kütle oranının bire eşit olmadığı sürece, yani kütleler eşit olmadıkça, kararlı değen konfigürasyonunun sağlanamayacağı sonucuna varmıştır. Fakat gözlemsel sonuçlara göre W UMa sistemlerinin kütle oranları birden farklıdır. Bu çelişkiyi çözmek amacıyla Lucy (1968), değen çiftlerin ortak zarf yapısını incelemiş ve F0'dan daha erken tayf türüne sahip

W türü W UMa yıldızlarının olmaması nedeniyle, sıfır yaş konvektif ortak zarfa sahip değen yıldız modelini önermiştir. Bu model, adyabatik sabitin eşit olduğu konvektif zarflara sahip, eş bileşimli, değme koşulunu sağlayacak kütle ve yarıçaplara sahip küresel iki yıldızdan oluşmaktadır. Değme konfigürasyonu, bileşenlerden birinde CNO çevrimi baskınken yoldaş bileşende proton-proton tepkimesinin baskın olmasıyla sağlanır. Fakat bu model, Eggen (1967)'nin dönem-renk ilişkisini (Şekil 1.9) desteklememektedir.

Kuiper paradoksunu çözmek için iki farklı teori geliştirilmiştir: (i) ısısal durulma salınımları teorisi ve (ii) değme süreksizliği teorisi.

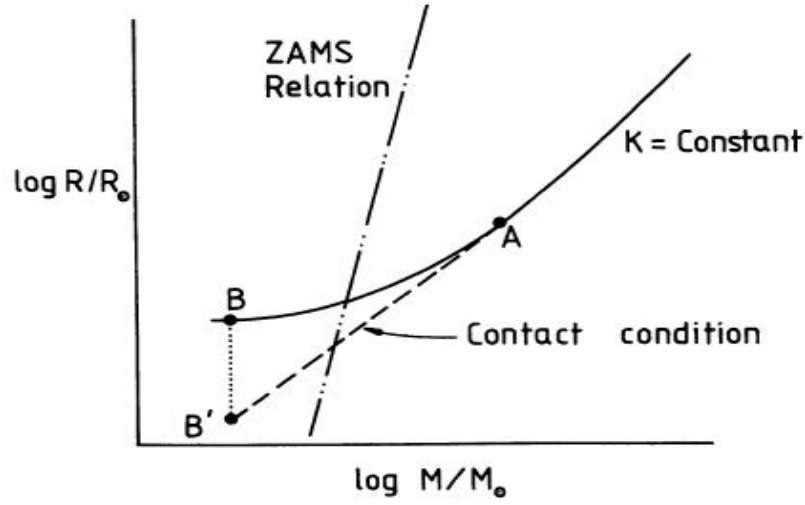
(i) *Isısal Durulma Salınımları Teorisi (TRO)* : Lucy (1976), Flannery (1976) ile Robertson ve Eggleton (1977)'a göre W UMa yıldızları, marjinal değme evresi civarında periyodik olarak ısısal durulma salınımlarına maruz kalır. Bu model, Şekil 1.10'da verilen basitleştirilmiş kütle-yarıçap diyagramıyla açıklanabilir (Smith, 1984):



Şekil 1.9. Eggen (1967), Mochnacki (1981) ve Whyte (1984)'ın listeledikleri sistemler için dönem-renk ilişkisi (Smith, 1984).

Şekil 1.10'da, K entropi sabiti olup düz çizgi eş entropili kütle-yarıçap bağıntısını temsil etmektedir ve ısısal dengedeki her iki yıldız, bu çizgi üzerindedir; kesikli çizgi, değme koşuluna karşılık gelmektedir ve dinamik denge gereğince her iki yıldız bu çizgi üzerindedir; noktalı çizgi tek yıldızlar için sıfır yaş anakolunu temsil etmektedir. Birinci

bileşenin (kütleli bileşen) A noktasında dinamik ve ısıl olarak dengede olduğu varsayılırsa, ikinci bileşen dinamik denge gereğince B' noktasında olmalıdır.



Şekil 1.10. Isıl dengede olmayan bir değin çiftin kütle-yarıçap ilişkisinin şematik gösterimi (Smith, 1984).

Bu yüzden, ikinci bileşen, ısıl zaman ölçeğinde denge durumuna ulaşabilmek için genişleyerek B noktasına gelir. Genişleme nedeniyle, ikinci bileşenden birinciye (enerji aktarımının ters yönünde) kütle aktarılır. Toplam kütle ve yörünge açısal momentumun korunduğu varsayımıyla, iki bileşen arasındaki mesafe, değme durumu ortadan kalkıncaya kadar yavaşça artar; kütle ve enerji aktarımı durur ve bileşenler tek yıldız haline gelir, fakat yarıçapları denge durumundaki yarıçaplarından oldukça farklıdır. Bu nedenle, ikinci bileşen, hızla, ZAMS yarıçapına büzülürken birinci bileşen genişler ve kendi ZAMS yarıçapına ulaşmadan önce Roche şişimini doldurarak taşar. Böylece, kütle transferi, birinci bileşenden ikinciye doğru olur ve bu durum, değme durumu tekrar kuruluncaya kadar bileşenler arası mesafeyi azaltır. Değme durumu bir kez sağlandığında, ikinci bileşen ısıl denge yarıçapına doğru büzülür, kütle aktarımının yönü değişir ve bu şekilde, çevrim devam eder. Gözlenen W UMa sistemlerinin kütle oranları için çevrimin büyük bir kısmı, zayıf değme ya da değmenin hiç olmadığı evreleri içermektedir ve bu durum, TRO modeliyle ilgili temel bir sorundur. Çevrimin bu evreleri dikkate alındığında, W UMa sistemlerinin sayısı kadar kısa dönemli β Lyrae sistemlerinin gözlenmesi gerekmektedir. Gözlemsel veriye göre, 0,4 günden kısa döneme sahip β Lyrae sistemi yoktur. Bu probleme olası çözüm olarak, W UMa sistemlerinde görülen açısal momentum kaybı önerilebilir. Düşük açısal momentum sonucu, bileşenler arası ayrıklık küçülür ve böylece,

değme konfigürasyonu korunmuş olur. TRO teorisi, W UMa sistemlerinde görülen dönem değişimini açıklamada pek başarılı değildir. Çünkü artan ve azalan dönemlere sahip sistemlerin sayısı yaklaşık olarak eşittir. Bunun yanında, TRO modeli, yaşlı W UMa sistemlerinin (A türü) gözlemsel özellikleriyle uyumludur, fakat W türü sistemlere ilişkin problemleri açıklamada yeterli değildir.

(ii) *Değme Süreksizliği Teorisi (DSC)* : Değen çiftlerde kütle ve ısı aktarımı, iç kritik yüzeyin üstünde bulunan zarfın bir kısmında etkin olarak gerçekleşir. Basınç farkı nedeniyle, sadece bu bölgede gaz, bir yıldızdan diğerine kolayca geçebilir. İç kritik yüzeyin (Roche şişimleri) altında, iki yıldız arasında gazın yeniden dağılımı zordur çünkü, çekim ivmesine karşı iş yapmadan diğer yıldız geçiş sadece L_1 Lagrange noktasında olmaktadır. Bu yüzden, Roche şişimleri içerisinde, iki yıldız hemen hemen ayrıktır ve bu durum, iç kritik yüzey boyunca bir süreksizlik davranışına izin verir. Mekaniksel koşullar gereği basınç, iç kritik yüzey boyunca sürekli olmalıdır; sıcaklık ve yoğunluk ve/veya bunların gradientleri ise süreksizdir. Fakat soğuk gaz sıcak gazın üstünde kararlı şekilde bulunamaz çünkü sıcak gaz elementlerinin artması ve soğuk gaz elementlerinin azalması, böylesi bir değme süreksizliğini dinamik zaman ölçeğinde ortadan kaldırabilir. Her iki yıldızdan daha sıcak olan kritik yüzeyin üzerinde gazın bulunma olasılığı fiziksel olarak gerçekçi değildir. Dolayısıyla, sadece tek bir yıldız değme süreksizliğinde bulunabilir. Bu yıldız, kendi Roche şişiminin hemen hemen üzerinde sahip olduğundan daha çok, Roche şişiminin altında soğuktur. Diğer yıldız ise, Roche şişimi boyunca sürekli yapıdadır (Shu ve ark., 1976). Bu teoriye göre, ısısal dengede olan radyatif ve konvektif zarflı değen çift modelleri kurmak mümkündür (Sarna ve Fedorova, 1989). Hazlehurst ve Refsdal (1978) ve Rahunen (1982), böylesi bir modelde, ikinci bileşenin Roche şişimi boyunca olan sıcaklık (entropi) süreksizliğinin daha kısa bir zamanda (yaklaşık olarak ikinci bileşenin dış konvektif bölgesinin ısısal zaman ölçeğinde) alt bölgelerin ısınması sonucu ortadan kalkacağını tartışmışlardır. Öte yandan, Shu ve ark. (1980) bunun, DSC modeli için önemli bir zorluk yaratmadığını göstermişlerdir. Bu değme konfigürasyonunun sıcaklığın ters döndüğü katmanlarla nasıl evrimleştikleri belli değildir. Shu (1980), bu modele ilişkin tüm zorlukları ve tartışmalı durumları gözönüne alınarak, TRO ve DCS teorilerinin birbirlerinin tamamlayıcısı olduğunu önermiştir.

Wang (1995), ortak zarfla etkileşen 32 değen çiftin gözlem verisini kullanarak bu sistemlerin toplam ışıtmalarının yeniden dağılımını incelemiştir. A türlerinde ikinci bileşenlerin ortalama 8,7 m/yıl hızla genişlediğini, W türlerinde ise ikinci bileşenlerin ortalama 0,32 m/yıl hızla büzöldüklerini; A ve W türlerinin birinci bileşenlerinin, sırasıyla,

ortalama 2373,7 m/yıl ve ortalama 17,9 m/yıl hızla genişlediklerini belirlemiştir. Sonuçlara göre, A türlerinde ikinci bileşenin genişlemesiyle sağlanan bir değme süreksizliği katmanı varken W türlerinde ikinci bileşenin büzülmesiyle değme süreksizliği katmanı ortadan kalkmaktadır. A türlerinin ikinci bileşenleri, böylesi bir süreksizlik katmanına sahipse, değen çiftler hem değme süreksizliğine hem de ısıl durulma salınımlarına birlikte maruz kalmaktadır.

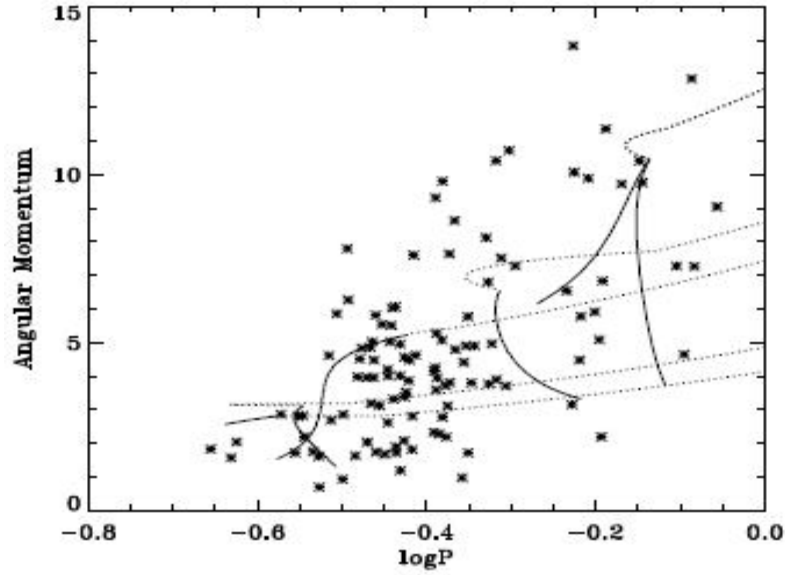
Sarna ve Fedorova (1989), önceki çalışmaları ve kendi hesaplamalarını birleştirerek W UMa sistemlerinin olası oluşum yollarını şu şekilde özetlemiştir:

- (i) ısıl kararsızlık çevrimleri ile sıfır yaş sistemlerden evrimleşerek,
- (ii) çift sistemden Durum A türü kütle aktarımıyla,
- (iii) olası bir kaynak, Durum B türü kütle transferinin yavaş evresinde vardır. Bu sistemler için orijinal kütle oranı oldukça küçüktür ($q \leq 0,2$),
- (iv) ayırık ya da yarı-ayırık sistemlerden manyetik yıldız rüzgarları nedeniyle açıl momentum kaybıyla.

Gazeas ve Stepień (2008), Stepień (2004, 2006 a,b) tarafından geliştirilen evrim senaryosuna dayanan bir model önermişlerdir. Bu evrim senaryosuna göre, W UMa türü yıldızlar, başlangıç yörünge dönemi birkaç gün, toplam kütlesi $1,4 M_{\odot}$ - $2,6 M_{\odot}$ arasında olan soğuk ayırık çift yıldızlardan meydana gelmiştir. Çift yıldızın bileşenleri, manyetik yıldız rüzgarlarıyla kütle ve açıl momentum kaybeder ve sistemin yörüngesi küçülür. Yörünge açıl momentum kaybı, birkaç Gyl mertebesinde gerçekleşir ve bu zaman eşeli, büyük kütleli bileşenin (birinci bileşen) evrimsel zaman eşeliyle aynıdır. Önerdikleri evrim modeliyle, Kreiner ve ark. (2003)'ün listeledikleri 112 değen çift yıldızın log P-açıl momentum dağılımını oluşturmuşlardır (Şekil 1.11). Herbir yıldız için açıl momentum değerleri, diyagonal olarak sol alt köşeden (kısa dönem-düşük açıl momentum) sağ üst köşeye (uzun dönem-yüksek açıl momentum) doğru değişim göstermektedir. Ortalama olarak açıl momentum değerleri, artan dönemle birlikte artmaktadır.

Değme modeline göre, bileşenlerin çekirdeklerinde üretilen enerji, ortak zarfta yeniden dağılır ve bu yüzden bileşenlerin gözlenen ısıtmaları, ayırık konfigürasyondaki iki anakol yıldızına oranla, kütle oranına daha çok bağlıdır (Csizmadia ve Klagiyivik, 2004). Mochnacki (1981), birinci bileşenden ikinciye enerji transferinin, sadece kütle oranına bağlı olduğunu varsaymıştır. Liu ve Yang (2000), enerji tranfer oranını hesaplayarak bu oranın, kütle oranıyla birlikte birinci bileşenin sıfır yaş yarıçapı ile şu andaki yarıçapının oranı olan evrimsel etken parametresine bağlı olduğunu göstermişlerdir. Kalimeris ve Rovithis-Livaniou (2001), gözlenen enerji aktarımının ikinci bileşenin ısıtmasının bir

fonksiyonu olduğunu bulmuşlardır. Kahler (2002 a,b), ayrıntılı sayısal hesaplamalarına dayanarak, aktarılan enerjinin zamanla değiştiğini ve bunun değen çiftler için geniş bir zaman aralığında gerçekleştiğini belirtmiştir. Csizmadia ve Klagyivik (2004), değen çiftler için ısıtma-kütle oranı-aktarılan enerji miktarı arasındaki olası ilişkiyi, gözlemsel verileri kullanarak incelemişlerdir ve birinci bileşenden ikinci bileşene aktarılan enerjinin, kütle



Şekil 1.11. Değen çift yıldızların açısal momentum dağılımı. Açısal momentum, 10^{51} cgs birimindedir. Noktalı çizgi, değme öncesi evrimini; düz çizgi, değme evrimini temsil etmektedir (Gazeas ve Stepien, 2008).

oranı ve ısıtma oranına bağlı olduğunu bulurken kütle oranı ile ısıtma oranı arasında sıkı bir bağ olmadığını bulmuşlardır. ısıtma oranı-kütle oranı ilişkisi Lucy (1968) tarafından da önerilmiştir. Kahler (2002b) ise, büyük ısıtma oranı değişimlerini küçük kütle oranı değişimlerine bağlamıştır, fakat ışık eğrisi gözlemlerinin bu durumu desteklemediğini ifade etmiştir.

1.4. Tezin Amacı

Örten çift yıldızların incelenmesi, yıldızlara ilişkin mutlak parametrelerin, doğrudan gözlemlerden bulunmasının tek yolu olduğu için önemlidir. Örneğin, bir örten çift yıldız, tayfsal yolla gözlenerek dikine hız eğrisi, fotometrik yolla gözlenerek ışık eğrisi elde edilmişse; bu iki gözlemsel verinin eşzamanlı çözümü, gözlenen yıldızın mutlak parametrelerinin hesaplanmasına olanak sağlayacaktır. Öte yandan, örten çift yıldızların

bazı özel sınıflarını incelemek ilgi çekicidir; örneğin, W UMa türü sistemler bunlardan biridir. W UMa türü yıldızlar, sayı bolluğu bakımından çok karşılaşılan yıldızlardır. Rucinski (1998), OGLEI sonuçlarını kullanarak, W UMa'ların sayı bolluğu için Güneş komşuluğunda bulunan ve FGK türü cüce yıldızların 1/130'i değerini vermektedir. W UMa'ların bu sayısal bolluğu, yeğin gözlemlerin yapılmasını ve dolayısıyla gözlemsel verinin zengin olmasını sağlar; ancak var olan kuramlar gözlemleri tam olarak açıklayamamaktadır. Karşılaşılan sorunlar, W UMa'ların doğasından kaynaklanmaktadır. Sorunların en önemlileri, W UMa'ların degen sistem olmaları (ve dolayısıyla tek yıldızlar için yapılan evrim modellerine uymamaları) ve ışık eğrilerindeki maksimum düzeyler arasındaki asimetrik yapı (ya da O'Connell etkisi)dir. Öte yandan, muhtemelen gözlemevlerinin çoğunluğunun Kuzey Yarımkürede olması nedeniyle; gözlemlerden mutlak parametreleri elde edilen W UMa'ların çoğu, Kuzey Yarımküre yıldızlarıdır. Bu nedenlerden ötürü, a) W UMa türü bir yıldız üzerine tayfsal ve fotometrik yolla çalışmak, kuramsal çalışmalara yön verecek, veri haznesini artıracaktır, b) incelenecek W UMa türü yıldız Güney Yarımküreden seçmek ise, bu tür yıldızların mutlak parametrelerinin galaktik koordinatlara bağımlılığı, iki yarımküre W UMa türü yıldızların özelliklerinin karşılaştırılması vb. özelliklerin istatistiğini yapmaya olanak verecektir.

Bu tez çalışmasında, Güney Yarımküreden seçilen üç W UMa türü çift yıldızın (CN Hyi, IS CMa ve V535 Ara), tayfsal ve fotometrik olarak incelenmesi amaçlanmaktadır. Tayfsal veriden elde edilen dikine hız eğrileri literatürdeki ışık eğrileriyle birleştirilerek eşzamanlı analizleri yapılacaktır; sistemlerin yörünge ve mutlak parametreleri elde edilecek ve buradan evrim durumları ortaya konmaya çalışılacaktır.

1.5. CN Hyi

CN Hyi (HIP 12884 = HD 17653, tayf türü F6V), Güney Yarımküre'den gözlenebilen görece parlak ($V=6^m,69$) olan 0,456107 gün yörünge dönemine sahip bir W UMa türü çift yıldızdır. Parlaklığındaki değişim, ilk kez, Hipparcos uydusunca (ESA, 1997) saptanmıştır. Yıldızın ışık eğrisinin fotometrik genliği yaklaşık $0^m,3$ 'dir. Parlaklığına rağmen literatürde, sistemin tayfsal gözlemlerine ilişkin bir çalışma bulunmamaktadır. Bu durum, tez çalışmasında bu yıldızın ele alınmasında temel etkidir.

Literatürde, sistemin kimi fotometrik ölçümlerinin kaydedildiği birkaç katalog bulunmaktadır (Moreno ve Carrasco, 1986; Olsen 1994; Fabricius ve Makarov 2000). Geçmişte yayımlanan iki çalışma (Selam, 2004; Wadhwa ve Zaeley, 2005), CN Hyi'nin Hipparcos uydusunca elde edilen ışık eğrisinin fotometrik çözümüne dayanmaktadır.

Selam (2004), 64 değen sistemin Hipparcos ışık eğrilerini, Rucinski (1993) tarafından önerilen ışık eğrisi sentezi yöntemini kullanarak analiz etmiş ve bu sistemlerin geometrik elemanlarını (kütle oranı (q), değme derecesi (f) ve yörünge eğikliği (i)) belirlemiştir. Aynı çalışmada, CN Hyi'nin geometrik elementleri $q=0,23$, $f=0,60$ ve $i=60^\circ$ olarak verilmektedir. Wadhwa ve Zaeley (2005) de, CN Hyi'nin Hipparcos ışık eğrisini fotometrik olarak analiz etmişlerdir. Literatürde, sisteme ait tayfsal bilginin olmaması nedeniyle, 0,1 ile 2,5 değer aralığında sistemin kütle oranını araştırmışlardır. Bu araştırma sonucunda kütle oranını 0,25 kabul ederek fotometrik çözüm yapmışlar ve CN Hyi'nin mutlak parametrelerini belirlemiştir. Buna göre, birinci ve ikinci bileşenin kütlesi, sırasıyla, $1,41 M_\odot$ ve $0,35 M_\odot$ 'dir.

Nordström ve ark. (2004), belli bir parlaklık sınırındaki kinematik olarak bağımsız ve tayf türleri F ve G'ye yakın olan 16682 tane cüce yıldızın metalliği, dönme hızları, yaşları, kinematik yapısı ve Galaktik yörüngeleri hakkında yeni saptamalarda bulunmuşlardır. Oluşturdukları katalogta, CN Hyi'nin [Fe/H] (metallik) değerini, uzaklığını ve yaşını, sırasıyla, $10^{-0,21}$, 58 pc ve 2,3 Gyr olarak vermişlerdir.

Değen çift sistem CN Hyi'nin çoklu bileşene sahip olması, Hipparcos uydusunun yaptığı gözlemler süresince tespit edilmiştir. Öte yandan, Pribulla ve Rucinski (2006)'nin ek bir bileşene sahip 151 değen çift yıldızlardan oluşturdukları listede, CN Hyi'nin görsel bileşenin parlaklığı ile çift yıldızın parlaklığı arasındaki fark $\Delta V = 3^m,76$, açısal ayrıklığı $\rho = 0,512$ as ve konum açısı $\theta = 132^\circ$ olarak verilmektedir.

1.6. IS CMa

IS CMa (HIP 30174, F3V), $P = 0,616982$ gün yörünge dönemine sahip ve Güney Yarımküre'ye ait parlak ($V=7^m,0$) bir W Uma türü örten çift sistemdir. Parlaklık değişimi, Hipparcos uydusunca belirlenmiştir (ESA, 1997). Adelman (2001), Hipparcos fotometrisine dayanarak 2027 tane büyük genlikli yıldızdan oluşan, IS CMa'nın da dahil edildiği, bir katalog hazırlamış ve sistemin genliğini $0^m,49$ olarak vermiştir. Literatürde, sistemin fotometrik özelliklerinin verildiği birçok katalog yer almaktadır (Olsen, 1994; Carrasco ve Loyola, 1995; Malkov ve ark., 2006). Selam (2004), IS CMa'nın geometrik öğelerini sırasıyla, $q=0,30$, $f=0,50$ ve $i=75^\circ$ olarak vermiştir. Nordström ve ark. (2004), IS CMa'nın [Fe/H] (metallik) değerini, uzaklığını ve yaşını, sırasıyla, $10^{-0,36}$, 100 pc ve 1,7 Gyr olarak vermişlerdir. Rucinski (2006), güvenilir Hipparcos paralaklarına sahip 21 değen çift sisteminin verisini kullanarak bir dönem-ışıtma kalibrasyonu vermeyi

amaçlamış; fakat, IS CMa'nın da dahil olduğu ve dönemleri $\log P > -0,25$ olan dört değen çiftin kalibrasyondan uzaklaştığını söyleyerek kalibrasyonda, dönemi $\log P < -0,25$ olan 17 değen çift sistemin verisini kullanmak zorunda kalmıştır. Pribulla ve Ruinski (2006), ek bir bileşene sahip 151 değen sistemin bulunduğu listeye IS CMa'yı da dahil etmişler ve bu konuda, sistemin çalışılması yönünde öneride bulunmuşlardır.

1.7. V535 Ara

V535 Ara (HIP 86306 = HD 159441, A8V), sadece Güney Yarımküre'den gözlenebilen ve görece parlak ($V=7^m,35$) olan 0,629306 gün yörünge dönemine sahip bir W UMa türü yıldızdır. V535 Ara, 1964 yılında Güney Afrika Bamberg Gözlemevi'nde yapılan gözlemlere göre değışen yıldız olarak kaydedilmiştir.

Chambliss (1967), Mt. John Üniversitesi Gözlemevi'nde Johnson BV filtrelerini kullanarak sistemi, fotoelektrik yolla gözlemiştir. Çalışmasında, sistemin yörünge döneminde bir değışimin olmadığını ve birinci ile ikinci minimum arasında bir evre kaymasının bulunmadığını belirlemiştir; Russell-Merill yaklaşımıyla sistemin yörünge elemanlarını elde etmiş ve buradan, birinci minimum transit, ikinci minimum örtülme (occultation) olmak üzere tutulmaların tam tutulmalı ve bileşenlerin yarıçaplar oranının 0.54 olduğu sonucuna varmıştır.

Leung ve Schneider (1978), üç değen çift yıldızın (V535 Ara, AU Pup ve V1073 Cyg) fotoelektrik gözlemlerini ele almışlardır. V535 Ara için Chambliss'in fotometrik verisini kullanarak Wilson-Devinney (1971) yöntemiyle analiz etmişlerdir. Sistemin tayfsal kütle oranı bulunmadığından kütle oranı taraması yapmışlar ve $q = 0,3612$ değerini bulmuşlardır. Fotometrik çözümlerine göre V535 Ara, Chambliss'in önerisine uygun olarak birinci minimumu transit, ikinci minimum tam tutulma gösteren ışık eğrisine sahip, $f = 0,025$ ile marjinal değme durumunda bir değen çift yıldızdır.

Schöffel (1979), sistemi tayfsal olarak gözleyen ilk kişidir. 1976'da ESO (Güney Avrupa Gözlemevi)'da yaptığı tayfsal gözlemlerde topladığı 20 tayfın $H\gamma$ ve $H\alpha$ çizgileriyle Ca II K çizgisini kullanarak sistemin tayfsal kütle oranını $0,300 \pm 0,015$ ve tayf türünü $A5 \pm 2$ olarak belirlemiştir. Aynı zamanda, sistemi fotoelektrik olarak gözlemiştir ve buradan, fotometrik çözümlerle tayfsal sonuçları birleştirerek sistemin mutlak parametrelerini elde etmiştir. Buna göre, $M_1 = 1,52 \pm 0,15 M_{\odot}$, $M_2 = 0,46 \pm 0,05 M_{\odot}$, $R_1 = 1,92 \pm 0,06 R_{\odot}$ ve $R_2 = 1,13 \pm 0,05 R_{\odot}$ dir. V535 Ara'nın literatürdeki minimum zamanlarını kullanarak sistemin dönem değışimini incelemiştir ve $dP/dt = -5 \times 10^{-8}$ gün/yıl kadar küçük bir azalma

saptamış buradan, birinci bileşenden ikinci bileşene aktarılan kütle miktarını $2 \times 10^{-7} M_{\odot}/\text{yıl}$ olarak hesaplamıştır. Ayrıca, V535 Ara'nın bileşenlerinin konumlarını HR diyagramı üzerinde göstererek sistemin evrim durumunu incelemiştir: birinci bileşen, kütlelerine göre teorik evrim yolunun biraz üzerindedir; ikinci bileşen ise, kütlelerine göre anakolun daha sıcak ve daha parlak tarafındadır.

Van Hamme (1982), çok sayıda A ve W türü W UMa sistemlerinin gözlenen ve beklenen tayf türlerini karşılaştırmış ve V535 Ara'nın kütle oranını $q=0,33$ ve tayf türünü A1 olarak vermiştir. Niarchos (1978) ile Jabbar ve Kopal (1983), Kopal tarafından geliştirilen yöntemi kullanarak bazı W UMa çift sistemlerinin geometrik ve fiziksel parametrelerini hesaplamışlardır. Buna göre, Niarchos (1978) V535 Ara'nın kütle oranını 0,55 olarak belirlerken Jabbar ve Kopal (1983), 0,22 olarak bulmuştur. Eaton (1991), 1986 yılında IUE (International Ultraviolet Explorer) uydusuyla elde ettiği moröte ışık eğrilerini, Chamblis ve Schöffel'in BV bantlarındaki normal noktalarıyla birlikte kendi hazırladığı analiz programına göre çözmüştür. Çözümde, sistemin radyatif ya da konvektif zarfa sahip olmasına göre hem lekeli ve hem lekesiz model gözönüne almış ve sonuç olarak en iyi uyumun lekesiz konvektif zarf modelinde sağlandığını belirtmiştir. Bu çözüme göre, sistemin geometrik öğeleri $q = 0,34 \pm 0,005$, $f = 0,614 \pm 0,033$ ve $i = 81^{\circ},82 \pm 0,36'$ dir. Wang (1994), ısısal durulma salınımları teorisini denetlemek amacıyla 22 değen çift sistemin verisini kullanmış ve V535 Ara'nın kütle oranını $q=0,33$ olarak hesaplamıştır. Qian (2001), sistemin Bruton ve Chambliss (1985) tarafından listelenen minimum ışık zamanlarını kullanarak dönem değişimini incelemiş ve $dP/dt = +9,36 \times 10^{-7}$ gün/yıl olarak hesaplamıştır. Rucinski (2006), güvenilir Hipparcos paralakslarına sahip 21 değen çift sistemin verisini kullanarak bir dönem-ışıtma kalibrasyonu vermeyi amaçlamış, V535 Ara'nın da dahil olduğu ve dönemleri $\log P > -0,25$ olan dört değen çiftin kalibrasyondan saptığını belirlemiştir. Pribulla ve Rucinski (2006), ek bir bileşene sahip 151 değen sistemin bulunduğu listeye V535 Ara'yı da dahil etmişler ve sistemin fotometrik ve tayfsal verilerini göz önünde bulundurarak sisteme ilişkin çalışılmaların geliştirilmesi yönünde öneride bulunmuşlardır. Eker ve ark. (2009), Lutz-Kelker düzeltilmiş paralakslarını kullanarak Rucinski ve Duerbeck (1997)'in dönem-ışıtma-renk ilişkisini yeniden kalibre etmişlerdir. Bu kalibrasyon için, duyarlı paralakslara sahip ve üçlü sistem üyesi olmayan, V535 Ara'nın da dahil olduğu, 31 W UMa türü çift yıldız kullanmışlardır.

BÖLÜM 2

MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Tayfsal Gözlemler ve Verinin İndirgenmesi

İncelenen üç sistemin yüksek çözünürlüklü tayfları, 2007 yılının Eylül ve Ekim aylarında, Tekapo Gölü yakınlarındaki Mt. John Üniversite Gözlemevi (MJUO)'nde alınmıştır. Gözlemevi, $43^{\circ} 59,2'$ enlem ve $170^{\circ} 27,9'$ boylamında olup 1029 m yüksekliktedir. Gözlemler süresince, HERCULES (High Efficiency and Resolution Canterbury University Large Echelle Spectrograph) tayfçekeri, 1 m çaplı McLellan teleskobu ve 4kX4k Spectrel Instruments 600 series (SI600s) CCD kamerası kullanılmıştır.

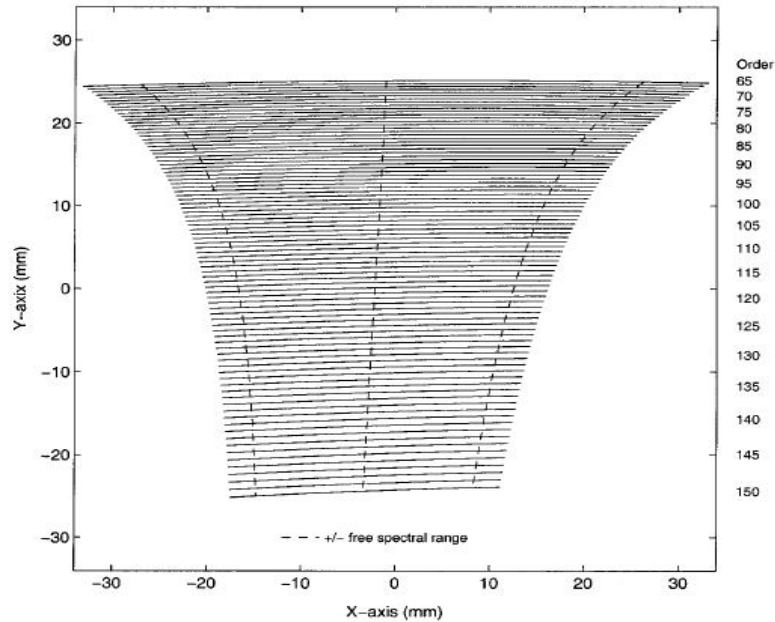
McLellan teleskobu, $f/7,7$ ve $f/13,5$ odak oranlarına sahip Cassegrain türü teleskoptur ve Dall-Kirkham optik düzeneğine sahiptir. Gözlenecek sistemin ışığı, Cassegrain odağının önüne monte edilmiş iki alan düzeltici lensten çapraz olarak geçer. Gözlem gecesinin hava koşuluna ve gözlenecek sistemin özelliğine göre üç farklı fiber seçimini içeren girdi modülü, Cassegrain odağına takılmıştır. Fiberler, 100 μm ve 50 μm çaplı olup 20 m uzunluğundadır; Cassegrain odağından kontrol odasındaki échelle tayfçekerine, hedef yıldız ışığını taşırlar.

HERCULES tayfçekeri, Canterbury Üniversitesi Fizik ve Astronomi Bölümü tarafından yapılmıştır. Tayfçeker, ısısal olarak yalıtılmış bir odada, düz bir zemin üzerinde bulunan bir vakum tankının içine yerleştirilmiştir ve 380 nm ile 900 nm dalgaboyu aralığında 100 échelle tayf dizisi elde edilecek biçimde tasarlanmıştır. Teleskobun odağında bulunan ve optik fiberler tarafından ayarlanabilen iki çözümleme gücüne göre, $R_1 = 41000$ ve $R_2 = 70000$, gözlemler yapılabilir. $R = 41000$ çözümleme gücüne sahip Fiber 1 çekirdeğinin gökyüzü üzerindeki izdüşümünün açısal büyüklüğü $\theta \sim 4,5$ as olup Mt John'da yaklaşık 3,5 as olarak kaydedilen ortalama görüşten büyük değildir. Bu nedenle, gözlemler boyunca, çözümleme gücü $R = 41000$ olarak seçilmiştir. $R = 70000$ çözümleme gücüne sahip diğer iki fiber için, Fiber 2 ve Fiber 3, daha iyi hava koşullarına gerektirir ($\theta \sim 2$ as). Şekil 2.1'de, échelle tayf görüntüsünün bir örneği verilmektedir.

SI600s (Spectrel Instruments 600 series) CCD kamerasının piksel boyutu 15 μm ve piksel sayısı 4000x4000 dir. Bu CCD kamerayla, 365 nm ile 940 nm dalgaboyu aralığında kesintisiz tayf elde etme olanağı vardır. CCD çipini soğutma işlemi, kamera içindeki helyum gazının ayarlanabilir basınçlarda tutulmasıyla gerçekleştirilir. Helyum gazı,

kamera içinde kapalı bir döngüde olup havayla etkileşimde bulunmadığından gözlem süresince yenilenmesine gerek yoktur.

Dört gözlem gecesi süresince CN Hyi için 29 tayf, 7 gözlem gecesi süresince IS CMA için 15 tayf, 9 gözlem gecesi süresince V535 Ara için 34 tayf toplanmıştır. Çizelge 2.1’de CN Hyi’nin, Çizelge 2.2’de IS CMA’nın ve Çizelge 2.3’te V535 Ara’nın tayfsal gözlemlerine ilişkin bilgiler verilmektedir. Gözlemlerde dalgaboyu kalibrasyonu için Toryum-Argon lamba tayfi, yıldıza ait her bir pozun öncesinde ve sonrasında alınmıştır. Beyaz lamba tayfi, düz alan düzeltmesi yapmak amacıyla her gözlem gecesi alınmıştır. Elde edilen tüm tayflar, Canterbury Üniversitesi Fizik ve Astronomi Bölümünde geliştirilen HRSP (Hercules Reduction Software Package, HRSP: Skuljan ve Wright, 2007) programıyla indirgenmiştir. Program, C programlama dilinde yazılmış olup standart FITS dosyalarına uygulanmaktadır. İndirgeme işlemi, kullanıcılar tarafından düzenlenebilen ASCII formatında hazırlanmış çeşitli konfigürasyon dosyalarıyla ve bu dosyalarda belirtilen parametrelerle denetlenmektedir. İndirgeme basamakları, diğer kaynakların görünür hareketinin düzeltilmesini (örneğin, dünya’nın dönme ve dolanma hareketi), dalgaboyu kalibrasyonunu, kozmik ışıklardan kaynaklı yapay piksellerin yok edilmesini, düz alan düzeltilmesini, normalizasyonu ve sonuç olarak hedef tayfin elde edilmesini (dalgaboyuna karşı akı olarak) içermektedir.



Şekil 2.1. HERCULES ile alınmış bir échelle tayfi örneği. Tayf dizileri, 65 ($\lambda = 875,1$ nm) ile 150 ($\lambda = 379,3$ nm) arasında numaralandırılmıştır (Hearnshaw ve ark., 2002).

Çizelge 2.1. CN Hyi yıldızının tayfsal gözlemleriyle ilgili bilgiler. S/G oranı sürekliliğin yaklaşık 5300 Å dalgaboyu için hesaplanmıştır

No	Görüntü	HJD(+2400000)	S/G	Poz Süresi (s)
1	49009	54348,87541	53	1080
2	49011	54348,89105	54	1020
3	49019	54348,97656	56	600
4	49021	54348,98846	56	720
5	49030	54349,06144	60	600
6	49032	54349,07151	62	610
7	49050	54349,20466	66	600
8	49052	54349,21396	64	600
9	50007	54349,84899	63	900
10	50009	54349,86094	68	660
11	50025	54350,00482	71	600
12	50027	54350,01441	66	610
13	50033	54350,05833	62	600
14	50035	54350,06713	61	600
15	50048	54350,19179	69	600
16	50050	54350,20006	72	600
17	50056	54350,25145	69	600
18	51007	54350,86530	72	600
19	51009	54350,87472	72	600
20	51017	54350,92955	77	620
21	51019	54350,93807	76	620
22	51024	54351,01892	89	720
23	51044	54351,12907	89	720
24	51046	54351,13913	83	600
25	51049	54351,19353	81	600
26	51052	54351,20481	80	600
27	52007	54351,88224	50	660
28	52013	54351,92540	81	660
29	52016	54351,93809	60	660

Çizelge 2.2. IS CMa yıldızının tayfsal gözlemleriyle ilgili bilgiler. S/G oranı sürekliliğin yaklaşık 5300 Å dalgaboyu için hesaplanmıştır

No	Görüntü	HJD(+2400000)	S/G	Poz Süresi (s)
1	52045	54352,19888	61	900
2	52047	54352,21189	67	900
3	54042	54354,14533	65	900
4	54044	54354,15868	65	900
5	54052	54354,22660	71	960

Çizelge 2.2'nin devamı

No	Görüntü	HJD(+2400000)	S/G	Poz Süresi (s)
6	56039	54356,12424	60	900
7	56041	54356,13728	60	900
8	56049	54356,21043	71	960
9	62050	54362,19731	71	900
10	62052	54362,21027	73	900
11	63042	54363,07821	62	900
12	63044	54363,09162	64	960
13	63066	54363,22723	74	900
14	75039	54375,13982	61	900
15	75041	54375,15301	60	900

Çizelge 2.3. V535 Ara yıldızının tayfsal gözlemleriyle ilgili bilgiler. S/G oranı sürekliliğin yaklaşık 5300 Å dalgaboyu için hesaplanmıştır

No	Görüntü	HJD(+2400000)	S/G	Poz Süresi(s)
1	4352025	54352,01074	53	780
2	4352027	54352,02276	56	780
3	4352035	54352,09823	45	780
4	4352037	54352,11066	50	900
5	4354006	54353,87120	74	900
6	4354008	54353,88422	72	900
7	4354022	54353,97688	65	960
8	4354024	54353,99056	62	960
9	4354032	54354,06799	60	960
10	4354034	54354,08177	58	960
11	4355002	54354,85338	66	900
12	4355004	54354,86629	63	900
13	4356008	54355,90344	40	960
14	4356010	54355,91721	42	960
15	4356021	54356,02106	57	900
16	4356023	54356,03493	61	900
17	4356025	54356,04801	61	900
18	4362007	54361,85052	57	900
19	4362009	54361,86467	57	960
20	4362022	54361,98625	66	960
21	4362024	54362,00013	61	960
22	4362032	54362,07051	64	900
23	4363014	54362,88193	61	900
24	4363016	54362,89567	62	960
25	4363032	54362,98795	60	960

Çizelge 2.3'ün devamı

No	Görüntü	HJD(+2400000)	S/G	Poz Süresi(s)
26	4363034	54363,00186	61	960
27	4364029	54363,91198	71	900
28	4364031	54363,92469	72	920
29	4364039	54364,00421	66	900
30	4364041	54364,01866	60	900
31	4377017	54376,92235	60	900
32	4377019	54376,93584	46	960
33	4381003	54380,97558	43	900
34	4381005	54380,98860	42	900

2.2. Fotometrik Gözlemler

Her üç sistemin ışık eğrilerini modellemek için literatürde verilen fotometrik gözlem verileri kullanılmıştır. CN Hyi ve IS CMa'nın, yalnızca, Hipparcos uydusunun elde ettiği ışık eğrisi vardır. V535 Ara'nın ise, Chambliss (1967), Schöffel (1979), Hipparcos uydusu ve ASAS V bandı gözlem verisi olmak üzere dört farklı fotometrik verisi bulunmaktadır.

CN Hyi'nin Hipparcos verisi, ortalama $0^m,017$ hataya sahip 117 gözlem noktasını içerirken IS CMa'nın Hipparcos verisi, ortalama $0^m,022$ hataya sahip 138 gözlem noktasından oluşmaktadır. V535 Ara'nın Hipparcos ışık eğrisi, ortalama $0^m,030$ hatalı 115 gözlem noktasından meydana gelmiştir. Chambliss (1967), V535 Ara'yı fotoelektrik olarak *B* ve *V* filtrelerinde gözleyerek, sırasıyla, 217 ve 210 gözlem noktasından oluşan ışık eğrileri elde etmiştir. Schöffel (1979), sistemi, 1970'de *B* ve *V* filtrelerinde fotoelektrik olarak gözlemiş ve çalışmasında, 87 gözlem verisinin normal noktalarını vermiştir. ASAS (All Sky Automated Survey)'in *V* filtresinde elde edilen gözlem verisi, ortalama $0^m,035$ hata payına sahip 435 gözlem noktasından oluşmaktadır. CN Hyi'nin Hipparcos fotometrik verisini evrelendirmek için;

$$HJD(\text{MinI}) = 2448500,0950(1) + 0^s,4561070(5)xE \quad (2.1)$$

IS CMa'nın Hipparcos fotometrik verisini evrelendirmek için;

$$HJD(\text{MinI}) = 2448500,3590(1) + 0^s,6169820(8)xE \quad (2.2)$$

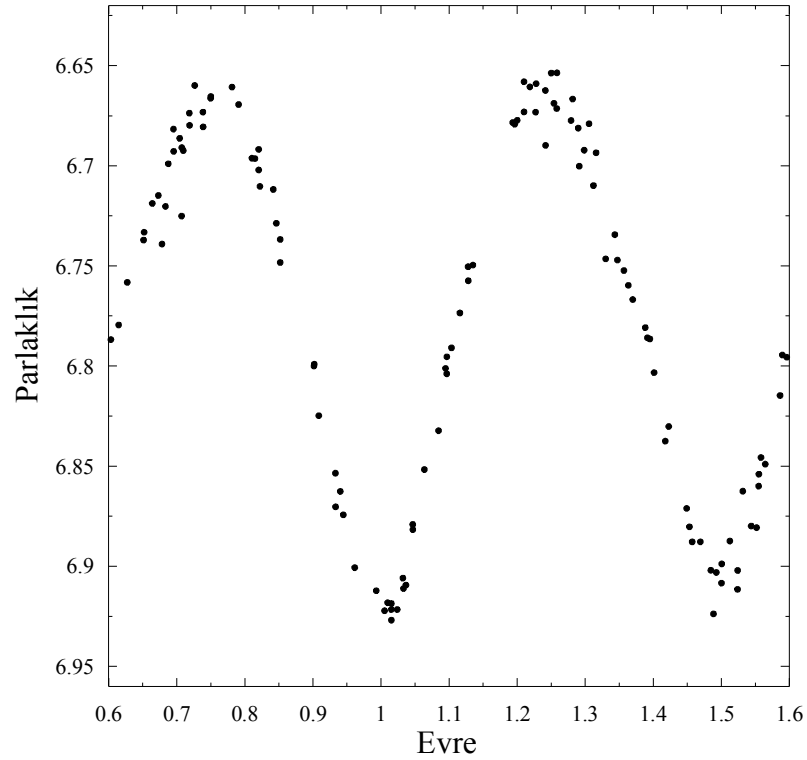
V535 Ara'nın, sırasıyla, Hipparcos, ASAS, Chambliss *BV* fotometrik verisini evrelendirmek için ;

$$\text{HJD}(\text{MinI}) = 2448500,2500(1) + 0^{\text{g}},6293060(5)\times\text{E} \quad (2.3)$$

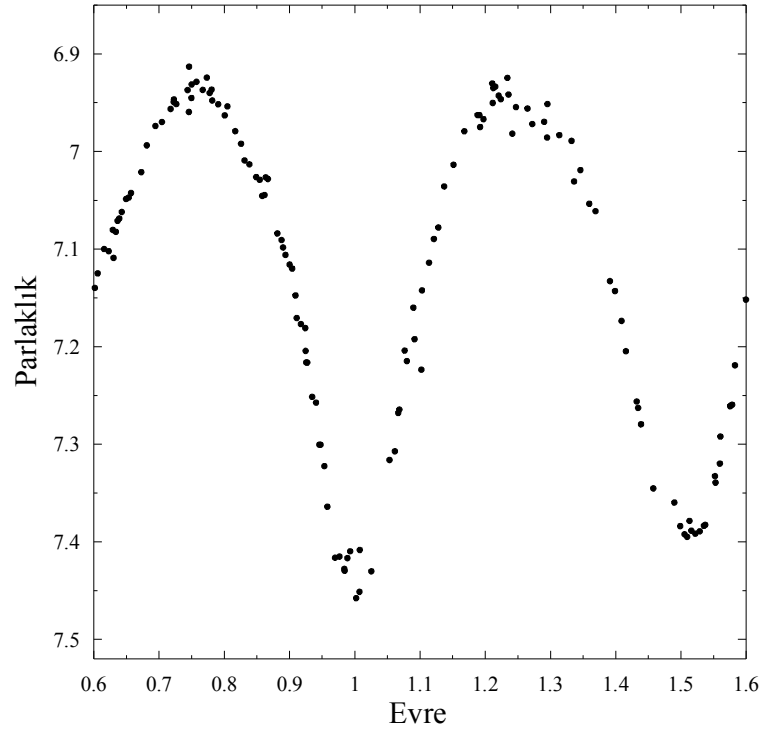
$$\text{HJD}(\text{MinI}) = 2452942,5077(33) + 0^{\text{g}},6292983(2)\times\text{E} \quad (2.4)$$

$$\text{HJD}(\text{MinI}) = 2438196,0689(28) + 0^{\text{g}},6292980(18)\times\text{E} \quad (2.5)$$

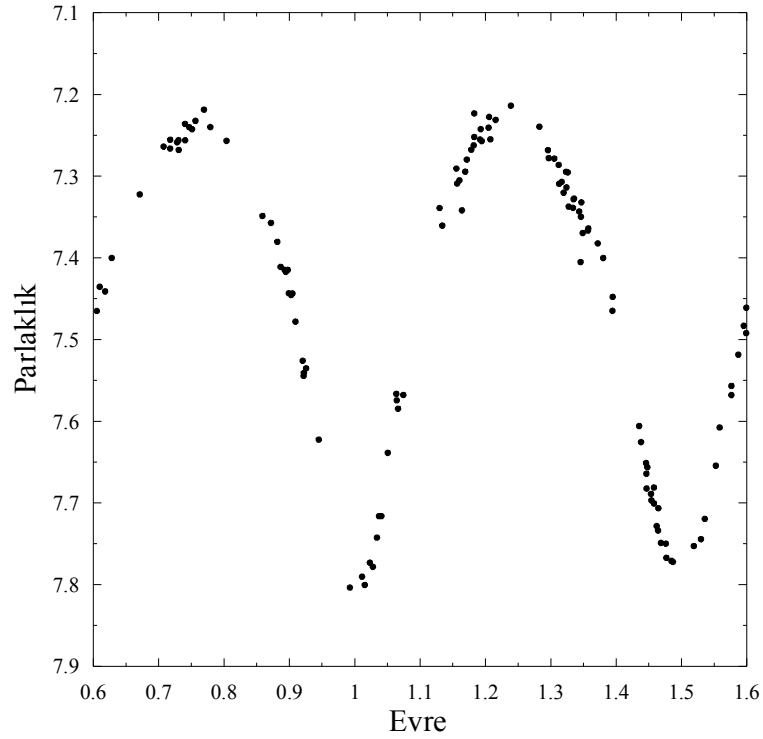
denklemleri kullanılmıştır. CN Hyi ve IS CMa'nın Hipparcos ışık eğrileri, sırasıyla, Şekil 2.2 ve Şekil 2.3'te gösterilmektedir. V535 Ara'nın Hipparcos ışık eğrisi Şekil 2.4a'da, ASAS-*V* filtresindeki ışık eğrisi Şekil 2.4b'de, Chambliss (1967)'in *BV* ışık eğrileri Şekil 2.4c'de ve Schöffel (1979)'in *BV* normal noktaları Şekil 2.4d'de verilmektedir.



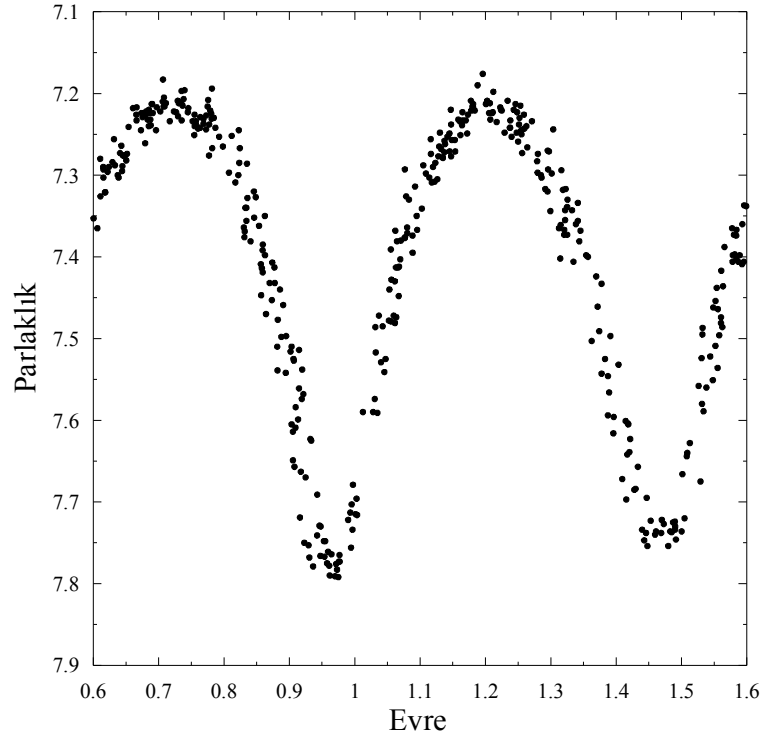
Şekil 2.2. CN Hyi'nin Hipparcos uydusunun gözlemlerinden elde edilen ışık eğrisi (ESA, 1997).



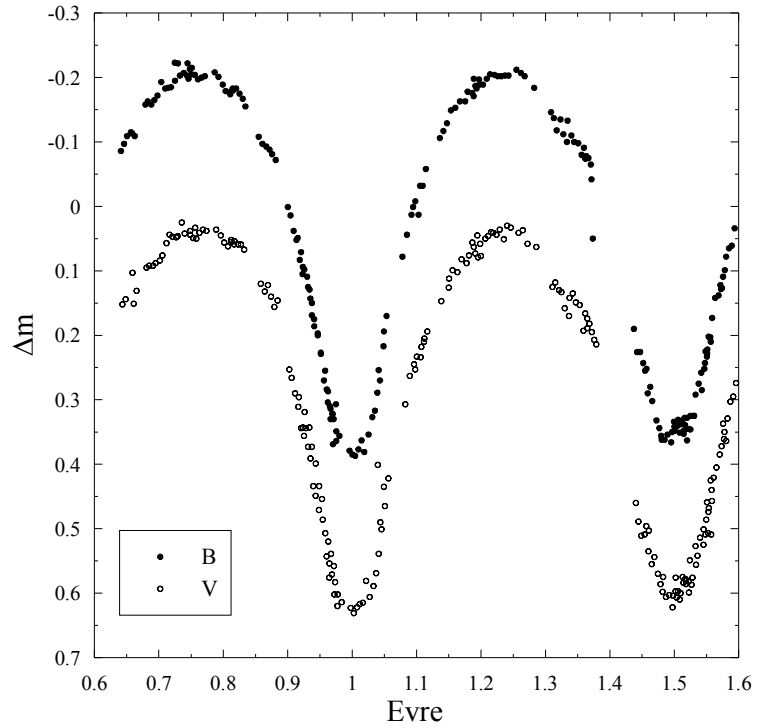
Şekil 2.3. IS CMA'nın Hipparcos uydusunun gözlemlerinden elde edilen ışık eğrisi (ESA, 1997).



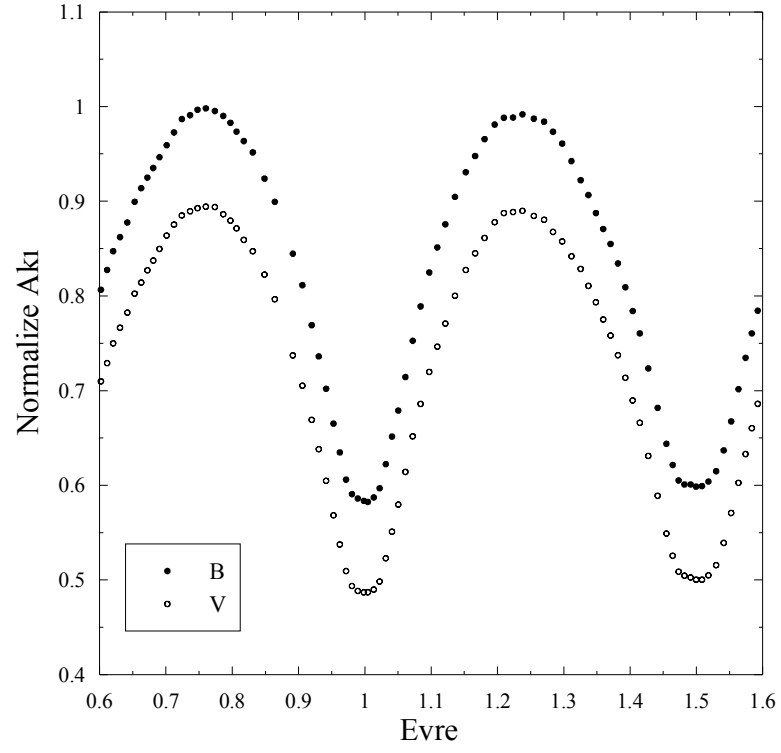
Şekil 2.4a. V535 Ara'nın Hipparcos uydusunun gözlemlerinden elde edilen ışık eğrisi (ESA, 1997).



Şekil 2.4b. V535 Ara'nın ASAS'ın V filtresindeki gözlemlerinden elde edilen ışık eğrisi (http://www.astrouw.edu.pl/cgi-asas/asas CGI_get_data?173806-5649.2,asas3).



Şekil 2.4c. V535 Ara'nın Chambliss (1967) tarafından *BV* filtrelerindeki gözlemlerinden elde edilen ışık eğrileri.



Şekil 2.4d. V355 Ara'nın Schöffel (1979) tarafından BV filtrelerindeki gözlemlerden elde edilen normal noktaları.

BÖLÜM 3

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

3.1. Dikine Hızlar ve Yörünge Çözümü

3.1.1. CN Hyi

Dikine hız ölçümleri, Fourier dönüşümleriyle bileşenlerin tayflarının ayrıştırılmasında başarılı bir yöntem olan KOREL (Hadrava, 1995) programı kullanılarak yapılmıştır. Son zamanlarda, bu yöntemi kullananlar arasında Hensberge ve ark. (2008), Bakış ve ark. (2007) örnek olarak verilebilir. Sistemin tüm tayfları incelendiğinde, gözlenen dalgaboyu aralığında birinci bileşenin tayf çizgilerinin baskın olduğu görülmektedir. İkinci bileşenin toplam ışığa %23'lük katkısı da (bakınız Bölüm 3.3.1) bu durumu, açıkça ortaya koymaktadır. Bu nedenle, dikine hız ölçümleri için bileşenlerin tayflarının ayrıştırılabileceği ve ikinci bileşenin tayfsal çizgilerinin belirlenebileceği, dört tayfsal bölge seçilmiştir. İncelenen diğer bölgelerde ise, ikinci bileşenin tayf çizgileri, ya birinci bileşenin tayfıyla güçlü şekilde karışmış (blend olmuş) ya da zayıf ışık katkısı nedeniyle gürültü içinde kaybolmuştur. Çizelge 3.1'de, ele alınan tayfsal bölgelere ilişkin bilgi verilmektedir.

Çizelge 3.1'de listelenen dört tayf dizisi, KOREL programıyla eşzamanlı olarak analiz edilmiştir. KOREL'in girdi dosyasında tayflar, Çizelge 2.1'de verilen S/G değerlerine göre ağırlıklandırılmıştır. Çizelgeden görüldüğü gibi, tayfların S/G değerleri birbirine yakındır ve bu nedenle, ağırlıklandırma yapmak ya da yapmamak çözümü pek değiştirmez. Fakat, çözümde ağırlıklandırma yapılmış girdi dosyası kullanılmıştır. Tayfsal çözüm için çalışılan dalgaboyu aralığını içeren fotometrik gözlem bulunmamaktadır. Dolayısıyla, bu tayf dizilerinde bileşenlerin ışık katkıları bilinemediğinden analizde, serbest parametreler olarak ele alınmışlardır. Programda, gözlemsel tayflara en iyi KOREL fitlerini ve uygun tayfsal yörüngeyi elde etmek için birkaç iterasyon yapılmıştır. İterasyonlar süresince, sistemin degen çift yıldız olması nedeniyle tayfsal yörüngesi çember kabul edilmiş, yörünge dönemi Hipparcos katalogunda verilen değerde ($P_{\text{yörünge}}=0^{\text{g}},456107$) sabit tutulmuştur. Bileşenlerin hız genlikleri K_1 ve K_2 , kavuşum zamanı T_0 serbest parametreler olarak alınmıştır. Çizelge 3.2'de, tayfsal çözümden bulunan yörünge parametreleri, Şekil 3.1a ve b'de, ele alınan dört tayfsal bölgedeki gözlemsel verilerle bunlara uydurulan en iyi KOREL fitleri ve herbir tayf bölgesi için ayıklanmış bileşen tayfları verilmektedir.

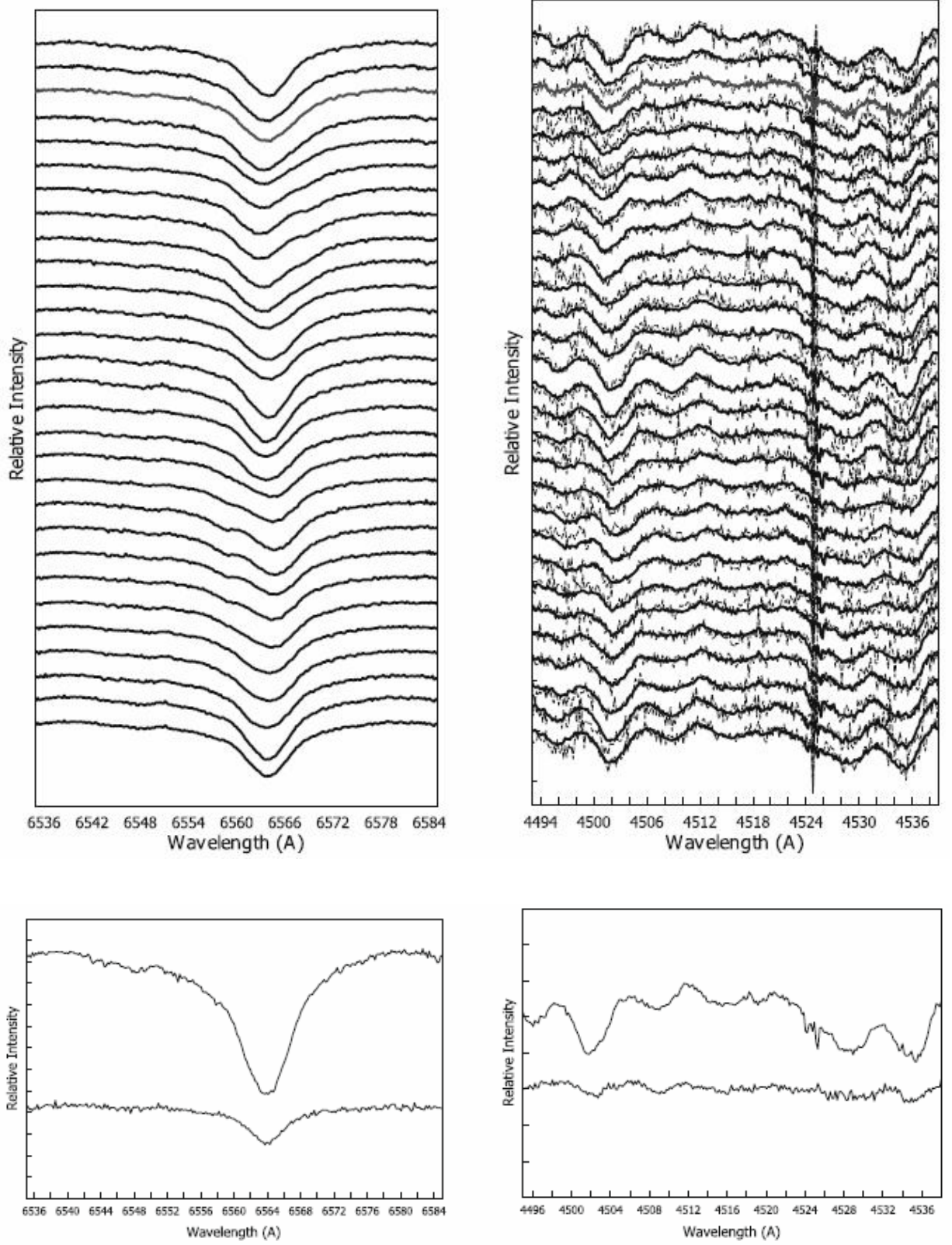
Çizelge 3.1. KOREL programında CN Hyi çift yıldızının bileşenlerinin tayflarını eşzamanlı olarak ayrıştırmak için kullanılan dört tayf dizisi

Tayf Dizisi	Dalgaboyu Aralığı (Å)	Baskın Tayf Çizgileri
87	6535–6585	H α (6563 Å)
126	4493–4539	Ca I (4501,27 Å)
127	4459–4493	Ti I (4468,61 Å), Mg II (4481,83 Å)
128	4425–4459	Fe I (4442,83 Å), Ca I(4434,96Å)

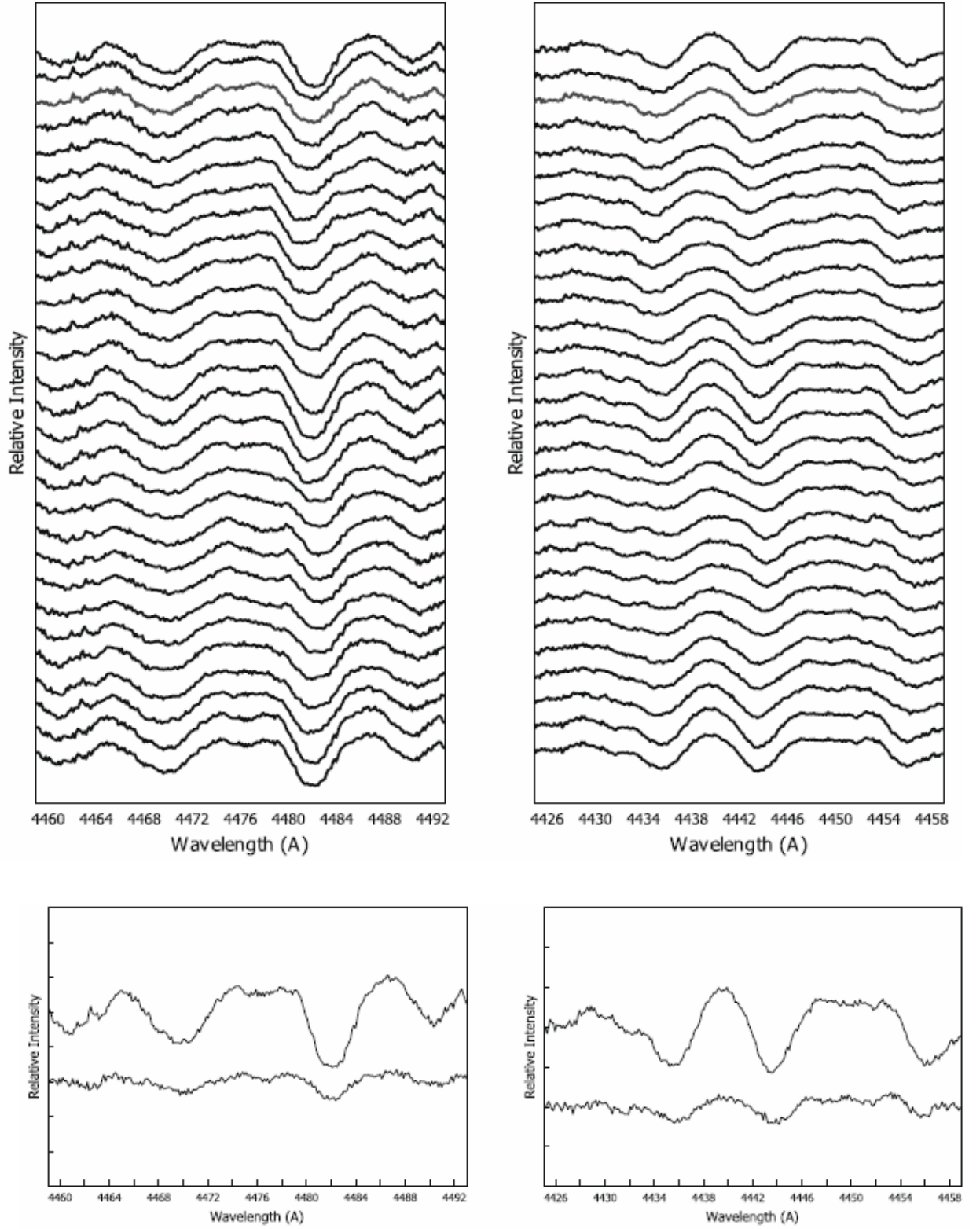
Çizelge 3.2. CN Hyi'nin tayfsal yörünge parametreleri

Parametre	Değeri
P (gün)	0,456107 (sabit)
T_0 (HJD+2454350)	0,0612 \pm 0,0004
K_1 (km/s)	46,2 \pm 0,7
K_2 (km/s)	244,1 \pm 0,8
q	0,189 \pm 0,005
V_γ (km/s)	-37 \pm 4
$M_1 \sin^3 i$ (M_\odot)	0,972 \pm 0,003
$M_2 \sin^3 i$ (M_\odot)	0,184 \pm 0,003
$a \sin i$ (R_\odot)	2,60 \pm 0,01

Pribulla ve Rucinski (2006), Hipparcos uydusunca keşfedilmiş CN Hyi yıldızının üçüncü bileşenin tayfsal olarak araştırılması konusunda öneride bulunmuşlardır. Bu öneriyi takiben, sistemin elde edilen tayflarında, üçüncü bileşene ait çizgiler araştırılmış, fakat tayfların S/G oranlarının düşük olması ve üçüncü yıldızın toplam ışığa zayıf katkıda bulunması (%3, bakınız Bölüm 3.3.1.) nedeniyle, bu bileşene ait herhangi bir çizgi görülememiştir.



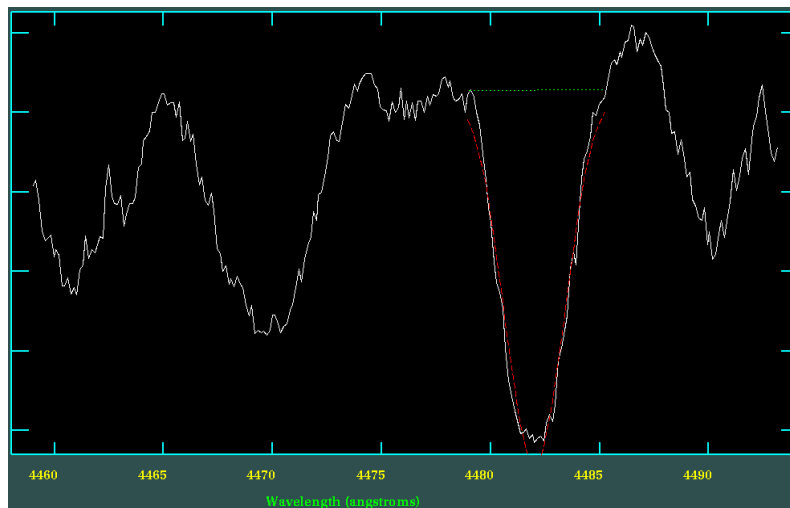
Şekil 3.1a. CN Hyi çift yıldızının Hercules tayf dizileri 87 (H α çizgisi, sol diyagram) ve 126'da (sağ diyagram) bulunan gözlemsel verisine KOREL'in en uygun fitleri (üstte) ve ayıklanmış bileşen tayfaları (altta).



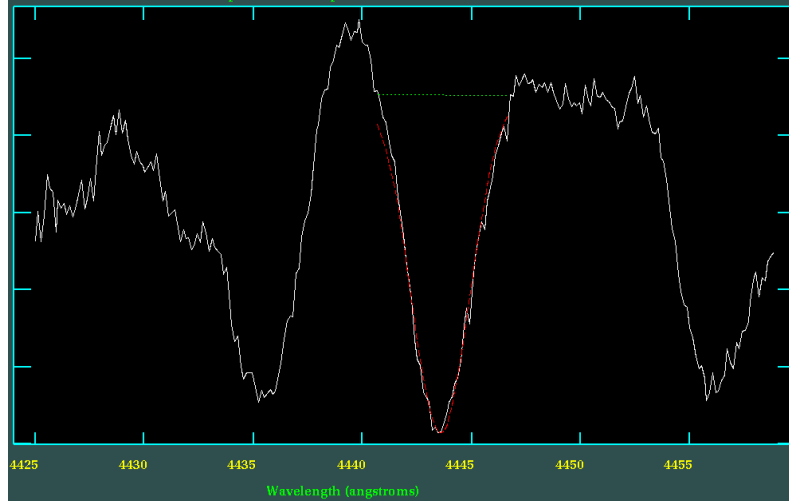
Şekil 3.1b. CN H γ çift yıldızının Hercules tayf dizileri 127'de (sol diyagram) ve 128'de (sağ diyagram) bulunan gözlemsel verisine KOREL'in en uygun fitleri (üstte) ve ayıklanmış bileşen tayfaları (altta).

Fotometrik çözüme göre çiftin yörünge eğikliği, $i \sim 64^\circ$ olup ikinci bileşen, tutulmalar süresince görülmelidir. Fakat bileşik tayflarda ikinci bileşenin zayıf katkısı nedeniyle tutulma evreleri civarında (0,02; 0,42; 0,44; 0,48; 0,54; 0,56; 0,99) ikinci bileşene ilişkin çizgiler seçilememiştir. Birinci bileşenin yüksek dönme hızına sahip olması ve güçlü ışık katkısı ($\ell_1 \sim 0.75$) nedeniyle birinci bileşenin çizgileri ikinci bileşenin çizgilerine karışmıştır (blend olmuştur) ve tutulmaya yakın bu evrelerde KOREL, ikinci bileşenin tayflarını güvenilir biçimde ayıklayamaz. Bu nedenle, bu evreler için KOREL'in verdiği ikinci bileşene ilişkin dikine hız değerleri, çözümlerde kullanılmamıştır.

KOREL, sistemin kütle merkezi hızını vermemektedir. Sistemin kütle merkezi hızını elde etmek için daha yüksek yeğinlikli ve dolayısıyla daha güvenilir olan birinci bileşenin ayıklanmış tayf çizgilerine, IRAF (Image Reduction and Analysis Facility) programı içindeki "onedspec" paketinde yer alan "splot" taskı kullanılarak Gaussian fonksiyonu fit edilmiştir. Bunun için, sırasıyla 127 ve 128 numaralı tayf dizilerinde bulunan Mg II (4481,13 Å) ve Fe I (4442,83 Å) tayf çizgileri kullanılmıştır. Kullanılan çizgiler, fitleriyle birlikte Şekil 3.2 a ve b'de gösterilmektedir. Yapılan fit ile her iki çizginin merkez dalgaboyu bulunmuş ve Doppler kayma formülüyle hıza çevrilmiştir. Böylece, kütle merkezi hızı $-37 \pm 4 \text{ km s}^{-1}$ olarak bulunmuştur. KOREL'den bulunan dikine hızlara, sistemin kütle merkezi hızıyla birlikte sistemin ortak kütle merkezi dikine hız düzeltmeleri eklenerek, bileşenlerin dikine hızlarının son değerleri elde edilmiştir. Sonuçlar, Çizelge 3.3'te verilmektedir.



Şekil 3.2a. CN Hyi'nin Hercules tayf dizilerinden 127 numaralı tayf dizisinin ayıklanmış birinci bileşen tayfındaki Mg II çizgisine yapılan Gaussian fonksiyonu fiti.



Şekil 3.2b. CN Hyi'nin Hercules tayf dizilerinden 128 numaralı tayf dizisinin ayıklanmış birinci bileşen tayfındaki Fe I çizgisine yapılan Gaussian fonksiyonu fiti.

Çizelge 3.3. CN Hyi çift yıldızının bileşenlerin dikine hızları ve Bölüm 3.3.1'deki ışık ve dikine hız eğrilerinin eşzamanlı çözümünden elde edilen teorik fitlerden çıkan O-C artıkları

Zaman (HJD)	Evre(ϕ)	DH ₁ (km/s)	O-C ₁ (km/s)	DH ₂ (km/s)	O-C ₂ (km/s)
2454350,0671	0,015	-41,4	5,0	-	-
2454351,9254	0,089	-61,9	8,2	91,9	-0,3
2454351,0189	0,102	-66,8	5,0	107,9	-0,2
2454351,9381	0,117	-69,8	3,7	125,4	0,2
2454349,2047	0,124	-69,6	4,6	134,2	1,5
2454349,2140	0,144	-73,9	1,8	159,8	7,6
2454350,1918	0,288	-76,9	-0,5	198,9	0,1
2454350,2001	0,306	-78,8	-3,0	192,1	0,0
2454351,1291	0,343	-75,9	-2,5	166,4	-3,2
2454351,1391	0,365	-72,1	-1,3	145,9	-5,0
2454348,8754	0,402	-67,3	-3,3	104,9	-8,3
2454350,2515	0,419	-59,9	0,0	-	-
2454348,8911	0,436	-63,0	-7,4	-	-
2454351,1935	0,484	-36,3	5,8	-	-
2454351,2048	0,509	-38,5	-3,7	-	-
2454349,8490	0,537	-24,7	2,1	-	-
2454349,8609	0,563	-17,9	1,7	-	-
2454348,9766	0,624	-4,6	1,5	-208,2	9,6
2454348,9885	0,650	0,4	3,0	-234,3	6,8
2454350,8653	0,765	8,3	6,7	-279,1	-1,8
2454350,8747	0,785	8,0	6,3	-271,9	0,0

Çizelge 3.3'ün devamı

Zaman (HJD)	Evre(ϕ)	DH ₁ (km/s)	O-C ₁ (km/s)	DH ₂ (km/s)	O-C ₂ (km/s)
2454349,0614	0,810	6,0	4,5	-264,3	-4,0
2454349,0715	0,832	4,3	3,2	-250,8	-4,9
2454350,0048	0,878	-5,1	-3,5	-206,6	-2,7
2454350,0144	0,899	-8,7	-4,6	-185,8	-5,8
2454350,9296	0,906	-14,3	-9,3	-176,0	-4,6
2454350,9381	0,924	-21,4	-13,3	-143,3	4,8
2454351,8822	0,994	-35,7	-0,7	-	-
2454350,0583	0,996	-35,8	0,3	-	-

3.1.2. IS CMa

IS CMa'nın dikine hız ölçümleri için de bir çizgi kesitindeki çift yada daha fazla bileşenin akı katkılarının Fourier analiziyle ayrıştırılması tekniğine dayanan KOREL (Hadrava, 1995) programı kullanılmıştır. Sistemin gözlemsel tayfları incelendiğinde birinci bileşene ait çizgilerin baskın olduğu görülmektedir ki ışık eğrisi analizine göre birinci bileşenin toplam ışığa katkısı %75 olarak belirlenmiştir (Bölüm 3.3.2). Öte yandan, sistemin tayf türü F3V gözönüne alındığında, gözlenen tayflarda güçlü CaII H&K çizgileri ile Hidrojen çizgilerinin Balmer serisi baskın olmalıdır. Bu anlamda, bileşenlerin ayrıştırılması için, ikinci bileşenin tayfsal çizgilerinin de tespit edilebildiği, Balmer serisinin ilk dört çizgisi ile CaII K çizgisini içeren 5 tayfsal bölge kullanılmıştır. Araştırılan diğer tayfsal bölgelerde, ikinci bileşenin tayfsal çizgileri ya birinci bileşeninkiyle güçlü şekilde karışmış ya da zayıf ışık katkısı nedeniyle gürültü içinde kaybolmuştur. Kullanılan tayfsal bölgelere ilişkin bilgi, Çizelge 3.4'te verilmektedir.

Çizelge 3.4. IS CMa'nın dikine hız ölçümleri için kullanılan tayf dizileri ve tayf çizgileri

Tayf Dizisi	Dalgaboyu Aralığı (Å)	Baskın Tayf Çizgileri
87	6521–6585	H α (6562,8 Å)
117	4831–4880	H β (4861,33 Å)
131	4317–4361	H γ (4340,47 Å)
139	4068–4110	H δ (4101,74 Å)
145	3910–3947	CaII K (3933,66 Å)

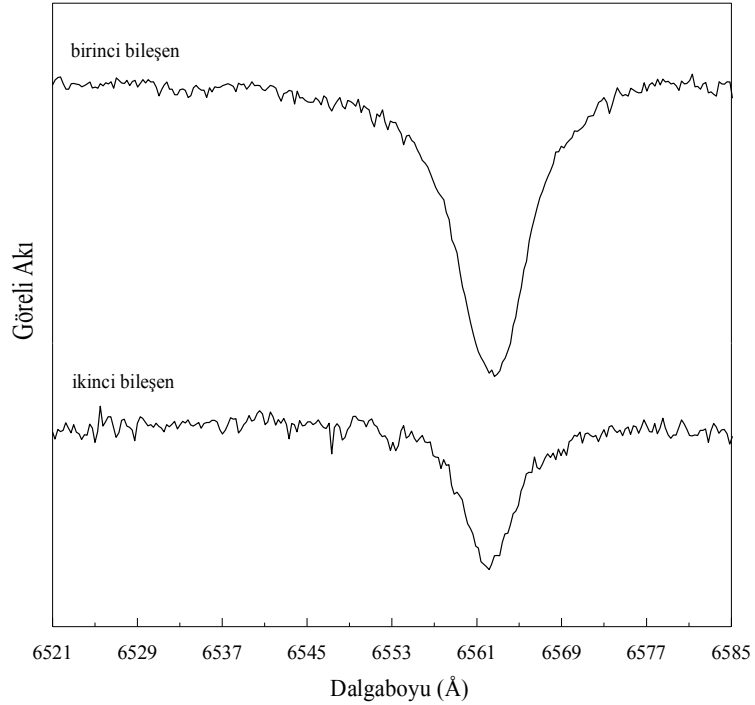
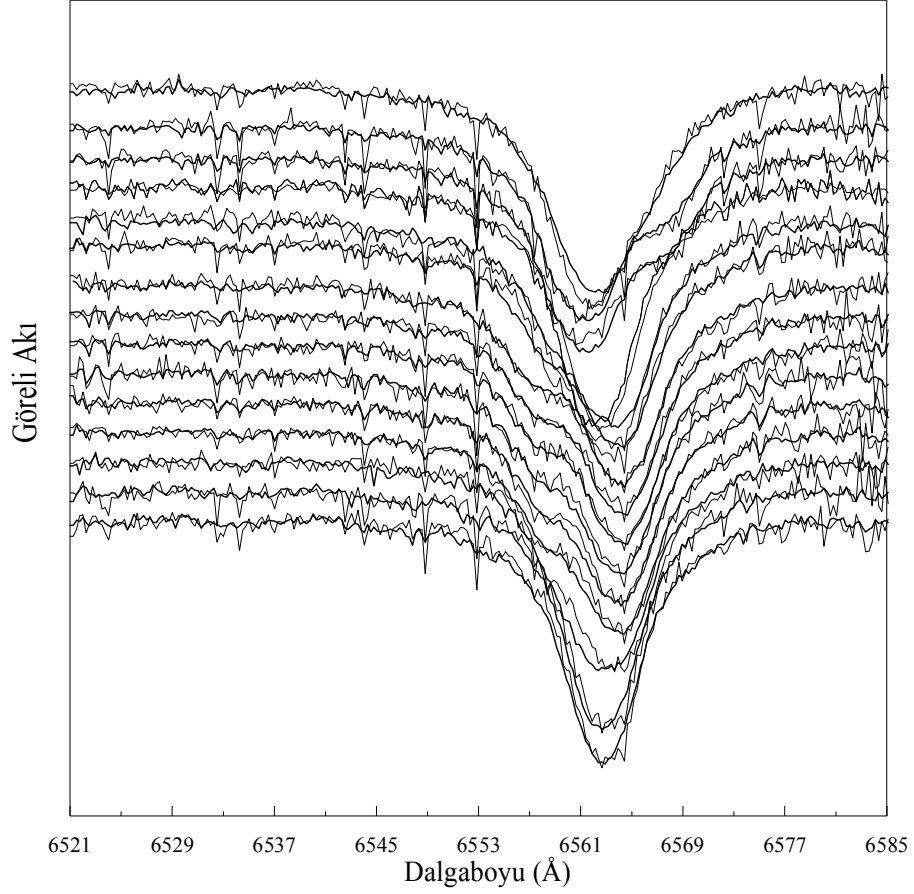
Seçilen 5 tayf dizisi KOREL programıyla eşzamanlı olarak analiz edilmiştir. Programın girdi dosyasında kullanılan tayflar, Çizelge 2.2'de verilen S/G oranlarına göre

ağırlıklandırılmışlardır. IS CMA, degen çift sistem olmasından ötürü, tayfsal yörüngesi çember olarak kabul edilmiştir. İterasyonlar süresince sistemin dönemi, Hipparcos katalogunda (ESA, 1997) verilen $P_{yörünge}=0,616982$ gün değerinde sabit alınmıştır. Bileşenlerin hız genlikleri $K_{1,2}$ ve kavuşum zamanı T_0 ise serbest parametreler olarak gözönüne alınmıştır. Yörünge elemanlarına programın yaptığı en iyi fitin sonuçları Çizelge 3.5'te, ayıklanmış tayflar ve KOREL'in gözlemsel tayflara yaptığı en iyi fitler (örnek olarak, H α ve H β çizgileri verilmiştir) Şekil 3.3 a ve b'de verilmektedir.

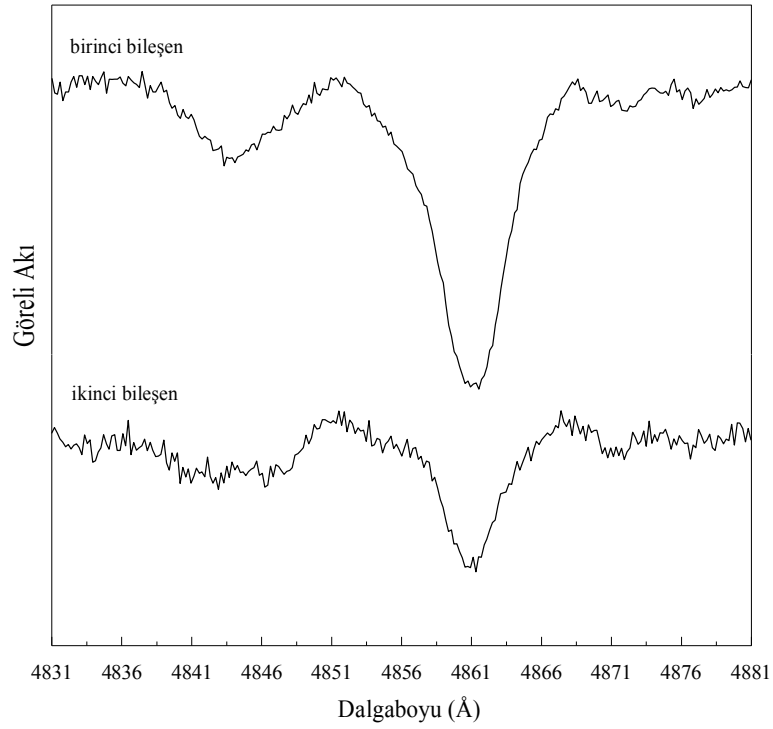
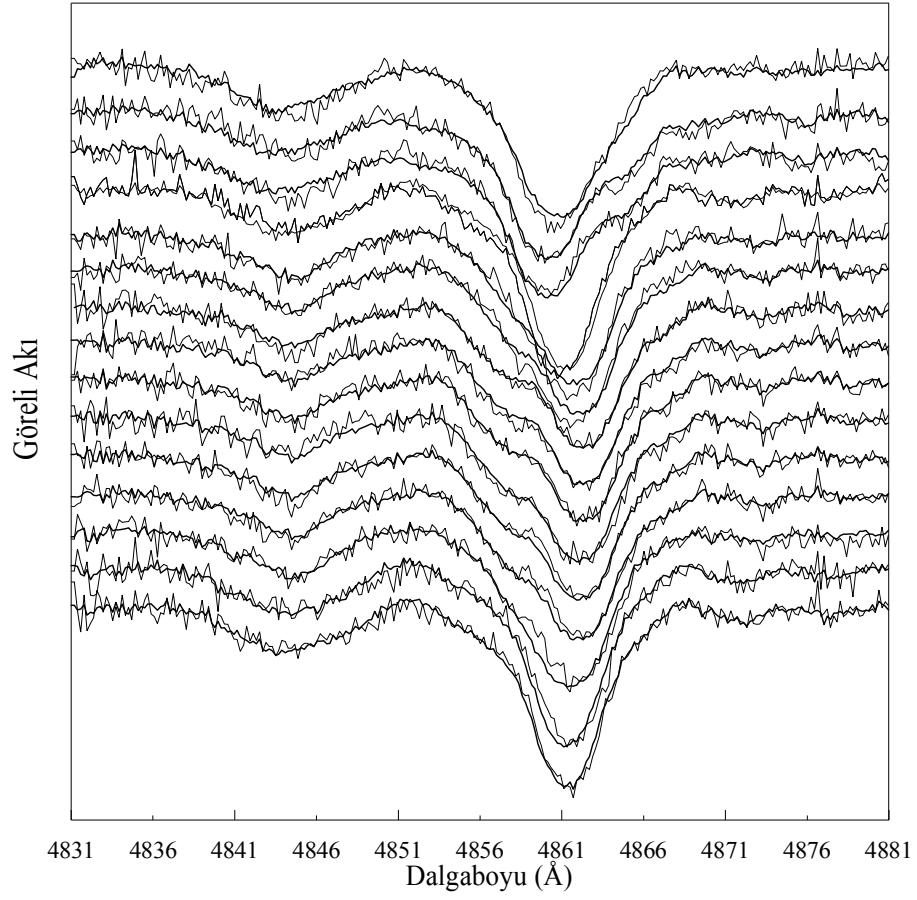
KOREL, sistemin kütle merkezi hızını vermediği için sistemin kütle merkezi hızının belirlenmesi amacıyla daha güçlü ve daha güvenilir olan birinci bileşene ait ayıklanmış tayf çizgilerinin merkezine PROF programıyla Gaussian fonksiyonu fit edilmiştir. Bu amaçla, sırasıyla, 131, 139 ve 145 numaralı tayf dizilerinde bulunan H γ (4340,47 Å), H δ (4101,74 Å) ve CaII K (3933,66 Å) çizgileri kullanılmıştır. Kullanılan çizgiler, fitleriyle birlikte Şekil 3.4 a, b ve c'de gösterilmektedir. Yapılan fit ile her bir çizginin merkez dalgaboyu bulunmuş ve Doppler kayma formülüyle hıza çevrilmiştir. Bileşenlerin dikine hızlarını elde etmek için sistemin kütle merkezi hızı ile birlikte sistemin ortak kütle merkezi dikine hız düzeltmeleri, KOREL'den bulunan hızlara eklenmiştir. Sonuçlar, Çizelge 3.6'da verilmektedir. Dikine hızların gözlem zamanlarının evrelendirilmesi için Çizelge 3.5'te verilen lineer ışık öğeleri kullanılmıştır. O-C değerleri, yakınlık etkilerini içeren dikine hız eğrilerinin çözümünden elde edilen teorik hızlarla gözlemsel hızlar arasındaki farkları temsil etmektedir.

Çizelge 3.5. IS CMA'nın tayfsal yörünge parametreleri

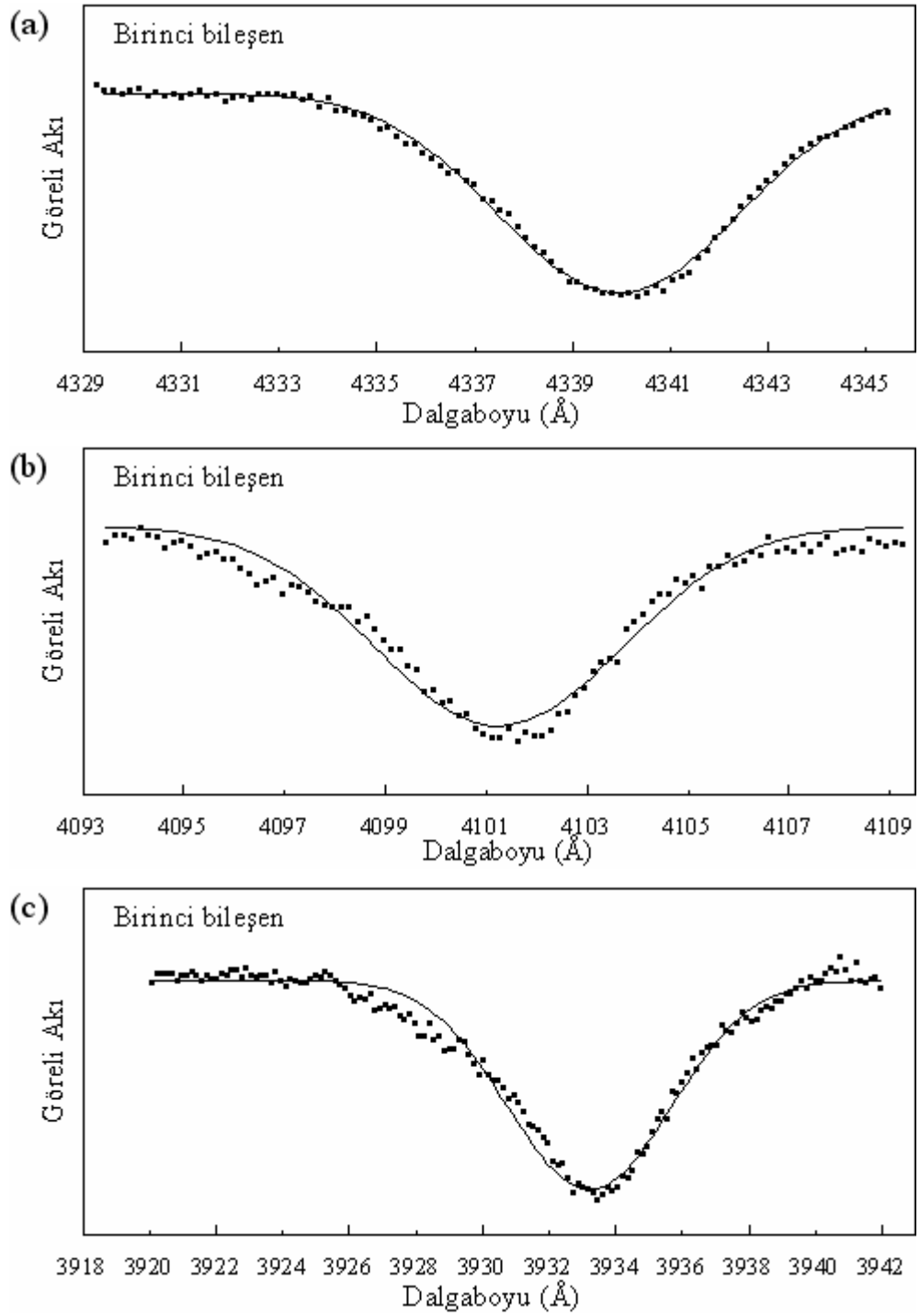
Parametre	Değer
P (gün)	0,616982 (sbt.)
T_0 (HJD+2454356)	$0,1346 \pm 0,0018$
K_1 (km/s)	$71,9 \pm 1,6$
K_2 (km/s)	$239,5 \pm 1,8$
q	$0,300 \pm 0,009$
$V\gamma$ (km/s)	$-18,6 \pm 2,0$
$M_1 \sin^3 i$ (M_\odot)	$1,48 \pm 0,01$
$M_2 \sin^3 i$ (M_\odot)	$0,44 \pm 0,01$
$a_1 \sin i$ (AU)	$0,0041 \pm 0,0001$
$a_2 \sin i$ (AU)	$0,0135 \pm 0,0001$



Şekil 3.3a. IS CMa çift yıldızının Hercules tayf dizisi 87'de bulunan H α çizgisinin gözlemsel verisine KOREL'in en uygun fitleri (üstte) ve ayıklanmış bileşen tayfaları (altta).



Şekil 3.3b. IS CMa çift yıldızının Hercules tayf dizisi 117’de bulunan H β çizgisinin gözlemsel verisine KOREL’in en uygun fitleri (üstte) ve ayıklanmış bileşen tayfları (altta).



Şekil 3.4. IS CMa çift yıldızının (a) $H\gamma$, (b) $H\delta$ ve (c) CaII K çizgilerinin KOREL ile ayıklanmış birinci bileşenin çizgi kesitlerine yapılan PROF fitleri.

Çizelge 3.6. IS CMa çift yıldızının bileşenlerin dikine hızları ve Bölüm 3.3.2'deki ışık ve dikine hız eğrilerinin eşzamanlı çözümünden elde edilen teorik fitlerden çıkan O-C artıkları

Zaman (HJD)	Evre(ϕ)	DH ₁ (km/s)	O-C ₁ (km/s)	DH ₂ (km/s)	O-C ₂ (km/s)
54356,1373	0,004	-19,3	2,7	-	-
54356,2104	0,123	-68,8	9,3	149,0	4,4
54363,0782	0,254	-90,1	-5,5	220,9	3,7
54363,0916	0,276	-88,9	-5,5	217,9	2,1
54363,2272	0,496	-33,8	-10,9	-	-
54352,1989	0,621	27,9	2,7	-179,8	15,1
54352,2182	0,652	36,9	3,0	-211,2	9,3
54354,1453	0,776	50,6	4,9	-255,0	-1,8
54354,1587	0,797	48,9	3,5	-248,1	-1,8
54375,1398	0,803	48,5	3,2	-244,8	-1,0
54375,1530	0,825	44,8	0,4	-232,0	-0,3
54362,1973	0,826	43,6	-0,7	-233,5	-2,4
54362,2103	0,847	41,2	-1,5	-213,3	2,8
54354,2266	0,907	36,3	1,0	-157,1	-1,4
54356,1242	0,983	-3,4	-8,6	-	-

3.1.3. V535 Ara

Sistemin dikine hız ölçümleri için, diğer iki yıldızın bileşenlerinin dikine hız ölçümlerinde de yararlanılan ve Fourier analiziyle tayfların bileşenlerine ayrıştırılması yöntemine dayanan KOREL (Hadrava, 1995) programı kullanılmıştır. V535 Ara'nın tüm tayfları incelendiğinde, gözlenen dalgaboyu aralığında birinci bileşenin tayf çizgilerinin baskın olduğu görülmektedir. Işık eğrisi analizinden (bakınız Bölüm 3.3.3) birinci ve ikinci bileşenin toplam ışığa katkısı, sırasıyla, yaklaşık %70 ve % 30 olarak belirlenmiş olup bu durumu desteklemektedir. Öte yandan, sistemin Schöffel (1979) tarafından belirlenen tayf türü A5V gözönüne alındığında, gözlenen tayflarda Hidrojen çizgilerinin Balmer serisi ile güçlü CaII H & K çizgileri baskın olmalıdır. Bu anlamda, bileşenlerin ayrıştırılması için, ikinci bileşenin tayfsal çizgilerinin de tespit edilebildiği, Balmer serisinin ilk dört çizgisi ile CaII K çizgisini içeren 5 tayfsal bölge kullanılmıştır. İncelenen diğer tayfsal bölgelerde, ikinci bileşenin tayfsal çizgileri ya birinci bileşeninkiyle güçlü

şekilde karışmış ya da zayıf ışık katkısı nedeniyle gürültü içinde kaybolmuştur. Kullanılan tayfsal bölgelere ilişkin bilgi, Çizelge 3.7’de verilmektedir.

Çizelge 3.7. V535 Ara’nın dikine hız ölçümleri için kullanılan tayf dizileri ve tayf çizgileri

Tayf Dizisi	Dalgaboyu Aralığı (Å)	Baskın Tayf Çizgileri
87	6521–6585	H α (6562,8 Å)
117	4831–4880	H β (4861,33 Å)
131	4317–4361	H γ (4340,47 Å)
139	4068–4110	H δ (4101,74 Å)
145	3910–3947	CaII K (3933,66 Å)

Çizelge 3.7’de listelenen 5 tayf dizisi, KOREL programıyla eşzamanlı olarak analiz edilmiştir. KOREL’in girdi dosyasında, tayflar Çizelge 2.3’de verilen S/G değerlerine göre ağırlıklandırılmıştır. Programda, gözlemsel tayflara en iyi KOREL fitlerini ve uygun tayfsal yörüngeyi elde etmek için birkaç iterasyon yapılmıştır. İterasyonlar süresince, sistemin degen çift yıldız olması nedeniyle tayfsal yörüngesi çember kabul edilmiş, yörünge dönemi Hipparcos katalogunda verilen $P_{yörünge}=0,629306$ gün değerinde sabit tutulmuştur. Bileşenlerin hız genlikleri K_1 ve K_2 , kavuşum zamanı T_0 serbest parametreler olarak alınmıştır. Yörünge elemanlarına programın yaptığı en iyi fitin sonuçları Çizelge 3.8’de, ayıklanmış bileşen tayfları ve KOREL’in gözlemsel tayflara yaptığı en iyi fitler (örnek olarak, H β ve H γ çizgileri verilmiştir) Şekil 3.5 a ve b’de verilmektedir.

Daha önce sözedildiği üzere, KOREL, sistemin kütle merkezi hızını vermemektedir. Sistemin kütle merkezi hızını elde etmek için daha yüksek yeğinlikli ve dolayısıyla daha güvenilir olan birinci bileşene ait, birinci ve ikinci maksimum evreleri civarındaki gözlemsel tayf çizgisi kesitlerine, IRAF (Image Reduction and Analysis Facility) programı içinde yer alan “onedspec” paketindeki “splot” taskı kullanılarak Gaussian fonksiyonu fit edilmiştir. Bu yolla belirlenen merkez dalgaboyuna göre Doppler kayma formülünden belirlenen hız değerleriyle KOREL’in verdiği hızların farkı alınarak sistemin kütle merkezi hızı bulunmuştur. Örnek olarak, gözlemsel H α çizgileri, Gaussian fonksiyonu fitleriyle birlikte Şekil 3.5’de gösterilmektedir. KOREL’den bulunan dikine hızlara, sistemin kütle merkezi hızıyla birlikte sistemin ortak kütle merkezi dikine hız düzeltmeleri eklenerek bileşenlerin dikine hızlarının son değerleri elde edilmiştir. Sonuçlar, Çizelge 3.9’da

verilmektedir. Dikine hızların gözlem zamanlarının evrelendirilmesi için Çizelge 3.8’de verilen lineer ışık öğeleri kullanılmıştır. O-C değerleri, ışık ve dikine hız eğrilerinin eşzamanlı çözümünden elde edilen teorik hızlarla gözlemsel hızlar arasındaki farkları temsil etmektedir.

Çizelge 3.8. V535 Ara’nın tayfsal yörünge parametreleri

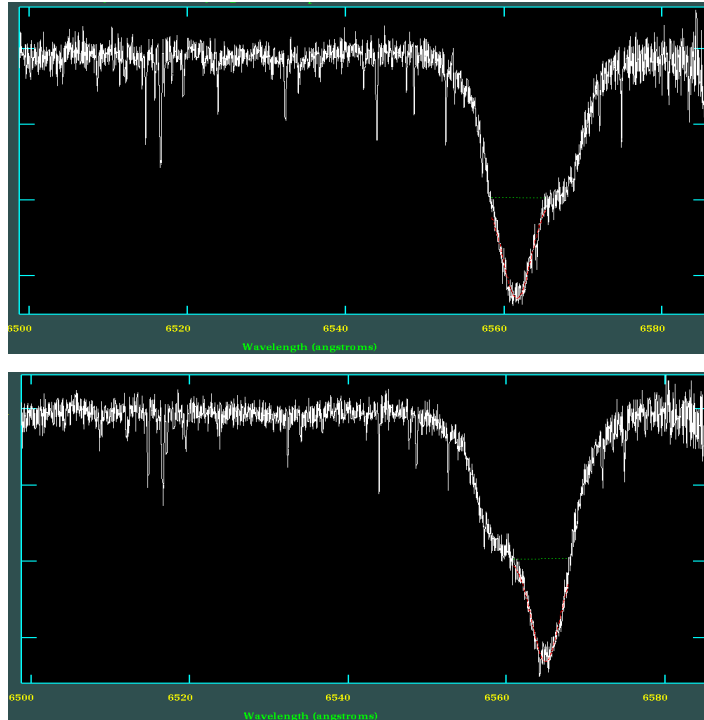
Parametre	Değer
P (gün)	0,629306 (sbt.)
T_0 (HJD+2454355)	$0,9182 \pm 0,0009$
K_1 (km/s)	$80,9 \pm 0,5$
K_2 (km/s)	$253,6 \pm 0,5$
q	$0,319 \pm 0,002$
$V\gamma$ (km/s)	$-11,3 \pm 3,4$
$M_1 \sin^3 i$ (M_\odot)	$1,85 \pm 0,01$
$M_2 \sin^3 i$ (M_\odot)	$0,59 \pm 0,01$
$a_1 \sin i$ (AU)	$0,0047 \pm 0,0001$
$a_2 \sin i$ (AU)	$0,0146 \pm 0,0001$

Çizelge 3.9. V535 Ara çift yıldızının bileşenlerin dikine hızları ve Bölüm 3.3.2’deki ışık ve dikine hız eğrilerinin eşzamanlı çözümünden elde edilen teorik fitlerden çıkan O-C artıkları

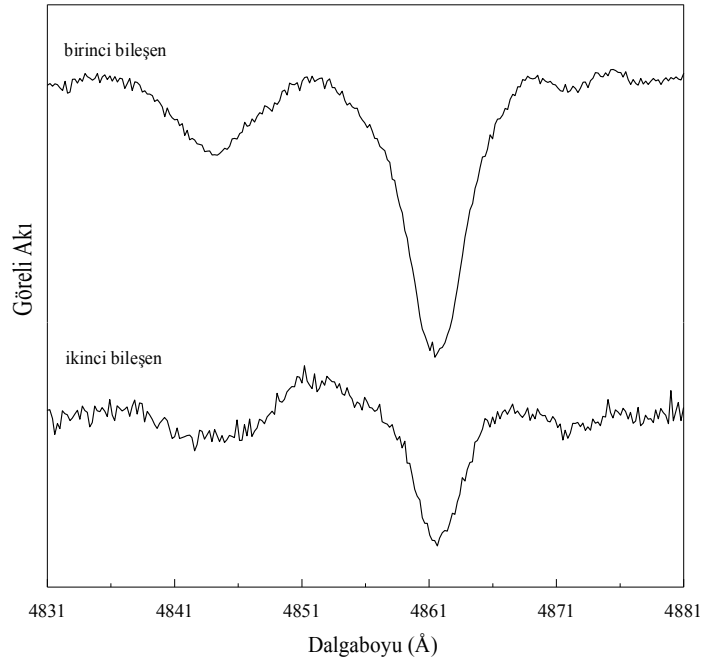
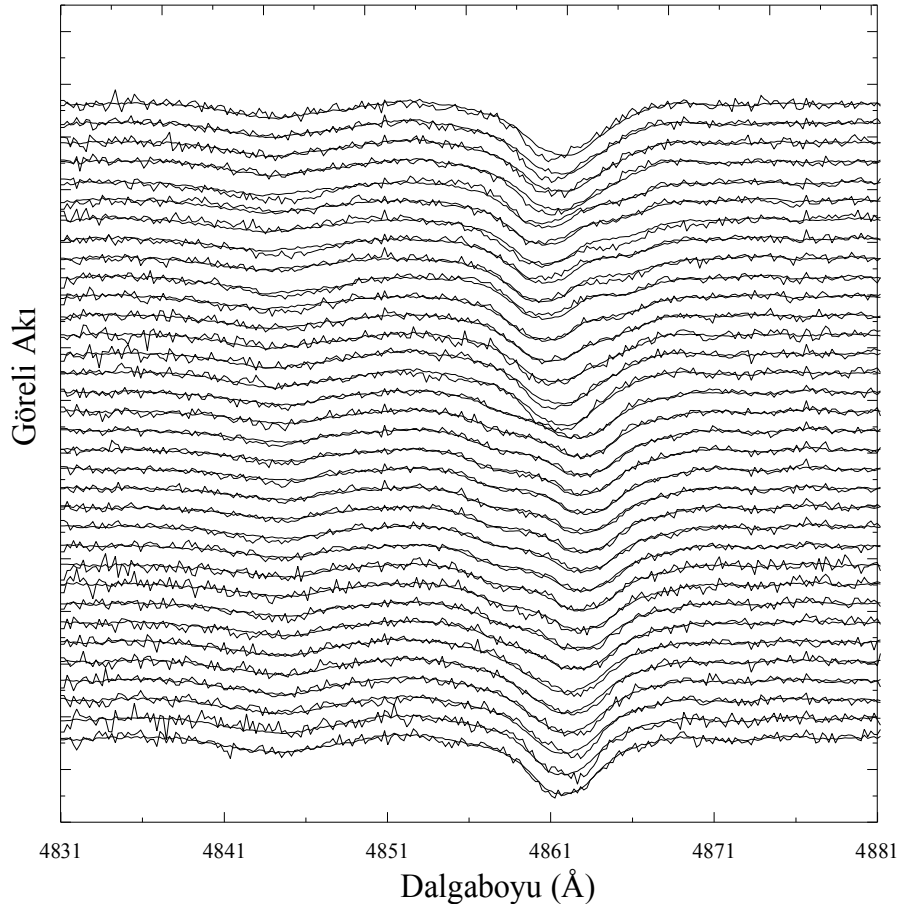
Zaman (HJD)	Evre(ϕ)	DH ₁ (km/s)	O-C ₁ (km/s)	DH ₂ (km/s)	O-C ₂ (km/s)
54354,0680	0,060	-41,6	-2,4	-	-
54362,8819	0,066	-45,1	-3,2	-	-
54354,0818	0,082	-53,5	-4,6	-	-
54362,8957	0,088	-57,7	-6,4	115,5	-9,2
54356,0211	0,164	-79,1	-2,2	203,0	-6,3
54356,0349	0,185	-85,0	-3,5	222,1	-2,4
54356,0480	0,206	-90,5	-5,6	232,9	-2,8
54362,9880	0,234	-91,6	-4,2	239,7	-4,2
54363,0019	0,256	-90,5	-2,9	246,8	1,9
54354,8534	0,308	-85,1	-2,6	227,9	0,1
54354,8663	0,328	-80,9	-2,5	215,4	0,9
54376,9224	0,377	-68,9	-4,7	169,6	2,4
54376,9358	0,398	-59,6	-3,2	143,3	1,9
54361,8505	0,427	-47,6	-3,2	102,6	1,0
54361,8647	0,449	-41,4	-6,9	70,4	1,5

Çizelge 3.9'un devamı

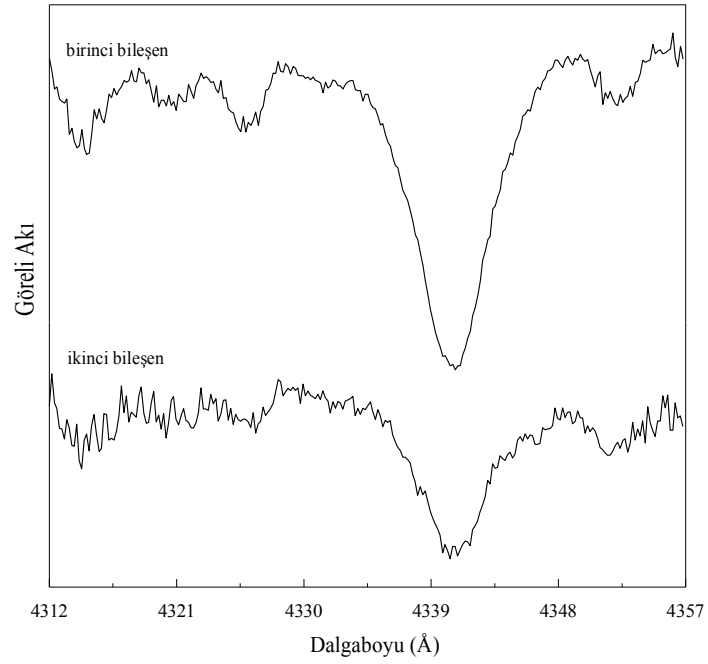
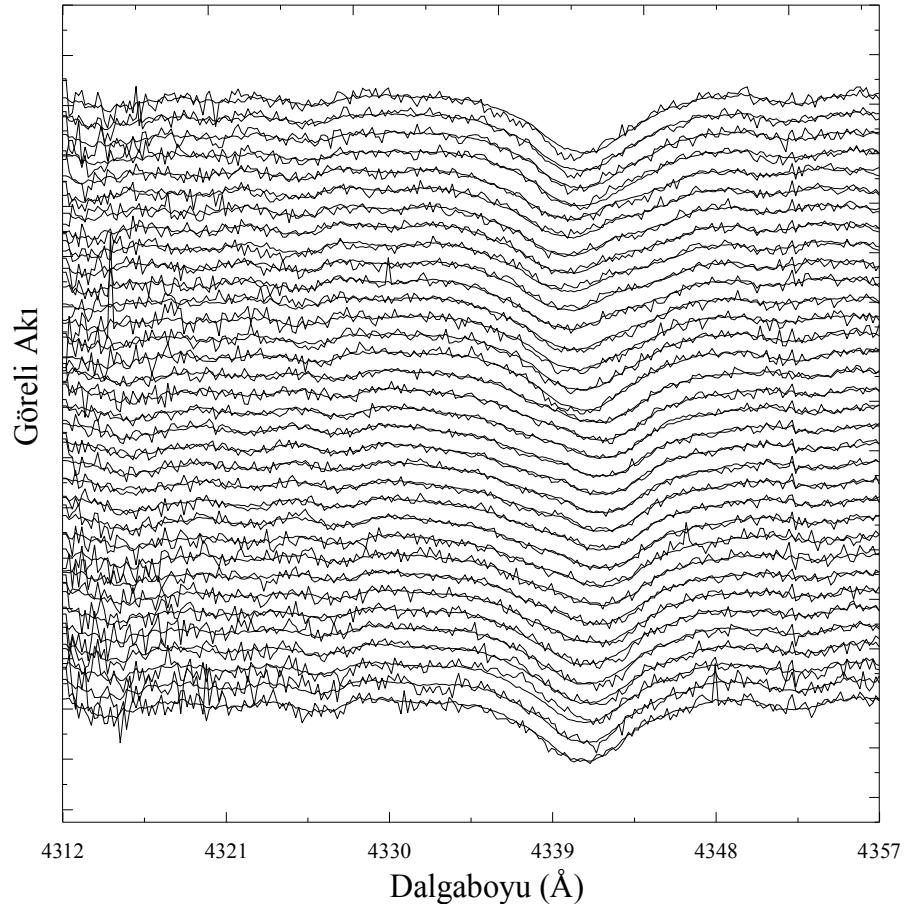
Zaman (HJD)	Evre(ϕ)	DH ₁ (km/s)	O-C ₁ (km/s)	DH ₂ (km/s)	O-C ₂ (km/s)
54361,9863	0,643	51,3	1,2	-203,7	7,5
54362,0001	0,664	56,4	0,6	-226,6	3,6
54363,9120	0,703	64,9	1,4	-252,6	2,8
54363,9247	0,723	68,0	2,4	-262,0	0,6
54353,8712	0,747	69,4	2,7	-265,2	0,9
54353,8842	0,768	68,9	2,8	-264,0	0,3
54362,0705	0,776	67,7	2,1	-263,4	-0,8
54352,0107	0,791	66,5	2,5	-258,0	-0,6
54352,0228	0,810	64,2	3,0	-251,1	-3,3
54380,9756	0,818	63,0	3,4	-243,3	-0,7
54380,9886	0,838	58,3	3,3	-227,8	-0,4
54364,0042	0,849	54,4	2,3	-216,9	0,7
54364,0187	0,872	47,8	2,9	-194,5	-0,7
54353,9769	0,915	31,6	3,1	-141,9	-2,2
54352,0982	0,930	25,1	3,0	-119,6	-1,3
54353,9906	0,937	23,5	4,5	-107,8	0,3
54352,1107	0,950	22,7	9,7	-89,9	-1,5
54355,9034	0,976	3,5	2,8	-	-
54355,9172	0,998	-9,3	0,5	-	-



Şekil 3.5. V535 Ara çift yıldızının birinci bileşenine ait olan birinci maksimum (üstte) ve ikinci maksimum (altta) evreleri civarındaki gözlemsel tayfın H_α çizgisine yapılan Gaussian fonksiyonu fiti.



Şekil 3.6a. V535 Ara'nın Hercules tayf dizisi 117'de bulunan H_{β} çizgisinin gözlemsel verisine KOREL'in en uygun fitleri (üstte) ve ayıklanmış bileşen tayfaları (altta).



Şekil 3.6b. V535 Ara'nın Hercules tayf dizisi 131'de bulunan H_γ çizgisinin gözlemsel verisine KOREL'in en uygun fitleri (üstte) ve ayıklanmış bileşen tayfları (altta).

3.2. Dönme Hızları

Her üç sistemin bileşenlerinin dönme hızlarını belirlemek için Budding ve Zeilik (1995) tarafından tanımlanan, yenilerde Budding (2009; özel haberleşme) tarafından yeniden düzenlenen ve ILOT ışık eğrisi fit yöntemini örnek alan PROF programı kullanılmıştır. PROF programı, soğurma/salma çizgi kesitini, temel olarak 6 parametrenin fonksiyonu olarak hesaplar: süreklilik akısı, I_c ; ortalama dalgaboyu λ_m 'deki göreceli derinlik I_d ; dönme nedeniyle genişleme parametresi r ; verilen bir çizginin Gaussian genişleme parametresi s ; kenar kararım katsayısı u .

3.2.1. CN Hyi

PROF programı kullanılarak her bir bileşenin ayıklanmış MgII çizgi kesitlerine fit yapılmıştır. MgII çizgi kesitlerine ait PROF fitleri Şekil 3.7'de, fitten elde edilen sonuçlar ise Çizelge 3.10'da verilmektedir.

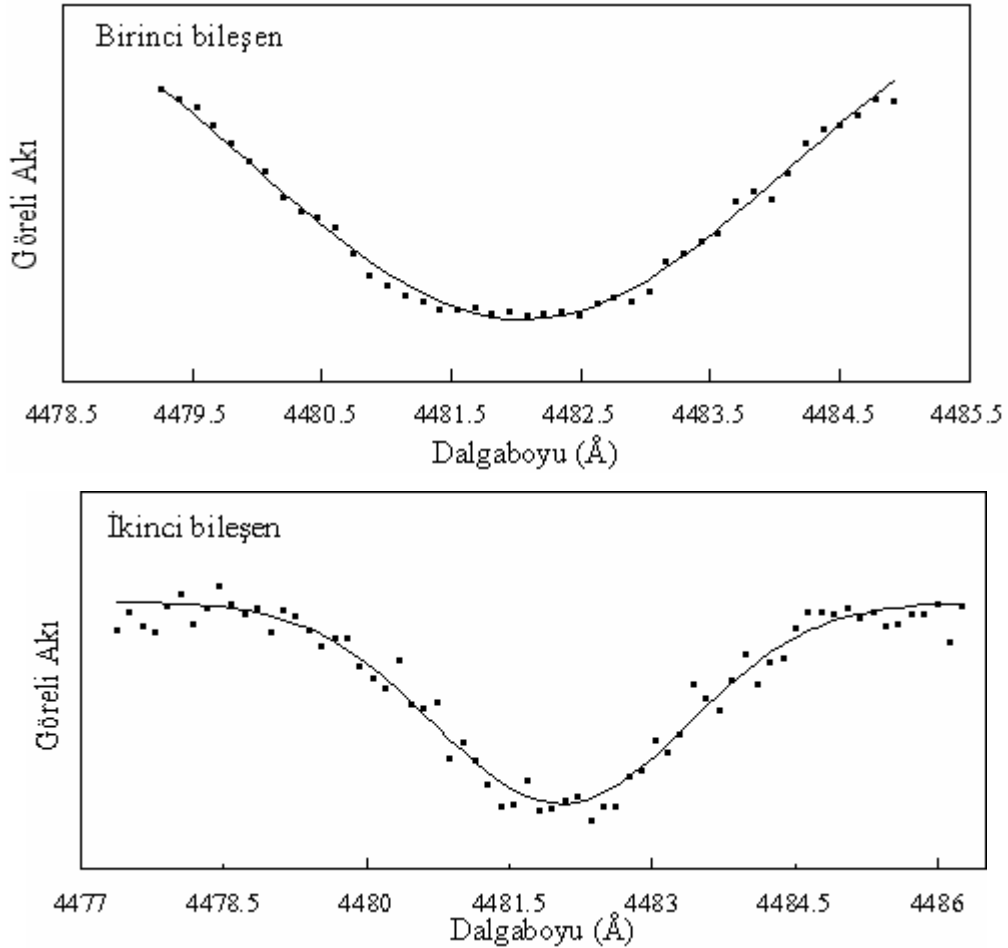
Çizelge 3.10. CN Hyi'nin bileşenlerinin ayıklanmış Mg II çizgi kesitlerine uygulanan PROF fitinin sonuçları

Parametre	Birinci Bileşen	İkinci Bileşen
I_c	$1,098 \pm 0,007$	$1,011 \pm 0,006$
I_d	$0,144 \pm 0,008$	$0,025 \pm 0,008$
λ_m	$4482,048 \pm 0,172$	$4482,041 \pm 0,607$
r (Å)	$2,265 \pm 0,210$	$1,127 \pm 0,473$
s (Å)	$0,697 \pm 0,071$	$1,038 \pm 0,343$
r (km/s)	151 ± 14	75 ± 8
s (km/s)	47 ± 5	69 ± 7
Δl	0,01	0,01
χ^2/ν	1,040	1,052

Çizelge 3.10'da verilen fit parametreleri gözönüne alındığında, dönme nedeniyle genişlemeyi temsil eden r parametresi, dönme hızını Å biriminde ölçmektedir. Birinci bileşenin hızlı dönmesinin sonucu oluşan çizgideki genişleme, Şekil 3.7'de açıkça görülmektedir. Birinci ve ikinci bileşenin izdüşüm dönme hızları, sırasıyla 151 ± 14 km/s ve 75 ± 8 km/s olarak bulunmuştur. Öte yandan, Çizelge 4.1'de (bakınız Bölüm 4.1) verilen bileşenlerin mutlak parametreleri ve $v_{\text{dönme}} = 2\pi R \sin i / P_{\text{dönme}}$ (eşdönme-dolanma

varsayımıyla, $P_{\text{dönme}}=P_{\text{dolanma}}$) bağıntısı kullanılarak bileşenler için teorik dönme hızları, sırasıyla, 160 ± 10 km/s ve 77 ± 6 km/s bulunmaktadır. Böylece, gözlemsel ve teorik değerlerin karşılaştırılmasıyla, hata sınırları içinde her iki bileşenin eşdönme gösterdiği söylenebilir.

Gaussian genişleme parametresi s , birinci ve ikinci bileşen için sırasıyla, 47 km/s ve 69 km/s olarak elde edilmiştir. Bu parametre, ısısal ve mikro ve/veya makro türbülans kaynaklı genişleme faktörleriyle ilgilidir. Örneğin birinci bileşenin atmosfer sıcaklığı 6500 K alınırsa ısısal hız yaklaşık 11 km/s olmaktadır; bu yüzden, ısısal genişleme önemsiz duruma gelmektedir ve genişleme parametresi s başka hareketleri, türbülans etkilerini veya manyetik aktiviteyi içermelidir.



Şekil 3.7. CN Hyi çift yıldızının birinci bileşeni (üstte) ve ikinci bileşeni (altta) ayıklanmış Mg II çizgi kesitlerine yapılan PROF fitleri.

3.2.2. IS CMa

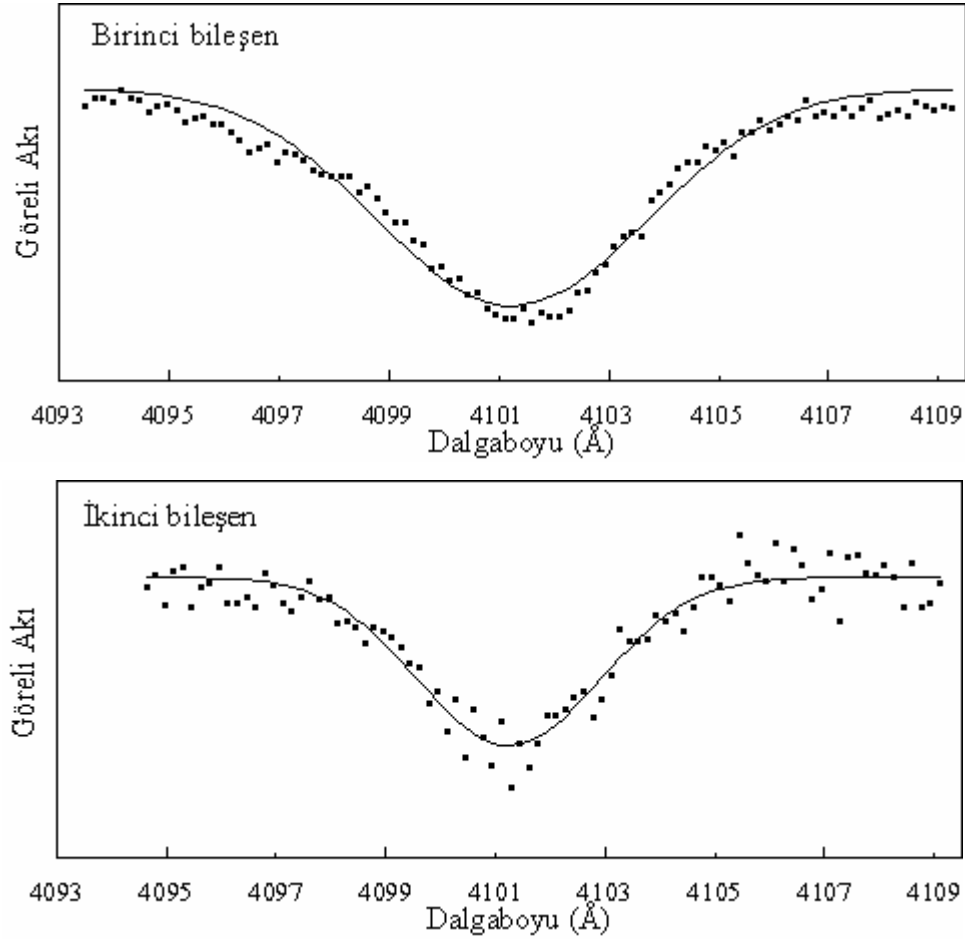
PROF programı kullanılarak her bir bileşenin ayıklanmış H_{δ} çizgi kesitlerine fit yapılmıştır. H_{δ} çizgi kesitlerine ait PROF fitleri Şekil 3.8’de, fitten elde edilen sonuçlar ise Çizelge 3.11’de verilmektedir.

Çizelge 3.11. IS CMa’nın bileşenlerinin ayıklanmış H_{δ} çizgi kesitlerine uygulanan PROF fitinin sonuçları

Parametre	Birinci Bileşen	İkinci Bileşen
I_c	$1,065 \pm 0,004$	$1,004 \pm 0,006$
I_d	$0,253 \pm 0,007$	$0,053 \pm 0,007$
λ_m	$4101,242 \pm 0,094$	$4101,244 \pm 0,100$
r (Å)	$2,173 \pm 0,079$	$1,250 \pm 0,099$
s (Å)	$0,981 \pm 0,029$	$1,213 \pm 0,082$
r (km/s)	160 ± 6	91 ± 8
s (km/s)	72 ± 2	89 ± 6
ΔI	0,01	0,01
χ^2/ν	1,040	1,052

Çizelge 3.11’de verilen fit parametreleri gözönüne alındığında, birinci ve ikinci bileşenin izdüşüm dönme hızları, sırasıyla 160 ± 6 km/s ve 91 ± 8 km/s olarak bulunur. Öte yandan, Çizelge 4.2.1’de (Bölüm 4.2) verilen bileşenlerin mutlak parametreleri ve $v_{\text{dönme}} = 2\pi R \sin i / P_{\text{dönme}}$ (eşdönme-dolanma varsayımıyla, $P_{\text{dönme}} = P_{\text{dolanma}}$) bağıntısı kullanılarak bileşenler için teorik dönme hızları, sırasıyla, 160 ± 10 ve 95 ± 6 km/s bulunmaktadır. Böylece, gözlemsel ve teorik değerlerin karşılaştırılmasıyla her iki bileşenin eşdönme yaptığı görülmektedir.

Gaussian genişleme parametresi s , birinci ve ikinci bileşen için sırasıyla, 72 ± 2 km/s ve 89 ± 6 km/s olarak elde edilmiştir. Birinci bileşenin atmosfer sıcaklığı 6800 K alınırsa ısısal hız yaklaşık 13 km/s olmaktadır, bu yüzden ısısal genişleme önemsiz duruma gelmektedir ve genişleme parametresi s , muhtemelen türbülans etkilerini veya konvektif hareketleri içermektedir.



Şekil 3.8. IS CMa çift yıldızının birinci bileşeni (üstte) ve ikinci bileşeni (altta) ayıklanmış H_{δ} çizgi kesitlerine yapılan PROF fitleri.

3.2.3. V535 Ara

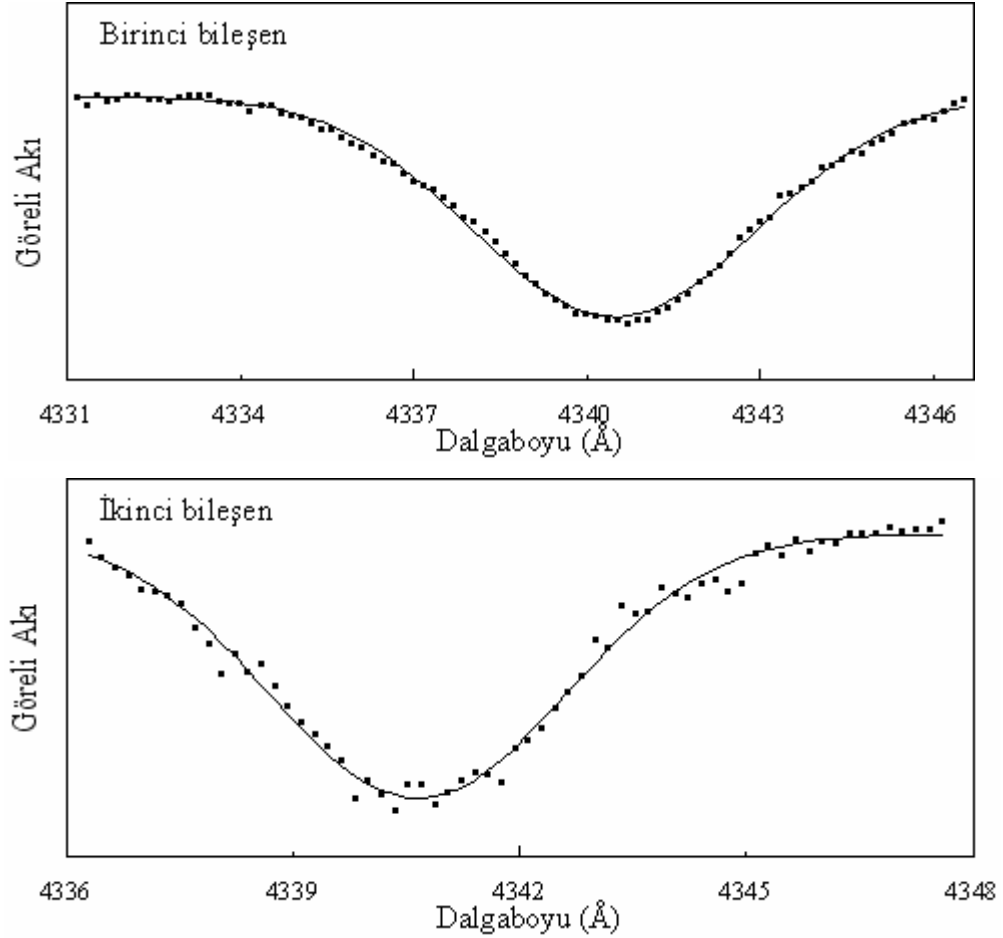
PROF programı kullanılarak her bir bileşenin ayıklanmış H_{γ} çizgi kesitlerine fit yapılmıştır. H_{γ} çizgi kesitlerine ait PROF fitleri Şekil 3.9’da, fitten elde edilen sonuçlar ise Çizelge 3.12’de verilmektedir.

Çizelge 3.12. V535 Ara’nın bileşenlerinin ayıklanmış H_{γ} çizgi kesitlerine uygulanan PROF fitinin sonuçları

Parametre	Birinci Bileşen	İkinci Bileşen
I_c	$1,050 \pm 0,005$	$1,002 \pm 0,006$
I_d	$0,249 \pm 0,007$	$0,055 \pm 0,007$
λ_m	$4340,482 \pm 0,095$	$4340,652 \pm 0,340$
r (Å)	$2,073 \pm 0,071$	$1,349 \pm 0,204$
s (Å)	$1,044 \pm 0,029$	$1,337 \pm 0,139$

Çizelge 3.12'nin devamı

Parametre	Birinci Bileşen	İkinci Bileşen
r (km/s)	143 ± 5	93 ± 14
s (km/s)	72 ± 2	92 ± 10
Δl	0,01	0,01
χ^2/ν	1,05	1,04



Şekil 3.9. V535 Ara çift yıldızının birinci bileşeni (üstte) ve ikinci bileşeni (altta) ayıklanmış H_γ çizgi kesitlerine yapılan PROF fitleri.

Çizelge 3.12'de verilen fit parametreleri gözönüne alındığında, birinci ve ikinci bileşenin izdüşüm dönme hızları, sırasıyla 143 ± 5 km/s ve 93 ± 14 km/s olarak bulunur. Öte yandan, Çizelge 4.3'te (bakınız Bölüm 4.3) verilen bileşenlerin mutlak parametreleri ve $v_{\text{dönme}} = 2\pi R \sin i / P_{\text{dönme}}$ (eşdönme-dolanma varsayımıyla, $P_{\text{dönme}} = P_{\text{dolanma}}$) bağıntısı kullanılarak bileşenler için teorik dönme hızları, sırasıyla, 153 ± 10 ve 95 ± 6 km/s

bulunmaktadır. Böylece, gözlemsel ve teorik değerlerin karşılaştırılmasından her iki bileşenin eşdönme yaptığı görülmektedir.

Gaussian genişleme parametresi s , birinci ve ikinci bileşen için sırasıyla, 72 ± 2 km/s ve 92 ± 10 km/s olarak elde edilmiştir. Örneğin, birinci bileşenin atmosfer sıcaklığı 8200 K alınırsa ısısal hız yaklaşık 12 km/s olur. Bu yüzden ısısal genişlemenin s parametresine katkısı önemsizdir. Aslında, genişleme parametresi s , bu değen çift yıldızın ortak zarfı ile bileşenlerinin atmosferleri arasındaki etkileşmeden dolayı büyük değer alır.

3.3. Fotometrik Analiz

3.3.1. CN Hyi

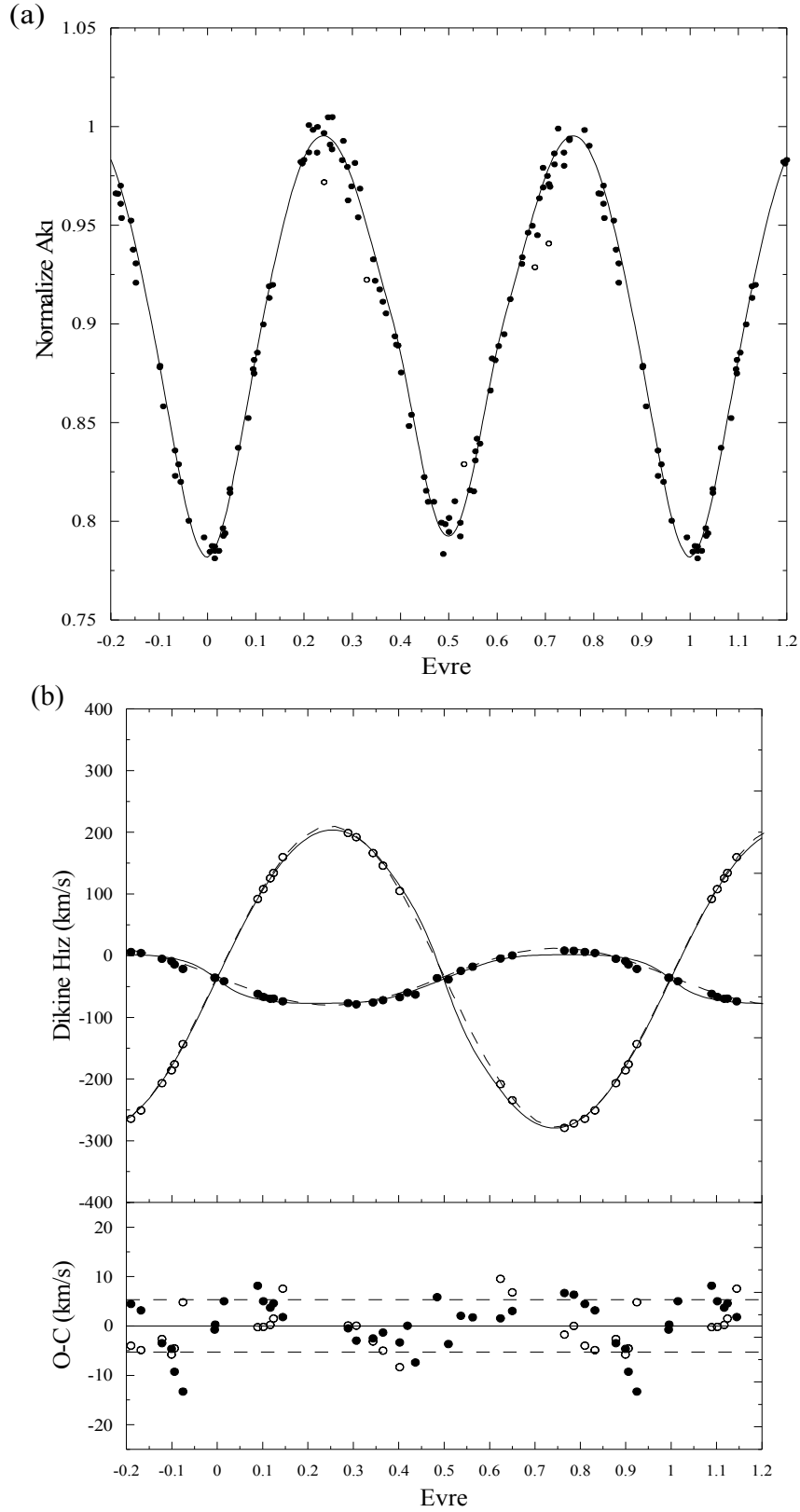
Analize başlamadan önce, sistemin Hipparcos gözlemsel parlaklıkları, Rucinski ve Duerbeck (1997) tarafından verilen $H_p - V = 0,22x(B - V)$ kalibrasyonu kullanılarak Johnson V parlaklığına dönüştürülmüştür. Normalize akı için 0,25 evredeki $V_{\max} = 6^m,56$ değeri kabul edilmiştir. Hipparcos fotometrik verisinin evrelendirilmesi için Denklem (2.1) kullanılmıştır. σ_i Hipparcos fotometrik verisindeki her bir gözlem noktasının belirsizliği olmak üzere, $w_i = 1/\sigma_i^2$ denklemi kullanılarak her bir gözlem verisi ağırlıklandırılmıştır.

CN Hyi'nin Hipparcos ışık eğrisi ile ilk kez bu çalışmadan elde edilen dikine hız eğrileri, Wilson-Devinney yöntemi (WD: Wilson ve Devinney, 1973, 1996 versiyonu) ile eşzamanlı olarak analiz edilmiştir. WD yönteminde, kimi parametreler sabit alınır ve sabit alınan parametreler, gözönüne alınan sisteme karşılık geldiği düşünülen kuramsal modellerden tahmin edilir. Buna göre, analizde sabit alınan parametreler ve değerleri şunlardır: Baş bileşenin sıcaklığı için, Budding ve Demircan (2007) tarafından anakol yıldızları için verdikleri istatistiksel çizelgeden yararlanılarak tayf türü F6V'e karşılık gelen 6500 K sıcaklık değeri alınmıştır. Kareköklü kenar kararına yasasının katsayıları, Dias-Cordoves ve ark. (1995) ile Claret ve ark. (1995)'nce verilen kalibrasyon çizelgelerinden alınmıştır. Bolometrik çekim kararına katsayıları, Lucy (1967)'nin konvektif zarflar için verdiği 0,32 değeri; bolometrik albedolar ise Rucinski (1969)'nin konvektif zarflar için verdiği 0,5 değeri kabul edilmiştir. Sistemin birinci ve ikinci bileşenlerinin eşdöndüğü (senkronize döndüğü) ve yörüngenin çembersel olduğu varsayılmıştır. CN Hyi ile üçüncü cismin parlaklık farkı ($\Delta V = 3^m,76$) Pogson formülünde kullanılarak bu bileşenin toplam ışığa olan katkısı $\ell_3 = 0,03$ olarak belirlenmiş ve iterasyonlar süresince bu değer sabit alınmıştır.

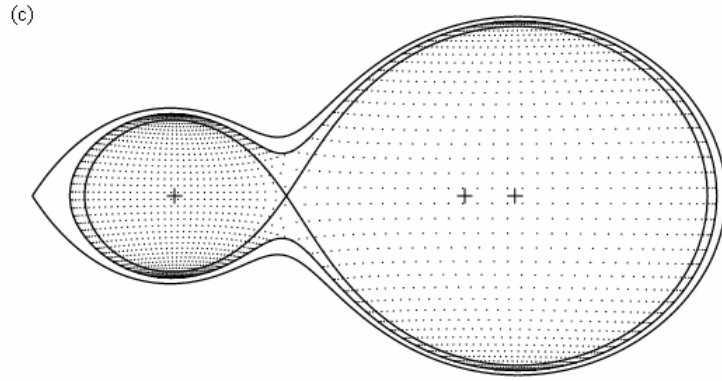
Çözümde serbest bırakılan parametreler ise; görelî yörünge'nin yarı-büyük eksen uzunluğu a , çift yıldızın kütle merkezine dikine hızı V_γ , çiftin yörünge'sinin gökyüzü düzlemine olan eğikliği i , sistemin kütle oranı q , ikinci bileşenin akı ağırlıklı ortalama yüzey sıcaklığı T_2 , birinci bileşenin boyutsuz normalize yüzey potansiyeli Ω_1 ve birinci bileşenin kesirsel tek renk ışıması ℓ_1 ve evre kayması ϕ dir. q , a ve V_γ 'nin başlangıç değerleri, dikine hız çözümünden alınmıştır (bakınız Bölüm 3.1.1). İterasyon süresince, belirsizlikleri görece büyük olan 5 Hipparcos fotometrik gözlem noktası kullanılmamıştır. Işık ve dikine hız eğrilerinin eşzamanlı çözümünden elde edilen sonuçlar, Çizelge 3.13'te verilmektedir. Şekil 3.10'da, normalize ışık eğrisi ve buna uydurulan teorik fitleriyle birlikte dikine hız eğrileri gösterilmektedir. Şekil 3.10 a'da, fotometrik çözümde kullanılmayan noktalar içi boş yuvarlak sembolüyle gösterilmiştir. Şekil 3.10 b'de, Kepler yörünge çözümü ve yakınlık etkileri, sırasıyla, kesikli ve düz çizgilerle temsil edilmiştir. Şekil 3.10 b'nin alt diyagramında, yakınlık etkileri gözönüne alınarak yapılan eşzamanlı çözümünden bulunan O-C artıkları gösterilmiştir. O-C artıklarına göre, elde edilen dikine hızların belirsizlikleri, yaklaşık 5 kms^{-1} dir. Sistemin Roche geometrisi ise, Şekil 3.11'de gösterilmektedir.

Çizelge 3.13. CN Hyi'nin ışık ve dikine hız eğrilerinin eşzamanlı çözüm sonuçları

Parametre	Birinci Bileşen	İkinci Bileşen
$a (R_\odot)$	$2,93 \pm 0,03$	
ϕ	$-0,0010 \pm 0,0006$	
$V_\gamma (kms^{-1})$	$-37,8 \pm 0,5$	
$i (^\circ)$	$63,7 \pm 0,7$	
$T (K)$	6500	6360 ± 60
$\Omega_1 = \Omega_2$	$2,142 \pm 0,011$	
$q (M_2/M_1)$	$0,184 \pm 0,004$	
f (değme parametresi)	0,42	
$l / l_{\text{topl}}m$	$0,754 \pm 0,009$	$0,158 \pm 0,010$
$l_3 / l_{\text{topl}}m$	0,03	
r (ortalama)	$0,547 \pm 0,002$	$0,264 \pm 0,009$
$\Sigma W(O-C)^2 - DH 1$	0,00282	
$\Sigma W(O-C)^2 - DH 2$	0,00158	
$\Sigma W(O-C)^2 - IE$	0,00667	



Şekil 3.10. CN Hyi'nin (a) Hipparcos ışık eğrisine ve (b) dikine hız eğrilerine uydurulan kuramsal fitler. Yakınlık etkilerinin dahil edilerek dikine hızlara uydurulan kuramsal fitler düz çizgiyle temsil edilirken Kepler yörünge çözümü, kesikli çizgiyle temsil edilmiştir.



Şekil 3.11. CN Hya çift yıldızının Roche geometrisi.

3.3.2. IS CMa

IS CMa'nın Hipparcos gözlemsel parlaklıkları, Bölüm 3.3.1'de kullanılan ve Rucinski ve Duerbeck (1997) tarafından verilen $H_p - V = 0,22x(B - V)$ kalibrasyonu ile Johnson V parlaklığına dönüştürülmüştür. Normalize akı için 0.25 evredeki $V_{\max} = 6^m,85$ değeri kabul edilmiştir. Hipparcos fotometrik verisinin evrelendirilmesi için Denklem (2.2) kullanılmıştır. σ_i Hipparcos fotometrik verisinin her bir gözlem noktasındaki belirsizlik olmak üzere, $w_i = 1/\sigma_i^2$ denklemi kullanılarak her bir gözlem verisi ağırlıklandırılmıştır.

IS CMa'nın Hipparcos ışık eğrisinin modellenmesinde Wilson-Devinney yöntemine uygulanan Monte Carlo (MC) algoritması kullanılmıştır. Bu uygulamada, ışık eğrisi parametreleri için belirlenen değer aralığına göre bir çözüm uzayı üretilir ve aralıktaki en büyük ve en küçük χ^2 değerlerine sahip elemanlar arasındaki farkın en küçük olmasına bakılarak gözlemsel veriye en iyi fit araştırılır. Bu yöntem, Kreiner ve ark. (2003 ve sonrasındaki makale serileri) tarafından tanımlanmış ve çok sayıda degen çifte uygulamışlardır. Yöntem, aşağıda belirtilen adımlardan oluşmaktadır:

- (i) Birinci adımda, gözlemsel veriye uyan en iyi çözümü elde etmek için "MC search" yöntemi kullanılır. Sistemin kütle oranı, bileşenlerin dikine hız eğrilerinin Kepler yörünge çözümünden elde edilen tayfsal kütle oranı değerinde sabit alınır.
- (ii) İkinci adımda, tayfsal yörünge çözümü için WD yönteminin diferansiyel düzeltme programı (DC) kullanılır ve bu yüzden, sistemin sadece dikine hız eğrileri ele alınır. Yakınlık etkilerinin dikkate alınması için, ilk adımdan elde edilen değerler ikinci adımın girdi değerlerini oluşturur. Böylece, yörüngeyle

ilgili parametreler (görelî yörünge yarı-büyük eksen uzunluğu a , çift sistemin kütle merkezine dikine hızı $V\gamma$, evre kayması ve sistemin kütle oranı q_{corr}) elde edilir.

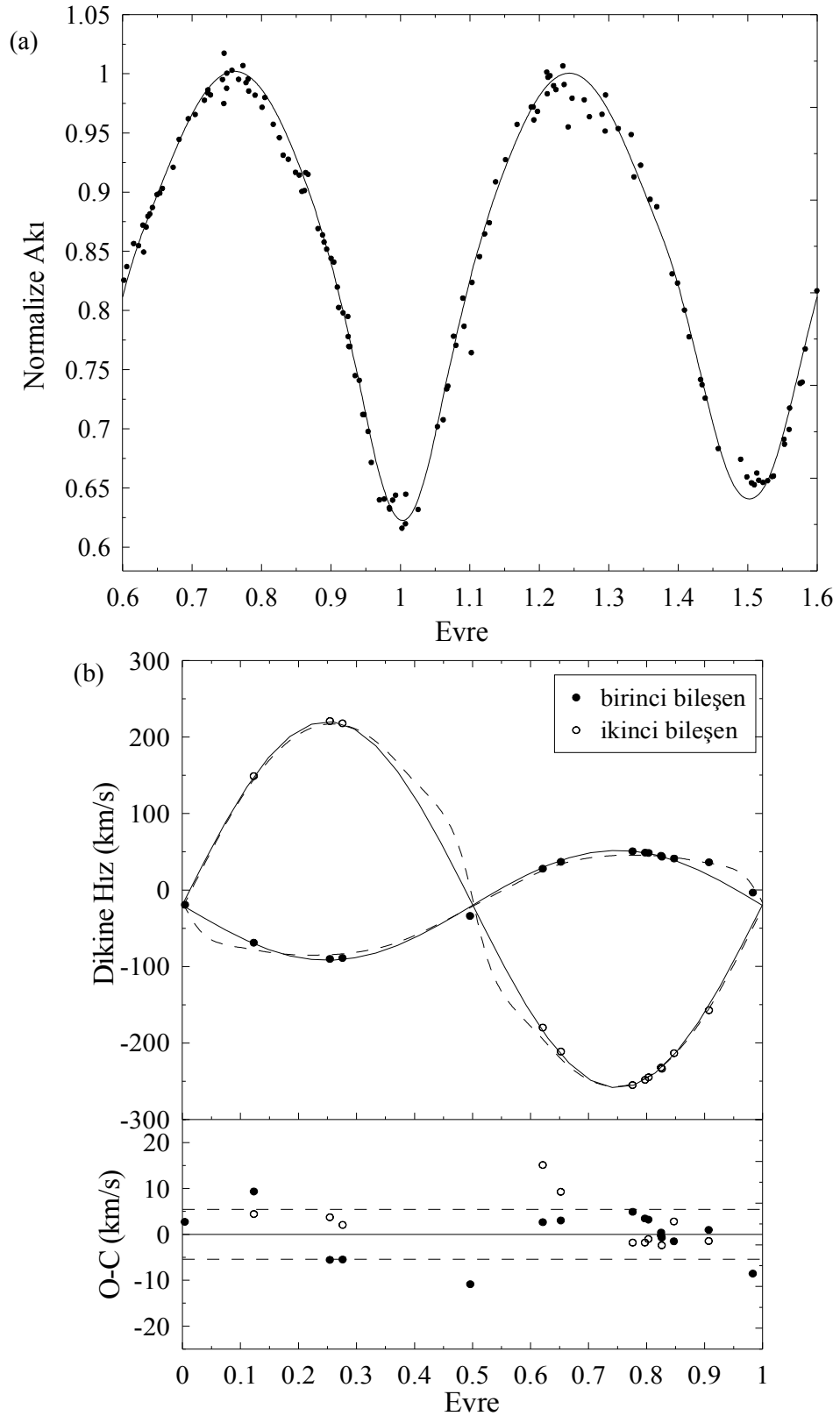
- (iii) Son adımda, q_{corr} değeri sabit alınarak fotometrik ışık eğrisi(leri) için en iyi çözümün elde edilmesi amacıyla “MC search” yöntemi yeniden kullanılır.

İlk adımda, Çizelge 3.5’te (Bölüm 3.1.2) verilen $q=0,3$ değeri kütle oranı sabit alınarak Hipparcos ışık eğrisi çözülmüştür. Hipparcos katalogunda sistemin tayf türü F3V verilmiş ve buna göre birinci bileşenin sıcaklığı 6800 K değeri sabit alınmıştır. Bileşenlerin bolometrik çekim kararım katsayıları ve bolometrik albedoları, Lucy (1967) ve Rucinski (1969)’ye göre sırasıyla 0,32 ve 0,5 değerlerinde sabit tutulmuştur. Kareköklü kenar kararım yasası kabul edilmiş ve kenar kararım katsayıları, Diaz-Cordoves ve ark. (1995) ile Claret ve ark. (1995)’nin bileşenlerin sıcaklıklarına ve kullanılan gözlemsel filtre dalgalılarına göre verdikleri çizelgelerden alınmıştır. Bölüm 3.2.2’de sözü edilen dönme hızları analizinden bileşenlerin eşdöndüğü belirlenmiş ve bu doğrultuda dönme parametreleri $F_h=F_c=1$ olarak alınmıştır. Tayfsal yörünge çözümünden sistemin yörüngesi çember ($e=0$) kabul edilmiştir. Bu parametreler, iterasyonlar süresince sabit alınmıştır.

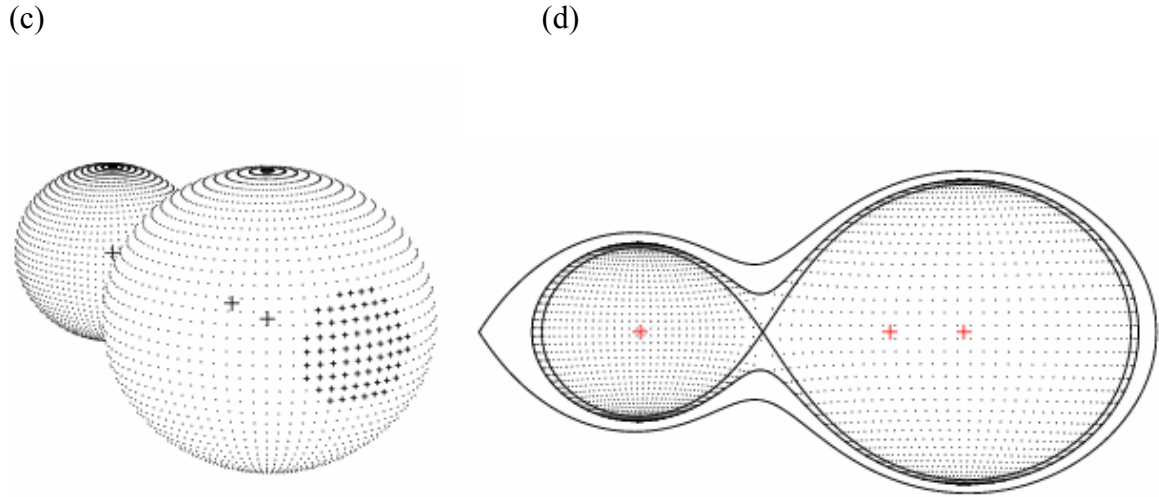
MC yönteminde, her bir ayarlanabilir parametre için sınır koşulları dahilinde bir değer aralığı tanımlanır: Sistemin yörünge eğikliği için $50^\circ - 90^\circ$; evre kayması için $-0,01 - 0,01$; ikinci bileşenin sıcaklığı için $4500 - 7500$ K; bileşenlerin yüzey potansiyelleri için $2,2 - 4,5$; birinci bileşenin ışıması için $2,0 - 12,5$ değer aralıkları belirlenmiştir. Hipparcos fotometrik verisine iki ayrı model (lekeli model ve lekesiz model) uygulanmıştır. Lekeli modelde, birinci bileşenin tüm yüzeyinde soğuk lekenin konumu araştırılmıştır.

Çizelge 3.14’de, MC sonuçları verilmektedir. İlk dört satır, MC yönteminin ikinci adımından bulunan parametreleri (yani, yakınlık etkileri altında dikine hız eğrisi çözümü) göstermektedir. Diğer satırlar ise, yöntemin üçüncü/son adımından elde edilen fotometrik parametrelere aittir.

Gözlenen ve hesaplanan ışık eğrileri arasındaki karşılaştırma, Şekil 3.12 a’da, dikine hız eğrileri ise Şekil 3.12 b’de gösterilmektedir. Birinci bileşenin yüzeyinde yer alan soğuk lekenin konumunu gösteren üç boyutlu model ve sistemin Roche geometrisi ise, sırasıyla, Şekil 3.12 c ve d’de verilmektedir.



Şekil 3.12. IS CMa çift yıldızının (a) Hipparcos ışık eğrisine en iyi teorik fit, (b) dikine hız eğrilerine en iyi teorik fitler. Dikine hızlara fit edilen düz çizgi, yakınlık etkilerini içeren teorik fitleri, kesikli çizgi ise Kepler yörüngesini temsil etmektedir.



Şekil 3.12 c) 0,6 evresi için IS CMa'nın birinci bileşenin yüzeyinde bulunan soğuk lekenin konumunu gösteren 3-boyutlu model, d) Sistemin Roche geometrisi.

Çizelge 3.14. IS CMa çift yıldızının ışık ve dikine hız eğrilerinin MC çözüm sonuçları

Parametre	Lekli Model	Lekesiz Model
a (R_{\odot})	$3,953 \pm 0,026$	$3,931 \pm 0,028$
evre kayması	$0,0024 \pm 0,0005$	$0,0027 \pm 0,0006$
$V\gamma$ (km/s)	$-19,78 \pm 0,89$	$-20,18 \pm 0,95$
$q_{\text{corr}} = M_2/M_1$	$0,297 \pm 0,001$	$0,298 \pm 0,001$
evre kayması	$0,0032 \pm 0,0006$	$0,0033 \pm 0,0005$
i ($^{\circ}$)	$76,448 \pm 0,539$	$76,144 \pm 0,573$
T_1 (K)	6800	6800
T_2 (K)	6320 ± 70	6833 ± 31
$\Omega_1 = \Omega_2$	$2,397 \pm 0,007$	$2,375 \pm 0,008$
q_{corr}	0,297	0,298
f (değme parametresi)	0,34	0,47
l_1 / l_{toplaml}	$0,751 \pm 0,008$	$0,692 \pm 0,004$
r_1 (ortalama)	$0,505 \pm 0,001$	$0,512 \pm 0,001$
r_2 (ortalama)	$0,298 \pm 0,002$	$0,307 \pm 0,002$

Çizelge 3.14'ün devamı

	Lekli Model	Lekesiz Model
Leke parametreleri		
Enlem (°)	89±16	--
boylam(°)	184±4	--
yarıçap (°)	21±3	--
$T_{leke}/T_{yıldız}$	0,870±0,039	--
$\Sigma W(O-C)^2$ DH 1	0,00164	0,00168
$\Sigma W(O-C)^2$ DH 2	0,00407	0,0047
$\Sigma W(O-C)^2$ IE	0,00868	0,01034

3.3.3. V535 Ara

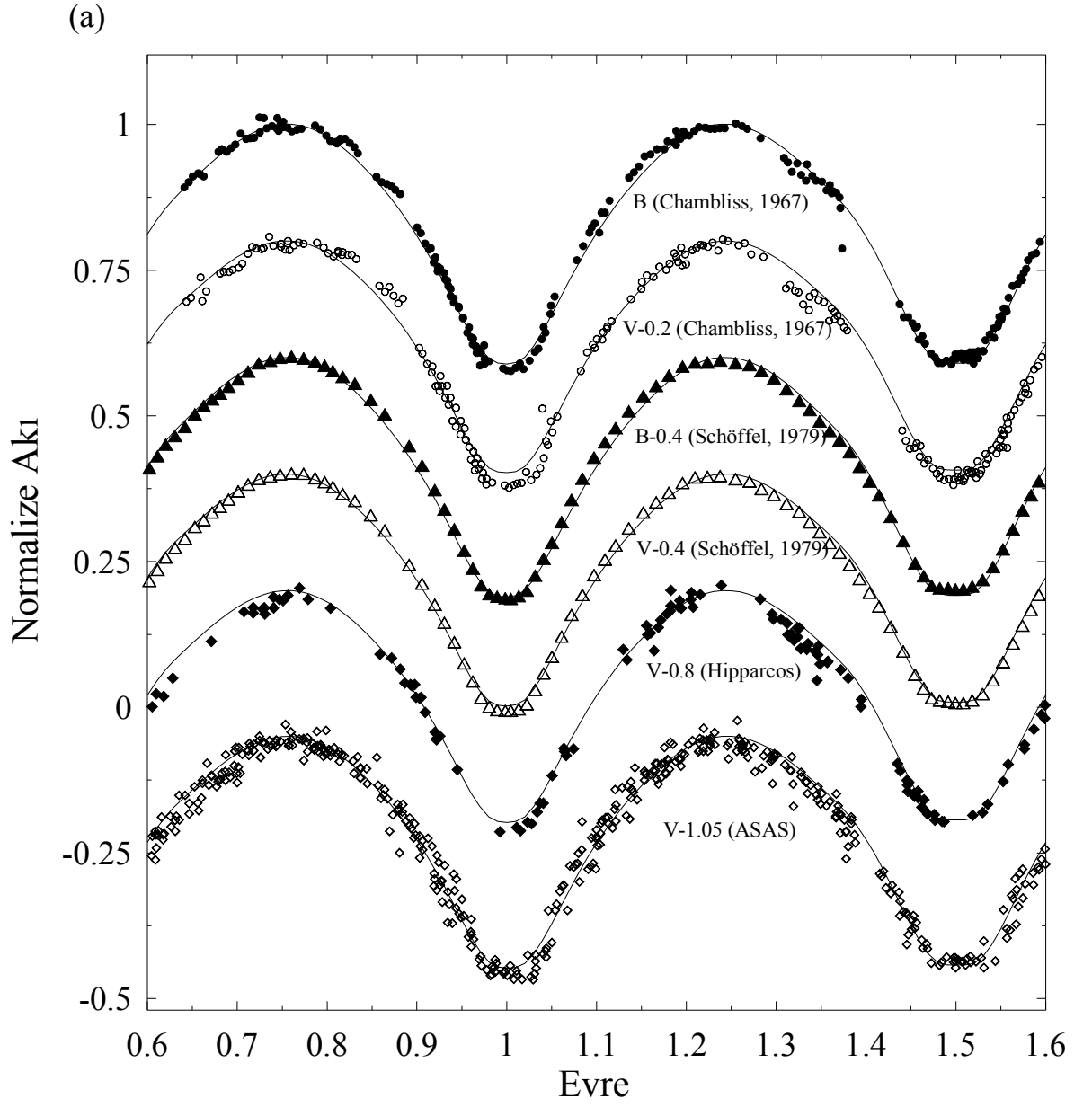
W UMa türü örten çift yıldız V535 Ara'nın ışık eğrisi analizi için literatürde yer alan altı ışık eğrisi (Chambliss (1967) BV ışık eğrileri; Shoffel (1979) BV ışık eğrileri; Hipparcos ışık eğrisi ve ASAS V bandı ışık eğrisi) kullanılmıştır. Hipparcos gözlemsel parlaklıkları, daha önce de sözedildiği gibi, Rucinski ve Duerbeck (1997) tarafından verilen $H_p-V=0,22x(B-V)$ kalibrasyonu kullanılarak Johnson V parlaklığına dönüştürülmüş; normalize akı için 0,25 evredeki $V_{max}= 7^m,21$ değeri kabul edilmiş; σ_i Hipparcos fotometrik verisinin her bir gözlem noktasındaki belirsizlik olmak üzere, $w_i = 1/\sigma_i^2$ denklemi kullanılarak her bir gözlem verisi ağırlıklandırılmıştır. Hipparcos ve ASAS fotometrik verilerinin evrelendirilmesi için, sırasıyla, Denklem (2.3) ve Denklem (2.4) kullanılmıştır.

V535 Ara'nın ışık eğrilerinin modellenmesinde, Wilson-Devinney yöntemi (WD: Wilson ve Devinney, 1973, 1996 versiyonu) kullanılmıştır. Bu yöntemle, Schöffel (1979)'in fotometrik verisi, sistemin diğer fotometrik ışık eğrilerine kıyasla daha duyarlı olması nedeniyle, dikine hız eğrileriyle birlikte eş zamanlı olarak analiz edilmiştir. Analizin birkaç iterasyonu sonrasında, yakınlık etkisinin gözlemsel veriyi duyarlı şekilde temsil etmemesi nedeniyle, çözümlerde bu etki dikkate alınmamıştır. Daha sonra, eşzamanlı çözümden elde edilen geometrik parametreler (a , q , $V\gamma$, i ve $\Omega_1=\Omega_2$), sistemin fiziksel değişimini incelemek amacıyla, sistemin diğer fotometrik ışık eğrilerinin analizinde sabit alınarak çözüme gidilmiştir. Sistemin ışık eğrilerinin maksimum düzeyleri arasında belirgin bir fark olmaması nedeniyle lekесiz model uygulanmıştır.

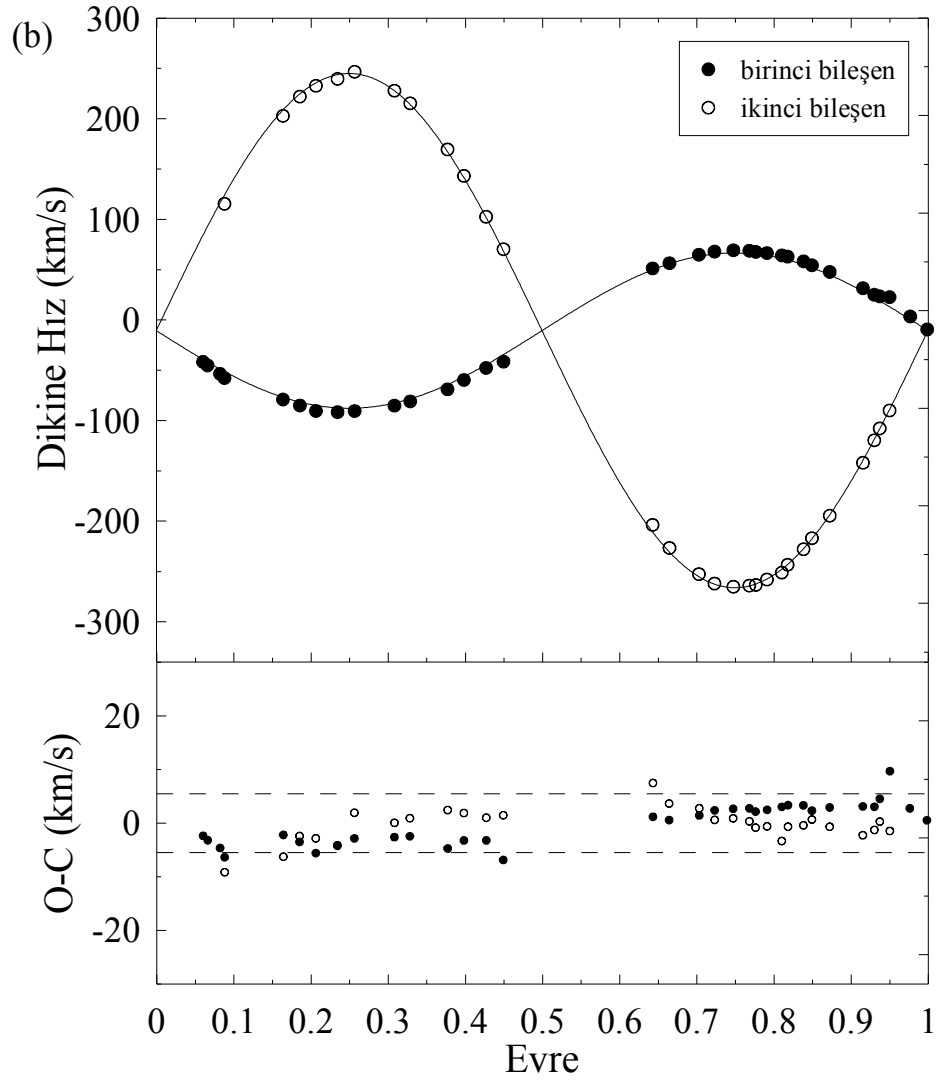
WD yöntemine göre kimi parametreler serbest bırakılabilirken kimi parametreler gözönüne alınan sisteme karşılık geldiği düşünülen kuramsal modellerden tahmin edilerek sabit kabul edilir. Eşzamanlı analizde sabit alınan parametreler ve değerleri, şu şekildedir: Baş bileşenin sıcaklığı için, Schöffel (1979)'ın sistemin tayf türüne göre belirlediği 8200 K değeri kabul edilmiştir. Lineer kenar karar yasa kullanılmış ve ilgili katsayılar, Dias-Cordoves ve ark. (1995) ile Claret ve ark. (1995)'nce verilen kalibrasyon çizelgelerinden alınmıştır. Bolometrik çekim karar katsayıları, Lucy (1967)'nin radyatif zarflar için verdiği 1,0 değeri; bolometrik albedolar ise Rucinski (1969)'nin radyatif zarflar için verdiği 1,0 değeri kabul edilmiştir. Sistemin birinci ve ikinci bileşenlerinin eşdöndüğü; yörüngenin çembersel olduğu varsayılmıştır.

Eşzamanlı çözümde serbest bırakılan parametreler ise; görel yörüngenin yarı-büyük eksen uzunluğu a , çift yıldızın kütle merkezine dikine hızı V_γ , çiftin yörüngesinin gökyüzü düzlemine olan eğikliği i , sistemin kütle oranı q , ikinci bileşenin akı ağırlıklı ortalama yüzey sıcaklığı T_2 , birinci bileşenin boyutsuz normalize yüzey potansiyeli Ω_1 ve birinci bileşenin kesirsel tek renk ışıması ℓ_1 ve evre kayması ϕ dir.

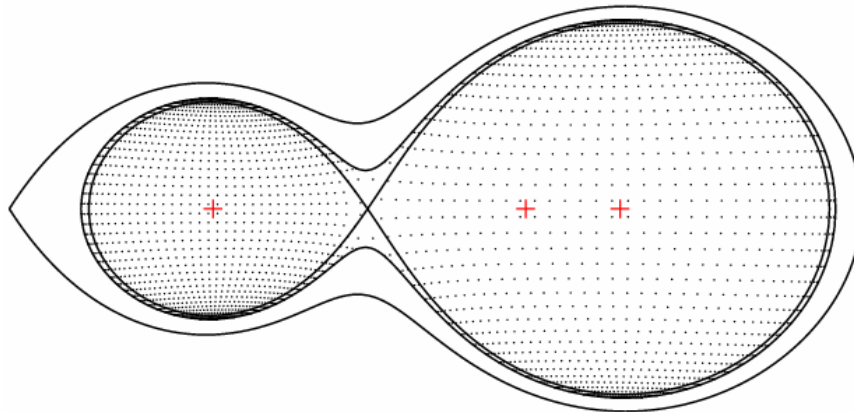
Işık ve dikine hız eğrilerinin eşzamanlı çözümden elde edilen sonuçlar, Çizelge 3.15'te verilmektedir. Sistemin literatürdeki fotometrik verilerinin normalize ışık eğrileri ve bunlara uydurulan kuramsal fitleriyle birlikte dikine hız eğrileri, Şekil 3.13 a ve b'de gösterilmektedir. Şekil 3.13 b'nin alt diyagramında, eşzamanlı çözümden elde edilen teorik fitlerden çıkan O-C artıkları gösterilmiştir. O-C artıklarına göre, elde edilen dikine hızların belirsizlikleri, yaklaşık 5 kms^{-1} dir. Sistemin Roche geometrisi, Şekil 3.13 c'de gösterilmektedir.



Şekil 3.13. a) V355 Ara çift yıldızının literatürde yer alan ışık eğrileri ve eşzamanlı çözümden elde edilen en iyi teorik fitleri.



(c)



Şekil 3.13 b) V535 Ara çift yıldızının dikine hız eğrileri ile en iyi teorik fitleri (üstte), eşzamanlı çözümden bulunan O-C artıkları (altta); c) V535 Ara çift yıldızının Roche geometrisi.

Çizelge 3.15. V535 Ara çift yıldızının ışık ve dikine hız eğrilerinin eşzamanlı çözüm sonuçları

Parametre	SCHOFFEL (1979)	CHAMBLISS(1967)	HIPPARCOS	ASAS
a (R_{\odot})	4,203±0,018	4,203	4,203	4,203
evre kayması	-0,0002±0,0003	-0,0008±0,0003	0,0001±0,0007	0,0011±0,0006
$V\gamma$ (km/s)	-41,4±0,5	-41,4	-41,4	-41,4
$q=M_2/M_1$	0,302±0,003	0,302	0,302	0,302
i ($^{\circ}$)	79,883±0,305	79,883	79,883	79,883
T_1 (K)	8200	8200	8200	8200
T_2 (K)	8129±21	8148±19	8158±46	8139±45
$\Omega_1=\Omega_2$	2,4285±0,0081	2,4285	2,4285	2,4285
f (değme parametresi)	0,22	0,22	0,22	0,22
$l_1 / l_{\text{topl}} B$	0,716±0,003	0,718±0,002	-	-
$l_1 / l_{\text{topl}} V$	0,708±0,002	0,707±0,002	0,700±0,003	0,712±0,004
r_1 (ortalama)	0,4976±0,0012	0,4976	0,4976	0,4976
r_2 (ortalama)	0,2920±0,0037	0,2920	0,2920	0,2920
$\Sigma W(O-C)^2 DH 1$	0,00208	-	-	-
$\Sigma W(O-C)^2 DH 2$	0,0006	-	-	-
$\Sigma W(O-C)^2 IE B$	0,03126	0,03177	-	-
$\Sigma W(O-C)^2 IE V$	0,05657	0,05811	0,02623	0,23539

BÖLÜM 4

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

4.1. CN Hyi

Bu çalışmada, Güney Yarımküreden gözlenebilen değen çift yıldız CN Hyi'nin ilk yüksek çözünürlüklü tayfsal gözlemleri sunulmuştur. Sistemin yörünge döneminin kısa olması ve bileşenlerin yörünge hareketleri nedeniyle tayf çizgilerinin birbirine karışmaması için gözlemlerde poz süreleri kısa tutulmuştur. Fakat bu durum, bileşenlerin dikine hızlarını ölçmek için, özellikle ikinci bileşenin, standart dikine hız ölçüm yöntemlerini kullanmada, düşük S/G oranı nedeniyle, zorluk yaratmıştır. Bu engel, tayfsal çizgileri ayıklayabilen bir yöntemin kullanılmasıyla aşılmıştır. KOREL programı, Hadrava (1995) tarafından geliştirilmiş olup Fourier analiziyle bileşenlerin tayflarını ayıklayabilmektedir. Bu anlamda, sistemin dikine hızlarını ve yörünge elemanlarını elde etmek için KOREL programı kullanılmıştır. 10'dan daha fazla tayf çizgilerini içeren dört tayf dizisine (bkz. Şekil 3.1a,b) KOREL programı uygulanarak sistemin güvenilir tayfsal yörünge çözümü elde edilmiştir. Yörünge çözümünden tayfsal kütle oranı $q=0,189\pm0,005$ olarak belirlenmiştir (bkz. Bölüm 3.1.1). Hipparcos katalogunda bildirilen üçüncü bileşenin varlığı, toplam ışığa olan zayıf katkısı (%3) nedeniyle, sistemin tayflarında tespit edilememiştir. Ayrıca, sistemin bileşenlerinin ayıklanmış MgII çizgi kesitleri kullanılarak bileşenlerin senkronize dönme yaptığı bulunmuştur.

KOREL'den elde edilen dikine hız eğrileri Hipparcos ışık eğrisiyle eşzamanlı olarak analiz edilmiştir. Eşzamanlı çözüm, Güney Yarımküre yıldızı CN Hyi'yi, %40 değme oranıyla aşırı değen A alt sınıfı W UMa türü örten çift sistem olarak tanımlamaktadır. W UMa sistemlerinde, genellikle, ışık eğrilerinin maksimumları arasında asimetrik ışık düzeyleri (O'Connell etkisi) görülür. CN Hyi'nin Hipparcos ışık eğrisinde böyle bir etki görülmemektedir. Bu nedenle, bileşen yıldızlara herhangi bir leke modeli uygulanmamıştır. Selam (2004) ile Wadhwa ve Zaeley (2005) tarafından verilen çözümlerden farklı olarak, ışık ve dikine hız eğrilerinin eşzamanlı analizi yapılmış ve analizde, üçüncü bileşenin ışık katkısı gözönüne alınmıştır. Selam (2004) ile Wadhwa ve Zaeley (2005), sistemin kütle oranını, sırasıyla, 0,23 ve 0,25 olarak bulmuşlardır. Bu çalışmada, sistemin tayfsal yörünge çözümünden tayfsal kütle oranı $0,189\pm0,005$, yakınlık etkilerinin dahil edildiği eşzamanlı analizden kütle oranı $0,184\pm0,004$ olarak belirlenmiştir. A türü W UMa sistemlerinin birinci bileşenleri, ikincilerden boyutça büyüktür ve bu nedenle, ışık eğrilerinde birinci

minimum transit tutulmayla oluşur. CN Hyi'nin Hipparcos ışık eğrisinde ise, yörünge eğikliğinin küçük olması nedeniyle birinci minimum transit tutulma göstermemektedir.

Işık ve dikine hız eğrilerinin eşzamanlı çözümüyle, sistemin mutlak parametreleri hesaplanmıştır. Sonuçlar, hatalarıyla birlikte, Çizelge 4.1'de verilmiştir. Bu parametrelerin hesabı için güneş değerleri $T_{\text{etkin}}=5780$ K, $M_{\text{bol}}=4^m,75$ ve $BC=-0^m,14$. olarak alınmıştır. Sistemin bileşenlerinin bolometrik düzeltmeleri için, Budding ve Demircan (2007) tarafından verilen çizelgeler kullanılmıştır. Schlegel ve ark. (1998)'nin kızıllaşma haritalarından tahmin edilen $E_{\infty}(B-V) = 0^m,024$ model kızıllaşmaya göre, Bahcall ve Soneria (1980) tarafından verilen yöntemden indirgenmiş renk artışı $E_d = 0^m,0065$ olarak bulunmuştur. Böylece, yıldızın uzaklık hesabında, $A_V = 3,1E(B-V)$ ile verilen yıldızlararası galaktik soğurma kullanılırsa; uzaklık modülü, bu çalışmada elde edilen çözüm sonuçlarına göre sistemin uzaklığını 56 ± 4 pc olarak vermektedir. Öte yandan, W UMa türü sistemler için Rucinski (2006)'nin verdiği dönem-renk-parlaklık bağıntısı kullanılırsa, yıldızın uzaklığı 57 pc; van Leeuwen (2007)'nin verdiği yeni Hipparcos paralaksı kullanılırsa yıldızın uzaklığı 60 pc bulunmaktadır. Farklı yöntemler kullanılarak bulunan tüm bu uzaklık değerleri, hata sınırları içinde birbiriyle uyumludur.

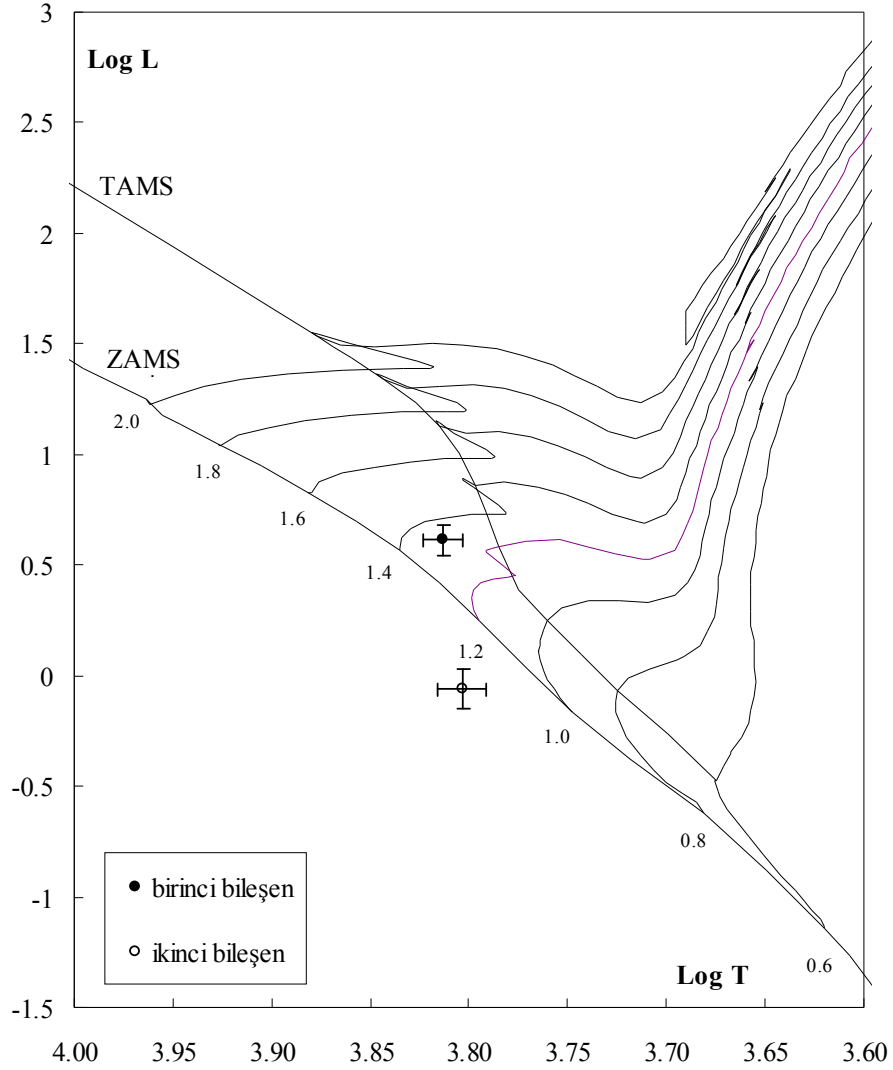
CN Hyi'nin bileşenlerinin konumları, ısıtma-sıcaklık diyagramında gösterilmektedir (Şekil 4.1). HR diyagramında, her bileşen, standart yıldız evrim modellerinden beklenenin aksine bir konuma sahiptirler. Anakol yıldızları için verilen standart kütle-ısıtma-yarıçap ilişkisine uymamaktadırlar. Kütlelerine göre, küçük kütleli bileşen beklenenden daha büyük ısıtmalı, büyük kütleli bileşen ise beklenenden daha az ısıtmalı olduğu görülmektedir. Bu fark, büyük kütleli bileşenin ortak konvektif zarf aracılığıyla yaklaşık sabit bir sıcaklıkta ikinci bileşene ısıtma aktardığı varsayımıyla açıklanabilir (Mochnecki, 1981; Hilditch, 2001).

Çizelge 4.1. CN Hyi'nin mutlak parametreleri

Parametre	Birinci Bileşen	İkinci Bileşen
a (R_{\odot})	2,93±0,03	
P_{orb} (gün)	0,4561070±0,0000005	
M (M_{\odot})	1,37±0,06	0,25±0,02
R (R_{\odot})	1,60±0,02	0,77±0,03
$\log g$ (cgs)	4,17±0,01	4,06±0,02
T (K)	6500±200	6360±260
M_{bol}	3,22±0,16	4,90±0,27

Çizelge 4.1'in devamı

Parametre	Birinci Bileşen	İkinci Bileşen
M_V	$3,23 \pm 0,16$	$4,92 \pm 0,27$
$L (L_{\odot})$	$4,10 \pm 0,60$	$0,87 \pm 0,22$
M_V	$2,92 \pm 0,15$	
$d (pc)$	56 ± 4	



Şekil 4.1. CN Hyi'nin bileşenlerinin HR diyagramındaki konumları. ZAMS (Sıfır yaş anakolu), TAMS (Terminal yaş anakolu) ve evrim yolları, Güneş'in kimyasal kompozisyonuna göre, Girardi ve ark. (2000)'dan alınmıştır. ZAMS çizgisine eklenmiş sayılar, başlangıç kütlelerini göstermektedir.

CN Hyi sistemi için elde edilen sonuçlar, “A W UMa type system from Southern Hemisphere: CN Hydri” başlığıyla New Astronomy dergisinde yayımlanmıştır (Özkardeş B., Erdem, A. ve Bakış, V. 2009, NewA 14, 461).

4.2. IS CMa

Bu çalışmada, Güney Yarımküreye ait değen çift yıldız IS CMa'nın ilk yüksek çözünürlüklü échelle tayfları elde edilmiştir. Tayfsal ayıklama metodu (KOREL programı) kullanılarak sistemin dikine hızları belirlenmiş ve yörünge çözümü yapılmıştır. Bu çözümden sistemin tayfsal kütle oranı $0,300 \pm 0,009$ olarak bulunmuştur.

Sistemin bileşenlerinin ayıklanmış H_{δ} çizgi kesitleri kullanılarak bileşenlerin senkronize dönme yaptığı bulunmuştur. Ortalama Gaussian genişleme parametresi, her iki bileşen için $70 \text{ km/s} - 90 \text{ km/s}$ olarak belirlenmiştir.

Sistemin Hipparcos ışık eğrisi, Wilson-Devinney kodunu baz alan Monte Carlo (MC) yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Hipparcos fotometrik verisi, iki alternatif yaklaşım altında çözülmüştür: lekeli ve lekesiz model. Çizelge 3.14'te verilen $\Sigma W(O-C)^2$ değerlerine göre, lekeli model yaklaşımı en iyi çözümdür. Bu modelde, birinci bileşenin (daha büyük boyutlu ve daha kütleli) kesirsel ışırtmasının daha baskın olması nedeniyle birinci bileşenin yüzeyinde soğuk leke olduğu varsayılmıştır. Işık eğrisi çözümü, IS CMa'yı, $0,34$ 'lük değme parametresine sahip A alt sınıfı W UMa türü örten çift sistem olarak tanımlamaktadır. Yakınlık etkilerinin dahil edildiği dikine hız eğrisi çözümü, sistemin kütle oranını $0,297 \pm 0,001$ olarak vermektedir.

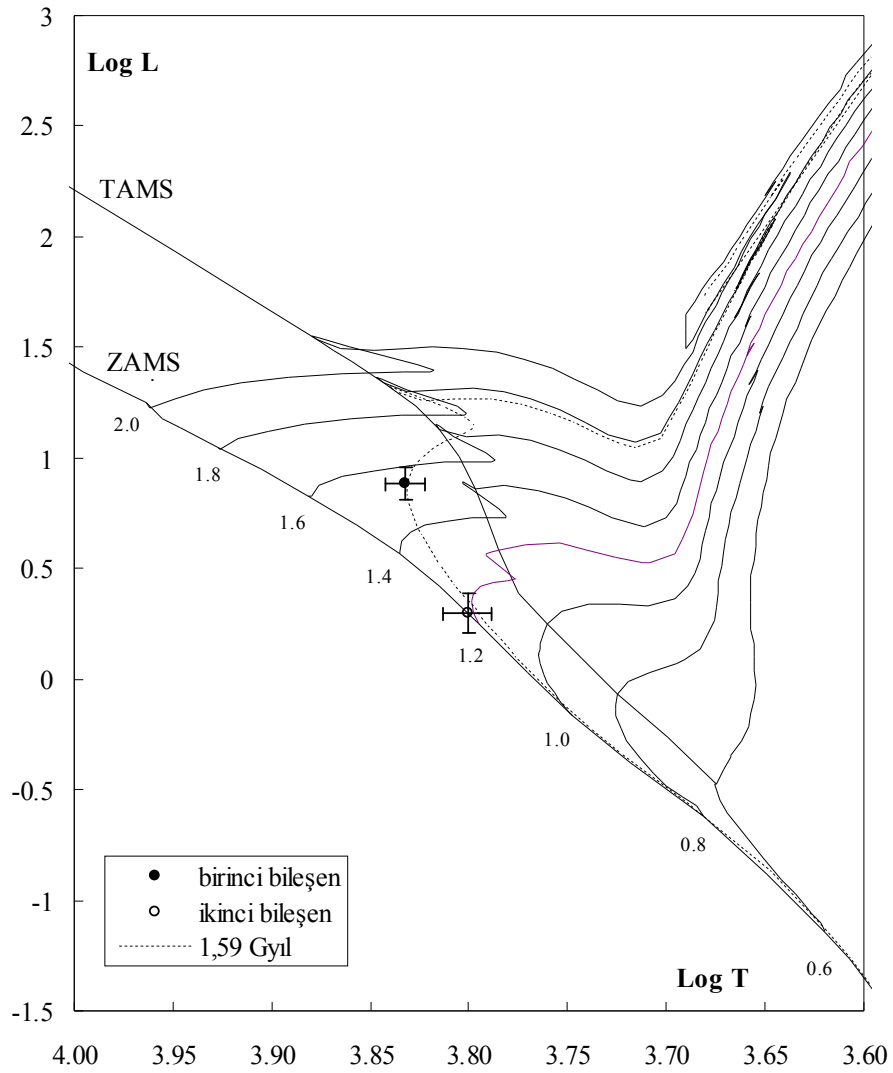
Dikine hız eğrilerinin çözüm sonuçlarıyla Hipparcos ışık eğrisi çözümünün birleşimi, sistemin mutlak parametrelerinin hesaplanmasına olanak verir. IS CMa'nın mutlak parametreleri belirsizlikleriyle birlikte Çizelge 4.2'de verilmektedir. Hesaplamalarda, güneş değerleri için $T_{\text{etkin}}=5780 \text{ K}$, $M_{\text{bol}}=4^{\text{m}},75$ ve $BC=-0^{\text{m}},14$ alınmıştır. IS CMa'nın bileşenlerinin bolometrik düzeltme değerleri Zombeck (1990)'in çizelgelerinden seçilmiştir. İndirgenmiş renk artığı $E_d(B-V)$, Schlegel ve ark. (1998)'nce verilen kızarma haritalarından tahmin edilen $E_{\infty}(B-V)=0^{\text{m}},045$ değerine göre Bahcall ve Soneria (1980) tarafından verilen yöntemden $0^{\text{m}},011$ olarak belirlenmiştir. Yıldızlararası soğurmanın dikkate alındığı uzaklık modülünden sistemin uzaklığı $87 \pm 5 \text{ pc}$ olarak bulunmuştur. Öte yandan, Rucinski (2006)'nin dönem-renk-parlaklık kalibrasyonuna ve van Leeuwen (2007) tarafından verilen yeni Hipparcos paralaksına göre, sisteme olan uzaklık sırasıyla, yaklaşık 103 pc ve 102 pc 'dir. Dinamik ve Hipparcos paralaksları

arasında küçük bir fark olmasına rağmen bu fark, mutlak parlaklıktaki belirsizlikle (%13, bakınız Çizelge 4.2) kıyaslandığında, sistemin mutlak parlaklığı için bulunan değere olan oranı %16 olması nedeniyle, ihmal edilebilir düzeyde çıkmaktadır.

Sistemin evrim durumunu tartışmak için bileşenlerin konumları, ısıtma-sıcaklık (HR diyagramı, Şekil 4.2) diyagramında gösterilmektedir. HR diyagramında, büyük kütleli olan birinci bileşenin normal anakol yıldızı gibi davrandığı görülmektedir. Küçük kütleli ikinci bileşenin kütesine göre daha büyük ısıtmaya sahip olmasına karşın, 1.59 Gyıl'lık evrimsel yaş çizgisi her iki bileşeni, aynı izokronda temsil etmektedir. W UMa türü degen yıldızlarda, genellikle, küçük kütleli bileşen kütesine göre daha büyük ısıtmalıyken büyük kütleli bileşen daha az ısıtmalı çıkmaktadır. Bu bilmece, daha kütleli bileşenin sabit bir sıcaklıkta ortak zarf aracılığıyla az kütleli bileşene enerji transferi yaptığı varsayımıyla açıklanabilir (örneğin, Mochnacki, 1981; Hilditch, 2001). da Silva ve ark. (2006)'nın Bayesian yöntemine göre geliştirdikleri PARAM programı (<http://stev.oapd.inaf.it/lgirardi/cgi-bin/param>), IS CMa'nın yaşını yaklaşık olarak 2 Gyıl vermektedir. Öte yandan, Nordström ve ark. (2006), gözlenen T_{etkin} sıcaklığını, M_V ve $[\text{Fe}/\text{H}]$ değerlerini kullanarak ve teorik olarak hesaplanan izokronlar arasında interpolasyon yöntemiyle yıldızların yaşlarını okuyarak IS CMa'nın yaşını 1,7 Gyıl olarak belirlemişlerdir ki bu değer, sistem için belirlenen yaşla (1,59 Gyıl) uyumludur.

Çizelge 4.2. IS CMa'nın mutlak parametreleri

Parametre	Birinci Bileşen	İkinci Bileşen
$a (R_{\odot})$	3,95±0,03	
$P_{\text{orb}} (\text{gün})$	0,616982±0,000001	
$M (M_{\odot})$	1,68±0,04	0,50±0,02
$R (R_{\odot})$	2,00±0,02	1,18±0,03
$\log g (\text{cgs})$	4,06±0,03	3,99±0,02
$T (\text{K})$	6800±200	6320±270
M_{bol}	2,54±0,14	4,00±0,21
M_V	2,59±0,14	4,05±0,21
$L (L_{\odot})$	7,65±0,60	1,99±0,80
M_V	2,28±0,13	
$d (\text{pc})$	87±5	



Şekil 4.2. IS CMa'nın bileşenlerinin HR diyagramındaki konumları. ZAMS (Sıfır yaş anakolu), TAMS (Terminal yaş anakolu), evrim yolları ve izokron, Güneş'in kimyasal kompozisyonuna göre, Girardi ve ark. (2000)'dan alınmıştır. ZAMS çizgisine eklenmiş sayılar, başlangıç kütlelerini göstermektedir.

W UMa türü yıldız IS CMa için elde edilen sonuçlar, "Absolute parameters of the newly-identified contact binary star IS Canis Major" başlığıyla New Astronomy dergisinde yayımlanmıştır (Özkardeş, B. ve Erdem, A. 2010, NewA 15, 247).

4.3. V535 Ara

Güney Yarımküreye ait degen çift yıldız V535 Ara'nın 2007 yılının Eylül-Ekim aylarında tayfsal gözlemleri yapılarak yüksek çözünürlüklü échelle tayfları elde edilmiştir.

Tayfsal ayıklama yöntemi (KOREL programı) kullanılarak, sistemin dikine hızları belirlenmiş ve yörünge çözümü yapılmıştır. Bu çözümden sistemin tayfsal kütle oranı $0,319 \pm 0,002$ olarak bulunmuştur. Bu değer, hata sınırları içinde, Schöffel (1979)'in H_γ , H_δ ve CaII K çizgilerini kullanarak belirlediği tayfsal kütle oranı ($q=0,300 \pm 0,015$) ile uyumludur. Ayrıca, sistemin bileşenlerinin ayıklanmış H_γ çizgi kesitleri kullanılarak bileşenlerin senkronize dönme yaptığı bulunmuştur.

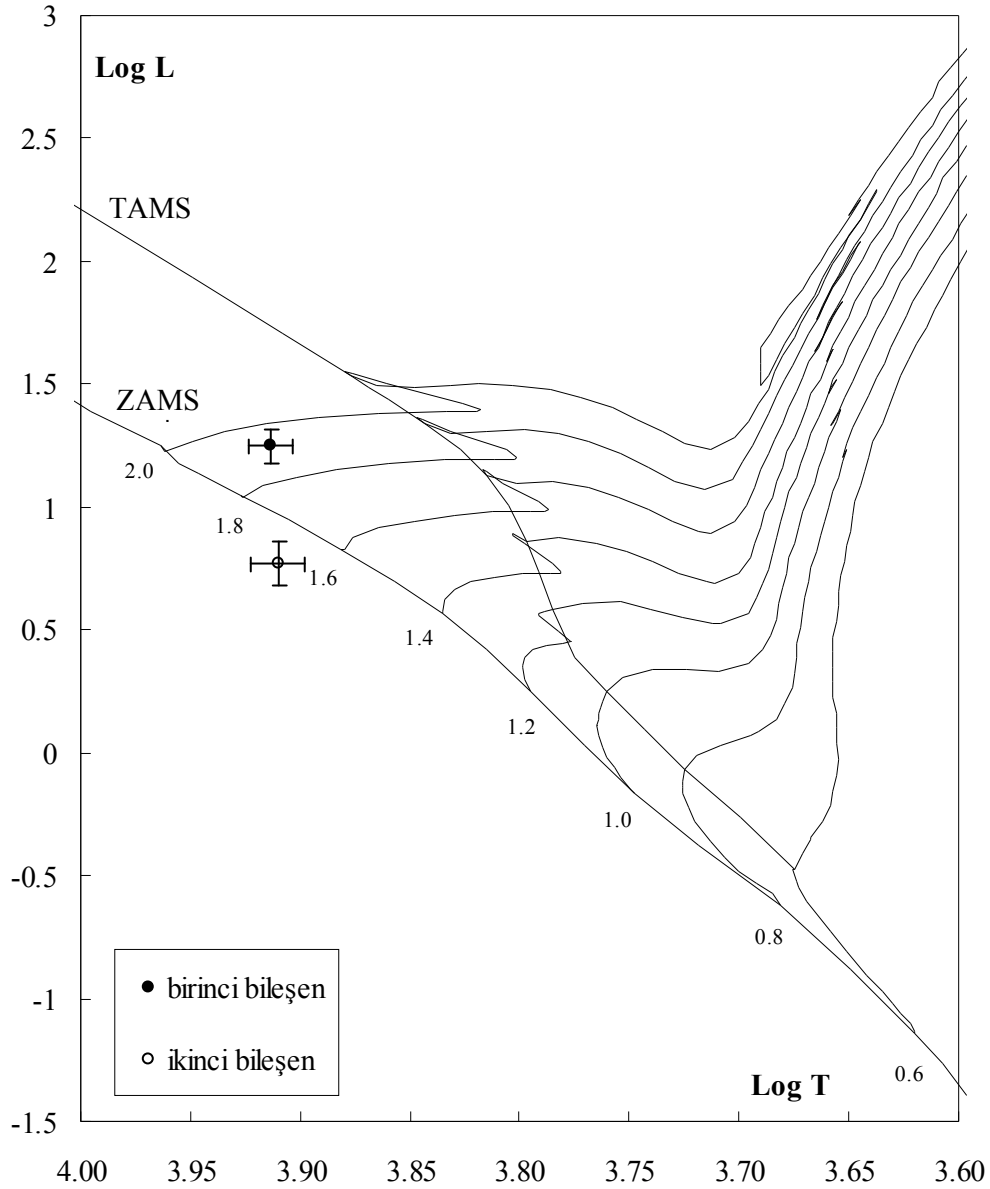
Sistemin ışık eğrilerinin analizi için Wilson-Devinney yöntemi kullanılmıştır. Schöffel (1979) tarafından elde edilen BV fotometrik ışık eğrileri, sistemin diğer ışık eğrilerine göre daha duyarlı olması nedeniyle, dikine hız eğrileri ile birlikte eşzamanlı olarak çözülmüştür. Bu çözümden belirlenen geometrik parametreler (a , q , V_γ , i , $\Omega_1=\Omega_2$), sistemin diğer fotometrik ışık eğrilerinin analizinde sabit alınmıştır. Çoğu W UMa sisteminin ışık eğrilerinde maksimum ışık düzeyleri arasında bir fark görülür ki buna O'Connell etkisi denmektedir. Sistemin ışık eğrilerinin maksimumları arasında asimetric ışık düzeyleri görülmediği için bileşen yıldızlara soğuk ve/veya sıcak leke modeli uygulanmamıştır. Işık eğrisi çözümü, V535 Ara'yı 0,22'lik değme oranına sahip A alt sınıfı W UMa türü değen çift sistem olarak tanımlamaktadır.

Işık ve dikine hız eğrilerinin eşzamanlı çözümüyle, sistemin mutlak parametreleri hesaplanmıştır. Sonuçlar, hatalarıyla birlikte, Çizelge 4.3'de verilmiştir. Bu parametrelerin hesabı için güneş değerleri $T_{\text{etkin}}=5780$ K, $M_{\text{bol}}=4^m,75$ ve $BC=-0^m,14$ olarak alınmıştır. Sistemin bileşenlerinin bolometrik düzeltmeleri için, Zombeck (1990) tarafından verilen çizelgeler kullanılmıştır. Schlegel ve ark. (1998)'nin kızıllaşma haritalarından tahmin edilen $E_\infty(B-V) = 0^m,088$ model kızıllaşmaya göre, Bahcall ve Soneria (1980) tarafından verilen yöntemden indirgenmiş renk artığı $E_d = 0^m,017$ olarak bulunmuştur. Böylece, uzaklık modülüyle yıldızın uzaklık hesabında $A_V = 3,1E(B-V)$ ile verilen yıldızlararası galaktik soğurma kullanılırsa, bu çalışmada elde edilen çözüm sonuçlarına göre sistemin uzaklığı 147 ± 11 pc bulunmaktadır. Öte yandan, W UMa türü sistemler için Rucinski (2006)'nin verdiği dönem-renk-parlaklık bağıntısı kullanılırsa, yıldızın uzaklığı 130 pc; van Leeuwen (2007)'nin verdiği yeni Hipparcos paralaksı kullanılırsa yıldızın uzaklığı 117 pc bulunmaktadır. Farklı yöntemler kullanılarak bulunan tüm bu uzaklık değerleri arasındaki fark, mutlak parlaklıktaki belirsizlikle (%17, bakınız Çizelge 4.3) kıyaslandığında, sistemin mutlak parlaklığı için bulunan değere olan oranı %20 olması nedeniyle, ihmal edilebilir düzeydedir.

Sistemin bileşenlerinin konumları, ısıtma-sıcaklık diyagramında (Şekil 4.3) gösterilmiştir. HR diyagramında, büyük kütleli olan birinci bileşenin anakola yakın olup normal anakol yıldızı gibi davrandığı görülmektedir. Küçük kütleli ikinci bileşen ise kütesine göre daha büyük ısıtmalı çıkmaktadır. Bu durum, W UMa türü degen yıldızlarda görülmektedir ve küçük kütleli bileşen kütesine göre daha büyük ısıtmalıyken büyük kütleli bileşen daha az ısıtmalı çıkmaktadır. Bu terslik, daha kütleli bileşenin yaklaşık sabit bir sıcaklıkta, ortak zarf aracılığıyla az kütleli bileşene enerji/ısıtma transferi yaptığı varsayımıyla açıklanabilmektedir(örneğin, Mochnacki, 1981; Hilditch, 2001).

Çizelge 4.3. V535 Ara'nın mutlak parametreleri

Parametre	Birinci Bileşen	İkinci Bileşen
$a (R_{\odot})$	4,20±0,02	
$P_{\text{orb}} (\text{gün})$	0,629306±0,000005	
$M (M_{\odot})$	1,93±0,04	0,59±0,02
$R (R_{\odot})$	2,09±0,02	1,23±0,02
$\log g (\text{cgs})$	4,08±0,01	4,03±0,01
$T (\text{K})$	8200±200	8129±221
M_{bol}	1,63±0,12	2,82±0,16
M_V	1,75±0,12	2,94±0,16
$L (L_{\odot})$	17,72±1,96	5,89±0,85
M_V	1,44±0,17	
$d (\text{pc})$	147±11	

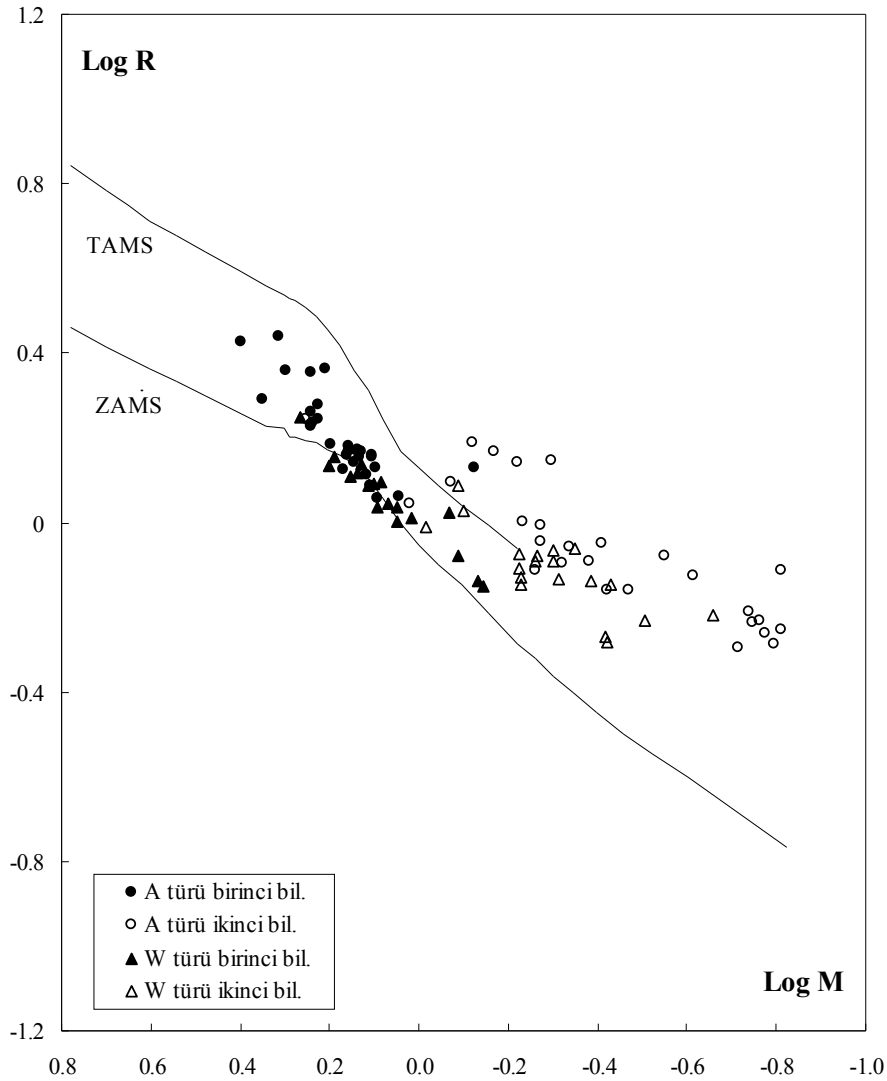


Şekil 4.3. V535 Ara'nın bileşenlerinin HR diyagramındaki konumları. ZAMS (Sıfır yaş anakolu), TAMS (Terminal yaş anakolu), evrim yolları ve izokron, Güneş'in kimyasal kompozisyonuna göre, Girardi ve ark. (2000)'dan alınmıştır. ZAMS çizgisine eklenmiş sayılar, başlangıç kütlelerini göstermektedir.

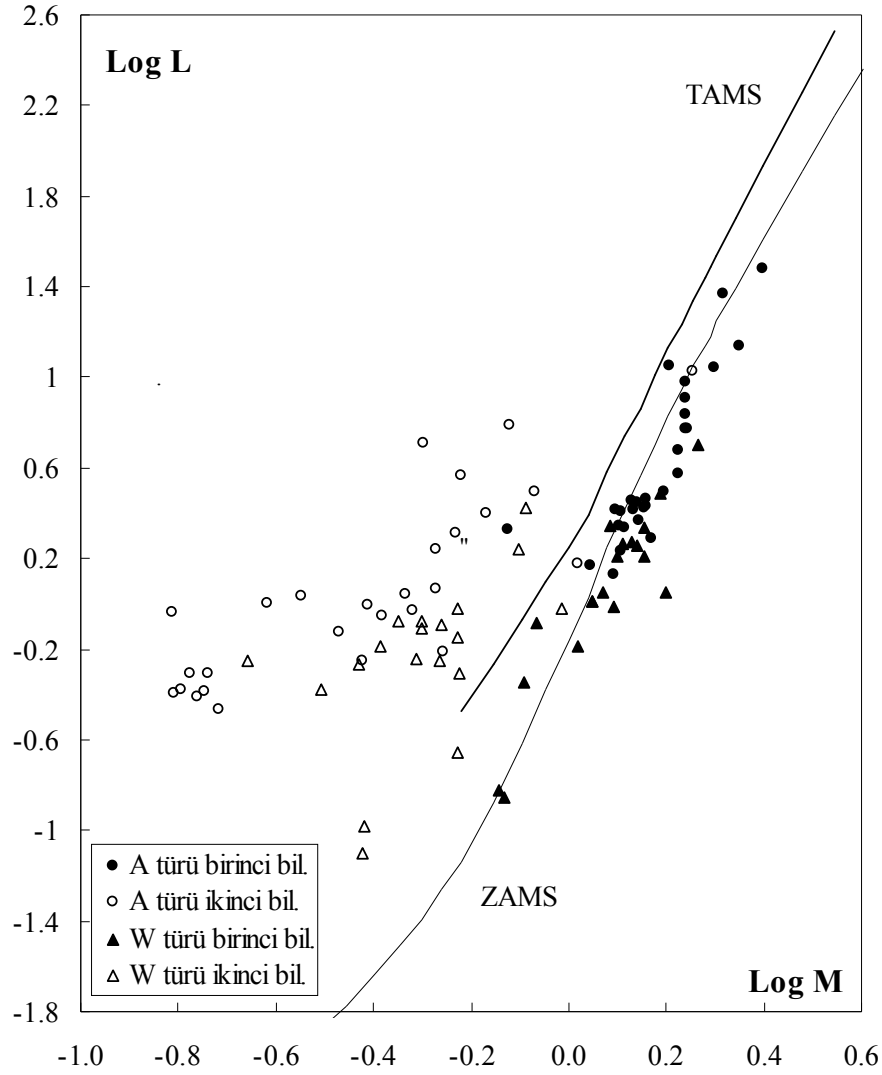
4.4. W UMa Sistemlerinin İstatistiksel Özellikleri

Bu bölümde, mutlak parametreleri duyarlı bir şekilde bulunan 48 W UMa çift yıldızın verileri (Zola, 2009; özel haberleşme) kullanılarak W UMaların istatistik özellikleri belirlenmeye çalışılmış ve özellikle A ve W türü W UMalar arasındaki farklar vurgulanmıştır. Her iki alt türün bileşenlerinin konumları, Şekil 4.4 (kütle-yarıçap) ve Şekil

4.5 (kütle-ışıtma)'de gösterilirken, bu sistemlerin sayı bolluklarının, sırasıyla, yörünge dönemine, renk ölçeğine, değme parametresine, kütle oranına, parlaklığa, tayf türüne, paralaksa ve bileşenlerin kütlelerine göre değişimi Şekil 4.6'da ve Şekil 4.7'de gösterilmektedir. Kütle-yarıçap diyagramındaki ZAMS (Zero Age of Main Sequence) Sıfır Yaş Anakolu, TAMS (Terminal Age of Main Sequence) Terminal Yaş Anakolu ve evrim yolları, Girardi ve ark. (2000)'nin düşük kütleli yıldız modelleri için verdikleri kuramsal değerlere göre çizilmiş olup kimyasal bolluk oranı için güneş modeli seçilmiştir. Bu diyagramda, birinci bileşenler ZAMS'tayken, ikinci bileşenler TAMS'a yakın konumlanmıştır.



Şekil 4.4. A ve W türü W UMa sistemlerinin bileşenlerinin kütle-yarıçap diyagramındaki konumları. ZAMS ve TAMS, Girardi ve ark. (2000)'ndan alınan kuramsal değerlere göre çizilmiştir.



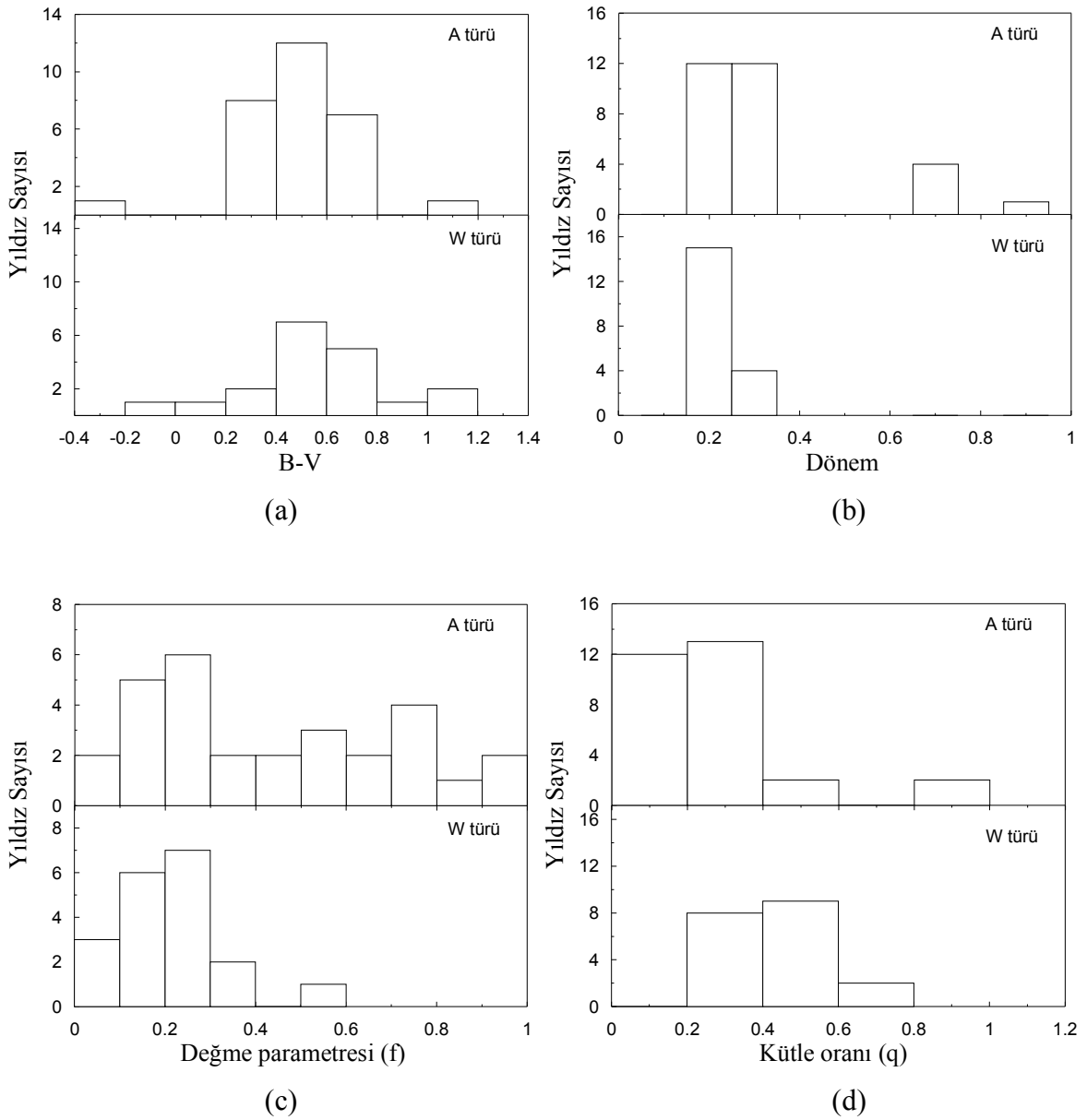
Şekil 4.5. A ve W türü W UMa sistemlerinin bileşenlerinin kütle-ışıtma diyagramındaki konumları. ZAMS, Girardi ve ark. (2000)'ndan alınan kuramsal değerlere göre çizilmiştir.

Şekil 4.4'deki kütle-yarıçap diyagramı ile Şekil 4.5'deki kütle-ışıtma diyagramı karşılaştırıldığında; A ve W türü W UMa'ların birinci bileşenleri farklı konumlarda gözükmekte, kütle-yarıçap diyagramında anakol bandında yer alırlarken kütle-ışıtma diyagramında anakol bandının dışında diyagramın sağ tarafında bulunmaktadır. Tüm W UMa'ların ikinci bileşenleri ise her iki diyagramda evrimleşmiş gözükerek TAMS'ın dışına çıkmışlardır. Kütle-yarıçap diyagramında A türü W UMa'ların büyük kütleli birinci bileşenleri, evrimleşmiş anakol yıldızı biçiminde TAMS'a yakın konumlarda yer alırlarken W türü W UMa'ların birinci bileşenlerinin çoğu ZAMS'a yakın bulunmaktadır. Benzer

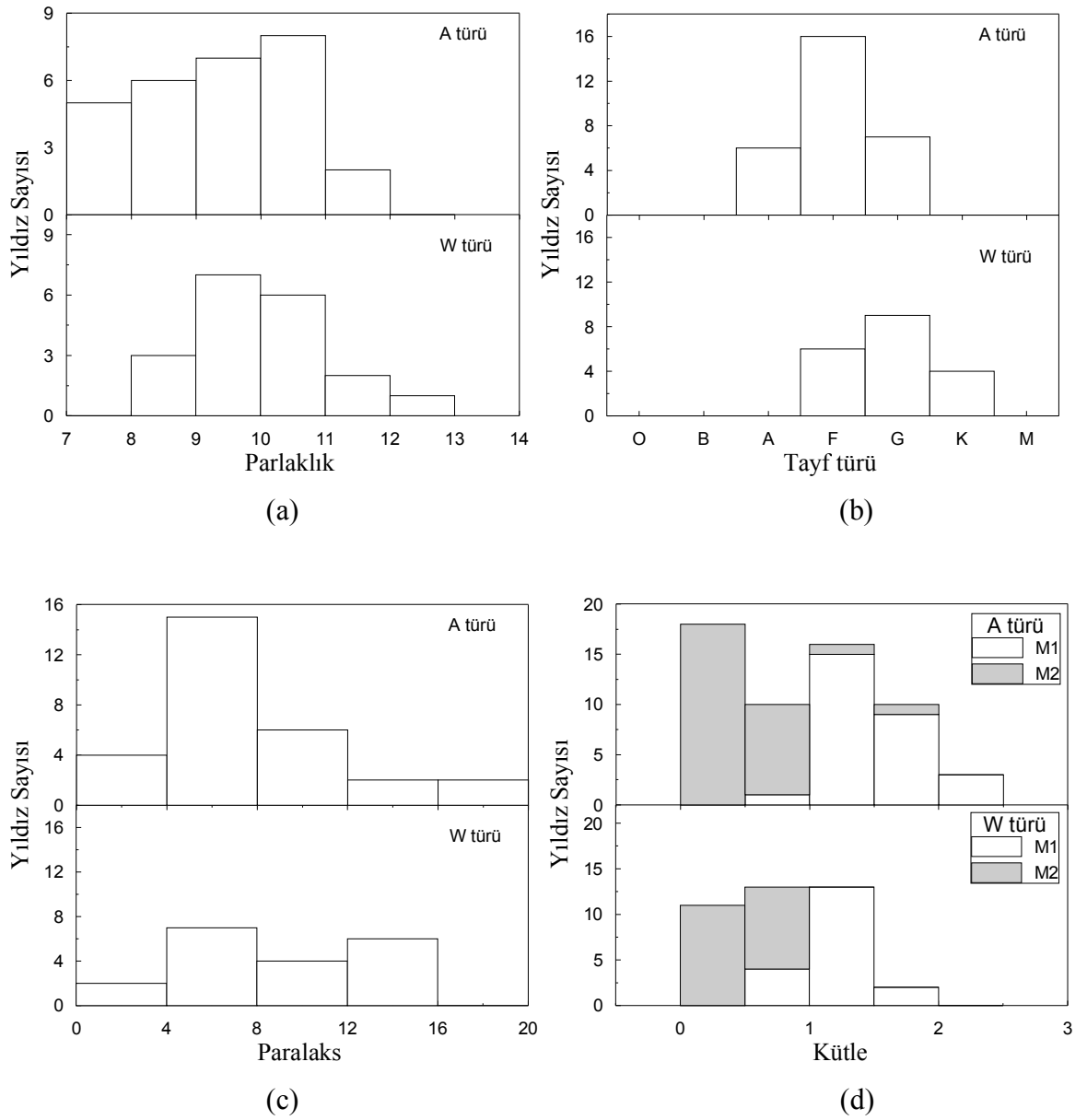
sonuçlara Hilditch (1989) ve Yakut ve Eggleton (2005)'in çalışmalarında da rastlanılmaktadır.

Şekil 4.6'ya ve Şekil 4.7'ye göre;

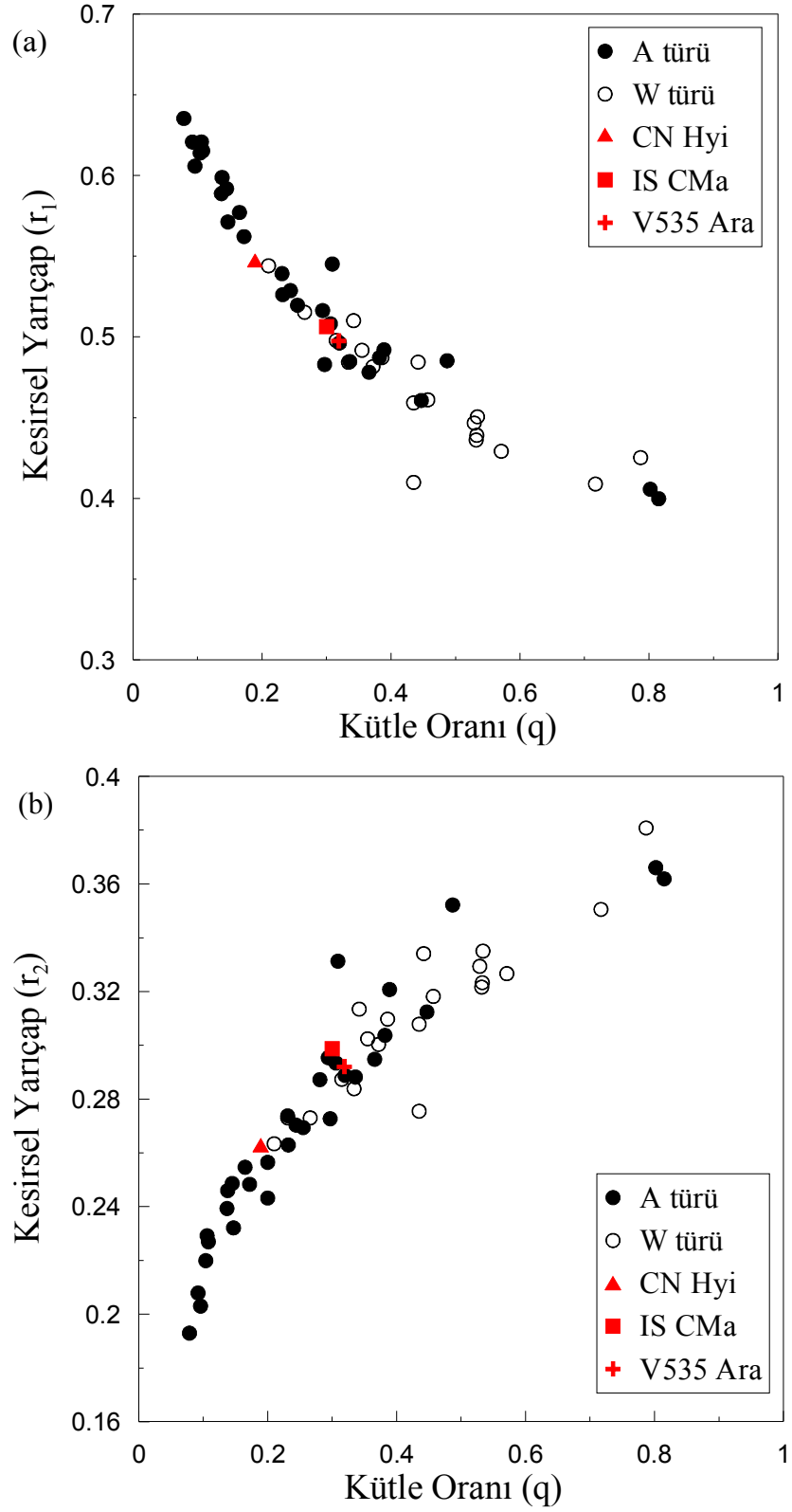
- a) A türü W UMa sistemler, renk ölçeğinin 0,2 ile 0,8 aralığında yoğunlaşırken; W türü W UMa sistemler, renk ölçeğine daha çok yayılmıştır.
- b) A türü W UMa sistemlerin yörünge dönemleri geniş aralığa yayılırken W türü W UMa sistemlerinin yörünge dönemleri kısa dönem (0,2 gün) tarafında yığılma göstermektedir
- c) A türü W UMa sistemleri, 0'dan 1'e tüm değme oranı değerlerinde yıldızlara sahipken W türlerinde değme oranı küçük tarafta (0 ile 0,4 arasında) yığılma göstermektedir. Her iki alt türde değme oranı, 0,2 ile 0,3 arasında yıldız sayısı daha yüksektir.
- d) A türü W UMa'larda kütle oranı, W türlerininine göre küçük tarafta daha fazla yığılma göstermektedir.
- e) A türü W UMa sistemlerinin maksimum yıldız sayısı $10^m - 11^m$ parlaklık aralığında çıkarken W türü W UMa sistemlerinin en fazla yıldız sayısı $9^m - 10^m$ parlaklık aralığında görülmektedir. A türü W UMa sistemlerinin içinde daha parlak sistemler yer almaktadır.
- f) A türü W UMa'lar, AFG tayf türünden bileşenlere sahipken W türü W UMa'lar, FGK tayf türünden bileşenlere sahiptir. A türleri, F tayf türünde maksimum sayı verirken W türleri, en çok G tayf türünden yıldız sahiptir. Yani, A türleri daha erken tayf türünden sistemler içermektedir.
- g) A türü W UMa'larda, 4 ile 8 as paralaksa sahip yıldızlar daha fazla iken W türü W UMa'larda, 16 as paralaksa kadar hemen hemen eşit sayıda yıldız bulunmaktadır.
- h) Genel olarak her iki türde bileşen yıldızlar $2 M_{\odot}$ 'den küçük kütlelere sahiptir. Aradaki en önemli fark ise, $M_2 > 1 M_{\odot}$ olan W türü W UMa sisteminin olmamasıdır. W türü sistemlerin genelde daha küçük kütleli sistemler olduğu anlaşılmaktadır.



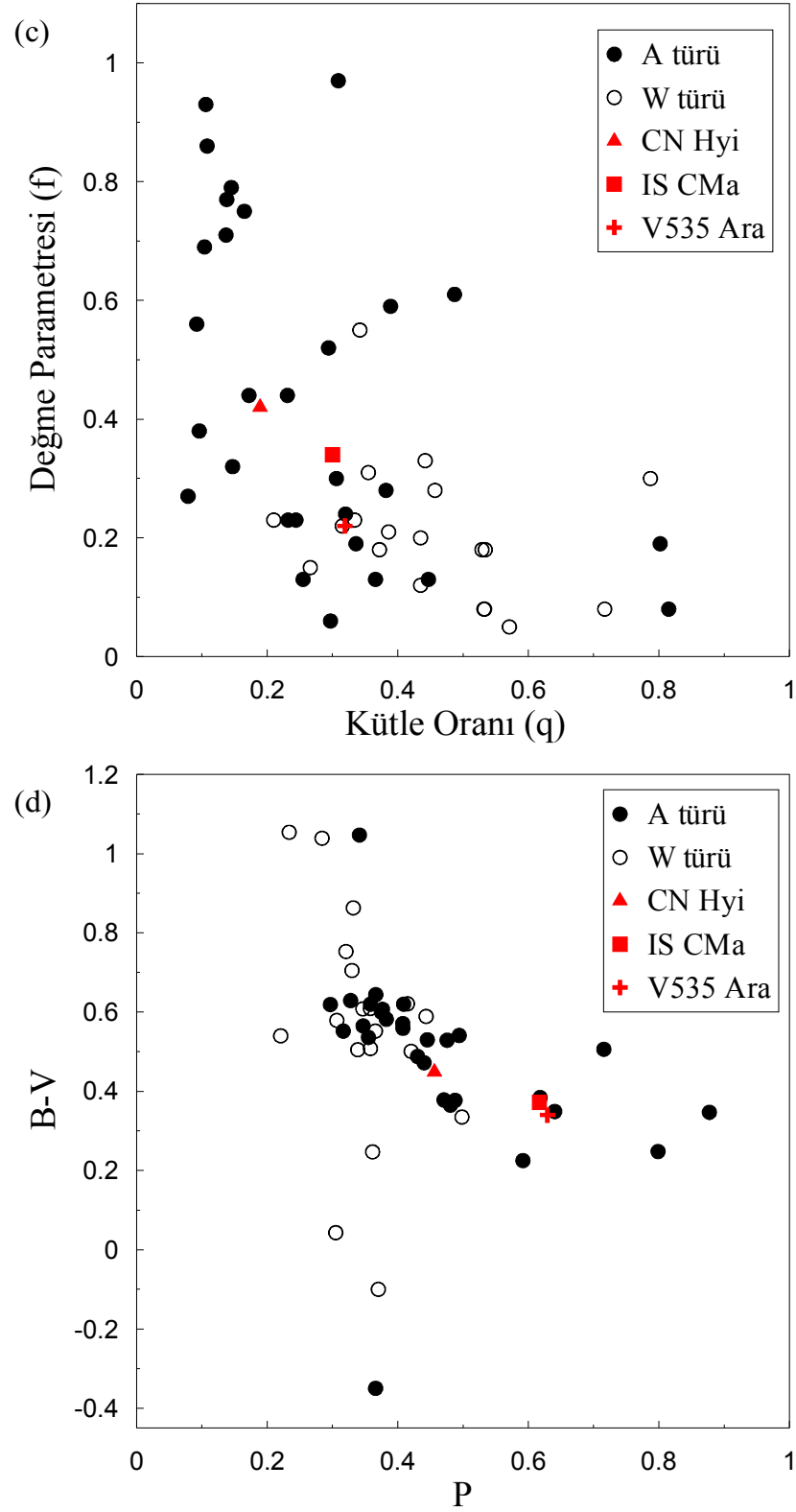
Şekil 4.6. A ve W türü W UMa sistemlerinin sayı bolluğunun, (a) Renk ölçeği (B-V)'ne; (b) Yörünge dönemine; (c) Değme parametresine; (d) Kütle oranına göre değişimi.



Şekil 4.7. A ve W türü W UMa sistemlerinin sayı bolluğunun, (a) Parlaklığa; (b) Tayf türüne; (c) Paralaksa; (d) Bileşenlerin kütlelerine göre değişimi.



Şekil 4.8 a, b. A ve W türü W UMa sistemlerinin (a) q - r_1 (b) q - r_2 değişimleri.



Şekil 4.8 c, d. A ve W türü W UMa sistemlerinin (c) q-f ve (d) P-(B-V) ilişkisi.

Şekil 4.8 a, b ve Şekil 4.8 c, d'ye göre;

- a) A türü ve W türü W UMa sistemlerinin birinci bileşenlerinin yarıçapları, kütle oranı arttıkça küçülürken her iki alt türün ikinci bileşenlerinin yarıçapları, kütle oranı arttıkça büyümektedir. Tez kapsamında incelenen W UMa sistemlerinin üçü de genel eğilimi desteklemektedir.
- b) Genel olarak, her iki alt türün değme parametresi, kütle oranı azaldıkça büyümektedir. A türü sistemlerde, değme oranı 0'dan 1'e değişen yıldızları içerirken W türü sistemlerde, $f = 0,55$ olan ET Leo yıldızı dışında, değme oranı 0,4'ten büyük olan yıldız bulunmamaktadır. Tezin konusu doğrultusunda incelenen sistemlerden CN Hyi, diğer iki W UMa sistemine (IS CMa ve V535 Ara) göre daha küçük kütle oranına sahip olmasına karşın değme parametresi diğerlerinininkinden daha büyüktür.
- c) A türü W UMa sistemlerinin B-V değerleri, dönem azaldıkça artmaktadır. $0,3 < P < 0,5$ aralığında daha fazla A türü W UMa sistemi olup bu aralıkta, B-V değerleri yaklaşık olarak 0,35 ile 0,65 arasında değişmektedir. W türü W UMa sistemleri, $0,2 < P < 0,5$ aralığında bulunurken B-V değerleri, -0,1'den 1,05'e kadar geniş bir değişim aralığındadır. Tez yıldızlarından biri olan CN Hyi, diğer iki yıldız (IS CMa ve V535 Ara) göre dönemi daha küçük olup B-V değeri daha büyüktür.

KAYNAKLAR

- Adelman S.J., 2001. Stars with the Largest Hipparcos Photometric Amplitudes. *Baltic Astronomy*, 10: 589-593.
- Ahn Y. S., Hill G. ve Khalessheh B., 1992. Studies of Late-type Binaries. V - The Orbit and Physical Parameters of V 1073 Cygni. *Astronomy and Astrophysics*, 265 (2): 597-604.
- All Sky Automated Survey (ASAS), <http://www.astrouw.edu.pl/asas/>
- 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.
- Bakış V., Bakış H., Eker Z. ve Demircan O. 2007. η Muscae: A Young Detached Binary With Two İdential Components. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 382 (2): 609-620.
- Bilir S., Karataş Y., Demircan O. ve Eker Z., 2005. Kinematics Of W Ursae Majoris Type Binaries And Evidence Of The Two Types Of Formation. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 357 (2): 497-517.
- Binnendijk L., 1970. The orbital elements of W Ursae Majoris systems. *Vistas in Astronomy*, 12 (1): 217-256.
- Bruton J. R. ve Chambliss C. R., 1985. New Ephemerides for Four Southern Hemisphere Eclipsing Binaries. *Information Bulletin on Variable Stars*, 2805: 1.
- Budding E. ve Demircan O., 2000. *Introduction to Astronomical Photometry* (2nd ed.). Cambridge Univ. Press, Cambridge. s 67.
- Carrasco G. ve Loyola P., 1995. SANTIAGO 91, A Right Ascension Catalogue Of 3387 Stars (Equinox J2000). *Astrophysical Journal Supplement Series*, 109: 501-503.
- Chambliss C.R., 1967. The Eclipsing Binary System BV 419. *Astronomical Journal*, 72: 512-517.
- 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.
- Csizmadia Sz. ve Klagyivik P., 2004. On The Properties Of Contact Binary Stars. *Astronomy and Astrophysics*, 426: 1001-1005.
- da Silva L., Girardi L. Pasquini, Setiawan, J., von der Lüche O., de Medeiros J. R., Hatzes A., Döllinger M. P. ve Weiss A., 2006. Basic Physical Parameters Of A

- Selected Sample Of Evolved Stars. *Astronomy and Astrophysics*, 458 (2): 609-623.
- Diaz-Cordoves J., Claret A. ve Gimenez A., 1995. Linear and non-linear limb-darkening coefficients for LTE model atmospheres. *Astronomy and Astrophysics Supplement Series*, 110: 329-350.
- Duerbeck H.W., 1984. Constraints For Cataclysmic Binary Evolution As Derived From Space Distributions. *Astrophysics and Space Science*, 99 (1-2): 363-385.
- Eaton J.A., 1991. Ultraviolet Light Curves of V535 Arae. *Astrophysics and Space Science*, 186 (1): 7-20.
- Eggen, O. J., 1967. Contact Binaries II. *Mem. R. astr. Soc.*, 70: 111-164.
- Eker Z., Demircan O., Bilir S. ve Karataş Y., 2006. Dynamical Evolution Of Active Detached Binaries On The $\log J_0$ - $\log M$ Diagram And Contact Binary Formation. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 373 (4): 1483-1494.
- Eker Z., Demircan O. ve Bilir S., 2008. Formation and evolution of W Ursa Majoris stars: fallacies and corrections. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 386 (3): 1756-1758.
- Eker Z., Bilir S., Yaz E., Demircan O. ve Helvacı, M., 2009. New absolute Magnitude Calibrations For W Ursa Majoris Type Binaries. *Astronomische Nachrichten*, 330 (1): 68-77.
- Erdem A. ve Özkardeş B., 2006. Photometric Analysis Of The Contact Binary Star V829 Hercules Using Light Curves On Three Consecutive Years. *New Astronomy*, 12: 192-200.
- Erdem A. ve Özkardeş B., 2009. Photometric Analysis of The Contact Binary Star V842 Hercules On The Basis Of Seasonal Light Curves. *New Astronomy*, 14: 321-329.
- ESA, 1997. The Hipparcos & Tycho Catalogues, SP-1220.
- Fabircius C. ve Makarov V.V., 2000. Two-colour photometry for 9473 components of close Hipparcos double and multiple stars. *Astronomy and Astrophysics*, 356: 141-145.
- Flannery B. P., 1976. A Cyclic Thermal Instability in Contact Binary Stars. *Astrophysical Journal*, 205: 217-225.
- Gazeas K. ve Stępień, K., 2008. Angular Momentum And Mass Evolution Of Contact Binaries. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 390 (4): 1577-1586.

- 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_{sun} , and From $Z=0.0004$ to 0.03. *Astronomy and Astrophysics Supplement*, 141: 371-383.
- Guinan Edward F. ve Bradstreet David H., 1988. Kinematic Clues to the Origin and Evolution of Low Mass Contact Binaries. Formation and Evolution of Low Mass Stars, Proceedings of a NATO Advanced Study Institute, held at Viana do Castelo, Portugal, September 21 - October 2, 1987, Dordrecht: Kluwer, 1988, edited by A.K. Dupree and M.T.V.T. Lago, 241: 345
- Hadrava P., 1995. Orbital Elements Of Multiple Spectroscopic Stars. *Astronomy and Astrophysics Supplement*, 114: 393-396.
- Hazlehurst J. ve Refsdal S., 1978. On a Basic Objection to the Contact Binary Model of Shu, Lubow and Anderson. *Astronomy and Astrophysics*, 62: 9-11.
- Hearnshaw J. B., Barnes S. I., Kershaw G. M., Frost N., Graham G., Ritchie R. ve Nekivell G. R., 2002. The Hercules Échelle Spectrograph at Mt. John. *Experimental Astronomy*, 13 (2): 59-76.
- Hensberge H., Pavlovski K. ve Verschueren W., 2000. The Eclipsing Binary V578 Mon In The Rosette Nebula: Age And Distance To Ngc 2244 Using Fourier Disentangled Component Spectra. *Astronomy and Astrophysics*, 358: 553-571.
- Hilditch, R. W., 1989. in ASP Conf. Ser. 293, Algols, ed. A. H. Batten (San Francisco: ASP), 76.
- Hilditch R.W., 2001. An Introduction To Close Binary. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- Jabbar S. R. ve Kopal Z., 1983. The Geometrical Elements of 10 Totally-Eclipsing Systems of The Type of W Ursae Majoris. *Astrophysics and Space Science*, 92 (1): 99-104.
- Kalimeris A., Rovithis-Livaniou H. ve Rovithis P., 1994. On The Orbital Period Changes In Contact Binaries. *Astronomy and Astrophysics*, 282 (3): 775-786.
- Kahler H., 2002. On The Structure Of Contact Binaries. *Astronomy and Astrophysics*, 395: 907-913.
- Karataş Y., Bilir S., Eker Z. ve Demircan O., 2004. Kinematics of chromospherically active binaries and evidence of an orbital period decrease in binary evolution. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 349 (3): 1069-1092.
- Keskin V., 1991. Yakın Çift Yıldızlarda Roche Modeli Yardımıyla Fotometrik Kütle Oranının Belirlenmesi. Doktora Tezi, s 4.

- Keskin V. ve Aslan Z., 1998. First Photometric observations at the Turkish National Observatory. *Information Bulletin on Variable Stars*, 4625: 1-2.
- Kraft R.P., 1967. On The Structure And Evolution Of W Ursae Majoris Stars. *Publications of Astronomical Society of the Pacific*, 79 (470): 395-413.
- Kreiner, J. M., Rucinski S. M., Zola S., Niarchos P., Ogloza W., Stachowski G., Baran A., Gazeas K., Drozd M., Zakrzewski, B., Pokrzywka B., Kjurkchieva D. ve Marchev D., 2003. Physical Parameters Of Components In Close Binary Systems. I. *Astronomy and Astrophysics*, 412: 465-471.
- Kuiper G.P., 1941. On the Interpretation of β Lyrae and Other Close Binaries. *Astrophysical Journal*, 93: 133-177.
- Leung K.-C. ve Schneider D. P., 1978. Evolved Contact Systems Of Spectral Type A - AU Puppis, V535 Arae, and V1073 Cygni. *Astrophysical Journal*, 222: 917-923.
- Li, L., Zhang F., Han Z. ve Jiang D., 2007. Formation and Evolution of W Ursae Majoris Contact Binaries. *Astrophysical Journal*, 662 (1): 596-601.
- Lucy L.B., 1967. Gravity-Darkening for Stars with Convective Envelopes. *Zeitschrift für Astrophysik*, 65: 89-92.
- Lucy L.B., 1968. The Structure of Contact Binaries. *Astrophysical Journal*, 151: 1123-1135.
- Lucy L.B., 1976. W Ursae Majoris Systems With Marginal Contact. *Astrophysical Journal*, 205: 208 – 216.
- Malkov O. Yu., Oblak E., Snegireva E. A. ve Torra J., 2006. A Catalogue Of Eclipsing Variables. *Astronomy and Astrophysics*, 446 (2): 785-789.
- Mochnecki S.W., 1981. Contact Binary Stars. *Astrophysical Journal*, 245: 650-670.
- Moreno H. ve Carrasco G., 1986. Ubvri Photometry Of Fk4 And Fk4 Supplement Stars *Astronomy and Astrophysics Supplement Series*, 65: 33-39.
- Mullan D.J., 1975. On the possibility of magnetic starspots on the primary components of W Ursae Majoris type binaries. *Astrophysical Journal*, 198: 563-573.
- Niarchos P. G., 1978. Fourier Analysis of the Light Curves of W UMa-type stars. *Astrophysics and Space Science*, 58 (2): 301-333.
- Nordström B., Mayor M., Andersen J., Holmberg J., Pont F., Jorgensen 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 14 000 F And G Dwarfs. *Astronomy and Astrophysics*, 418: 989-1019.

- Olsen E.H., 1994. Stroemgren Photometry of F And G Type Stars Brighter Than $V = 9.6$. I. UVBY Photometry. *Astronomy and Astrophysics Supplement Series*, 106: 257-266.
- Popov M.V., 1964. On The Space Distributions And The Motions Of Variable Stars Of W Uma And U Gem Type. *Perem. Zvezdy*, 15: 115
- Pribulla, T., Kreiner J. M. ve Tremko, J., 2003. Catalogue Of The Field Contact Binary Stars. *Contributions of the Astronomical Observatory Skalnaté Pleso*, 33 (1): 38-70.
- Pribulla T. ve Rucinski S.M., 2006. Contact Binaries with Additional Components. I. The Extant Data. *Astrophysical Journal*, 131: 2986-3007.
- Qian S., 2001. Orbital Period Changes Of Contact Binary Systems: Direct Evidence For Thermal Relaxation Oscillation Theory. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 328 (3) 914-924.
- Raunen T., 1982. On the stability and evolution of contact binaries. I. *Astronomy and Astrophysics*, 109 (1): 66-76.
- Robertson J. A. ve Eggleton P. P., 1977. The evolution of W Ursae Majoris systems. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 179: 359-375.
- 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: 245-255.
- Rucinski S.M., 1973. The binary systems of W Ursae Majoris type (W UMa). I. *Postepy Astron.*, 20. 275 – 296.
- Rucinski S.M., 1973. The W UMa-type Systems as Contact Binaries. I. Two Methods of Geometrical Elements Determination. Degree of Contact. *Acta Astronomica*, 23: 79-120.
- Rucinski S. M., 1974. Binaries. II. A- and W-type Systems. The W UMa-type Systems as Contact. *Acta Astronomica*, 24: 119-151.
- Rucinski S.M., 1993. Contact Binaries Of The W Uma Type. *The Realm Of Interacting Binary Stars*, 177: 111-142.
- Rucinski S.M., 1993. A Simple Description Of Light Curves Of W Uma Systems. *Publications of Astronomical Society of the Pacific*, 105: 1433-1440.
- Rucinski S.M., 1998. Eclipsing Binaries in the OGLE Variable Star Catalog. III. Long-Period Contact Systems. *The Astronomical Journal*, 115 (3): 1135-1144.

- Rucinski S.M., 2002. The 7.5 Magnitude Limit Sample of Bright short-Period Binary Stars. I. How Many Contact Binaries Are There?. *Publications of Astronomical Society of the Pacific*, 114: 1124-1142.
- Rucinski S.M., 2006. Luminosity Function Of Contact Binaries Based On The All Sky Automated Survey (ASAS). *Publications of Astronomical Society of the Pacific*, 3: 1319-1322.
- Rucinski S.M. ve Duerbeck H.W., 1997. Absolute Magnitude Calibration for the W UMa-Type Systems Based on HIPPARCOS Data. *Publications of Astronomical Society of the Pacific*, 109: 1340-1350.
- Rucinski S.M. ve Lu W., 1999. Radial Velocity Studies of Close Binary Stars. II. *The Astronomical Journal*, 118 (5): 2451-2459.
- Salman G., 2006. W UMa Türü Sistemlerde O'Connell Etkisi (Yüksek Lisans Tezi). Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı.
- Sarna M. J. ve Fedorova A. V., 1989. Evolutionary Status of W Ursae Majoris-Type Binaries - Evolution into Contact. *Astronomy and Astrophysics*, 208 (1-2): 111-121.
- 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: 525-553.
- Schoeffel E., 1979. Absolute Characteristics of The W UMa system V535 Arae. *Astronomy And Astrophysics Supplement Series*, 36: 287-296.
- Selam O.S., 2004. Key Parameters Of W Uma-Type Contact Binaries Discovered By HIPPARCOS. *Astronomy and Astrophysics*, 416: 1097-1105.
- Sezer C., 1993. A Photometric Study Of The Eclipsing Binary V 1073 CYGNI. *Astrophysics and Space Science*, 208 (1):15-31.
- Shapley H., 1948. The Relative Frequency of Low Luminosity Eclipsing Binaries. *Harvard Observatory Monographs*, 7: 249
- Shu F. H., Lubow S. H. ve Anderson L., 1976. On The Structure of Contact Binaries. I - the Contact Discontinuity. *Astrophysical Journal*, 209 (1): 536-546.
- Shu F. H., Lubow S. H. ve Anderson L., 1980. On Various Criticisms Of The Contact Discontinuity Model. *Astrophysical Journal*, 239: 937-940..s
- Skuljan J. ve Wright D., 2007. HRSP Hercules Reduction Software Package (vers. 3). Univ. Canterbury, New Zealand.

- Smith R.C., 1984. The Theory of Contact Binaries. *Royal Astron. Soc. Quart. Jrn.*, 25: 405-420.
- Stepien K, 2004. Evolutionary Status of W Ursae Majoris-Type Stars. Stars as suns : activity, evolution and planets, Proceedings of the 219th symposium of the International Astronomical Union held during the IAU General Assembly XXV, Sydney, Australia, 21-25 July 2003. Edited by A.K. Dupree and A.O. Benz. San Francisco, CA: Astronomical Society of the Pacific, 967.
- Stepien K., 2006. The Low-Mass Limit for Total Mass of W UMa-type Binaries. *Acta Astronomica*, 56: 347-364.
- Strohmeier W., 1964. Results from the Bamberg South-African Station II. *Information Bulletin on Variable Stars*, 49: 2.
- van Hamme W., 1982. On The Evolutionary State Of The W Ursae Majoris Contact Binaries. *Astronomy and Astrophysics*, 105 (2): 389-394.
- van Leeuwen F., 2007. Validation Of The New Hipparcos Reduction. *Astronomy and Astrophysics*, 474 (2): 653-664.
- van't Veer F., 1975. The Age Of The W Ursae Majoris Stars. *Astronomy and Astrophysics*, 44 (2): 437-443.
- Wadhwa S.S. ve Zealey W.J., 2005. UX Ret and CN Hyi: Hipparcos Photometry Analysis *Astronomy and Astrophysics Supplement Series*, 295 (4): 463-472.
- Wang J.-M., 1994. The Thermal Relaxation Oscillation States Of Contact Binaries. *Astrophysical Journal*, 434 (1): 277-282.
- Wang J.-M., 1995. Are Contact Binaries Undergoing Thermal Relaxation Oscillations with Contact Discontinuity?. *Astronomical Journal*, 110: 782-787.
- Webbink R.F., 2003. Contact Binaries. *ASP Conference Proceedings*, 293: 76-87.
- Wilson R.E. ve Devinney E.J., 1973. Fundamental Data For Contact Binaries: RZ Comae Berenices, RZ Tauri, And AW Ursae Majoris. *Astrophysical Journal*, 182: 539-547.
- Yakut, K. ve Eggleton, P.P., 2005. Evolution of Close Binaries. *Astrophysical Journal*, 629: 1055-1074.
- Zola S., 2009. özel haberleşme.
- Zombeck M.V., 1990. Handbook of Astronomy and Astrophysics (2nd ed.). Cambridge University Press, Cambridge, UK.

ÇİZELGELER LİSTESİ

Sayfa No

Çizelge 1.1.	A ve W türü W UMa sistemleri arasındaki temel farklar.....	7
Çizelge 2.1.	CN Hyi yıldızının tayfsal gözlemleriyle ilgili bilgiler.....	26
Çizelge 2.2.	IS CMa yıldızının tayfsal gözlemleriyle ilgili bilgiler.....	26
Çizelge 2.3.	V535 Ara yıldızının tayfsal gözlemleriyle ilgili bilgiler.....	27
Çizelge 3.1.	KOREL programında CN Hyi çift yıldızının bileşenlerinin tayflarını eşzamanlı olarak ayrıştırmak için kullanılan dört tayf dizisi.....	34
Çizelge 3.2.	CN Hyi'nin tayfsal yörünge parametreleri.....	34
Çizelge 3.3.	CN Hyi çift yıldızının bileşenlerin dikine hızları ve Bölüm 3.3.1'deki ışık ve dikine hız eğrilerinin eşzamanlı çözümünden elde edilen teorik fitlerden çıkan O-C artıkları.....	38
Çizelge 3.4.	IS CMa'nın dikine hız ölçümleri için kullanılan tayf dizileri ve tayf çizgileri.....	39
Çizelge 3.5.	IS CMa'nın tayfsal yörünge parametreleri.....	40
Çizelge 3.6.	IS CMa çift yıldızının bileşenlerin dikine hızları ve Bölüm 3.3.2'deki ışık ve dikine hız eğrilerinin eşzamanlı çözümünden elde edilen teorik fitlerden çıkan O-C artıkları.....	44
Çizelge 3.7.	V535 Ara'nın dikine hız ölçümleri için kullanılan tayf dizileri ve tayf çizgileri.....	45
Çizelge 3.8.	V535 Ara'nın tayfsal yörünge parametreleri.....	46
Çizelge 3.9.	V535 Ara çift yıldızının bileşenlerin dikine hızları ve Bölüm 3.3.2'deki ışık ve dikine hız eğrilerinin eşzamanlı çözümünden elde edilen teorik fitlerden çıkan O-C artıkları.....	46
Çizelge 3.10.	CN Hyi'nin bileşenlerinin ayıklanmış Mg II çizgi kesitlerine uygulanan PROF fitinin sonuçları.....	50
Çizelge 3.11.	IS CMa'nın bileşenlerinin ayıklanmış H ₈ çizgi kesitlerine uygulanan PROF fitinin sonuçları.....	52
Çizelge 3.12.	V535 Ara'nın bileşenlerinin ayıklanmış H _γ çizgi kesitlerine uygulanan PROF fitinin sonuçları.....	53
Çizelge 3.13.	CN Hyi'nin ışık ve dikine hız eğrilerinin eşzamanlı çözüm sonuçları...	56
Çizelge 3.14.	IS CMa çift yıldızının ışık ve dikine hız eğrilerinin MC çözüm sonuçları.....	61

Çizelge 3.15.	V535 Ara çift yıldızının ışık ve dikine hız eğrilerinin eşzamanlı çözüm sonuçları.....	66
Çizelge 4.1.	CN Hyi'nin mutlak parametreleri.....	68
Çizelge 4.2.	IS CMa'nın mutlak parametreleri.....	71
Çizelge 4.3.	V535 Ara'nın mutlak parametreleri.....	74

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 1.1. W UMa çift yıldızının BVR filtrelerindeki ışık eğrisi (Keskin ve Aslan, 1998).....	2
Şekil 1.2.a M_1 ve M_2 kütleli ($M_1 > M_2$) değen çift yıldızın Roche eşpotansiyel yüzeyleri. L_1 ve L_2 , iç ve dış Lagrange noktalarıdır (Smith, 1984).....	3
Şekil 1.2.b Değen çift yıldız V1073 Cyg'nin değme parametresini $f=0.07$ için gösteren 0.25 evredeki Roche geometrisi (Leung ve Schneider, 1978).....	3
Şekil 1.2.c Aşırı değen çift yıldız AU Pup'un $f=0.72$ için 0.25 evredeki Roche geometrisi (Leung ve Schneider, 1978).....	4
Şekil 1.3. W UMa türü örten çift yıldızların A ve W alt sınıflarına ait örtme ve örtülme durumları (Keskin, 1991).....	6
Şekil 1.4.a A alt sınıfından W UMa türü örten çift yıldız V1073 Cyg'nin ışık eğrisi (üstte; Sezer, 1993), dikine hız eğrisi (ortada; Ahn ve ark., 1992) ve 0.25 evrede Roche geometrisi (altta; Sezer, 1993).....	8
Şekil 1.4.b W alt sınıfından W UMa türü örten çift yıldız V842 Her'in ışık eğrisi (üstte; Erdem ve Özkardeş, 2009), dikine hız eğrisi (ortada; Rucinski ve Lu, 1999) ve 0.75 evrede üçboyutlu Roche modeli (altta; Erdem ve Özkardeş, 2009).....	9
Şekil 1.5. A türü (içi boş küre) ve W türü (içi dolu küre) sistemlerin beklenen tayf türlerinin gözlemlerle karşılaştırılması (Van Hamme, 1981).....	10
Şekil 1.6. W UMa sistemlerinin kütle ve yörünge açısal momentumlarının yörünge dönemlerine göre dağılımı (Eker ve ark., 2008).....	11
Şekil 1.7. A ve W türü W UMa sistemlerinin bileşenlerinin HR diyagramındaki konumları.....	12
Şekil 1.8. Değen çiftlerin kütle oranı- ısıtma oranı ilişkisi (Csizmadia ve Klagyivik, 2004).....	14
Şekil 1.9. Eggen (1967), Mochnacki (1981) ve Whyte (1984)'ın listeledikleri sistemler için dönem-renk ilişkisi (Smith, 1984).....	15
Şekil 1.10. Isısal dengede olmayan bir değen çiftin kütle-yarıçap ilişkisinin şematik gösterimi (Smith, 1984).....	16

Şekil 1.11.	Değen çift yıldızların açısal momentum dağılımı. Açısal momentum, 10^{51} cgs birimindedir. Noktalı çizgi, değme öncesi evrimini; düz çizgi, değme evrimini temsil etmektedir (Gazeas ve Stepien, 2008).....	19
Şekil 2.1.	HERCULES ile alınmış bir échelle tayfı örneği (Hearnshaw ve ark., 2002).....	25
Şekil 2.2.	CN Hyi'nin Hipparcos uydusunun gözlemlerinden elde edilen ışık eğrisi (ESA, 1997).....	29
Şekil 2.3.	IS CMa'nın Hipparcos uydusunun gözlemlerinden elde edilen ışık eğrisi (ESA, 1997).....	30
Şekil 2.4.a	V535 Ara'nın Hipparcos uydusunun gözlemlerinden elde edilen ışık eğrisi (ESA, 1997).....	30
Şekil 2.4.b	V535 Ara'nın ASAS'ın V filtresindeki gözlemlerinden elde edilen ışık eğrisi.....	31
Şekil 2.4.c	V535 Ara'nın Chambliss (1967) tarafından <i>BV</i> filtrelerindeki gözlemlerinden elde edilen ışık eğrileri.....	31
Şekil 2.4.d	V535 Ara'nın Schöffel (1979) tarafından <i>BV</i> filtrelerindeki gözlemlerden elde edilen normal noktaları.....	32
Şekil 3.1.a	CN Hyi çift yıldızının Hercules tayf dizileri 87 ($H\alpha$ çizgisi, sol diyagram) ve 126'da (sağ diyagram) bulunan gözlemsel verisine KOREL'in en uygun fitleri (üstte) ve ayıklanmış bileşen tayfaları (altta).....	35
Şekil 3.1.b	CN Hyi çift yıldızının Hercules tayf dizileri 127'de (sol diyagram) ve 128'de (sağ diyagram) bulunan gözlemsel verisine KOREL'in en uygun fitleri (üstte) ve ayıklanmış bileşen tayfaları (altta).....	36
Şekil 3.2.a	CN Hyi'nin Hercules tayf dizilerinden 127 numaralı tayf dizisinin ayıklanmış birinci bileşen tayfındaki Mg II çizgisine yapılan Gaussian fonksiyonu fiti.....	38
Şekil 3.2.b	CN Hyi'nin Hercules tayf dizilerinden 128 numaralı tayf dizisinin ayıklanmış birinci bileşen tayfındaki Fe I çizgisine yapılan Gaussian fonksiyonu fiti.....	38
Şekil 3.3.a	IS CMa çift yıldızının Hercules tayf dizisi 87'de bulunan $H\alpha$ çizgisinin gözlemsel verisine KOREL'in en uygun fitleri (üstte) ve ayıklanmış bileşen tayfaları (altta).....	41

Şekil 3.3. b	IS CMa çift yıldızının Hercules tayf dizisi 117'de bulunan $H\beta$ çizgisinin gözlemsel verisine KOREL'in en uygun fitleri ve ayıklanmış bileşen tayfları...	42
Şekil 3.4.	IS CMa çift yıldızının (a) $H\gamma$, (b) $H\delta$ ve (c) CaII K çizgilerinin KOREL ile ayıklanmış birinci bileşenin çizgi kesitlerine yapılan PROF fitleri.....	43
Şekil 3.5.	V535 Ara çift yıldızının birinci bileşenine ait olan birinci maksimum (a) ve ikinci maksimum (b) evreleri civarındaki gözlemsel tayfın $H\alpha$ çizgisine yapılan Gaussian fonksiyonu fiti.....	47
Şekil 3.6. a	V535 Ara'nın Hercules tayf dizisi 117'de bulunan $H\beta$ çizgisinin gözlemsel verisine KOREL'in en uygun fitleri (üstte) ve ayıklanmış bileşen tayfaları (altta).....	48
Şekil 3.6. b	V535 Ara'nın Hercules tayf dizisi 131'de bulunan $H\gamma$ çizgisinin gözlemsel verisine KOREL'in en uygun fitleri (üstte) ve ayıklanmış bileşen tayfları (altta).....	49
Şekil 3.7.	CN Hyi çift yıldızının birinci bileşeni (üstte) ve ikinci bileşeni (altta) ayıklanmış Mg II çizgi kesitlerine yapılan PROF fitleri.....	51
Şekil 3.8.	IS CMa çift yıldızının birinci bileşeni (üstte) ve ikinci bileşeni (altta) ayıklanmış $H\delta$ çizgi kesitlerine yapılan PROF fitleri.....	53
Şekil 3.9.	V535 Ara çift yıldızının birinci bileşeni (üstte) ve ikinci bileşeni (altta) ayıklanmış $H\gamma$ çizgi kesitlerine yapılan PROF fitleri.....	54
Şekil 3.10.	CN Hyi'nin (a) Hipparcos ışık eğrisine ve (b) dikine hız eğrisine uydurulan kuramsal fitler.....	57
Şekil 3.11	CN Hyi çift yıldızının Roche geometrisi.....	58
Şekil 3.12.a	IS CMa çift yıldızının Hipparcos ışık eğrisine en iyi teorik fit, (b) dikine hız eğrilerine en iyi teorik fitler.....	60
Şekil3.12.b	IS CMa çift yıldızının dikine hız eğrilerine en iyi teorik fitler.....	60
Şekil 3.12.c	0.6 evresi için IS CMa'nın birinci bileşenin yüzeyinde bulunan soğuk lekenin konumunu gösteren 3-boyutlu model.....	61
Şekil 3.12.d	IS CMa'nın Roche geometrisi.....	61
Şekil 3.13.a	V535 Ara çift yıldızının literatürde yer alan ışık eğrileri ile en iyi teorik fitleri.....	64
Şekil 3.13.b	V535 Ara çift yıldızının dikine hız eğrileri ile en iyi teorik fitleri (üstte), eşzamanlı çözümden bulunan O-C artıkları (altta).....	65

Şekil 3.13.c	V535 Ara çift yıldızının Roche geometrisi.....	65
Şekil 4.1.	CN Hyi'nin bileşenlerinin HR diyagramındaki konumları.....	69
Şekil 4.2.	IS CMa'nın bileşenlerinin HR diyagramındaki konumları.....	72
Şekil 4.3.	V535 Ara'nın bileşenlerinin HR diyagramındaki konumları.....	75
Şekil 4.4.	A ve W türü W UMa sistemlerinin bileşenlerinin kütle-yarıçap diyagramındaki konumları.....	76
Şekil 4.5.	A ve W türü W UMa sistemlerinin bileşenlerinin kütle-ışıtma diyagramındaki konumları.....	77
Şekil 4.6.a	A ve W türü W UMa sistemlerinin sayı bolluğunun renk ölçeği (B-V)'ne göre değişimi.....	79
Şekil 4.6.b	A ve W türü W UMa sistemlerinin sayı bolluğunun yörünge dönemine göre değişimi.....	79
Şekil 4.6.c	A ve W türü W UMa sistemlerinin sayı bolluğunun değme parametresine göre değişimi.....	79
Şekil 4.6.d	A ve W türü W UMa sistemlerinin sayı bolluğunun kütle oranına göre değişimi.....	79
Şekil 4.7.a	A ve W türü W UMa sistemlerinin sayı bolluğunun parlaklığa göre değişimi.....	80
Şekil 4.7.b	A ve W türü W UMa sistemlerinin sayı bolluğunun tayf türüne göre değişimi.....	80
Şekil 4.7.c	A ve W türü W UMa sistemlerinin sayı bolluğunun paralaksa göre değişimi.....	80
Şekil 4.7.d	A ve W türü W UMa sistemlerinin sayı bolluğunun bileşenlerin kütlelerine göre değişimi.....	80
Şekil 4.8.a	A ve W türü W UMa sistemlerinin $q-r_1$ değişimleri.....	81
Şekil 4.8.b	A ve W türü W UMa sistemlerinin $q-r_2$ değişimleri.....	81
Şekil 4.8.c	A ve W türü W UMa sistemlerinin $q-f$ ilişkisi.....	82
Şekil 4.8. d	A ve W türü W UMa sistemlerinin P-(B-V) ilişkisi.....	82

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Burcu ÖZKARDEŞ

Doğum Yeri : Bursa

Doğum Tarihi : 14.06.1978

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi
Fizik Bölümü, 1996–2000

Yüksek Lisans Öğrenimi: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Fizik Anabilim Dalı, 2000–2004

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

BİLİMSEL FAALİYETLERİ

a) Yayınlar – SCI - Diğer

- 1) **Özkardeş, B.**, Erdem, A., 2010. “Absolute parameters of the newly-identified contact binary star IS Canis Major ”, NewA 15, 247.
- 2) **Özkardeş, B.**, Erdem, A., Bakış, V., 2009. “A W UMa type system from Southern Hemisphere: CN Hydri”, NewA 14, 461.
- 3) Erdem, A., **Özkardeş, B.**, 2009. “Photometric analysis of the contact binary star V842 Hercules on the basis of seasonal light curves”, NewA 14, 321.
- 4) Erdem, A., Soydugan, F., Doğru, S. S., **Özkardeş, B.**, Doğru, D., Tüysüz, M., Demircan, O., 2007. “First period analyses of five neglected Algol type eclipsing binaries: TT And, V342 Aql, RW Cap, BZ Cas and TW Lac”, NewA 12, 613.
- 5) Doğru, S.S., Dönmez, A., Tüysüz, M., Doğru, D., **Özkardeş, B.**, Soydugan, E., Soydugan, F., 2007. “New Times of Minima of Some Eclipsing Binary Stars”, IBVS 5746.
- 6) Erdem, A., **Özkardeş, B.**, 2006. “Photometric analysis of the contact binary star V829 Hercules using light curves on three consecutive years”, NewA 12, 192.
- 7) Bakış, V., Bakış, H., Tüysüz, M., **Özkardeş, B.**, Erdem, A., Çiçek, C., Demircan, O., 2005. “New Times of Minima of Some Eclipsing Binary Stars”, IBVS 5616.
- 8) Erdem, A., **Özkardeş, B.**, 2004. “BVR Photometry of the Contact Binary Star V829 Herculis”, IBVS 5496.

9) Soyduğan, E. Bakış, V., Aygün, S., **Özkardeş, B.**, İnan, A., 2001. "CW Cep Studied by COMU Astronomers", Southern CCD and Photometry, Group Communique, V.2, I.4.

b) Bildiriler – Uluslar arası – Ulusal

Uluslararası

- 1) Çiçek, C., Erdem, A., Soyduğan, F., Dogru, D., **Özkardeş, B.**, Budding, E., 2009. "Cool Active Binaries recently Studied İn the CAAM Stellar Programme" International Conference Binaries key to comprehension of the Universe June 8-12 2009 Bruno Czech Republic (sözlü bildiri).
- 2) **B. Özkardeş**, A. Erdem, 2007. "Photometric analysis of the contact binary system V829 Hercules", in ASP Conf. Ser. Vol. 370, Solar and Stellar Physics Through Eclipses, eds. O. Demircan, S.O. Selam, B. Albayrak (San Fransisco: ASP), p. 237
- 3) **B. Özkardeş**, A. Erdem, 2005. "The Contact Binary V842 Hercules", 23. Uluslararası Fizik Kongresi, Muğla (özet bildiri).

Ulusal

- 1) **B. Özkardeş**, A. Erdem, V. Bakış, 2008. "Güney Yarımküreden Bir W UMa Türü Sistem: CN Hydri", XVI. Ulusal Astronomi Kongresi (08 – 12 Eylül 2008, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi), Editörler: O. Demircan, A. Erdem, F. Soyduğan, V. Bakış, L. Özçağ, B. Ulaş, s.875–890 (sözlü bildiri).
- 2) A. Erdem, E. Budding, F. Soyduğan, V. Bakış, H. Bakış, **B. Özkardeş**, D. Doğru, 2008. "Renkküre Kökenli Çizgi Kesiti Fiti ve Plaj Modeli", XVI. Ulusal Astronomi Kongresi (08 – 12 Eylül 2008, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi), Editörler: O. Demircan, A. Erdem, F. Soyduğan, V. Bakış, L. Özçağ, B. Ulaş, s.825–836 (sözlü bildiri).
- 3) **B. Özkardeş**, A. Erdem, 2007. "Değen Çift Yıldız V829 Hercules'in Standart BVR Işıkölçümü ve Salt Öğeleri", XV. Ulusal Astronomi Kongresi, (28 Ağustos – 01 Eylül 2006, İstanbul Kültür Üniversitesi, İstanbul), Editörler: H. Gülseçen, F. Limboz, A.F. Teker, s.581–594 (sözlü bildiri).
- 4) A. Erdem ve **B. Özkardeş**, 2004. "Aşırı Değen Çift Yıldız V829 Hercules", XIV. Ulusal Astronomi Toplantısı, (31 Ağustos – 04 Eylül 2004, Erciyes Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, Kayseri), Editörler F.F. Özeren ve İ. Küçük, s.279–284 (sözlü bildiri).

c) Katıldığı Projeler

- 1) Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Gözlemevi Büyük Teleskop Projesi, DPT Bilimsel Alt Yapı Projesi, DPT, 2007K120660.
- 2) Güney Yarımkürede Seçilen Bazı W UMa Türü Çift Yıldızların Tayfsal ve Fotometrik İncelenmesi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Araştırma Fonu, 2007/56.
- 3) W Ursae Majoris Türünden Güneş Benzeri Örtün Çift Yıldızlar, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Araştırma Fonu, 2002/19, 2002–2004

İŞ DENEYİMİ

Çalıştığı Kurumlar ve Yıl:

- 1) Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2004 – 2010.0
- 2) Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi, 2010 – devam ediyor.

İLETİŞİM

e-Posta Adresi: burcu@comu.edu.tr