

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**BAZI BETA LYRAE TÜRÜ ÖRTEN DEĞİŞEN ÇİFT YILDIZLARIN  
FOTOMETRİSİ, IŞIK EĞRİSİ VE DÖNEM DEĞİŞİM ANALİZİ**

**Yücel KILIÇ**

**ASTRONOMİ VE UZAY BİLİMLERİ ANABİLİM DALI**

**ANKARA  
2013**

**Her hakkı saklıdır**

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### BAZI BETA LYRAE TÜRÜ ÖRTEN DEĞİŞEN ÇİFT YILDIZLARIN FOTOMETRİSİ, IŞIK EĞRİSİ VE DÖNEM ANALİZİ

Yücel KILIÇ

Ankara Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Birol GÜROL

Bu çalışmada  $\beta$  Lyrae türü örten değişen olarak sınıflandırılan CP Cam (GSC 04057-02457, HIP 15321, TYC 4057-2457-1), DZ Lyn (GSC 02979-02218, HD 67894, TYC 2979-2218-1) ve EG Cep (HD 194089, SAO 9710, GSC 04585-00063, TYC 4585-63-1) sistemlerinin geometrik ve fiziksel parametreleri elde edilmiştir. Fotometrik gözlemleri Ankara Üniversitesi Gözlemevi (AÜG)'nde bulunan 0.4m çaplı Kreiken Teleskobu (T40) ve ona bağlı Apogee ALTA U47+ CCD kamerası kullanılarak, Johnson BVRI filtrelerinde gerçekleştirilmiştir. Literatürde EB-türü olarak sınıflandırılan bu sistemlerin, mevcut minimum zamanları ve kendi gözlemlerimizden hesaplanan minimum zamanları ile birlikte (O-C) analizi gerçekleştirilmiş ve olası açıklamalarda bulunulmuştur. Sistemlerin yeni ışık elemanları belirlenerek ışık ve mümkün olması durumunda ise dikine hız eğrileri birlikte analiz edilmiştir. Dikkate alınan sistemlerin standart sistemdeki parlaklık ve renk eğrileri yine bu çalışmada elde edilmiştir. Gerçekleştirilen çalışma sonucunda ele alınan sistemlere ilişkin geometrik ve fiziksel parametreler hesaplanmış ve sistemlerin evrimsel durumları tartışılmıştır.

Gözlemsel verilerin indirgenmesi IRAF (Image Reduction and Analysis Facility) programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Işık ve dikine hız eğrisi analizlerinde ise Wilson-Devinney 2007 sürümünü kullanan PHOEBE (PHysics Of Eclipsing Binaries) 0.31a programı ve sistemlerden birinde ise Nisan 2013'de yayınlanmış bulunan Wilson-Devinney programının 2013 sürümü kullanılmıştır.

**Haziran 2013, 105 sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** CP Cam, DZ Lyn, EG Cep, ışık eğrisi analizi, dönem değişimi analizi, örten değişen çift yıldızlar, ışık-zaman etkisi, kütle aktarımı.

## ABSTRACT

Master Thesis

### LIGHT AND PERIOD ANALYSIS OF SOME BETA LYRAE TYPE ECLIPSING BINARY STARS

Yücel KILIÇ

Ankara University  
Graduate School of Natural and Applied Science  
Department of Astronomy and Space Sciences

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Birol GÜROL

In this study, the photometric observations of CP Cam (GSC 04057-02457, HIP 15321, TYC 4057-2457-1), DZ Lyn (GSC 02979-02218, HD 67894, TYC 2979-2218-1) and EG Cep (HD 194089, SAO 9710, GSC 04585-00063, TYC 4585-63-1) were carried out at the Ankara University Observatory (AÜG) using the 0.4m Schmidt-Cassegrain telescope (Kreiken Telescope – T40) equipped with the Apogee ALTA U47+ CCD camera and Johnson BVRI photometric filters. The light curve and the period change analyses (O - C) are performed for these systems which are classified as EB-type binaries in the literature. Also with this study, new minimum times and the light elements contributed to the literature. As a result of these analyses, the physical and geometrical parameters of the systems were calculated with converting standart magnitude system and we derived color curves of systems from standart magnitude. We analyzed the light curve data and radial velocity data together with if radial velocity data available for selected system.

The data reduction was performed with the use of programs IRAF (Image Reduction and Analysis Facility). The light curves have been analyzed with the PHOEBE 0.31a software and Wilson-Devinney code (2007 and 2013 version).

**Haziran 2013, 105 pages**

**Key Words:** CP Cam, DZ Lyn, EG Cep, light curve analysis, period variation analysis (O-C), eclipsing binaries, light-time effect, mass transfer.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma boyunca bana her zaman bilgi, birikim ve tecrübeleriyle destek olan ve yol gösteren danışman hocam Sayın Doç. Dr. Birol GÜROL'a teşekkürü bir borç bilirim.

Bu çalışmanın arkaplanında bulunan fakat sonsuz bir vefa borcumun olduğu değerli annem, babam ve kardeşim, sizler olmasaydınız bu eseri asla yazamamış olurum. Sizlere minnettarım. Bu zorlu süreç boyunca bana hiçbir zaman desteğini esirgemeyen ve yanımda olan, değerli arkadaşım Sıla ERYILMAZ ve ailesine de ayrıca teşekkür ederim.

Değerli dostum Mohammad SHAMEONI NIAEI ve ailesine bu çalışma esnasındaki önerileri, uyarıları ve desteklerinden dolayı ne kadar teşekkür etsem azdır.

Bu çalışma süresince bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan, Ankara Üniversitesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı öğretim üyelerinden Prof. Dr. Sacit ÖZDEMİR'e ve Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fizik Anabilim Dalı öğretim üyelerinden Doç. Dr. Sinan Kaan YERLİ'ye de teşekkür ederim.

Bu çalışmanın sonuçlanması hususunda ise bana her zaman destek olan ve gerekli anlayışı gösteren değerli hocam Doç. Dr. Cahit YEŞİLYAPRAK'a ve Atatürk Üniversitesi Astrofizik Uygulama ve Araştırma Merkezi (ATASAM) ekibine de ayrıca teşekkür ederim.

Bu çalışma esnasında her zaman yardımlarıma koşan değerli arkadaşlarım; Zahide TERZİOĞLU, Şeyda ŞEN ve Tuba İKİZ'e de teşekkürlerimi sunarım.

*Bu çalışma tüm lisans ve yüksek lisans öğrenim hayatım boyunca yanında yaşama fırsatı bulduğum anneannemin anısına ithaf olunmuştur.*

Yücel KILIÇ

Ankara, Haziran 2013

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER.....	3
2.1 Çift Yıldızların Genel Özellikleri.....	3
2.1.1 Örtün Değişen Çift Yıldızlar.....	3
2.1.1.1 Algol Türü Çift Yıldızlar.....	7
2.1.1.2 $\beta$ Lyrae Türü Çift Yıldızlar.....	8
2.1.1.3 W UMa Türü Çift Yıldızlar.....	9
2.2 Işık Eğrilerinin Biçimsel Değişimine Neden Olan Parametreler.....	10
2.2.1 Çift sistemin yörünge eğikliği.....	11
2.2.2 Kenar kararması.....	12
2.2.3 Yansıma etkisi.....	13
2.2.4 Çekim kararması.....	14
2.2.5 Basıklaşma.....	15
2.2.6 Dışmerkezlik.....	15
2.2.7 Yıldız yüzeyinde leke veya lekelerin bulunması.....	16
2.3 Wilson–Devinney (WD) Programı.....	17
2.4 PHOEBE (PHysics Of Eclipsing BinariEs) Programı.....	18
2.5 Çift Yıldızlarda (O-C) Analizi.....	19
2.5.1 Kütle aktarımı.....	23
2.5.2 Işık-Zaman etkisi.....	25
2.5.3 Eksen dönmesi.....	26
2.5.4 Manyetik etkinlik.....	28
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	31
3.1 Materyal.....	31

3.2	Yöntem.....	31
4.	BULGULAR.....	33
4.1	Gözlem.....	33
4.2	Analiz.....	33
4.3	CP Cam.....	34
4.3.1	Işık elemanları.....	37
4.3.2	Işık eğrisi analizi.....	39
4.3.3	Mutlak parametreler.....	47
4.4	DZ Lyn.....	52
4.4.1	Işık elemanları.....	57
4.4.2	Işık eğrisi analizi.....	60
4.4.3	Mutlak parametreler.....	69
4.5	EG Cep.....	72
4.5.1	Işık elemanları.....	78
4.5.2	Işık eğrisi analizi.....	83
4.5.3	Mutlak parametreler.....	91
5.	SONUÇ VE TARTIŞMA .....	94
	KAYNAKLAR .....	96
	ÖZGEÇMİŞ .....	104

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

K	Kelvin
$R_{\odot}$	Güneş'in yarıçapı, $6.96 \times 10^{10}$ cm
$M_{\odot}$	Güneş'in kütlesi, $1.99 \times 10^{33}$ gr
$L_{\odot}$	Güneş'in toplam ışınım gücü, $3.86 \times 10^{33}$ erg sn-1
m	kadir; parlaklık birimi
$T_e$	Etkin sıcaklık
$v \sin i$	Dönme hızı
S/G	Sinyal gürültü oranı
HD	Henry Draper kataloğu
HR	Parlak yıldızlar kataloğu
BD	Banner Draper kataloğu
HIP	Hipparcos kataloğu
$\alpha$	Sağ açıklık
$\delta$	Dik açıklık
M	Kütle
R	Yarıçap
$M_V$	Mutlak görsel parlaklık
$\Delta m_V$	V bandı ışık değişim genliği
pc	Parsek; Paralaksı 1 olan bir gökcisminin uzaklığı
$M_1, M_2$	Sırasıyla baş ve yoldaş bileşenin kütlesi
$T_1, T_2$	Sırasıyla baş ve yoldaş bileşenin etkin sıcaklıkları
$L_1, L_2$	Sırasıyla baş ve yoldaş bileşenin ışınım güçleri
$R_1, R_2$	Sırasıyla baş ve yoldaş bileşenin yarıçapları
$\Omega_1, \Omega_2$	Sırasıyla baş ve yoldaş bileşenin yüzey potansiyeli
$q(=m_2/m_1)$	Kütle oranı
AB	Astronomi birimi, $149.5 \times 10^6$ km
x	Kenar kararım katsayısı
$L_3$	Üçüncü ışık
$i(^{\circ})$	Yörünge düzleminin bakış doğrultumuza dik düzlem ile yaptığı açı

$a(R_{\odot})$	Yörünge yarı büyük eksen uzunluğu
EA, EB, EW	Sırasıyla Algol, $\beta$ Lyr ve W UMa türü örten çift sistemlerin kısa gösterimleri
HJD	Güneş merkezli Jülyen günü
$T_0$	Başlangıç minimum zamanı
$P(\text{gün})$	Sistemin yörünge dönemi
$I$	Yıldızın merkezinden salınan ışınım şiddeti
$I_0$	Yıldızın kenarlarından salınan ışınım şiddeti
$\gamma$	Gözlemcinin bakış doğrultusu ile yıldızın yarıçap vektörü arasındaki açı
AÜG	Ankara Üniversitesi Gözlemevi
ZAMS	Sıfır Yaş Anakolu
NCBs	Near Contact Binaries
LTCBs	Low Temperature Contact Binaries

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Çift yıldızların tutulma gösterme şartı (Gürol 1999) .....	3
Şekil 2.2 Çift yıldız sistemlerinde tutulma ve etkileşme sınırları (Demircan 1985).....	4
Şekil 2.3 Roche geometrilerine göre çift yıldızlar.....	5
Şekil 2.4 SZ Her'in BVRI bantlarında ışık eğrisi (Lee vd. 2012) .....	7
Şekil 2.5 EG Cep'in B ve V bantlarına ait gözlemsel ve teorik ışık eğrileri (Erdem vd. 2005) .....	8
Şekil 2.6 V404 Peg'e ait BVRI bantlarında ışık eğrisi (Gürol 2011) .....	10
Şekil 2.7 Üç farklı yörünge eğikliğine göre çift sistemin ışık eğrisi değişimi (Selam 2013).....	11
Şekil 2.8 Kenar kararması .....	12
Şekil 2.9 Yansımanın ışık eğrisine etkisi (Selam 2013) .....	14
Şekil 2.10 AU Ser sisteminde leke etkinliğinin sistemin ışık eğrisini nasıl değiştirdiği gösterilmiştir (Gürol 2005).....	17
Şekil 2.11 Korunumlu kütle aktarımının $A > 0$ ve $A < 0$ 'a göre değişimi (Selam 2013) .....	24
Şekil 2.12 $M_1$ , $M_2$ ve $M_3$ örten değişen çoklu sisteminin ortak kütle merkezi etrafında ( $G'$ ) dolanması (Selam 2013).....	25
Şekil 2.13 AR Aur sisteminin ışık – zaman etkisinden kaynaklı O – C grafığı (Mikulasek vd., 2010) .....	26
Şekil 2.14. Yörünge doğrultusunun uzayda yer değiştirmesi (Bozkurt 2006).....	27
Şekil 2.15 SY Phe sisteminin O – C analizi grafığı (Zasche 2012).....	27
Şekil 2.16 Algol türü örten değişen sistem olan V889 Aql sisteminde eksen dönmesi (Kreiner vd. 2000) .....	28
Şekil 2.17 CG Cyg sisteminin manyetik dönem modülasyonu (Tsantilas 2007) .....	29
Şekil 4.1 Standart indirgeme adımları ve MYRaf yazılımı .....	33
Şekil 4.2 CP Cam, mukayese ve denet yıldızının bulunduğu bölgeye ait CCD görüntüsü.....	36
Şekil 4.3 CP Cam sistemi için O-C grafığı .....	37
Şekil 4.4 CP Cam 'ın AÜG gözlemleri ile elde edilen ışık eğrisi (Bu çalışma).....	39
Şekil 4.5 CP Cam sistemine ait B-V, V-R, R-I renk ölççekleri .....	40
Şekil 4.6 CP Cam sistemi için farklı yörünge eğim açıları ve $q$ ( $M_2/M_1$ ) değerleri dikkate alınarak gerçekleştirilen i-q taraması sonucu .....	43
Şekil 4.7 CP Cam sistemi için gerçekleştirilen çözüm sonucu elde edilen kuramsal (sürekli eğri) ve gözlemsel veriler.....	44
Şekil 4.8 CP Cam sistemi için gözlemsel veriler ile kuramsal veriler arasındaki fark ...	45
Şekil 4.9 Elde edilen parametrelerle çizilen CP Cam sisteminin Roche geometrisi .....	47
Şekil 4.10 CP Cam sisteminin yörünge dönemine yakın sistemlerde yörünge dönemine göre sistemin toplam kütlelerinin dağılımı .....	48
Şekil 4.11 Kütle (M) ve ışınım gücü (L) grafığı (Yakut ve Eggleton 2005) .....	52
Şekil 4.12 DZ Lyn'in ışık eğrisi (Maciejewski vd. 2003) .....	53
Şekil 4.13 DZ Lyn'in ışık eğrisi (Martignoni vd. 2009) .....	54
Şekil 4.14 DZ Lyn (HD 67894) 'in tayf türü tespiti (Maciejewski vd. 2003) .....	54
Şekil 4.15 Kütle oranı taraması (Martignoni vd. 2009).....	55
Şekil 4.16 DZ Lyn'in olduğu bölgeye ait CCD görüntüsü.....	56
Şekil 4.17 DZ Lyn sistemi için O-C grafığı.....	59

Şekil 4.18 DZ Lyn sisteminin gözlemsel ışık eğrisi (Bu çalışma) .....	60
Şekil 4.19 DZ Lyn sistemi için elde edilen B-V, V-R, V-I renk ölçeği eğrileri .....	62
Şekil 4.20 DZ Lyn sistemi için farklı yörünge eğim açıları ve $q (M_2/M_1)$ değerleri dikkate alınarak gerçekleştirilen i-q taraması sonucu.....	65
Şekil 4.21 DZ Lyn sisteminin iki ayrı Modda gerçekleştirilmiş çözüm ve gözlemsel ışık eğrileri.....	66
Şekil 4.22 DZ Lyn sistemi için gözlemsel veriler ile kuramsal veriler arasındaki fark	66
Şekil 4.23 DZ Lyn sistemin yarı-ayrık ve degen sistem (Mod 5, Mod 3) çözümü sonucu elde edilmiş Roche Modelleri .....	69
Şekil 4.24 DZ Lyn sisteminin birinci ve ikinci bileşenin bileşenin Martignoni vd.'nin elde ettiği anakol üzerindeki konumu (Bu çalışma).....	71
Şekil 4.25 DZ Lyn sisteminin kütle-ışınımgücü (M-L) (sol) ve kütle-yarıçap (M-R) diyagramı üzerindeki yeri (sağ) (Yakut ve Eggleton 2005).....	72
Şekil 4.26 EG Cep'in radyal hız çalışması (Rucinski vd. 2008) .....	73
Şekil 4.27 EG Cep'in O-C analizi (Zhu vd. 2009).....	74
Şekil 4.28 EG Cep'e ait ışık eğrisi (Pazhouhesh vd. 2010).....	75
Şekil 4.29 EG Cep'in olduğu bölgeye ait CCD görüntüsü .....	76
Şekil 4.30 EG Cep sisteminin O-C grafiği.....	78
Şekil 4.31 EG Cep sisteminin parabol fitinden olan O-C farkı.....	79
Şekil 4.32 EG Cep sistemine kütle çekimsel olarak bağlı, varsayılan üçüncü bileşenin yörünge eğim açısı (i) - kütle ilişkisi (M) .....	80
Şekil 4.33 EG Cep sisteminin sinüs fitinden olan O-C artışı.....	83
Şekil 4.34 EG Cep sisteminin 2011 ve 2012 yıllarında AÜG gözlemleri ile elde edilen ışık eğrisi (Bu çalışma) .....	84
Şekil 4.35 EG EG Cep sistemine ait B-V, V-R, R-I renk ölçekleri.....	85
Şekil 4.36 EG Cep sistemi için farklı yörünge eğim açıları ve $q (M_2/M_1)$ değerleri dikkate alınarak gerçekleştirilen i-q taraması sonucu.....	88
Şekil 4.37 Wilson-Devinney çözümleriyle $q=0.452$ için elde edilen kuramsal eğrilerin ışık eğrileriyle karşılaştırılması .....	90
Şekil 4.38 EG Cep sistemi için gözlemsel veriler ile kuramsal veriler arasındaki fark	90
Şekil 4.39 Elde edilen parametrelerle çizilen EG Cep sistemin Roche geometrisi.....	91
Şekil 4.40 EG Cep'in elde edilen dikine hız eğrisi (Bu çalışma) geometrisi.....	91

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 EW türü sistemlerin A ve W alt-türlerinin genel özellikleri (Rucinski 1973, 1974, Maceroni vd. 1985) .....	10
Çizelge 4.1 CP Cam ile ilgili mevcut literatür bilgileri .....	35
Çizelge 4.2 CP Cam için kullanılan mukayese ve denet yıldızı için parlaklıklar .....	36
Çizelge 4.3 CP Cam sisteminin AÜG gözlemleri .....	37
Çizelge 4.4 CP Cam sisteminin minimum zamanları .....	38
Çizelge 4.5 Houdashelt vd. (2000) tarafından verilen bağıntılar kullanılarak hesaplanan sıcaklık değerleri sonuçları .....	41
Çizelge 4.6 CP Cam ışık eğrisinin çözüm sonuçları.....	46
Çizelge 4.7 Yörünge dönemi CP Cam sistemine yakın olan SD2-türü sistemleri (Yakut ve Eggleton 2005, Kyu-Dong 2005) .....	48
Çizelge 4.8 CP Cam sistemi için hesaplanan mutlak parametreler .....	51
Çizelge 4.9 DZ Lyn, mukayese ve denet yıldızlarına ilişkin bilgiler .....	55
Çizelge 4.10 DZ Lyn sisteminin AÜG gözlemleri .....	56
Çizelge 4.11 DZ Lyn sisteminin CCD gözlemleri ile elde edilmiş minimum zamanları.....	58
Çizelge 4.12 Renk ölçeği değerlerine karşılık Houdashelt vd. (2000) tarafından verilen bağıntılar kullanılarak hesaplanan sıcaklık değerleri.....	63
Çizelge 4.13 DZ Lyn sisteminin ışık eğrisinin çözüm sonuçları.....	68
Çizelge 4.14 Yörünge dönemi DZ Lyn sistemine yakın olan LTCB sistemleri (Yakut ve Eggleton 2005) .....	70
Çizelge 4.15 DZ Lyn sisteminin mutlak parametreleri.....	70
Çizelge 4.16 EG Cep, mukayese ve denet yıldızı için bilgiler.....	76
Çizelge 4.17 EG Cep sisteminin AÜG gözlemleri .....	77
Çizelge 4.18 EG Cep sisteminin O-C analizinden, üçüncü cismine ilişkin hesaplanan parametreler.....	81
Çizelge 4.19 Bulunan dönem değişim ve kütle aktarım oranları .....	82
Çizelge 4.20 Houdashelt vd. (2000) tarafından verilen bağıntılar kullanılarak hesaplanan sıcaklık değerleri.....	86
Çizelge 4.21 EG Cep sisteminin ışık eğrisinin çözüm sonuçları.....	89
Çizelge 4.22 Dikine hız verilerinden elde edilen parametreler (Bu çalışma).....	92
Çizelge 4.23 EG Cep sisteminin mutlak parametreleri.....	93

## 1. GİRİŞ

Çift yıldızların fotometrik ışık eğrisi ve tayfsal analizleri ile yıldızların evrimlerini anlamaya çalışmak, astrofizik açısından büyük önem arz etmektedir. Örtün değişen çift yıldızların fotometrik ve tayfsal analizleri sayesinde sistemi oluşturan bileşen yıldızların fiziksel ve geometrik parametreleri başarılı bir şekilde elde edilebilmektedir.

Bu çalışma ile  $\beta$  Lyrae türü örtün değişen sistemler olarak tanımlanmış **CP Cam**, **DZ Lyn**, **EG Cep** sistemlerinin geometrik ve fiziksel parametrelerinin elde edilmesi amaçlanmıştır. Çok band ışık eğrisi gözlemleri Ankara Üniversitesi Gözlemevi (AÜG)'nde bulunan 40 cm çaplı Kreiken Teleskobu ve ona bağlı Apoge ALTA-U47 (1024x1024) CCD'si kullanılarak 2010-2012 yılları arasında gerçekleştirilmiştir. Gözlemsel verilerin indirgenmesinde IRAF (Image Reduction and Analysis Facility) programı ve ışık eğrisi analizinde Wilson-Devinney kodu (PHOEBE ve WD 2013) kullanılmıştır. Sistemlerin dönem analizi (O-C) değişimi dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir.

Çalışmamızda bu sistemlerin seçilmesinin sebeplerini şu şekilde sıralayabiliriz.

1.  $\beta$  Lyrae türü örtün değişen sistemlerinde bileşen yıldızların çekimsel etkileri ve/veya evrimsel durumları nedeniyle elipsoid yapıya sahip olmaları,
2. Bu tür sistemlerde bileşen yıldızlar arasında kütle, ışınım vd. gibi etkileşimlerin bulunuyor olması,
3. Seçilen sistemlerin çoğunun yeni keşfedilmiş veya ayrıntılı çalışmalarının yapılmamış olması,
4. AÜG'de gözlemlerinin yapılabilecek özelliklere sahip olması (dönem, parlaklık, konum vb.),
5. Az da olsa literatür bilgisinin bulunması,
6. Seçilen sistemlerin ışık eğrilerinin büyük oranda tamamlanmış olması

şeklinde özetlenebilir.

Çift yıldızların genel özellikleri ve örten değişen yıldızlar konusunda kısa bilgi verdikten sonra ışık eğrisine göre sınıflandırılmalarının nasıl yapıldığı ve bu sınıflara ait genel özelliklerin neler olduğu, gözlenen ışık eğrilerine etkide bulunan parametrelerin neler olduğu konusu ele alınmıştır.

Ardından genel olarak ışık ve dikine hız eğrilerini eşzamanlı çözümünü yapabilen ve dünyada en yaygın olarak kullanılan Wilson-Devinney Programı hakkında ve program için hazırlanmış olan PHOEBE arayüzü hakkında bilgi verilecektir.

Çift yıldız sistemlerinde görülen dönem değişimlerinin nedenleri standart (O-C) yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Dönem değişimine neden olabilecek etkilerin neler olduğu ve nasıl çıkarımlarda bulunulabildiği konular ele alınacak ve çalışmanın ileriki aşamalarında kullanılacaktır.

Analizini gerçekleştireceğimiz sistemlere ilişkin literatür bilgileri ve bu bilgiler ışığında dikkate alınması gereken noktalar, eksiklikler veya yararlanılacak kaynaklar sunulmuştur.

Son bölümde bu araştırmada kullanılan materyal ve uygulanan çözüm yöntemleri seçilen sistemler için ayrı ayrı verilmiş ve her sistem için ulaşılan sonuçlar, literatür bilgileri ile birlikte değerlendirilmiştir.

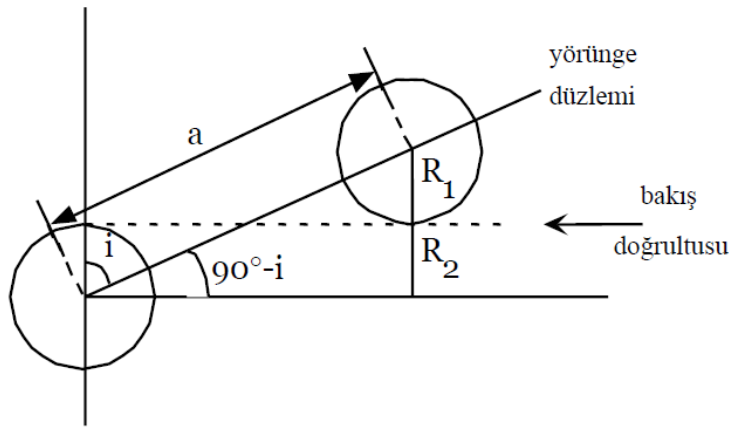
## 2. KURAMSAL TEMELLER

### 2.1 Çift Yıldızların Genel Özellikleri

Çift yıldızlar, iki veya daha fazla yıldızın ortak kütle merkezi etrafında kütle çekimi nedeniyle Kepler yasalarına göre dolanımda bulunan yıldız sistemleridir. Çift yıldızlar gözlemsel olarak keşfedilme yöntemine göre *görsel ve astrometrik çiftler*, *tayfsal çiftler* ve *örten değişenler* olmak üzere üç sınıfta incelenirler. Herhangi bir sınıfta bulunan bir sistem, başka bir sınıfın içerisinde bulunabilir.

#### 2.1.1 Örten Değişen Çift Yıldızlar

Tarihsel olarak bakıldığında ilk keşfedilen örten değişen çift yıldız sistemi John Goodricke tarafından, 1783 yılında Algol'un gözlenmesi ile gerçekleşmiştir. Çift yıldız sisteminin yörünge düzlemi, gözlemcinin bakış doğrultusu ile aynı veya yakın değerler alıyorsa, çiftin birbirleri etrafındaki her dolanımlarında bileşen yıldızlardan biri diğerinin önünden geçer (örtme, örtülme), bunun sonucunda ise sistemin toplam ışınımgücü, dolayısıyla sistemin parlaklığında bir azalma meydana gelir. Bu şartın sağlandığı sistemlere "*örten değişen çift yıldızlar*" adı verilir. Bileşen yıldızlarda tutulma şartı şekil 2.1'de verilmiştir. Temel olarak tutulma, bakış doğrultumuza dik düzlemle yörünge düzlemi arasındaki açığa, bileşen yıldızların birbirlerine olan uzaklıklarına ve bileşen yıldızların yarıçaplarına bağlıdır ve denklem 2.1 ile ifade edilir.



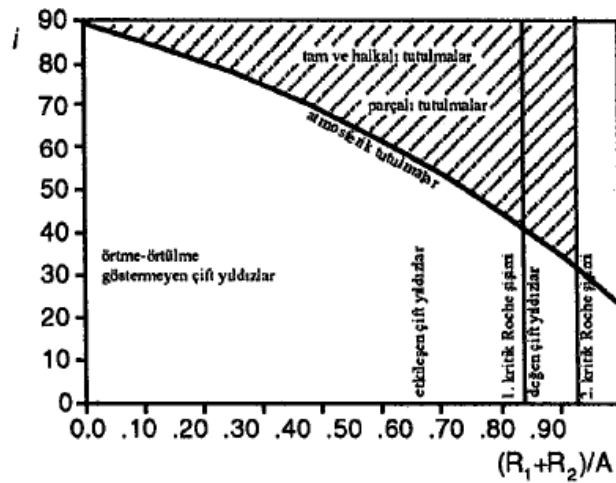
Şekil 2.1 Çift yıldızların tutulma gösterme şartı (Gürol 1999)

Şekil 2.1’de  $R_1$  ve  $R_2$  yarıçaplı iki yıldızın oluşturduğu çift yıldız sistemi olmak üzere  $a$ ; bileşen yıldızlar arasındaki uzaklık,  $i$ ; yörünge düzleminin gözlemcinin bakış doğrultusuna dik düzlem ile yaptığı açığı göstermektedir.

$$|\sin(90 - i)| = |\cos i| \leq \frac{R_1 + R_2}{a} \quad (2.1)$$

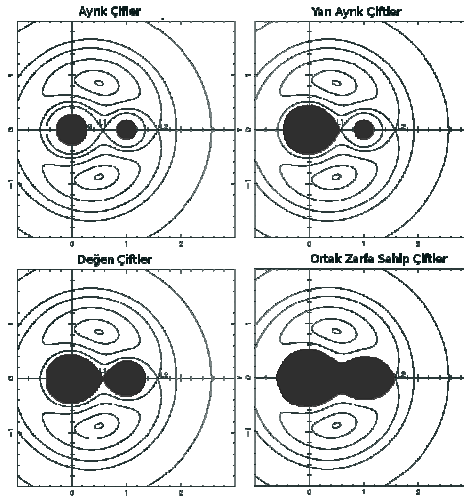
Yukarıdaki denklem irdelendiğinde, bileşen yıldızların görelî yarıçaplarının büyük olduğu sistemlerde yörünge eğim açısı küçük değerler olsa dahi tutulmanın meydana gelebileceği, yine benzer şekilde bileşen yıldızlar arasındaki uzaklığın küçük olduğu sistemlerde de yörünge eğim açısının küçük değerlerinde de tutulma görülebileceği ortaya çıkar.

Örten değişen sistemlerde dönemli olarak bileşen yıldızların birbirlerini örtme olayı gerçekleşeceğinden, zamana bağlı olarak bu tür sistemlerin parlaklıklarının gözlenmesi durumunda, sistemin ışık eğrisi olarak adlandırılan gözlemleri elde edilir. Fotometrik yöntemle bu tür sistemlerin parlaklık değişimlerini gözlemlemek mümkündür. Gözlemsel olarak elde edilen ışık eğrilerinin biçimi, örten değişen çift yıldızların alt türlerinin belirlenmesinde ve diğer bilimsel çalışmaların gerçekleştirilmesinde kullanılır.



Şekil 2.2 Çift yıldız sistemlerinde tutulma ve etkileşim sınırları (Demircan 1985)

Şekil 2.2’de çift yıldız sistemlerinde yörünge  $i$  eğim açısına karşılık, bileşen yıldızların kesirsel yarıçaplarının toplamına göre; tutulma türleri ve bileşen yıldızların etkileşen çift yıldız olup olmayacağına ilişkin bilgi verilmiştir. Buna göre etkileşen çift yıldızlara ilişkin sınırdan daha büyük olan bölgede bulunan sistemlerde, örtme ve örtülme nedeniyle parlaklık değişimi dışında başka etkileşimlerin olması beklenebilir. Şekil 2.2’ye göre bir çift yıldız sisteminde bileşen yıldızların yarıçapları toplamı arttıkça örten çift yıldız olabilmesi için gerekli  $i$  yörünge eğim açısı aralığı da artmaktadır. Örten çift olma için  $i$ ’nin alt sınırı  $i_{min}$ ’i belirleyen eğri, tüm çift yıldızları ikiye ayırmaktadır. Eğrinin üzerinde kalanlar örten çift yıldızlar, altında kalanlar ise örtme ve örtülme göstermeyen çift yıldızlardır. Çift yıldız sisteminin yörünge eğimi  $90^\circ$  ye yakınsa tutulmalar *tam* ve *halkalı*,  $i_{min}$  ‘dan büyük fakat ona yakınsa tutulmalar *parçalıdır* ve  $i_{min}$  ‘dan çok az küçükse tutulmalar *atmosferik* olur.  $(r_1 + r_2) \approx 0.1$  düşey çizgisi çift yıldızları etkileşen çift yıldızlar ve etkileşme göstermeyenler olarak ikiye ayırır. Bu ayırım o kadar kesin değildir.  $(r_1 + r_2) \approx 0.75$  düşey çizginin sağında kalan çift yıldızların bileşenleri değen çift yıldızlardır.  $(r_1 + r_2) \approx 0.84$  düşey çizgisi Roche Modeline göre en büyük kapalı eş potansiyelli yüzeyi belirler ve bu yüzey 2. kritik Roche şişimi olarak bilinir. Çift yıldızlar Roche geometrik yapılarına göre de evrimsel Modeller ile sınıflandırılır. Bu durum Şekil 2.3’de gösterilmiştir.



Şekil 2.3 Roche geometrilerine göre çift yıldızlar

([http://www.vikdhillon.staff.shef.ac.uk/seminars/lives\\_of\\_binary\\_stars/masstrans.html](http://www.vikdhillon.staff.shef.ac.uk/seminars/lives_of_binary_stars/masstrans.html),  
Erişim tarihi: 14/06/2013)

Örtme ve örtülme gösteren çift yıldızların birbirleri etrafında bir dolanma dönemi süresince iki adet minimum görülür. Işınım gücü küçük olan bileşen, ışınım gücü büyük olan bileşeni örttüğünde, daha büyük parlaklık değişimi, dolayısıyla daha derin minimum meydana gelir ki buna *birinci minimum* adı verilir. Işınım gücü büyük olan bileşen, ışınım gücü küçük olan bileşeni örttüğünde ise ışık eğrisinde daha sığ bir minimum meydana gelir buna da *ikinci minimum* adı verilir. Sistemde gerçekleşen iki 1. minimum veya iki 2. minimum arasında geçen süreye sistemin *yörünge dönemi* adı verilir ve  $P$  ile gösterilir. Bir sistem için başlangıç zamanı,  $t_0$ , ve sistemin dönemi,  $P$ , bilinmesi durumunda, eğer sistemde dönem değişimi bulunmuyorsa gelecekte gerçekleşecek minimumların ne zaman gerçekleşeceğini hesaplamak mümkündür. Örtme değişen sistemlerde bu hesaplama *lineer ışık-elemanları* olarak adlandırılan bir ifade ile verilir:

$$HJD \text{ Min } I = t_0 + E \cdot P \quad (2.2)$$

Yukarıdaki ifadede yer alan  $E$ , tamsayıdır ve *çevrim sayısı* olarak adlandırılır.

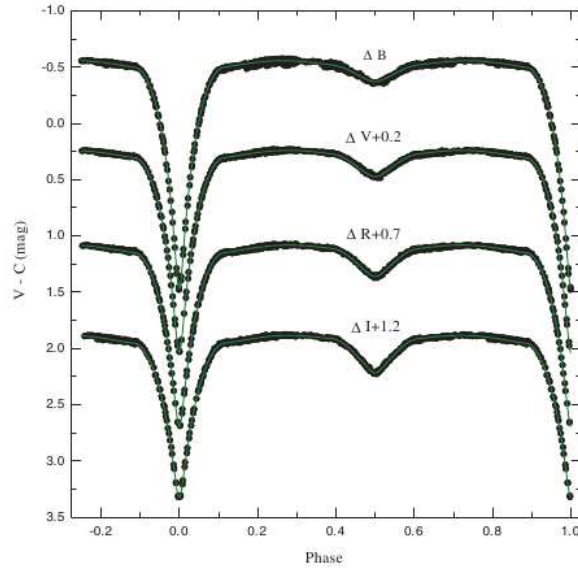
Örtme değişen sistemlerde dönem değişiminin olup olmadığı veya sistem için verilen ışık elemanlarının doğru olup olmadığı; gözlemsel olarak hesaplanan minimum zamanları (O: gözlenen) ile, denklem 2.2 ile hesaplanan minimum zamanları (C: hesaplanan) arasındaki farkın incelenmesi ile belirlenir. (O-C) analizi adı verilen bu yöntem sayesinde dönem değişimine neden olabilecek olası nedenler hakkında bilgiye ulaşılması mümkündür. (O-C) değişiminin incelenmesi ile ortaya çıkarılabilecek olaylardan bazıları: bileşen yıldızlar arasında kütle alışverişi veya sistemden kütle atımı, eksen dönmesi, manyetik aktivite ve ışık-zaman etkisi gibi konular sayılabilir.

Işık eğrisi biçimine göre örtme değişen çift yıldızlar üç ana başlık altında toplanırlar:

1. Algol türü (EA) sistemler,
2.  $\beta$  Lyrae türü (EB) çift sistemler,
3. W UMa türü (EW) çift sistemler.

### 2.1.1.1 Algol Türü Çift Yıldızlar

Bu tür yıldızların ilk örneği olan Algol ( $\beta$  Persei)'ün parlaklık değişimi ilk olarak 1667 yılında G. Montanari tarafından gözlemlendi (Montanari 1671). 1783 yılında ise ilk olarak John Goodricke tarafından, ışık değişim mekanizması ortaya konulmuştur (Eggen 1957). Bu tür örten değişen çift yıldızlar GCVS (General Catalog of Variable Star)'ye göre EA türü olarak kodlanmıştır (Kholopov vd. 1985). Yarı-ayrık sistemlerde baş bileşen büyük kütleli bir anakol yıldızı ve düşük kütleli bileşen ise yoldaş bileşeni oluşturmaktadır (Malkov vd. 2006). Bu alt grup klasik Algol sistemleri olarak da anılır. Baş bileşenleri genellikle B veya erken-A tayf türü bir anakol yıldızı, yoldaş bileşenleri ise kritik Roche şişimini doldurmuş G veya K tayf türü bir dev-altdev yıldızdır (Richards 2000). Algollerin ışık eğrilerinde genellikle birinci minimum derin ve keskin iken, ikinci minimum daha sığ şekilde görülür ve hatta bazı sistemlerde görülemez. Minimumlar dışında ise neredeyse hiç ışık değişimi görülmez. Şekil 2.4'de klasik bir Algol ışık eğrisi gösterilmektedir. Nokta ile ifade edilen veriler gözlemsel, yapay olan ışık eğrisi ise çizgi ile ifade edilmiştir (Lee vd. 2012). Dikkat çeken bir başka özellikleri kısa dalgaboylarında ikinci minimum sığ yapıya sahipken, uzun dalgaboylarında bu minimum daha belirgin hale geliyor olmasıdır.

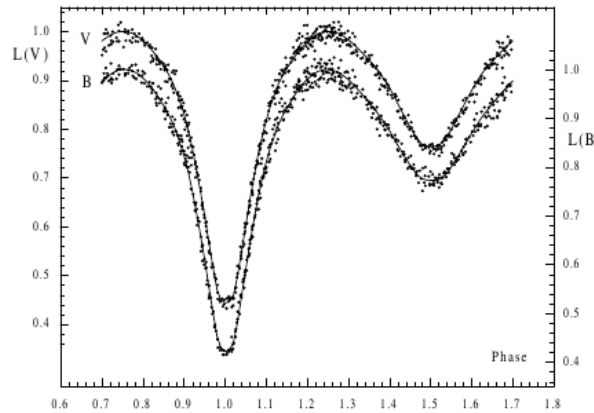


Şekil 2.4 SZ Her sisteminin BVRI bantlarında ışık eğrisi (Lee vd. 2012)

Algol türü sistemler, genel olarak yörünge dönemleri daha büyük olan sistemlerdir. Kepler yasalarına göre büyük yörünge dönemine sahip sistemlerde bileşen yıldızlar arasındaki uzaklık'da daha büyük olacağından, bileşen yıldızlarda biçim bozulması çok az veya yoktur. Işık eğrisinde minimumlar dışındaki bölgelerde parlaklık değişimleri bu nedenle diğer sistemlere göre düz yapıya sahiptir ve küresellikten bozulmanın az olduğunun göstergesidir (Andronov 2012).

### 2.1.1.2 $\beta$ Lyrae Türü Çift Yıldızlar

$\beta$  Lyrae Türü sistemler ilk defa 1784 yılında J. Goodrich tarafından keşfedilmiştir. Bu tür sistemler GCVS'de EB-türü olarak kodlanmıştır (Kholopov vd. 1985). Bileşenlerin birbirine uyguladıkları çekim etkisi ve kendi eksenleri etrafında dönme sürelerinin kısa olması nedeniyle, bileşenlerden en az biri veya ikisinin de küresel simetri özelliğini kaybetmesine sebep olmuştur. EB türü sistemlerin ışık eğrilerinde sürekli bir değişim gözlenir. Bundan dolayı da minimumlarda kontakt zamanlarını kestirmek oldukça zordur. Birinci ve ikinci minimum derinlikleri arasındaki fark belirgindir. Bu fark bileşen yıldızlarının ışınım güçlerinin birbirlerinden farklı olduğunu gösterir ve temel olarak bileşen yıldızların sıcaklıkları ile yarıçaplarına bağlıdır. Şekil 2.5'de EB türü bir çift sisteme ilişkin ışık eğrisi gösterilmiştir. Noktalar gözlemsel veriyi, sürekli eğri ise ışık eğrisi çözümünden hesaplanan teorik Model eğrisini göstermektedir (Erdem vd. 2005).



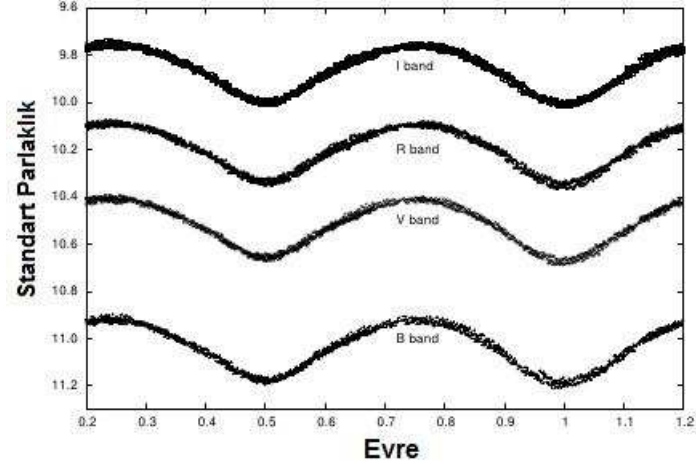
Şekil 2.5 EG Cep'in B ve V bantlarına ait gözlemsel ve teorik ışık eğrileri (Erdem vd. 2005)

### 2.1.1.3 W UMa Türü Çift Yıldızlar

Bu tür sistemlerin ilk örneği G. Muller ve P. Kempf tarafından 1903 yılında gözlenen W UMa yıldızıdır. GCVS'de EW olarak kodlanmıştır. Yörünge dönemleri görel olarak daha kısa ve bu nedenle de bileşen yıldızlar arasındaki uzaklık küçüktür. Yakınlık etkisi ve bileşen yıldızların evrimsel durumları nedeniyle her iki bileşen küresellikten bozulmuş yapıdadırlar. W UMa türü sistemlerin ışık eğrilerinde birinci ve ikinci minimum derinlikleri neredeyse aynıdır. Bu durum her iki bileşenin ışınımgücünün birbirine çok yakın olduğunun bir göstergesidir. Bileşen yıldızların sıcaklıkları arasındaki farkın küçük olduğu bilinmektedir. W UMa'lar aşırı degen sistemlerdir. EB türü değişen yıldızlarda olduğu gibi tutulmalar haricinde ışık değişimini sürekli olarak gösterir.

EW türü sistemlerde  $q$  ( $=m_2/m_1$ ) kütle oranı değerleri 1'den küçük olabileceği gibi 1'den büyük değerlere sahip olabilmektedirler. Bu durum kütleleri farklı fakat ışınımgüçleri birbirine yakın olan sistemler ile karşı karşıya kaldığımızı gösterir. Normal anakol yıldızları için oluşturulmuş *kütle-ışınımgücü* ve *kütle-yarıçap* bağıntıları bu tür sistemler için geçerli değildir.

Dönemlerinin küçük olması ve minimum derinliklerinin neredeyse birbiri ile aynı olması, bileşen yıldızlarının birbirlerine degen sistemler olmasını ve kütleleri farklı olsa dahi ışınımgüçlerinin aynı değerlere sahip olmasını gerektirir. Bu tür sistemler, bileşen yıldızların ortak konvektif bir zarf içerisinde bulunduğu sistemlerdir (Rucinski 1997, Wilson 2001). Bu zarf sayesinde bileşenler arasında etkin bir ısı dağıtımı olur ve bileşenlerin yüzey sıcaklıkları neredeyse aynı görünür. W UMa'lar kendi içerisinde A- ve W-türü sistemler olarak iki ayrı gruba ayrılırlar (Rucinski 1973). Bu iki tür arasındaki farklar çizelge 2.1'de verilmiştir. Şekil 2.6'de ise EW türü bir çift yıldızla ilişkin ışık eğrisi gösterilmiştir.



Şekil 2.6 V404 Peg sisteminin BVRI bantlarında ışık eğrisi (Gürol 2011)

Çizelge 2.1 EW türü sistemlerin A- ve W-türü sistemlerin genel özellikleri (Rucinski 1973, 1974, Maceroni vd. 1985)

A-türü	W-türü
Erken tayf türünden (A-G)	Geç tayf türünden (F-K)
Ortalama dönem 0.5 gün	Dönemi 0.5 günden kısa
Ortalama sıcaklık daha fazla	Ortalama sıcaklık daha az
Bileşenler daha büyük kütleli	Bileşenler daha küçük kütleli
Değme daha fazla	Değme daha az
Dönem değişimi var	Dönem değişimi hemen hemen yok
İşimasal ortak zarf	Konvektif ortak zarf
Evrimselmiş	Evrimselmemiş
Kütle oranı daha küçük $<0.54$	Kütle oranı $0.14 < q < 0.87$

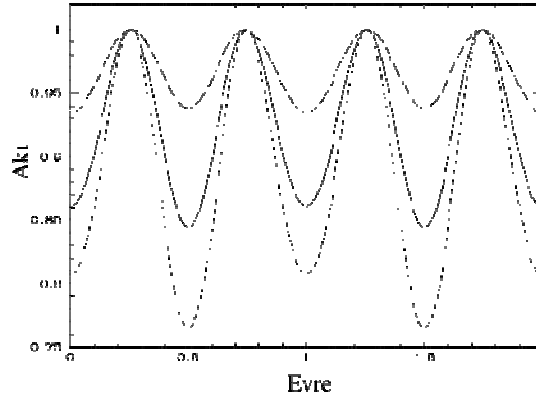
## 2.2 Işık Eğrilerinin Biçimsel Değişimine Neden Olan Parametreler

Örten değişen yıldız sistemleri ile ilgili nitel bilgiye ışık eğrilerinin şekilsel olarak incelenmesi ile ortaya konulabilir, fakat bu bilgiler nicel değerler içermez. Daha ayrıntılı bilgi verebilmek için farklı türden ve çeşitli etkiler içeren ışık eğrilerinin incelenmesine ihtiyaç duyulur. Tek yıldızların evrimlerinden farklı olarak çift yıldız sistemlerinde yıldızların evrimi, bileşen yıldızlar arasında gerçekleşen çeşitli etkileşimler nedeniyle farklı gelişir. Temel olarak ışık eğrisinin biçimi, bileşen yıldızlar ile yörünge geometrisine bağlı olarak değişmesine rağmen, yıldızların evrimsel durumları ve fiziksel özellikleri ışık eğrilerinin biçimlerini önemli şekillerde

etkileyebilmektedir. Etkide bulunan parametreler ile bu parametreler hakkındaki bilgiler aşağıda verilmiştir.

### 2.2.1 Çift sistemin yörünge eğikliği ( $i$ )

Işık eğrisi üzerinde tutulma olayının gözlenebilirliği, çift sistemin yörünge düzleminin gözlemciye göre uzaydaki konumuna ve sistemi oluşturan bileşen yıldızların yarıçaplarına bağlıdır. Kısaca yörünge eğim açısı olarak adlandırılan  $i$ , gözlemcinin bakış doğrultusuna dik düzlem ile sistemin yörünge düzlemi arasındaki açı olarak tanımlanır ve şekil 2.1’de gösterilmiştir. Bir çift yıldız sisteminde ışık eğrisine etkileyen diğer parametreler sabit kalmak üzere sadece yörünge eğim açısının değişmesi durumunda ışık eğrisinin nasıl değiştiği şekil 2.7’de verilmiştir.

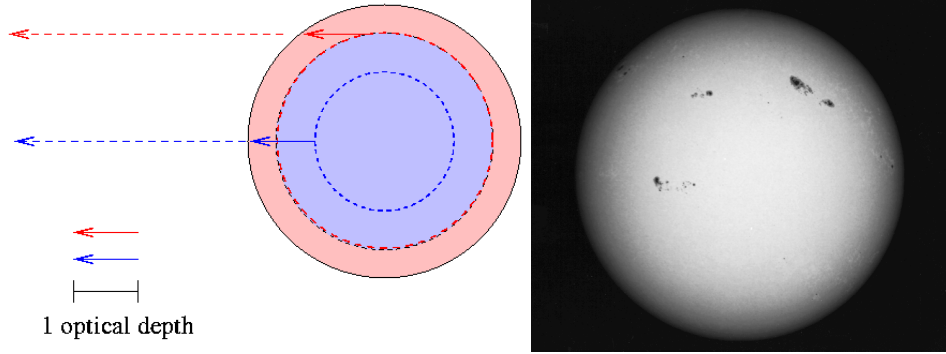


Şekil 2.7 Üç farklı yörünge eğim açısına göre çift yıldız sisteminin ışık eğrisi değişimi (Selam 2013)

Şekil 2.7’de uzun kesikli çizgi  $i=30^\circ$ , sürekli çizgi  $i=50^\circ$  ve kısa kesikli çizgi  $i=70^\circ$  açılara karşılık gelen değişimi göstermektedir. Yörünge eğim açısının büyük değerlere sahip olması, sistemde minimum derinliklerini önemli şekilde değiştirmektedir, daha büyük genlikli değişimlerin oluşmasına ve minimumlara giriş çıkış sürelerinin değişmesine neden olmaktadır. Daha büyük yörünge eğim açılarında ise tam tutulmaların oluşmasına neden olmaktadır, ki bu durumda minimum içleri düz yapıya sahip olur (şekilde gösterilmemiştir).

### 2.2.2 Kenar kararması

Bir yıldızın atmosferi içinde görülebilecek derinlik sınırı *optik derinlik*,  $\tau$ , olarak tanımlanır. Yıldız diskinin merkezi doğrultusunda bakıldığında optik derinliğin en büyük değerine sahip olan katmanlar gözlenir, ki bu yıldız atmosferinin gözlenebilen en sıcak katmanına karşılık gelir. Yıldız merkezinden kenarlara doğru gidildiğinde, optik derinliği daha küçük olan, atmosferin üst katmanları görülebilir, ki bu katmanlar merkezde görülen katmana göre daha soğuktur. Dolayısıyla bir yıldız için disk merkezinden dışarıya doğru gidildikçe daha soğuk olan dış katmanlar görülür. Bu durum disk şeklinde görebildiğimiz Güneş için gözlemsel olarak denetlenmiş ve modellenmiştir. Diğer yıldızlarda da benzer etkilerin olduğu bilinmektedir. Yıldızlar merkezi bölgeleri parlak, kenar kısımları ise merkezi bölgeye göre daha karanlık görülen cisimlerdir. Bakış açımıza ilişkin bu geometrik olay dışında kenar kararmasına etkiye bulunan diğer parametreler yıldız sıcaklığı, gözlemin yapıldığı dalgaboyu ve atmosfer donukluğuna bağlıdır. Şekil 2.8’de Güneş için alınan görüntülerde kenar kararması etkisi ile merkezi bölge ile kenar kısımlarının farklı parlaklığa sahip olduğu açık bir şekilde görülebilmektedir.



Şekil 2.8 Kenar kararması

([http://boojum.as.arizona.edu/~jill/A300b\\_files/limb.html](http://boojum.as.arizona.edu/~jill/A300b_files/limb.html),

Erişim Tarihi: 14/06/2013)

Şekil 2.8’de de görüldüğü gibi sağ şekilde Güneş diskinin merkezine göre kenar kısımları daha karanlık görülür. Sol şekilde ise, disk merkezine yakın bölgelerde optik

derinliği 1 birim olan ve atmosferin daha derin ve aynı zamanda sıcak katmanlarından gelen fotonlar bize ulaşırken, diskin kenar kısımlarında atmosferin daha üst ve soğuk katmanlarından bize fotonlar ulaşır.

Örten çift yıldızlarda örtme veya örtülme meydana geldiğinde önce yıldız diskinin kenar kısımları ve zamanla diskin merkezi bölgeleri örtülmeye başlar. Yıldız diskinin eşyönlü ışınımında bulunmaması nedeniyle bu etki gözlenen ışık eğrilerinde etkin olur ve tutulmaya ilişkin minimum bölgelerinde ilave değişimler oluşturur. Kenar kararması olayı sonucu ışık eğrilerinde tutulmalar daha erken başlar ve daha geç biter.

Yıldızlarda kenar kararması üç farklı Modelle ifade edilmiştir. Bunlar,

$$I(\mu) = I(1)[1-u(1-\mu)] \quad (\text{Doğrusal kenar kararma yasası})$$

$$I(\mu) = I(1)[1-a(1-\mu)-b \mu \ln \mu] \quad (\text{Logaritmik kenar kararma yasası})$$

$$I(\mu) = I(1)[1-c(1-\mu)-d(1-\mu^{1/2})] \quad (\text{Karekök kenar kararma yasası})$$

şeklinde dir. Burada  $\mu$  yüzeyde seçilmiş bir alan elementinin yüzey normali ile bakış doğrultumuz arasındaki açıyı,  $u$  doğrusal kenar kararma,  $a$ ,  $b$  logaritmik kenar kararma ve  $c$ ,  $d$  ise karekök kenar kararma katsayılarıdır.

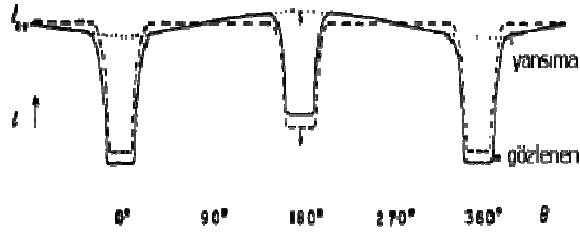
Yıldızlar için kenar kararma katsayıları, yıldızın yüzey sıcaklığı ve yüzey çekim ivmesi değerleri dikkate alınarak çeşitli araştırmacılar tarafından teorik olarak incelenmiş ve ilgili katsayılar verilmiştir. Bu konuda öne çıkan çalışmalar; Al-Naimiy (1977), Wade ve Rucinski (1985), van Hamme (1993), Diaz-Cordovez vd (1995), Claret vd. (1995)'in çalışmalarıdır.

### 2.2.3 Yansıma etkisi

Yakın çift yıldızlarda sıcak olan aynı zamanda yüksek ışınımgücüne sahip olan bileşen, soğuk ve aynı zamanda düşük ışınımgücüne sahip bileşenin kendisine bakan yüzeyini ısıtır. Soğuk bileşen, yüzeyine gelen kısa dalgaboylarındaki fotonları soğurur ve tekrar salarken, ışık düşmeyen arka yüzeye göre ilave bir ışınımında bulunur. Bu ek ışınım nedeniyle soğuk bileşenin, baş bileşene bakan tarafı daha parlak, arka tarafı ise daha sönük görülür. Çift yıldızlar yörüngesel harekette bulduklarından, soğuk bileşenin

yörünge üzerinde bulunduğu konuma göre yüzey ışınımında farklılıklar ortaya çıkacaktır.

Yansıyan ışınımın, gelen ışınımına oranı *bolometrik albedo* katsayısı (yansıma katsayısı) ile belirlenir. Yansımanın miktarı, yansıtan bileşenin atmosferik özelliklerine bağlıdır. Eğer yıldız ışınım (T>7200 K) bir yıldız ise üzerine düşen ışınımın tamamını (A=1.0), konvektif (T<7200 K) bir yıldız ise üzerine düşen ışınımın yarısını (A=0.5) yansıtır (Rucinski 1973). Genellikle ikinci minimuma girmeden ve ikinci minimumdan çıkarken ışık eğrisinde etkide bulunur. Bu evrelerde diğer bileşen yıldız tarafından aydınlatılan yıldızın yüzeyi görüleceğinden, ışık eğrilerinde bu evrelerde parlaklıklarda artma görülür (Şekil 2.9).



Şekil 2.9 Yansımanın ışık eğrisine etkisi (Binnendijk 1960)

#### 2.2.4 Çekim kararması

Yıldızların kendi eksenleri etrafında dönmeleri, onların kutuplardan basık ekvator bölgelerinde şişkin olmalarına neden olur. Yüzey çekim ivmesi, merkezden yüzeye olan uzaklık dikkate alınarak belirlendiğinden, yıldızın kutbu ile ekvator bölgeleri arasında yüzey çekim ivme değerleri farklı olacaktır. Hızla dönen bir yıldızda kutup yarıçapı, ekvator yarıçapından daha küçük olacaktır. Enerji yıldızın merkezinde üretildiği düşünüldüğünde yüzeyde gözlenecek ışınım  $1/d^2$  ( $d$ : merkez-yüzey uzaklığı) ile azalacaktır. Bu nedenle yıldızın kutbundan gözlenecek ışınım, ekvator bölgesinden gözlenecek ışınımından daha fazla olacaktır. Çekim kararması veya çekim parlaması olarak adlandırılan bu olay von Ziepel (1924) tarafından ışınım atmosferine sahip

yıldızlar için,  $\alpha=1.0$ , konvektif atmosfere sahip yıldızlarda ise  $\alpha=0.32$  (Lucy 1967) olarak belirlenmiştir.

### 2.2.5 Basıklaşma

Kendi eksenini etrafında dönmesinden dolayı yıldızlar kutup bölgelerinden basık, ekvator bölgelerinde şişkin bir hal alırlar. Dolayısıyla dönme gösteren yıldızlara küresellikten sapmış yıldızlar olarak bakılır. Böyle bir yıldızın ikinci bir bileşenin bulunması, bileşen yıldızların birbirlerine bakan yüzeylerine daha büyük çekimsel kuvvet etki edeceğinden, ilave olarak bir biçim bozulması ortaya çıkacaktır. Üç eksenli elipsoid şekline sahip olan bu tür yıldızların kendi eksenleri etrafındaki dönme ve diğer bileşeni etrafındaki dolanmaları dikkate alındığında, yıldızların farklı ölçülerde yüzey alanları gözlenebileceğinden, ışınımgücü de sürekli olarak değişim gösterecektir. Bu etki yıldızların biçimlerinin Roche geometrisi ile temsil edilerek Modellenebilmektedir.

### 2.2.6 Dışmerkezlik ( $e$ )

Yakın çift yıldızlarda yörüngelerin genellikle dairesel olduğu görülmektedir ( $e=0$ ). Bu durumun bileşen yıldızların birbirleri üzerine uyguladıkları çekimsel etkilişim nedeniyle senkronizasyona ulaşmak amacıyla ortaya çıktığı bilinmektedir. Genel olarak uzun dönemli sistemlerde (ayrık sistemler) büyük yörünge dışmerkezlikleri ile karşılaşılmaktadır. Büyük yörünge dışmerkezlik değerlerinin sistemin oluşumundan kaldığı ve zamanla dönme-dolanma kilitlemesine (senkronizasyon) ulaşacakları düşünülmektedir.

Büyük dışmerkezliğe sahip sistemlerde bileşen yıldızların yörüngedeki hızları da sabit kalmaz. Kepler yasaları gereği enberi noktasında cisimler daha hızlı, enöte noktasında ise daha yavaş hareket ederler. Aynı zamanda baş ve yoldaş bileşen arasındaki uzaklık değişeceğinden, birinci ve ikinci minimuma giriş ve çıkış sürelerinde olduğu kadar bileşen yıldızların örtülen alanları da birbirinden farklı olarak gerçekleşir. Ayrıca yörüngenin uzaydaki yönelimine bağlı olarak, birinci ve ikinci minimum arasındaki zaman farkı tam olarak dönemin yarısında ( $P/2$ ) gerçekleşmeyebilir. Bununla birlikte

bileşen yıldızlar arasındaki uzaklığın değişmesi aynı zamanda yıldızların biçimlerinin de değişmesine etkide bulunur. Değişimlerin tamamı yörünge dönemi boyunca periyodik bir şekilde ışık eğrisi üzerine etkide bulunur.

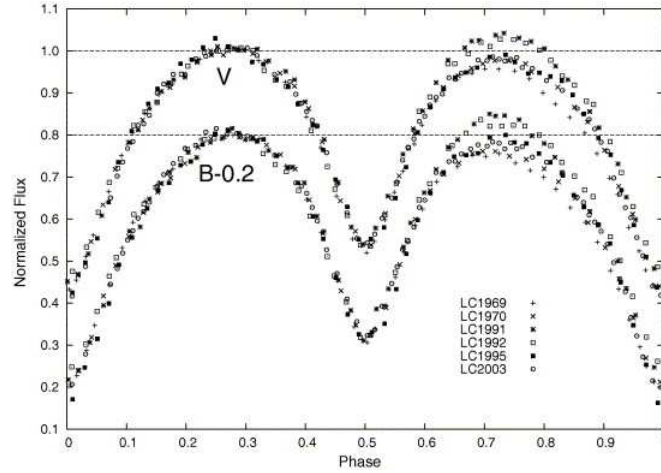
### 2.2.7 Yıldız yüzeyinde leke veya lekelerin bulunması

Güneş benzeri soğuk yıldızlarda manyetik etkinliktен dolayı yıldızın yüzeyinden daha soğuk ve görünür bölgede karanlık şekilde görülen bölgeler oluşur (Şekil 2.8 Güneş). Bu bölgelerin sıcaklıkları çevresini saran bölgelere göre daha düşüktür. Bu bölgelere “yıldız lekesi(leri)” adı verilir. Güneş örneğinde lekeler yüzeyde küçük alanlara sahip olmasına rağmen, sıradışı yıldızlarda yıldız yüzeyinin %10’undan daha fazla alan kaplayabildikleri bilinmektedir (örn. RS CVn yıldızları). Lekelerin sıcaklıkları, yıldız yüzeyinde buldukları konum ve sayıları, onların çevrim boyunca görülüp görülmemelerine bağlı olarak sistemin ışık eğrilerinde parlaklıkların değişmesine neden olabilmektedirler.

Işık eğrisi Modellemesinde bulunan programlar, yıldız yüzeyinde bulunan lekeler için dört ana parametre kullanır; lekenin enlemi ( $\phi$ ), lekenin boylamı ( $\lambda$ ), lekenin açısai yarıçapı ( $\alpha$ ) ve sıcaklık faktörü ( $T_F$ ). Günümüz ışık eğrisi analizi programlarında genel olarak lekeler dairesel biçimde oldukları kabul edilerek Modellenebilmektedir. Lekenin enlemi, yıldız yüzeyinde yer alan lekenin yıldızın belirli bir referans noktasından (yıldızın kutbuna) radyan biriminde açısai uzaklığıdır. Leke boylamı, yıldızları birbirine birleştiren doğrultuya göre saat yönünde, açısai olarak,  $0^\circ - 360^\circ$  aralığında ölçülür. Lekenin açısai büyüklüğü, lekenin yıldız yüzeyinde kapladığı alanın ölçüsüdür ve radyan birimindedir. Lekenin sıcaklık faktörü,  $T_F=T_s/T$  şeklinde tanımlanmıştır ve leke bölgesinin  $T_s$  sıcaklığının lekesiz bölgenin sıcaklığına  $T$  (yıldız fotosferinin) oranı olarak ifade edilir.

Ayrıntılı olarak inceleyebildiğimiz Güneş’te lekelerin zamanla evrimleştikleri, sayılarının arttığı veya azaldığı, sıcaklıklarının, boyutlarının ve konumlarının değiştiği bilinmektedir. Güneş benzeri yıldızlarda da benzer şekilde leke evriminin mümkün olduğu düşünülmektedir. Bu amaçla Wilson-Devinney programının 2013 sürümünde

leke parametrelerinin zamana bağılı olarak değişiminin de Modellenebilmesi mümkün hale gelmiştir. Şekil 2.10'da örten değişen bir sistemde, ikinci maksimumda leke etkinliğininin zamana göre nasıl etkide bulunduğu gösterilmiştir.



Şekil 2.10 AU Ser sisteminde leke etkinliğinin sistemin ışık eğrisini nasıl değiştirdiği gösterilmiştir (Gürol 2005)

### 2.3 Wilson-Devinney (WD) Programı

Wilson-Devinney Programının teorisi, yapısı ve matematiği gibi temel bilgiler, Wilson ve Devinney (1971), Wilson (1979, 1990) ve Wilson ve van Hamme (2003) gibi araştırmacıların çalışmalarında geniş bir şekilde verilmiştir. Wilson-Devinney (WD) analiz programının en güncel sürümü 2013 yılının Nisan ayında yayınlanmıştır<sup>1</sup>. Program temel olarak ışık ve dikine hız eğrisi Modellerinin oluşturulması ve gözlemsel veriler ile karşılaştırılarak en iyi uyumu sağlayan çözümün bulunmasını sağlayan bir programdır.

Model ilk olarak Wilson ve Devinney (1971) tarafından ortaya konulmuştur. WD, Roche geometrisi kabulü altında yıldızlara ait dönme, çekimsel bozulmalar, yansıma etkisi, kenar ve çekim kararma etkilerini modelleyebilmektedir. Yazılım Fortran dilinde

<sup>1</sup> Wilson-Devinney kaynak kodu: <ftp://ftp.astro.ufl.edu/pub/wilson/>, 2013

yazılmış olup *LC* (Light Curve) ve *DC* (Differential Correction) olmak üzere iki ana parçadan oluşmaktadır.

*LC* kısmı, yıldız ve sistemin girilen parametreleri dikkate alınarak ışık eğrisi, dikine hız eğrisi, tayfsal çizgi profili, yıldız biçimleri ile Roche geometrisi üretebilmektedir. *DC* kısmı ise MMS (Method of Multiple Subsets), L-M (Levenberg-Marquardt) ve VLR (Vector Length Reducution) yöntemlerinden birini kullanarak girdi parametrelerine bağlı olarak parametreler üzerinde ne miktarda değişim yapılırsa teorik ve gözlemsel veriler birbirleri ile daha uyumlu olduğunun hesaplamasını gerçekleştirmektedir. Bu yöntem *diferansiyel düzeltme* (DC) adı verilmektedir ve temel olarak girdi parametreleri üzerinde ne miktarda düzeltme yapılması durumunda teorik ve gözlemsel veriler arasındaki fark küçülecektir'in cevabını vermektedir. Çözüm yöntemi fark-kareleri-toplamı'nın en küçük değere ulaşmasını sağlamak için parametre değişikliklerinin ne şekilde yapılması gerektiğini veren bir programdır. Çözümün doğru olup olmadığının değerlendirmesi programı kullanan kişiye bağlıdır. Bu nedenle yöntemin kullanıcı odaklı bir yöntem olduğunu belirtmek gerekmektedir. Program, aynı fark kareleri toplamını verecek farklı parametre setlerini üretebilmektedir.

*DC* kısmının en önemli özelliği, eşzamanlı olarak birden çok bantta ışık ve dikine hız eğrisini çözebilmesidir. Farklı bant veya renkteki ışık eğrilerinin ve dikine hız eğrilerinin eşzamanlı çözümü ile serbest bırakılabilecek sisteme ait parametre sayısı azaldığından daha daha doğru çözüm parametrelerinin elde edilmesi mümkündür. Yazılım yayınlandığı tarihten günümüze kadar kapsam, hız ve hataların giderilmesi bakımından oldukça geliştirilmiştir ve 2013 sürümünde sistemin uzaklığının hesaplanması, leke evrimi, dönem değişimi ve fiziksel olarak sisteme bağlı üçüncü bileşenin varlığı gibi ilaveler yapılmıştır. Programın geliştirilme çalışmaları halen sürmektedir.

#### **2.4 PHOEBE (PHysics Of Eclipsing BinariEs) Programı**

PHOEBE arayüzü, temel olarak Wilson-Devinney (WD) programının kullanımını kolaylaştırmak amacıyla oluşturulmuş, kullanıcı dostu pencere ve seçenekleri sunan bir

programdır. Wilson-Devinney programının kullanımındaki en büyük zorluk, gözlem verisinin programa aktarılması, parametre değişikliklerinin yapılması, sonuçların incelenmesi vb. gibi sonuçların metin formatında çıktı olarak verilmesidir. Arayüz programlar bahsedilen bu zorlukları kolaylaştırmak amacıyla oluşturulmuş programlardır.

PHOEBE arayüzü, yapısal olarak *PHOEBE Lib* (bilimsel ve yazılımsal çekirdek), *PHOEBE Scripter* (Phoebe'ye özel betiklerin ve hızlı çözüm araçlarının bulunduğu Modül), *PHOEBE GUI* (kullanıcı arayüzü) olmak üzere üç Modülden oluşmaktadır. Phoebe, Unix tabanlı ve MS Windows işletim sistemleri altında çalışabilmektedir. Kullanıcıya; gözlemsel verilerin kullanımı, parametre değişiklikleri gibi birçok kolaylık sağlayarak zaman kazandıran özelliklere sahiptir.

Phoebe yazılımının son sürümü 2008-06-16 tarihinde (0.31a) yayınlanmıştır ve WD programının “2007-08-15” tarihli sürümünü kullanmaktadır. Phoebe arayüzü Wilson tarafından da desteklenmekte olup Andrej Prsa (Prsa A. and Zwitter 2006) tarafından geliştirilmiştir. Programla ilgili ayrıntılı bilgiye <http://phoebe.fmf.uni-lj.si/?q=node/32> (Erişim Tarihi: 20.03.2013) adresinden ulaşılabilir.

## **2.5 Çift Yıldızlarda (O-C) Analizi**

Örten değişen sistemlerin (O-C) analizi, uzun zaman aralıklarına dağılmış gözlenen minimum zamanlarının, doğrusal olduğu kabul edilen ışık elemanları dikkate alınarak hesaplanan minimum zamanlarına göre herhangi bir değişimin bulunup bulunmadığını bize gösterir. Gözlenen minimum zamanları (O), hesaplanan minimum zamanları ise (C) sembolleri ile gösterilir. Zamana ve çevrim sayısına göre (O-C) değerlerinin grafiksel gösterimi ile sistemde uzun zaman aralıklarında ne gibi değişimlerin bulunduğunu veya bulunmadığını bize gösteren önemli bir araçtır.

(O-C) değişiminde görülebilecek değişim türleri aşığıdaki gibi olabilir:

- Negatif veya pozitif eğime sahip doğrusal değişim veya değişimin görülmemesi,
- Parçalı doğrusal değişimler,
- Kolları yukarı yönde veya aşığı yönde olan parabolik değişim,
- Dönemli/Çevrimli değişim
- Yukarıda verilen değişimlerin farklı kombinasyonları

şekillerinde karşımıza çıkabilir. Değişimin tam yapısını ortaya çıkarabilmek için yeterince uzun zaman aralığına dağılmış gözlemsel veriye ihtiyaç duyulur. Kısa zaman aralığına dağılmış gözlemsel verilerin analizinden ancak büyük resmin küçük bir parçası görülebileceğinden genellikle hatalı çıkarımların yapılmasına neden olur.

(O-C) değişiminin zaman eksenine göre yatay ve doğrusal yapıda olması, sistem için belirlenen ışık elemanlarının doğru olduğunun göstergesidir. Şayet negatif veya pozitif eğime sahip olarak doğrusal değişim gösteriyor ise bu durumda sistem için kabul edilen ışık elemanlarında hata bulunduğunu söylemek mümkündür. Işık elemanlarının düzeltilmesi ile daha doğru  $P$  dönemi ve  $T_0$  başlangıç zamanı değerleri elde edileceğinden bu düzeltme sonucunda (O-C) değişimi zaman eksenine paralel bir doğru şekline dönüşecektir. Bu tür bir inceleme sistem için doğru dönem değerlerinin elde edilmesi için önemlidir.

(O-C) değişimi eğer parçalı doğrular ile temsil ediliyorsa bu durumda sistemde zaman zaman dönem değişimlerinin gerçekleştiğini söylemek mümkündür. Böylesi sistemler için parçalı doğrulara gerçekleştirilecek doğrusal fitlerden yararlanılarak belirli zaman aralıkları için sistemin  $P$  dönem değerleri elde edilir. Herbir doğru parçası için elde edilen dönem değerlerinin zamana göre değişimi incelendiğinde sistemde dönem değişiminin yapısını ortaya çıkarmak mümkündür. Örneğin bu tür değişimler bileşen yıldızlar arasında zaman zaman gerçekleşebilecek kütle aktarımı sonucunda ortaya çıkabilir.

(O-C) değişiminini parabolik yapıya sahip olması sistemde bileşen yıldızlar arasında düzenli bir şekilde kütle aktarımının gerçekleşiyor olduğunu gösterir. Parabolün kollarının yönü, büyük kütleli bileşenden küçük kütleli bileşene veya küçük kütleli bileşenden büyük kütleli bileşene kütle aktarımını gösterir. Bileşen yıldızların evrimleri hangi bileşenden kütle aktarımının gerçekleşeceğini gösteren önemli bir bilgi olacaktır. Özellikle yakın çift yıldız sistemlerinde eğer ortak zarf oluşmuş ise bu durumda yıldızların evrimlerine devam etmeleri halinde sistemden kütle kaybı gerçekleşebilir ki bu durum da yine parabolik bir (O-C) değişiminin gerçekleşmesine neden olacaktır.

Dönemli veya çevrimli (O-C) değişiminin çeşitli nedenleri olabilir. Bu nedenlerden en önemlisi çift yıldız sistemine bağlı bir veya daha fazla sayıda başka yıldızların bulunmasıdır. Şayet sisteme bağlı üçüncü bir bileşen varsa bu durumda çift yıldız sistemi ile birlikte üçüncü bileşen ortak kütle merkezleri etrafında yörüngesel harekette bulunacaklarından, minimum zamanları çevrimli bir şekilde, ışık-zaman etkisi nedeniyle değişim gösterecektir. Şayet sisteme bağlı daha fazla sayıda bileşen bulunuyorsa bu durumda çevrimli değişim de çok dönemli yapıya sahip olmalıdır.

Çevrimli değişime neden olabilecek bir başka olay ise ışık eğrilerinde minimum bölgelerinin dönemli olarak biçim değiştirmesi olabilir. Şayet yıldız yüzeyinde lekeler bulunuyorsa ve bu lekeler minimumların şeklini değiştiriyorsa bu durumda gözlenen minimum zamanlarında değişimler ortaya çıkacaktır. Dönme/dolanma kilitlenmesi gerçekleşmemiş sistemlerde bileşen yıldızların kendi eksenleri etrafındaki dönme hızları yörünge dönemleri ile aynı olmayacağından, lekelerin yıldız yüzeyinde hareket etmesine ve bu durum ise dönemli olarak ışık eğrisinde minimum bölgelerinin hareket etmesine yol açabilir. Dolayısıyla (O-C) değişiminde minimumların lekeler nedeniyle etkilenmesi sonucunda çevrimli bir değişim ortaya çıkabilir. Genel olarak bu tür değişimlerin kısa zaman aralıklı ve küçük genlikli değişimlere neden olabileceği bilinmektedir (Kalimaris vd. 2002).

Leke etkinliğinin Güneş için çevrimsel bir yapıya sahip olduğu bilinmektedir. Çift yıldız bileşenlerinde de böylesi durumlar gerçekleşiyor olabilir. Bu durumda çok uzun dönemli çevrimsel değişimlerin görülebilmesi mümkündür. Fakat sistemde manyetik

etkinlik nedeniyle gerçek anlamda dönem değişiminin görülebilmesi de mümkündür. Bu durum özellikle manyetik etkinlik gösteren geç tayf türünden yıldızlarda, manyetik lopların, yıldızların kendi eksenleri etrafındaki dönme hızlarının yavaşlatması sonucu ortaya çıkabilir. Yıldızların dönme hızlarının yavaşlaması, dönme/dolanma kilitlenmesinin sağlanması yönündeki davranış sonucunda sistemin döneminin değişmesine yol açacaktır. Manyetik etkinliğin dönemli gerçekleşmesi durumunda ise yine çevrimli dönem değişimi ile karşılaşmak mümkün olacaktır.

Fiziksel açıdan bakıldığında ise herhangi bir sistemde (O-C) değişimine neden olabilecek olaylar ve nedenleri aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Özellikle yakın çift yıldız sistemlerinde bileşen yıldızlar arasında kütle aktarımı
- Yakın çift yıldız sistemlerinde sistem dışına kütle kaybı
- Yakın çift yıldız sistemlerinde ortak zarfa kütle aktarımı
- Kütle aktarımı nedeniyle diğer bileşen etrafında disk yapısının oluşması
- Manyetik etkinlik; yıldız yüzeyinde lekelerin bulunması, lekelerin zamana bağlı olarak yer değiştirmesi, lekelerle ilişkin manyetik loop'ların manyetik frenlemeye neden olması
- Eksen dönmesi
- Sisteme bağlı üçüncü (ve daha fazla) cismin çekimsel olarak bağlı olması
- Bileşen yıldızların evrimi

Yukarıda gerçek anlamda dönem değişimine neden olabilecek etkiler bulunabileceği gibi gerçekten dönem değişimine neden olmayacak fakat (O-C) değişimine neden olabilecek etkiler de bulunabilir. Herhangi bir sistem için yukarıda sayılan nedenlerden sadece biri değil, birkaçının aynı anda etkide bulunması da mümkün olabileceğinden bu tür analizler ve nedenlerinin ortaya çıkarılması ancak çok uzun zaman aralığına dağılmış gözlemsel verilerin incelenmesi ile mümkündür.

### 2.5.1 Kütle aktarımı

Çift yıldız sisteminde bileşen yıldızlar arasında korunumlu kütle aktarımı bulunması durumunda  $O - C$  diyagramında parabolik bir değişim görülür.

Gözlenen minimum zamanları:

$$O = T_{0l} + P_0 \cdot E + A \cdot E^2 \quad (2.2)$$

Hesaplanan minimum zamanları;

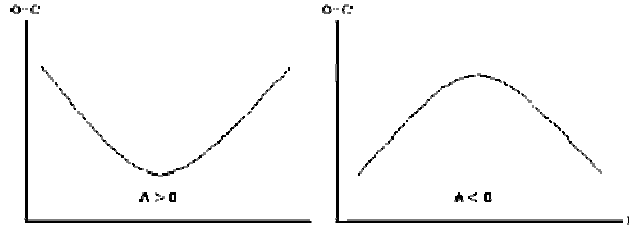
$$C = T_0 + P \cdot E \quad (2.3)$$

olup, sistemin  $O - C$  değişimi;

$$O-C = (T_{0l} - T_0) + (P_0 - P) \cdot E + A \cdot E^2 = \Delta T_0 + \Delta P \cdot E + A \cdot E^2 \quad (2.4)$$

olarak ifade edilir.

$\Delta T_0$ ,  $T_0$  zamanının yanlışlığından kaynaklanan düzeltme ( $P$ 'yi etkilemez),  $\Delta P$ , dönemdeki değişim miktarı (çevrim başına) ve  $A$ , kütle aktarımı sonucunda dönemde meydana gelen değişimini temsil eden katsayıdır. Sistem için literatürden derlenen ve elde edilen her bir minimum zamanı için çevrim ( $E$ ) sayısına karşılık gelen  $O-C$  değeri hesaplanır ve elde edilen grafiğe denklem 2.4 fit edilir. Fit işlemi gerçekleştirildikten sonra,  $\Delta T_0$ ,  $\Delta P$  ve  $A$  değeri hesaplanır. Eğer  $A > 0$  durumu söz konusu ise dönem düzenli olarak artıyor demektir ve kütle aktarımı küçük kütleli bileşenden büyük kütleli bileşene doğru demektir. Eğer  $A < 0$  durumu söz konusu ise, dönem düzenli olarak azalıyor ve kütle aktarımı büyük bileşenden küçük bileşene doğru demektir (Şekil 2.11).



Şekil 2.11 Korunumlu kütle aktarımının  $A > 0$  ve  $A < 0$ 'a göre değişimi (Selam 2013)

Sistemde çevrim başına gerçekleşen dönem değişimi şu şekilde ifade edilir.

$$\frac{dP}{dE} = 2A \text{ (gün/çevrim)} \quad (2.5)$$

Denklem 2.5'i sistemin dönemine bölersek bir günde gerçekleşen dönem değişimi elde edilir.

$$\Delta P_{(g)} = (dP/dE)/P = 2A/P \text{ (gün/gün)} \quad (2.6)$$

Bir yıldaki dönem değişimi;

$$\Delta P_{(y)} = 2A \times 365.25/P \text{ (gün/yıl)} \quad (2.7)$$

Elde edilir. Sistemin  $\text{yıl}^{-1}$  birimindeki dönem değişim miktarı da;

$$\Delta P/P = 2A/P^2 \times 365.25 \text{ (yıl}^{-1}\text{)} \quad (2.8)$$

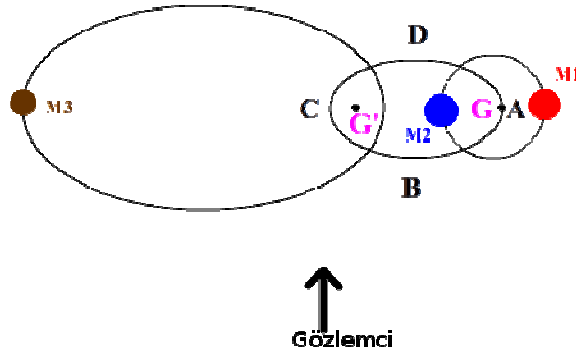
Sistemin bir yılda Güneş kütlesi cinsinden aktardığı kütle de;

$$\Delta M_1 = \frac{1}{3} \frac{\Delta P}{P} \frac{M_1 \cdot M_2}{M_1 - M_2} \text{ (} M_{\odot}/\text{yıl)} \quad (2.9)$$

bağıntısı ile elde edilir.

### 2.5.2 Işık-Zaman etkisi

Çift sisteme kütle çekimsel olarak bağlı ilave bir bileşen varsa, sistemin gözlenen minimum zamanlarında dönemli bir değişim olacaktır. Bu değişimin  $O-C$  diyagramında sinüsel (çevrimsel) olarak kendini gösterir (Şekil 2.13). Bu etkiye *ışık-zaman etkisi* (*light-time effect*) adı verilmektedir. Çiftin üçüncü cismin etkisiyle ortak kütle merkezi etrafında ( $G'$ ) dolanması sonucu ortaya çıkar ve sistemin döneminde gerçek bir değişim olmaz. Bu etki ışık hızının sonlu olması ve çift sistemin dönemli olarak bizden uzaklaşması ve yaklaşması nedeniyle ortaya çıkan görelî bir değişimdir.



Şekil 2.12  $M_1$ ,  $M_2$  ve  $M_3$  örten değişen çoklu sisteminin ortak kütle merkezi etrafında ( $G'$ ) dolanması (Selam 2013)

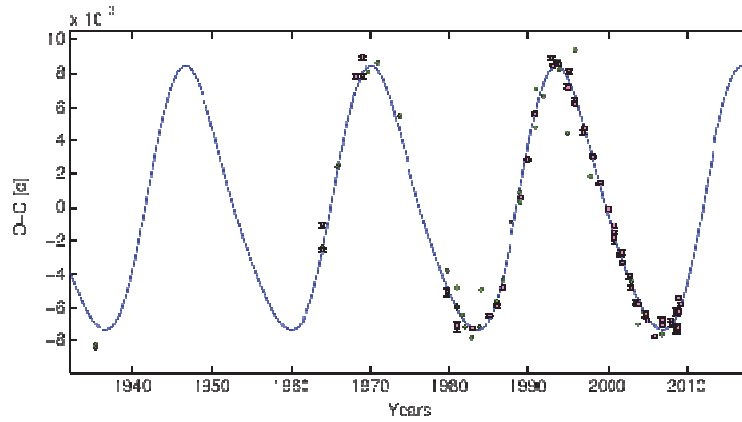
Işık-zaman etkisinden dolayı  $O-C$  değişimi çevrimli bir yapıya sahip olur. Bu çevrimli yapıya ilişkin ışık-zaman etkisini içeren bağıntı (Irwin 1959, Mayer 1990) aşağıdaki gibidir;

$$O-C = \frac{A_{LTE}}{\sqrt{(1-e_3^2 \cos^2 \omega_3)}} \left\{ \left[ \frac{1-e_3^2}{1+e_3 \cdot \cos \nu} \sin(\nu + \omega_3) \right] + e_3 \sin \omega_3 \right\} \quad (2.10)$$

$O-C$  eğrisinde sinüsel değişimin gün biriminde genliğini  $A_{LTE}$  olup denklem 2.11 ile ifade edilir.

$$A_{LTE} = \frac{1}{2}[(O-C)_{\max} - (O-C)_{\min}] = \frac{a_{12} \cdot \sin i' \sqrt{(1-e_3^2 \cos^2 \omega_3)}}{173.15} \quad (2.11)$$

Burada  $a_{12}$  ikili sistemin  $G'$  etrafındaki görüngesinin yarı büyük eksen uzunluğu,  $e_3$  dışmerkezliği,  $\omega_3$  en beri noktasının boylamı,  $i$  yörünge düzleminin eğim ve  $v$  gerçel anomali açısını ifade etmektedir. Işık–zaman etkisi sistemde gerçek bir dönem değişimi olduğunu göstermez.



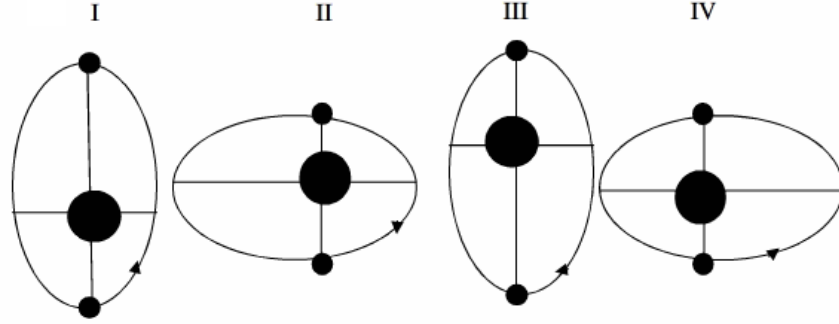
Şekil 2.13 AR Aur sisteminin ışık–zaman etkisinden kaynaklı O–C değişimi (Mikulasek vd. 2010)

### 2.5.3 Eksen dönmesi

Büyük dışmerkezliğe sahip çift yıldız sistemlerde eğer yörünge doğrultusu uzayda sabit kalmıyor ve dönüyor ise bu durumda ışık eğrisi üzerinde üç belirgin değişim ortaya çıkar;

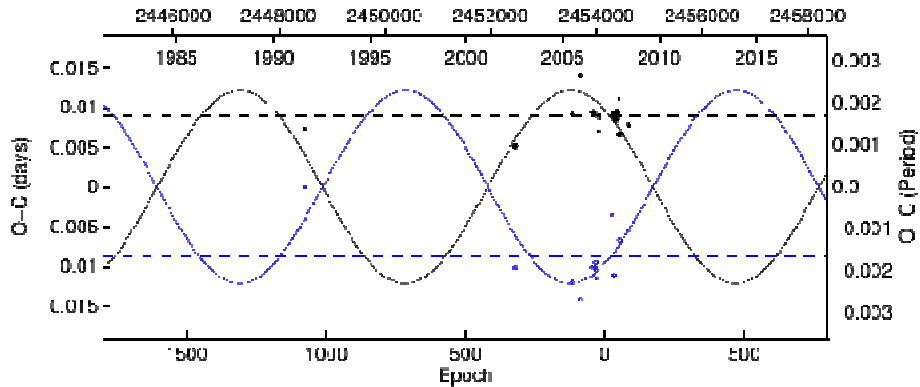
- Her iki minimum için minimumlara giriş ve çıkış sürelerinde farklılık,
- Bileşen yıldızların örtülen alanlarının birbirinden farklı olması,
- Birinci minimuma göre ikinci minimumun tam olarak 0.5 evresinde oluşmaması ve zamanla 0.5 evresi civarında yer değiştirmesi.

Büyük dışmerkezliğe sahip yörüngenin uzayda yön değiştirmesi üçüncü bir bileşenin tedirginlik etkisi sonucu gerçekleşebileceği gibi, sistemin ilk oluşumundan kalan bir etki de olabilir.

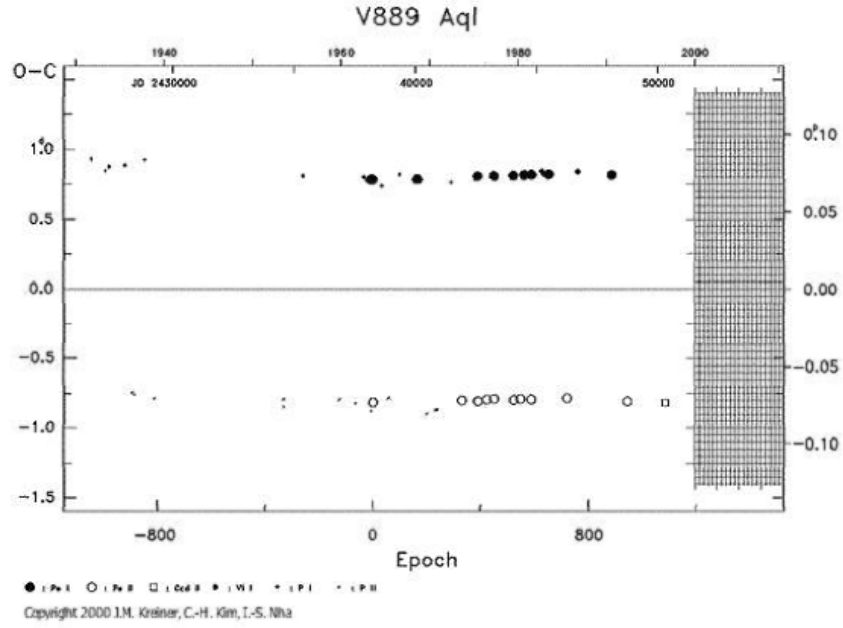


Şekil 2.14 Yörünge doğrultusunun uzayda yer değiştirmesi (dönmesi) (Bozkurt 2006)

Eksen dönmesine (Şekil 2.14) sahip sistemlerde birinci ve ikinci minimum zamanları birbirlerine zıt fazda değişim gösterirler ve bu değişim çevrimli bir yapıya sahiptir. Genel olarak sinüsel bir değişime sahip olan bu sistemler için birbirine paralel çevrimli değişim gösteren örnekleri de bulunur (Şekil 2.15-16). Eksen dönmesi gösteren sistemlerin analizlerinden bileşen yıldızların iç yapı sabitine ulaşılabilmektedir. Bu ise teori ile gözlemsel bulguların karşılaştırılmasının yapılması açısından önemlidir.



Şekil 2.15 SY Phe sisteminin O-C analizi grafiği (Zasche 2012)



Şekil 2.16 Algol türü örten değişen sistem olan V889 Aql sisteminde eksen dönmesi (Kreiner vd. 2000)

#### 2.5.4 Manyetik etkinlik

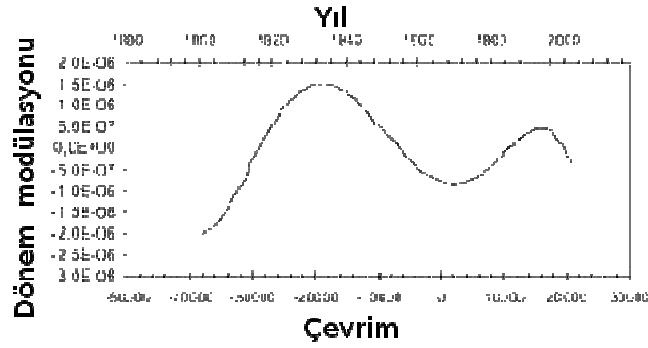
Yıldızlarda manyetik etkinlik, en yakınımızda bulunan Güneş için ayrıntılı olarak gözlenebilen ve yıllar boyunca da takip edilen bir durumdur. Güneş lekelerinin çevrimli olarak sayılarının artması veya azalması, lekelerin yüzeyde zamana bağlı olarak yer değiştirmeleri gibi olaylar ayrıntılı olarak bilinmektedir. Güneş benzeri yıldızlarda (geç tayf türünden) da lekelerin olması beklenen bir durumdur ve bunun en güzel örnekleri RS CVn türü örten değişen yıldızlarda görülmektedir.

Yıldızlarda manyetik etkinliğin varlığını gösteren çeşitli gözlem yöntemleri bulunur. Kromosferik aktivite kendisini yıldız tayflarında gösteren önemli bir özelliktir ve Ca II H ve K çizgi salmaları şeklinde gösterebilmektedir. Birçok yıldızda bu türden aktivitelerin bulunduğu bilinmektedir. Onun dışında yıldız yüzeylerinin modellenmesi amacıyla kullanılan Doppler Görüntüleme (*Doppler Imaging*) yöntemleri ile birçok yıldızın yüzeyinde lekelerin bulunduğu ve bu lekelerin düzensiz yapılara sahip olduğu gösterilmiştir (AE Phe ve YY Eri sistemi için Maceroni vd. (1994); VW Cep sistemi

için Hendry ve Mochnacki (2000); AE Phe için Barnes vd. (2004); SW Lac için Şenavcı vd. (2011)).

Yıldız aktivitesinin bir göstergesi olan lekeler aynı zamanda manyetik alanın güçlü olduğu bölgeleri gösterir. Güneş örneğinde leke bölgelerinde manyetik alanın 5000-6000 Gauss boyutlarına ulaştığı bilinmektedir. Lekelere eşlik eden manyetik looplar aynı zamanda yıldızların uzayla etkileşiminde etkin olan yapılardır.

Bir çift yıldız sisteminde bileşenlerden birinde veya her ikisinde görülen manyetik etkinlik, bileşen yıldızların dönme hızlarının değişmesine ve yörünge döneminde değişimlere neden olur. Manyetik etkinliğin artması ile dönemde artma, manyetik etkinliğin azalması ile de dönemde azalmalar görülmektedir (Applegate 1992). Bu değişimin dönemli meydana gelmesi O-C grafiğinde sinüsel yapıların ortaya çıkmasına neden olur (Şekil 2.15). Sistem için oluşturulan O-C değişimine bakarak doğrudan değişimin kaynağının manyetik etkinlik olduğunu söylemek mümkün değildir. Manyetik etkinliğin bulunduğunu gösteren başka deliller ile desteklenerek analizler gerçekleştirilmelidir.



Şekil 2.17 CG Cyg sisteminin manyetik dönem Modülasyonu (Tsantilas 2007)

Manyetik etkinlikten kaynaklı çevrimsel yapının ışık–zaman etkisinden kaynaklı çevrimden ayıran başlıca göstergeler şunlardır:

- Bileşenlerden en az biri geç tayf türünden olmalıdır (F, G, K),
- Manyetik etkinlikten kaynaklı çevrimsel yapı, ışık–zaman etkisine göre daha kararsız yapıya sahip olması,
- Applegate kuramına göre (Applegate 1992), sistemin döneminde gerçekleşen değişim aynı zaman da sistemin rengi ve ışınım gücü ile uyum göstermelidir. Etkin yıldızın iç katmanı, dış katmanlarına göre hızlı dönüyorsa sistemdeki dönem değişimi, ışık değişimi ile eş evreli olmalıdır. Eğer daha yavaş dönüyorsa sistemin dönem değişimi, ışık değişimi ile  $180^\circ$  farklı evreli olmalıdır. Değişim evreleri bu iki duruma da uymuyorsa, çevrimli enerji akışı konvektif katmanı yavaşlatarak, farklı evrelerde ışınım değişimine neden olacaktır. Applegate kuramının bir diğer öngörüsü de, aktif yıldızın parlaklığı maksimum olduğunda sistemin renginin en mavi halde olmasıdır (B–V değerinin küçülmesidir).

Yukarıda verilen bilgiler ışığında bir sistemde görülen O-C değişiminin temel nedenlerinin neler olabileceği ortaya konmuştur. Herhangi bir sistemde belirtilen bu nedenlerden hangisinin veya hangilerinin aynı anda bulunduğu doğru olarak belirlenebilmesi güç bir olaydır. Ortaya konulacak neden veya nedenleri destekleyecek başka gözlemsel delillerin ortaya konulabilmesi durumunda daha gerçekçi ve doğru çıkarımlarda bulunulması mümkündür.

Literatürde  $\beta$  Lyrae olarak sınıflandırılmış olan ve analizini gerçekleştirmeyi hedeflediğimiz sistemlere ilişkin bilgiler bir sonraki bölümde verilecektir.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1 Materyal

Literatürde  $\beta$  Lyrae olarak sınıflandırılmış ve bu çalışma kapsamında seçmiş olduğumuz sistemlerin gözlemleri AÜG'de bulunan 40 cm çapındaki Kreiken (Meade LX200 16") teleskobu ve ona bağlı 11' x 11' görüş açısı ile Apogee ALTA U47+ CCD kamerası ve Johnson UBVRİ filter sistemi kullanılmıştır. Gözlemsel verilerimizde bulunan harici etkilerin giderilebilmesi için her gözlem gecesinde Bias, Dark ve Flat görüntülerinin alınmasına özen gösterilmiştir. Alınan CCD görüntüleri IRAF yazılımı kullanılarak önce Bias ve Dark etkileri giderilmiş ve ardından Flat düzeltmesi gerçekleştirilmiştir. Bu düzeltmelerin gerçekleştirildiği yıldız görüntülerinden yararlanarak gözlemleri gerçekleştirilen yıldızlara ilişkin diferansiyel parlaklık değerleri uygun mukayese yıldızı ve denet yıldızı seçilerek hesaplanmıştır. Gözlem zamanları Güneş merkezine indirgenmiş ve atmosferik sönmüleme etkisi giderilmiştir. CP Cam, DZ Lyn ve EG Cep yıldızları dört bantta elde edilen ışık eğrileri kendilerine özgü ışık elemanları kullanılarak evrelendirilmiştir. Işık eğrilerinin analizi günümüzde bu alanda yaygın olarak kullanılan Wilson-Devinney programının 2007 sürümü için hazırlanmış olan PHOEBE (0.31a) arayüzü ve sistemlerden biri için ise henüz yeni yayınlanmış olan Wilson-Devinney 2013 sürümü kullanılmıştır. Gözlemsel verilerden yararlanarak ışık eğrilerinden minimum zamanları AVE (Análisis de Variabilidad Estelar<sup>2</sup>) kullanılarak hesaplanmış ve hataları ile birlikte verilmiştir.

#### 3.2 Yöntem

Yıldız astrofiziğinde, yıldız yapılarını belirleyen çok sayıda parametre mevcuttur. Bu parametrelerin belirlenmesinde, gözlemsel özellikler açısından sağladıkları kolaylıklar nedeniyle yakın çift yıldızlar ve özellikle örten çift yıldızlar bir ayrıcalığa sahiptir. Bunlar çekimsel kuvvetlerle birbirine bağlı olan ve ortak bir kütle merkezi etrafında Kepler yasalarına göre yörünge hareketi yapan en az iki yıldızdan oluşan sistemlerdir.

---

<sup>2</sup> AVE, Analisis de Variabilidad Estelar <http://www.astrogea.org/soft/ave/aveint.htm>, Erişim Tarihi: 2013.

Işık eğrilerinin belirli kuramlar altında çözümlenmesi sonucu fiziksel parametrelerine doğrudan ulaşılabilir. Doğru fiziksel parametrelere ulaşabilmek için hiç kuşkusuz sağlıklı gözlemlerin yanı sıra hızlı, güvenilir ve gerçekçi fiziksel modellere dayalı çözüm yöntemlerinin kullanılması gerekmektedir.

Seçilen sistemlerin öncelikle gözlemlerinden elde edilen ışık eğrilerinin “ışık eğrisi” analizi yapılmıştır. Wilson-Devinney sentetik ışık eğrisi yöntemi, kuramsal eğriyi Roche geometrisine göre hesaplamaktadır. Hesaplanan bu ışık eğrisi, gözlemlerle karşılaştırılarak parametreler için düzeltmeler bulunmaktadır. Roche geometrisinde bileşenlerin kütle oranı  $q=m_2/m_1$  çok önemlidir. Yöntem küçük düzeltmelerle sonuca yaklaştığı için eğer başlangıç parametreleri gerçek parametrelerden çok uzaksa çözüme ulaşılması çok daha zor olabilmekte ve hatta bazen olanaksızdır. Bu nedenle  $q$  kütle oranı başlangıç parametresinin, gerçeğe yakın bir degerde seçilmesi gerekir. Kütle oranı, çift çizgili örten çift yıldızlarda tayfsal olarak bulunabilmektedir. Sistemlerin ışık eğrisi analizlerinin yapılması için gerekli başlangıç parametreleri, daha önce çalışılmamış sistemler için  $i$ - $q$  taraması yapılarak ve sistemin fiziksel karakteristikleri (ışık eğrileri) düşünülerek araştırılmış ve seçilmiştir. Bu yöntemler “KURAMSAL TEMELLER” ve “BULGULAR” bölümünde ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Daha sonra ışık eğrisi analizinden elde edilen bazı parametreleri ve sistemlerin literatürdeki minimum zamanları toplanarak “dönem değişim analizleri” yapılmıştır. Sistemlerin bu sonuçlar ışığında, dönemlerindeki değişim mekanizmaları da irdelenmiştir.

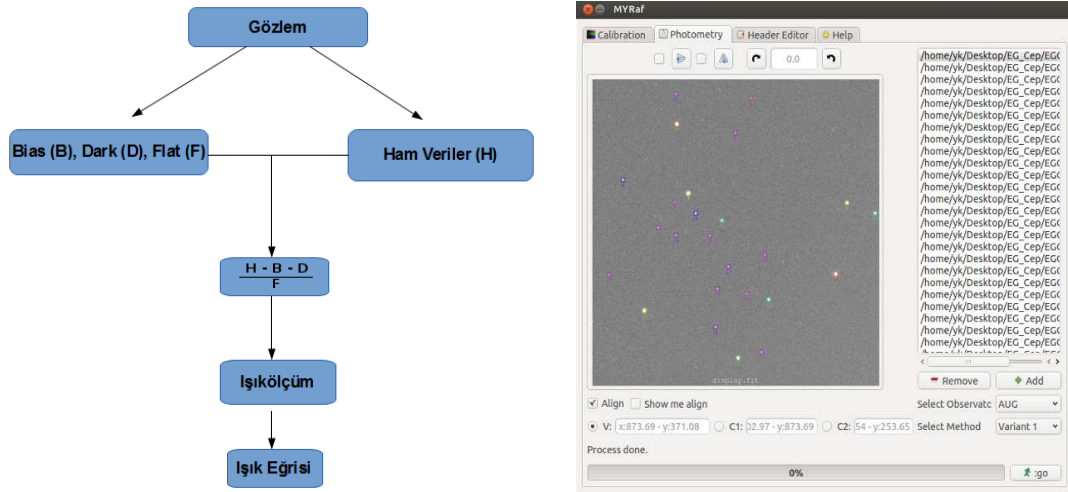
## 4. BULGULAR

### 4.1 Gözlem

CP Cam, DZ Lyn, EG Cep sistemlerinin AÜG’de yapılan gözlemleri sonucunda elde edilen verilerinin ışık eğrisi analizi ve dönem değişim analizleri sırasıyla gerçekleştirilerek aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

### 4.2 Analiz

Sistemlerin ışık eğrilerini elde etmek amacıyla ve minimum zamanlarının hesaplanmaya hazır hale getirilmesi için Şekil 4.1’de bir ekran görüntüsü verilen, IRAF (v2.14), PyRAF (v2.12) ve *alipy* yazılımlarını kullanan MYRaf<sup>3</sup> (v1.0 beta ve v1.5 beta) yazılımı bu çalışma ile geliştirilerek kullanılmıştır (Kılıç ve Shemeoni 2013). Ayrıca verilerin grafike edilmesi ve düzenlenmesi anlamında *gnuplot* (v4.6.0), *apache* (v2.0), *mysql* (v5.5), *php* (v5), *octave* (v3.2.4) ve *libreoffice calc* (v3.5) ‘dan yararlanılmıştır. Gözlemsel verilerin indirgenmesinde standart indirgeme adımları (Bias, Dark, Flat düzeltmeleri) Şekil 4.1’deki gibi uygulanmıştır.



Şekil 4.1 Standart indirgeme adımları ve MYRaf yazılımı

<sup>3</sup>MYRaf Project, <http://myrafproject.org>, Erişim Tarihi: 14/06/2013.

Gözlemsel verilerden minimum zamanları hesaplamak için AVE (2.51) yazılımından yararlanılmıştır. Sistemlerin ışık eğrisi analizleri için WD 2007, 2013 ve PHOEBE (0.31a) yazılımı kullanılmıştır.

### 4.3 CP Cam

CP Cam (HIP 15321, TYC 4057-2457-1,  $V_{max}=10^m.750$  ) literatür bakımından pek zengin geçmişe sahip olan bir sistem değildir. Hipparcos gözlemleri ile keşfedilmiş olan sistemin GCVS'deki değişen yıldız ismi Kazarovetsn vd. (1999) tarafından yapılmıştır ve sistem bu çalışmada EB – türü olarak sınıflandırılmıştır. CP Cam ile ilgili minimum zamanları Krajci (2006), Diethelm (2012), Demircan vd. (2011) tarafından verilmiş ve minimum zamanları haricinde kayda değer bir bilimsel çalışmaya literatürde rastlanmamıştır. CP Cam'la ilgili literatürde bulunan bilgiler çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1 CP Cam ile ilgili mevcut literatür bilgileri

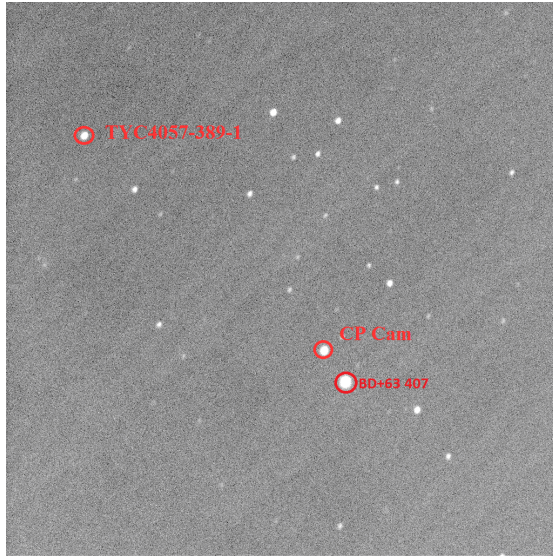
Parametre	Değer	Kaynak
Koordinat (FK5, 2000)	$\alpha$ : 03°17'39" $\delta$ : +64°12'20"	Simbad (2013)
P (gün)	0.796716	AAVSO <sup>4</sup>
Genlik (A)	0 <sup>m</sup> .48	Malkov vd. 2006
B-V	0 <sup>m</sup> .562, 0 <sup>m</sup> .573, 0 <sup>m</sup> .41	Hog vd. (2000), Hanson vd. (2003) Kharchenko vd. (2009),
Tayf Türü	A0, F6V	Wright vd. (2003) Myers vd. (2002), Pickles vd. (2010)
T <sub>e</sub>	6330 K	Ammons vd. (2006)
Uzaklık (pc)	108, 236	Ammons vd. (2006), Pickles vd. (2010)
B	10 <sup>m</sup> .96, 10 <sup>m</sup> .75	Bu çalışma
V	10 <sup>m</sup> .59	Bu çalışma
R	10 <sup>m</sup> .36	Bu çalışma
I	10 <sup>m</sup> .07	Bu çalışma
J	9 <sup>m</sup> .72	Cutri vd. (2003)
H	9 <sup>m</sup> .60	Cutri vd. (2003)
K	9 <sup>m</sup> .53	Cutri vd. (2003)

<sup>4</sup> <http://www.aavso.org/>, Erişim Tarihi:14/06/2013.

Çalışmamızda CP Cam sistemi için kullanılan mukayese ve denet yıldızı çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2 CP Cam için kullanılan mukayese ve denet yıldızı için parlaklıklar

Sistem	Koordinat	(FK5 2000)	Parlaklık (B) (Simbad)	Parlaklık (V) (Simbad)	Parlaklık (R) (Bu çalışma)	Parlaklık (I) (Bu çalışma)
TYC4057-389-1 (Mukayese)	$\alpha$ : 03 16 56.788 $\delta$ : 64 17 03.93		12 <sup>m</sup> .14	11 <sup>m</sup> .82	11 <sup>m</sup> .62	11 <sup>m</sup> .26
BD+63 407 (Denet)	$\alpha$ : 03 17 45.297 $\delta$ : 64 11 55.43		10 <sup>m</sup> .16	8 <sup>m</sup> .86	11 <sup>m</sup> .48	11 <sup>m</sup> .13



Şekil 4.2 CP Cam, mukayese ve denet yıldızının bulunduğu bölgeye ait CCD görüntüsü

CP Cam’ın bulunduğu bölgeye ait CCD görüntüsü Şekil 4.2’de verilmiştir. CP Cam örten değişen sisteminin AÜG’de yapılan gözlemlerin tarihleri, hava durumu, kullanılan veri sayısı ve gözlemcileri çizelge 4.3’te verilmiştir.

Çizelge 4.3 CP Cam sisteminin AÜG gözlemleri

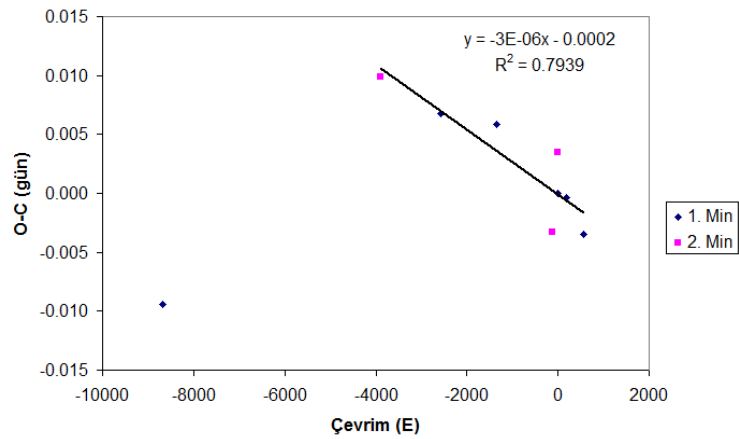
Tarih	Veri Sayısı				Hava Durumu/Arıza	Gözlemciler
	B	V	R	I		
2010-07-31	205	225	226	225	Parçalı Bulutlu	YD
2010-08-01	158	158	158	158	Parçalı Bulutlu / Filtre Tekerleği	ZT, MD
2010-08-03	207	211	210	210	CCD arızası	GG
2011-10-08	117	118	118	118	Tül Bulutlu - Parçalı Bulutlu	GG
<b>Toplam</b>	<b>687</b>	<b>712</b>	<b>712</b>	<b>711</b>		

**YD:** Yahya Demircan; **ZT:** Zahide Terzioğlu; **MD:** Muhammed Diyaddin; **GG:** Gökhan Gökay

#### 4.3.1 Işık elemanları

CP Cam sistemine ait ikisi bu çalışmada elde edilmiş olan toplam 10 adet minimum zamanı bulunmaktadır. O-C analizi için denklem 4.1'deki ışık elemanları kullanılmıştır. Yayınlanan minimum zamanları çizelge 4.4'te verilmiştir. Çizelge 4.4'teki ccd; CCD kullanılarak yapılan gözlemi belirtmektedir. Bu noktalar kullanarak analiz yapılmış ve Min I (HJD), denklem 4.2 ile verilmiştir.

$$\text{Min I (HJD)} = 2455412.2942 + 0^{\text{g}}.796713 \times E \quad (4.1)$$



Şekil 4.3 CP Cam sistemi için O-C grafiği

Çizelge 4.4 CP Cam sisteminin minimum zamanları

HJD (+2400000)	Hata	Çevrim (E)	O-C	Min. Türü	Filtre	Kaynak
48500.0047		-8676.0	-0.0094	1	V	Hipparcos
53364.7472	0.0002	-2570.0	0.0068	1	CCD	IBVS 5690
54337.5330	0.0002	-1349.0	0.0058	1	R	IBVS 5690
55412.2942	0.0009	0.0	0.0000	1	BVRI	IBVS 5965
55559.6858	0.0003	185.0	-0.0004	1	V	IBVS 5960
55852.8737	0.0004	553.0	-0.0035	1	CCD	IBVS 6011
52310.3000	0.0100	-3893.5	0.0099	2	CCD	BBSAG 127
55308.3205	0.0100	-130.5	-0.0033	2	CCD	IBVS 5960
55409.5085	0.0006	-3.5	0.0035	2	BVRI	IBVS 5965

(1) BBSAG Bulletins [<http://www.astronomie.info/bbsag/bulletins/>, 2013]; (2) IBVS Bulletins [<http://www.konkoly.hu/IBVS/>, 2013]; (3) GSV Search Gateway; Czech Astronomical Society

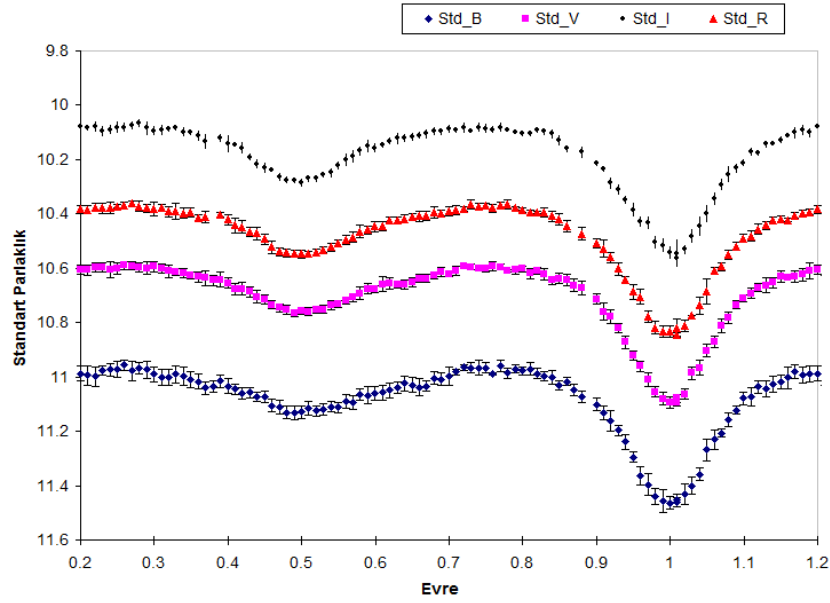
$$Min I (HJD) = 2455412.2940 + 0^{\circ}.7967100 x E \quad (4.2)$$

Şekil 4.3’de verildiği üzere CP Cam sisteminin dönem analizi elimizde bulunan çok az sayıda minimum zamanı dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.3’de görülen ve Hipparcos uydusu gözlemleri ile elde edilen ilk minimum zamanı sonraki gözlenen minimum zamanlarından aykırı bir konumda bulunmaktadır. Bu gözlemsel noktanın doğru olduğu kabul edildiğinde değişim bir parabol ile ve/veya sinüsel değişimin bir parçası olarak yorumlanabilir. Sisteme özgü minimum zamanı sayısının azlığı ve çevrim sayısının kısa olması, gerçekçi bir modelin oluşturulmasında güçlüğe neden olmaktadır.

Hipparcos tarafından elde edilen minimum zamanı dikkate alınmadığında ise şu an için gerçekleştirilebilecek tek analizin ilgili bölgeyi dikkate alarak yeni ışık elemanlarının belirlenmesi olabilmektedir. Bu nedenle Şekil 4.3’de dikkate alınan bölge için doğrusal bir fit gerçekleştirilmiş ve elde edilen yeni ışık elemanları kullanılarak analizlerde kullanılmıştır.

### 4.3.2 Işık eğrisi analizi

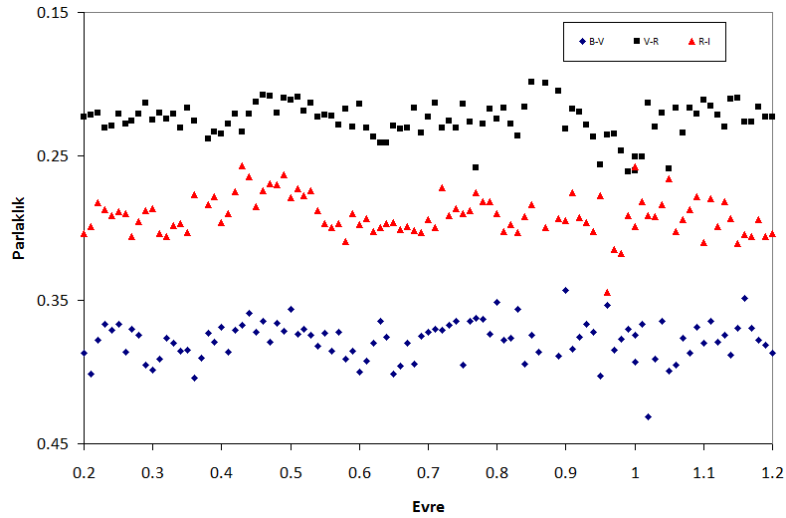
CP Cam sisteminin BVRI bantlarına ait gözlemsel veriler denklem 4.1 ile verilen yeni ışık elemanları kullanılarak evrelendirilerek Şekil 4.4’de verilmiştir. Şekil 4.4’de verilen gözlemsel veriler standart sisteme dönüşümü gerçekleştirilmiş ve 0.01 evre aralığı için oluşturulmuş normal noktalardan oluşmaktadır. Herbir gözlem noktası için hesaplanan standart sapma değerleri ilgili gözlem noktaları üzerine çizilmiştir.



Şekil 4.4 CP Cam'ın AÜG gözlemleri ile elde edilen ışık eğrisi (Bu çalışma)

Şekil 4.4’de sistemin parlaklığının uzun dalgalılarına gidildikçe daha arttığı görülmektedir. Bununla birlikte ikinci minimum yine uzun dalgalılarına gidildikçe daha belirgin hale gelmektedir. Bu durum yoldaş bileşenin baş bileşenden daha soğuk bir yıldız olduğunu göstermektedir. B bandı gözlemlerindeki hata boyutlarının diğer bantlara göre daha yüksek olduğu söylenebilir. Işık eğrilerinde maksimum bölgelerinde görülen eğrisel yapı, bileşen yıldızların biçimlerinin bozulmuş olduğunu göstermektedir. Bu nedenle sistemin ışık eğrisinin ayırık ve yarı-ayırık modlar dikkate alınarak çözümünün gerçekleştirilmesi gerektiğini göstermektedir.

CP Cam sistemi için tarama gözlemlerinden elde edilmiş fotometrik parlaklığı ve dönemi dışında literatürde başka bir bilgisi bulunmamaktadır. Sistemin ışık eğrisi analizinin gerçekleştirilebilmesi için başlangıç parametrelerine ihtiyaç duyulmaktadır. Sistemin tayfsal herhangi bir gözlemi bulunmadığından renk bilgisi önemli duruma gelmektedir. Bu amaçla sistemin standart sistemdeki parlaklıklarına ihtiyaç duyulmuştur. Herbir gözlem gecesine ait gözlemler, aynı CCD görüntüsünde bulunan mukayese ve diğer yıldızlar dikkate alınarak sönümlene katsayıları belirlenmiş ve dikkate alınan yıldızların atmosfer dışı parlaklıkları hesaplanmıştır. Ardından BVRI bandlarındaki gözlemsel parlaklık değerleri standart parlaklıklara dönüşümü gerçekleştirilmiştir (Gürol 2013, özel görüşme). Mukayese yıldızının standart sistemdeki parlaklık değerleri kullanılarak, CP Cam sistemine ilişkin hesaplanan diferansiyel parlaklık değerleri standart sisteme dönüştürülerek ihtiyaç duyulan renk eğrileri şekil 4.5’de verildiği gibi elde edilmiştir.



Şekil 4.5 CP Cam sistemine ait B-V, V-R, R-I renk ölçekleri

Şekil 4.5’de görülebileceği gibi evreye göre CP Cam sistemine ilişkin B-V, V-R, R-I eğrilerinin değişiminde özellikle minimumlar civarında belirgin bir değişim görülmemektedir. Fakat az da olsa ikinci minimum civarında renk değerlerinin daha küçük değerlere ulaştığı görülebilir. Bu ise ikinci minimumda örten bileşenin sistemde daha sıcak olan bileşen olduğunu göstermektedir.

CP Cam sistemine ait literatürde bulunan renk ölçeği değerleri;  $B-V=0^m.573$  (Ofek 2008),  $B-V=0^m.40$  (Hog vd. 2000) ve  $B-V=0^m.41$  (Hanson vd. 2003) tarafından verilmiştir. Bu renk ölçeği değerlerine bakıldığında şekil 4.5’de tarafımızdan CP Cam sistemi için elde edilen ortalama olarak  $B-V=0^m.381\pm 0.003$  değerinin literatürde verilen değerlere oldukça yakın olduğu görülmektedir. CP Cam sistemi aynı zamanda 2MASS gözlemleri bulunan ve JHK parlaklıkları literatürde yayınlanmış olan bir sistemdir (Ammons vd. 2006). Ammons vd. (2006)’nin gerçekleştirmiş oldukları katalog çalışmasında sistem için JHK parlaklıklarından elde edilen renklere karşılık sıcaklık değeri olarak 6360 K değerini vermişlerdir.

CP Cam sistemi için ikinci minimumda, baş bileşenin yoldaş bileşeni örttüğü evreye karşılık gelen renk ölçeği değeri  $B-V=0^m.357$  olarak hesaplanmıştır. Yıldızlararası ortamın etkisi dikkate alınmadığında bu renk ölçeğine karşılık gelen sıcaklık değeri 6712 K ölçüsündedir (Houdashelt vd. 2000). Bu sıcaklık değeri JHK renklerinden elde edilen sıcaklık değerinden daha yüksek olduğu görülmektedir ki bu durum bir problem yaratmaktadır.

Sistemin uzaklığı bilinmediğinden yıldızlararası ortam nedeniyle ne ölçüde kızarmaya uğradığı da bilinmemektedir. Fakat ölçülen  $B-V$  renk ölçeği değeri yine de sistemin sıcaklığı için sınır değer olarak kullanılabilir. CP Cam sistemi için 2MASS JHK ve bu çalışmada hesaplanan parlaklık değerleri dikkate alınarak Houdashelt vd. (2000) tarafından verilen dönüşüm formülleri kullanılarak hesaplanan sıcaklık değerleri aşağıdaki çizelgede verilmiştir;

Çizelge 4.5 Houdashelt vd. (2000) tarafından verilen bağıntılar kullanılarak hesaplanan sıcaklık değerleri

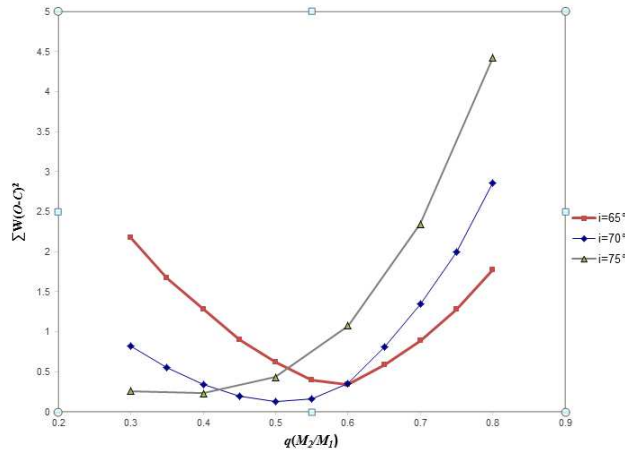
Renk	Değer	Anakol Yıldızı (K)	Dev Yıldız (K)
B-V	0.367	6713 K	6477 K
V-R	0.227	6708 K	6243 K
V-I	0.517	6409 K	6413 K
V-K	1.063	6469 K	6497 K
J-K	0.191	6825 K	6484 K

Yıldızlararası ortamın daha uzun dalgaboylarında daha az etkin olması nedeniyle JHK bandlarından elde edilen sıcaklık değerlerinin daha doğru sonuçlar vereceği açıktır. Bunun dışında AÜG'nde gerçekleştirilen B bandı gözlemlerimizin hatasının büyük olması, bu filtreye ilişkin elde edilen standart parlaklık değerlerimizin de hatasının büyük olmasına neden olmaktadır. Fakat VRI bantları için elde edilen parlaklık ve renk değerlerinin daha güvenilir olduğu ve sistemi oluşturan bileşen yıldızların da anakol yıldızları oldukları kabul edildiğinde renk değerlerinden elde edilen sıcaklık değerlerinin 6400 K civarında olduğu kabul edilebilir ki bu değer Ammons vd. (2006) tarafından verilen sıcaklık değerine çok yakındır. Bu nedenle sistemin ışık eğrisi analizinde baş bileşenin sıcaklık değeri 6400 K olarak alınmıştır.

CP Cam sisteminin ışık eğrisi analizinde başlangıç girdi parametreleri olarak sistemin yörünge dönemi (P) ve başlangıç zamanı ( $T_0$ ) bu çalışmada elde edilen düzeltilmiş ışık elemanları olarak alınmıştır. Gözlemsel olarak ışık eğrisi ile birlikte O-C değişiminde dışmerkezliğin sıfır veya sıfıra yakın bir değer alınması gerektiği görüldüğünden, analizlerde  $e=0$  olarak alınmıştır. Çekim karar ma katsayıları  $g_1$  ve  $g_2$  baş ve yoldaş yıldız için konvektif atmosfere ( $T < 7200$  K) sahip olduğu düşüncesiyle 0.32 (Lucy 1967) alınmıştır. Bolometrik albedo değerleri olan  $A_1$  ve  $A_2$  konvektif atmosfere ( $T < 7200$  K) karşılık gelecek şekilde 0.5 seçilmiştir (Rucinski 1967). Wilson-Devinney programı kenar karar ma katsayılarını otomatik olarak girilen sıcaklık değerlerine göre van Hamme (1993) tarafından verilen tablolardan hesaplayabilmektedir.

CP Cam sisteminin tayfsal herhangi bir gözlemi bulunmadığından dikine hız gözlemi de bulunmamaktadır. Bu nedenle bileşen yıldızların fiziksel parametrelerinin doğru belirlenebilmesi için gerekli olan yörünge yarı-büyük eksen uzunluğu bilinmemektedir. Fakat Wilson-Devinney programı için başlangıç girdi parametresi olarak, benzer yörünge dönemine sahip  $\beta$  Lyrae türü sistemler için literatürde bulunan sistemler dikkate alınarak ortalama bir değer girilmiştir. Bu değer mutlak parametrelerin hesaplanmasında önemlidir fakat ışık eğrisi modellemesine herhangi bir etkisi, mevcut Wilson-Devinney sürümünde bulunmamaktadır.

Sistemin yörünge eğim açısı ( $i$ ) ve kütle oranı ( $q$ ) bilinmediğinden öncelikli olarak bu parametreler için başlangıç değerlerinin belirlenmesi amacıyla  $i$ - $q$  taraması gerçekleştirilmiştir. Genel olarak  $\beta$  Lyrae türü sistemlerin yarı-ayrık sistemler oldukları dikkate alınarak  $i$ - $q$  taraması öncelikli olarak Mod 5’de gerçekleştirilmiştir. Sistem için farklı  $q$  kütle oranı değerlerine karşılık farklı  $i$  yörünge eğim açıları için ilgili Mod’larda serbest bırakılan parametreler ile çözüm yapılmış ve sonuç olarak WD programı tarafından üretilen fark kareleri toplamı,  $\sum W(O-C)^2$ , değerleri minimum oluncaya kadar sürdürülmüştür. Wilson-Devinney programında kullanılan Mod 5 tanımlaması yarı-ayrık sistemlerin çözümlerinde kullanılır ve yoldaş bileşenin Roche şişimini doldurmuş olduğu dolayısıyla  $\Omega_2$  ve  $L_2$  parametrelerinin program tarafından hesaplandığı (serbest bırakılmayan) parametrelerdir.

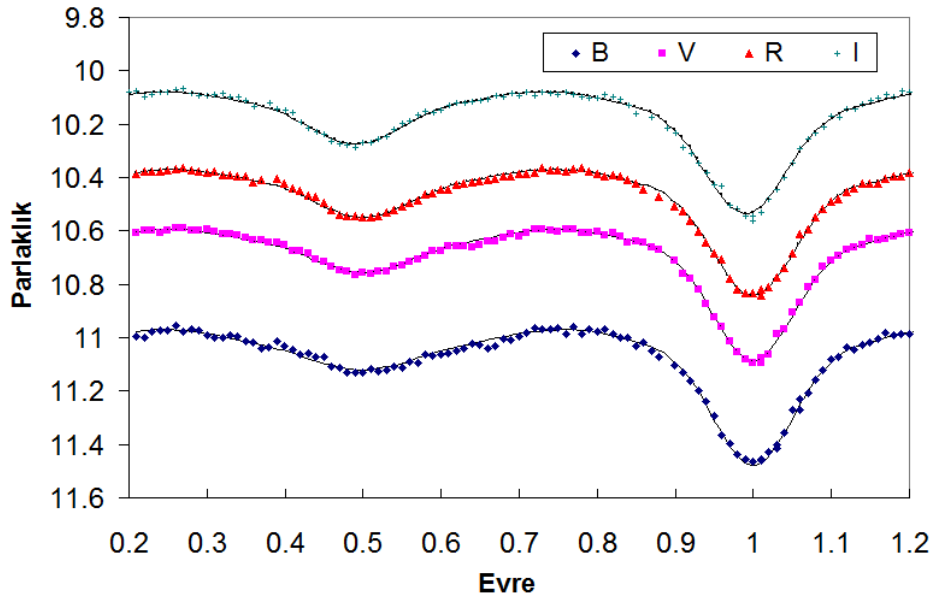


Şekil 4.6 CP Cam sistemi için farklı yörünge eğim açıları ve  $q (M_2/M_1)$  değerleri dikkate alınarak gerçekleştirilen  $i$ - $q$  taraması sonucu

Şekil 4.6’de farklı  $q$  değerlerine ve  $i$  yörünge eğim açılarına karşılık gelen  $\Sigma W(O-C)^2$  değerlerinin değişimi gösterilmiştir. Aynı renk ve sembole sahip olan eğriler aynı yörünge eğim açısına karşılık gelmektedir.  $i$ - $q$  taraması sonucunda en iyi çözüm değerinin  $i \approx 70^\circ$  ve  $q=0.35-0.50$  aralığında bulunduğu görülmüştür. Gerçekleştirilen çözümler sonucunda sistem için en iyi kütle oranı değerinin  $0.47 \pm 0.08$  olduğu hesaplanmıştır.

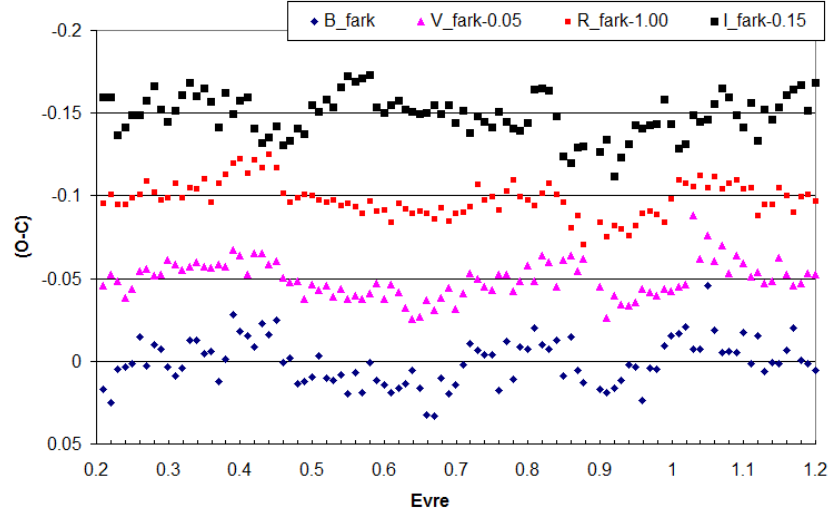
CP Cam sisteminin ışık eğrisi analizinde tercih edilebilecek iki ayrı Mod bulunmaktadır; MOD-2 (Ayrık sistemler) ve MOD-5 (Algol türü sistemler, yoldaş bileşenin Roche şişimini doldurmuş olduğu yarı-ayrık sistemler). Özellikle  $\beta$  Lyrae türü sistemlerde bileşen yıldızların Roche şişimlerini doldurup doldurmadıklarının cevaplandırılması oldukça güç olan bir problemdir. Bileşen yıldızların Roche şişimlerini doldurup doldurmadıkları sorusunun cevabı için sistemin kütle oranı ve bileşen yıldızların birbirlerine olan uzaklıkları büyük önem taşımaktadır. Hesaplamalar sonucunda ortaya çıkan yüzey potansiyeli değerlerinde küçük sayısal bir farklılık sistemin degen veya değmek üzere olduğu şeklinde bir sonuca ulaşılmasına neden olabilmektedir.

Sonuç olarak CP Cam sisteminin BVRI bantlarındaki ışık eğrilerini analizi için başlangıç  $i$  yörünge eğim açısı ve  $q$  kütle oranı değerleri  $i$ - $q$  taraması ile elde edilmiş ve sistemin ışık eğrisi analizlerinde başlangıç parametreleri olarak kullanılmıştır. Sistemin ışık eğrisi analizi serbest bırakılan parametreler üzerinde herhangi bir düzeltmeye ihtiyaç duyulmayana kadar sürdürülmüş ve en küçük fark kareleri toplamına ulaşıldığında analiz süreci tamamlanmıştır.



Şekil 4.7 CP Cam sistemi için gerçekleştirilen çözüm sonucu elde edilen kuramsal (sürekli eğri) ve gözlemsel veriler

Şekil 4.7’de CP Cam sistemi için gerçekleştirilen analiz sonucunda elde edilen gözlemsel ve teorik ışık eğrileri gösterilmiştir. Sisteme ilişkin çözüm parametreleri ise Çizelge 4.6’da verilmiştir. Şekil 4.8’de ise gözlemsel veriler ile teorik fitler arasındaki fark gösterilmiştir. Görülebileceği gibi bu çalışmada elde edilen çözüm parametreleri gözlemsel verilerimizi çok iyi bir şekilde temsil etmektedir.

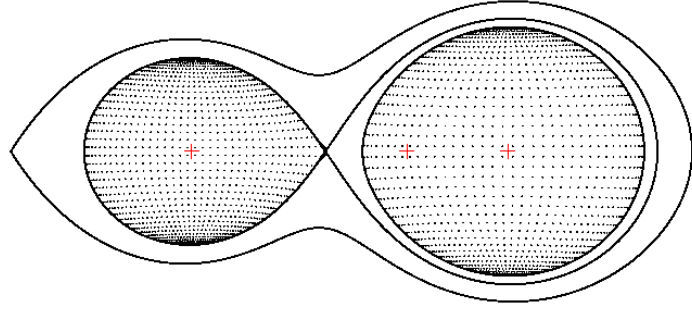


Şekil 4.8 CP Cam sistemi için gözlemsel veriler ile kuramsal veriler arasındaki fark

Çizelge 4.6 CP Cam ışık eğrisinin çözüm sonuçları

Parametre	B	V	R	I
q		0.47		
i (°)		71.309 ± 0.003		
T <sub>1</sub> (K)		6400		
T <sub>2</sub> (K)		4481± 23		
Ω <sub>1</sub>		2.983±0.006		
Ω <sub>2</sub>		2.817		
f <sub>1</sub> , f <sub>2</sub> (fillout)		%0		%0.03
L <sub>1</sub> /L <sub>T</sub>	0.995	0.923	0.923	0.851
L <sub>2</sub> /L <sub>T</sub>	0.005	0.077	0.077	0.149
g <sub>1</sub> , g <sub>2</sub>		0.32, 0.32		
A <sub>1</sub> , A <sub>2</sub>		0.5, 0.5		
χ <sub>1</sub> (bol), χ <sub>2</sub> (bol)		0.644, 0.626		
y <sub>1</sub> (bol), y <sub>2</sub> (bol)		0.235, 0.162		
r <sub>1</sub> (pole)		0.392843		
r <sub>1</sub> (side)		0.412646		
r <sub>1</sub> (back)		0.432053		
r <sub>2</sub> (pole)		0.294935		
r <sub>2</sub> (side)		0.307721		
r <sub>2</sub> (back)		0.340276		
ΣW (O-C) <sup>2</sup>		0.003636		

CP Cam sisteminin Roche geometrisi şekil 4.9'de verilmiştir. Şekilden de görülebileceği gibi sistemi yarı-ayrık bir sistem olduğu ortaya çıkmıştır. Işık eğrilerinin analizi sonucunda baş bileşen ile yoldaş bileşen arasında ~1900 K kadar bir sıcaklık farkının bulunduğu görülmektedir. Bu sıcaklık farkı, sistemin *EB-türü* bir örten değişen çift yıldız sistemi olduğunu göstermektedir.

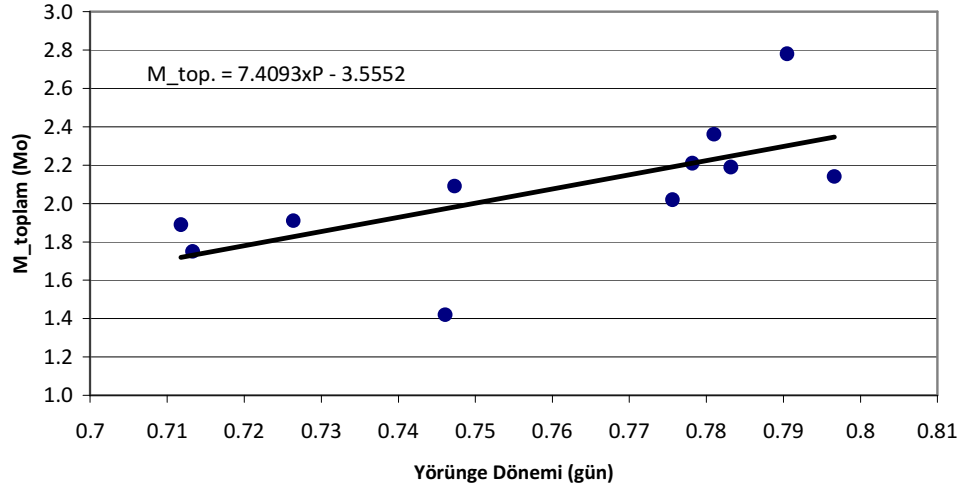


Şekil 4.9 Elde edilen parametrelerle çizilen CP Cam sisteminin Roche geometrisi

### 4.3.3 Mutlak parametreler

Sistemin mutlak parametrelerini hesaplayabilmek için öncelikle bileşenler arasındaki uzaklığın yani yörünge yarı-büyük eksen büyüklüğünün bilinmesi gerekir. Çift yıldız sistemlerinde bu bilgiye farklı gözlem yöntemleri ile ulaşabilmenin yöntemleri bulunmasına rağmen, CP Cam gibi kısa dönemli sistemler için, yani bileşenleri birbirine yakın olan sistemlerde neredeyse tek gözlem yöntemi, tayfsal olarak sistemin dikine hız eğrisinin elde edilmiş olması durumunda mümkündür.

Sistemin yörünge yarı-büyük eksen uzunluğunun bilinmemesi durumunda ise bazı kabüller yapılarak sistemin fiziksel parametrelerine ulaşılabilir ki bu sonuçların kesinleştirilmesi ancak yine tayfsal gözlemler ile ortaya konulabilir. Bu amaçla yörünge dönemi CP Cam sistemine yakın ve EB-türü sistemler için literatürde bulunan bilgilere başvurulmuştur.



Şekil 4.10 CP Cam sisteminin yörünge dönemine yakın sistemlerde yörünge dönemine göre sistemin toplam kütlelerinin dağılımı

Çizelge 4.7 Yörünge dönemi CP Cam sistemine yakın olan SD2-türü sistemleri (Yakut ve Eggleton 2005, Kyu-Dong 2005)

Sistem	Dönem(P)	M <sub>1</sub> (M <sub>o</sub> )	M <sub>2</sub> (M <sub>o</sub> )	M <sub>T</sub> (M <sub>o</sub> )
DI Peg	0.7118	1.19	0.7	1.89
BN Peg	0.7133	1.27	0.48	1.75
RW CrB	0.7264	1.46	0.45	1.91
CX Vir	0.7461	1.06	0.36	1.42
RV Crv	0.7473	1.64	0.45	2.09
FO Vir	0.7756	1.75	0.27	2.02
BU Hya	0.7782	1.35	0.86	2.21
ST Aqr	0.7810	1.75	0.61	2.36
FZ Del	0.7832	1.27	0.92	2.19
YY Cet	0.7905	1.84	0.94	2.78
V609 Aql	0.7966	1.15	0.99	2.14

Çizelge 4.7'de yörünge dönemi CP Cam sistemine yakın ve bileşen yıldızların kütlelerinin dikine hız çözümlerinden belirlenmiş olduğu sistemler verilmiştir. Şekil 4.10'da ise yörünge dönemine karşılık dikkate alınan sistemlerin toplam kütlelerinin

değişimi verilmiştir. Şekilde birkaç sistem için doğrusal değişimden sapma göstermesine rağmen CP Cam sistemi için toplam kütle için bir yaklaşımda bulunulabileceğini kabul edebiliriz.

Şekil 4.10'da uygulanan lineer fit ifadesi ve CP Cam sisteminin yörünge dönemi dikkate alındığında sistemin toplam kütlesi için  $M_T(M_\odot) = 2.348 \pm 0.274$  olarak hesaplanmıştır. Çizelgede bulunan sistemler için ortalama toplam kütle değerleri ise  $2.069 \pm 0.348$  ölçüsündedir fakat Şekil 4.10'da bulunan lineer değişim dikkate alındığında ortalama toplam kütle yerine lineer fit ifadesinden hesaplanan toplam kütle değerinin kullanılmasının daha doğru sonuçlar vereceğini düşünmekteyiz.

3. Kepler yasası çift yıldız sistemleri için yörünge yarı-büyük eksen uzunluğu ve yörünge dönemi ile sistemin toplam külesini birbirine bağlayan bir ifadedir ve

$$a^3 = 74.55 P^2 M_T \quad (4.3)$$

şeklinde ifade edilebilir. Burada  $a$ ,  $R_\odot$  birimlerinde yörünge yarı-büyük eksen uzunluğunu;  $P$ , gün biriminde yörünge dönemini ve  $M_T$  ise bileşen yıldızların toplam külesini göstermektedir. Yukarıda benzer dönem ve sıcaklığa sahip sistemler için hesaplanan toplam kütle ve CP Cam sisteminin yörünge dönemi kullanıldığında, yörünge yarı-büyük eksen uzunluğu için  $a(R_\odot) = 4.807 \pm 0.107$  değeri elde edilir.

Sistemin yörünge yarı-büyük eksen uzunluğu biliniyorsa bu durumda bileşen yıldızların ayrı ayrı kütleleri, çizelge 4.7'de verilen kütle oranı değeri kullanılarak hesaplanabilir. Bu amaçla bileşen yıldızların ayrı ayrı kütlelerinin hesaplanması için denklem 4.4 kullanılmıştır.

$$M_1(M_\odot) = M_T / (1+q) = 1.597 \pm 0.186 \quad \text{ve} \quad M_2(M_\odot) = M_T - M_1 = 0.751 \pm 0.249 \quad (4.4)$$

Bileşen yıldızların yarıçap değerleri ise Çizelge 4.6'da verilmiş olan kesirsel yarıçaplar ve sistem için doğru olduğu kabul edilen yörünge yarı-büyük eksen uzunluğu dikkate

alınarak hesaplanmıştır. Bu amaçla elipsoid biçimli yıldızların ortalama yarıçap değerleri denklem (4.5) kullanılarak belirlenmiştir.

$$r_{mean} = \sqrt[3]{r_{pole} \cdot r_{side} \cdot r_{back}} \quad (4.5)$$

Baş ve yoldaş bileşen için sırasıyla  $r_{mean,1}=0.412203\pm 0.019605$  ve  $r_{mean,2}=0.313741\pm 0.023378$  değerleri bulunmuştur. Bu bilgilerden yararlanarak sırasıyla baş ve yoldaş bileşenin yarıçapları  $R_1(R_{\odot})=a \cdot r_1=4.807 \cdot 0.412203=1.982\pm 0.104$  ve  $R_2(R_{\odot})=a \cdot r_2=4.807 \cdot 0.313741=1.508\pm 0.117$  olarak hesaplanmıştır.

Bileşen yıldızların ayrı ayrı sıcaklıkları ve yarıçapları belirlendiğine göre onların ayrı ayrı ışınım güçlerini ve mutlak bolometrik parlaklıklarını denklem 4.6 ve denklem 4.7 ile hesaplayabiliriz.

$$M_{bol1,2} = 4^m \cdot 77 - 5 \log(R_{1,2} / R_{\odot}) - 10 \log(T_{1,2} / T_{\odot}) \quad (4.6)$$

$$L_{1,2} = (R_{1,2} / R_{\odot})^2 (T_{1,2} / T_{\odot})^4 \quad (4.7)$$

Güneş için  $T_{\odot}=5778$  K değeri kullanıldığında baş ve yoldaş bileşenin mutlak bolometrik parlaklıkları  $M_{bol1}=2.841\pm 0.103$  ve  $M_{bol2}=4.982\pm 0.163$  değerleri bulunmuştur. Bileşen yıldızların ışınım güçleri ise sırasıyla  $L_1(L_{\odot})=5.911\pm 0.016$  ve  $L_2(L_{\odot})=0.823\pm 0.005$  olarak hesaplanmıştır.

Hesaplanan kütle ve yarıçap değerlerinden yararlanarak bileşen yıldızların ayrı ayrı yüzey çekim ivmesi değerleri denklem 4.8 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\log g = 4.438 + \log (M / M_{\odot}) - 2 \log (R / R_{\odot}) \quad (4.8)$$

Bu hesaplama göre baş ve yoldaş bileşen için sırasıyla  $\log g_1=4.047\pm 0.068$  ve  $\log g_2=3.957\pm 0.084$  değerleri bulunmuştur ki bu sonuç, bileşen yıldızların anakoldan bir miktar ayrılmış olduklarını bize göstermektedir.

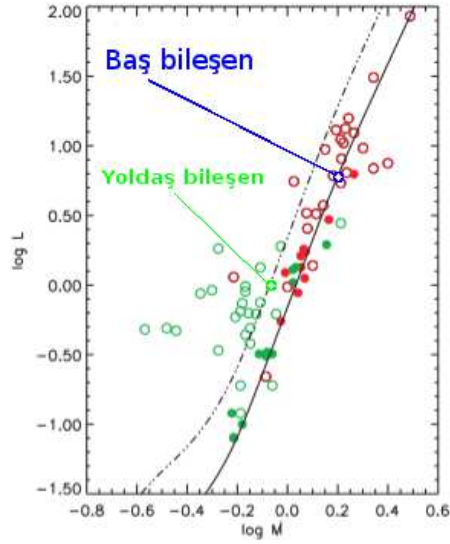
$$m - M = -5 + 5 \log(d) \quad (4.9)$$

Denklem 4.9 uzaklık Modülü formülü ile de CP Cam sistemin uzaklığı  $383 \pm 32$  pc olarak hesaplanmıştır. Bu değer CP Cam sisteminin baş bileşeninin F6V türünden bir yıldız olabileceğini ve literatürde A0 olarak verilen tayf türünün (Kharchenko vd. 2009) çelişkili olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.8’de CP Cam sistemine ilişkin hesaplanan fiziksel parametreler toplu bir şekilde listelenmiştir.

Çizelge 4.8 CP Cam sistemi için hesaplanan mutlak parametreler

<b>Parametre</b>	<b>Değer</b>
<b><math>a(R_{\odot})</math></b>	$4.807 \pm 0.107$
<b><math>M_1(M_{\odot})</math></b>	$1.597 \pm 0.186$
<b><math>M_2(M_{\odot})</math></b>	$0.751 \pm 0.249$
<b><math>R_1(R_{\odot})</math></b>	$1.982 \pm 0.104$
<b><math>R_2(R_{\odot})</math></b>	$1.508 \pm 0.117$
<b><math>L_1(L_{\odot})</math></b>	$5.911 \pm 0.016$
<b><math>L_2(L_{\odot})</math></b>	$0.823 \pm 0.005$
<b><math>M_{bol1}</math></b>	$2.841 \pm 0.103$
<b><math>M_{bol2}</math></b>	$4.982 \pm 0.163$
<b>Log <math>g_1</math></b>	$4.047 \pm 0.068$
<b>Log <math>g_2</math></b>	$3.957 \pm 0.084$
<b><math>d(pc)</math></b>	$383.429 \pm 32.099$



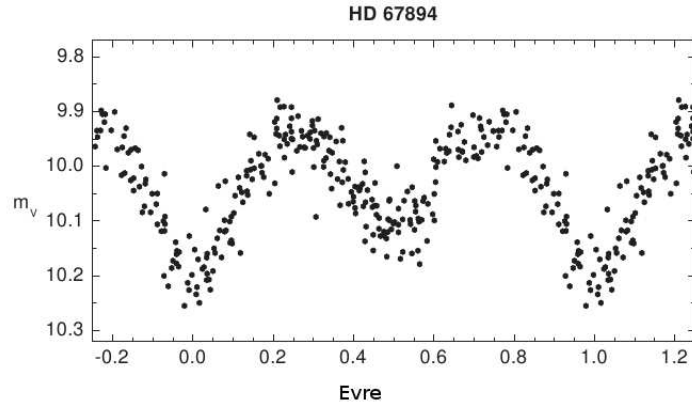
Şekil 4.11 Kütle (M) ve ışınımgücü (L) grafiği (Yakut ve Eggleton 2005)

Şekil 4.11’de değmek üzere olan sistemler (NCBs) açık noktalar, ayrık yakın çift yıldızlar (DCBs) kapalı noktalar ile temsil edilmiştir. Kırmızı noktalar baş bileşeni, yeşil noktalar yoldaş bileşeni temsil etmektedir. Ayrıca, grafik üzerinde CP Cam sisteminin elde edilen kütle ve ışınımgücü değerleri, baş bileşeni mavi açık nokta, yoldaş bileşeni ise açık yeşil, açık nokta ile temsil edilmiştir. Sürekli çizgi ise sıfır yaş anakolunu (ZAMS) temsil etmektedir. CP Cam sisteminin bu çalışmada elde edilen fiziksel parametreleri, Yakut ve Eggleton (2005)’un NCB’leri de kapsayan yakın çift yıldızların evrimi konulu bu çalışma ile de uyum göstermektedir. Fakat daha duyarlı hesaplamalar için tayfsal gözleme ihtiyaç duyulmaktadır.

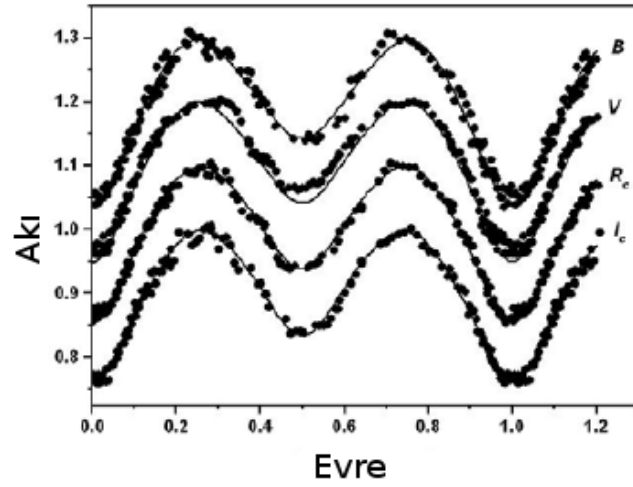
#### 4.4 DZ Lyn

DZ Lyn (BD+43 1775, HD 67894, TYC 2929-2218-1,  $V_{\max}=9^m.97$ )’in ışık eğrisinin  $\beta$  Lyrae türünden olduğu (Maciejewski vd. 2003) vurgulanmıştır. Sistemin EB türü ışık eğrisi gösterdiği ancak, döneminin 0.3–0.7 gün ve F-G arası tayf türüne sahip olması, sistemin değme noktasını aşmış W UMA türü bir sistem olabileceğini düşündürmektedir (Martignoni vd. 2009). "All-sky spectrally matched Tycho2 stars" kataloğuna göre DZ Lyn, 483 parsek uzaklığındadır (Pickles ve Depagne 2010). General Catalogue of Variable Stars’a göre de sistemin tayf türü F3V dir (Samus vd. 2007, 2012). Fakat bazı

kataloglara göre sistemin tayf türü G0'dır (Kharchenko vd. 2009). Maciejewski vd. (2003) sistemin tayf türünün F3V olduğunu, elde ettiği tayfsal verilerle göstermiştir. Sisteme ait ışık eğrileri Maciejewski vd. (2003) ve Martignoni vd. (2009) çalışmalarıyla verilmiştir (Şekil 4.12-13). DZ Lyn sisteminin EB türü ışık eğrisi göstermesinin temel nedeni zayıf ısısal değen ( $\Delta T=1792$  K) bir sistem olması ile açıklanmaktadır. Işık eğrisi biçimi sistemin A türü W UMa türü bir sistem olabileceğini de düşündürmektedir (Martignoni vd. 2009). Sistemin manyetik aktivite göstermemesi de bu çalışmayı destekler niteliktedir. Yine aynı çalışmada sistem için en iyi kütle oranı  $q=0.85$  (Şekil 3.4), yörünge eğim açısı ise  $i=57^{\circ}.6$  olarak verilmiştir. Eker vd. (2006)'nın araştırmasında kullandığı 119 kromosferik etkin çift yıldız ve 102 W UMa yıldızının yörünge açısal momentum hesaplarından yararlanarak elde edilen  $J_{lim}$  değeri, sistemin değme noktasını geçtiğini göstermektedir. Martignoni vd. (2009) aynı zamanda sistemin fiziksel parametrelerini daha duyarlı bir şekilde elde edilebilmesi için tayfsal gözlemlere ihtiyaç duyulduğunu vurgulamıştır.

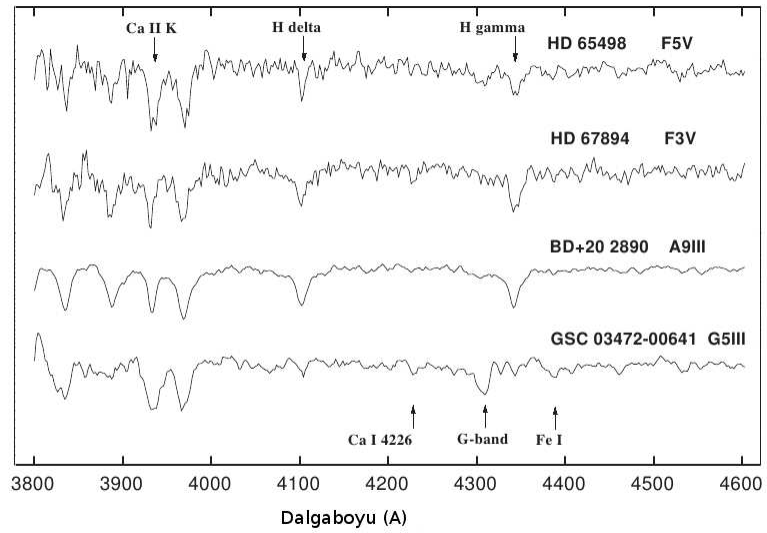


Şekil 4.12 DZ Lyn'in ışık eğrisi (Maciejewski vd. 2003)

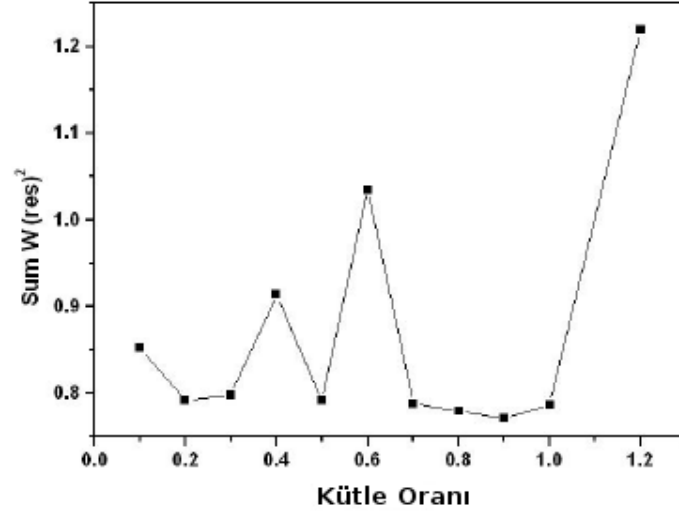


Şekil 4.13 DZ Lyn'in ışık eğrisi (Martignoni vd. 2009)

Maciejewski vd. (2003) elde ettiği tayfal gözlemlerden sistemin tayf türünü F3V olarak belirlemiştir (Şekil 4.14). Martignoni vd. (2009) ise sistemin F-G tayf türleri arasında olabileceği belirtilmiştir.



Şekil 4.14 DZ Lyn (HD 67894)'in tayf türü tespiti (Maciejewski vd. 2003)



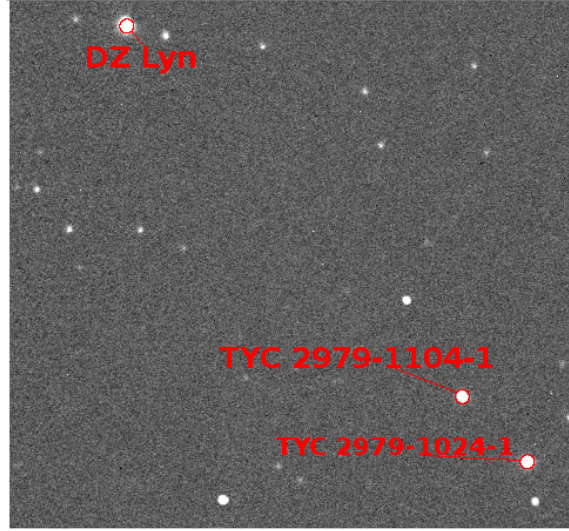
Şekil 4.15 Kütle oranı taraması (Martignoni vd. 2009)

Bu çalışmada mukayese yıldızı olarak aynı CCD görüntüsü üzerinde bulunan ve DZ Lyn sistemine yakın renge sahip bir yıldız olan TYC 2979-1104-1 ve denet yıldızı olarak ise TYC 2979-1024-1 yıldızları seçilmiştir. DZ Lyn, mukayese ve denet yıldızlarına ilişkin bilgiler çizelge 4.9’da verilmiştir.

Çizelge 4.9 DZ Lyn, mukayese ve denet yıldızlarına ilişkin bilgiler

Sistem	Koordinat (FK5 2000)	Parlaklık (B) (Simbad)	Parlaklık (V) (Simbad)	Parlaklık (R) (Bu çalışma)	Parlaklık (I) (Bu çalışma)
DZ Lyn	$\alpha$ : 08 11 53.503 $\delta$ : +42 54 36.20	10 <sup>m</sup> .41	10 <sup>m</sup> .01	10 <sup>m</sup> .45	10 <sup>m</sup> .11
TYC 2979-1104-1 (Mukayese)	$\alpha$ : 08 11 20.432 $\delta$ : +42 47 22.06	12 <sup>m</sup> .68	12 <sup>m</sup> .21	11 <sup>m</sup> .79	11 <sup>m</sup> .39
TYC 2979-1024-1 (Denet)	$\alpha$ : 08 11 14.000 $\delta$ : +42 46 05.12	11 <sup>m</sup> .63	11 <sup>m</sup> .22	11 <sup>m</sup> .038	10 <sup>m</sup> .74

DZ Lyn’in bulunduğu bölgeye ait CCD görüntüsü Şekil 4.15 ‘de verilmiştir.



Şekil 4.16 DZ Lyn'in olduğu bölgeye ait CCD görüntüsü

DZ Lyn örten değişen sisteminin AÜG'de yapılan gözlemlerin tarihleri, hava durumu, kullanılan veri sayısı ve gözlemcileri çizelge 4.10'te verilmiştir.

Çizelge 4.10 DZ Lyn sisteminin AÜG gözlemleri

Tarih	Veri Sayısı				Hava Durumu/Arıza	Gözlemciler
	B	V	R	I		
2010-01-11	134	135	133	133	Parçalı Bulutlu	GG
2011-01-21	174	182	181	177	Nem Yüksek, Parçalı Bulutlu/Yazılım	GS
2011-01-25	333	333	333	333	Nem Yüksek - Tül Bulutlu/CCD	GG
2012-03-23	212	174	174	236	Parçalı Bulutlu	YK - SC
<b>Toplam</b>	<b>853</b>	<b>824</b>	<b>821</b>	<b>879</b>		

**GG:** Gökhan Gökay; **GS:** Gözde Saral; **YK:** Yücel Kılıç; **SC:** Sonay Cerit

Gözlem ve indirgeme sonucu DZ Lyn'in BVRI bantlarında sistemin düzeltilmiş ışık elemanları yardımıyla çizilen ışık eğrisi Şekil 4.18'de verilmiştir. Bu ışık eğrisine 2010-01-11, 2011-01-21, 2012-03-23, tarihli gözlem verileri, veri kalitesinin düşük olması sebebiyle dahil edilmemiştir. 2011-01-25 tarihli gözlemler için BVRI parlaklıkları için

gecelik standart hata değerleri sırasıyla  $\pm 0.026$ ,  $\pm 0.012$ ,  $\pm 0.014$  ve  $\pm 0.018$  olarak hesaplanmıştır.

#### 4.4.1 Işık elemanları

DZ Lyn örten değişen sistemine ait literatürde 4 tanesi bu çalışma ile hesaplanmış olan toplam 29 adet minimum zamanı bulunmaktadır. Sistemin ilk ışık elemanları Maciejewski vd. (2003) tarafından aşağıdaki gibi verilmiştir.

$$\text{Min } I (HJD) = 2452722.47342 + 0^{\text{g}}.378018 \times E \quad (4.10)$$

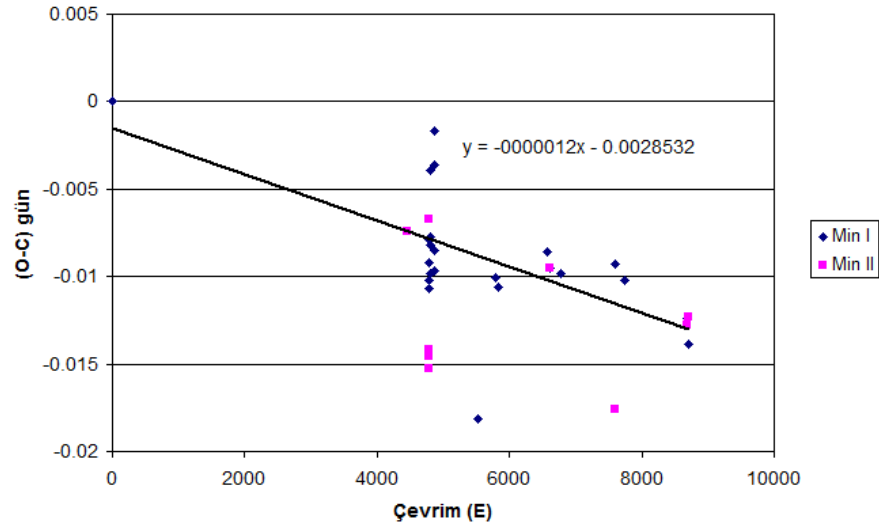
Çizelge 4.11'de ise bu çalışmada hesaplanan minimum zamanları ile birlikte literatürde bulunan minimum zamanları listelenmiştir.

Çizelge 4.11 DZ Lyn sisteminin CCD gözlemleri ile elde edilmiş minimum zamanları

HJD (+2400000)	Hata	Çevrim	O-C	Tür	Filtre	Kaynak
52722.4734	0.0004	0	0.0000	1	V	IBVS 5431
54405.9692	0.0003	4453.5	-0.0074	2	R	IBVS 5820
54529.3888		4780	-0.0107	1	R	Martignoni vd. 2009
54529.3893		4780	-0.0102	1	B	Martignoni vd. 2009
54529.3903		4780	-0.0092	1	I	Martignoni vd. 2009
54529.3916		4780	-0.0079	1	V	Martignoni vd. 2009
54531.4633		4785.5	-0.0153	2	V	Martignoni vd. 2009
54531.464		4785.5	-0.0146	2	B	Martignoni vd. 2009
54531.4644		4785.5	-0.0142	2	R	Martignoni vd. 2009
54531.4719		4785.5	-0.0067	2	I	Martignoni vd. 2009
54538.4621		4804	-0.0098	1	R	Martignoni vd. 2009
54538.4637		4804	-0.0082	1	I	Martignoni vd. 2009
54538.4642		4804	-0.0077	1	V	Martignoni vd. 2009
54538.468		4804	-0.0039	1	B	Martignoni vd. 2009
54560.3872		4862	-0.0097	1	R	Martignoni vd. 2009
54560.3884		4862	-0.0085	1	B	Martignoni vd. 2009
54560.3933		4862	-0.0036	1	V	Martignoni vd. 2009
54560.3952		4862	-0.0017	1	I	Martignoni vd. 2009
54811.7608	0.0005	5527	-0.0181	1	CCD	IBVS 5875
54912.3216	0.0003	5793	-0.0101	1	R	B.R.N.O. 36
54929.3319	0.0003	5838	-0.0106	1	R	B.R.N.O. 36
55208.3112	0.0007	6576	-0.0086	1	BVRI	IBVS 5965
55218.5168	0.0006	6603	-0.0095	1	BVRI	IBVS 5965
55222.2970	0.0001	6613	-0.0095	1	BVRI	IBVS 5965
55222.4860	0.0004	6613.5	-0.0095	2	BVRI	IBVS 5965
55280.5114	0.0031	6767	-0.0098	1	V	IBVS 5959
55591.4234	0.0083	7589.5	-0.0176	2	V	IBVS 5984
55591.6207	0.0075	7590	-0.0093	1	V	IBVS 5984
55648.7006	0.0009	7741	-0.0102	1	V	IBVS 5992
56008.3821	0.0047	8692.5	-0.0128	2	-Ir	IBVS 6048
56008.5715	0.0035	8693	-0.0124	1	-Ir	IBVS 6048
56012.3502	0.0091	8703	-0.0139	1	V	IBVS 6048
56012.5408	0.0026	8703.5	-0.0123	2	V	IBVS 6048

(1) BBSAG Bulletins [<http://www.astronomie.info/bbsag/bulletins/>]; (2) IBVS Bulletins [<http://www.konkoly.hu/IBVS/>, 2013]; (3) GSV Search Gateway; Czech Astronomical Society, (4) B.R.N.O. Contributions #36: <http://var.astro.cz/oejv/issues/oejv0107.pdf>, 2013.

DZ Lyn sistemi için hesaplanan (O-C) değişimi şekil 4.17’de verilmiştir. (O-C) değişimi incelendiğinde minimum zamanlarında önemli düzeyde düzensiz değişimlerin bulunduğu görülebilir. Gözlemsel minimum zamanlarının tamamının ccd türü gözlemlerden elde edilmiş olması ve saçılmanın çok yüksek olması sistemin minimum zamanlarının hesaplanmasında önemli bir problemin bulunabileceğini bize göstermektedir. Öncelikli olarak sistemin eski tarihli ışık eğrilerinde önemli derecede saçılmanın bulunduğu ve ek olarak sistemin parlaklığında ilave değişimlerin bulunduğu görülebilir. Bu değişimlerin gözlenen minimum zamanlarının hesaplanmasında çeşitli hataların ortaya çıkardığını düşünmekteyiz.

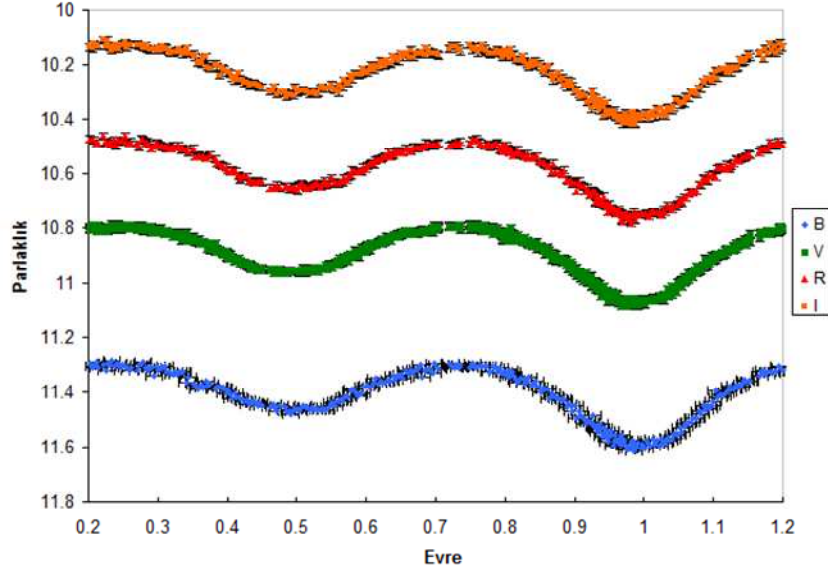


Şekil 4.17 DZ Lyn sistemi için O-C grafiği

Şekil 4.17’de önemli derecede saçılmanın bulunmasına rağmen sistemin ışık elemanlarının düzeltilmesi gerektiği açık bir şekilde görülmektedir. Özellikle sistem için son zamanlarda elde edilmiş minimum zamanlarında çevrimli bir değişimin bulunabileceğini söylemek mümkün olmasına rağmen, bu düşüncüyü destekleyecek yeni minimum zamanlarının gözlenmesine ihtiyaç duyulduğu açıktır. Genel değişim dikkate alındığında O-C değişiminin hesaplanmasında kullanılan ışık elemanlarının düzeltilmesi gerektiği açıktır. Bu amaçla sistemin yeni ışık elemanları O-C değişiminin genel değişimi dikkate alınarak lineer bir fit ile hesaplanmış ve aşağıdaki gibi verilmiştir.

$$\text{Min } I (HJD) = 2452722.4668 + 0^{\circ}.3780182 \times E \quad (4.11)$$

Sistem için hesaplanan yeni ışık elemanları ışık eğrisi analizinde ve diğer hesaplamalarımızda kullanılmıştır. Bu ışık elemanları yardımı ile çizilen gözlemsel ışık eğrisi ve hata barları ile Şekil 4.18’de gösterilmektedir.



Şekil 4.18 DZ Lyn sisteminin gözlemsel ışık eğrisi (Bu çalışma)

#### 4.4.2 Işık eğrisi analizi

DZ Lyn sistemi Maciejewski vd. (2003) tarafından *SAVS* (Semi-Automatic Variability Search) gözlemlerinin analizi sonucu keşfedilmiş ve yine aynı araştırmacılar tarafından sistemin tayfsal gözleminden tayf türü F3V olarak belirlenmiştir (Şekil 4.14). Daha sonra sistem 0.2 m çaplı Meade türü bir teleskopla Martignoni vd. (2009) tarafından BVRcIc bandlarında gözlenmiş ve fotometrik incelenmesi gerçekleştirilmiştir. Araştırmacılar tarafından elde edilen farklı bandlardaki ışık eğrilerinin kalitesi yanında çözümlerinin gözlemleri çok iyi temsil edemediği görülmüştür (Şekil 4.15). Ayrıca Şekil 4.17’de 5000 nci çevrim civarında görülen saçılma gösteren minimum zamanlarının büyük çoğunluğu yine bu araştırmacılar tarafından elde edilmiştir.

DZ Lyn sistemi Maciejewski vd. (2003) tarafından *EB*: olarak yani şüpheli yarı-ayrık bir sistem olarak sınıflandırılmıştır. Işık eğrisinin biçimi ve minimum seviyeleri arasındaki farkın büyük olması, sistemde bileşen yıldızların şekil bozulmasına sahip olduğunu ve bileşen yıldızların sıcaklıkları arasındaki farkın büyük olduğunu bize göstermektedir. Sistem yarı-ayrık bir sistem olabileceği gibi degen bir sistem olabilme ihtimali olan bir sistemdir. Bu nedenle ışık eğrisi analizinde her iki durum dikkate alınarak çözüm yapılmış ve çözüm sonuçları tartışılmıştır.

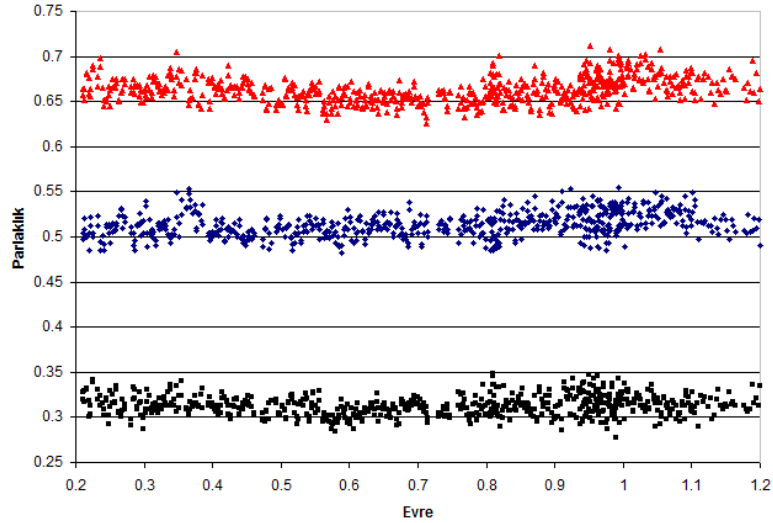
Sistemin yarı-ayrık bir sistem olması durumunda ışık eğrisi çözümünde kullanılacak çözüm Modları MOD 4 ve 5 olacaktır ki bu iki seçenektan birincisinde baş bileşen, ikincisinde ise yoldaş bileşenin Roche şişimini doldurmuş olduğu duruma karşılık gelmektedir. Üçüncü bir seçenek olarak ise sistemin degen bir sistem olabileceği kabul edildiğinde ışık eğrisi çözümünde kullanılabilecek olan MOD 3 bulunmaktadır ve genel olarak W UMa türü sistemlerin ışık eğrisi analizlerinde kullanılmaktadır.

Martignoni vd. (2009) çalışmasında sistemin ışık eğrisi çözümünde ayrık, yarı-ayrık ve degen sistem olma ihtimallerini dikkate alarak çözüm aramış fakat yaptıkları inceleme sonucunda sistem için en iyi çözüme Mod 5 ile ulaşılabildiğini ortaya koymuşlardır. Işık eğrisi çözümü sonucunda yoldaş bileşenin Roche şişimini doldurmuş olduğu ve baş bileşenin ise bir miktar aşırı degen durumuna ulaştığını belirtmişlerdir. Dolayısıyla sistemin yarı-ayrık bir sistem olamayacağını kabul etmişlerdir. Çözüm sonuçlarına göre bileşen yıldızlar arasındaki sıcaklık farkı dikkate alınarak sistemin A-türü W UMa olduğuna karar vermişlerdir.

DZ Lyn sisteminin toplam 4 gecelik gözlemi bulunmasına rağmen gözlem gecelerinden birinde ortaya çıkan teknik problemler nedeniyle kullanılamaz durumda olduğu görülmüştür. Geriye kalan üç gecelik gözlemden iki tanesi yine çeşitli nedenlerden dolayı kalitesi düşük gözlemlerden oluşmaktadır ve ışık eğrilerinde özellikle minimumlar civarında seviye farklılıklarının ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu açıdan bakıldığında sistemde gecelik değişimin bulunma ihtimali olabileceği gibi mukayese ve/veya denet yıldızından da kaynaklanabilir bir etki olabileceği düşünülmektedir. Bu nedenle sistemin başka mukayese ve denet yıldızları kullanılarak tekrar gözlenmesi ve denetlenmesi gerektiği düşüncesindeyiz.

DZ Lyn sistemi BVRI bantlarında yapılan gözlemler de CP Cam sisteminde olduğu gibi standart sisteme dönüştürülerek, standart parlaklıkları elde edilmiş ve şekil 4.19’da verildiği gibi evreye karşılık renk eğrileri elde edilmiştir. Renk eğrilerinin evreye göre değişimi W UMa türü sistemlerde görüldüğü gibi neredeyse sabit kalmaktadır, ki bunun anlamı bileşen yıldızların ortak bir zarf içerisinde bulunma ihtimalinin yüksek olduğunu gösterir. Büyük oranda saçılma bulunmasına rağmen özellikle birinci minimum civarında küçük de olsa renk değerlerinin bir miktar arttığı görülmektedir. Buradan birinci minimumda örten bileşenin aynı zamanda soğuk olan bileşen olduğu söylenebilir.

Belirgin bir değişim görülmemesine rağmen ikinci minimum civarı için hesaplanan renk ölçeği değeri  $B-V=0^m.509$  olarak hesaplanmıştır. İkinci minimumda tam tutulma görülmemesine rağmen bu değer büyük oranda baş bileşenin renk ölçeği değeri olduğunu söyleyebiliriz. Sistemin uzaklığı bilinmediğinden bu değer bir miktar kızarmaya uğramış olmalıdır ve dolayısıyla bu bilgiden yararlanılarak hesaplanacak sıcaklık değeri bir alt sınır olmalıdır. Bu renk ölçeğine karşılık gelen sıcaklık değeri 6190 K ölçüsündedir (Houdashelt vd. 2000)



Şekil 4.19 DZ Lyn sistemi için elde edilen B-V, V-R, V-I renk ölçeği eğrileri

Çizelge 4.12 Renk ölçeği değerlerine karşılık Houdashelt vd. (2000) tarafından verilen bağıntılar kullanılarak hesaplanan sıcaklık değerleri

Renk	Değer	Anakol Yıldızı (T <sub>e</sub> )	Dev Yıldız (T <sub>e</sub> )
B-V	0 <sup>m</sup> .509	6190 K	6062 K
V-R	0 <sup>m</sup> .308	6125 K	5937 K
V-I	0 <sup>m</sup> .654	5886 K	5762 K
V-K	1 <sup>m</sup> .813	4395 K	5353 K
J-K	0 <sup>m</sup> .241	6550 K	6279 K

DZ Lyn sistemi aynı zamanda literatürde 2MASS-JHK parlaklıklarının bulunduğu bir sistemdir. Yıldızlararası ortamın bu bandlardaki etkisinin çok daha az olduğu dikkate alındığında JHK bandlarından oluşturulacak renk değerlerinden hesaplanacak sıcaklık değerleri daha doğru olmalıdır. Çizelge 4.12’de DZ Lyn sistemi için hesaplanan renk ölçeği değerleri ve bu renklere karşılık gelen sıcaklık değerleri verilmiştir. Sıcaklıklar Houdashelt vd. (2000) tarafından verilen dönüşüm formülleri kullanılarak hesaplanmıştır.

Yıldızlararası ortamın daha uzun dalgaboylarında daha az etkin olması nedeniyle JHK bandları kullanılarak hesaplanan renklerden elde edilen sıcaklık değerlerinin daha doğru sonuçlar vereceği açıktır. Bunun dışında AÜG’nde gerçekleştirilen gözlemlerimizin bir gecesinin kullanılabilir olması gözlemlerdeki hatanın büyümesine sebep olmuştur. Bu nedenle fotometrik gözlemlerimize dayanarak hesaplamış olduğumuz standart parlaklık değerlerimizde hata düzeyinin de büyük olduğunu düşünmekteyiz.

Çizelge 4.12’den en yüksek sıcaklık değerinin J-K rengine karşılık gelen 6550 K sıcaklık değeri olduğu görülebilir. Maciejewski vd. (2003) tarafından sistemin tayf türü olarak F3V verildiğinden bu tayf türüne karşılık Habets ve Heintze (1981) tarafından verilen çizelgeden hesaplanan 6860 K değerini irdelememiz gerekmektedir. Aynı tayf türüne karşılık Allen (2000) tarafından verilen çizelgelerde ise 6677 K sıcaklığı ve de Jager vd. (1987) tarafından ise 6918 K olarak bulunmuştur. Yıldızların tayf türleri onların tayflarında bulunan çizgiler kullanılarak belirlendiğinden yıldızlararası

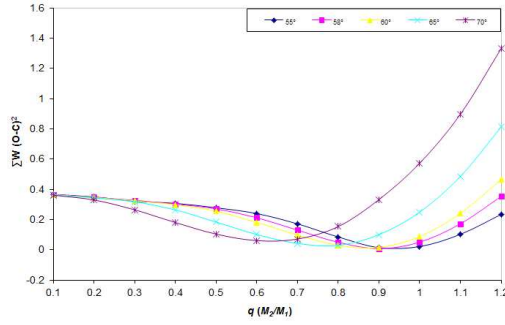
ortamdan etkilenmemiş değerlerdir fakat aynı tayf türüne karşılık farklı araştırmacılar tarafından verilen sıcaklık değerleri arasında yaklaşık 250 K'lık bir fark olması bu konuda ne ölçüde hata yapılabileceğini bize göstermektedir. Yıldızlararası ortamın etkisinin az olduğunu bildiğimiz J-K renginden elde edilen sıcaklık değerinin bir alt sınır olduğu dikkate alındığında Habets ve Heintze (1981) tarafından verilen 6860 K sıcaklık değerinin baş bileşen için kabul edilebilir bir değer olduğunu söyleyebiliriz.

Çalışmamızda DZ Lyn sistemi hem MOD 3 (değen sistem) de hem de MOD 5 (yarı-ayrık sistem) çözümü gerçekleştirilmiştir. WD programında bu iki farklı Moda karşılık gelen ve serbest bırakılabilen parametreler de birbirinden farklı olacaktır. MOD 5 (Algol türü sistemler) kullanılarak ışık eğrisi çözümü gerçekleştirilmesi durumunda yoldaş bileşen Roche şişimini doldurmuş olmalıdır yoldaş bileşene ait yüzey potansiyeli  $\Omega_2$  ile ışınım gücü değeri  $L_2$  program tarafından hesaplanır. MOD 3 (W UMa türü sistemler) geometrik olarak değen fakat ısısız olarak değmeyen sistemlerin çözümünde kullanılır ve yoldaş bileşene ait sıcaklık, albedo, çekimsel kararma ve kenar kararma parametreleri ( $T_2$ ,  $A_2$ ,  $g_2$ ,  $x_2$  ve  $y_2$ ) serbest bırakılabilir. Bu Modda bileşen yıldızların Roche potansiyelleri birbirine eşit olmalıdır.

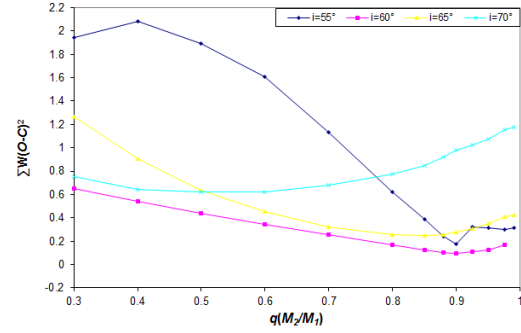
Baş bileşene ait bolometrik ve dalgaboyuna bağlı kenar kararma katsayıları van Hamme (1993) tablolarından otomatik olarak WD programı tarafından alınmaktadır. Çekimsel kararma sabitleri konvektif zarfa sahip yıldızlar için kullanılan  $g_1=g_2=0.32$  (Lucy, 1967) olarak alınmıştır. Bolometrik yansıma katsayıları ise yine konvektif zarfa sahip yıldızlar için genel olarak kabul edilen  $A_1=A_2=0.50$  (Rucinski, 1969) olarak alınmıştır. Işık eğrisi çözümünde sistemde yörünge dışmerkezliği  $e=0$  ve sistemde dönme-dolanma kilitlemesinin olduğu kabul edilmiştir ( $F_1=F_2=1$ ). O-C değişiminden sisteme bağlı üçüncü bir cismin varlığına dair bir bulguya ulaşamadığı için  $l_3=0$  olarak alınmıştır. Bununla birlikte sistemin ışık eğrisi çözümünde karacisim ışımaya modeli yerine daha gerçekçi ışınım yasasını içeren yıldız atmosfer modelinin kullanılması tercih edilmiştir.

Sistemin tayfsal kütle oranı bilinmediğinden ilk olarak *i-q* taraması yöntemi ile hem sistemin yörünge eğim açısını hem de sistemin kütle oranı değerlerinin hangi sınırlarda olabileceği araştırılmıştır. BVRI bantlarında elde edilmiş ışık eğrileri, başlangıç girdi

parametreleri için farklı yörünge eğim açısı ( $i$ ) ve farklı kütle oranı ( $q$ ) değerlerine karşılık en küçük fark kareleri toplamı değerleri aranmıştır. Şekil 4.20’de dikkate alınan iki ayrı Mod için ulaşılmış  $i$ - $q$  taraması sonuçları gösterilmiştir.



Mod 3

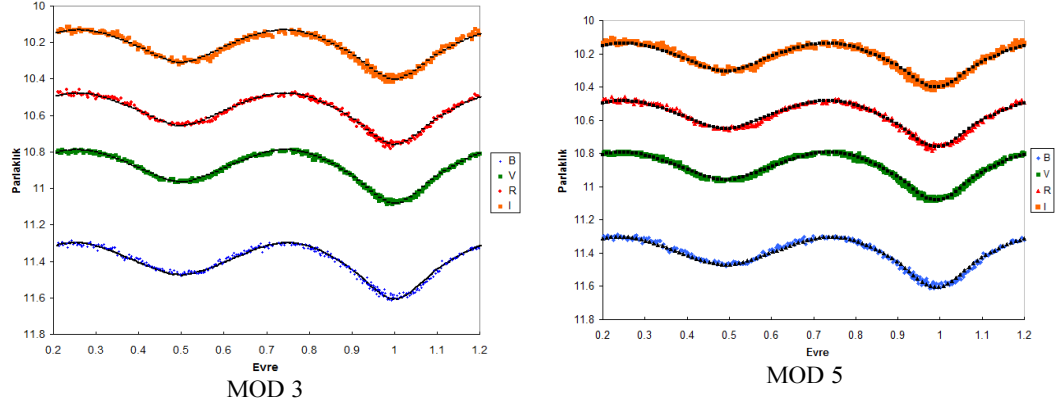


Mod 5

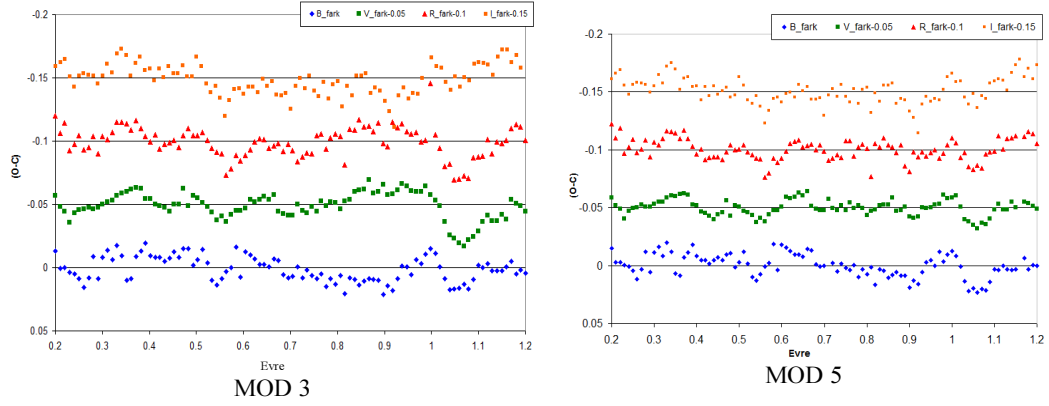
Şekil 4.20 DZ Lyn sistemi için farklı yörünge eğim açıları ( $i$ ) ve  $q$  ( $M_2/M_1$ ) değerleri dikkate alınarak gerçekleştirilen  $i$ - $q$  taraması sonucu

Buna göre her iki Mod için gerçekleştirilen  $i$ - $q$  taraması sonucunda DZ Lyn sistemi için  $i$  yörünge eğim açısının  $60^\circ$  civarında olduğu ve  $q$  kütle oranı için ise 0.85-0.95 aralığında olduğu hesaplanmıştır.

DZ Lyn sisteminin BVRI bandlarına ilişkin ışık eğrileri başlangıç girdi parametreleri ve  $i$ - $q$  taraması sonucunda ulaşılan sonuçlar dikkate alınarak daha iyi çözüm parametreleri aranmıştır. Bu işlem, serbest bırakılan parametreler üzerinde herhangi bir düzeltmeye ihtiyaç duyulmayana kadar sürdürülmüş ve en küçük fark kareleri toplamına ulaşıldığında analiz süreci tamamlanmıştır. Şekil 4.20’de MOD 3 ve 5 için ulaşılan teorik ve gözlemsel ışık eğrileri gösterilmiştir. Şekil 4.21’de ise BVRI bandları için gerçekleştirilen çözüm ile gözlemsel veriler arasındaki farklar verilmiştir.



Şekil 4.21 DZ Lyn sisteminin iki ayrı Modda gerçekleştirilmiş çözüm ve gözlemsel ışık eğrileri



Şekil 4.22 DZ Lyn sistemi için gözlemsel veriler ile kuramsal veriler arasındaki fark

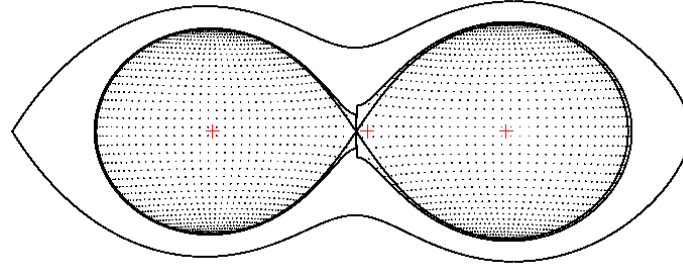
Şekil 4.21-4.22 incelendiğinde, MOD 3 kullanılarak gerçekleştirilen ışık eğrisi çözümünün MOD 5'e göre gözlemsel verileri çok daha iyi temsil ettiği görülebilir. Çizelge 4.13'de DZ Lyn sistemi için ulaşılan çözüm ve geometrik parametreler bulunmaktadır. Gerçekleştirilen çözüm sonucunda fark kareleri toplamının en küçük olduğu MOD 5 çözümü ile hatası daha küçük olan çözüme ulaşıldığı görülmektedir. Bu Modda yoldaş bileşenin Roche şişimini doldurmuş olduğu ve baş bileşenin henüz Roche şişimini doldurmamış olduğu yarı-ayrık bir sistem olduğu söylenebilir. Fakat MOD 3 çözümü ile karşılaştırıldığında her iki çözüm arasındaki farkın çok büyük veya belirgin olarak ortaya konulamayacağı söylenebilir.

Bileşen yıldızlar arasındaki sıcaklık farkı yaklaşık olarak  $\sim 1600-1700$  K olduğu görülmektedir. Bir önceki tartışmaya da dayanarak sistemin ortak zarf içerisinde bulunan W UMa türü bir sistemden daha çok yarı-ayrık bir sistem olması gerektiğini göstermektedir. Ortak zarf içerisinde bulunan sistemlerde bileşen yıldızların sıcaklıkları arasındaki fark çok daha küçük değerlere sahiptir. Bu sonuca zıt olarak karşılaştığımız bir durum, Şekil 4.19'da görülen renk eğrilerinde evreye göre önemli bir değişimin görülmemesidir. Bu durumun gözlemsel verilerdeki saçılma sonucu ortaya çıktığını düşünmekteyiz.

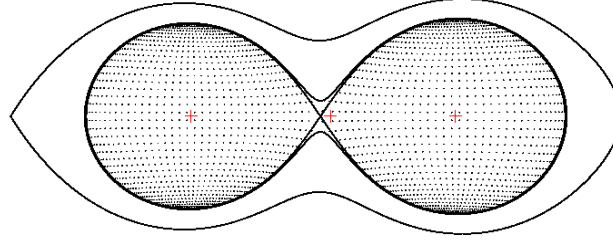
Martignoni vd. (2009), DZ Lyn sistemi üzerinde yaptıkları çalışma sonucunda sistemde ikinci bileşenin de kritik Roche lobunu aştığı ve A-türü W UMa türü çift yıldız olabileceği üzerinde durulmuştur. Şekil 4.23'de MOD 3 ve MOD 5 çözümü ile elde edilen bileşen yıldızların Roche geometrileri gösterilmiştir. Elde edilen parametrelerle çizilen bu Roche geometrilerine göre, sistemin yarı-ayrık modele (MOD 5) uymadığı görülmektedir. Bu durumda sistem için uyguladığımız aşırı degen çift sistemler modu olan MOD 3 ile elde ettiğimiz parametrelerle, mutlak parametreleri hesaplananın daha doğru olacağını düşünmekteyiz.

Çizelge 4.13 DZ Lyn sisteminin ışık eğrisinin çözüm sonuçları

Parametre	Martignoni vd. (2009)	Bu çalışma (Mod 3)	Bu çalışma (Mod 5)
$q$ ( $M_2/M_1$ )	0.886±0.004	0.904±0.001	0.904±0.003
$i$ (°)	57.6±0.2	57.9 ± 0.1	57.4±0.1
$T_1$ (K)	6860	6860	6860
$T_2$ (K)	5068±3	5134±20	5137±18
$\Omega_1$	3.473±0.008	3.560± 0.001	3.556±0.002
$\Omega_2$	3.473±0.008	3.560± 0.001	3.560±0.002
$f_1, f_2$ (fillout)	0.18	0.05	0.11, 0.05
$L_1/L_T$	0.78±0.01(B)	0.87±0.03(B)	0.86±0.03(B)
	0.75±0.01(V)	0.81±0.01(V)	0.82±0.02(V)
	0.71±0.01(R)	0.77±0.01(R)	0.77±0.01(R)
	0.67±0.01(I)	0.73±0.01(I)	0.74±0.01(I)
	0.131±0.002(B)	0.131±0.015(B)	0.143±0.013(B)
$L_2/L_T$	0.174±0.002(V)	0.187±0.003(V)	0.185±0.003(V)
	0.207±0.007(R)	0.232±0.001(R)	0.229±0.001(R)
	0.242±0.008(I)	0.269±0.003(I)	0.265±0.003(I)
$g_1=g_2$	0.32	0.32	0.32
$A_1=A_2$	0.5	0.5	0.5
$x_1(bol), x_2(bol)$	0.221, 0.221(B)		
	0.077, 0.077(V)	0.664, 0.614	0.664, 0.615
	-0.032, -0.032(R)		
$y_1(bol), y_2(bol)$	-0.094, -0.094 (I)		
		0.280, 0.168	0.170, 0.118
$L_3/L_T$	0	0	0
$r_1$ (pole)	0.378±0.001	0.368±0.001	0.369±0.001
$r_1$ (side)	0.400±0.002	0.388±0.001	0.389±0.001
$r_1$ (back)	0.436±0.002	0.420±0.001	0.422±0.001
$r_2$ (pole)	0.358±0.001	0.351±0.001	0.348±0.001
$r_2$ (side)	0.377±0.002	0.369±0.001	0.365±0.001
$r_2$ (back)	0.415±0.003	0.401±0.001	0.396±0.001
$\sum W$ (O-C) <sup>2</sup>	0.777851	0.062567	0.062558



MOD 5



MOD 3

Şekil 4.23 DZ Lyn sistemin yarı-ayrık ve değen sistem (Mod 5, Mod 3) çözümlü sonucu elde edilmiş Roche Modelleri

#### 4.4.3 Mutlak parametreler

DZ Lyn örten değişen sistemin mutlak parametrelerini hesaplayabilmek için öncelikle bileşenler arasındaki uzaklığın bilinmesi gerekir. Bu bilgi ise dikine hız eğrisinin elde edilmiş olması durumunda hesaplanabilen bir büyüklüktür. DZ Lyn örten değişen çift sisteminin de literatürde dikine hız verileri bulunmamaktadır. Bölüm 4.2.1.2’de mutlak parametrelerin hesabı ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Aynı adımlar izlenerek çizelge 4.14’de DZ Lyn örten değişen sistemine, yörünge dönemi yakın yıldızlar ele alınarak hesaplanan mutlak parametreleri verilmiştir.

Çizelge 4.14 Yörünge dönemi DZ Lyn sistemine yakın olan LTCB sistemleri (Yakut ve Eggleton 2005)

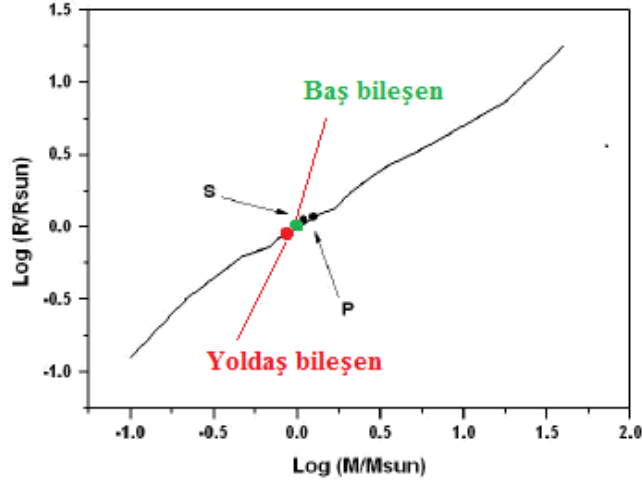
Sistemin Adı	Dönem (P)	$M_1(M_\odot)$	$M_2(M_\odot)$	$M_T(M_\odot)$
V417 Aql	0.3703	1.40	0.50	1.90
XY Boo	0.3705	0.93	0.15	1.08
V752 Cen	0.3700	1.30	0.40	1.70
YY CrB	0.3766	1.43	0.35	2.09
TX Cnc	0.3830	0.91	0.50	1.41

Çizelge 4.15 DZ Lyn sisteminin mutlak parametreleri

Martignoni vd. (2009)		Bu çalışma
Parametre	Değer	
$a(R_\odot)$		$2.593 \pm 0.156$
$M_1(M_\odot)$	1.25	$0.860 \pm 0.210$
$M_2(M_\odot)$	1.11	$0.777 \pm 0.351$
$R_1(R_\odot)$	1.18	$1.019 \pm 0.092$
$R_2(R_\odot)$	1.12	$0.957 \pm 0.086$
$L_1(L_\odot)$	1.57	$2.062 \pm 0.017$
$L_2(L_\odot)$	0.89	$0.572 \pm 0.005$
$M_{bol1}$	3.65	$3.984 \pm 0.147$
$M_{bol2}$	4.83	$5.377 \pm 0.145$
$\text{Log } g_1$	4.33	$4.356 \pm 0.132$
$\text{Log } g_2$	4.44	$4.367 \pm 0.132$
$d(\text{pc})$		$168 \pm 14$

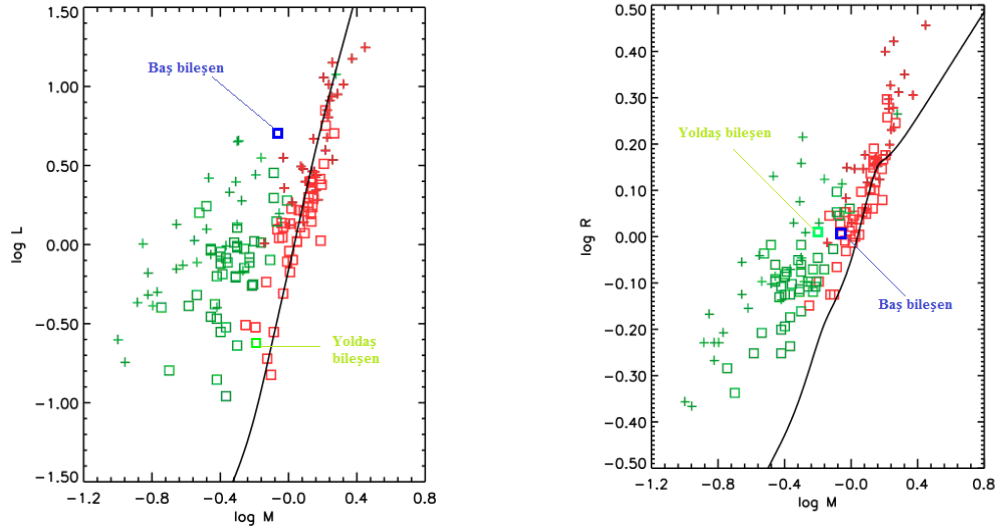
DZ Lyn sisteminin uzaklığı Ammons vd. (2006)'ye göre 60 parsek, Pickles vd. (2010)'a göre 483 parsek verilmiştir. Bu çalışmada DZ Lyn sisteminin uzaklığı, hesaplanan standart parlaklıklar ve bolometrik ( $M_{bol}$ ) parlaklıklar yardımı ile uzaklık modülü (denklem 4.9) formülü kullanılarak,  $168 \pm 14$  olarak bulunmuştur. Martignoni vd. (2009) çalışmasında DZ Lyn'in ışık eğrisinden elde ettikleri parametrelere ve dönemine

dayanarak, Milano ve Russo (1983) çalışmasına göre bileşenlerin kütlelerini, Awadalla ve Hanna (2005) çalışmasına dayanarak da sistemin anakolda olma koşuluyla, yapıçaplarını hesaplamışlardır. Elde ettikleri bu parametreleri de şekil 4.24’de HR diyagramı üzerinde göstermişlerdir. Aynı şekil üzerinde bu çalışmada hesaplanan mutlak parametrelere dayanarak da bileşen yıldızlar yerleştirilmiştir.



Şekil 4.24 DZ Lyn sisteminin birinci ve ikinci bileşeninin Martignoni vd.’nin elde ettiği anakol üzerindeki konumu (Bu çalışma)

Çizelge 4.15’de elde edilen mutlak parametrelerle, DZ Lyn sistemini farklı bir yoldan inceleme ve bu çalışma ile test etme olanağı bulunmuştur. Ayrıca Şekil 4.25 de LTCB (low-temperature contact binaries – düşük-sıcaklıklı değen çiftler) türü sistemlerin arasına, DZ Lyn sisteminin birinci ve ikinci bileşeni konumlandırılarak, sistemin evrimsel durumu ve mutlak parametrelerin doğruluğu hususunda ayrıntılı bilgi elde edilmiştir.



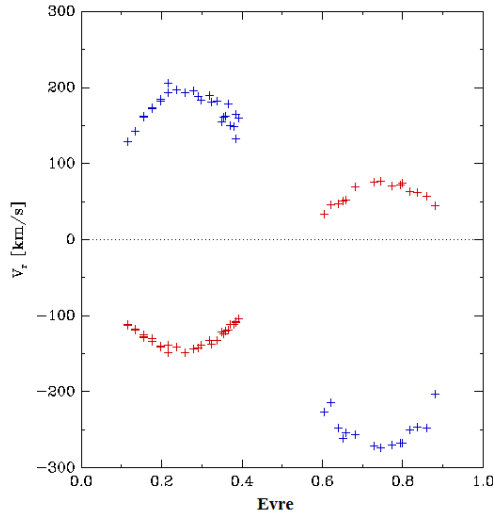
Şekil 4.25 DZ Lyn sisteminin kütle-ışınımgücü (M-L) (sol) ve kütle-yarıçap (M-R) diyagramı üzerindeki yeri (Yakut ve Eggleton 2005)

Şekil 4.25'te kare ile gösterilen noktalar W-türü W UMA'lar, artı ile gösterilen noktalar ise A-türü W UMA'ları temsil etmektedir. Yeşil renkler birinci, kırmızı renkler ise ikinci bileşenleri temsil etmektedir. Mavi ile belirtilen nokta DZ Lyn sisteminin baş bileşenini, açık yeşil ile ifade edilen nokta yoldaş bileşeni temsil etmektedir (Yakut ve Eggleton 2005). Yakut ve Eggleton (2005)'un LTCB'lerin de sınıflamasını yaptığı çalışma üzerinde, DZ Lyn örten değişen sisteminin konumları incelenmiştir. Elde edilen mutlak parametreler ile bu diyagramlara yerleştirilen DZ Lyn, Martignoni vd. (2009)'nin öngördüğü gibi W UMA'ların A-türüne değil, W UMA'ların W-türünde yakın özellikler taşıdığı görülmektedir. Fakat tüm bu sonuçlara tek bir gecelik bir gözlem sonucunda ulaşmış olmamız ise bu duruma şüphe ile bakmamızı sağlamaktadır. Elde edilen bu parametlerin ve sonuçların desteklenmesi için fotometrik ve dikine hız gözlemlerine ihtiyaç duyulmaktadır.

#### 4.5 EG Cep

EG Cep (HD 194089, BD+76 790,  $V_{\max}=9^m.49$ )'in örten değişen bir çift sistem olduğu Strohmeier (1958) tarafından keşfedilmiştir. Bu keşiften sonra sistemin fotometrik ışık eğrisi pek çok araştırmacı tarafından yayınlanmıştır (Zhu vd. 2009). Bütün bu

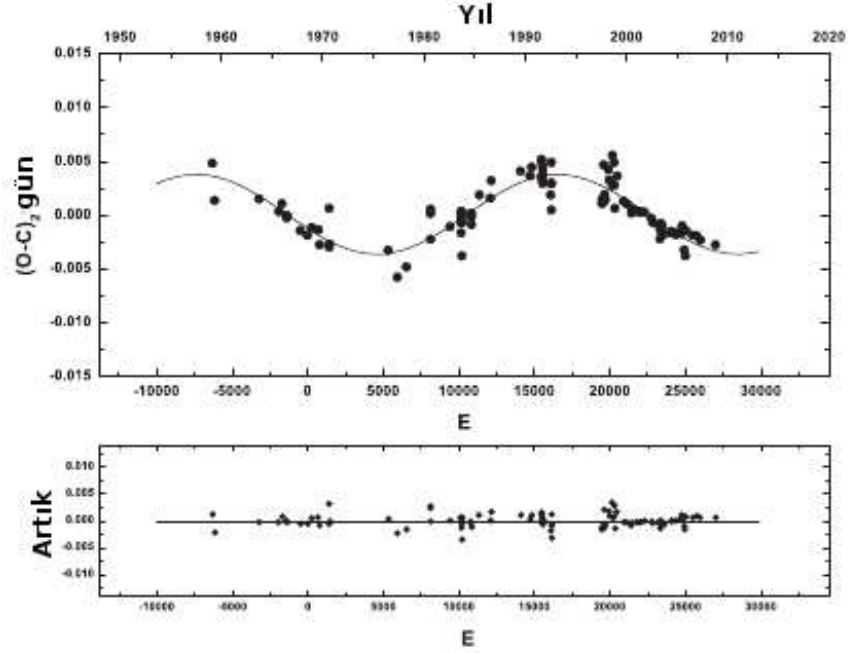
çalışmalar EG Cep'in yoldaş bileşeninin kritik Roche lobunu doldurmuş olduğunu ve baş bileşenin ise doldurmakta olduğunu vurgulamaktadır. Kafuzny ve Semeniuk (1984) sistemin fotometrik kütle oranını  $q_{ph}=0.45 - 0.50$  olarak hesaplamışlardır ve sistemin yarı-ayrık bir sistem olduğunu belirtmişlerdir. Sistemin tayfsal gözlemlerini inceleyen Etzel ve Olson (1993), Mg 448.1 nm çizgisinden baş bileşenin dönme hızını  $v_1 \sin i = 146 \pm 20 \text{ km s}^{-1}$  olarak hesaplamışlardır. Chochol vd. (1998) de sistemin fotometrik kütle oranını  $q_{ph}=0.47$  olarak hesaplamışlar ve yarı-ayrık bir sistem olarak çözüm gerçekleştirmişlerdir.



Şekil 4.26 EG Cep'in radyal hız çalışması (Rucinski vd. 2008)

Rucinski vd. (2008) tarafından gerçekleştirilen çalışma sonucunda sistemin tayfsal kütle oranı  $q_{sp}=0.465$  olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.26). Bu çalışmada Rucinski vd. (2008) tarafından yayınlanan dikine hız gözlemlerinin tamamı ve AUG'de gerçekleştirdiğimiz fotometrik gözlemler birlikte analiz edilmiştir. Şekil 4.26 tayfsal kütle oranının belirlenmesinde kullandığımız Rucinski (2008) dikine hız verilerini göstermektedir. Bazı gözlemsel noktalar Rucinski vd. (2008) tarafından analizlerde dikkate alınmamıştır. Zhu vd. (2009) sistemin 50 yılı aşkın zamana dağılmış minimum zamanlarını kullanarak EG Cep'in olası dönem değişim mekanizması için açıklamada bulunmuş ve EG Cep sisteminin Algol benzeri sistemlerde görülen değmek üzere olan

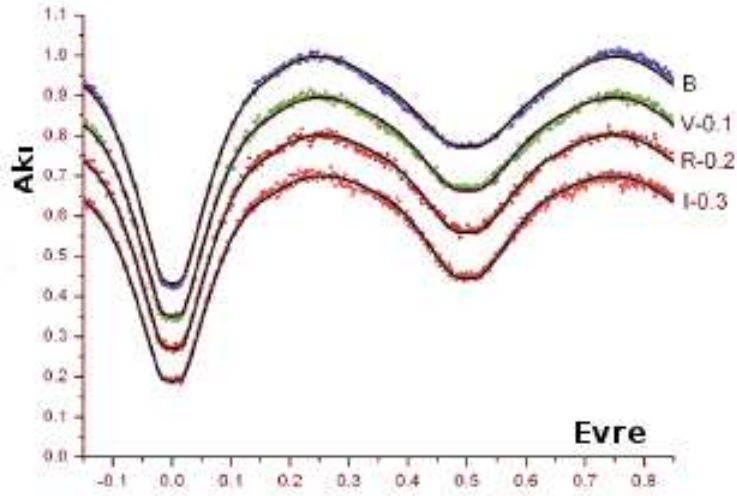
bir çift olduğu, yaklaşık 0.5 günlük yörünge dönemi ve ışık eğrisi biçimi ile de EB türü sistemlere benzediği belirtilmiştir.



Şekil 4.27 EG Cep'in O-C analizi (Zhu vd. 2009)

Sistemdeki dönem değişiminde olan artışın ve O-C deki sinüsel değişimin sebebinin kütle aktarımı (yoldaş bileşenden baş bileşene) ve üçüncü cisimden kaynaklandığı düşünülmektedir. Üçüncü bileşenin EG Cep sisteminin yörünge düzlemi ile aynı olduğu kabul edilerek olası kütlelerinin  $0.11 M_{\odot}$  olabileceği hesaplanmıştır. Üçüncü bileşenin dolanma döneminin  $35.8 (\pm 0.1)$  yıl olarak hesaplanmış olması ve değişim genliği dikkate alınarak ( $A=0.0037 \pm 0.0002$ ) yörünge yarı-büyük eksen uzunluğu 14 AB olarak hesaplanmıştır. Üçüncü bileşenin normal bir anakol yıldızı olduğu kabul edildiğinde M tayf türünden bir yıldız olması gerektiği ve Rucinski vd. (2008) tarafından ikili sistemde bulunan A7V tayf türündeki baş bileşene göre çok sönük olacağı görülebilir. V bandında ikili sisteme olan katkısının %0.5 olacağı bu nedenle de böylesi bir bileşenin fotometrik ve/veya tayfsal olarak ayırt edilebilmesinin çok zor olabileceği belirtilmiştir.

Soydugan vd. (2006) tarafından yapılan çalışmada EG Cep sisteminin pulsasyon yapmaya aday bileşenlere sahip olduğu belirtilmiştir. Pazhouhesh vd. (2010) sistemde pulsasyon yapan bileşenin olup olmadığını incelemek amacıyla gözlemlerde bulunmuş fakat elde ettikleri ışık eğrilerinde böylesine bir pulsasyon izlerine rastlamamışlardır. Ayrıca sistemin ışık eğrisi analizini gerçekleştirmişlerdir (Şekil 4.28).



Şekil 4.28 EG Cep'e ait ışık eğrisi (Pazhouhesh vd. 2010)

Angione vd. (2013) Wilson-Devinney ve Eclipsing Light Curve (ELC) yazılımı kullanarak EG Cep sisteminin dört renk Strömngren fotometrik ve tayfsal yörünge çözümünü yapmışlardır. Çalışmalarında sistemin yörünge döneminde değişim olduğunu fakat kütle aktarımına ilişkin bulguya ulaşamadıkları belirtilmiştir. Baş bileşenin dikine hızına ilişkin yarı-genlik değeri  $K_1=111$  km/sn olarak verilmiştir. Ca II K-çizgisinden baş bileşenin tayf türü A6 olarak bulunmuştur. Sırasıyla baş ve yoldaş bileşen için mutlak parametreler;  $M_1=1.59 M_{\odot}$ ,  $M_2=0.75 M_{\odot}$ ,  $R_1=1.62 R_{\odot}$ ,  $R_2=1.17 R_{\odot}$  ve sıcaklıklarının ise  $T_1=8000$  K ve  $T_2=5441$  K olarak bulmuşlardır. Nispeten daha eski gözlemlere sahip olmasına karşın, Djurašević vd. (2013) de aralarında EG Cep'in de bulunduğu dört sistem için 2008 yılında AÜG'nde yapılmış fotometrik gözlemlerle, Rucinski vd. (2008)'in dikine hız verilerini kullanarak sistemin mutlak parametrelerini

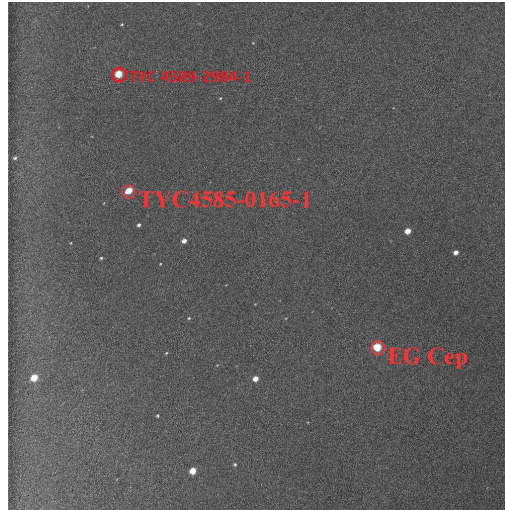
hesaplamışlardır. Bu çalışmada EG Cep'in manyetik etkinliğe sahip olduğundan söz edilmektedir.

EG Cep'in ışık eğrisini çizmek için mukayese ve denet yıldızlarına ilişkin bilgiler çizelge 4.16'de verilmiştir.

Çizelge 4.16 EG Cep, mukayese ve denet yıldızı için bilgiler

Sistem	Koordinat (FK5 2000)	Parlaklık (B)	Parlaklık (V)	Parlaklık (R) (Bu çalışma)	Parlaklık (I) (Bu çalışma)
EG Cep	$\alpha$ : 20 15 56.834 $\delta$ : +76 48 35.71	9 <sup>m</sup> .75	9 <sup>m</sup> .49	9 <sup>m</sup> .32	9 <sup>m</sup> .15
TYC 4885-0165-1	$\alpha$ : 09 23 05.707 $\delta$ : -02 04 46.78	11 <sup>m</sup> .40	10 <sup>m</sup> .73	10 <sup>m</sup> .98	10 <sup>m</sup> .63
TYC 4589-2984-1 (Denet)	$\alpha$ : 20 16 15.752 $\delta$ : +76 56 12.70	11 <sup>m</sup> .66	11 <sup>m</sup> .84	10 <sup>m</sup> .58	10 <sup>m</sup> .16

Ayrıca EG Cep'in bulunduğu bölgeye ait CCD görüntüsü Şekil 4.29'de gösterilmektedir.



Şekil 4.29 EG Cep'in olduğu bölgeye ait CCD görüntüsü

EG Cep örten değişen sisteminin AÜG’de yapılan gözlemlerin tarihleri, hava durumu, kullanılan veri sayısı ve gözlemcileri çizelge 4.17’te verilmiştir.

Çizelge 4.17 EG Cep sisteminin AÜG gözlemleri

Tarih	Veri Sayısı				Hava Durumu/Arıza	Gözlemciler
	B	V	R	I		
2011-07-07	122	121	83	121	-	YK-TO-MDI
2011-07-18	310	310	310	310	-	AO-YŞ
2011-08-10	481	481	481	481	-	ZT-SC
2011-09-04	398	397	396	196	-/Teleskop	AY
2011-09-13	374	374	374	374	-/Filtre Tekerleği	GS
2012-01-23	145	145	144	144	-	YK
<b>Toplam</b>	1830	1828	1788	1626		

**YK:** Yücel Kılıç; **TO:** Tahsin Ozun; **MDI:** Muhammed Diyaddin İlhan; **AO:** Abdullah Okan; **YŞ:** Yunus Şendağ; **ZT:** Zahide Terzioğlu; **SC:** Sonay Cerit; **AY:** Arzu Yolkolu; **GS:** Gözde Saral

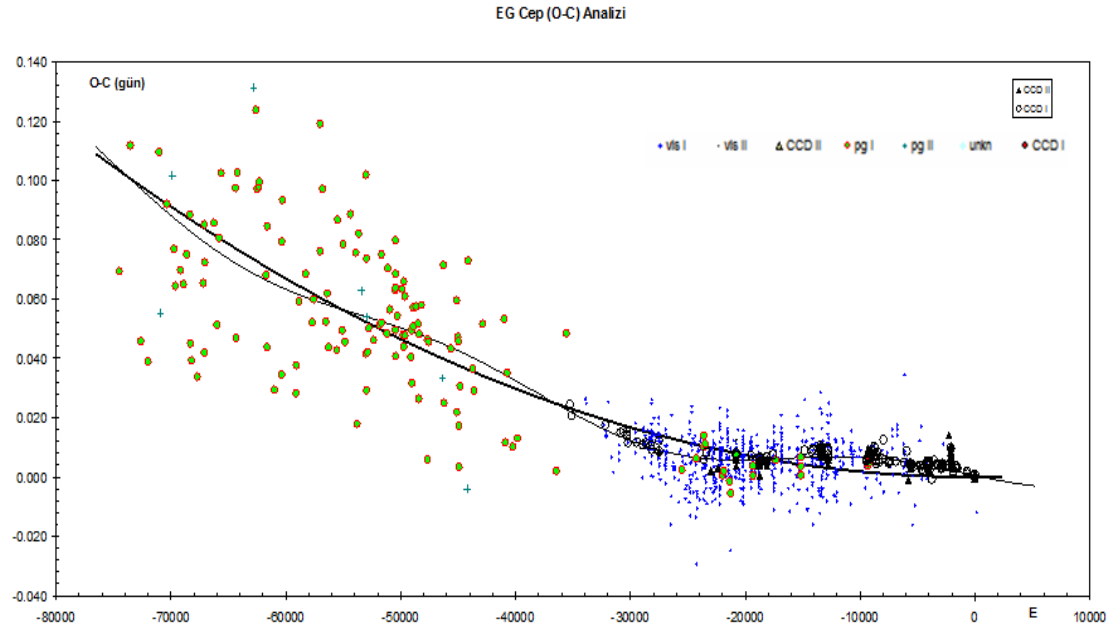
Herbir gözlem gecesine ait gözlemler, aynı CCD görüntüsünde bulunan mukayese ve denet yıldızları dikkate alınarak sönümlenme katsayıları belirlenmiş ve dikkate alınan yıldızların atmosfer dışı parlaklıkları hesaplanmıştır. Ardından BVRI bandlarındaki gözlemsel parlaklık değerleri standart parlaklıklara dönüşümü, tıpkı diğer sistemlerde olduğu gibi (CP Cam, DZ Lyn) gerçekleştirilmiştir. Mukayese yıldızının standart sistemdeki parlaklık değerleri kullanılarak, EG Cep sistemine ilişkin hesaplanan diferansiyel parlaklık değerleri standart sisteme dönüştürülmüştür.

#### 4.5.1 Işık elemanları

EG Cep örten değişen sistemine ait literatürde çok sayıda minimum zamanı bulunmaktadır. Bu çalışmada toplam 1011 adet minimum zamanı kullanılmıştır. Bunlardan 1007 adet minimum zamanı literatürden derlenen minimumlar olmak üzere (Erdem vd. 2005, Zhu vd. 2009, Pazhouhesh vd. 2010, <http://var.astro.cz/ocgate/> Erişim Tarihi: 31/03/2013) dördü bu çalışma (Demircan vd. 2012) ile verilmiştir. Denklem 4.14’de başlangıç için alınan ışık elemanları verilmiştir.

$$Min I (HJD) = 2455818.3584 + 0^{\circ}.5446227 x E \quad (4.14)$$

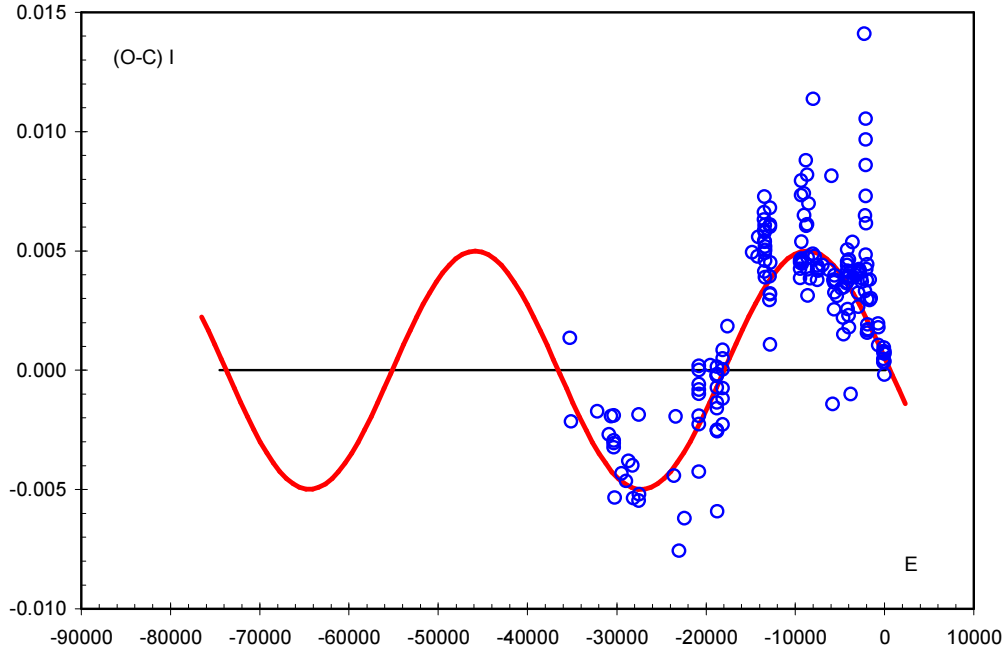
Şekil 4.30’de ccd; CCD, pe; fotoelektrik, pg; fotoğrafik ve vis; görsel tekniği kullanılarak elde edilen minimum zamanını belirtmektedir. Bu noktalar kullanarak O–C grafiği çizilmiştir.



Şekil 4.30 EG Cep sisteminin O-C grafiği

Şekil 4.30’da görüldüğü üzere literatürden toplanan ve gözlemlerimiz sonucunda elde edilen minimumlar ile çizilen O–C grafiğine parabol fiti yapılmıştır. Bölüm 2.5.1’de

bahsedildiği üzere, parabolun  $E^2$  teriminin katsayısı (A) pozitiftir.  $A > 0$  durumu söz konusu ise dönem düzenli olarak artıyor demektir ve kütle aktarımı küçük kütleli bileşenden büyük kütleli bileşene doğru demektir. Korunumlu kütle aktarımının olduğu varsayılarak,  $\Delta P/P = 3(M_1/M_2 - 1)/\Delta M_1/M_1$  (Kwee 1958) denklemi kullanılarak yörünge değişimi  $3.35324 \times 10^{-8}$  gün/yıl olarak, ortalama madde aktarım oranını da  $1,63 \times 10^{-8} M_{\odot}/yıl$  olarak hesaplanmıştır. O-C grafiğine yapılan parabol fitinden elde edilen  $R^2 = 0.8521093$  değeri ile de güvenilirliğimiz test edilmiştir.



Şekil 4.31 EG Cep sisteminin parabol fitinden olan O-C farkı

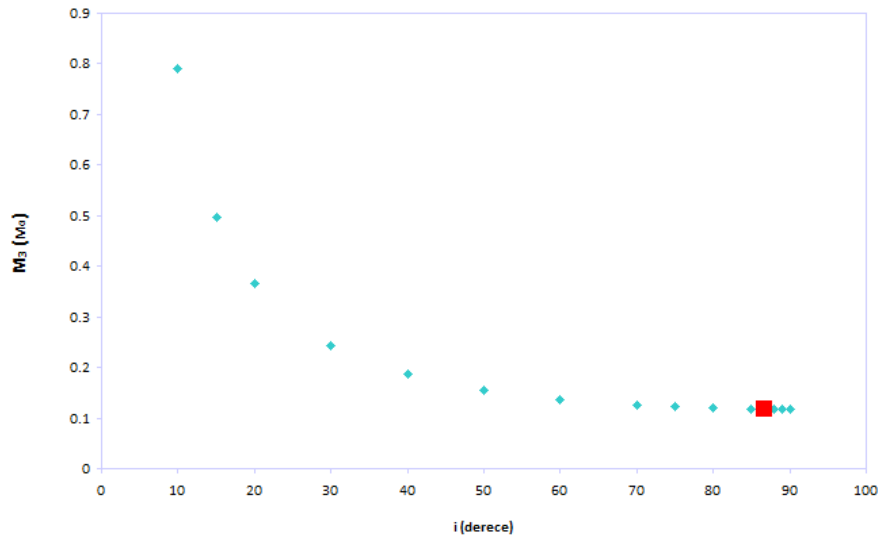
Sadece CCD verileri kullanılarak hesaplanmış minimum zamanları kullanılarak hesaplanan O-C değerlerine yapılan parabol fitinden artıklar, sinüsel bir dağılım göstermektedir (şekil 4.31). Böyle bir sinüsel dağılım, sisteme kütle çekimsel bağlı, ilave bir cismin olduğuna işaret etmektedir. Bu duruma bölüm 2.5.2 de ayrıntılı olarak değinilmiştir. Sisteme bağlı üçüncü cismin fiziksel ve yörünge parametreleri denklem 2.10, 2.11, 4.12, 4.13, 4.17 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$f(m_3) = \frac{(a_{12} \sin i)^3}{P_3^2} \quad (4.15)$$

$$f(m_3) = \frac{(M_3 \sin i)^3}{(M_1 + M_2 + M_3)^2} \quad (4.16)$$

$$a_3 = \frac{a_{12}(M_1 + M_2)}{M_3} \quad (4.17)$$

Bu denklemlerde kullanılan  $f(m_3)$ ; üçüncü bileşenin kütle fonksiyonu,  $i$ ; birinci ve ikinci bileşene kütle çekimsel olarak bağlı üçüncü bileşenin yörünge eğim açısı,  $a_{12}$ ; birinci ve ikinci bileşenin yörünge yarı-büyük eksen uzunluğu,  $P_3$ ; üçüncü bileşenin yörünge dönemi,  $M_1$ ,  $M_2$  ve  $M_3$ ; sırasıyla birinci, ikinci ve üçüncü bileşenin kütlelerini temsil etmektedir. Üçüncü bileşenin kütlesi, üçüncü cismin yörünge eğim açısı ( $i$ ) yaklaşık olarak birinci ve ikinci bileşenin yörünge eğim açısına ( $i$ ) eşit varsayılarak, denklem 4.15 'te verilen kütle fonksiyonu ile hesaplanmıştır. Üçüncü cismin yörünge eğim açısına göre kütle grafiği Şekil 4.32'de gösterilmektedir. Şekil 4.32'de kırmızı ile çizilen kare nokta üçüncü cismin varsayılan yörünge eğim açısındaki kütlesini belirtmektedir.



Şekil 4.32 EG Cep sistemine kütle çekimsel olarak bağlı, varsayılan üçüncü bileşenin yörünge eğim açısı ( $i$ ) - kütle ilişkisi ( $M$ )

EG Cep sisteminin uzaklığı, hesaplanan standart parlaklıklar ve bolometrik parlaklıklar kullanılarak, uzaklık modülü denkleminde (denklemler 4.9)  $318 \pm 40$  pc olarak hesaplanmıştır. Bu değer kullanılarak üçüncü bileşene ait hesaplanan bulgular çizelge 4.18’de verilmiştir.

Çizelge 4.18 EG Cep sisteminin O-C analizinden, üçüncü cisminin ilişkin hesaplanan parametreler

Parametre	Değer
$P_3$ (yıl)	55.46
$f(m_3)$	0.0002
$M_{3bol}$	9.16
$M_3 (M_{\odot})$	0.11
$d(pc)$	318
$i(^{\circ})$	86.4
$a_3 (AB)$	19

EG Cep sistemine ilişkin hesaplanan dönem değişim ve kütle aktarım oranlarının ve çizelge 4.19’deki bu sonuçların önceki çalışmalarla kıyaslanması çizelge 4.21’de verilmiştir.

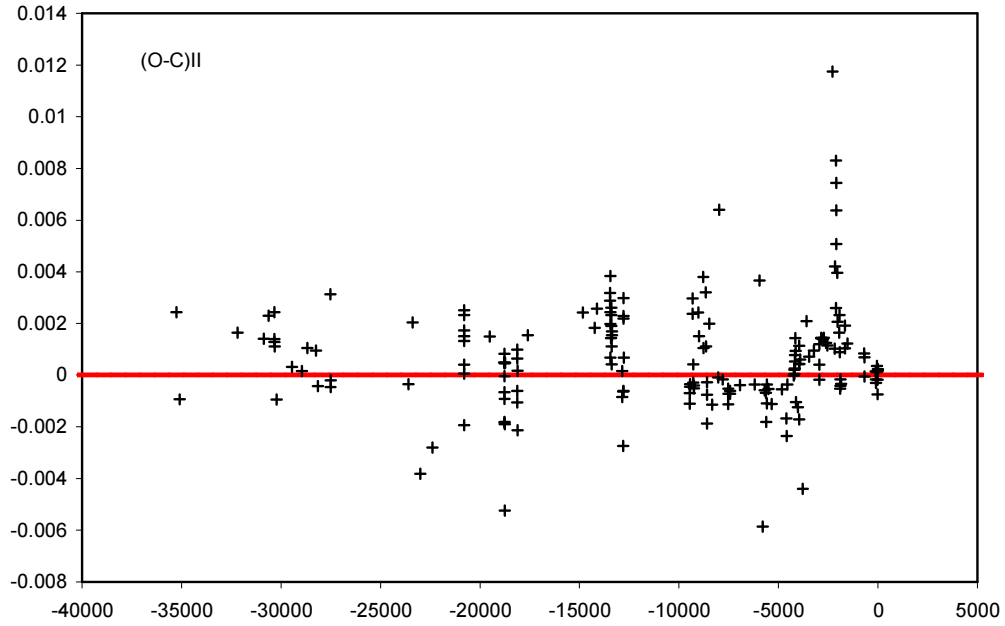
Çizelge 4.19 Bulunan dönem değişim ve kütle aktarım oranları

Çalışma	Erdem vd. (2005)	Zhu vd. (2009)	Pazh. ve Niar. (2010)	Bu çalışma
$\Delta P$ (gün/yıl)	$1.039 \times 10^{-7}$	$3.4 \times 10^{-7}$	$1.753 \times 10^{-8}$	$3.353 \times 10^{-8}$
$\Delta M$ ( $M_{\odot}$ /yıl)	$5.87 \times 10^{-8}$	$3.0 \times 10^{-8}$	$16.720 \times 10^{-9}$	$1.63 \times 10^{-8}$
P (gün)	0.544621554		0.5446213	0.544622601
$M_1+M_2$ ( $M_{\odot}$ )	2.700	2.420	2.840	2.570
$\Sigma W(O-C)^2$ (day <sup>2</sup> )	0.000466	0.00005	-	0.12060
<b>3. Cismin parametreleri</b>				
$P_3$ (yıl)	74.800	35.800	74.400	55.468
$e_3$	-	-	0.590	0.000
A (gün)	0.01053	0.0037	-	0.005
$M_3$ ( $M_{\odot}$ )	0.210	0.110	0.150	0.115
$i$ (°)	90	85.7	87.5	86.40

EG Cep sistemi için elde edilen bu sonuçlara göre hesaplanan birinci ve ikinci dereceden ışık elemanları denklem 4.17 ve 4.18 ifade edilmiştir.

$$\text{Min I (HJD)} = 2455818.35760 + 0^g.544622601 \times E + 1.86 \times 10^{-11} \times E^2 \quad (4.17)$$

$$\text{Min I (HJD)} = 2455818.36138 + 0^g.5446224 \times E \quad (4.18)$$

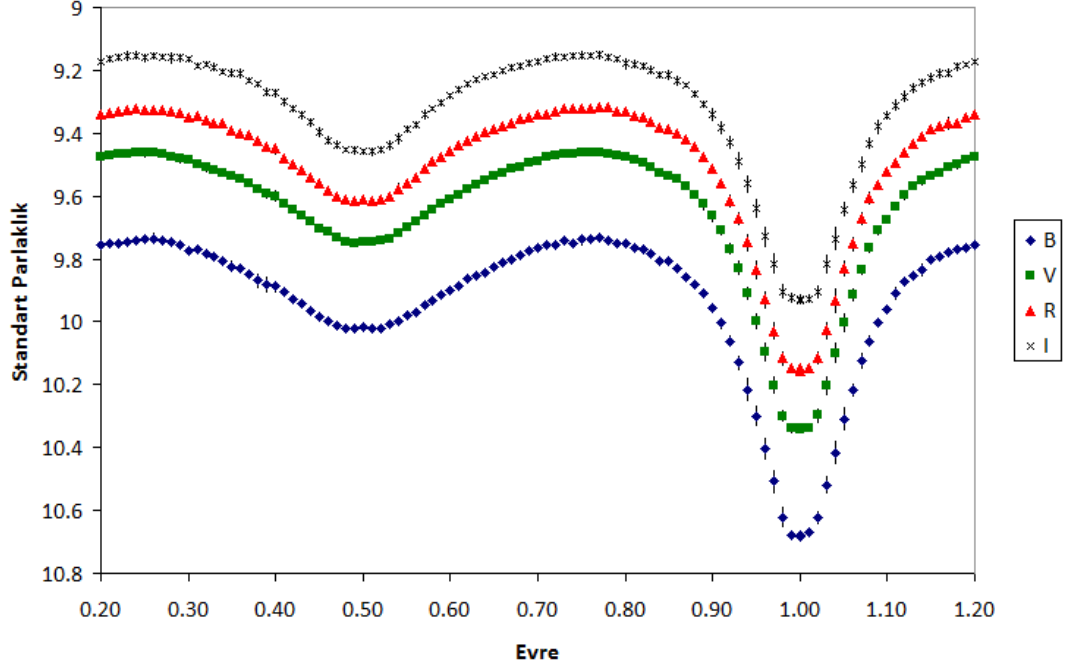


Şekil 4.33 EG Cep sisteminin sinüs fitinden olan O-C artığı

EG Cep sisteminin bu çalışma ile elde edilmiş yıllık dönem değişim miktarı ve kütle aktarım oranı Zhu vd. (2009) çalışmasını destekler niteliktedir. Şekil 4.33’de görüldüğü üzere sistemin O-C analizi sonrası sinüs fitinden olan farkta da çok küçük genlikli sinüsel bir değişimin olması, Angione vd. (2013)’nin bulgusunun aksine EG Cep sisteminde manyetik bir etkinliğin olabileceği hususunu düşündürmektedir. Bu durumun araştırılması için daha minimum zamanı gözlemlerine ihtiyaç duyulmaktadır.

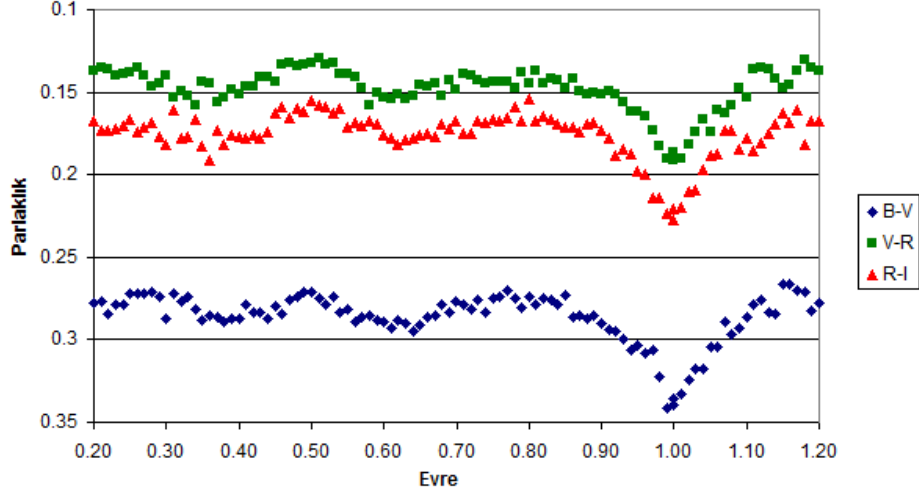
#### 4.5.2 Işık eğrisi analizi

EG Cep için Şekil 4.34’de verilen gözlemsel veriler standart sisteme dönüşümü gerçekleştirilmiş ve denklem 4.18 kullanılarak 0.01 evre aralığı için yerleştirilmiş normal noktalar ışık eğrisini oluşturmaktadır. Herbir gözlem noktası için hesaplanan standart sapma değerleri ilgili gözlem noktaları üzerine çizilmiştir. Fakat bazı noktaların hatası çok küçük olduğundan nokta boyutunun içinde kaybolmuşlardır.



Şekil 4.34 EG Cep sisteminin 2011 ve 2012 yıllarında AÜG gözlemleri ile elde edilen ışık eğrisi (Bu çalışma)

EG Cep örten değişen sistemi literatür bakımından zengin bir geçmişe sahiptir (bölüm 4.2.3). EG Cep sistemin ışık eğrisi analizinin gerçekleştirilebilmesi için başlangıç parametrelerine ihtiyaç duyulmaktadır. Sistemin literatürde çok sayıda dikine hız ve fotometrik gözlemlerinin bulunmasına karşın (Rucinski vd. 2008, Angione 2013) bu çalışma ile de renk bilgisine, BVRI bantlarındaki standart parlaklıklar kullanılarak şekil 4.35'deki gibi ulaşılmıştır.



Şekil 4.35 EG Cep sistemine ait B-V, V-R, R-I renk ölçekleri

Şekil 4.35’de görülebileceği gibi evreye göre EG Cep sistemine ilişkin B-V, V-R, R-I , V-I eğrilerinin değişiminde özellikle minimumlar civarında belirgin bir değişim görülmektedir. Bu değişimler bileşenler arasındaki sıcaklık farkının büyük olduğunun en önemli göstergesidir. İkinci minimum civarında renk değerlerinin daha küçük değerlere ulaştığı görülmektedir. Bu ise ikinci minimumda örten bileşenin sistemde daha sıcak olan bileşen olduğunu göstermektedir. Sistemin uzaklığı bilinmediğinden yıldızlararası ortam nedeniyle ne ölçüde kızarmaya uğradığı da bilinmemektedir. Fakat ölçülen B-V renk ölçüğü değeri yine de sistemin sıcaklığı için sınır değer olarak kullanılabilir. EG Cep sistemi için 2MASS JHK ve bu çalışmada hesaplanan parlaklık değerleri dikkate alınarak Houdashelt vd. (2000) tarafından verilen dönüşüm formülleri kullanılarak hesaplanan sıcaklık değerleri çizelge 4.20’de verilmiştir.

Çizelge 4.20 Houdashelt vd. (2000) tarafından verilen bağıntılar kullanılarak hesaplanan sıcaklık değerleri

Renk	Değer	Anakol Yıldızı ( $T_e$ )	Dev Yıldız (K)
B-V	$0^m.271$	7098 K	6787 K
V-R	$0^m.133$	7484 K	7181 K
V-I	$0^m.288$	7454 K	7173 K
V-K	$0^m.992$	5189 K	6527 K
J-K	$0^m.197$	6791 K	6470 K

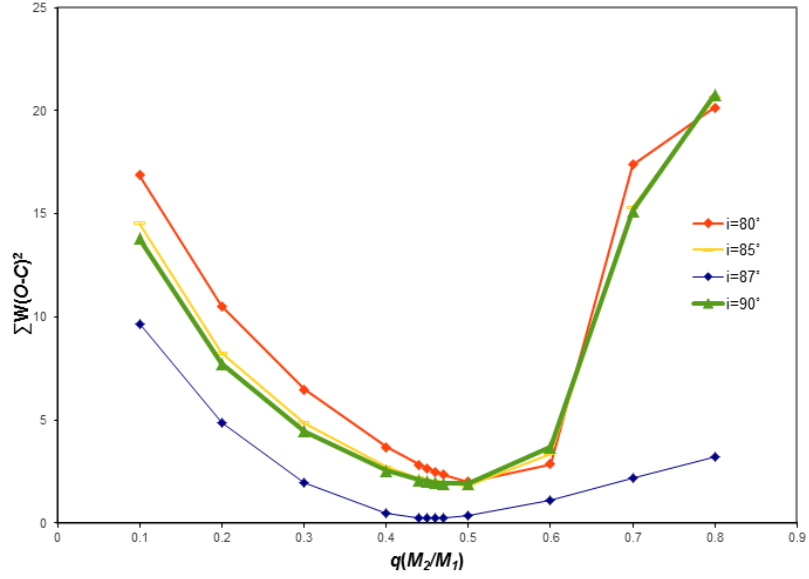
Yıldızlararası ortamın daha uzun dalgaboylarında daha az etkin olması nedeniyle JHK bandlarından elde edilen sıcaklık değerlerinin daha doğru sonuçlar verir. Literatürde EG Cep sistemi için Rucinski vd. (2008)'in verdiği A7V ve Angione vd. (2013)'nin A6 olarak elde edilen tayf türüne karşılık Cox (2000) çalışmasındaki çizelgelerden sırasıyla, 7850 K ve 8000 K elde edilmiştir. Djurašević vd. (2013) EG Cep için A7V tayf türüne karşılık 7850 K (Cox 2000) değerini, Angione vd. (2013)'de elde ettikleri A6 tayf türüne karşılık 8000 K değerini kullanmışlardır. EG Cep'in renk eğrilerinden hesapladığımız sıcaklık değerleri ile, Angione vd. (2013)'ün Ca II çizgisinden hesapladığı değer arasında belirgin farklar bulunmaktadır. Bu duruma sebep olan en önemli etkenlerden biri yıldızlararası ortam olabilir. EG Cep'in uzaklığının da iyi bilinmemesi göz önünde bulundurulduğunda, bizim hesapladığımız renk değerleri sistemin gerçek rengini yansıtmıyor olabilir. Bu sebeple öncelikle güncel bir sonuç olması ve tayfsal gözlem ile sistemin tayf türünün belirlenmesi bakımından Angione vd. (2013)'ün hesapladığı A6 tayf türüne karşılık gelen 8000 K değeri (Cox 2000) ışık eğrisi analizinde başlangıç değeri olarak kullanılmıştır.

EG Cep sisteminin ışık eğrisi analizinde başlangıç girdi parametreleri olarak sistemin yörünge dönemi ( $P$ ) ve başlangıç zamanı ( $T_0$ ) bu çalışmada elde edilen düzeltilmiş ışık elemanları olarak alınmıştır. Gözlemsel olarak ışık eğrisi ile birlikte O-C değişiminde dışmerkezliğin sıfır veya sıfıra yakın bir değer alınması gerektiği görüldüğünden, analizlerde  $e=0$  olarak alınmıştır. Çekim kararım katsayıları  $g_1$  ve  $g_2$  baş bileşen ışımsal atmosfere ( $T>7200$  K), yoldaş bileşen ise konvektif atmosfere ( $T<7200$  K) sahip olduğu düşüncesiyle  $g_1=1.0$ ,  $g_2=0.32$  (Lucy 1967) alınmıştır. Bolometrik albedo

değerleri olan  $A_1$  ve  $A_2$ , baş bileşen ışımasal atmosfere ( $T > 7200$  K) sahip olduğu için  $A_1=1.0$ , yoldaş bileşen için  $A_2=0.5$  seçilmiştir (Rucinski 1969). Wilson-Devinney programı kenar kararım katsayılarını otomatik olarak girilen sıcaklık değerlerine göre van Hamme (1993) tarafından verilen tablolardan hesaplayabilmektedir.

EG Cep sistemi için ışık eğrisi analizi, Rucinski vd. (2008)'in dikine hız verileri ile bu çalışmada elde edilen fotometrik veriler birlikte analize sokulmuştur. Dikine hız verileri ile yarı-büyük eksen uzunluğu hassas olarak hesaplanabilir. Bu değer sayesinde mutlak parametreler hassas olarak hesaplanabilir fakat ışık eğrisi modellemesine herhangi bir etkisi, mevcut Wilson-Devinney sürümünde bulunmamaktadır.

Sistemin yörünge eğim açısı ( $i$ ) ve kütle oranı ( $q$ ) için başlangıç değerlerinin belirlenmesi amacıyla  $i$ - $q$  taraması gerçekleştirilmiştir. Genel olarak  $\beta$  Lyrae türü sistemlerin yarı-ayrık sistemler oldukları dikkate alınarak  $i$ - $q$  taraması öncelikli olarak Mod 5'de gerçekleştirilmiştir. Sistem için farklı  $q$  kütle oranı değerlerine karşılık farklı  $i$  yörünge eğim açıları için ilgili Mod'larda serbest bırakılan parametreler ile çözüm yapılmış ve sonuç olarak WD programı tarafından üretilen fark kareleri toplamı,  $\sum W(O-C)^2$ , değerleri minimum oluncaya kadar sürdürülmüştür. Wilson-Devinney programında kullanılan Mod 5 tanımlaması yarı-ayrık sistemlerin çözümlerinde kullanılır ve yoldaş bileşenin Roche şişimini doldurmuş olduğu dolayısıyla  $\Omega_2$  ve  $L_2$  parametrelerinin program tarafından hesaplandığı (serbest bırakılmayan) parametrelerdir.



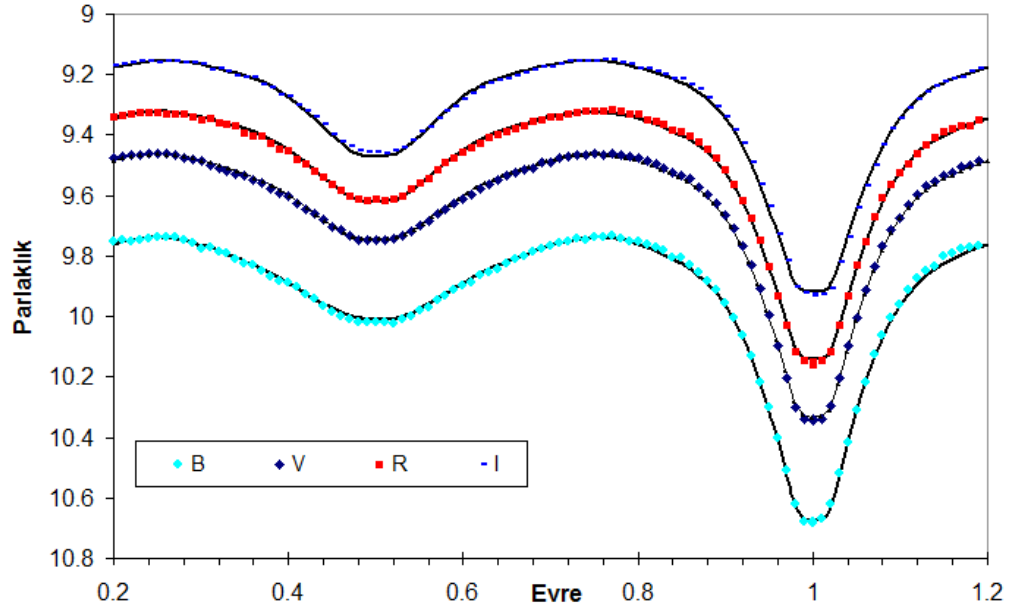
Şekil 4.36 EG Cep sistemi için farklı yörünge eğim açıları ve  $q (M_2/M_1)$  değerleri dikkate alınarak gerçekleştirilen  $i$ - $q$  taraması sonucu

EG Cep sisteminin literatürde dikine hız verilerinin bulunmasına karşın, yine de bir  $i$ - $q$  taraması yapılarak, ulaşılan fotometrik  $q$  değeri başlangıç parametresi olarak girilmiştir.  $i$ - $q$  taraması esnasında sistemin  $q(M_2/M_1)$  oranının 0.4-0.5 aralığında olduğu bulunmuştur. Yapılan analiz sonucunda sistem için en iyi kütle oranının 0.452 olduğu sonucuna varılmıştır (Şekil 4.36). Bu sonuç Rucinski vd. (2008) ve Angione (2013)'ün tayfsal olarak elde ettiği,  $q_{sp}=0.464$  (Rucinski vd. 2008),  $q_{sp}=0.474$  (Angione 2013) değerleriyle uyum göstermektedir.

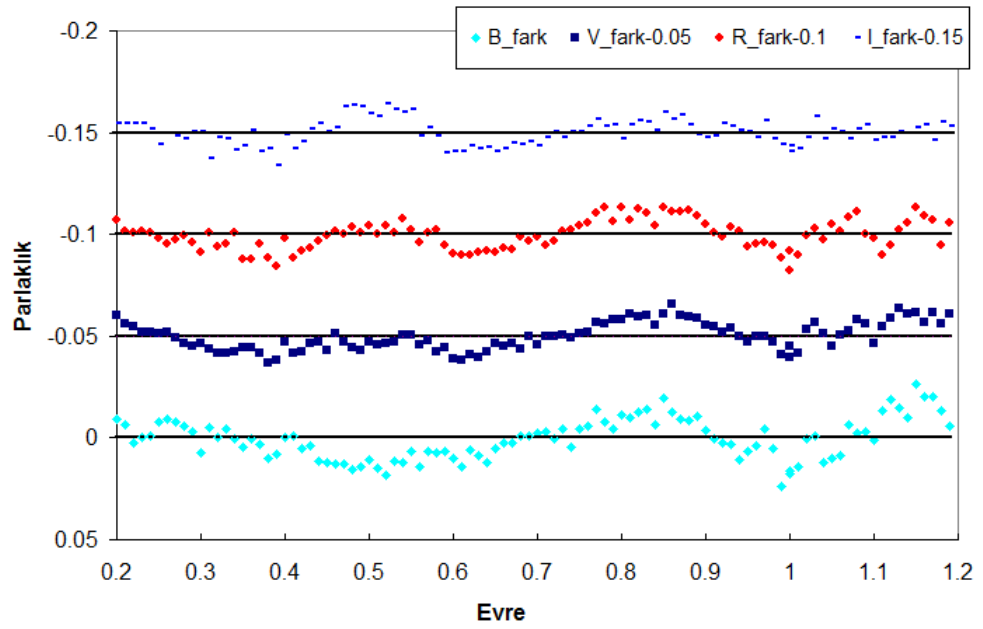
EG Cep sistemi için yapılan ışık eğrisi analizi sonucunda ulaşılan çözüm parametreleri çizelge 4.21'de verilmiştir. Çizelge 4.21'de verilen sonuç parametreleri ile elde edilen kuramsal ışık eğrisi ve gözlemsel ışık eğrisi şekil 4.37'de, Roche geometrisi Şekil 4.38'da verilmiştir. Işık eğrilerinin analizi sonucunda elde edilen parametrelere ve şekil 4.37'de çizilen Roche geometrisine dayanarak sistemin yarı-ayrık sistem olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.21 EG Cep sisteminin ışık eğrisinin çözüm sonuçları

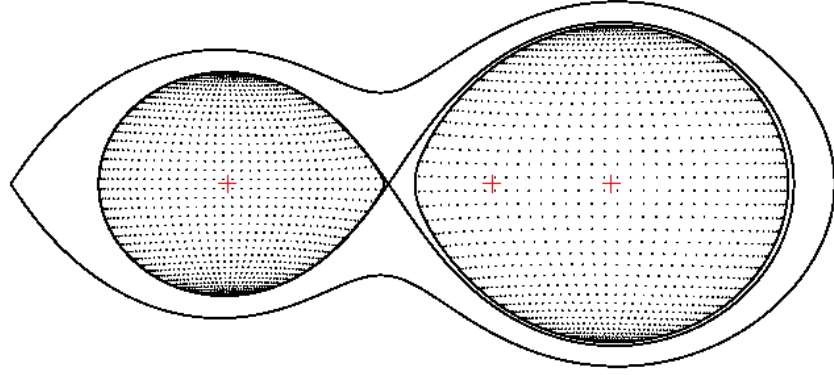
Parametre	Pazhouhesh vd. (2010)	Angione vd. (2013)	Djurašević vd. (2013)	Bu çalışma
$q (M_2/M_1)$	0.449	0.465	0.464	0.452
$i (^\circ)$	87.5	89.28±0.3	87.5±0.2	86.4±0.2
$T_1 (K)$	8500	8000	7850	8000
$T_2 (K)$	5792	5458±9	5360±20	5111±30
$\Omega_1$	2.859	2.869±0.002	2.845±0.002	2.838±0.008
$\Omega_2$		2.808	2.806±0.004	2.784
$L_1/L_T$	0.650(V)		0.922(B) 0.910(V) 0.901(R)	0.9646 (B) 0.9362 (V) 0.9058 (R) 0.8752 (I)
$L_2/L_T$	0.350(V)		0.078(B) 0.090(V) 0.099(R)	0.0354 (B) 0.0638 (V) 0.0942 (R) 0.1248 (I)
$g_1, g_2$		1.0, 0.32	1.0, 0.32	1.0, 0.32
$A_1, A_2$		1.0, 0.5	1.0, 0.5	1.0, 0.5
$\chi_1(bol), \chi_2(bol)$				0.661, 0.643
$y_1(bol), y_2(bol)$				0.238, 0.170
$L_3/L_T$			0.000± 0.005(B) 0.007± 0.005(V) 0.013± 0.005(R)	0
$r_1 (pole)$	0.4092	0.410±0.0003		0.413
$r_1 (side)$	0.4326	0.434±0.0004	0.414±0.007	0.438
$r_1 (back)$	0.4553	0.458±0.0005		0.462
$r_2 (pole)$	0.2914	0.294±0.0004		0.292
$r_2 (side)$	0.3039	0.307±0.0004	0.29±0.01	0.305
$r_2 (back)$	0.3365	0.339±0.0006		0.337
$\sum W (O-C)^2$	0.071	0.076	0.0076	0.0137



Şekil 4.37 Wilson-Devinney çözümleriyle  $q=0.452$  için elde edilen kuramsal eğrilerin ışık eğrileriyle karşılaştırılması



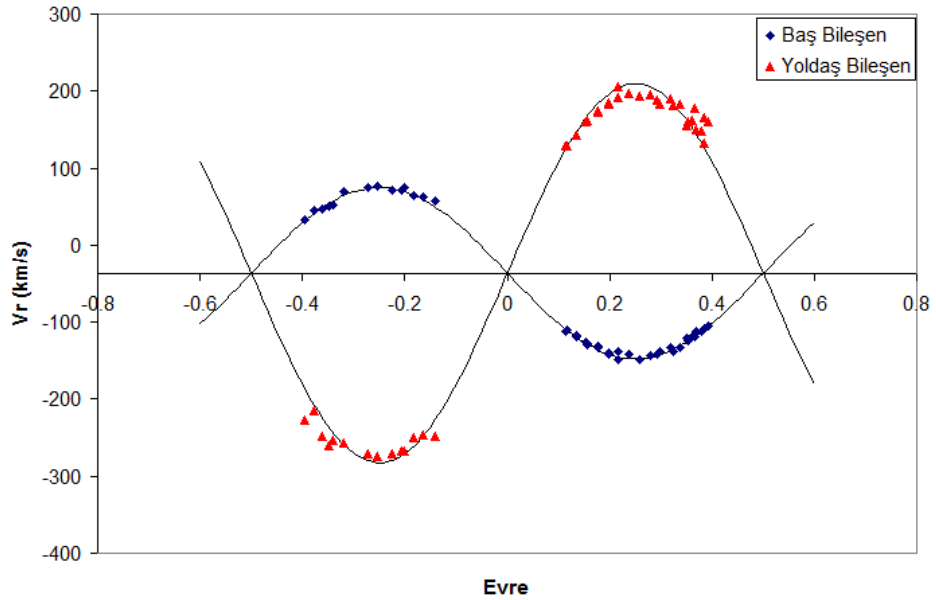
Şekil 4.38 EG Cep sistemi için gözlemsel veriler ile kuramsal veriler arasındaki fark



Şekil 4.39 Elde edilen parametrelerle çizilen EG Cep sistemin Roche geometrisi

#### 4.5.3 Mutlak parametreler

Sisteme ilişkin mutlak parametreler, sistemin fotometrik ışık eğrisi ve dikine hız verileri ile birlikte çözüldüğünde daha duyarlı hesaplamalar yapılmaktadır. Rucinski vd. (2008)'in yayınladığı dikine hız verileri ile bu çalışmada elde edilen fotometrik veriler birlikte analiz edildiğinde Şekil 4.40'deki dikine hız eğrisi elde edilmiştir.



Şekil 4.40 EG Cep'in ile elde edilen dikine hız eğrisi (Bu çalışma)

Çizelge 4.22 ile bu çalışma ile verilen  $K_1$  ve  $K_2$  değerleri kullanılarak bileşenlerin ayrı ayrı kütleleri denklem 4.12 ve 4.13 ile hesaplanmıştır (Kopal 1959).

Çizelge 4.22 Dikine hız verilerinden elde edilen parametreler (Bu çalışma)

	Rucinski vd. (2008)	Angione vd. (2013)	Bu çalışma
$K_1$ (km/s)	110.67	111	111.26
$K_2$ (km/s)	238.72	235	245.85
$V_0$ (km/s)	-35.61		-36.40
$q$ ( $M_2/M_1$ )	0.464	0.472	0.453

$$a_{1,2} \sin i = 13751 \cdot K_{1,2} \cdot P \cdot \sqrt{1-e^2} \quad (4.12)$$

$$m_{1,2} \sin i = \frac{(a_{2,1} \sin i)(a \sin i)^2}{P^2} \quad (4.13)$$

Burada  $P$  sistemin yörünge dönemi,  $a_1, a_2$  eliptik yörünge yarı-büyük eksen uzunluğu,  $K_1$  ve  $K_2$  baş ve yoldaş bileşenin dikine hızlarının yarı genliği,  $i$  ise yörünge gözlencinin bakış doğrultusuna göre yaptığı açıdır. Bileşenlerin güneş yarıçapı cinsinden değeri denklem 4.4, ışınım güçleri denklem 4.5, bolometrik parlaklıklar denklem 4.9, yüzey çekim ivmesi  $\log g$  denklem 4.10 ile hesaplanmıştır. Bu verilere göre hesaplanan salt parametreler ve önceki çalışmalardaki bulgular çizelge 4.23'de verilmiştir.

Çizelge 4.23 EG Cep sisteminin mutlak parametreleri

	Zhu vd. (2009)	Djurasevic vd. (2013)	Angione vd. (2013)	Bu çalışma
Parametre	Değer			
$M_1(M_\odot)$	1.65±0.02	1.65±0.02	1.59	1.77±0.02
$M_2(M_\odot)$	0.77±0.01	0.77±0.02	0.75	0.80±0.02
$R_1(R_\odot)$		1.66±0.02	1.62	1.68±0.09
$R_2(R_\odot)$		1.18±0.02	1.17	1.19±0.09
$L_1(L_\odot)$				10.36±0.03
$L_2(L_\odot)$				0.87±0.01
$M_{bol1}$		2.36±0.02		2.23±0.12
$M_{bol2}$		4.75±0.03		4.92±0.17
Log $g_1$		4.22±0.02		4.24±0.05
Log $g_2$		4.18±0.02		4.187±0.065
d (pc)		238±4	≈300	318±40

Rucinski vd. (2008) ve Angione vd. (2013)'nin yüksek S/G oranına sahip dikine hız verileri sayesinde EG Cep sisteminin mutlak parametreleri hassas olarak hesaplanmıştır ve bulunan parametreler geçmiş çalışmalarla uyum göstermektedir.

## 5. SONUÇ ve TARTIŞMA

Bu çalışmada “CP Cam, DZ Lyn, EG Cep” EB-türü sistemleri için gerekli literatür bilgileri ön çalışma açısından derlenmiştir. AÜG’de çok renk (BVRI) CCD gözlemleri yapılan bu sistemler öncelikle indirgenmiş, parlaklıkları standart sisteme dönüştürülerek, ışık eğrisi ve dönem değişim analizleri her bir yıldız için ayrı ayrı yapılmıştır. Sistemlere ilişkin ışık elemanları, fiziksel ve geometrik parametreler literatürde bulunan ayırık, yarı-ayırık ve degen sistemlere ilişkin bağıntılarla hesaplanarak bu çalışmada verilmiştir.

Bu çalışma sonucunda CP Cam sisteminin *ilk kez* ışık eğrisi ve dönem değişim analizi yapılmış ve *ilk kez* R ve I renklerindeki parlaklığı verilmiştir. CP Cam sistemi için fiziksel parametreler *ilk kez* bu çalışma ile elde edilmiştir. Bu çalışma sonucunda CP Cam sisteminin kütle oranı *0.47* olarak hesaplanmıştır. Sistem için hesaplanan fiziksel parametrelerinin, EB-türü yarı-ayırık sistemler için oluşturulmuş kütle-ışınım gücü bağıntılarına uygun değerlere sahip olduğu görülmüştür. Fakat sistemin yeni keşfedilmiş olması sebebiyle CP Cam sistemi için gerçekleştirilmiş dönem değişim analizi *yeterli değildir*. Bunun için daha fazla minimum zamanı gözlemlerine ihtiyaç duyulmaktadır.

DZ Lyn örten değişen sisteminin BVR ve I bandlarında elde edilen ışık eğrileri sistemin düşük genlikli değişim göstermesi nedeniyle büyük saçılma göstermektedir. Bunun sebebi tek gecelik gözlem verileri kullanılarak ışık eğrisinin çizilmesinin yanısıra aynı etkilerin görüldüğü Martignoni vd. (2009) ve Maciejewski vd. (2003) çalışmalarında sistemin başka problemlerinin olduğuna işaret etmektedir. Bu duruma rağmen DZ Lyn sisteminin ışık eğrisi ve dönem değişim analizi yapılarak bu çalışma ile verilmiştir. DZ Lyn sisteminin dönem değişim analizi literatüre *ilk kez* bu çalışma ile kazandırılmıştır. Ayrıca DZ Lyn sisteminin R ve I bandı parlaklıkları da *ilk kez* bu çalışma ile verilmiştir. Sistemin ışık eğrisi çözümü hem yarı-ayırık (MOD 5) hem de degen sistem modunda (MOD 3) gerçekleştirilmiştir. DZ Lyn sisteminin kütle oranı *0.9* olarak elde edilmiştir ve Martignoni vd. (2009) çalışması ile uyumludur. Sistem için hesaplanan fiziksel parametreler, literatürde bulunan kütle – ışınım gücü ve kütle – yarıçap

değerleri ile karşılaştırılarak, DZ Lyn sisteminin *yarı-ayrık sistemlerden daha çok değen çift sistemlere benzediği görülmüştür*. Martignoni vd. (2009) çalışmasında da DZ Lyn sistemini W UMa, A – türü olarak sınıflandırmıştır. Fakat bu çalışmada elde edilen parametrelerle ulaşılan sonuçların desteklenmesi için DZ Lyn sisteminin daha fazla tayfsal ve fotometrik gözlemlerine ihtiyaç duyulmaktadır.

EG Cep örten değişen sisteminin 2010-2012 yılları arasında gerçekleştirilen BVRI bantlarında çok renk CCD gözlemleri yapılmış ve ışık eğrisi ve dönem değişim analizi bu çalışma ile de verilmiştir. Yapılan ışık eğrisi analizi sonucu Rucinski vd. (2008)'nin tayfsal olarak elde ettiği kütle oranı (0.464) değerine çok yakın bir fotometrik kütle oranı değeri elde edilmiştir. EG Cep'e yarı-ayrık sistem modu (MOD 5) çözümü *fotometrik veriler ve Rucinski vd. (2008)'nin yayınladığı dikine hız veri birlikte çözümlenerek sistemin mutlak parametreleri hesaplanmıştır*. EG Cep sistemi için hesaplanan mutlak parametreler Djurasevic vd. (2013) ve Zhu vd. (2009) çalışmaları ile de uyumludur. Bu çalışmada EG Cep örten değişen sisteminin dönem değişim analizi yapılarak *yeni ışık elemanları* hesaplanmıştır. Yapılan O-C analizi sonucunda sistemdeki ikinci bileşenden, baş bileşene doğru olan *kütle aktarımının olabileceği* minimum zamanlarının oluşturduğu parabol yapısından dolayı düşünülmektedir. Literatürden toplanan minimum zamanları ve bu çalışma ile verilen minimum zamanları ile çizilen O-C grafiğine yapılan parabol fitinin üzerine binmiş sinüs de belirgindir. Gerekli çıkarım yapıldığında elde edilen O-C artığına karşılık çevrim grafiği sinüsel bir yapıdadır. Bu durum sisteme kütle çekimsel olarak bağlı *üçüncü bir cismin varlığına* işaret etmektedir. Bu yüzden EG Cep sistemi için *ışık-zaman etkisi* incelenmiştir. Bu çalışma ile de  $0.11 M_{\odot}$  kütleli ve yaklaşık olarak *55 yıl* yörünge dönemine sahip sisteme kütle çekimsel olarak bağlı üçüncü bir cisimden söz edilmiştir. Ayrıca EG Cep sisteminin yıllık dönem değişim miktarı ve kütle aktarım oranı bu çalışma ile de verilmiştir. Sistemin O-C analizi sonrası sinüs fitinden olan farkta da çok küçük genlikli sinüsel bir değişimin olması, Angione vd. (2013)'nin bulgusunun aksine EG Cep sisteminde *manyetik bir etkinliğin* olabileceğini düşündürmektedir. Bu durumun araştırılması için daha fazla tayfsal ve fotometrik gözlemlere ihtiyaç duyulmaktadır.

## KAYNAKLAR

- Al-Naimiy, H.M.K. 1977. "Determination of elements of eclipsing variables, RW GEM and AY Cam, by Fourier analysis of their light changes", *Astrophysics and Space Science*, Vol. 46; pp. 261-284.
- Angione, R.J., Sievers, J.R. 2013. "The Near Contact System EG Cephei", *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, Vol. 125, issue 923; pp.41-47.
- Andronov, I.L. 2012. "Phenomenological Modeling of the light curves of algol-type eclipsing binary stars", *Astrophysics*, Vol. 55, Issue 4, pp.536-550.
- Applegate, J.H. 1992. "Magnetic Activity and Orbital Period Modulation in Close Binaries.", *Seventh Cambridge Workshop on Cool Stars, Stellar Systems and the Sun*, ASP Conference series, 26, 343.
- Awadalla, N.S., Hanna, M.A. 2005. "Absolute Parameters and Mass-Radius-Luminosity Relations for the Sub-Types of W UMa Binaries", *Journal of the Korean Astronomical Society*, Vol. 38, No. 2; pp. 43-57.
- Barani, C., Acerbi, F. 2005. "Photometric study of the light curve of the neglected eclipsing binary FU Ara", *Astronomische Nachrichten*, Vol.326, Issue 8; pp.731-733.
- Barnes, J.R., Lister, T. A., Hilditch, R. W., Collier Cameron, A., 2004. "High-resolution Doppler images of the spotted contact binary AE Phe", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol. 348, Issue 4; pp. 1321-1331.
- Binnendijk, L. 1960. "Properties of double stars; a survey of parallaxes and orbits.", Philadelphia, University of Pennsylvania Press.
- Bozkurt, Z., 2006. "Eksen Dönmesi Gösteren Üçlü Sistemler", Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Claret, A., Diaz-Cordoves, J., Gimenez, A. 1995. "Linear and non-linear limb-darkening coefficients for the photometric bands R I J H K.", *A&AS*, Vol. 114, 247C.
- Chochol, D., Pribulla, T., Rovithis-Livaniou, H., Rovithis, P., Kranidiotis, A. 1998. "Photometric study of the eclipsing binary EG CEP", *Contributions of the Astronomical Observatory Skalnaté Pleso*, Vol. 28, No. 1; pp. 51-62.
- Cox, A.N., Pilachowski, C.A. 2000. "Allen's Astrophysical Quantities", *Physics Today*, Vol. 53, issue 10; pp. 77.
- Demircan, O. 1985. "Ulusal Astronomi Toplantısı Tebliğleri", Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi Yayınları, Çağrılı konuşma, S.137-160.

- Demircan, Y., Gurol, B., Gokay, G., Terzioglu, Z., Saral, G., Gursoytrak, H., Okan, A., Demirhan, U., Coker, D., Derman, E. 2011. "Minima Times of Some Eclipsing Binary Stars", *Information Bulletin on Variable Stars*, Vol.5965, 1.
- Demircan, Y., Gokay, G., Okan, A., Gursoytrak, H., Terzioglu, Z., Saral, G., Kilic, Y., Cerit, S., Semuni, M., Aydin, E., Demirhan, U., Gurol, B. 2012. "Times of Minima of some eclipsing binary stars", *Information Bulletin on Variable Stars*, 6041, 1.
- de Jager, C., Nieuwenhuijzen, H. 1987, "A new determination of the statistical relations between stellar spectral and luminosity classes and stellar effective temperature and luminosity", *Astron. Astrophys.* Vol. 177, 217.
- Diethelm, R. 2012. "Timings of Minima of Eclipsing Binaries", *Information Bulletin on Variable Stars*, 6011.
- Diaz-Cordoves, J., Claret, A., Gimenez, A. 1995. "Linear and non-linear limb-darkening coefficients for LTE Model atmospheres." *A&As*, Vol. 110, 329.
- Djurašević, G., Baştürk, Ö., Latković, O., Yılmaz, M., Çalışkan, Ş., Tanrıverdi, T., Şenavcı, H. V., Kılıçoğlu, T., Ekmekçi, F. 2013. "Photometric Analysis of HS Aqr, EG Cep, VW LMi, and DU Boo", *The Astronomical Journal*, Vol. 145, Issue 3, article id. 80; pp. 10.
- Eggen, O., J. 1957. "An eighteenth century discussion of Algol", *The Observatory*, Vol. 77, p.191-197.
- Eker, Z., Demircan, O., Bilir, S., Karataş, Y. 2006. "Dynamical evolution of active detached binaries on the logJo-logM diagram and contact binary formation", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol. 373, Issue 4; pp. 1483-1494.
- Erdem, A., Budding, E., Demircan, O., Latif Değirmenci, Gülmen, Ö, Sezer, C. 2005. "The close binary system EG Cephei", *Astron. Nachr. / AN* 326, No. 5, 332–337.
- Etzel, P.B., Olson, E.C. 1993. "New rotational velocities for eclipsing binaries, and a comparison of spectroscopic and photometric rotations", *Astronomical Journal*, Vol. 106, No. 3; pp. 1200-1205.
- Flower, P. J. 1996. "Transformations from Theoretical Hertzsprung-Russell Diagrams to Color-Magnitude Diagrams: Effective Temperatures, B-V Colors, and Bolometric Corrections", *Astrophysical Journal*, Vol. 469; pp.355.
- Gokay, G., Demircan, Y., Gursoytrak, H., Terzioglu, Z., Okan, A., Dogruel, M. B., Saral, G., Cerit, S., Semuni, M., Kilic, Y., Coker, D., Derman, E., Gurol, B. 2012." Minima times of some eclipsing binary stars", *Information Bulletin on Variable Stars*, Vol. 6039, 1.

- Gürol, B. 1999. “Wilson-Devinney Programının Mac. Türü Bilgisayarlara Uyarlanarak Bazı Örtün Değişen Çift Yıldızların Parametrelerinin Elde Edilmesi”, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Gürol, B. 2005. “Long term photometric and period study of AU Serpentis”, *New Astronomy*, Vol. 10, Issue 8; pp. 653-675.
- Gürol, B., Terzioğlu, Z., Gürsoytrak, S.H., Gökay, G., Derman, E. 2011. “Absolute And Geometric Parameters Of The W Uma-Type Contact Binary V404 Pegasi”, *An* 332, No. 7; pp. 690 – 696.
- Habets, G. M. H. J., Heintze, J. R. W., 1981. “Empirical bolometric corrections for the main-sequence”, *Astronomy and Astrophysics Supplement Series*, Vol. 46, Nov. 1981; pp. 193-237.
- Hendry, P.D., Mochnacki, S.W. 2000. “Doppler Imaging of VW Cephei: Distribution and Evolution of Starspots on a Contact Binary”, *The Astrophysical Journal*, Vol. 531, Issue 1; pp. 467-493.
- Hog, E., Fabricius, C., Makarov, V. V., Urban, S., Corbin, T., Wycoff, G., Bastian, U., Schwekendiek, P., Wicenec, A. 2000. “The Tycho-2 catalogue of the 2.5 million brightest stars”, *Astronomy and Astrophysics*, Vol. 355; pp.L27-L30.
- Houdashelt, M. L., Bell, R.A., Sweigart, A.V. 2000. “Improved Color-Temperature Relations and Bolometric Corrections for Cool Stars”, *The Astronomical Journal*, Vol. 119, Issue 3; pp. 1448-1469.
- Kalimeris, A., Rovithis-Livaniou, H., Rovithis, P. 2002, “Starspots and photometric noise on observed minus calculated (O-C) diagrams”, *Astronomy and Astrophysics*, Vol.387; pp.969-976.
- Kaluzny, J., Semeniuk, I. 1984. “EG CEP - an almost contact binary”, *Acta Astronomica*, Vol. 34, No. 4, 1984; pp. 433-444.
- Kazarovets, A.V., Samus, N.N. , Durlevich, O.V., Frolov, M.S., Antipin S.V., Kireeva N.N., Pastukhova E.N. 1999. “The 74th Special Name-List Of Variable Stars”, *Information Bulletin on Variable Stars*, 4659.
- Kharchenko, N.V., Roeser, S. 2006. “All-sky Compiled Catalogue of 2.5 million stars”, *VizieR On-line Data Catalog: I/280B*.
- Kılıç, Y., Shameoni, M., 2013. “MYRaf Project”, İstanbul Üniversitesi Küçük Teleskoplarla Bilim Çalıştayı, Poster Bildiri.
- Kopal, Z. 1959. “Close Binary Systems”, (New York: Chapman Hill & John Wiley).

- Krajci, T. 2006. "Photoelectric Minima of Some Eclipsing Binary Stars", *Information Bulletin on Variable Stars*, 5690.
- Kwee, K.K. 1958. "Investigation of variations in the period of sixteen bright short-period eclipsing binary stars", *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands*, Vol. 14; pp.131.
- Kyu-Dong, O. 2005. "Statistical Survey For The Physical Characteristic Of Near Contact Binary (NCBs)", *J. Astron. Space Sci.* 22(3); pp. 233-242.
- Lee, J.W., Lee, C, Kim S., Kim, H, Park J. 2012. "The Algol System Sz Herculis: Physical Nature And Orbital Behavior", *The Astronomical Journal*, Vol. 143:34 (8pp).
- Lipari, S.L., Sistero, R.F. 1988. "A note on thermally decoupled W Ursae Majoris systems", *Astronomical Society of the Pacific, Publications (ISSN 0004-6280)*, Vol. 100, March 1988; pp. 377-379.
- Lucy, L.B. 1967, "Gravity-Darkening for Stars with Convective Envelopes", *Zeitschrift Astrophysik*, Vol. 65; pp.89.
- Maceroni, C., Milano, L. and Russo, G. 1985. "General properties of W Ursae Majoris systems". *MNRAS*, Vol. 217; 843.
- Maceroni, C., Vilhu, O., van't Veer, F., van Hamme, W. 1994. "Surface imaging of late-type contact binaries I: AE Phoenicis and YY Eridani", *Astronomy and Astrophysics* 288; pp. 529-537.
- Maciejewski, G., Czart, K., Niedzielski, A., Karska, A. 2003. "Four New Short-Period Eclipsing Binary Stars", *Information Bulletin on Variable Stars*, 5431.
- Malkov, O. Yu.; Oblak, E.; Snegireva, E. A.; Torra, J. 2006. "A catalogue of eclipsing variables", *A&A*, Vol. 446; pp. 785–789.
- Martignoni, M., Acerbi, F., Barani, C. 2009. "DZ Lyn: a contact binary with components in poor thermal contact", *Research in Astronomy and Astrophysics*, Vol. 9, Issue 11; pp. 1270-1276.
- Mikulášek, Z., Žižňovský, J., Hubrig, S., Zejda, M., Zverko, J., Dubovský, P. A., Kreiner, J. M., Albayrak, B., Zoła, S., Ogłóza, W., Janík, J., Gráf, T., Kudzej, I. 2010. "Phenomenological ephemeris of the HgMn CP eclipsing variable AR Aurigae", *Binaries - Key to Comprehension of the Universe. Proceedings of a conference held June 8-12, 2009 in Brno, Czech Republic.* Edited by Andrej Prša and Miloslav Zejda. San Francisco: Astronomical Society of the Pacific; pp.337.

- Montanari G. 1671. "Sopra la spariione d'alcune stelle et altre novita celesti", in: Prose de Signori Accademici Gelati di Bologna (Bologna: Manolesi, 1671); pp. 369-392.
- Nagai, K. 2006. "Visual and CCD minima of eclipsing binaries during 2005", *Variable Star Bulletin*, 44.
- Ofek, E.O. 2008. "Calibrated griz magnitudes of Tycho stars: All-sky photometric calibration using bright stars", *Publ. Astron. Soc. Pac.*, Vol. 120, 1128.
- Özbek, N. 2006. "Bazı W UMa Türü Örtlen Çift Yıldızların Işık Eğrisi ve Dönem Değişim (O-C) Analizi", Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Pazhouhesh, R., Liakos, A., Niarchos, P. 2009. "A CCD Photometric Study and Search for Pulsations in RZ Dra and EG Cep", *ASP Conference Series*, Vol. 435.
- Pickles, A., Depagne, E. 2010. "All-Sky Spectrally Matched UBVRI-ZY and u'g'r'i'z' Magnitudes for Stars in the Tycho2 Catalog", *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, Vol. 122, issue 898; pp.1437-1464.
- Reed, B.C. 1998. "The Composite Observational-Theoretical HR Diagram", *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*, Vol. 92; pp.36.
- Richards, M., 2000. "The Journey to Algol", *Mercury*, Vol. 29, No. 4; pp. 34.
- Rucinski, S. M. 1969. "The Proximity Effects in Close Binary Systems. II. The Bolometric Reflection Effect for Stars with Deep Convective Envelopes", *Acta Astronomica*, Vol. 19; pp.245.
- Rucinski, S.M. 1973. The W UMa-type Systems as Contact Binaries. I. Two Methods of Geometrical Elements Determination. Degree of Contact. *A&A*, Vol. 23; 79.
- Rucinski, S.M. 1974. Binaries. II. A- and W-type Systems. The W UMa-type Systems as Contact. *A&A*, Vol. 24; 119.
- Rucinski, S.M. 1997. "Extending the Applications of Binary Star Models", *American Astronomical Society, 190th AAS Meeting, #22.02; Bulletin of American Astronomical Society*, Vol. 29; pp. 802.
- Rucinski, S. M., Pribulla, T., Mochnacki, S. W., Liokumovich, E., Lu, W., DeBond, H., De Ridder, A., Karmo, T., Rock, M., Thomson, J. R. 2008. "Radial Velocity Studies of Close Binary Stars. XIII", *The Astronomical Journal*, Vol. 136, Issue 2; pp. 586-593.

- Selam, O.S. 2013. “Gözlemsel Astronomi, “Değişen Yıldızlar Ders Notları”, <http://80.251.40.59/science.ankara.edu.tr/selam/TR/ast404/ast404.html>, Erişim Tarihi: 14/06/2013.
- Samus, N.N., Durlevich, O.V. 2009. “General Catalogue of Variable Stars (Samus+ 2007-2012)”, VizieR On-line Data Catalog: B/gcvs. Originally published in: Institute of Astronomy of Russian Academy of Sciences and Sternberg, State Astronomical Institute of the Moscow State University.
- Shaw, J.S. 1994. “Near-contact binaries”, Proceedings of the NATO Advanced Study Institute on Active Close Binaries, held in Kusadasi, Turkey, September 11-22, 1989. Editor, Cafer Ibanoglu; Publisher, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands; Boston, 1990. ISBN # 0-7923-0907-3. LC # QB821 .N375. P. 241, 1990.
- Shaw, J.S. 1994. “Near-contact binaries”, Memorie della Società Astronomia Italiana, Vol. 65, pp.95.
- Strohmeier, W. 1958. “Neue veranderliche Sterne.”, Kl. Veröff. Bamberg 21, 22.
- Soydugan, E., Soydugan, F., Demircan, O., İbanoğlu, C. 2006. “A catalogue of close binaries located in the  $\delta$  Scuti region of the Cepheid instability strip”, Mon. Not. R. Astron. Soc., Vol. 370, 2013–2024.
- Şenavcı, H.V., Hussain, G. A. J., O’Neal, D., Barnes, J. R. 2011. “Investigating the surface inhomogeneities of the contact binary SW Lacertae. I. Doppler imaging”, Astronomy & Astrophysics, Vol. 529, id.A11; pp. 10.
- Tsantilas, S., Rovithis-Livaniou, H. 2007. “ Study of the Magnetic Activity Cycles of CG Cygni”, Solar and Stellar Physics Through Eclipses ASP Conference Series, Vol. 370, proceedings of the conference held 27-29 March, 2006 at Ankara University, ÖRSEM Campus, Side, Antalya, Turkey. Edited by O. Demircan, S. O. Selam, and B. Albayrak. San Francisco: Astronomical Society of the Pacific; pp.353.
- van Hamme, W. 1993. “New limb-darkening coefficients for Modeling binary star light curves”, Astronomical Journal (ISSN 0004-6256), Vol. 106, No. 5, pp. 2096-2117.
- Weber, R. 1962. “Nouvelles Etoiles Variables”, Information Bulletin on Variable Stars, 6.
- Wilson, R.E., Devinney, Edward J. 1971. “Realization of Accurate Close-Binary Light Curves: Application to MR Cygni”, Astrophysical Journal, Vol. 166; pp.605.
- Wilson, R.E. 1979. “Eccentric orbit generalization and simultaneous solution of binary star light and velocity curves”, Astrophysical Journal, Part 1, Vol. 234, Dec. 15, 1979; pp. 1054-1066.

- Wilson, R.E. 2001. "Binary Star Morphology and the Name Overcontact", *Information Bulletin on Variable Stars*, Vol. 5076, 1.
- Wilson, R.E. 1990. "Accuracy and efficiency in the binary star reflection effect", *Astrophysical Journal*, Part 1 (ISSN 0004-637X), Vol. 356, June 20, 1990; pp. 613-622.
- van Hamme, W. Wilson, R.E. 2003. "Stellar atmospheres in eclipsing binary Models", *GAIA Spectroscopy: Science and Technology*, ASP Conference Proceedings, Vol. 298, held 9-12 September 2002 at La Residenza del Sole Congress Center, Gressoney St. Jean, Aosta, Italy. Edited by Ulisse Munari. ISBN: 1-58381-145-1, 2003; pp.323.
- van Hamme, W. Wilson, R.E. 2007. "Third-Body Parameters from Whole Light and Velocity Curves", *The Astrophysical Journal*, Vol. 661, Issue 2, pp. 1129-1151.
- van Hamme, W. Wilson, R. E. 2010. "Eclipsing Binary Modeling Advances - Recent and On the Way", *Binaries - Key to Comprehension of the Universe*. Proceedings of a conference held June 8-12, 2009 in Brno, Czech Republic. Edited by Andrej Prša and Miloslav Zejda. San Francisco: Astronomical Society of the Pacific, pp.45.
- Wade, R..A., Rucinski, S.M. 1985. "Linear and quadratic limb darkening coefficients for a large grid LTE Model atmospheres", *Astronomy and Astrophysics Supplement Series*, Vol. 60; pp. 471-484.
- Wright, C.O., Egan, M.P., Kraemer, K.E., Price, S.D. 2003. "The Tycho-2 Spectral Type Catalog", 2003. *The Astronomical Journal*, Vol. 125; pp.359-363.
- Yakut, K., Eggleton, P.P. 2005. "Evolution of Close Binary Systems", *The Astrophysical Journal*, Vol. 629, Issue 2; pp. 1055-1074.
- Zasche, P. 2012. "New eccentric eclipsing binary in triple system: SY Phe", *New Astronomy*, Vol. 17, Issue 8; pp. 687-690.
- Zhu, L., Qian, S. 2009. "Photometric Study of Near Contact Binaries", *The Eighth Pacific Rim Conference on Stellar Astrophysics: A Tribute to Kam-Ching Leung ASP Conference Series*, Vol. 404, proceedings of the conference held 5-9 May, 2008, at Merlin Beach Hotel, Phuket, Thailand. Edited by B. Soonthornthum, S. Komonjinda, K.S. Cheng, and K.C. Leung San Francisco: Astronomical Society of the Pacific; pp.189.
- Zhu, L.Y., Qian, S.B., Liao, W.P., Zejda, M., Mikulasek, Z. 2009. "New Period Investigation Of Algol-Like Near-Contact Binary Eg Cephei", *Publ. Astron. Soc. Japan* 61; pp. 529-533.

von Zeipel, H. 1924. "Radiative equilibrium of a double-star system with nearly spherical components", Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Vol. 84; pp.702.

## ÖZGEÇMİŞ

**Adı Soyadı** : Yücel KILIÇ  
**Doğum Yeri** : Çorum/Alaca  
**Doğum Tarihi** : 20.05.1988  
**Medeni Hali** : Bekar  
**Yabancı Dili** : İngilizce

### Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl):

**Lise** : Çorum Mimar Sinan Lisesi (2002-2005)  
**Lisans** : Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi,  
Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü (2005 - 2010)  
**Yüksek Lisans** : Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,  
Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı (2010-2013)

### Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

Ankara Üniversitesi, Bilgi İşlem Daire Başkanlığı, 2010 - 2011.  
Atatürk Üniversitesi, Astrofizik Uygulama ve Araştırma Merkezi (ATASAM), 2012 -

### Yayımları

#### Uluslararası Dergilerde Yayımlanan Makaleler (2)

- Demircan, Y., Gokay, G., Okan, A., Gursoytrak, H., Terzioglu, Z., Saral, G., **Kilic, Y.**, Cerit, S., Semuni, M., Aydın, E., Demirhan, U., Gurol, B. 2012. "Times of Minima of some eclipsing binary stars", Information Bulletin on Variable Stars, 6041.
- Gokay, G., Demircan, Y., Gursoytrak, H., Terzioglu, Z., Okan, A., Dogruel, M. B., Saral, G., Cerit, S., Semuni, M., **Kilic, Y.**, Coker, D., Derman, E., Gurol, B. 2012." Minima times of some eclipsing binary stars", Information Bulletin on Variable Stars, 6039.

## **Ulusal Bilimsel Toplantılarda Sunulan ve Bildiri Kitabında Basılan Bildiri ve**

### **Posterler (2)**

- Şemuni, M., **Kılıç, Y.**, Erdoğan, G., Çakır, T.D., Karagöz, G. 2010. “Astrofotografçılık”, VI. Ulusal Öğrenci Astronomi Kongresi, Çukurova Üniversitesi, 748-770.
- **Kılıç, Y.**, Özdemir, S., Aydın, M.E., Bağırın, M.N., Okuyan, O., Şahin, Ş.Ş. 2012. “DIBRED: Canon 550D Kamerası Görüntülerinden FITS Formatlı Astronomik Görüntülere Dönüşüm ve Fotometri Yazılımı”, XVIII. Ulusal Astronomi ve Uzay Bilimleri Kongresi, İnönü Üniversitesi, 449-454.