

T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

BAZI BETA LYRAE TÜRÜ ÖRTEN ÇİFT SİSTEMLERİN
FOTOMETRİK İNCELENMESİ

Oğuz ÖZTÜRK

Fizik Anabilim Dalı

Tezin Sunulduğu Tarih: 18/06/2013

Tez Danışmanı:

Prof. Dr. Caner ÇİÇEK

ÇANAKKALE

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

Oğuz ÖZTÜRK tarafından **PROF. DR. Caner ÇİÇEK** yönetiminde hazırlanan “**BAZI BETA LYRAE TÜRÜ ÖRTEN ÇİFT SİSTEMLERİN FOTOMETRİK İNCELENMESİ**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Caner ÇİÇEK

Danışman

Doç. Dr. Faruk SOYDUGAN

Jüri Üyesi

Doç. Dr. İbrahim BULUT

Jüri Üyesi

Sıra No :

Tez Savunma Tarihi: 18/06/2013

Doç. Dr. Zeki KARACA

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

Hazırlanan bu yüksek lisans tezi TÜBİTAK tarafından 111T224 No’lu proje ile desteklenmiştir.

İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI

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

Oğuz ÖZTÜRK

TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleştirilmesinde, çalışmam boyunca benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen saygı değer danışman hocam sayın Prof. Dr. Caner ÇİÇEK'e, çalışma süresince eksik olduğum konularda benden yardımını esirgemeyen, hiçbir zaman benden desteğini, bilgisini, tecrübesini saklamayan, en az bilimsel çalışmalarımız kadar önemli, her türlü manevi desteği de gösteren sayın hocam Doç. Dr. Faruk SOYDUGAN'a, kendimi yetiştirmem konusunda yoğun idari ve çalışma programına rağmen kapısı her zaman açık olan, hafta sonları dahil benimle her zaman ilgilenen ve hızlı bir şekilde kendimi geliştirmem konusunda bana her türlü fırsatı veren sayın hocam Prof. Dr. Ahmet ERDEM'e, bilimsel desteğini ve gözlemevinde yardımını esirgemeyen sayın hocam Uzman Dr. Mehmet TÜYSÜZ'e, çalışma arkadaşlarım olan Arş. Gör. Fahri ALIÇAVUŞ'a, Doktora öğrencisi Tunç ŞENYÜZ'e, Doktora öğrencisi Çağdaş KANVERMEZ'e, ve hayatımın her evresinde bana destek olan, bana inanan, hiçbir kararına karşı gelmeyen, benim için çok değerli olan babam Beytullah ÖZTÜRK'e sonsuz teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Oğuz ÖZTÜRK

SİMGELER VE KISALTMALAR

L_1	Birinci bileşenin toplam ısıtması
L_2	İkinci Bileşenin toplam ısıtması
$M_{\odot}$	Güneş kütlesi
$R_{\odot}$	Güneş yarıçapı
P_{zonk}	Zonklama dönemi
f	Zonklama frekansı
T_i	i. bileşen yıldız yüzeyinin etkin sıcaklığı
$q = M_2/M_1$	Çift yıldızlarda bileşenlerin kütle oranı
F_i	i. bileşen yıldızın dönme hızı parametreleri
A_i	i. bileşenin bolometrik albedoları
g_i	i. bileşenin çekim kararması katsayıları
M_i	i. bileşenin kütleleri
R_i	i. bileşenin yarıçapları
g	Yüzey çekim ivmesi
Ω_i	i. bileşenin boyutsuz yüzey potansiyelleri
T_0	Başlangıç tutulma zamanı
P	Çift yıldızın yörünge dönemi
K_i	i. bileşenin dikine hız yarı genlikleri
V_0	Kütle merkezinin dikine hızı
V_i	i. bileşenin dikine hızı
$O - C$	Gözlenen – hesaplanan minimum zamanı farkı
HR	Hertzsprung-Russell diyagramı
CCD	Charge coupled device

HJD	Heliosentrik Jülyen günü
WD	Wilson-Devinney yazılımı
$ZAMS$	Sıfır yaş anakolu
$TAMS$	Terminal yaş anakolu
$C1$	Mukayese yıldızı
$C2$	Denet yıldızı
e	Çift yıldızın yörünge basıklığı
$r_i = R_i/a$	i. bileşenin kesirsel yarıçapları
$v \sin i$	Ekvatoryal dönme hızının izdüşümü
a	Çift yıldız sisteminin yörünge yarı-büyük eksen uzunluğu
i	Yörünge eğikliği
E	Çift yıldızın çevirim sayısı
$\dot{P}/P$	Yörünge dönem değişim miktarı
R_A	Alfén yarıçapı
M	Birinci ve ikinci bileşenin kütleleri toplamı
$\dot{M}_2$	İkinci bileşenin kaybettiği kütle miktarı hızı
$\dot{M}_1$	İkinci bileşenden birinci bileşene aktarılan kütle miktarı hızı
$\dot{M}$	Sistemden kaybedilen kütle miktarı hızı
CAAM	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Astrofizik Araştırma Merkezi ve Gözlemevi
B-V	Renk ölçeği
RV1	Birinci bileşenin dikine hız eğrisi
RV2	İkinci bileşenin dikine hız eğrisi
pc / mas	Parsec / mili arc second (mili ark saniyesi)
sa. dk. s.	Saat, dakika, saniye

ÖZET

BAZI BETA LYRAE TÜRÜ ÖRTEN ÇİFT SİSTEMLERİN FOTOMETRİK İNCELENMESİ

Oğuz ÖZTÜRK

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Fizik Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman : Prof. Dr. Caner ÇİÇEK

18/06/2013, 62

β Lyrae türü örten çift sistemler çift yıldız evriminde önemli bir aşamaya karşılık gelmektedir. Literatürde, parametreleri iyi olarak belirlenmiş az sayıda β Lyrae türü sistemler mevcuttur. Bu tür sistemlerin çalışılması, sistemlerin elde edilecek parametrelerinin literatüre katkı sağlaması yanında bu tür sistemlerin evrim durumlarını araştıran geniş ölçekli çalışmaların da bir parçası olabilir. Bu tez çalışmasında, güncel olarak gözlenmiş β Lyrae türü olan SX Aur ve HL Dra'nın eş zamanlı ışık eğrisi çözümü yapılmış ve sistemlerin mutlak parametreleri elde edilmiştir. SX Aur sisteminin, her iki bileşenin kendi kritik Roche lobunu doldurduğu, değmeye yakın bir çift sistem olduğu ve bu nedenle β Lyrae ve W Uma türü arasında bir durumda olduğu anlaşılmıştır. Öte yandan, HL Dra sisteminde her iki bileşen kendi Roche yüzeylerini doldurmadığı görülmüştür. β Lyrae türü örten çift sistemler olarak iyi bilinen ve mutlak parametreleri SX Aur ve HL Dra'nın parametrelerine yakın olan birkaç sistem literatürden bulunmuş ve HR diyagramındaki konumları tartışılmıştır. SX Aur sisteminin O-C temelli dönem analizi yapılmış ve sistemin döneminin 0,0055(6)s/yıl hızı ile arttığı görülmüştür. Bu dönem değişimine sebep olabilecek en muhtemel fiziksel mekanizma, ikinci bileşenden birinci bileşene doğru korunumlu olmayan kütle aktarımı mekanizmasıdır. SX Aur sisteminden kaybedilen kütle miktarının $10^{-10} M_{\odot}/\text{yıl}$ olduğunu kabul ederek aktarılan kütle $3.12 \times 10^{-7} M_{\odot}/\text{yıl}$ olarak bulunmuştur.

Anahtar sözcükler: çift yıldızlar, örten çiftler - β Lyrae türü çift yıldızlar, mutlak parametreler – teknik, ışıkölçüm – yıldızlar, SX Aur ve HL Dra.

ABSTRACT

PHOTOMETRIC INVESTIGATION OF SOME BETA LYRAE TYPE ECLIPSING BINARY SYSTEMS

Oğuz ÖZTÜRK

Çanakkale Onsekiz Mart University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Master of Science Thesis in Physics

Advisor : Prof. Dr. Caner ÇİÇEK

18/06/2013, 62

β Lyrae type eclipsing binary systems correspond to very important stage of evolution of binary systems. In the literature, small number of well-studied beta Lyrae type binary systems exists. Photometric studies of such systems become very important not only for providing contribution to the literature but also for being a part of the future large-scale studies. In this thesis, we give the simultaneous light curve solutions of recently observed β Lyrae type eclipsing binaries: SX Aur and HL Dra and determine accurate absolute elements of the systems. SX Aur is a near contact binary whose components fill their critical Roche lobe and thus it is in a stage between beta Lyrae and WUMa. It is seen that components of HL Dra are not fully filling their Roche surfaces. Some well-known β Lyrae type eclipsing binary systems whose absolute parameters are close to that of SX Aur and HL Dra are found from the literature and discussed the location of them in the HR diagram. O-C based period analysis of SX Aur has also been made and it is seen that the period of the system increases at a rate of 0.0055(6) s/year. Most plausible physical mechanism of the cause of this period variation is attended to the non-conservative mass transfer from the secondary to the primary component. Assuming the mass lose rate from the system of SX Aur to be $10^{-10} M_{\odot}/\text{year}$, the rate of transferred mass is found to be $3.12 \times 10^{-7} M_{\odot}/\text{year}$.

Key Words: binary stars, eclipsing binaries, β Lyrae type binary stars – absolute parameters – technic, photometry – stars, SX Aur and HL Dra.

İÇERİK	Sayfa
TEZ SINAVI SONUÇ FORMU	ii
İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI.....	iii
TEŞEKKÜR	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	v
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
BÖLÜM 1 – GİRİŞ.....	1
1.1. Çift Yıldızların Önemi.....	1
1.2. β Lyrae Türü Sistemler.....	5
BÖLÜM 2 – ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	12
2.1. SX Aur Sistemine İlişkin Fotometrik Çalışmalar.....	12
2.2. SX Aur Sisteminin Tayfsal Gözlemleri ve Dönem Değişimi.....	21
2.3. HL Dra Sistemine İlişkin Fotometrik Çalışmalar.....	23
2.4. HL Dra Sisteminin Tayfsal Gözlemleri ve Dönem Değişimi.....	26
BÖLÜM 3- MATERYAL VE YÖNTEM.....	27
3.1. Fotometrik Gözlemler.....	27
3.2. O-C Analizi.....	32
3.2.1. Minimum zamanlar.....	32
3.2.2. Dönem değişimine neden olan mekanizmalar	33
BÖLÜM 4 – ARAŞTIRMA BULGULARI	39

4.1. Fotometrik Analiz.....	39
4.1.1. SX Aur.....	39
4.1.2. HL Dra.....	42
4.2. Dönem Analizi.....	45
BÖLÜM 5 – SONUÇ VE ÖNERİLER	48
KAYNAKLAR.....	55
Çizelgeler.....	I
Şekiller.....	III
Özgeçmiş.....	V

BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1. Çift Yıldızların Önemi

Çift yıldızlar gravitasyonel çekim kuvveti ile birbirine bağlı olan sistemlerdir. Bu sistemlerdeki iki yıldız, ortak kütle merkezi etrafında Kepler yasalarına göre hareket ederler. Dairesel yörünge için Kepler'in üçüncü yasası aşağıdaki gibi verilir:

$$\left(\frac{P}{2\pi}\right)^2 = \frac{a^3}{G(M_1 + M_2)} \quad (1.1)$$

Burada P , a , G , M_1 ve M_2 sırasıyla, çift sistemin yörünge dönemi, bileşenler arası uzaklık, gravitasyonel çekim sabiti, birinci ve ikinci bileşen yıldızların kütleleridir.

Bilindiği gibi, tek bir yıldızın kütlesi doğrudan belirlenemez. Ancak, çift yıldız sisteminde, sistemin yörünge dönemi, bileşenler arası uzaklık ve bileşen yıldızların kütle oranı veya herhangi bir bileşenin kütlesi biliniyorsa, (1.1) denklemi yardımı ile diğer bileşenin kütlesi de belirlenebilir. Yıldız kütlesi, yıldızın evrim durumunun belirlenmesinde temel bir parametredir. Bu nedenle çift yıldız sistemleri yardımıyla, bileşen yıldızların kütleleri belirlenebilir ve bunların evrim durumları hakkında bilgi sahibi olunabilir. Astrofizikte, yıldız evriminin anlaşılabilmesi için çift yıldızların önemi bu nedenle çok büyüktür.

Çift yıldızlar birbirlerine dinamik olarak bağlı sistemlerdir. Yapılan gözlemler, yıldızların çoğunun iki veya daha fazla yıldızdan oluşan sistemler olduğunu göstermektedir. Çift yıldızların fotometrik ve tayfsal gözlemleri sonucunda, sistemi oluşturan yıldızların fiziksel parametreleri (görelî yarıçapları, görelî parlaklıkları, yörünge eğikliği, sistemi oluşturan yıldızların kütleleri, ısıtım gücü vb.) elde edilebilir. Elde edilen fiziksel parametreler yardımı ile yıldızların evrim mekanizmaları ile ilgili önemli bilgiler elde edilir.

Teleskoplarla, her bir bileşeni ayrı ayrı gözlenebilen ve ayırt edilebilen çift yıldız sistemlerine *görsel çift yıldızlar* denir.

Bu tür sistemleri oluşturan bileşenlerin kütleleri Kepler'in üçüncü yasası ve $d_1 M_1 = d_2 M_2$ denklemi ile verilen momentum denklemi yardımı ile elde edilebilir. Momentum denkleminde d_1 ve d_2 , birinci ve ikinci bileşen yıldızın mutlak yörüngesinin yarı-büyük eksen uzunluğudur. Bileşenler arası uzaklık her sistem için basitçe bulunamaz. Paralaks

ölçüm metodu yöntemiyle bileşenler arasındaki açısal uzaklık belirlenebilir ancak bu yöntem, 100 pc (parsec) kadar uzaklığa kadar olan yıldızlar için geçerlidir.

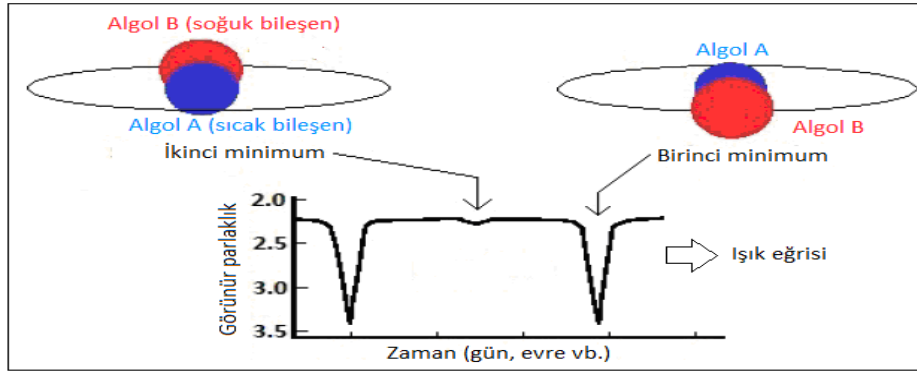
Sıcaklığı daha yüksek ve daha parlak olan büyük kütleli yıldız *baş bileşen*, baş bileşene göre daha sönük düşük sıcaklıklı ve düşük kütleli yıldız ise *yoldaş yıldız* denilmektedir.

Teleskoplarla tek yıldız gibi görünen ve tayfsal incelemeler sonucu çift sistem olduğu anlaşılan çift yıldızlara *tayfsal çift yıldızlar* denir. Bu tür yıldızlar, birbirlerine çok yakın olduklarından yörünge hızları büyüktür. Bu sistemlerin yörünge düzlemleri, gökyüzü düzlemi ile çakışmıyorsa, her bir bileşenin sıfırdan farklı bir dikine hızı olduğu gözlenir ve bu dikine hızlar, çift sistemi oluşturan yıldızlar kütle merkezleri etrafında dolanırlarken, dönemli olarak değişim gösterirler. Bu tür sistemlerin yörünge dönemleri genel olarak görsel çift yıldızlara göre daha küçüktür.

Gökyüzüne bakıldığında sanki çift yıldız sistemi olarak görünen, fakat birbirine fiziksel olarak bağlı olmayan sistemlere *optik çift yıldızlar* denir. Bu yıldızlar, gökyüzünde birbirlerine sanki çok yakınmış gibi görülür. Oysaki aralarındaki uzaklık çok büyüktür. Bu nedenle birbirlerine fiziksel olarak bağlı olmayan, birbirleri etrafında dolanım hareketi yapmayan sistemlerdir. Tek yıldızmış gibi görülen bir diğer sistem türü *astrometrik çift yıldız* sistemlerdir. Bu tür sistemlerde, bileşenlerden parlak olanı görülür ve görülen bileşenin salınım hareketinden başka bir bileşenin var olduğu anlaşılır.

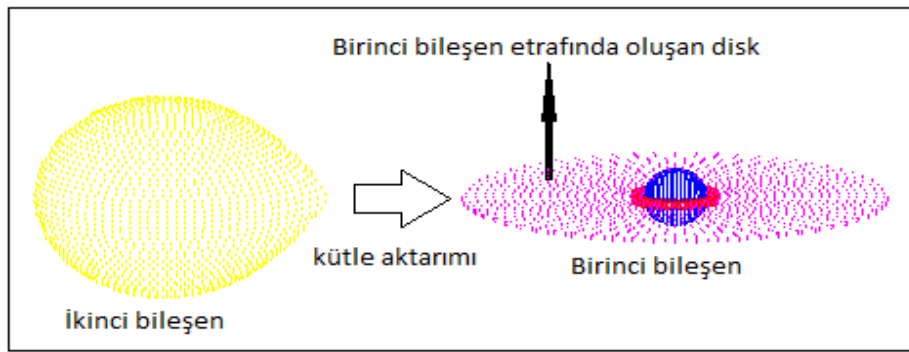
Örten çift yıldızlar, ışık eğrilerinin biçimlerine göre Algol, β Lyrae ve W UMa türü çift yıldızlar olarak ayrılabilirler. İlerideki bölümlerde Algol ve W-UMa türü sistemler anlatılmaktadır. β Lyrae çift yıldız sistemine ve β Lyrae türü örten çift yıldızlara 1.2 bölümünde ayrıntılı olarak değinilmiştir.

İlk değişen yıldız, Fabritius tarafından keşfedilen Mira'dır. Algol (β Persei) ilk keşfedilen örten değişen çift yıldız sistemidir. Algol, 1700'lü yıllarda ilk olarak İtalya'da Montanari ve Maraldi tarafından gözlenmiştir. Parlaklık değişimi Goodricke (1783) tarafından açıklanmıştır. Goodricke (1783) Algol'un yörünge dönemini, çıplak göz ile 2,867^{gün} olarak belirlemiştir. Algol aslında üçlü bir sistemdir (Frieboes-Conde ve ark. 1970; Hill ve ark. 1971; Csizmadia ve ark. 2009; Zavala ve ark. 2010). Algol sisteminin güncel fiziksel parametreleri Zavala ve ark. (2010) tarafından verilmiştir.



Şekil 1. β Persei (Algol) sisteminin temsili ışık eğrisi (Harrison 2012'den uyarlanmıştır).

Şekil 1'de görüldüğü gibi, Algol sisteminin ışık eğrisi, derin bir birinci minimuma ve sığ bir ikinci minimuma sahiptir. Dolayısı ile birinci ile ikinci minimum derinlikleri birbirlerinden oldukça farklıdır. Algol A, Algol B ve Algol C'nin tayf türleri, sırasıyla, B8V (Morgan 1935), K2IV (Richards 1993) ve F1V (Richards 1993, Richards ve ark. 1988) olarak belirlenmiştir. Algol AB yarı-ayrık bir sistemdir ve Algol C dönemi 1.862 yıl olan uzak bir bileşendir (Demircan 1977). Algol B ve C, kızıl öte bölgede, sistemin toplam parlaklığına büyük katkı yapmaktadır.

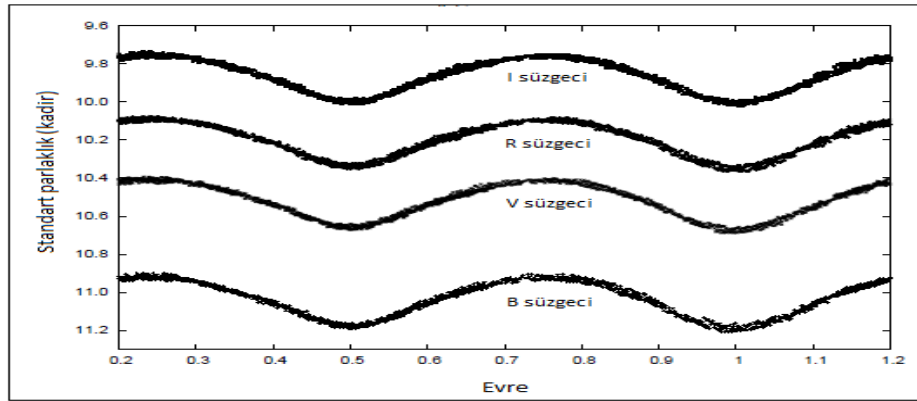


Şekil 2. Algol türü sistem olan WW And çift sistem modeli (Siwak ve ark. 2012).

Işık eğrisi Algol'e benzer örten çift yıldız sistemlerine *Algol-türü örten çift yıldız* denir. Bu tür sistemlerin dönemleri genellikle 0,4 günden büyüktür. Klasik Algol türü sistemler yarı-ayrık sistemlerdir ve ışık eğrisine en büyük katkı sıcak birinci bileşenden gelmektedir (Liakos ve ark. 2011, Değirmenci ve ark.2003). Klasik Algol türü sistemlerde düşük kütleli yoldaş bileşen kendi Roche lobunu doldurmuştur. Bu nedenle ikinci

bileşenden birinci bileşene doğru bir kütle katarımı söz konusudur. Bu kütle aktarımı sonucunda, genellikle, sıcak birinci bileşen etrafında bir disk oluşur. Bu duruma örnek olarak WW And sistemi verilebilir. Bu sistem, Siwak ve ark. (2012) tarafından çalışılmış ve sistemin elde edilen modeli Şekil 2 de verilmiştir. Bu tür sistemlerde, çoğunlukla, baş bileşen B veya A tayf türünden anakol yıldızı, yoldaş bileşen ise G veya K tayf türünden dev veya alt dev yıldızdan oluşmaktadır.

Bir diğer örten çift sistem, W UMa (W Ursae Majoris) türü örten dizgeler olarak adlandırılır.



Şekil 3. W UMa türü sistem olan V404 Peg sistemin BVRI süzgeçlerinde elde edilen ışık eğrisi (Gürol ve ark. 2011).

W UMa türü sistemlerde bileşenler birbirlerine çok yakındırlar ve bu nedenle birbirlerine uyguladıkları çekim kuvvetinden dolayı biçimleri küresel değildir. Dolayısıyla ışık eğrilerinde tutulmalar dışında da bir değişim görülür (Skelton ve ark. 2009). Bu tür örten çift sistemlerin ışık eğrileri Şekil 3 deki gibidir. W UMa örten çiftleri A- ve W-türü sistemler olmak üzere iki sınıfa ayrılırlar (Li ve ark. 2008). A-türü W UMa sistemlerinde büyük kütleli bileşen sıcaktır ve bu yıldızın soğuk ve daha düşük kütleli bileşen tarafından örtülmesi ile Min I elde edilir. W-türü sistemlerde ise durum tamamen terstir. Bu tür W UMa türü sistemlerde, büyük kütleli yıldız soğuktur ve bu bileşen daha hafif ve sıcak bileşeni örttüğünde Min I elde edilir. Sistemi oluşturan yıldızların sıcaklıkları birbirlerine yakın olduğundan, birinci ve ikinci minimum arasındaki fark 0,2 kadirten daha büyük değildir (Skelton ve ark. 2009).

W UMa türü sistemleri oluşturan iki bileşen birbirine değmektedir. Başka bir deyişle

kendi kritik iç Roche loblarını doldurmuşlardır. Bu tür sistemlerin yörünge dönemi genellikle 0,2-1 gün arasındadır. Her bir bileşen anakol yıldızıdır ve tayf türleri A-K arasındadır (Skelton ve ark. 2009).

1.2. β Lyrae Türü Sistemler

β Lyrae (HD 174638 = BD+33 3223 = HIP 92420, $M_V= 3,52$ kadir) sistemi oldukça parlak yaklaşık 12,94 gün dönemli yarı ayırık örten bir çift sistemdir. Sistem, B6-8 II dev birinci bileşen ve B0,5 V anakol yıldızı olan ikinci bileşenden oluşmaktadır. Bu sistemde birinci bileşen kendi Roche lobunu doldurmuştur ve bu nedenle, birinci bileşenden ikinci bileşene doğru bir kütle aktarımı söz konusudur. Bu kütle transferi esnasında ikinci bileşen etrafında, kütle aktarımı ile beslenen ve bu bileşeni neredeyse tamamen kapatan bir disk oluşmaktadır. Disk üzerindeki muhtemel bir jet ile sistemden kütle kaybı da söz konusudur.

İkinci bileşenin etrafındaki bu diskin yapısı ve disk üzerindeki muhtemel bir lekenin konumu hakkında güncel bilgiler, Lomax (2012) tarafından verilmiştir. Lomax (2012), aynı zamanda, çalışmasında elde ettiği sonuçların, sistemden kaybedilen kütle miktarını hesaplamada da kullanılabileceğini göstermiştir.

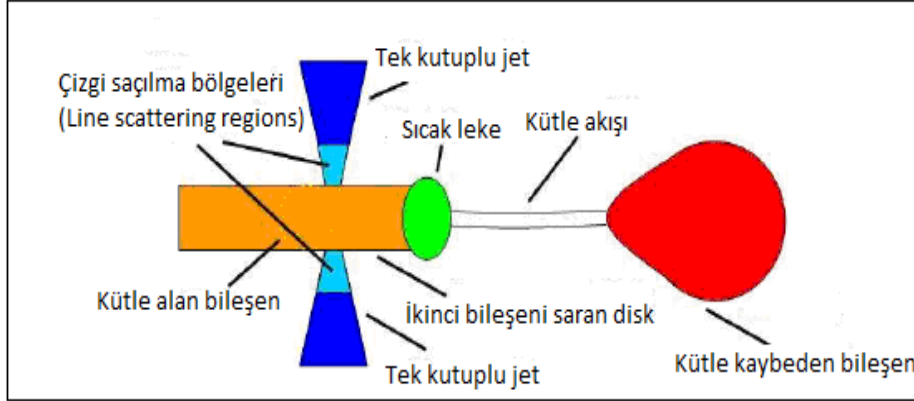
Bu sistemin en güncel polarize ışık eğrisi, BVRI süzgeçlerinde Lomax ve ark. (2012) tarafından elde edilmiştir. Elde etmiş oldukları polarize ışık eğrisinden, sistemdeki kütle alan bileşenin etrafını saran diskin üzerinde bulunduğu düşünülen sıcak bir lekenin varlığıyla ilgili kanıt elde etmişler ve bu lekenin bir X-ışını kaynağı olabileceğini öne sürmüşlerdir.

Bonneau ve ark. (2011), sistemdeki H_α , H_β , ve $HeI\ 6678\ A^\circ$ salma çizgilerini incelemişlerdir. İncelemeler sonucunda, salma çizgilerinin büyük bir bölümünün sistemi oluşturan yıldızların yakın bölgelerinden geldiği sonucuna varmışlardır. H_α salma çizgilerinin ikinci bileşen etrafındaki disk üzerindeki sıcak leke ve sistemin yörünge düzleminin dışında bulunan jet benzeri bir yapı ile ilişkili olduğunu, H_β ve $HeI\ 6678\ A^\circ$ salma çizgilerinin ise sistemin yörünge düzlemine dik olan bölgelerden gelebileceğini öne sürmüşlerdir.

Skulsky ve Kos (2011), 2008-2010 yıllarında aldıkları tayfsal veri ile sistemdeki manyetik alanın, salma çizgileri üzerindeki etkilerini tartışmışlar ve elde ettikleri

bulgularından sistemde bir manyetosferin olabileceğini savunmuşlardır.

Lomax ve Hoffman (2011), Wisconsin Üniversitesi Yarım-Dalga Spektropolarimetresi (HPOL) ile alınan veri yardımı ile ikinci bileşeni saran diskin yapısını incelemişlerdir. Disk üzerinde bulunduğu tahmin edilen bir sıcak lekenin varlığı, olası konumu ve sistemdeki muhtemel bir gazın dağılımı hakkında çalışmışlardır. Bu çalışma sonucunda elde ettikleri bulgularından, sistemi Şekil 4 deki gibi vermişlerdir.

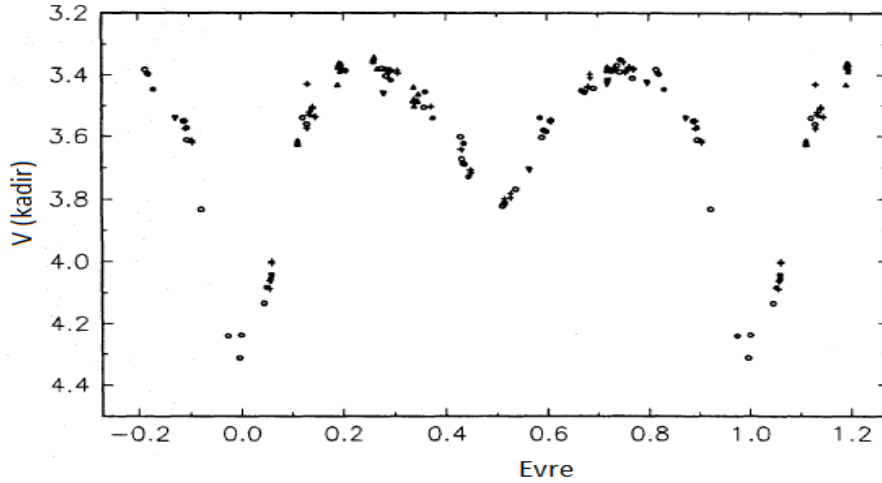


Şekil 4. β Lyrae sistemi (Lomax ve Hoffman 2011).

Lomax ve Hoffman'ın (2011) yorumuna göre, kütle alan ikinci bileşene ve ikinci bileşeni saran diskin merkezine çok yakın bir konumda, tek kutuplu olan ve dışarı doğru akan jet benzeri bir yapının varlığı söz konusudur. Bu yapı Şekil 4'te mavi ile belirtilmiştir. H α çizgilerinin polarizasyonun sistemin evresine göre değişimini incelediklerinde, tam 0,5 evresinde, polarizasyonda bir düşüş görmüşlerdir. Bu durumu açıklamak için, H α çizgilerinin kaynağının kütle kaybeden birinci bileşenin yüksekliğinden daha kısa olması gerektiğini savunmuşlardır. Şekil 4'ten de görüldüğü gibi, birinci bileşenden ikinci bileşene doğru bir kütle akışı vardır. İkinci bileşen etrafında, birinci bileşenden gelen hızlı kütle aktarımı ile beslenen bir disk oluşmaktadır ve bu disk Şekil 4'te turuncu ile gösterilmiştir. Disk ile kütle akışının buluştuğu yerde sıcak bir lekenin varlığı söz konusudur ve bu lekede şekilde yeşil ile gösterilmiştir. Günümüzde β Lyrae sistemi ile ilgili en güncel çalışmalar ve sistemin doğası yukarıda anlatıldığı gibidir. Sistemin tarihçesi ilgili daha ayrıntılı bilgiler, Sahade (1980) ve Harmanec (2002) tarafından yapılan çalışmalardan öğrenilebilir.

β Lyrae sisteminin V süzgecindeki ışık eğrisi Şekil 5'de gösterilmiştir. Şekilden

görüldüğü gibi minimum II derinliği belirgin olarak görülmektedir, ancak W UMa türü sistemlerden farklı olarak minimum I ve minimum II derinlikleri arasında göze çarpan bir fark vardır. Bu fark, birinci ve iki bileşenlerin sıcaklıkları arasındaki farktan kaynaklanmaktadır.



Şekil 5. β Lyrae sisteminin V süzgecinden elde edilmiş ışık eğrisi (Harmanec ve ark. 1996).

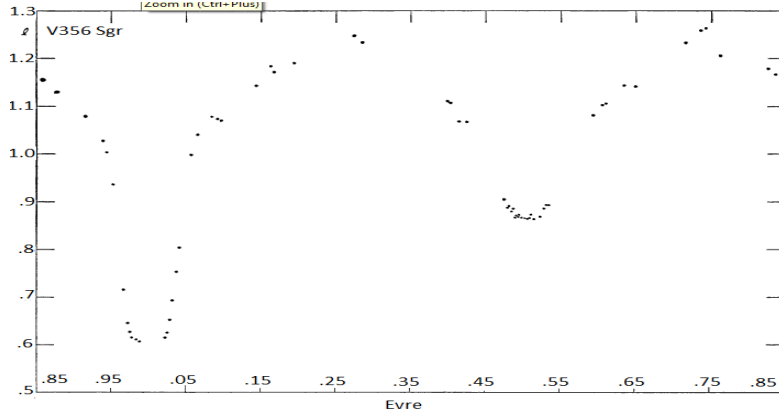
Işık eğrisi β Lyrae sistemininkine benzer olan örten çiftlere *β Lyrae türü örten çift yıldız sistemleri* denir.

Işık eğrisine göre çift yıldız sistemlerinin sınıflandırılması, çift sistemleri tamamen birbirinden ayırmamaktadır. Işık eğrilerine göre β Lyrae türü olduğu bilinen sistemler, fiziksel ve geometrik yapılarına göre kendi aralarında da farklılıklar göstermektedir. Bu nedenle, birkaç β Lyrae sistem ile ilgili yapılmış olan önceki çalışmalardan kısaca bahsetmek Algol, β Lyrae ve W UMa gibi sistemlerin arasındaki farklılıkların anlaşılmasını kolaylaştırabileceği gibi β Lyrae türü sistemlerin kendi aralarında da farklılıklar gösterdiğini göstermek için en güzel yoldur.

İlk vereceğimiz örnek olan V356 Sgr (HD 173787 = BD-20 5268 = HIP 92235, $M_V=6.99$ kadir) sisteminin V süzgecinde Popper (1955) tarafından elde edilmiş ışık eğrisi Şekil 6'da gösterilmiştir.

Bu sistem A2II tayf türüne sahip ve kendi iç Roche lobunu dolduran ikinci bileşenden ve B2-B3 tayf türüne sahip sıcak birinci bileşenden oluşmaktadır. Sistemin ışık eğrisinden

β Lyrae türü bir sistem olduğu anlaşılmaktadır ancak ikinci bileşenin Roche lobunu doldurması ve bu nedenle birinci bileşen üzerine kütle aktarması genellikle klasik Algollerde görülen bir durumdur.

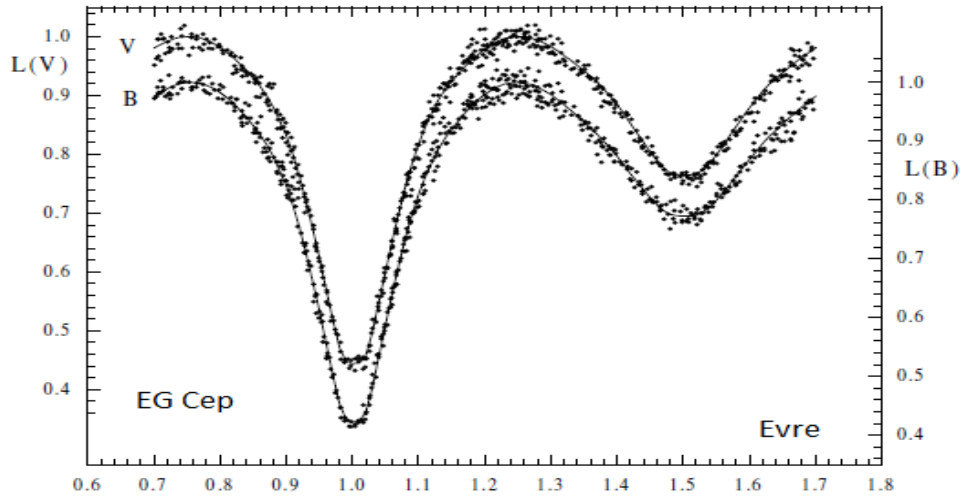


Şekil 6. V356 Sgr sisteminin V süzgecinde elde edilen ışık eğrisi (Popper 1955).

Şekil 6'dan görüldüğü üzere, birinci minimum derinliği ikinci minimum derinliğinden büyüktür ancak ikinci minimumun genişliği birincininkinden daha geniştir. Işık eğrisinde görülen bu durumu açıklamak için Wilson ve Caldwell (1978), sıcak birinci bileşenin etrafını saran bir disk modelini ortaya koymuştur. Dominis ve ark. (2005) Popper'ın (1955) gözlemsel verilerini kullanarak sistemin ışık eğrisini temsil eden en iyi teorik fitin, birinci bileşeni saran disk modeli ile elde edilebileceğini göstermiştir.

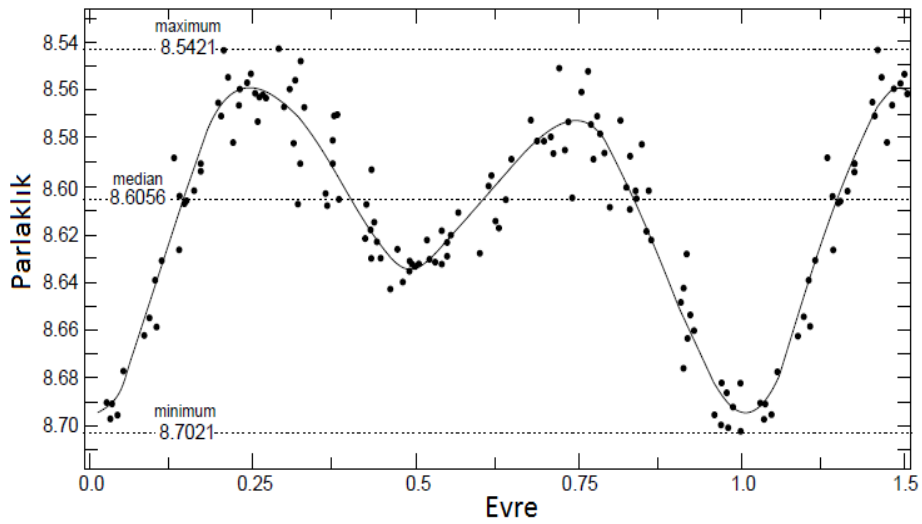
Burada değinmek istediğimiz bir diğer ilginç sistem EG Cep (BD+76 790 = HD 194089 = TYC 4585-63-1, $M_V=9,49$ kadar)'tir. Bu sistemin ışık eğrisi β Lyrae türü sistem olduğunu işaret etmektedir (Şekil 7). Sistemin B ve V süzgeçlerinde ışık eğrisini elde eden Erdem ve ark. (2005), yaptıkları çözüm sonunda, ikinci bileşenin kendi kritik iç Roche lobunu tamamen ve birinci bileşenin ise %95 oranında doldurmasından dolayı sistemin yarı-ayrık durumda olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Sistemin dönem analizini de yapan Erdem ve ark. (2005), sistemin yörünge döneminin sabit olmadığı, sürekli bir artış gösterdiği sonucuna ulaşmışlardır. İkinci bileşenin Roche lobunu doldurmasından dolayı, yörünge dönemindeki bu artış, ikinci bileşenden birinci bileşene doğru kütle aktarımı ile açıklanmaya çalışılmıştır. Erdem ve ark (2005), sistemin ışık eğrisinin β Lyrae türü bir sistemi işaret etmesine rağmen, elde ettikleri bulgular sonucunda bu sistemin kısa dönemli

Algol benzeri bir sistem olduğu sonucuna ulaşmışlardır.



Şekil 7. EG Cep'in B ve V süzgeçlerinde elde edilmiş ışık eğrisi (Erdem ve ark. 2005).

Işık eğrisi β Lyrae türü olan fakat yukarıda bahsettiğimiz iki sistemden farklı bir ışık eğrisine sahip olan bir diğer sistem MR Vir (HD 122798 = BD+00 3130 =HIP 68718, $M_B=9,03$ kadir)'dir. Yaklaşık 1,52 gün dönemli bu sistemin edilen ışık eğrisi Şekil 8'de verilmiştir (Anderson ve Filipovic 2007).



Şekil 8. MR Vir sisteminin ışık eğrisi (Anderson ve Filipovic 2007).

Bu sistemin radyo bölgedeki gözlemi Anderson ve Filipovic (2007) tarafından yapılmış ve radyo bölgede salma çizgileri belirlediklerini duyurmuşlardır. Işık eğrisinden β Lyrae sistemi olduğu anlaşılan bu sistemin aynı zamanda bir radyo kaynağı olması nadir bir durumdur. Sistemdeki yüksek manyetik aktivite ve yüksek enerjili parçacıkların birbirleri ile etkileşmesi, radyo bölgede salmaların başlıca kaynağıdır. Bu sistemin yaklaşık 1,52 gün dönemli olmasından, sıcak bileşenin F5V tayf türüne sahip olmasından ve ışık eğrisinde görülen maksimum seviyeleri arasında fark görülmesinden dolayı, Anderson ve Filipovic (2007) bu sistemin RS CVn türü bir sistem olabileceğini söylemiştir. Bu tür sistemlerdeki manyetik aktivite çevrimi boyunca değişen sıcak lekenin, ışık eğrisindeki maksimum seviyeleri arasında fark oluşturduğunu belirten Anderson ve Filipovic (2007), elde edilen X –ışını ve 6-cm radyo ısıtmalarının da bu sistemin bir RS CVn türü çift sistem olması gerektirdiğini göstermişlerdir. Sistemin ışık eğrisindeki maksimum seviyeleri arasındaki fark bir O’Connell etkisidir. Bu etkinin sıklıkla değmeye yakın sistemlerde görüldüğünü belirten Anderson ve Filipovic (2007), maksimum seviyeleri arasındaki farkın, birinci bileşenden ikinci bileşene doğru kütle aktarımından dolayı meydana gelen bir sıcak lekeden kaynaklanabileceğini ve bu durumda sistemin yörünge dönemini azalması gerektiğini belirtmişlerdir.

Sonuç olarak, β Lyrae türü olarak sınıflandırılan sistemler aslında kendi aralarında da farklılıklar göstermektedir. Örtün çift yıldızların ışık eğrilerine göre β Lyrae türü olarak sınıflandırılması aslında sistemleri fiziksel ve geometrik olarak birbirinden ayırmamakta bir bütün olarak ele almaktadır. Işık eğrisi β Lyrae türü olan V356 Sgr, EG Cep ve MR Vir sistemlerinin doğalarının birbirlerinden tamamen farklı olduğu yukarıda aktarılmıştır. Klasik Algol gibi davranan V356 Sgr sistemi, Roche lobunu %95 ve %100 oranında doldurmuş yarı ayrık EG Cep sistemi, RS CVn türü ve değmeye yakın olması muhtemel MR Vir örtün çift sistemi bu görüşü desteklemektedir.

Gözlenen sistemin ışık eğrisinin biçimine göre β Lyrae türü olarak adlandırılan çift yıldız sistemleri, çift yıldız evriminde önemli bir aşamaya karşılık gelmektedir. Literatür incelendiğinde, parametreleri iyi olarak belirlenmiş çok sayıda β Lyrae türü sisteme rastlanmamaktadır. Bu nedenle, bu tür sistemlerin çalışılması, sistemlerin elde edilecek parametrelerinin literatüre katkı sağlaması yanında bu tür sistemlerin evrim durumlarını araştıran geniş ölçekli çalışmaların da bir parçası olabilir.

Bu tür çalışmalara katkı sağlamak amacı ile bu yüksek lisans tez çalışmasında, literatürde β Lyrae türü olarak sınıflanan SX Aur ve HL Dra sistemlerinin gözlenmiştir. Sistemlerin elde edilen çok renkli ışık eğrileri analiz edilmiş ve bileşenlerin fiziksel/geometrik parametreleri hesaplanarak sistemlerin güncel evrim durumları tartışılmıştır. Duyarlı mutlak parametrelerini elde edebilmek için her iki sistemin literatürde yayınlanmış dikine hız verileri kullanılarak ışık eğrileri çözülmüştür.

SX Aur'un gözlemlerden elde edilen ve literatürden toplanan minimum I ve minimum II zamanları birleştirilerek dönem analizi yapılmış ve olası yörünge dönem değişimi tartışılmıştır. Ancak, HL Dra sistemi için literatürde yayınlanan herhangi bir minimum zaman olmadığından bu sistemin O-C analizi yapılamamıştır.

BÖLÜM 2

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

1.1. SX Aur Sistemine İlişkin Fotometrik Çalışmalar

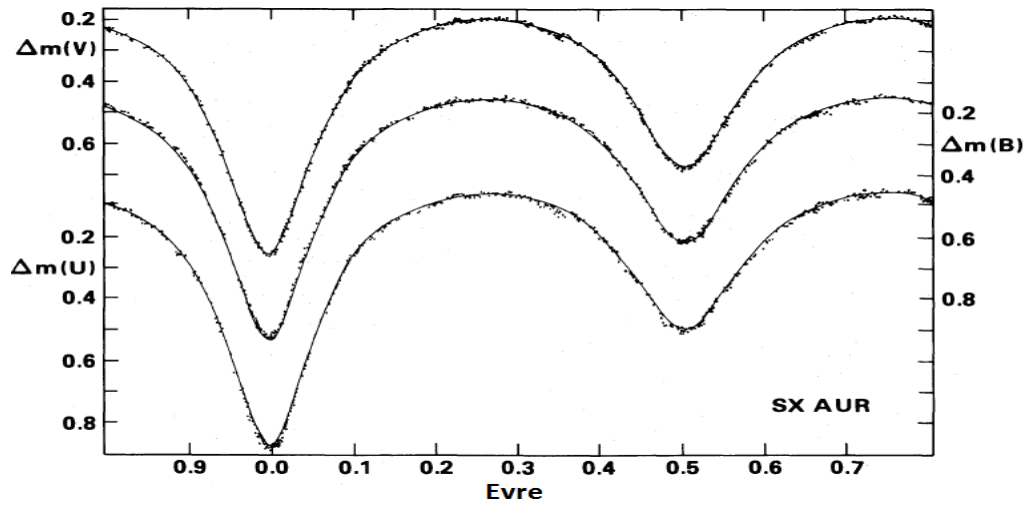
SX Aur (HD 33357 = BD+41 1101 = HIP 24201, $V=8,55$ kadir) sistemi oldukça parlak değmeye yakın örten bir çift sistemdir. SX Aur'un değişen olduğu Leavitt (1907) tarafından keşfedilmiştir. Sistemin yörünge dönemi Hertzsprung (1928) tarafından 1,21008 gün olarak belirlenmiştir. Martin ve Plummer (1917), Oosterhoff (1933) sistemin fotoğraflık gözlemini yapmışlardır. Oosterhoff (1933), sistemi, neredeyse birbirine değmekte olan ve ortak bir kütle merkezi etrafında dönen iki küresel yıldız olarak ele alıp sistemin ışık eğrisini çözmüş ve yörünge elemanlarını elde etmiştir. Wyse (1934), Oosterhoff'un (1933) verilerini kullanarak ve sistemin eliptik iki yıldızdan oluştuğunu ele alarak ışık eğrisini çözmüştür.

Chambliss ve Leung (1979), SX Aur sisteminin UBV süzgeçlerinde fotoelektrik gözlemini yapmış ve bu filtrelerde elde ettikleri ışık eğrilerini, Russell ve Merrill (1952), Kopal (1950, 1959)-Jurkevich (1964) ve Wilson-Devinney (1971) (WD) yaklaşımları ile çözmüşlerdir. Başlangıç parametreleri olarak Russell-Merill yönteminden elde edilen çözüm parametrelerini kullanan Chambliss ve Leung (1979), W-D çözümünde, sistemin yörünge eğikliğini (i), ikinci bileşenin etkin sıcaklığını (T_2), bileşenlerin boyutsuz yüzey potansiyellerini ($\Omega_{1,2}$), sistemin kütle oranını ($q = M_2/M_1$) ve birinci bileşenin ısıtmasını (L_1) serbest olarak bırakmışlardır.

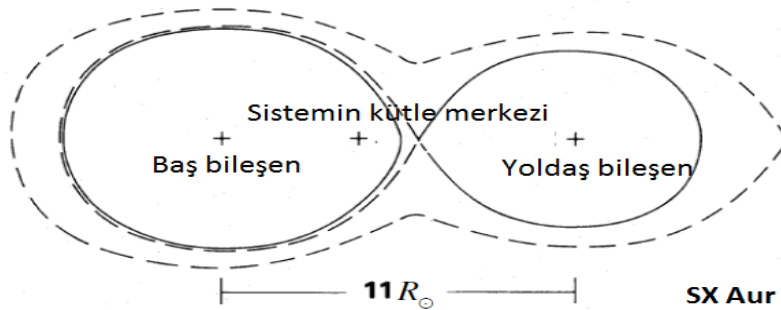
Sistem, radyatif dış zarflı yıldızlardan oluştuğu için, bileşenlerin bolometrik albedolarını ($A_{1,2}$) ve çekimsel kararım katsayılarını ($g_{1,2}$), 1 değerinde almışlardır. Birinci bileşenin etkin sıcaklığını 19200 K olarak alan Chambliss ve Leung, bu sıcaklığı, Popper'ın (1943) belirlediği B3,5 tayf türündeki bir yıldız için Morton ve Adams (1968) sıcaklık ölçeğinden elde etmişlerdir. Başlangıçta sistemi, ayırık konfigürasyonunda çözmeye başlayan Chambliss ve Leung, birkaç deneme sonra ikinci bileşenin kendi Roche lobunu doldurduğunu görmüş ve bu nedenle sistemin ışık eğrisini yarı ayırık konfigürasyonda çözmeye başlamışlardır. Bu çözümde ikinci bileşenin yüzey potansiyeli sabit bir parametre olarak alınmaktadır. Elde ettikleri çözümde, sistemin yarı-ayırık bir sistem olduğunu ve ikinci bileşenin Roche lobunu doldurduğunu belirtmişlerdir. Çözümlerinden, sistemin değmeye çok yakın bir sistem olabileceği sonucuna ulaşmışlardır.

Sistemin mutlak parametrelerini hem kendilerinin ışık eğrisi çözümünden elde ettikleri kütle oranı için hem de Popper (1943) tarafından elde edilen tayfsal kütle oranı için hesaplamışlardır. Her iki durumda da, Popper'ın (1943) tayfsal olarak belirlediği dikine hız yarı genliklerini kullanmışlardır. Birinci bileşen için $(B - V)_0$ renk artığını -0,24 olarak belirleyen Chambliss ve Leung (1979), bu bileşenin B2 tayf türü civarında olacağı sonucuna ulaşmışlardır.

SX Aur sisteminin UBV süzgeçlerinde elde edilen ışık eğrisi Şekil 9'da, çözüm parametreleri ile elde edilen iki boyutta Roche geometrisi Şekil 10'da, ışık eğrisi çözümünden elde edilen parametreler Çizelge 1 ve sistemin hesaplanan mutlak parametreleri Çizelge 2'de verilmiştir.



Şekil 9. SX Aur sisteminin UBV süzgeçlerinde elde edilen ışık eğrisi (Chambliss ve Leung 1979).



Şekil 10. SX Aur sisteminin Roche geometrisi (Chambliss ve Leung 1979).

Çizelge 1. Chambliss ve Leung (1979) tarafından elde edilen ışık eğrisi çözümü parametreleri

Parametre	Değer	
i (derece)	82,00(8)	
$q = M_2/M_1$	0,5986(37)	
	Birinci Bileşen	İkinci Bileşen
Ω_i	3,0748(75)	3.0609
r_i (kutup)	0,3969(11)	0,3139(12)
r_i (kenar)	0,4192(14)	0,3277(14)
r_i (arka)	0,4477(19)	0,3602(21)
r_i (nokta)	0,5135(72)	0,4281(20)
T_i (K)	19200	14804(18)
$L_i/(L_1 + L_2)$ (V)	0,7311(42)	0,2689
$L_i/(L_1 + L_2)$ (B)	0,7483(42)	0,2517
$L_i/(L_1 + L_2)$ (U)	0,7685(43)	0,2315

Çizelge 2. Chambliss ve Leung (1979) tarafından elde edilen, sistemin mutlak parametreleri

Parametre	Işık eğrisi çözümünden elde edilen kütle oranı için		Popper (1943) elde edilen kütle oranı için	
q	0,5986(37)		0,534	
Ayrıklık ($R_\odot$)	11,09(26)		11,96	
R ($R_\odot$)	4,65(12)	3,63(10)	5,18	4,32
M ($M_\odot$)	7,85(43)	4,70(44)	10,80	5,66

Alkan (1979), 1972-1974 yılları arasında, SX Aur sisteminin B ve V süzgeçlerinde fotoelektrik gözlemi yapmış ve bu filtrelerin her birinde 436 şar gözlemsel veri elde etmiştir. Elde edilen ışık eğrisi çözümüne göre, bileşenlerinin tayf türlerinin Popper (1943) da verildiği gibi B3.5 tayf türünde değil, birbirlerinden farklı tayf türlerine sahip olması gerektiği söylenmiştir. Sistemin ışık eğrisi çözümünden bileşenlerin kesirsel yarıçapları, bileşenlerin sistemin toplam ısıtmasına katkıları ve sistemin yörünge eğikliği elde edilmiştir ($r_1/a = 0,399$; $r_2/a = 0,448$; $L_1/(L_1 + L_2) = 0,524$; $L_2/(L_1 + L_2) = 0,476$;

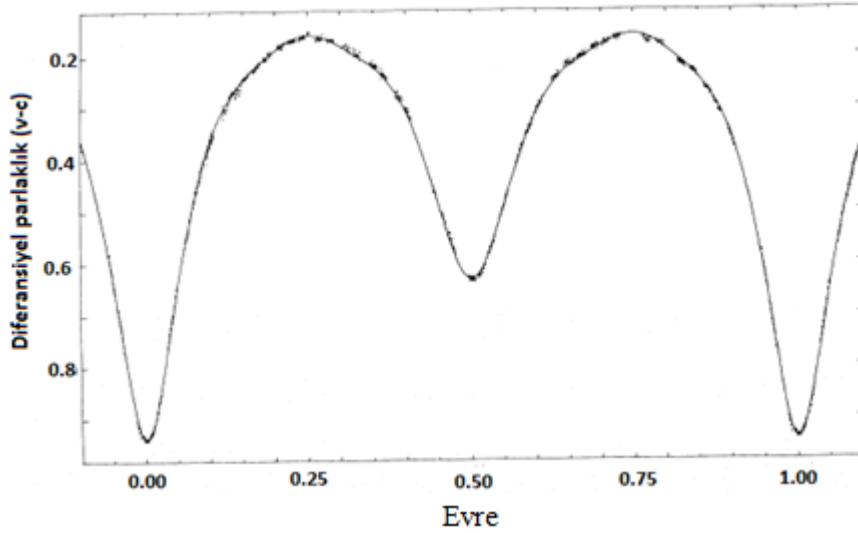
$i = 84^\circ, 405$).

Giuricin, Mardirossian ve Mezzetti (1982), Bondarenko (1974) tarafından elde edilen SX Aur sisteminin iki renkli (BV) ışık eğrilerini, WINK (Wood, 1972) programı ile çözmüştür. Elde ettikleri çözüm Chambliss ve Leung (1979) çözümü ile uyumlu olmakla birlikte, ikinci bileşenin boyutlarını daha büyük bulmuşlardır. Analizi yaparken, birinci bileşenin sıcaklığını, Popper'ın (1943) belirlediği B3.5 tayf türü için uygun sıcaklık olan 19000 K olarak ve sistemin kütle oranı için yine Popper'ın (1943) tayfsal olarak elde ettiği $q = 0,53$ değerini almışlardır. Işık eğrisi çözümünden, sıcak bileşenin soğuk bileşene göre daha büyük olduğunu, ikinci bileşenin ortalama sıcaklığının yaklaşık olarak 14400 K olduğunu ve bu nedenle tayf türünün B6 civarı olması gerektiğini önermişlerdir. Elde ettikleri fotometrik çözüm ile Popper (1943) tarafından elde edilen tayfsal elemanları birleştirerek, sistemin bileşenlerinin mutlak parametrelerini hesaplamışlardır (Çizelge 3).

Çizelge 3. Giuricin ve ark. (1982) tarafından elde edilen sistemin yaklaşık mutlak parametreleri

Parametre	Birinci bileşen	İkinci bileşen
$R (R_\odot)$	5,0	4,6
$M (M_\odot)$	11	5,8
$LogL (L_\odot)$	3,47	2,91

Bell ve ark. (1987), SX Aur sisteminin B süzgecinde ışık eğrisini elde etmiştir (Şekil 11). Çalışmada, sistemin parlaklığının 0,25 evresinde, 0,75 evresine göre biraz daha fazla olduğunu belirtmişlerdir. Birinci minimumda çok az bir asimetri fark eden Bell ve ark. (1987) bu durumun, fotosferik olmayan bir maddeye işaret edebileceğini söylemişlerdir. İkinci minimumda 0,5 evresinde herhangi bir kayma olmadığı için, sistemin yörüngesini dairesel olarak almışlardır. Işık eğrisini çözümünde birinci bileşen için iki farklı kutup sıcaklığı kullanılmıştır (22000 K ve 25000 K). Kullanılan 22000 K sıcaklığı Chambliss ve Leung (1979) tarafından elde edilen fotometrik veri ve Böhm-Vitnese (1981) tarafından verilen kalibrasyondan 25000 K sıcaklığı ise Morgan, Code & Whitford (1955) ve Hiltner (1965) tarafından yapılan B1 tayfsal sınıflamasından elde edilmiştir.



Şekil 11. SX Aur sisteminin, Bell ve ark. (1987) tarafından B süzgecinde elde edilen ışık eğrisi.

Bu çalışmada sistemin ışık eğrisi analizi LIGHT (Hill 1979) programı kullanılarak yapılmıştır. Sistemin tayfsal gözlemini de yapan Bell ve ark. (1987), sistemin kütle oranını 0,542 olarak elde etmiş ve ışık eğrisi çözümünde bu değer kullanılmıştır. Tayfsal gözlemler ile ilgili bilgiler ve sistemin elde edilen dikine hız diyagramı, bir sonraki alt bölümde (Bölüm 2.2) verilmiştir. Işık eğrisi analizde, sistemin kütle oranı ve birinci bileşenin etkin sıcaklığı sabit parametreler olarak alınmıştır. Birinci bileşenin kesirsel yarıçapı r_1 , ikinci bileşenin kesirsel yarıçapı r_2 , ikinci bileşenin etkin sıcaklığı T_2 ve sistemin i yörünge eğikliği serbest bırakılan parametrelerdir ve ışık eğrisi çözümünden elde edilen parametreler Çizelge 4'te verilmiştir.

Bell ve ark. (1987), düşük sıcaklık durumunda, sistemin yaşının yaklaşık olarak 5×10^7 yıl olabileceğini düşünmüştür. $X=0,8$ (hidrojen bolluğu) ve $Z=0,02$ (diğer elementlerin bolluğu) için ve birinci bileşenin 22000 K sıcaklığı için, birinci bileşenin evrimleşmemiş olacağını ve ikinci bileşenin de kütlesine göre yaklaşık olarak 0,7 kadar daha parlak gözüktüğü sonucuna varmışlardır. Andersen ve ark (1983), B türü yıldızlar için yüksek helyum bolluğu içeren modelin daha uygun olduğunu belirttiğinden, Bell ve ark. (1987) da bu modelin tercih edilebilir olduğunu savunmuştur. Yani, birinci bileşen için yüksek helyum bolluklu çözümü tercih etmişlerdir. Sistemin Durum A kütle aktarımı sürecine doğru gittiğini ve birinci bileşenin değme durumuna evrimleştiğini

belirtmişlerdir.

Çizelge 4. Bell ve ark. (1987) tarafından, sistemin ışık eğrisi çözümünden elde edilen parametreler

Parametre	İki bileşenin de eş olarak dönmesi ve $T_1 = 22000$ K için		İki bileşenin eş olarak dönmesi ve $T_1 = 25000$ K için	
q	0,542		0,542	
i (derece)	82,82(7)		82,87(6)	
L_2/L_1	0,346		0,345	
	Birinci bileşen	İkinci bileşen	Birinci bileşen	İkinci bileşen
r_i (kutup)	0,4062(3)	0,3058(4)	0,4069(3)	0,3054(4)
r_i (ortalama)	0,4315(3)	0,3254(4)	0,4324(3)	0,3254(4)

Olson (1984) birinci ve ikinci bileşenin dönme hızlarını gözlemsel olarak, sırasıyla, 201 ± 5 km/s ve 92 ± 29 km/s olarak belirlemiştir. Bell ve ark. (1987) ise birinci bileşenin dönme hızını 215 km/s ve ikinci bileşenin dönme hızını 165 km/s olarak bulmuşlardır.

Olson (1984) tarafından verilen ikinci bileşenin dönme hızı ile kendi buldukları hızın uyumsuz olduklarını görmüşler ve birinci ve ikinci bileşenin eş olarak dönmeyebileceği sonucuna vararak, bu durum için ışık eğrisini tekrar analiz etmişlerdir. Elde ettikleri çözüm parametreleri Çizelge 5’de verilmiştir.

Bell ve ark (1987), iki bileşenin de eş dönmemesi durumunda elde edilen çözümün tam olarak doğru olmayabileceğini işaret etmektedir. Bunun nedeni, ikinci bileşenin birinci bileşene göre daha sönük olmasından dolayı, ikinci bileşenin elde edilen gözlemsel dönme hızı hatalarının büyük olabileceğindendir.

Sonuç olarak Bell ve ark. (1987), SX Aur sisteminin 3 farklı çözümünü vermiştir. Bileşenlerin eş olarak döndüğü varsayımı altında iki farklı sıcaklık için iki farklı çözüm ve bileşenlerin eş dönmeme durumu için bir çözüm sunmuşlardır. Eş dönmeme durumunda elde edilen çözüm sonuçlarına göre ikinci bileşen kendi iç Roche lobunu %122 oranında doldurmuş olması gerektiği ve sistemin aşırı değme durumunda olması gerektiği söylenmiştir. Peters ve ark. (1985) tarafından yapılan sistemin UV gözlemlerinden aşırı değme veya ortak zarf ile ilgili herhangi bir kanıt elde edilemediğini belirten Bell ve ark.

(1987), bu çözümün gerçekçi olmadığını belirtmişlerdir.

Çizelge 5. Bileşenlerin eş olarak dönmemesi durumunda, Bell ve ark. (1987) tarafından ışık eğrisi çözümünden elde edilen parametreler

Parametre	İki bileşenin de eş olarak dönmemesi ve $T_1 = 22000$ K için	
q	0,542	
$i(\text{derece})$	81,32(10)	
L_2/L_1	0,399	
	Birinci bileşen	İkinci bileşen
F_i^*	$\sim 0,935$	$\sim 0,558$
$r_i(\text{kutup})$	0,4008(8)	0,3242(9)
$r_i(\text{ortalama})$	0,4246(8)	0,3503(9)

* Olson (1984) ve Bell ve ark. (1987) verilerine dayanarak hesaplanmıştır.

Sistemin en güncel fotometrik çalışması Linnell, Peters ve Polidan (1988) tarafından yapılmıştır. Çalışmalarında Chambliss ve Leung'un (1979) 1976 ve 1979 yıllarında aldıkları gözlem verilerini kullanmışlardır. Linnell ve ark.(1988) SYNPGM ışık sentez programını (Linnell, 1984) kullanarak, sistemin ışık eğrisi çözümünü sunmuşlardır. Chambliss ve Leung (1979), sistemin ışık eğrisini mod 5 de çözmüştür, bu mod da ikinci bileşen, kendi Roche lobuna değmesi için zorlanmaktadır. Linnell ve arkadaşlarının kullandıkları programda ise böyle bir zorlama yoktur. Kullanılan programın bir diğer farkı da, birinci ve ikinci mertbe kenar kararına katsayılarının teorik değerlerinin Kurucz model atmosferinden belirlemesidir.

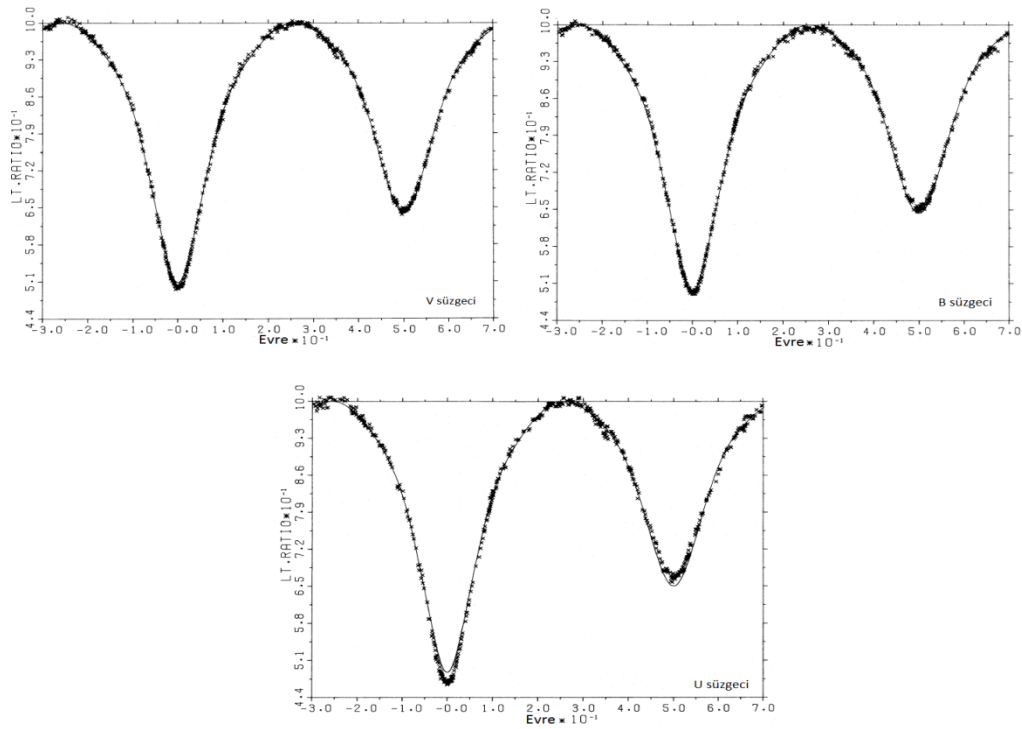
Linnell ve ark. (1988), ikinci bileşenin bolometrik albedosunu serbest parametre olarak bıraktıklarında, B ve V verileri için çok iyi bir uyum elde ettiklerini fark etmişlerdir. Bu durumda, ikinci bileşenin bolometrik albedosunu hesaplamalar sonucunda $A_2 = 0,4$ olarak elde etmişlerdir.

İkinci bileşenin bolometrik albedosunun bu değeri için, birinci bileşeninkinin $A_1 = 0,5$ olması gerektiğini savunmuşlardır. Bilindiği gibi $A_2 = 0,4$ değeri, ışınım dengesindeki bir sistemin teorik bolometrik albedo değeri olan 1.0 değeri ile uyumlu değildir. Bu durumun farkında olan Linnell ve ark. ikinci bileşenin bolometrik albedosunun bu değerini, Tassoul ve Tassoul (1982) tarafından verilen teorik sonuç olan

erken tür yıldızlardaki hızlı dönmenin tabakalanmış türbülansa yol açabilmesi ile açıklanabileceğini önermişlerdir. Bu durumun aynı zamanda Underhill ve Fahey (1984) tarafından önerilen OB yıldızlarında görülen kararsız konveksiyon ile ilişkili olabileceğini söylemişlerdir.

Linnell ve arkadaşları IUE tayf verilerini Kurucz model atmosferine uyarladıklarında birinci bileşenin etkin sıcaklığını 24000 K olarak belirlemişlerdir. Kullandıkları ışık eğrisi analizi programında birinci bileşenin etkin sıcaklığını $T_1 = 24000$ K, birinci bileşenin bolometrik albedosunu $A_1 = 0,5$, bileşenlerin çekimsel kararma katsayılarını $g_1 = g_2 = 0,25$ sabit parametre olarak almışlardır.

Chambliss ve Leung'un (1979) elde ettiği U, B ve V bandındaki ışık eğrileri ve Linnell ve ark (1988) in ışık eğrisi analizinden elde edilen teorik eğri Şekil 12'de gösterilmiştir. Işık eğrisi çözümünden elde edilen parametreler Çizelge 6'da verilmiştir.



Şekil 12. Linnell ve ark. (1988) tarafından U, B ve V süzgeçlerindeki ışık eğrisi çözümünden elde ettikleri parametrelerle oluşturdukları kuramsal eğri.

Çizelge 6. Linnell ve ark.(1988) tarafından elde edilen ışık eğrisi çözümü parametreleri

Parametre	Değer	
i (derece)	81.27(15)	
q	0.613(15)	
	Birinci Bileşen	İkinci Bileşen
g_i	0.25	0.25
A_i	0.5	0.4
Ω_i	3.087	3.096(15)
T_i (K)	24000(2000)	18419(50)
r_i (kutup)	0.3972(15)	0.3146(4)
r_i (kenar)	0.4227(17)	0.3325(17)
r_i (arka)	0.4492(20)	0.3601(24)
r_i (nokta)	0.5502(11)	0.4248(16)
T_i (kutup) (K)	24000	18419(69)
T_i (arka) (K)	21108(27)	15976(156)
T_i (nokta) (K)	12613(180)	15643(346)
T_i (kenar) (K)	22681(11)	18312(208)
σ (V)	0.0057	
σ (B)	0.0060	
σ (U)	0.0104	

Linnell ve ark (1988), sistemin fotometrik kütle oranını $q = 0,613$ olarak elde etmiştir ve sistemin mutlak parametreleri Çizelge 7’deki gibi hesaplamışlardır. Linnell ve arkadaşları (1988) elde ettikleri sonuçları şöyledir: (i) Sistem, B2 tayf türünde sıcak birinci bileşene ve B5 den daha erken, birinci bileşene göre daha soğuk, evrimini tamamlamamış ikinci bir bileşene sahiptir, (ii) Birinci bileşen neredeyse kendi kritik Roche lobunu doldurmuştur, (iii) $A_2 = 0,4$ değeri, yukarıda bahsedilen Tassouls ve Tassouls (1982), ve Underhill ve Fahey (1984) tarafından öne sürülen durumlardan kaynaklanabilir, (iv) U bandın elde edilen çözümdeki büyük hata, U bandındaki Balmer süreksizliğinin konumundan ve ışık eğrisi analiz programı tarafından elde edilen kara cisim sıcaklığının ışık eğrisi ile uyumlu olmamasındandır.

Çizelge 7. Linnell ve ark.(1988) tarafından verilen sistemin mutlak parametreleri

Parametre	Değer	
$A (R_{\odot})$	12.01(30)	
	Birinci bileşen	İkinci bileşen
Tayf türü	B2	B5
$R_i (R_{\odot})$	5,28(13)	4,16(10)
$M_i (M_{\odot})$	9,87(20)	6,05(15)
$L_i (L_{\odot})$	5143(340)	1091(70)
M_{bol_i} (kadir)	-4,64(5)	-2,95(6)

2.2. SX Aur Sisteminin Tayfsal Gözlemleri ve Dönem Değişimi

Sistemin tayfsal gözlemleri Wyse (1934), Popper (1943) ve Bell ve ark. (1987) tarafından gerçekleştirilmiştir.

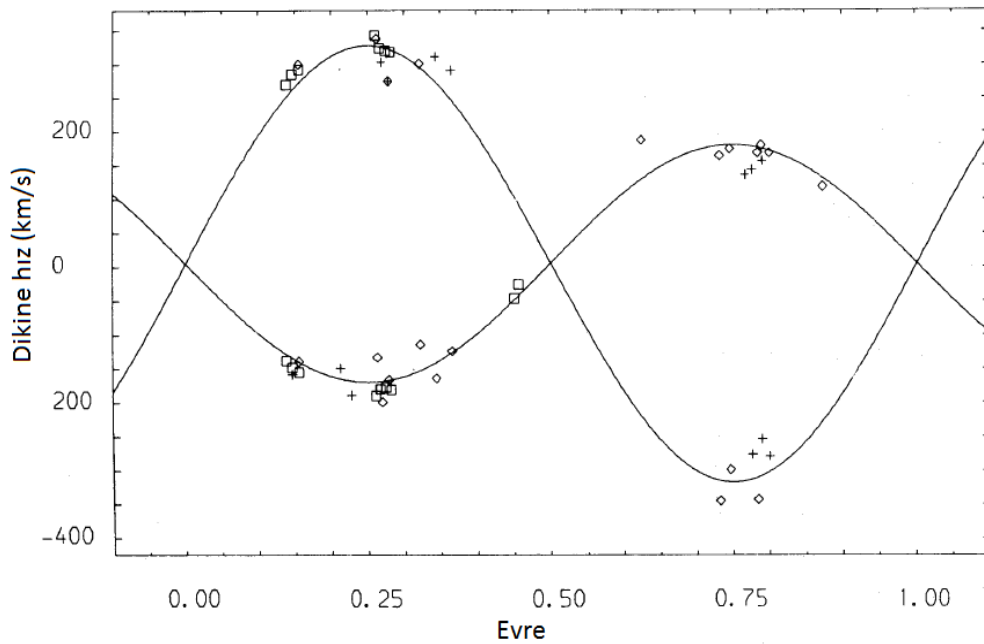
Çizelge 8. Popper (1943) tarafından elde edilen SX Aur sisteminin mutlak parametreleri

Parametre	Değer	
q	0,534	
$A (R_{\odot})$	12,00	
	Birinci bileşen	İkinci bileşen
$R_i (R_{\odot})$	5,18	4,32
$M_i (M_{\odot})$	10,80	5,66
$LogL_i (L_{\odot})$	3,55	2,95
M_{bol_i} (kadir)	-4,3	-2,8

Wyse (1934) sistemin tayf türünü B4 olarak belirlerken, Popper (1943), 1939-1941 yılları arasında gerçekleştirilen sistemin tayfsal gözlem verilerini kullanarak sistemin tayf türünü B3.5 olarak belirlemiştir. Popper (1943) aynı zamanda, tayfsal analiz sonucunda, sistemin kütle merkezi hızını, birinci ve ikinci bileşenin dikine hız yarı genliklerini, sırasıyla, 3(4)km/s, 172(4) km/s ve 322(7)km/s olarak elde etmiş ve Oosterhoff (1933) tarafından elde edilen sistemin ışık eğrisi ile kendi tayfsal verisini kullanarak, sistemin mutlak parametrelerini hesaplamıştır. Popper (1943) tarafından elde edilen mutlak

parametreler Çizelge 8’de verilmiştir.

Peters, Polidan ve Linnell (1985), sistemin fotosferinde meydana gelen fiziksel mekanizmaları ve olası yıldızlar arası maddenin doğasını anlamak için sistemin UV gözlemlerini yapmışlardır. Sıcak bileşenin uzak UV bölgede baskın olduğu görülmüştür. Görülen bazı şiddetli rezonans çizgileri (C IV ve Si IV) SX Aur’un tayf türündeki bir yıldız için oldukça güçlüdür, bu nedenle bu çizgilerin yıldızlardan yüksek sıcaklıklı bir bölgeden gelebileceği düşünülmüştür. Gözlemler sonucunda, birinci bileşen kaynaklı ve 600 km/s hızlı yıldız rüzgarı kanıtı elde edilmiştir. Fakat aşırı değme veya ortak zarf hakkında herhangi bir kanıt elde edilememiştir.

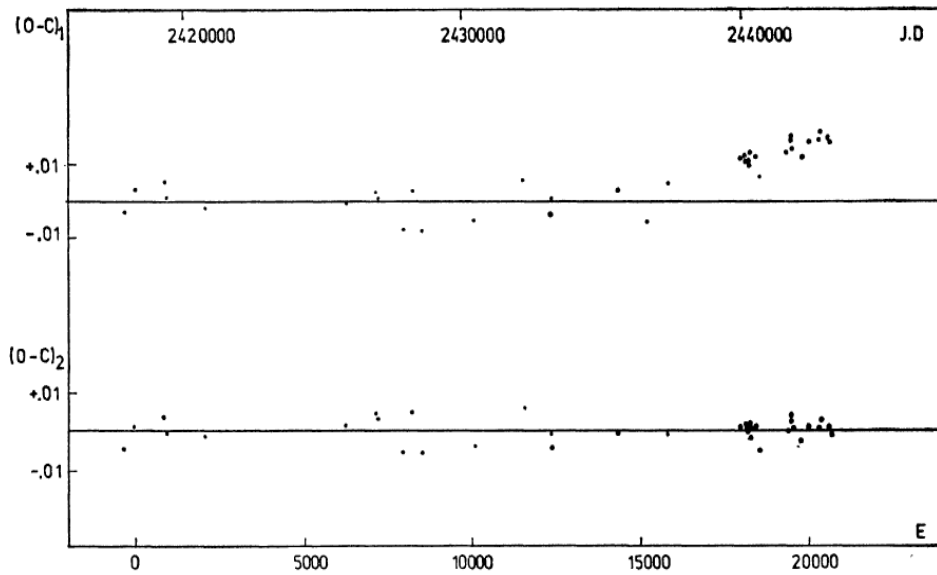


Şekil 13. SX Aur sisteminin dikine hız diyagramı (Bell ve ark. 1987).

Bell ve ark. (1987), birinci bileşen için 9, ikinci bileşen için 7 tane dikine hız verisi elde etmiş ve kendi elde ettikleri tayfsal verinin yanında Popper (1943) tarafından elde edilen 0,5 ve 1,0 ağırlıkla verilen tayf verilerini de kullanarak sistemin tayfsal analizini yapmışlardır. Tayfsal analiz sonucunda sistemin kütle merkezi hızını $4,9 \pm 0,9$ km/s olarak elde etmiştir. Bu çalışmada elde edilen, sistemin dikine hız diyagramı Şekil 13'te gösterilmektedir. Bu şekilde kare ile temsil edilen dikine hız verileri Bell ve ark. (1987)'nin elde ettiği verileri, elmas, artı ve nokta ile gösterilen veriler ise, sırasıyla, Popper (1943) tarafından elde edilen birim, yarım ve çeyrek ağırlıklı noktaları temsil

etmektedir.

Kreiner ve Tremko (1978), SX Aur sisteminin 1907 ile 1977 yılları arasında elde edilen minimum zamanlarını kullanarak sistemin dönem değişimini incelemişlerdir. Sistemin O-C diyagramını oluştururken Lavrov (1960)'un elde ettiği ışık elemanını kullanmışlardır. Analiz sonunda sistemin döneminin artığının sonucuna varmışlar ve sistemin dönemindeki değişimin dönemine oranını $\Delta P/P = 1,5 \times 10^{-10} \text{ yıl}^{-1}$ olarak hesaplamışlardır. Dönemdeki bu değişimi, daha düşük kütleli ikinci bileşenden birinci bileşene doğru bir kütle aktarımı mekanizması ile açıklamışlar ve aktarılan kütle miktarını $d(\ln M)/dt = -1.09 \times 10^{-8} M_{\odot}/\text{yıl}$ olarak hesaplamışlardır. Bell ve ark. (1987), Peters ve ark. (1985)'nin birinci bileşen kaynaklı ve 600 km/s hızlı yıldız rüzgarı kanıtı elde ettiğinden, Kreiner ve Tremko (1978) tarafından incelenen SX Aur sisteminin dönem değişiminin sistemden kütle kaybı mekanizması ile açıklanabileceğini vurgulamışlardır.



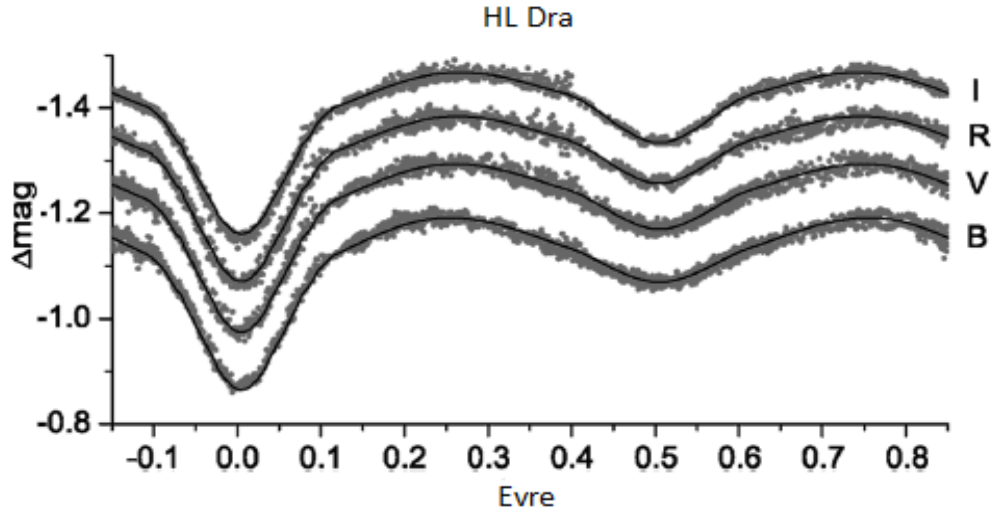
Şekil 14. Kreiner ve Tremko (1978) tarafından sistemin elde edilen O-C diyagramı.

2.3. HL Dra Sistemine İlişkin Fotometrik Çalışmalar

HL Dra (HD 172022 = HIP 91052 = GSC 03913-01509, $V = 7.36$ kadir) sistemi, yaklaşık 0.94 gün dönemli parlak yarı ayırık bir örten çift sistemdir. Sistemin tayf türü *Simbad* veri tabanında A5 olarak verilmiştir.

Sistemin ilk CCD gözlemleri Liakos ve ark. (2012) tarafından, Eylül 2008- Eylül

2011 yılları arasında gerçekleştirilmiştir. Bessell BVRI filtrelerinde gerçekleştirilen bu gözlemlerle sistemin tam bir ışık eğrisi elde edilmiştir. Elde edilen ışık eğrisi Şekil 15'te gösterilmiştir.



Şekil 15. Liakos ve ark. (2012) tarafından elde edilen, HL Dra sisteminin BVR ve I süzgeçlerindeki ışık eğrisi.

Liakos ve ark. (2012)'nin elde ettikleri ışık eğrisini, Pribulla ve ark. (2006) tarafından verilen birinci bileşenin dikine hız verisi ile birlikte Phoebe programını (Prsa & Zwitter, 2005) kullanılarak analiz edilmiştir.

A5 tayf türüne sahip birinci bileşenin etkin sıcaklığını, bileşenin tayf türüne bağlı olarak Cox'un (2000) çizelgesi yardımı ile 8200 K olarak belirleyen Liakos ve ark.(2012), sistemin ışık eğrisi çözümünde, ikinci bileşenin etkin sıcaklığını, baş bileşenin boyutsuz yüzey potansiyelini, birinci ve ikinci bileşenin ısıtmalarını serbest parametre olarak bırakmışlardır.

Sistemdeki birinci bileşenin kütlesini, bileşenin tayf türünden yola çıkarak, ikinci bileşenin kütlesini ise sistemin kütle oranından yola çıkarak hesaplayan Liakos ve ark. (2012), sistemin yaklaşık mutlak parametrelerini elde etmişlerdir. Ortalama yarıçap değerlerini hesaplamak için kullanılan, sistemin yarı büyük eksen uzunluğunu Kepler yasasından yola çıkarak elde etmişlerdir. Liakos ve ark. (2012) tarafından ışık eğrisi çözümünden elde edilen parametreler ve sistemin yaklaşık mutlak parametreleri Çizelge 9

ve Çizelge 10 ‘da verilmiştir.

Çizelge 9. Liakos ve ark. (2012) tarafından elde edilen ışık eğrisi çözümü parametreleri

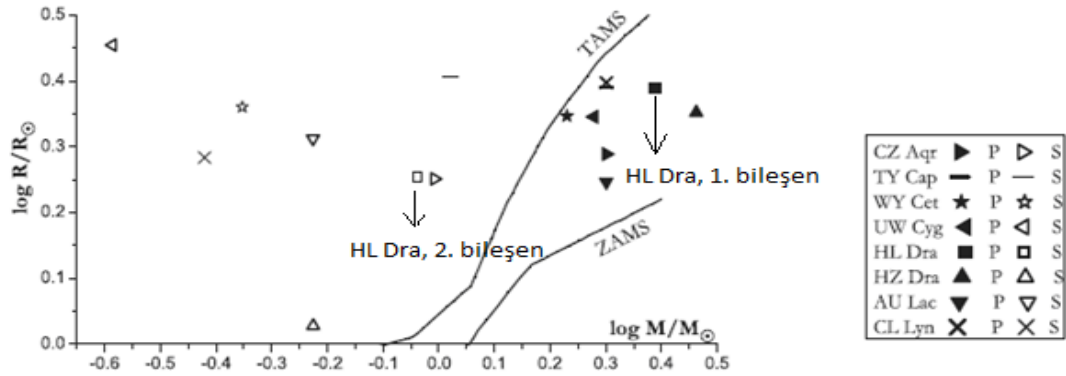
Parametre	Değer	
$i(\text{derece})$	66,5(1)	
q	0,37(1)	
	Birinci Bileşen	İkinci Bileşen
Ω_i	2,93(1)	2,63
$T_i \text{ (K)}$	8200	5074(8)
$L_i/(L_1 + L_2) \text{ (B)}$	0,956(1)	0,0044(1)
$L_i/(L_1 + L_2) \text{ (V)}$	0,932(1)	0,068(1)
$L_i/(L_1 + L_2) \text{ (R)}$	0,912(1)	0,088(1)
$L_i/(L_1 + L_2) \text{ (I)}$	0,888(1)	0,112(1)

Çizelge 10. Liakos ve ark. (2012) tarafından elde edilen, HL Dra sisteminin mutlak parametreleri

Parametre	Değer	
	Birinci Bileşen	İkinci Bileşen
$M_i(M_\odot)$	2,5(2)	0,9(1)
$R_i(R_\odot)$	2,5(4)	1,8(3)
$L_i(L_\odot)$	24,3(7)	1,9(1)
$M_{bol_i} \text{ (kadir)}$	1,3(2)	4,1(2)
$a_i(R_\odot)$	1,7(3)	4,4(1)

Liakos ve ark (2012), sistemin sıcak bileşeninin zonklama gösterdiğini belirtmiş ve frekans analizini yaparak 3 tane zonklama frekansı elde etmişlerdir. İlgili bileşenin baskın frekansını $f_{dom} = 26,914(1) \text{ gün}^{-1}$ olarak elde etmişleridir. Işık eğrisi analizinden elde ettikleri parametreler yardımı ile baş ve yoldaş bileşenin kütle yarıçap diyagramı üzerindeki konumunu, Şekil 16’da gösterildiği gibi vermişlerdir. Teorik sıfır yaş anakol çizgisi (ZAMS) ve terminal yaş anakol çizgisi verilerini Niarchos & Manimanis’den

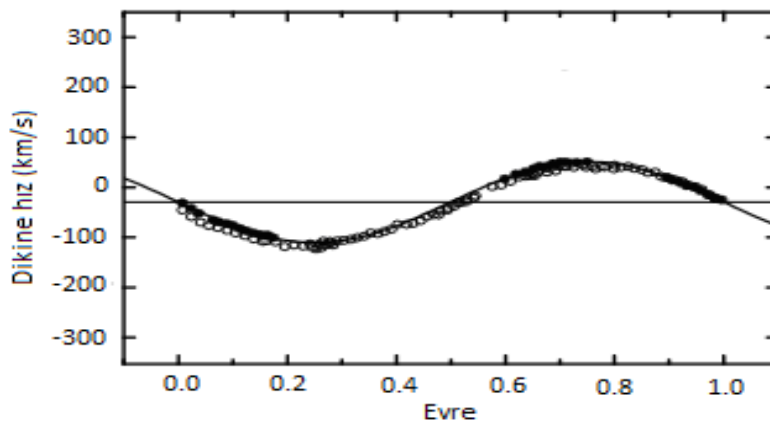
(2003) almışlardır.



Şekil 16. HL Dra sisteminin M-R diyagramındaki konumu (Liakos ve ark. 2012).

2.4. HL Dra Sisteminin Tayfsal Gözlemleri ve Dönem Değişimi

Sistemin tayfsal gözlemi Pribulla ve ark. (2006) tarafından 2004-2005 yılları arasında gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada sadece birinci bileşenin dikine hız ölçümü yapılabilmektedir (Şekil 17). 2004 yılında alınan veri kalitesi daha iyi olduğundan, Pribulla ve ark (2006) sistemin yörünge parametrelerini, bu verileri analiz ederek hesaplamışlardır. Analizlerinin sonucunda sistemin tayf türü A6V olarak belirlenmiş ve sistemin kütle merkezi hızı $V_0 = -29,3(4)$ km/s, birinci bileşenin dikine hız yarı genliği $K_1 = -81,04(60)$ km/s ve yörünge dönemi $P = 0,944276$ gün olarak hesaplamışlardır. Bu çalışmada, sistemin yörünge döneminin herhangi bir değişim göstermediği belirtilmiştir.



Şekil 17. HL Dra sisteminin birinci bileşenin dikine hız diyagramı (Pribulla ve ark. 2006).

BÖLÜM 3

MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Fotometrik Gözlemler

Bu çalışmada incelenen SX Aur ve HL Dra sistemlerinin CCD gözlemleri Çanakkale Astrofizik Araştırma Merkezi (CAAM) Ulupınar Gözlemevi'nde, T30a Schmidt-Cassegrain teleskopu (D=30cm, f/10) ve ona bağlı SBIG STL-1001E CCD kamerası ile BVR süzgeçlerinde gerçekleştirilmiştir. Elde edilen CCD görüntüleri, Maxim DL 5 ve Muniwin programları ile atmosfer etkilerinden ve elektronik gürültüden arındırılmıştır.

SX Aur sisteminin gözlemleri Eylül – Ekim 2012 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Gözlemlerden, B süzgecinde 1401, V süzgecinde 1314 ve R süzgecinde 1283 adet gözlemsel veri elde edilmiştir. Sistemin, gözlemlerinde birlikte gözlenen ve diferansiyel parlaklık hesabında kullanılan mukayese (C1) ve denet (C2) yıldızlarına ilişkin bilgiler Çizelge 11'de verilmiştir. Her bir gözlem gecesindeki gözlem süresi dağılımı ve gecelik gözlem duyarlılığı Çizelge 12'de, gözlemlerden elde edilen minimum zamanlar ise Çizelge 13'de verilmiştir.

Çizelge 11. SX Aur sistemi için, kullanılan mukayese (C1) ve denet (C2) yıldızlarına ilişkin bilgiler

Yıldız	HIP No GSC No	V (kadir)	B-V (kadir)	R.A. (sa. dk. s.)	DEC. (° ' ").	Tayf türü
SX Aur	HIP 2421 GSC 02904-01663	8,55	0	05 11 42,93	+42 09 55,3	B1-2
C1	GSC 02904-00232	10,12	0,16	05 11 40,93	+42 30 09,3	B8
C2	GSC 02904-01208	10,53	0,13	05 12 13,10	+42 27 54,7	A3

Sisteminin, B, V ve R süzgeçlerinde elde edilen ışık eğrisi Şekil 18'de gösterilmektedir. Evreye karşılık diferansiyel parlaklık eğrisini elde etmek için kullanılan ışık elemanları Kreiner'dan (2004) alınmış ve (3.1) denkleminde verilmiştir:

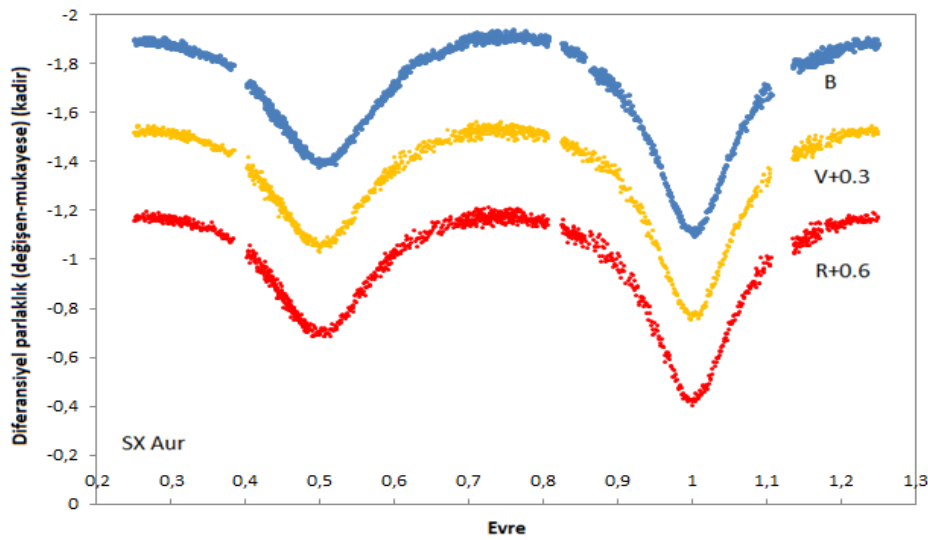
$$HJD(\text{Min}) = 2452500,3208 + 1,2100827 \times E \quad (3.1)$$

Çizelge 12. SX Aur sisteminin gecelik gözlem süresi dağılımı ve gözlem duyarlılığı

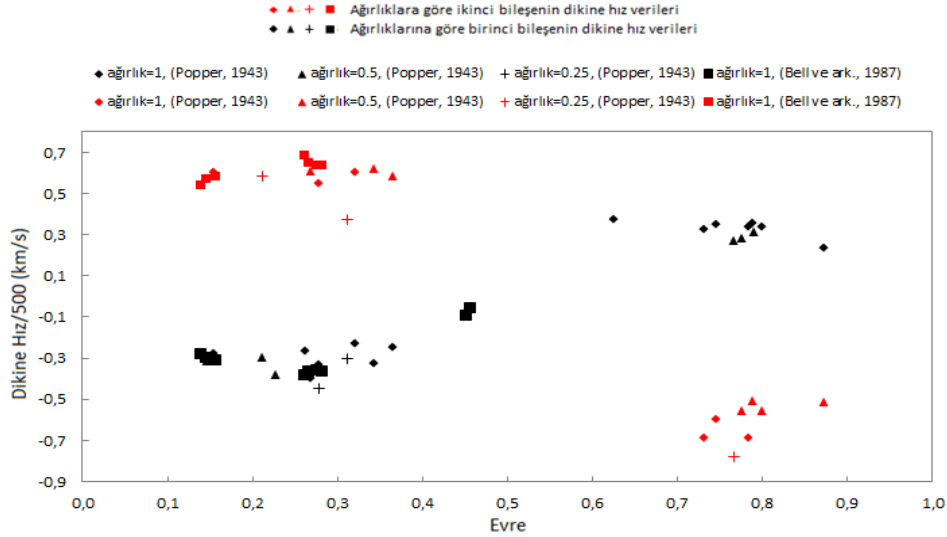
Tarih (UT)	Başlangıç (UT)	Başlangıç (HJD) 2456196+	Gözlem süresi (saat)	σ (B)	σ (V)	σ (R)
25.09.2012	20:34:23	0,399	3,4	0,012	0,012	0,019
05.10.2012	19:02:06	10,297	5,4	0,014	0,019	0,021
12.10.2012	20:47:01	17,369	5,1	0,012	0,015	0,018
15.10.2012	18:27:27	20,328	7,7	0,014	0,020	0,022
19.10.2012	19:05:50	24,299	6,7	0,011	0,013	0,011
08.11.2012	18:55:10	44,307	6,8	0,014	0,018	0,019
11.11.2012	16:52:24	47,208	7,9	0,015	0,017	0,017
$\Sigma = 43$				Ort.=0,013	Ort.=0,016	Ort.=0,02

Çizelge 13. SX Aur ve HL Dra sistemlerinin gözlenen minimum zamanları

Gözlem tarihi/ Min. Türü/ Sistem	Gözlenen Min. Zaman 2456000+ (HJD)	Süzgeç
22.07.2012/ Min. II / HL Dra	131,3616(4)	BVR
28.07.2012/ Min I / HL Dra	137,4950(5)	BVR
12.10.2012/ Min. II / SX Aur	213,4609(5)	BVR
15.10.2012/ Min I / SX Aur	216,4848(3)	BVR



Şekil 18. SX Aur sisteminin elde edilen ışık eğrisi.



Şekil 19. SX Aur sisteminin dikine hız diyagramı (Veriler Popper 1943, Bell ve ark. 1987’den alınmıştır).

SX Aur sisteminin eş zamanlı çözümünde kullanılan dikine hız verileri Popper (1943) ve Bell ve ark. (1987) çalışmalarından toplanmıştır. Sistemin toplanan dikine hız verileri ile oluşturulan dikine hız diyagramı Şekil 19’da, referansları ile birlikte gösterilmektedir.

HL Dra sisteminin CCD gözlemleri, Temmuz – Ağustos 2012 tarihlerinde gerçekleştirilmiştir. Tüm gözlemler sonucunda, B süzgecinde 2162, V süzgecinde 2196 ve R süzgecinde ise 2280 veri elde edilmiştir. Mukayese (C1) ve denet (C2) yıldızlarına ilişkin bilgiler Çizelge 14’de verilmiştir. Her bir gözlem gecesindeki gözlem süresi dağılımı ve gecelik gözlem duyarlılığı Çizelge 15’de, gözlemlerden elde edilen minimum zamanlar ise Çizelge 13’de verilmiştir.

Sisteminin, B, V ve R süzgeçlerinde elde edilen ışık eğrisi Şekil 20’de gösterilmektedir. Evreye karşılık diferansiyel parlaklık eğrisini elde etmek için kullanılan ışık elemanları Kreiner’den (2004) alınmış ve (3.2) denkleminde verilmiştir:

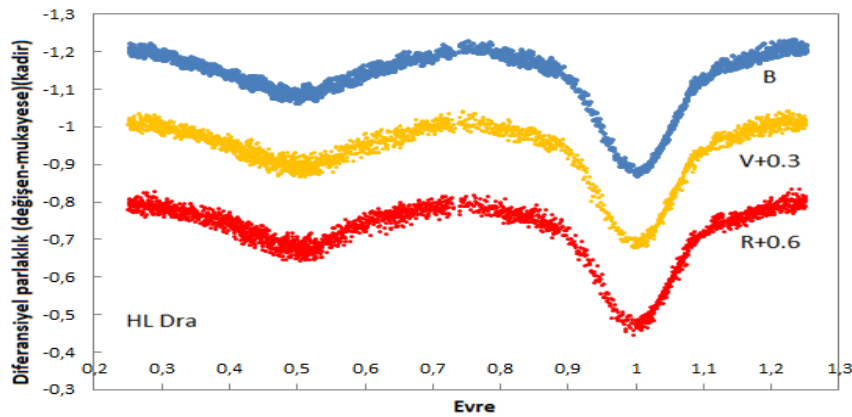
$$HJD (MinI) = 2452500,146 + 0,9442760 \times E \quad (3.2)$$

Çizelge 14. HL Dra sistemi için, kullanılan mukayese (C1) ve denet (C2) yıldızlarına ilişkin bilgiler

Yıldız	HIP No GSC No	V (kadir)	B-V (kadir)	R.A. (saat dk. s.)	DEC. (der. dk. s.)	Tayf türü
HL Dra	HIP 91052	7,36	0,194	18 34 26,3	+57 48 06,6	A5
C1	HIP 91005	8,54	0,078	18 33 54	+57 51 06	A0
C2	GSC 3913-0901	9,92	1,195	18 33 45	+57 47 27	-

Çizelge 15. HL Dra sisteminin gecelik gözlem süresi dağılımı ve gecelik gözlem duyarlılığı

Tarih (UT)	Başlangıç (UT)	Başlangıç (HJD) 2456196+	Gözlem süresi (saat)	σ (B)	σ (V)	σ (R)
15.07.2012	18:38:53	0,277	5,9	0,013	0,009	0,011
19.07.2012	18:32:53	4,273	7,2	0,013	0,013	0,013
20.07.2012	18:25:21	5,268	5,7	0,015	0,015	0,017
22.07.2012	18:19:02	7,268	5,9	0,018	0,020	0,017
23.07.2012	18:54:07	8,288	5,5	0,015	0,015	0,014
26.07.2012	18:28:45	11,270	5,5	0,015	0,015	0,014
28.07.2012	19:12:50	13,301	5,3	0,018	0,015	0,014
02.08.2012	18:05:23	18,254	6,1	0,017	0,020	0,017
$\Sigma = 43$				Ort.=0,015	Ort.=0,015	Ort.=0,014



Şekil 20. HL Dra sisteminin elde edilen ışık eğrisi.

HL Dra sisteminin tayfsal gözlemi Pribulla ve ark. (2006) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada, birinci bileşenin dikine hız diyagramı elde edilmiştir. Elde edilen dikine hız değişimi 2. Bölümde Şekil 17’de görülmektedir.

Her iki sistemin ışık eğrisi çözümü, yaygın olarak kullanılan Wilson-Devinney (Wilson ve Devinney, 1971) bilgisayar programı ile yapılmıştır. WD programı, “Light Curve (LC)” ve “Differential Correction (DC)” olmak üzere iki ana parçadan oluşmaktadır. LC kodu, girilen sistem ve bileşenlerin parametrelerine göre kuramsal ışık ve dikine hız eğrilerini üretir. DC kodu ise, sistemin parametrelerinde, en küçük kareler yöntemini kullanarak diferansiyel düzeltme ile ışık ve dikine hız verilerini analiz eder. Bu programda, başta sistemin yörünge eğikliği (i), sistemin kütle merkezi hızı (V_0) bileşen yıldızların etkin yüzey sıcaklıkları (T_1 ve T_2), bileşen yıldızların çekim kararma sabitleri (g_1 ve g_2), bileşen yıldızların bolometrik albedoları-yansıma katsayıları (A_1 ve A_2), bileşenlerin boyutsuz eş potansiyel yüzey değerleri (Ω_1 ve Ω_2), bileşen yıldızların kesirsel ısıtmaları (L_1 ve L_2), bileşen yıldızların kütle oranı (q) olmak üzere, incelenecek sistem ile ilgili 30 tane temel parametre vardır. İncelenecek sistemin güvenilir parametreleri, sistemin daha önceki fotometrik çalışmalarından elde edilebilir ve WD programına başlangıç parametresi olarak girilebilir. Sistemin ışık eğrisi çözümü, incelenecek sistemin doğası ile doğrudan ilişkilidir. WD programında tanımlı MOD’lar, farklı fiziksel ve geometrik özelliklere sahip sistemlerin ışık eğrilerinin çözümünde kısıtlamalar getirir.

MOD 0, MOD 1, MOD 2, MOD 3, MOD 4, MOD 5, MOD 6 olmak üzere yaygın olarak kullanılan 7 tane çözüm konfigürasyonu vardır. Bileşenlerinin her ikisi de Roche lobunu doldurmamış, ayırık çift sistem olarak bilinen sistemlerin ışık eğrileri MOD 0 da çözülür. MOD 1 de ise, sistemi oluşturan her iki bileşenin kendi kritik iç Roche lobunu doldurduğu W UMa sistemlerinin çözümünde kullanılır. MOD 1’de ikinci bileşen için olan Ω_2 , T_2 , g_2 , ve A_2 sabit tutulan parametrelerdir. MOD 2, MOD 0 gibi, ayırık çift sistemlerin çözümünde kullanılır. Bu mod da ikinci bileşenin ısıtım gücü bileşenin etkin sıcaklığından elde edilmektedir ve bu da MOD 0 ile MOD 2’yi birbirinden ayıran özelliktir. Birbirine değen çift sistemlerin ışık eğrileri MOD 3’de çözülür. Bu çözüm, dış merkezliğin (e) sıfır olduğu sistemler için kullanılır ve soğuk bileşenin kesirsel ısıtması sabit parametre olarak alınır. Bu mod’da, MOD 1’de sabit tutulan parametreler sabit tutulmak zorunda değildir ancak Ω_1 ve Ω_2 birbirine eşit olacak şekilde çıktı parametrelerini verir. Birinci bileşeni

Roche lobunu dolduran yarı ayırık sistemlerin ışık eğrisi çözümünde MOD 4 kullanılır. Bu çözümde ise sıcak bileşenin yüzey potansiyeli ve soğuk bileşenin kesirsel ısıtması sabit olarak tutulan parametrelerdir. İkinci bileşeni Roche lobunu doldurmuş Algol türü sistemlerin ışık eğrileri MOD 5 de çözülür. Her iki bileşenin Roche lobunu doldurduğu sistemlerin ışık eğrileri MOD 6 da çözülebilir, burada birinci ve ikinci bileşenlerin yüzey potansiyelleri ve ikinci bileşenin kesirsel ısıtması sabit olarak tutulan parametrelerdir.

3.2. O-C Analizi

Daha önce de bahsedildiği gibi, SX Aur sisteminin O-C analizi Kreiner ve Tremko (1978) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada, sistemin 1907 ile 1977 yılları arasında yayınlanan minimum zamanları kullanılarak sistemin O-C diyagramı elde edilmiş ve sistemin döneminin arttı sonucuna ulaşılmıştır. 1977 yılından 2012 yılına kadar, daha duyarlı fotoelektrik ve CCD minimum zamanlarının yayınlanması, sistemin O-C analizinin yeniden yapılmasını gerekli kılmaktadır. Bu nedenle SX Aur sisteminin güncel O-C analizini yapmak için 1977 yılından sonra yayınlanan tüm minimum zamanları toplanmış ve O-C diyagramı elde edilip Matlab yazılımında Zsche (2009) tarafından yazılan paket program ile analiz edilmiştir.

SX Aur sisteminin O-C temelli dönem analizi 4. Bölümde ayrıntılı olarak tartışılmıştır. HL Dra sistemi için literatürde yayınlanan herhangi bir minimum zaman bulunamamıştır. Sistemin tayfsal analizini yapan Pribulla ve ark. (2006), bu çift sistemin yörünge döneminin değişimi ile ilgili herhangi bir kanıt elde edememiş ve dönemin sabit olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

3.2.1. Minimum zamanlar

SX Aur sisteminin minimum zamanlarının çoğu, Kreiner, Kim ve Nha (2001) kataloğundan alınmıştır. Geri kalan minimum zamanları literatürden toplanmıştır. HL Dra sistemi için, bizim gözlediğimiz minimum zamanlar dışında, herhangi bir minimum zaman yayınlanmadığından bu sistemin O-C diyagramı elde edilememiştir. SX Aur sistemi için durum böyle değildir. Kreiner ve ark.(2001) tarafından yapılan katalogda yayınlanan minimum zamanlar dışında, literatürde sistemin birçok minimum zaman verisi mevcuttur. SX Aur sistemi için kullanılan minimum zamanların özeti Çizelge 16 da verilmiştir.

Çizelge 16. SX Aur sisteminin dönem analizinde kullanılan minimum zamanların özeti

Veri aralığı	Görsel (vis)	Fotogörsel (pv)	Fotoğrafik (pg)	Fotoelektrik (pe)	CCD (ccd)	Toplam
1907-2012	71	1	11	47	36	166

3.2.2. Dönem değişimine neden olan mekanizmalar

Bir çift sistemde meydana gelen bazı fiziksel mekanizmalar sistemin yörünge döneminin değişmesine neden olabilir. Bu mekanizmalara örnek olarak verilebilecek fiziksel mekanizmalardan bazıları şunlardır: sistemdeki üçüncü bir cisimden dolayı ışık zaman etkisi, sistemdeki eksen dönmesi, soğuk olan bileşenin manyetik aktifliği, sistemden kütle kaybı ve sistemin açısal momentum kaybetmesi, bileşenler arası kütle aktarımı. Açıkçası, gerçek dönem değişimine sebep olan mekanizma, sistemden kütle kaybı ve bileşenler arası kütle aktarımı mekanizmasıdır. Geri kalan mekanizmalardan dolayı görülen yörünge dönem değişimi gerçek dönem değişimine işaret etmemektedir. Burada tezin amacına da uygun olarak özellikle korunumlu ve korunumsuz kütle aktarımı mekanizmaları açıklanacaktır. Aşağıda anlatılan kütle aktarımı mekanizması, Erdem ve Öztürk (2013) özel haberleşme ile ortaya çıkmıştır.

Çift sistemlerde toplam açısal momentum, her bir bileşenin yörünge açısal momentumu ve kendi ekseninde dönmesinden kaynaklanan dönme / spin açısal momentumlarının toplamından oluşmaktadır. Toplam dönme / spin açısal momentumu, sistemin toplam açısal momentumunun %1-2 si kadardır. Bu nedenle, işlemlerde kolaylık olması açısından, toplam spin açısal momentumunun sistemin toplam açısal momentumuna yaptığı katkı ihmal edilebilir ve toplam açısal momentum (3.3) denklemi ile verilebilir.

$$L_{\text{Toplam}} = L_{\text{yörünge}} + L_{\text{spin}} \cong M_1 d_1^2 \omega + M_2 d_2^2 \omega \quad (3.3)$$

Burada M_1, M_2, d_1 ve d_2 , sırasıyla, birinci ve ikinci bileşenin kütleleri ve çift sistemin kütle merkezine olan uzaklıklarıdır. ω ise bileşenlerin çift sistemin kütle merkezi etrafındaki açısal hızıdır.

Çift sistem, kütle merkezi etrafındaki hareketini sürdürebilmesi için, bileşenlerin, sistemin kütle merkezine göre momentleri birbirlerine eşit olmalıdır. Bu nedenle çift

sistem, aşağıdaki denklemi sağlamalıdır.

$$M_1 d_1 = M_2 d_2 \quad (3.4)$$

d_1 ve d_2 uzaklıkları, (3.4) denklemi kullanılarak, bileşenler arası uzaklık ($d = d_1 + d_2$) ve sistemin toplam kütlesi ($M = M_1 + M_2$) cinsinden aşağıdaki denklemle ifade edilebilir.

$$d_1 = \frac{M_2}{M} d \text{ ve } d_2 = \frac{M_1}{M} d \quad (3.5)$$

Bu durumda, sistemin toplam açısal momentumunu (3.3) ve (3.5) denklemlerini kullanarak, daha basit bir biçimde (3.6) denklemi gibi yazılabilir.

$$L = \frac{M_1 M_2}{M} d^2 \omega \quad (3.6)$$

Bilindiği gibi, dairesel bir yörüngede dolanım hareketi yapan bir çift sistem için Kepler'in üçüncü yasası aşağıdaki gibi verilmektedir.

$$\frac{d^3}{P^2} = \frac{G}{4\pi^2} M \quad (3.7)$$

Burada, $P = \frac{2\pi}{\omega}$ terimi, çift sistemin yörünge dönemi, G ise evrensel çekim sabitidir. (3.6) ve (3.7) denklemlerini kullanarak, sistemin toplam açısal momentumunu, yörünge dönemi cinsinden aşağıdaki gibi elde edebiliriz.

$$L = \left(\frac{G^2}{2\pi} \right)^{1/3} \frac{M_1 M_2}{M^{1/3}} P^{1/3} \quad (3.8)$$

Elde edilen son denklemin zamana göre logaritmik türevi alındığında, sistemin yörünge dönemindeki değişim ile toplam açısal momentumu değişimi arasındaki ilişkiyi veren bir denklem elde edilebilir. Bu denklem aşağıdaki gibidir.

$$\frac{\dot{P}}{P} = \frac{\dot{M}}{M} - 3\frac{\dot{M}_1}{M_1} + 3\frac{\dot{M}_2}{M_2} + 3\frac{\dot{L}}{L} \quad (3.9)$$

Elde edilen son denklem, kütle değişiminin ve toplam yörünge açısal momentum değişiminin çift sistemin yörünge dönem değişimi üzerindeki etkisini göstermektedir. İyi bilindiği üzere, Roche lobunu dolduran yıldız, eşlik eden yıldıza birinci Lagrange noktasından kütle aktarmaya başlayacaktır. Kütle aktarımı yıldız evriminde önemli bir parametredir. Birçok sistemde, kütle transferinden dolayı, kütle alan bileşen etrafında bir disk oluşur. Diğer taraftan, sistemde şiddetli yıldız rüzgârlarının varlığı halinde, sistemin toplam açısal momentumunda bir azalma görülebilmektedir. Sistemin dönemindeki değişim, ele alınan sistemin gözlenmesi ile belirlenebilir. (3.9) denkleminde dönem değişimine sebep olan dört tane bilinmeyen büyüklük vardır. Takip eden kısımlarda, sistemdeki kütle aktarımı ve açısal momentum kaybının sistemin yörünge dönemindeki değişim tartışılmıştır.

Bileşenler arası kütle aktarımının, sistemin dönemindeki değişimi üzerindeki etkisini araştırmak için, ele alınan sistemde ikinci bileşenden birinci bileşene doğru bir kütle aktarımının olduğunu kabul edelim. Bu durumun gerçekleşebilmesi için, ikinci bileşen kendi kritik iç Roche lobunu doldurmuş olması gerekir. Bu koşul sağlandığında, ikinci bileşenden birinci bileşene doğru iç Lagrange noktasından kütle aktaracaktır. İkinci bileşenin $-\dot{M}_2$ hızıyla kütle kaybettiğini ve birinci bileşenin de $\dot{M}_1$ hızıyla kütle aldığını düşünelim. Korunumlu kütle aktarımı durumunda sistemin toplam kütlesi ve toplam açısal momentumu değişmeyecektir ($\dot{M} = \dot{L} = 0$). Bu durumda aşağıdaki denklem yazılabilir,

$$\dot{M}_2 = -\dot{M}_1 \quad (3.10)$$

Burada ikinci bileşenden birinci bileşene doğru bir kütle aktarımı söz konusu olduğundan, $\dot{M}_1 > 0$ ve $\dot{M}_2 < 0$ dir. Sistemden herhangi bir kütle kaybı olmadığı ve ikinci bileşenden birinci bileşene doğru bir kütle aktarımı olduğu bu özel durum için (3.9) denklemi daha sade bir biçimde (3.11) denklemi şeklinde yazılabilir.

$$\frac{\dot{P}}{P} = \frac{3(M_2 - M_1)\dot{M}_2}{M_1 M_2} \quad (3.11)$$

Bu çalışmada incelenen sistemlerden biri olan SX Aur sisteminde, ikinci bileşenden birinci bileşene korunumlu kütle aktarımı gerçekleşmesi durumunda, (3.11) denkleminde göre, sistemin yörünge döneminin artması beklenir.

Eğer sistemde bileşenler arasında kütle aktarımının yanında sistemden kaybedilen bir miktar kütle varsa, bu tür kütle aktarımı mekanizmasına korunumlu olmayan kütle aktarımı mekanizması denir. Bu durumda, $-\dot{M}_2$ hızıyla kütle kaybeden ikinci bileşen, bu kütlenin bir miktarını $\dot{M}_1$ hızıyla birinci bileşene aktarır ve kalan kütle ise $-\dot{M}$ hızıyla sistemden dışarı atılır. Dolayısı ile ikinci bileşenden kaybedilen kütle miktarı, birinci bileşenin kazandığı kütle miktarı ile sistemden kaybedilen kütle miktarının toplamı kadar olmalıdır.

$$\dot{M}_2 = \dot{M} - \dot{M}_1 \quad (3.12)$$

(3.12) denkleminde $\dot{M}_2 < 0$, $\dot{M}_1 > 0$ ve $\dot{M} < 0$ dır. Sistemden olası bir kütle kaybı durumunda, çift sistemin açısal momentumunda bir miktar kayıp olacaktır. Açısal momentumdaki bu değişimi, Tout ve Hall (1991) tarafından verilen açısal momentum değişimi bağıntısını bu tür sistemlere uyarlayarak (3.13) denklemi ile ifade etmek mümkündür.

$$\dot{L} = \dot{M} d_2^2 \omega + KL \quad (3.13)$$

Yukarıdaki denklemdeki KL terimi, herhangi bir fiziksel mekanizmadan dolayı ek açısal momentumdaki değişimi göstermektedir. (3.5) ve (3.6) denklemlerini kullanarak, açısal momentumdaki değişimi (3.14) denklemi gibi yazabiliriz.

$$\frac{\dot{L}}{L} = \frac{M_1}{M_2} \frac{\dot{M}}{M} + K \quad (3.14)$$

Elde edilen (3.14) denklemini (3.9) denkleminde yerine yazıldığında, dönemdeki değişimi, sistemden kütle kaybı ve kütle aktarımına bağlı olarak aşağıdaki gibi elde edilir.

$$\frac{\dot{P}}{P} = \left\{ -\frac{2}{M} - \frac{3(M_2 - M_1)}{M_1 M_2} \right\} \dot{M} + \frac{3(M_2 - M_1)}{M_1 M_2} \dot{M}_2 + 3K \quad (3.15)$$

Çift sistemde açısal momentum kaybına neden olan iki ana mekanizma vardır. Bunlar: manyetik frenleme (magnetic breaking) ve çekimsel-dalga ışıınımı. Manyetik frenleme için ek açısal momentum kaybı Tout ve Hall (1991) tarafından (3.16) denklemi gibi ifade edilmiştir.

$$KL = \frac{2}{3} \dot{M} R_A^2 \omega \quad (3.16)$$

(3.16) denkleminde, toplam açısal momentum ifadesi olan (3.6) denklemini yerine yazdığımızda aşağıdaki denklem elde edilir.

$$K = \frac{2}{3} \left(\frac{R_A}{d} \right)^2 \frac{M}{M_1 M_2} \dot{M} \quad (3.17)$$

Son iki denklemde görülen R_A terimi, Alfén yarıçapı olarak bilinir. İkinci bileşenden birinci bileşene doğru korunumlu olmayan kütle aktarımı durumunda, genellikle, ikinci bileşenden kaybedilen kütle, birinci bileşen etrafında bir kabuk oluşturur. Bu kabuğun merkezi ikinci bileşen ile eş merkezlidir ve yarıçapı R_A kadardır. Bu uzaklıkta manyetik enerji yoğunluğu kinetik enerji yoğunluğun eşittir (Belenkaya ve ark. 2011). Pratikte, Alfén yarıçapının üst limiti, kütle kaybeden yıldızın yarıçapının 10 katı kadardır (Tout ve Hall 1991). Manyetik frenleme nedeniyle ek açısal momentum kaybı için bulunan K terimi, (3.15) denkleminde yerine yazılırsa aşağıdaki denklem elde edilir.

$$\frac{\dot{P}}{P} = \left\{ 2 \left(\frac{R_A}{d} \right)^2 \frac{M}{M_1 M_2} - \left(\frac{2}{M} + \frac{3(M_2 - M_1)}{M_1 M_2} \right) \right\} \dot{M} + \frac{3(M_2 - M_1)}{M_1 M_2} \dot{M}_2 \quad (3.18)$$

Elde edilen son denklem, bir çift sistemin yörünge dönemindeki değişimin, sistemden kaybedilen kütle miktarına ve bileşenler arası aktarılan kütle miktarına bağlılığını göstermektedir. (3.18) denkleminin sağındaki ilk terim, kütle kaybının dönemdeki değişim üzerindeki etkisini göstermektedir ve her zaman negatiftir. Sağdaki ikinci terim ise, bileşenler arası kütle aktarımının etkisini göstermektedir. Eğer sistemde

ikinci bileşenden birinci bileşene doğru bir kütle aktarımı varsa, bu terim her zaman pozitifdir ve bu nedenle yörünge dönemindeki artışı temsil etmektedir.

BÖLÜM 4

ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Fotometrik Analiz

4.1.1. SX Aur

Sistemin ışık eğrisinden de görüldüğü gibi (Şekil 18), ışık eğrisinde açık bir asimetri görülmemektedir. Maksimum seviyeleri arasında bir fark olmadığından O'Connell etkisi söz konusu değildir. Bu nedenlerden dolayı, elde edilen ışık eğrisi, sistemi oluşturan her iki bileşenin üzerinde leke olmadığı varsayılarak analiz edilmiştir.

Çözüme başlamadan önce, sistemin ışık eğrisi 0.25 evresine göre normalize edilip, normalize akı-evre diyagramı elde edilmiştir. Her bir süzgeç için elde edilen normalize akı-evre diyagramı verileri WD programına girilmiştir. Her bir gözlem noktasının ağırlığı, birim ağırlık olarak ele alınmıştır.

Popper (1943) ve Bell ve ark. (1987) çalışmalarından toplanan, SX Aur sisteminin dikine hız verileri 500'e bölünerek, dikine hız-evre diyagramı elde edilmiş ve WD programına girilmiştir. Sistemin dikine hız diyagramı Şekil 19'da verilmiştir.

Sistemin ışık eğrisi, ilk olarak MOD 2 ayırık konfigürasyonunda çözülmüştür. Başlangıç parametreleri olarak, bileşenlerin kütle oranı $q = 0,542$, yörünge eğikliği $i = 82^\circ$, yarı büyük eksen uzunluğu $a_{\text{sin}} = 11,9 R_\odot$, kütle merkezi dikine hızı $V_0 = 5/500 = 0,01 \text{ km/s}$ (Bell ve ark. 1987) olarak alınmıştır. Birinci bileşenin etkin sıcaklığı 24000 K olarak sabit tutulmuştur. Bu değer, Linnell ve ark. (1988)'nin IUE gözlem verilerinin Kurucz model atmosferine uyarladıklarında elde ettikleri sıcaklık değeridir. Yıldızların dönme parametreleri olan F_1 ve F_2 , 1 olarak alınmıştır. Yani her iki bileşenin eş olarak döndüğü varsayılmaktadır. Işınım dengesindeki sistemimiz için çekimsel kararma katsayıları (g_1 ve g_2) ve bolometrik albedoları (A_1 ve A_2) 1 olarak alınmıştır (von Zeipel 1924; Rucinski 1969). Üçüncü ışık katkısının olmadığı varsayılmıştır. Bu çözümde, sistemin yörünge yarı büyük eksen uzunluğu (a), kütle merkezi dikine hızı (V_0), evre kayması parametresi (ϕ_0), yörünge eğikliği (i), ikinci bileşenin etkin sıcaklığı (T_2), birinci ve ikinci bileşenin boyutsuz yüzey potansiyelleri (Ω_1 ve Ω_2), bileşenlerin kütle oranı (q) ve birinci bileşenin ısıtması (L_1) serbest bırakılan parametrelerdir.

Sabit olarak tutulan parametreler ise şöyledir: bileşenlerin dönme parametreleri (F_1 ve F_2), çekimsel kararım katsayıları (g_1 ve g_2), birinci bileşenin etkin sıcaklığı (T_1), bolometrik albedolar (A_1 ve A_2). MOD 2 çözümüne başladıktan birkaç deneme sonra, ikinci bileşen kendi kritik iç Roche lobunu doldurduğundan, program MOD 5 konfigürasyonunda çözüm yapmaya başlamış ve ikinci bileşenin boyutsuz yüzey potansiyeli sabit olarak tutulmuştur.

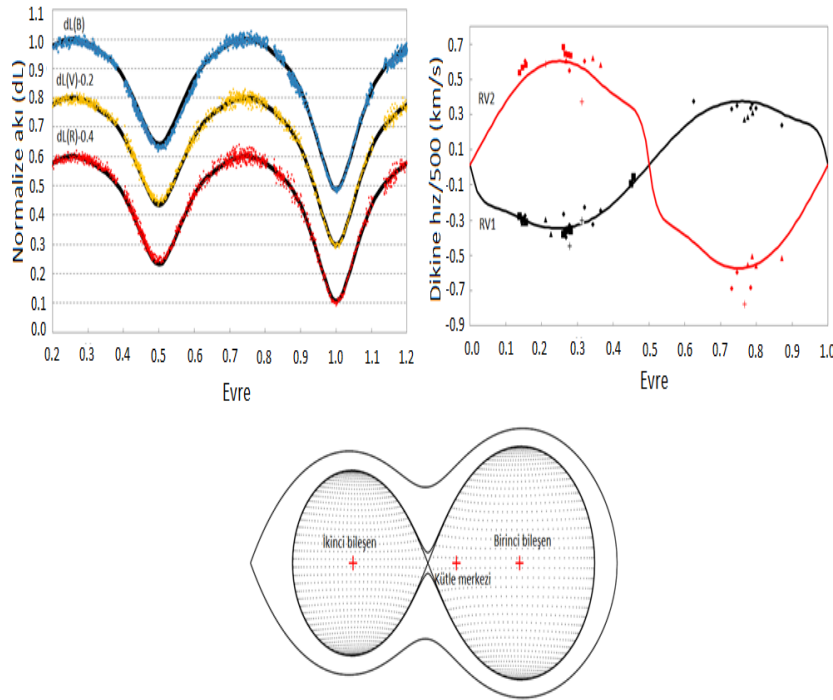
Çizelge 17. SX Aur sisteminin MOD 3 çözümünden elde edilen parametreler

Parametre	Değer	
ϕ_0	0,0004(1)	
i (derece)	81,94(7)	
a ($R_\odot$)	12,56(5)	
$V_0/500$ (km/s)	0,016(2)	
q	0,611(2)	
	Birinci bileşen	İkinci bileşen
F_i	1,00*	1,00*
g_i	1,00*	1,00*
A_i	1,00*	1,00*
T_i (K)	24000*	17618(45)
Ω_i	3,0745(32)	3,0745
**D.O. (%)	102	102
$L_i/(L_1 + L_2)$ (B)	0,737(1)	0,263*
$L_i/(L_1 + L_2)$ (V)	0,723(1)	0,277*
$L_i/(L_1 + L_2)$ (R)	0,715(1)	0,285*
r_i (kutup) (R_i/a)	0,3988(2)	0,3168(6)
r_i (kenar) (R_i/a)	0,4221(2)	0,3313(7)
r_i (arka) (R_i/a)	0,4516(3)	0,3643(11)
r_i (ortalama) (R_i/a)	0,4236(3)	0,3369(8)
$\sum (O - C)^2$	0,81	

*sabit tutulan parametreler, **D.O.: Roche lobunu doldurma oranı

Yarı ayırık çözüme göre birinci ve daha sıcak bileşen kendi kritik Roche lobunu %110 oranında ve ikinci bileşen ise %99 oranında doldurmuştur. Bu sonuca göre, aslında sistemi oluşturan her iki bileşen kendi iç Roche lobunu doldurmaktadır ve dolayısı ile sistemin ışık eğrisini, her iki bileşeninde değme durumunda olduğunu kabul eden MOD 3 konfigürasyonunda çözmek daha uygun olacaktır.

Her iki bileşenin de birbirine değdiğini kabul eden çözümünde, hem birinci bileşenin yüzey potansiyeli hem de ikinci bileşenin yüzey potansiyeli, program tarafından sabit tutulmaktadır. Işınım dengesindeki sistemimiz için çekimsel kararma katsayıları olan $g_{1,2}$ değerleri ve yıldızların $A_{1,2}$ bolometrik albedoları, yarı ayırık çözümünde olduğu gibi her iki bileşenin birbirine değdiği çözümde de 1,00 olarak alınmıştır. Üçüncü ışık katkısının olmadığı varsayılmıştır. Yeni çözümden elde edilen eş zamanlı çözüm parametreleri Çizelge 17’de verilmiştir. Sistemin eş-zamanlı ışık eğrisi çözümünden elde edilen, ışık eğrisi ve dikine hız diyagramları için teorik fitler ve Binary Maker yazılımı (Bradstreet, 1993) ile elde edilen sistemin iki boyutlu Roche geometrisi Şekil 21’de gösterilmiştir.



Şekil 21. SX Aur sisteminin MOD 3 çözümü sonucu, ışık eğrisi ve dikine hız diyagramı için elde edilen teorik fit ve sistemin iki boyutta Roche geometrisi.

Sonuç olarak SX Aur sisteminin hem yarı ayırık (MOD 5) hem de bileşenlerin değme durumunda (MOD 3) eş zamanlı ışık eğrisi çözümü yapılmıştır. Her iki çözümden elde edilen bulgulara göre sistemin, yarı ayırık durumdan değme durumuna doğru geçtiği anlaşılmaktadır. Elde edilen bulgular 5. bölümde ayrıntılı olarak tartışılmıştır.

4.1.2. HL Dra

HL Dra sisteminin elde edilen ışık eğrisi Şekil 20’de görülmektedir. Minimum I çıkış (0.1-0.2 evre arası) ve minimum II iniş (0.8-0.9) kollarında hafif bir asimetri göze çarpmaktadır. Işık eğrisinde görülen bu asimetri bariz olarak kendisini göstermediğinden, sistemde herhangi bir lekenin varlığından bahsetmek tutarlı bir yaklaşım olmayacaktır. SX Aur sistemindeki gibi, HL Dra’nın elde edilen ışık eğrisinde maksimum seviyeleri arasında bariz bir fark görülmemektedir. Bundan dolayı, sistemde, herhangi bir O’Connell etkisi de mevcut değildir. Sistemde zonklama gösteren bir bileşenin varlığından dolayı her bir filtreden elde edilen ışık eğrisi kalın bir bant şeklinde kendisini göstermektedir (Şekil 20).

Çözüme başlamadan önce, sistemin ışık eğrisi 0.25 evresine göre yine normalize edilmiştir. Her bir gözlem noktasının ağırlığı, birim ağırlık olarak ele alınmıştır. BVR süzgeçlerinde elde edilen verilere, Pribulla ve ark. (2006)’nın elde ettiği, birinci bileşenin dikine hız verileri de eklenerek, sistemin ayırık (MOD 2) çözümü yapılmıştır. Dikine hız verileri 500’e bölünmüştür ve her bir verinin ağırlığına 1.00 değeri verilmiştir. Birinci bileşenin etkin sıcaklığı, bileşenin A5 tayf türü kullanılarak, Cox (2000) tarafından verilen sıcaklık tayf türü ilişkisine göre 8200K olarak alınmıştır. Yıldızların eş olarak döndükleri kabul edilmiş ve bu nedenle her bir yıldızın $F_{1,2}$ dönme parametresi 1 olarak alınmıştır.

8200 K sıcaklıklı baş bileşenin ışıınım dengesinde bir atmosfere sahip olduğu düşünülerek, g_1 çekimsel kararma katsayısı 1 değerinde (von Zeipel, 1924; Rucinski,1969) ve konvektif dengede olduğu düşünülen ikinci bileşenin (Liakos ve ark. 2012) g_2 çekimsel kararma katsayısı da 0,32 değerinde (Lucy, 1967; Rucinski, 1969) sabit tutulmuştur. Aynı şekilde ışıınım dengesindeki baş bileşenin bolometrik albedosu (A_1) 1 değerinde (von Zeipel, 1924; Rucinski,1969), ikinci bileşeninki (A_2) ise 0,5 değerinde (Lucy, 1967; Rucinski, 1969) sabit tutulmuştur. Sistemin ışık eğrisi çözümünde sistemin yakınında üçüncü bir cismin olmadığı düşünülerek WD programında yarı ayırık (MOD 2) çözümü yapılmıştır. Başlangıç parametreleri olarak, bileşenlerin kütle oranı $q = 0,37$, yörünge

eğikliği $i = 66,5^\circ$ (Liakos ve ark. 2012), kütle merkezi dikine hızı $V_0 = -29,36/500 = -0,059$ km/s (Pribulla ve ark. 2006) olarak alınmıştır. Analiz esnasında sabit tutulan parametreler şöyledir: $F_{1,2}$, $g_{1,2}$, T_1 , $A_{1,2}$, Ω_2 ve L_2 . Serbest olarak bırakılan parametreler ise: $\emptyset_0$, i , a , V_0 , T_2 , Ω_1 , $r_{1,2}$, q ve L_1 dir.

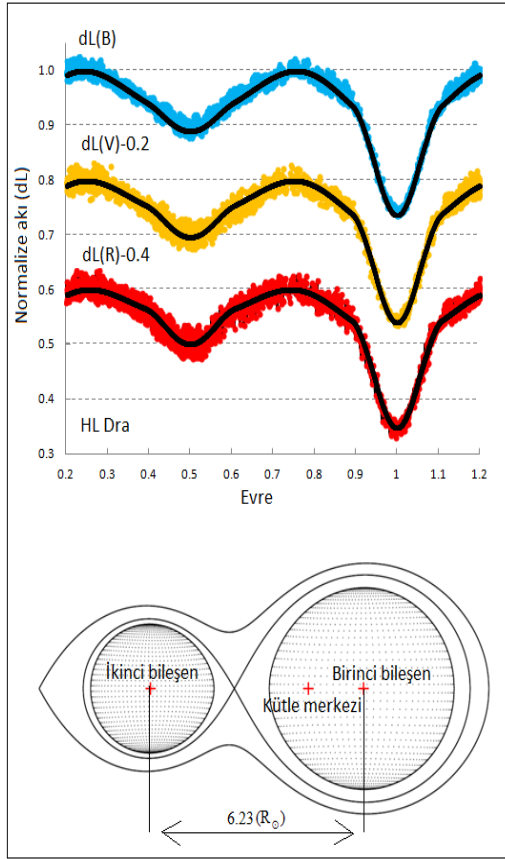
Çizelge 18. HL Dra sisteminin MOD 2 çözümünden elde edilen parametreler

Parametre	Değer	
$\emptyset_0$	-0,0011(2)	
i (derece)	68,95(15)	
a ($R_\odot$)	6,23(5)	
$V_0/500$ (km/s)	-0,0687(6)	
q	0,349(3)	
	Birinci bileşen	İkinci bileşen
F_i	1,00*	1,00*
g_i	1,00*	0,32*
A_i	1,00*	0,50*
T_i (K)	8200*	4698(25)
Ω_i	2,863(10)	2,681(15)
**D.O. (%)	90	95
$L_i/(L_1 + L_2)$ (B)	0,975 (2)	0,025*
$L_i/(L_1 + L_2)$ (V)	0,962 (2)	0,038*
$L_i/(L_1 + L_2)$ (R)	0,946 (3)	0,054*
r_i (kutup) (R_i/a)	0,3939(9)	0,2517(10)
r_i (nokta) (R_i/a)	0,4424(13)	0,2985(28)
r_i (kenar) (R_i/a)	0,4121(10)	0,2599(12)
r_i (arka) (R_i/a)	0,4258(11)	0,2811(18)
r_i (ortalama) (R_i/a)	0,4182(10)	0,2722 (16)
$\sum(O - C)^2$	0,1	

* sabit tutulan parametreler, ** D.O.: Roche lobunu doldurma oranı.

Sistemin yarı ayırık (MOD 2) çözümünden elde edilen ışık eğrisi parametreleri

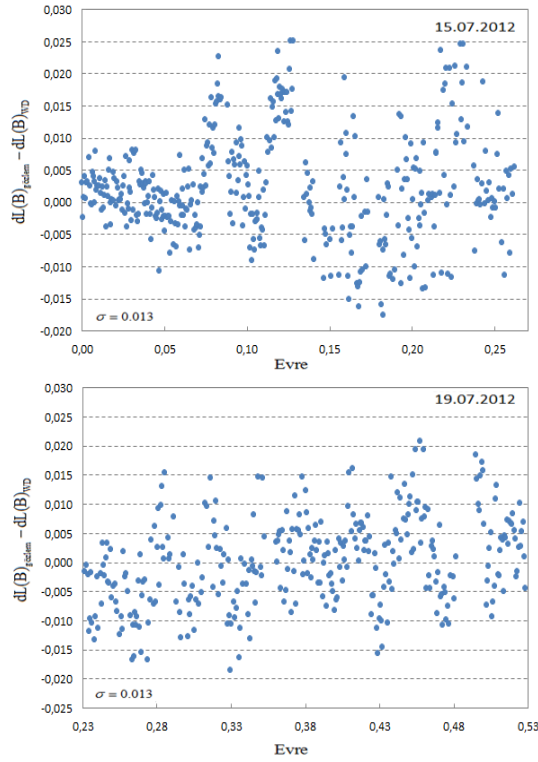
Çizelge 18’de verilmiştir. WD çözümünden elde edilen teorik fit ile sistemin iki boyutta Roche geometrisi Şekil 22’de verilmiştir.



Şekil 22. HL Dra sisteminin MOD 2 çözümü sonucu, ışık eğrisi için elde edilen teorik fit ve sistemin iki boyutta Roche geometrisi.

Sistemin sıcak bileşeninin zonklama gösterdiği daha önce Liakos ve ark. (2012) tarafından belirtilmiştir. Bu durumu görebilmek için 15.07.2012 ve 19.07.2012 tarihlerinde, B süzgecinde yapılan gözlem verilerinden, WD çözümünden elde edilen teorik fit çıkartılarak evreye karşılık çizdirilmiştir. Elde edilen grafik Şekil 23’de gösterilmiştir.

HL Dra sistemi için elde edilen tüm bu bulgular 5. bölümde ayrıntılı olarak tartışılmıştır.



Şekil 23. HL Dra sisteminin 15.07.2012 ve 19.07.2012 tarihlerinde B süzgecinde yapılan gözlemlerinden elde edilen verilerinden, sistemin ışık eğrisi çözümü sonucu elde edilen teorik fitin çıkarılmasıyla oluşturulan diyagram.

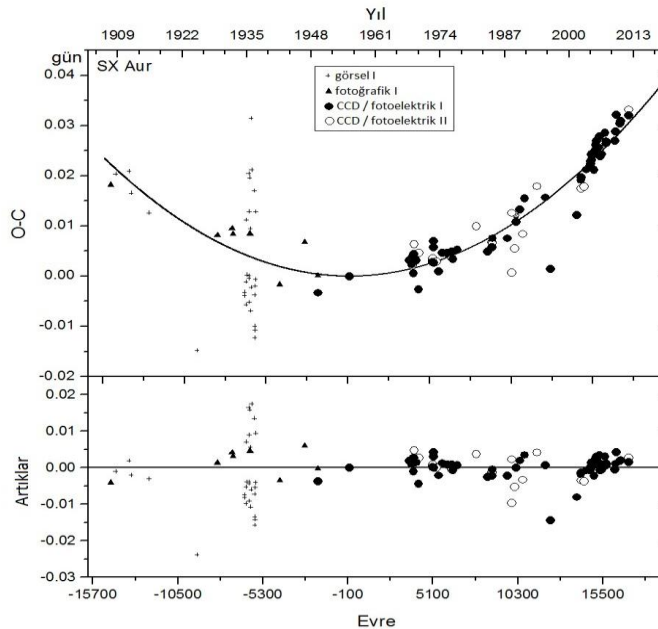
4.2. Dönem Analizi

Daha önce de bahsedildiği gibi, SX Aur sisteminin O-C analizi sonucunda sistemde bariz bir dönem değişimi olduğu görülmüştür (Kreiner ve Tremko, 1978). SX Aur sisteminin 1978 yılından sonra yayınlanan duyarlı CCD ve fotoelektrik minimum zamanlarının çokluğu, bu sistemin güncel olarak O-C analizinin yapılmasını gerekli kılmaktadır.

Öte yandan HL Dra sisteminin dönem değişimi göstermediği bilinmektedir (Liakos ve ark. 2012). Bu sistemin literatürde yayınlanan herhangi bir minimum zamanı da yoktur ve dolayısıyla sistemin O-C analizini yapmak olası değildir. SX Aur sisteminin O-C diyagramı oluşturulurken kullanılan ışık elemanı (4.1) denkleminde verilmiştir.

$$\text{HJD (MinI)} = 2435525,3101 + 1^g, 210079 \times E \quad (4.1)$$

Buradaki başlangıç T_0 minimum zamanı, Lavrov (1960) tarafından elde edilen fotoelektrik minimum I zamanıdır. 1949 yılından sonra, görsel ve fotoğrafik gözlemlerine göre daha duyarlı olan ccd ve fotoelektrik gözlemleri yeterince çok olduğundan, sistemin dönem analizi yapılırken bu yıldan sonraki görsel ve fotoğrafik minimum zamanlar kullanılmamıştır. SX Aur sisteminin yayınlanan minimum zaman veri özeti 3. Bölümde verilmiştir. Minimum zamanları verilerinin çoğu Kreiner, Kim ve Nha (2001) kataloğundan alınmıştır. 2001 yılından sonraki CCD ve fotoelektrik minimum zamanlar, <http://www.bav-astro.de/> ve <http://var.astro.cz/ocgate/> minimum zaman veri tabanlarından toplanmıştır. SX Aur sisteminin dönem analizi, Zasche ve ark. (2009) tarafından Matlab dilinde yazılan program ile yapılmıştır. İlk olarak programa, sistemin gözlenen minimum zamanları ile (4.1) denkleminde verilen ışık elemanı girilmiştir. Her bir gözlemsel minimum zamana, gözlem duyarlılıklarına göre ağırlıklar atanmıştır. Görsel ve fotogörsel minimum zamanlara 1,00, fotoğrafik minimum zamanlara 5,00, CCD ve fotoelektrik minimum zamanlara ise 10,00 ağırlığı verilmiştir. Bu işlem yapıldıktan sonra sistemin evreye karşılık O-C diyagramı, en küçük kareler yöntemiyle, program tarafından elde edilmiş ve sistemin elde edilen O-C diyagramına bir parabol fiti geçirilmiştir. Sistemin parabol fiti geçirilmiş O-C diyagramı ve artıkları Şekil 24’de gösterilmiştir.



Şekil 24. SX Aur sisteminin parabol fiti geçirilmiş O-C diyagramı ve artıklar.

Sistemin O-C analizi sonucu elde edilen parabolik denklem, aşağıda verilmektedir. Elde edilen bu bulgulardan sistemin döneminin sürekli artışı görülmektedir. Dönem artışına sebep olabilecek fiziksel mekanizma ve elde edilen bulguların önceki çalışmalarla karşılaştırılması 5. Bölümde ayrıntılı olarak tartışılmıştır.

$$O-C = \text{HJD } 2435525,3102(12) + 1^g,210079(1) \times E + 1^g,05 \times 10^{-10} \times E^2$$

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, ışık eğrisine göre β Lyrae türü olarak sınıflandırılan SX Aur ve HL Dra sistemlerinin mevcut dikine hızları ile güncel ışık eğrileri birlikte analiz edilmiştir. Sistemlerin eş zamanlı dikine hız ve ışık eğrilerinin analizinden elde edilen mutlak parametreler, sistemlerin hesaplanan uzaklıkları ve bu uzaklıklar için hesaplanan renk artıkları ve renkleri, Çizelge 19’de verilmiştir.

Çizelge 19. SX Aur ve HL Dra sistemlerinin elde edilen mutlak parametreleri

Parametre	SX Aur		HL Dra	
	Birinci bileşen	İkinci bileşen	Birinci bileşen	İkinci bileşen
$M_i(M_{\odot})$	11,32(1)	6,91(3)	2,71(1)	0,946(9)
$R_i(R_{\odot})$	5,32(1)	4,23(2)	2,61(1)	1,70 (1)
$Log L_i (L_{\odot})$	3,93 (3)	3,19(5)	1,43 (2)	0,18(4)
M_{bol_i} (kadir)	-5,06(6)	-3,22(9)	1,1(2)	4,5(3)
$Log g_i$ (cgs)	4,039(5)	4,024(3)	4,039(5)	3,954(1)
$T_i (K)$	24000*	17618(45)	8200**	4698(25)
E(B-V)	0,181		0,031	
$(B - V)_0$	-0,181		0,169	
d (pc)	1400(200)		170(20)	
d (mas)	0,71(20)		$5,88 \pm 1,40$	

*Linnell ve ark. (1988) tarafından verilen, IUE verilerinin Kurucz model atmosferine uyarlanması ile bulunan sıcaklık değeri.

**A5 tayf türündeki birinci bileşenin Cox(2000) çizelgesi kullanılarak elde edilen sıcaklık değeri.

SX Aur sisteminin mutlak parametrelerinin hesaplanmasında alınan tek kabul, birinci bileşenin etkin sıcaklığıdır. Daha önce de bahsedildiği gibi, bu değer IUE verilerini Kurucz model atmosferine uyarlanması ile Linnell ve ark. (1988) tarafından 24000(2000) K olarak verilmiştir.

Sistemlerin fotometrik uzaklıkları uzaklık modülü kullanılarak hesaplanmıştır. Bunun için, WD çözümünden elde edilen parametreler yardımı ile hesaplanan bolometrik

parlaklıkları ve elde edilen yıldızlar arası soğurma katsayısı kullanılmıştır. Sistemlerin renk artıklarını hesaplamak için, ilk önce sistemlerin sonsuzdaki renk artığı Schlegel ve ark. (1998) tarafından verilen yöntem yardımı ile hesaplanmıştır. Elde edilen bu renk artığı ve sistemin hesaplanan uzaklığı kullanılarak Bilir ve ark. (2005) yöntemi ile sistemlerin hesaplanan uzaklıktaki renk artıkları hesaplanmıştır.

Sistemlerin $(B - V)_0$ renkleri, $(B - V)_0 = B - V - E(B - V)$ bağıntısı yardımıyla hesaplanmıştır. Buradaki B ve V renkleri, Simbad veri tabanından alınmıştır. Sistemlerin hesaplanan renkleri ve Cox (2000) tarafından verilen, renk – sıcaklık ilişkisi kullanılarak, sistemlerin fotometrik olarak sıcaklıkları belirlenebilir.

Buna göre, SX Aur sisteminin elde edilen $(B - V)_0 = -0,181$ rengi için, Cox(2000) tarafından verilen sıcaklık – renk ilişkisinde ara değer hesabı yapıldığında, sistemin sıcaklığı yaklaşık olarak 16100 K olarak bulunmuştur. Öte yandan, SX Aur sisteminin uzaklığı Hipparcos veri tabanında, $1,39 \pm 1,17$ mas olarak verilmiştir. Bu uzaklık değeri için sistemin renk ve renk artıkları, aynı yöntem ile sırasıyla, $-0,1$ ve $0,1$ olarak hesaplanmıştır. $-0,1$ rengine karşılık gelen sıcaklık değeri, yine Cox(2000) tarafından verilen çizelge kullanılarak, 13000 K olarak hesaplanmıştır. Bulunan bu sıcaklık değerleri, sistemin IUE verilerinden elde edilen sıcaklık değeri ile uyumlu değildir. Bunun sebebi, sistemin uzaklığının fotometrik olarak hassas bir şekilde elde edilememesinden ve Hipparcos veri tabanındaki uzaklık değerinin de büyük hata içermesinden kaynaklanabilir.

SX Aur sisteminin bu çalışmadan elde edilen uzaklığı ile Hipparcos uzaklığı birbiriyle uyumlu değildir ve her iki uzaklık değeri büyük hata değerleri içermektedir. Sistemin uzaklığını daha hassas bir şekilde hesaplayabilmek için, duyarlı tayfsal gözlemlere ihtiyaç vardır.

HL Dra sisteminin sadece birinci bileşenin dikine hız verisi (Pribulla ve ark., 2006) olduğundan, bu sistemin mutlak parametreleri bulunurken birtakım kabuller yapılmıştır. Daha önce de bahsedildiği gibi, birinci bileşenin sıcaklığı bileşenin A5 tayf türü ve Cox (2000) tarafından verilen tayf türü – sıcaklık ilişkisi kullanılarak 8200 K olarak belirlenmiştir. Birinci bileşenin dikine hızı verisi ile elde edilen ışık eğrisi birlikte çözüldüğünde, birinci bileşenin kütlesi, $2,71(1) M_{\odot}$ olarak belirlenmiştir. Sistemin ışık eğrisi çözümünden elde edilen kütle oranı kullanılarak ikinci bileşenin kütlesi hesaplanmıştır. WD çözümünden elde edilen sistemin yarı büyük eksen uzunluğu (a) ve

yine WD çözümünden elde edilen bileşenlerin kesirsel yarıçap değerleri kullanılarak, bileşenlerin yarıçapları hesaplanmıştır.

HL Dra sisteminin rengi $(B - V)_0 = 0,169$ olarak, renk artışı ise $E(B - V) = 0,031$ olarak hesaplanmıştır. HL Dra sisteminin hesaplanan bu renk değeri için, Cox (2000) çizelgesi kullanılarak, sistemin sıcaklığı yaklaşık olarak 8100 K bulunmuştur. Sistemin Hipparcos veri tabanında verilen $6,83 \pm 0,42$ uzaklık değeri için hesaplanan renk ve renk artışı değerleri, sırasıyla, 0,173 ve 0,027 dir. Bu renk değeri için sistemin sıcaklığı yaklaşık olarak, Cox(2000) tarafından verilen çizelgeye göre, 8050 K değerinde olmalıdır. Bulunan bu sıcaklık değerleri mantıklıdır çünkü bulunan bu sıcaklık değerleri, WD çözümü için birinci bileşenin kabul edilen etkin sıcaklık değeri olan 8200 K ile uyum içindedir.

Bir sistemin ekvatoryal veya galaktik koordinatları, uzaklığı, öz hareket bileşenleri (μ_α, μ_δ) , kütle merkezi hızları bilindiğinde o sistemin uzay hızları elde edilebilir (Johnson ve Soderblom, 1987). Bir sistemin uzay hızı, kısaca, o sistemin galaksideki hareketini temsil eden uzay hız bileşenleridir. Sistemin **U**, **V**, **W** ile gösterilen uzay hız bileşenleri, sırasıyla o sistemin galaksi düzlemi üzerindeki hareketi boyunca olan hızını, galaksi merkezine doğru olan hızını ve galaksi düzlemine dik doğrultudaki hızını temsil etmektedir. **U**, **V** ve **W** hız bileşenleri, o sistemin Güneş'in hareketine göre göreceli hareketinin hız bileşenleridir. Güneşi durağan olarak aldığımızda, o sistemin durgun bir koordinat sistemine göre hızları elde edilir ve bu hızlar genellikle **U_{lsr}**, **V_{lsr}** ve **W_{lsr}** ile temsil edilir.

SX Aur sisteminin, tayfsal olarak elde edilmiş kütle merkezi hızı Bell ve ark. (1987) tarafından $V_0 = 4,9(9)$ km/s olarak verilmiştir. Bu sistemin Hipparcos veri tabanındaki uzaklığı ve Bell ve ark. (1987) tarafından verilen kütle merkezi hızı için uzay hızları **U_{lsr}** = $-1,24 \pm 3,94$ km/s, **V_{lsr}** = $14,11 \pm 3.01$ km/s ve **W_{lsr}** = $0,82 \pm 6,31$ km/s olarak hesaplanmıştır. Uzay hız bileşenlerinin hata değerlerinin büyük olması, sistemin Hipparcos uzaklığındaki büyük hata değerinden kaynaklanmaktadır. Öte yandan, HL Dra sisteminin tayfsal verilerden elde edilen kütle merkezi hızı Pribulla ve ark. (2006) tarafından elde $V_0 = -29,3(4)$ km/s olarak verilmiştir. SX Aur da olduğu gibi, HL Dra sistemi için de Hipparcos uzaklığı ve Pribulla ve ark. (2006) tarafından verilen kütle merkezi hızı için sistemin uzay hız bileşenleri **U_{lsr}** = $12,59 \pm 0,48$ km/s, **V_{lsr}** =

$34,09 \pm 0,47$ km/s ve $W_{lsr} = 28,24 \pm 0,63$ km/s olarak hesaplanmıştır.

SX Aur sisteminin eş zamanlı ışık eğrisi çözümünden sistemi oluşturan bileşenlerin kendi Roche yüzeylerini %102 oranında doldurduğu görülmekte ve bu nedenle β Lyrae türünden W UMa türüne doğru evrimleşmekte olduğu düşünülmektedir. Bu tür sistemler günümüzde değmeye yakın (near contact) sistemler olarak da sınıflandırılmaktadır.

Çizelge 20. SX Aur sisteminin mutlak parametrelerinin benzer özelliklerdeki çift sistemlerle karşılaştırılması

Parametre	Sistemler	
	V Pup	V1331 Aql
Tayf türü	B1V+B3 ^a	B1V+B1IV
$M_1(M_{\odot})$	12,45 ^a	10,1
$M_2(M_{\odot})$	6,11 ^a	5,29
q	0,49 ^a	0,52
$R_1(R_{\odot})$	5,78 ^a	4,25
$R_2(R_{\odot})$	4,59 ^a	4,04
$T_1(K)$	28200 ^a	25400
$T_2(K)$	26600 ^a	20100
$Log L_1(L_{\odot})$	4,28 ^a	3,83
$Log L_2(L_{\odot})$	3,98 ^a	3,38
$Log g_1(cgs)$	4,01 ^a	4,19
$Log g_2(cgs)$	3,90 ^a	3,95
*D.O. ₁ (%)	95 ^b	82
*D.O. ₂ (%)	100 ^b	98
d(pc)	---	---
Kaynaklar	^a Stickland ve ark.(1998) ^b Andersen ve ark.(1983)	Lorenz ve ark. (2005)

*Roche lobunu doldurma oranı

SX Aur sisteminin elde edilen mutlak parametrelerine yakın olan birkaç sistemin doğası ile SX Aur sisteminin mevcut doğasını karşılaştırmak, bir bütün olarak bu tür sistemlerin benzer ve farklı özelliklerini ortaya çıkarmak için yardımcı olabilir. SX Aur

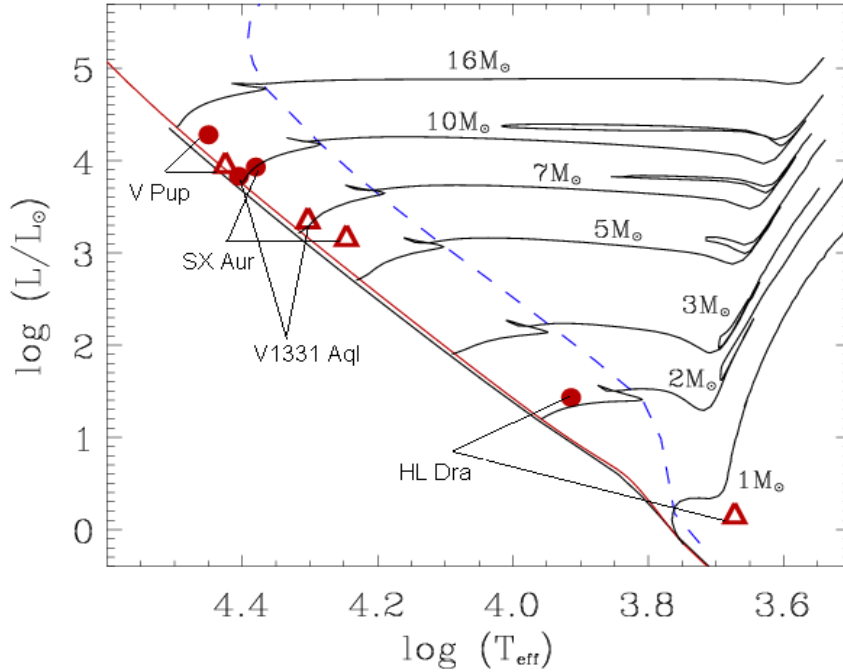
sisteminin tüm mutlak parametreleri ile bire bir uyumlu olan sistem bulma olasılığı çok düşük olduğundan, bu sistemin bazı mutlak parametreleri ile yakın değerlere sahip olan sistemler bulunmuş ve bu sistemlerin mutlak parametreleri Çizelge 20’de referansları ile verilmiştir. SX Aur sistemi, özellikle tayf türleri ve kütle oranı açısından, V Pup ve V1331 Aql sistemlerini ile benzer özelliklere sahiptir ki bu da evrim durumlarının çok farklı olmadığını gösterir (Çizelge 20).

SX Aur, V1331 Aql ve V Pup sistemlerinin HR diyagramındaki konumu Şekil 25’ de verilmiştir. Şekilden de görüleceği üzere, SX Aur’un birinci bileşenin kütle evrim yolu ile yaklaşık olarak uyumlu görünürken ikinci bileşen kütesine göre olması gereken konumdan daha düşük ısıtmalı görünmektedir. V1331 Aql’ın birinci bileşeni HR diyagramında SX Aur’ın sıcak bileşeni ile nerdeyse aynı bölgede ve kütesinin evrim yoluna uygun yerde olmasına rağmen, ikinci bileşeni kütesine göre daha büyük ısıtmalı bölgede yer almaktadır. V Pup sisteminin bileşenlerinin Şekil 25’teki konumları incelendiğinde ise ikinci bileşenin kütle evrim yolundan çok daha yüksek ısıtmalı bölgede olduğu görülmektedir. Bu sistemin daha duyarlı gözlem ve analizlerle verilerinin test edilmesi gerekmektedir. HL Dra’nın birinci bileşeni, kütesine göre daha düşük ısıtmalı bölgede yer almaktadır. İkinci bileşeni ise alt-devler bölgesine doğru ilerlemiştir. İlgili sistemin ikinci bileşenin yüzey çekim ivmesi ve Roche lobunu doldurma oranları onun yarı-ayrık sisteme doğru evrimleştiğini göstermektedir.

Kreiner ve ark. (2001) tarafından yayınlanan O-C Atlası incelendiğinde, V1331 Aql’nın bu veri tabanında yer almadığı ve literatürde de yayınlanmış yeterince minimum zamanı olmadığı görülür. V Pup sisteminin ise yayınlanmış minimum zamanı az olmasına rağmen çevrimsel değişime benzer bir O-C dağılımı göze çarpmaktadır. V Pup ile SX Aur sistemlerini oluşturan bileşenlerin kütle değerleri ve Roche loblarını doldurma oranları birbirine yakın olmasına rağmen, yayınlanmış veriye bakıldığında, her iki sistemin de elde edilen O-C diyagramlarının biçimleri birbirinden farklı görünmektedir. SX Aur sisteminde açık bir dönem artışı görülmesine karşılık V Pup’da bu duruma rastlanmamıştır. Bunun nedeni, V Pup sisteminde Roche lobunu dolduran ikinci bileşenden birinci bileşene doğru kütle aktarım mekanizmasının henüz başlamamasından kaynaklanabilir.

SX Aur sisteminin dönem analizi sonucunda, sistemin döneminin 0,0055(6)s/yıl gibi bir hızla arttığı elde edilmiştir. SX Aur sisteminin dönemdeki bu artış, ikinci bileşenden

birinci bileşene doğru kütle aktarımı mekanizması ile açıklanabilir. Korunumlu kütle aktarımı durumunda, yani sistemden herhangi bir kütle kaybının olmadığı kabulü altında, ikinci bileşenden birinci bileşene aktarılabilecek kütle miktarı (3.11) denklemi ile hesaplandığında aktarılan kütle miktarı, $3,09 \times 10^{-7} M_{\odot}/\text{yıl}$ olarak elde edilmiştir. Sistemdeki olası kütle aktarımı yanında sistemden kaybedilen bir miktar maddenin de olabileceği düşünülebilir. Sistemden kaybedilen kütle miktarı $10^{-10} M_{\odot}/\text{yıl}$ olarak kabul edildiğinde, ikinci bileşenden birinci bileşene aktarılan kütle miktarı, (3.18) denklemi yardımı ile $3,12 \times 10^{-7} M_{\odot}/\text{yıl}$ olarak hesaplanmıştır. Hem korunumlu hem de korunumsuz kütle aktarım mekanizması ile açıklanan dönemdeki bu değişimde, aktarılan kütle miktarının $10^{-7} M_{\odot}/\text{yıl}$ mertebesinde olduğu görülmektedir. Bu durum, sistemde kütle aktarımının baskın mekanizma olduğunu işaret eder.



Şekil 25. Bu çalışmada yer alan SX Aur ve HL Dra sistemleri ile V Pup ve V1331 Aql'nın bileşenlerinin HR diyagramındaki konumları. -Sistemlerin birinci bileşenleri büyük daire ve ikinci bileşenleri içi boş üçgen simgeleri ile gösterilmiştir. Ayrıca ZAMS (kesikli çizgi) ve TAMS (sürekli çizgi) sınırları ve farklı kütleler için evrim yolları da gösterilmiştir (Pols ve ark. 1998).

Öte yandan HL Dra sistemi için, iki bileşenin de kendi Roche loblarını doldurmadığı

tespit edilmiş ve bu sistemin ayrık bir β Lyrae türü çift sistem olduğu görülmüştür. HL Dra'nın sıcak bileşenin zonklama yaptığı Liakos ve ark. (2012) tarafından keşfedilmiş olup bu türden değişimler bu çalışmada da görülmektedir (bkz Şekil 23). Gözlemler sonucunda elde edilen gözlem noktalarından, WD analizi sonucunda elde edilen kuramsal eğrinin farkı alınarak sistemdeki olası yansıma ve basıklık etkilerini arındırarak zonklamanın sebep olduğu değişim grafiği Şekil 23'de gösterilmiştir. HL Dra sisteminin ışık eğrisini tamamlamak için yapılan gözlemler, frekans analizini anlamlı bir şekilde gerçekleştirilebilecek kadar yeterli olmadığından sistemin frekans analizi gerçekleştirilememiştir.

HL Dra sisteminin O-C analizi, sistemin yayınlanan yeterli minimum zamanı olmadığından gerçekleştirilememiştir. Ayrıca, literatürde, sistemin yörünge dönemi değişimi ile ilgili herhangi bir çalışma bulunamamıştır.

Sonuç olarak bu çalışmada, ışık eğrilerine göre β Lyrae türü olarak sınıflandırılan sistemlerin aynı doğaya sahip olmadıkları gösterilmiştir. SX Aur ve HL Dra'nın doğasının daha detaylı anlaşılması için yüksek çözünürlüklü tayf verisi ile mutlak parametrelerinin çok daha hassas belirlenmesinin yanında, korunumsuz kütle aktarımını da içine alan evrim modelleri ile sistemlerin evrim durumları tartışılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Alkan H., 1979. Analysis of the Light Curves of SX Aurigae, by Automated Fourier Techniques. *Astrophysics and Space Science*, 63 (2): 351-361.
- Andersen J., Clausen J. V., Gimenez A. ve Nordstrom B., 1983. Absolute Dimensions of Eclipsing Binaries. II - The Early-Type Semidetached System V Puppis. *Astronomy and Astrophysics*, 128 (1): 17-28.
- Anderson M. W. B. ve Filipovic M. D., 2007. Detection of 6-cm Radio-Continuum Emission from an EB (β -Lyrae Type) Variable Star - HIP 68718. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 381 (3): 1027-1030.
- Barone F., di Fiore L., Milano L., Pirozzi L. ve Russo G., 1992. Search for Contact Systems Among EB-Type Binaries. IV - V375 Cas, UW Ori, DO Cas, RU ERI. *Astrophysics and Space Science*, 198 (2): 321-340.
- Belenkaya E., Alexeev I. ve Khodachenko M., 2011. Exoplanetary Magnetodisc in an Context of Other Types of Astrophysical Disk. *EPSC*, 6.
- Bell S. A., Adamson A. J. ve Hilditch R. W., 1987. Simultaneous Differential Photometry with the ST Andrews Twin Photometric Telescope. II - The Eclipsing Binaries SX Aurigae and TT Aurigae. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 224: 649-673.
- Bondarenko I. I., 1974. Researches of Massive Close Binary Systems of Early Spectral Type. 1. Photoelectric Observations of the Eclipsing Binary SX Aurigae. *Perem. Zvezdy, Prilozh.*, 2: 51-58.
- Bonneau D., Chesneau O., Mourard D., Bérío Ph., Clausse J. M., Delaa O., Marcotto A., Perraut K., Rousell A., Spang A., Stee Ph., Tallon-Bosc I., McAlister H., Ten Brummelaar T., Sturmann J., Sturmann L., Turner N., Farrington C. ve Goldfinger P. J., 2011. A Large H α Line Forming Region for the Massive Interacting Binaries β Lyrae and υ Sagittarii. *Astronomy and Astrophysics*, 532: 13.
- Böhm-Vitense E., 1981. The Effective Temperature Scale. In: *Annual Review of Astronomy and Astrophysics.*, 19: 295-317.

- Bradstreet D. H., 1993. Binary Maker 2.0 - An Interactive Graphical Tool for Preliminary Light Curve Analysis. "Double Stars for the Masses". *Meeting of IAU Commission 42 (Close binary stars) in Conjunction with the 21. General Assembly of the IAU and IAU Symposium*, 21 (151): 151-166.
- Chambliss C. R. ve Leung K. –C., 1979. The Early-Type Semidetached System SX Aurigae. *Astrophysical Journal*, 228: 828-837.
- Cox A. N., 2000. *Allen's Astrophysical Quantities*, 4th edn. Springer-Verlag, New York.
- Csizmadia Sz., Borkovits T., Paragi Zs., Ábrahám P., Szabados L., Mosoni L., Surmann L., Sturmann J., Farrington C., McAlister H. A., ten Brummelaar T. A., Turner N. H. ve Klagyivik, P., 2009. Interferometric Observations of the Hierarchical Triple System Algol. *The Astrophysical Journal*, 705 (1): 436-445.
- Değirmenci Ö. L., Gülmen O., Sezer C., İbanoğlu C. ve Çakırlı O., 2003. Up-to-Date UBV Light and O-C Curves Analyses of the Eclipsing Binary V477 Cygni. *Astronomy and Astrophysics*, 409: 959-967.
- Demircan O., 1977. Frequency Domain Light Curve Analysis of Partially Eclipsing Binary Systems - With an Application to Beta Persei /Algol/. *Astrophysics and Space Science*, 47: 459-488.
- Dominis D., Mimica P., Pavlovski K. ve Tamajo E., 2005. In Between β Lyrae and Algol: The Case of V356 Sgr. *Astrophysics and Space Science*, 296 (1-4): 189-192.
- Erdem A., Budding E., Demircan O., Değirmenci Ö., Gülmen Ö. ve Sezer C., 2005. The Close Binary System EG Cephei. *Astronomische Nachrichten*, 326 (5): 332-337.
- Frieboes-Conde H., Herczeg T. ve Høg E., 1970. The Multiple System of Algol. *Astronomy and Astrophysics*, 4: 78-88.
- Giuricin G., Mardirossian F. ve Mezzetti M., 1982. A New Light Curve Analysis of the Eclipsing Binary SX AUR. *Astronomische Nachrichten*, 303 (5): 311-312.
- Goodricke J., 1783. A Series of Observations on, and a Discovery of, the Period of the Variation of the Light of the Bright Star in the Head of Medusa, Called Algol. in a Letter from John Goodricke, Esq. to the Rev. Anthony Shepherd, D. D. F. R. S. and

- Plumian Professor at Cambridge. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 73: 474-482.
- Gürol B., Terzioğlu Z., Gürsoytrak S. H., Gökay G. ve Derman E., 2011. Absolute and Geometric Parameters of the W UMa-Type Contact Binary V404 Pegasi. *Astronomische Nachrichten*, 332 (7): 690.
- Harmanec P., 2002. The Ever Challenging Emission-Line Binary Beta Lyrae. *Astronomische Nachrichten*, 323 (2): 87-98.
- Harmanec P., Morand F., Bonneau D., Jiang Y., Yang S., Guinan E. F., Hall D. S., Mourard D., Hadrava P., Bozic H., Sterken C., Tallon-Bosc I., Walker G. A. H., McCook G. P., Vakili F., Stee P., Le Contel J. M., 1996. Jet-Like Structures in β Lyrae. Results of Optical Interferometry, Spectroscopy and Photometry. *Astronomy and Astrophysics*, 312: 879-896.
- Harrison J., 2012. Multi-Frequency and Full Polarization Imaging of Algol with the VLBA. ProQuest Dissertations and Theses (Yüksek Lisans Tezi), Northern Arizona University, USA.
- Hertzsprung E., 1928. On the Character of the Variation of SX Aurigae. *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands*, 4: 178.
- Hill G., 1979. Description of an Eclipsing Binary Light Curve Computer Code with Application to Y-Sextus and the W-Ursae Code of Rucinski. *Publications of the Dominion Astrophysical Observatory*, 15: 297.
- Hill G., Barnes J. V., Hutchings J. B. ve Pearce J. A., 1971. *Astrophysical Journal*, 168: 443.
- Hiltner W. A., 1956. Photometric, Polarization, and Spectrographic Observations of O and B Stars. *Astrophysical Journal Supplement*, 2: 389.
- Johnson R. H. ve Soderblom D. R., 1987. Calculating Galactic Space Velocities and Their Uncertainties, with an Application to the Ursa Major Group. *Astronomical Journal*, 93: 864-867.
- Jurkevich I., 1964. Machine Reduction, Computation, and Analysis of Light

- Curves of Eclipsing Binary Systems. PhD Dissertation (Doktora Tezi), University of Pennsylvania, Philadelphia.
- Kopal Z., 1950. The Computation of Elements of Eclipsing Binary Systems. *Cambridge, Mass. : Observatory*, 8.
- Kopal Z., 1959. *Close Binary Systems*. London: Chapman & Hall.
- Kreiner J. M., 2004. Up-to-Date Linear Elements of Eclipsing Binaries. *Acta Astronomica*, 54: 207-210.
- Kreiner J. M. ve Tremko J., 1978. The Investigation of the Semidetached Massive Binary System SX Aurigae. *Acta Astronomica*, 28 (2): 179-185.
- Kreiner J. M., Kim C.-H. ve Nha Il-S., 2001. *An Atlas of O-C Diagrams of Eclipsing Binary Stars*. An Atlas of O-C Diagrams of Eclipsing Binary Stars / by Jerzy M. Kreiner, Chun-Hwey Kim, Il-Seong Nha. Cracow, Poland: Wydawnictwo Naukowe Akademii Pedagogicznej.
- Lavrov M. I., 1960. *Bull.. Kazan.*, 35.
- Leavitt H. S. ve Pickering Edward C., 1907. 15 New Variable Stars in Harvard Maps, Nos. 15, 18, and 27. *Harvard College Observatory Circular*, 130:1-2.
- Li L., Zhang F., Han Z., Jiang D. ve Jiang T., 2008. Structure and Evolution of W UMa-Type Systems. *The Art of Modeling Stars in the 21st Century, Proceedings of the International Astronomical Union, IAU Symposium*, 252: 423-424.
- Liakos A., Niarchos P. ve Budding E., 2011. *IAU Symposium*, 282: 55.
- Liakos A., Niarchos P., Soyduğan E. ve Zasche P., 2012. Survey for δ Sct Components in Eclipsing Binaries and New Correlations Between Pulsation Frequency and Fundamental Stellar Characteristics. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 422 (2): 1250-1262.
- Linnell A. P., 1984. A Light Synthesis Program for Binary Stars. I. *Astrophysical Journal Supplement Series*, 54: 17-31.
- Linnell A.P., Peters G. J. ve Polidan R. S., 1988. An Improved Photometric Analysis of SX

- Aurigae. *Astrophysical Journal*, 327: 265-272.
- Lomax J. R., 2012. Constraining the Mass Loss Geometry of Beta Lyrae. *AIP Conference Proceedings*, 1429, 159-164.
- Lomax J. R. ve Hoffman J. L., 2011. Spectropolarimetry of Beta Lyrae: Constraining the Location of the Hot Spot and Jets. *Société Royale des Sciences de Liège Bulletin*, 80: 689-693.
- Lomax J. R., Hoffman J. L., Elias N. M., II Bastien F. A. ve Holenstein B. D., 2012. Geometrical Constraints on the Hot Spot in Beta Lyrae. *The Astrophysical Journal*, 750 (1): 59.
- Lorenz R., Mayer P. ve Drechsel H., 2005. The Early-Type Eclipsing Binary V1331 Aql*. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 360 (3): 915-920.
- Lucy L. B., 1967. Gravity-Darkening for Stars with Convective Envelopes. *Zeitschrift für Astrophysik*, 65: 89.
- Martin C. ve Plummer H. C., 1917. Observations of SX Aurigae. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 77: 627.
- Morgan W. W., 1935. A Peculiar Spectroscopic Phenomenon in the Algol System. *Astrophysical Journal*, 81: 348.
- Morgan W. W., Code A. D. ve Whitford A. E., 1955. Studies in Galactic Structure II. Lumunosity Classification for 1270 Blue Giant Stars. *Astrophysical Journal Supplement*, 2: 41.
- Morton D. C. ve Adams T. F., 1968. Effective Temperatures and Bolometric Corrections of Early-Type Stars. *Astrophysical Journal*, 151: 611.
- Niarchos P. G. ve Manimanis V. N., 2003. A Photometric Study of Selected Near-Contact Binary Systems. In: *Stellar astrophysics - a tribute to Helmut A. Abt. Sixth Pacific Rim Conference, Xi'an, China, 11-17 July 2002. Edited by K. S. Cheng, K. C. Leung and T. P. Li. Astrophysics and Space Science Library*. 298: 151-155.
- Olson E. C., 1984. A Search for Rotational Velocity Changes Among Eclipsing Binary

- Stars. *Astronomical Society of the Pacific, Publications*, 96: 376-381.
- Oosterhoff P. Th., 1933. The Photographic Light-Curve of SX Aurigae. *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands*, 7: 107.
- Peters G. J., Polidan R. S. ve Linnell A. P., 1985. Ultraviolet Observations of the Early Type Contact Binary SX Aur. *Bulletin of the American Astronomical Society*, 17: 584.
- Pols O. R., Schröder K.-P., Hurley J. R., Tout C. A. ve Eggleton P. P., 1998. Stellar Evolution Models for $Z = 0.0001$ to 0.03. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 298 (2): 525-536.
- Popper D. M., 1943. Five Spectroscopic Binaries. *Astrophysical Journal*, 97: 394.
- Popper D. M., 1955. The Eclipsing Binary V356 Sagittarii. *Astrophysical Journal*, 121: 56.
- Pribulla T., Rucinski S. M., Lu W., Mochnacki S. W., Conidis G., Blake R. M., DeBond H., Thomson J. R., Pych W., Ogłóza W. ve Siwak M., 2006. Radial Velocity Studies of Close Binary Stars. XI. *The Astronomical Journal*, 132 (2): 769-780.
- Prsa A. ve Zwitter T., 2005. A Computational Guide to Physics of Eclipsing Binaries. I. Demonstrations and Perspectives. *The Astrophysical Journal*, 628 (1): 426-438.
- Richards M. T., 1993. Circumstellar Material in Algol - A study of the Balmer Line Profiles. *Astrophysical Journal Supplement Series*, 86 (1): 255-291.
- Richards M. T., Mochnacki S. W. ve Bolton C. T. 1988. Nonsimultaneous Multicolor Light-Curve Analysis of Algol (Beta Persei). *Astronomical Journal*, 96: 326-336.
- Rucinski S. M., 1969. The Proximity Effects in Close Binary Systems. II. The Bolometric Reflection Effect for Stars with Deep Convective Envelopes. *Acta Astronomica*, 19: 245.
- Russell H. N. ve Merrill J. E., 1952. *The determination of the elements of eclipsing binaries*. Contributions from the Princeton University Observatory, Princeton: Observatory.
- Sahade J., 1980. The System of Beta Lyrae. *Space Science Reviews*, 26: 349-389.

- Schlegel D. J., Finkbeiner D. P. ve Davis M., 1998. Maps of Dust Infrared Emission for Use in Estimation of Reddening and Cosmic Microwave Background Radiation Foregrounds. *Astrophysical Journal*, 500: 525.
- Siwak M., Zola S. ve Koziel-Wierzbowska D., 2012. A Photometric and Spectroscopic Study of WW And - an Algol-Type, Long Period Binary System with an Accretion Disc. *New Astronomy*, 17 (8): 691-696.
- Skelton P. L. ve Smits D. P., 2009. *South African Journal of Science*, 105: 120-126.
- Skulsky M. Yu. ve Kos E. S., 2011. On the Dynamics of Circumstellar Gaseous Structures and Magnetic Field of β Lyrae. *Magnetic Stars. Proceedings of the International Conference, held in the Special Astrophysical Observatory of the Russian AS , August 27- September 1, 2010, Eds: I. I. Romanyuk and D. O. Kudryavtsev*, 259-263.
- Stickland D. J., Lloyd C., Pachoulakis I. ve Koch R. H., 1998. Spectroscopic Binary Orbits from Ultraviolet Radial Velocities. Paper 29: V Puppis (HD 65818). *The Observatory*, 118: 356-364.
- Tassoul J. -L. ve Tassoul M., 1982. Meridional Circulation in Rotating Stars. I - A Boundary Layer Analysis of Mean Steady Motions in Early-Type Stars. *Astrophysical Journal Supplement Series*, 49: 317-350.
- Tout C. A. ve Hall D. S., 1991. Wind Driven Mass Transfer in Interacting Binary systems. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 253: 9-18.
- Underhill A. B. ve Fahey R. P., 1984. Do Bipolar Magnetic Regions Exist on the Surfaces of Early-Type Stars? *Astrophysical Journal*, 280: 712-728.
- van Hamme W., 1993. New Limb-Darkening Coefficients for Modeling Binary Star Light Curves. *Astronomical Journal*, 106 (5): 2096-2117.
- von Zeipel H., 1924. The Radiative Equilibrium of a Rotating System of Gaseous Masses. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 84: 665-683.
- Wilson R. E. ve Devinney E. J., 1971. Realization of Accurate Close-Binary Light Curves: Application to MR Cygni. *The Astrophysical Journal*. 166: 605.

- Wilson R. E. ve Caldwell C. N., 1978. A Model of V356 Sagittarii. *Astrophysical Journal* , 221: 917-925.
- Wood D. B., 1972. *A Computer Program for Modeling Non-spherical Eclipsing Binary Systems*, Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland, USA.
- Wyse A. B., 1934. The Photometric Orbit of the Eclipsing Binary SX Aurigae. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 46 (271): 126.
- Zasche P., Liakos A., Niarchos P., Wolf M., Manimanis V. ve Gazeas K., 2009. Period Changes in Six Contact Binaries: WZ And, V803 Aql, DF Hya, PY Lyr, FZ Ori, and AH Tau. *New Astronomy*, 14 (2): 121-128.
- Zavala R. T., Hummel C.A., Boboltz D.A., Ojha R., Shaffer D. B., Tycner C., Richards M. T. ve Hutter D. J., 2010. The Algol Triple System Spatially Resolved at Optical Wavelengths. *The Astrophysical Journal Letters*, 715 (1), L44-L48.

ÇİZELGELER

Sayfa No

Çizelge 1. Chambliss ve Leung (1979) tarafından elde edilen ışık eğrisi çözümü parametreleri.....	14
Çizelge 2. Chambliss ve Leung (1979) tarafından elde edilen, sistemin mutlak parametreleri.....	14
Çizelge 3. Giuricin ve ark. (1982) tarafından elde edilen sistemin yaklaşık mutlak parametreleri.....	15
Çizelge 4. Bell ve ark. (1987) tarafından, sistemin ışık eğrisi çözümünden elde edilen parametreler.....	17
Çizelge 5. Bileşenleri eş olarak dönmemesi durumunda, Bell ve ark. (1987) tarafından ışık eğrisi çözümünden elde edilen parametreler.....	18
Çizelge 6. Linnell ve ark.(1988) tarafından elde edilen ışık eğrisi çözümü parametreleri.....	20
Çizelge 7. Linnell ve ark.(1988) tarafından verilen sistemin mutlak parametreleri.....	21
Çizelge 8. Popper (1943) tarafından elde edilen SX Aur sisteminin mutlak parametreleri.....	21
Çizelge 9. Liakos ve ark. (2012) tarafından elde edilen, ışık eğrisi çözümü parametreleri.....	25
Çizelge 10. Liakos ve ark. (2012) tarafından elde edilen, HL Dra sisteminin mutlak parametreleri.....	25
Çizelge 11. SX Aur sistemi için, kullanılan mukayese (C1) ve denet (C2) yıldızlarına ilişkin bilgiler.....	27
Çizelge 12. SX Aur sisteminin gecelik gözlem süresi dağılımı ve gözlem duyarlılığı	28
Çizelge 13. SX Aur ve HL Dra sistemlerinin gözlenen minimum zamanları.....	28
Çizelge 14. HL Dra sistemi için, kullanılan mukayese (C1) ve denet (C2) yıldızlarına ilişkin bilgiler.....	30
Çizelge 15. HL Dra sisteminin gecelik gözlem süresi dağılımı ve gecelik gözlem duyarlılığı.....	30
Çizelge 16. SX Aur sisteminin dönem analizinde kullanılan minimum zamanların özeti.....	33

Çizelge 17. SX Aur sisteminin MOD 3 çözümünden elde edilen parametreler....	40
Çizelge 18. HL Dra sisteminin MOD 2 çözümünden elde edilen parametreler ...	43
Çizelge 19. SX Aur ve HL Dra sistemlerinin elde edilen mutlak parametreleri....	48
Çizelge 20. SX Aur sisteminin mutlak parametrelerinin benzer özelliklerdeki çift sistemlerle karşılaştırılması.....	51

ŞEKİLLER

Sayfa No

Şekil 1. β Persei (Algol) sisteminin temsili ışık eğrisi (Harrison 2012'den uyarlanmıştır).....	3
Şekil 2. Algol türü sistem olan WW And çift sistem modeli (Siwak ve ark. 2012).....	3
Şekil 3. W UMa türü sistem olan V404 Peg sistemin BVRI süzgeçlerinde elde edilen ışık eğrisi (Gürol ve ark. 2011).....	4
Şekil 4. β Lyrae sistemi (Lomax ve Hoffman 2011).....	6
Şekil 5. β Lyrae sisteminin V süzgecinden elde edilmiş ışık eğrisi (Harmanec ve ark. 1996).....	7
Şekil 6. V356 Sgr sisteminin V süzgecinde elde edilen ışık eğrisi (Popper 1955).....	8
Şekil 7. EG Cep'in B ve V süzgeçlerinde elde edilmiş ışık eğrisi (Erdem ve ark. 2005).....	9
Şekil 8. MR Vir sisteminin ışık eğrisi (Anderson ve Filipovic 2007).....	9
Şekil 9. SX Aur sisteminin UBV süzgeçlerinde elde edilen ışık eğrisi (Chambliss ve Leung 1979).....	13
Şekil 10. SX Aur sisteminin Roche geometrisi (Chambliss ve Leung 1979).....	13
Şekil 11. SX Aur sisteminin, Bell ve ark. (1987) tarafından B süzgecinde elde edilen ışık eğrisi.....	16
Şekil 12. Linnell ve ark. (1988) tarafından U, B ve V süzgeçlerindeki ışık eğrisi çözümünden elde ettikleri parametrelerle oluşturdukları kuramsal eğri.....	19
Şekil 13. SX Aur sisteminin dikine hız diyagramı (Bell ve ark. 1987).....	22
Şekil 14. Kreiner ve Tremko (1978) tarafından sistemin elde edilen O-C diyagramı.....	23
Şekil 15. Liakos ve ark. (2012) tarafından elde edilen, HL Dra sisteminin BVR ve I süzgeçlerindeki ışık eğrisi.....	24
Şekil 16. HL Dra sisteminin M-R diyagramındaki konumu (Liakos ve ark. 2012).....	26

Şekil 17. HL Dra sisteminin birinci bileşeninin dikine hız diyagramı (Pribulla ve ark. 2006).....	26
Şekil 18. SX Aur sisteminin elde edilen ışık eğrisi.....	28
Şekil 19. SX Aur sisteminin dikine hız diyagramı (Veriler Popper 1943, Bell ve ark. 1987'den alınmıştır).....	29
Şekil 20. HL Dra sisteminin elde edilen ışık eğrisi.....	30
Şekil 21. SX Aur sisteminin MOD 3 çözümü sonucu, ışık eğrisi ve dikine hız diyagramı için elde edilen teorik fit ve sistemin iki boyutta Roche geometrisi....	41
Şekil 22. HL Dra sisteminin MOD 2 çözümü sonucu, ışık eğrisi için elde edilen teorik fit ve sistemin iki boyutta Roche geometrisi.....	44
Şekil 23. HL Dra sisteminin 15.07.2012 ve 19.07.2012 tarihlerinde B süzgecinde yapılan gözlemlerinden elde edilen verilerinden, sistemin ışık eğrisi çözümü sonucu elde edilen teorik fitin çıkarılmasıyla oluşturulan diyagram.....	45
Şekil 24. SX Aur sisteminin parabol fiti geçirilmiş O-C diyagramı ve artıklar....	46
Şekil 25. Bu çalışmada yer alan SX Aur ve HL Dra sistemleri ile V Pup ve V1331 Aql'nın bileşenlerinin HR diyagramındaki konumları. -Sistemlerin birinci bileşenleri büyük daire ve ikinci bileşenleri içi boş üçgen simgeleri ile gösterilmiştir. Ayrıca ZAMS (kesikli çizgi) ve TAMS (sürekli çizgi) sınırları ve farklı kütleler için evrim yolları da gösterilmiştir (Pols ve ark. 1998).....	53

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER:

Adı Soyadı: Oğuz ÖZTÜRK

Doğum Yeri: Tavşanlı

Doğum Tarihi: 05/07/1986

EĞİTİM DURUMU:

Lisans Öğrenimi: Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü

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

Bildiği Yabancı Diller: İngilizce

BİLİMSEL FAALİYETLERİ:

a) Makaleler:

- Ozturk O., Soydugan F., Cicek C. ve Tuysuz, M., 2013. Orbital Period Changes of Some Algol Type Eclipsing Binaries. *Balkan Physics Letters*, 21, 177-184.

b) Bildiriler – Uluslararası – Ulusal:

- Öztürk, O., Soydugan, F., Çiçek, C., Tüysüz, M., 2012, “Bazı Algol Türü Örtten Çift Sistemlerin Yörünge Dönem Değişimi”, Türk Fizik Derneği 29. Uluslararası Fizik Kongresi Özet Kitabı, s. 344, 5-8 Eylül 2012, Bodrum-Türkiye.
- Hız M M., Öztürk O., Akı C.” Gerçek Zamanlı Ağır Metal Dekontaminasyonu" II. Ulusal Nanoteknoloji Kongresi. (Poster). 27-28 Eylül, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Öztürk O., Hız M M., Akı C.” DNA’nın Elektrik İletkenlik Özelliğinin Manyetik Alan Kuvveti ile Değiştirilmesi” II. Ulusal Nanoteknoloji Kongresi. (Poster). 27-28 Eylül, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Öztürk, O., Erdem, A., Çiçek, C., “RX Cas ve SX Cas Örtten Çift Yıldızlarında Kütle Aktarımı ve Kütle Kaybı Üzerine Bir Çalışma”, 18. Ulusal Astronomi Kongresi (Poster), 27 Ağustos – 1 Eylül, Malatya.
- Öztürk, O., Çiçek, C., Soydugan, F., “Günümüzde Beta Lyrae Sistemi ve

SX Aur Örtten Çift Sisteminin Güncel Işık Eğrisi”, Küçük Teleskoplarla Bilim Çalıştayı: Fırsat Gözlemciliği Çalıştayı, 09-10 Mayıs 2013 İstanbul Üniversitesi.

c) Ulusal Başarılar:

- Ege Üniversitesi Lisans Fizik Bölümü Birinciliği, 2010
- II. Ulusal Nanoteknoloji Kongresi En İyi Poster Sunum Ödülü, Yıldız Teknik Üniversitesi, 2012.

d) Kazanılan Burslar:

- Lisans dönemi Erasmus Programı dahilinde 1 senelik yurtdışı eğitim bursu, 2009-2010
- TÜBİTAK Yüksek Lisans Öğrencileri için Doktora Bursu Kabulü, 2013

İŞ DENEYİMİ:

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fizik Bölümü Araştırma Görevliliği (ÖYP – Öğretim üyesi Yetiştirme Programı – dahilinde), 2011-halen

İLETİŞİM:

e-posta: oguzozturk@comu.edu.tr

Web: <https://sites.google.com/a/comu.edu.tr/oguz-ozturk/home>

Telefon:

İş: +90 286 218 00 18 dahili: 1942

Cep: +90 507 565 20 00

+90 543 872 75 21