

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

**BAZI ALGOL TÜRÜ ÇİFT YILDIZLARDA
TAYFSAL VE FOTOMETRİK UYGULAMALAR**

Çağdaş KANVERMEZ

Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Anabilim Dalı

Tezin Sunulduğu Tarih: 13 / 01 / 2012

Tez Danışmanı:

Doç. Dr. Faruk SOYDUGAN

ÇANAKKALE

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

ÇAĞDAŞ KANVERMEZ tarafından **DOÇ. DR. FARUK SOYDUGAN** yönetiminde hazırlanan “**BAZI ALGOL TÜRÜ ÇİFT YILDIZLARDA TAYFSAL VE FOTOMETRİK UYGULAMALAR**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Faruk SOYDUGAN

Danışman

Prof. Dr. Osman DEMİRCAN

Jüri Üyesi

Doç. Dr. Erdal EKİCİ

Jüri Üyesi

Sıra No :

Tez Savunma Tarihi: 13 / 01 / 2012

Prof. Dr. İsmet KAYA

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

Hazırlanan bu Yüksek Lisans tezi BAP tarafından 2011/014 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.

Çağdaş KANVERMEZ

TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleŐtirilmesinde, çalıŐmam boyunca benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen saygı değer danışman hocam Doç. Dr. Faruk SOYDUGAN'a, önerileri ile çalıŐmama katkıda bulunan Prof. Dr. A. Talat SAYGA, Prof.Dr. Ahmet ERDEM, Doç. Dr. Esin SOYDUGAN'a, özellikle gözlemlerde verdikleri yardımlar nedeniyle, ArŐ. Gör. Filiz KAHRAMAN, ArŐ. Gör. aęlar PÜSKÜLLÜ, ArŐ. Gör. Fahri ALİAVUŐ, Doktora Öğrencisi Tunç ŞENYÜZ'e ve hayatımın her evresinde bana destek olan değerli aileme sonsuz teŐekkürlerimi sunarım.

Çağdaş KANVERMEZ

SİMGELER VE KISALTMALAR

- EA:** Algol Türü Örtün Çift Yıldız
- EB:** β Lyare Türü Örtün Çift Yıldız
- EW:** W UMa Türü Örtün Çift Yıldız
- DB:** Ayrık Çift Yıldız
- SDB:** Yarı ayrık Çift Yıldız
- CB:** Değün Çift Yıldız
- NCB:** Değmeye Yakın Çift Yıldız
- oEA:** Zonklama Gösteren Algol Türü Çift Yıldız
- L₁:** Birinci Bileşenin Toplam Işıtma katkısı
- L₂:** İkinci Bileşenin Toplam Işıtmaya Katkısı
- L₃:** Üçüncü Bileşenin Toplam Işıtmaya Katkısı
- M_☉:** Güneş Kütleli
- R_☉:** Güneş Yarıçapı
- P_{zonk}:** Zonklama Dönemi
- T_e:** Yıldız Yüzeyinin Etkin Sıcaklığı
- S/G:** Sinyal/Gürültü Oranı
- q:** Çift Yıldızlarda Bileşenlerin Kütle Oranı (M_2/M_1)
- F_{1,2}:** Dönme Parametreleri
- A_{1,2}:** Bolometrik Albedo
- g₁₋₂:** Bileşenlerin Çekim Kararması Katsayıları
- T_{1,2}:** Bileşen Yıldızların Yüzey Sıcaklıkları
- M_{1,2}:** Bileşen Yıldızların Kütleleri
- R_{1,2}:** Bileşen Yıldızların Yarıçapları
- g :** Yıldızın Yüzey Çekim İvmeleri
- $\Omega_{1,2}$:** Bileşen Yıldızların Yüzey Potansiyelleri
- T₀:** Tutulma Başlangıç Zamanı
- P:** Çift Yıldızın Yörünge Dönemi

$K_{1,2}$: Bileşenlerin Dikine Hız Eğrilerinin Yarı Genlikleri
 $V_{0,\text{gamma}}$: Kütle Merkezinin Dikine Hızı
 $V_{1,2}$: Bileşenlerin Dikine Hızları
 RV : Dikine Hız
CCF: Çapraz Eşleşme Yöntemi
O-C: Gözlenen-Hesaplanan Minimum Zamanı Farkı
HR: Hertzsprung-Russel Diagramı
HJD: Heliosentrik Jülyen Günü
IRAF: Görüntü İndirgeme ve Analiz Paketi
CCD: Charge Coupled Device
W-D: Wilson-Devinney Yazılımı
ZAMS: Sıfır Yaş Anakolu
 λ : Dalgaboyu
C1: Mukayese Yıldızı
C2: Denet Yıldızı
e: Çift Yıldızın Yörünge Basıklığı
 $F_{1,2}$: Bileşenlerin Dönme Hızı Parametreleri
 $r_{1,2}$: Bileşenlerin Kesirsel Yarıçapları
 $vsini$: Ekvatoryal Dönme Hızının İzdüşümü
a: Çift Yıldızın Yörünge Yarı-büyük Eksen Uzunluğu
i: Yörünge Eğikliği
 $f(m)$: Kütle Fonksiyonu
E: Çift Yıldızın Çevrim sayısı
 $f(m_3)$: Üçüncü Cismin Kütle Fonksiyonu
 $\Delta P/P$: Yörünge Dönem Değişim Miktarı
 Δm : Küçük Kütleli Bileşenden Büyük Kütleli Bileşene Aktarılan Kütle Miktarı
 δm : Alfven Yarıçapı Kadar Uzaktan Kaybedilen Madde Miktarı
 ω : Çift veya Çoklu Sistemler için Yörünge Enberi Boylamı
v: Çiftin Kütle Merkezinin Konumunu Veren Gerçek Ayırıklık
ESA: Avrupa Uzay Ajansı (European Space Agency)

ÇAAM: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Astrofizik Araştırma Merkezi ve Gözlemevi

FWHM: Yarı Yükseklikteki Tam Genişlik

B-V: Renk Ölçeği

LITE: Işık-Zaman Etkisi

c: Işık Hızı

f: Zonklama Frekansı

ÖZET

BAZI ALGOL TÜRÜ ÇİFT YILDIZLARDA TAYFSAL VE FOTOMETRİK UYGULAMALAR

Çağdaş KANVERMEZ

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman : Doç. Dr. Faruk SOYDUGAN

13/01/2012, 57

Bu çalışmada, Algol türü örten çift yıldızlar olan IO UMa, AT Peg ve RY Gem'in tayfsal ve/veya fotometrik verileri analiz edilmiştir. IO UMa ve AT Peg sistemlerinin Catania Astrofizik Gözlemevi'nde alınan tayfları analiz edilerek, dikine hız eğrileri elde edilmiş ve yörüngeleri çözülmüştür. Sistemlerin kütle oranları sırasıyla, $0,136 \pm 0,002$ ve $0,488 \pm 0,007$ olarak bulunmuştur. IO UMa ve AT Peg'in sıcak bileşenlerinin dönme hızları ölçülerek, eş-dönmeye yakın hızlarda döndükleri belirlenmiştir.

IO UMa ve AT Peg'in ışıkölçüm gözlemleri Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Gözlemevi'nde yapılarak BVR süzgeçlerindeki ışık eğrileri elde edildi. IO UMa'nın bu çalışma ile ilk kez tayfsal ve fotometrik parametreleri belirlendi. Sistemin ışık eğrisinde ayrıca, sıcak bileşen kaynaklı değişimler belirlendi. Bu bileşenin dört baskın frekansa sahip δ Scuti türü bir değişen yıldız olduğu ilk kez bu çalışmada ortaya kondu. IO UMa ve AT Peg'in BVR ışık eğrileri birlikte çözümlenerek fotometrik parametreleri elde edildi. AT Peg'in ışık eğrisinde yaklaşık %25 oranında katkısı olan üçüncü ışık etkisi belirlendi. Uzun dönemli sistem RY Gem'in ASAS-V ışık eğrisi çözümlenerek fotometrik dönme parametresinin testi yapıldı. AT Peg'in yörünge dönem değişimi çalışılarak, sistemin döneminin yaklaşık $-0,03$ s/yıl oranında azaldığı hesaplandı. Ayrıca, O-C grafiğindeki dönemli değişimin olası bir üçüncü yıldızdan kaynaklandığı ortaya kondu. Olası üçüncü bileşen için minimum kütle $0,5 M_{\odot}$ olarak belirlendi.

Son olarak, IO UMa, AT Peg ve RY Gem'in yörünge ve ışık eğrisi çözümleri birleştirilerek bileşenlerin mutlak parametreleri ve sistemlerin uzaklıkları belirlendi.

Anahtar sözcükler: çift yıldızlar: örten çiftler – Algol türü çift yıldızlar: mutlak parametreler – teknik: tayfölçüm – ışıkölçüm – yıldızlar: IO UMa, AT Peg ve RY Gem

ABSTRACT

SPECTROSCOPIC AND PHOTOMETRIC APPLICATIONS IN SOME ALGOL TYPE BINARIES

Cağdaş KANVERMEZ

Çanakkale Onsekiz Mart University

Graduate School

Space Sciences and Technologies Thesis, Master of Science

Advisor : Assoc. Doc. Dr. Faruk SOYDUGAN

13/01/2012, 57

In this study, the spectroscopic and/or photometric data of Algol type eclipsing binaries, IO UMa, AT Peg and RY Gem have been analyzed. The radial velocities of the components of IO UMa and AT Peg were determined using the spectra of these systems taken from Catania Astrophysics Observatory. The orbit solutions of IO UMa and AT Peg were made and the mass ratio values are determined as $0,136 \pm 0,002$ and $0,488 \pm 0,007$, respectively. The projected rotational velocities ($v \sin i$) of the hotter components of IO UMa and AT Peg were measured and found that these components rotate almost synchronizedly.

The photometric observations of IO UMa and AT Peg were made at Çanakkale Onsekiz Mart University Observatory and the BVR light curves of these systems were obtained. In this work, the analysis of photometric and spectroscopic data of IO UMa was made for the first time. The BVR light curves of IO UMa and AT Peg were analyzed and the photometric parameters were determined. The third light contribution to the total light of AT Peg (with a rate of 25%) was found. In addition to this, the short period variations in the light curve of IO UMa caused by the hotter component were determined. It was found that the massive component of IO UMa is a δ Scuti variable with four frequencies. The ASAS-V light curve of the long period Algol RY Gem was analyzed and the photometric rotational parameter of the hotter component of the system was tested during the analysis. By studying the orbital period variation of AT Peg, it was found that the period is decreasing with a rate of 0,03 s/year. And also, the periodic variation in the O-C diagram of the system may be caused by a third body around the eclipsing pair. The minimum mass of the hypothetical component was found to be $0,5 M_{\odot}$.

Finally, combining the orbital and light curve solutions, the absolute parameters of the components of IO UMa, AT Peg and RY Gem and the distance of these systems were determined.

Keywords: binary stars: eclipsing binaries: Algols - absolute parameters – technic: spectroscopy, photometry, stars (individual): IO UMa, AT Peg and RY Gem

İÇERİK	Sayfa
TEZ SINAVI SONUÇ FORMU	ii
İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI.....	iii
TEŞEKKÜR	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	v
ÖZET	viii
ABSTRACT	xi
BÖLÜM 1 – GİRİŞ	1
1.1. Örten Çift Yıldızların Sınıflandırılması	1
1.2. Klasik Algoller	5
1.3. Tezin Amacı	6
BÖLÜM 2 – ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	8
2.1. Temel Parametre Dağılımları	8
2.2. Işıkölçüm Çalışmaları	9
2.2.1. Işık Eğrileri	10
2.2.2. Yörünge Dönemi Değişimleri	14
2.3. Tayfsal Çalışmalar	16
2.3.1. Dikine Hız Eğrileri	16
2.3.2. Tayf Çizgisi Değişimleri	17
2.3.3. Bileşenlerin Dönme Hızları	18
2.4. Bazı Kuramsal Çalışmalar ve Evrim Durumu	19

2.5. Çalışılan Yıldızların Tarihçe Bilgisi	21
BÖLÜM 3- MATERYAL ve YÖNTEM.....	24
3.1. Tayfsal Gözlemler ve Analiz Yöntemi	24
3.2. Fotometrik Gözlemler ve Analiz Yöntemi	27
3.2.1. Işık Eğrisi Analiz Yöntemi	29
3.2.2. Yörünge Dönem Analizi Yöntemi	30
BÖLÜM 4 – ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	32
4.1. Tayf Analizleri	32
4.1.1. Aday Sistemlerin Dikine Hız Ölçümleri ve Yörünge Çözümleri	32
4.1.2. Kütle Alan Bileşenlerin Dönme Hızları	37
4.2. Fotometrik Analizler	38
4.2.1. Işık Eğrilerinin Analizi	38
4.2.2. IO UMa'nın Sıcak Bileşeninde Zonklama	43
4.2.3. AT Peg'in Yörünge Dönem Analizi	46
BÖLÜM 5 – SONUÇ VE ÖNERİLER	49
KAYNAKLAR.....	54
Çizelgeler.....	I
Şekiller.....	II
Özgeçmiş.....	VI

BÖLÜM 1**GİRİŞ**

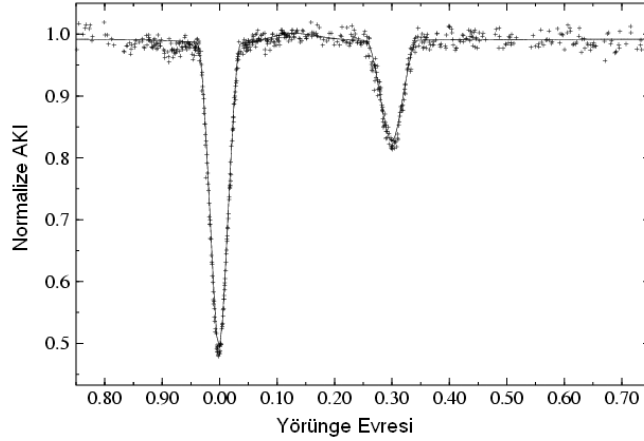
Evrenin temel taşı olan yıldızlar üzerine yüzyılı aşan süredir devam eden etkin araştırmalar, onların önemli bir bölümünün çift ya da çoklu sistem üyesi olduğunu göstermektedir. Son yıllarda yapılan gözlemlerden çift yıldız oranının %20-25 civarında olduğu görülse de, belirlenemeyen çift/çoklu yıldızlar dikkate alındığında bu oran yaklaşık %50 olduğu söylenebilir. Bu anlamda gökyüzünde görülen/gözlenen yıldızlar, tek yıldızlar ve çift/çoklu yıldız sistemleri olarak iki ana gruba ayrılabilir. Çoklu yıldız dizgelerinin en basit örneği çift yıldız olup bu sistemlerdeki bileşenler bağlı yörüngelerde ortak kütle merkezi etrafında hareket ederler. Çift yıldızları çalışmanın en önemli getirilerinden biri de yıldızların mutlak parametrelerinin en duyarlı bulunabildiği kaynaklar olmasıdır. Son yıllarda teleskop, alıcı teknolojisindeki gelişmeler ve ileri analiz tekniklerinin kullanılması, belirli tür çift yıldızların bileşenlerinin özellikle kütle ve yarıçap değerlerini yüzde birkaç duyarlılıkla hesaplanabilmesini sağlamıştır. Yıldızların temel parametrelerinin iyi bilinmesi yıldızların içyapı ve evrimlerinin anlaşılmasında çok önemli yer tutar. Ayrıca, yapılan kuramsal modellerin de test edilmesinde anahtar rol oynar. Farklı türler üzerine yapılan gözlemsel ve kuramsal çalışmalar incelendiğinde, çift yıldızların çok önemli astrofizik süreçleri barındırdığı ortaya çıkmaktadır. Bunlara örnek olarak, manyetik etkinlik, kütle kayıpları ve evrim, toplanma halkaları ve diskler, bileşen yıldızların birbirlerine uyguladıkları çekim etkileri – evrim ilişkisi verilebilir.

1.1. Örtün Çift Yıldızların Sınıflandırılması

Çift yıldızlar, belirlenme yöntemlerine göre alt sınıflara ayrılırlar: Görsel, astrometrik, tayfsal ve örtün çift yıldızlar. Bu tez çalışmasında seçilen örnekler, örtün çift yıldızların bir sınıfına ait olduğu için öncelikle bu yıldızlara ilişkin bazı temel özellikler ve sınıflamalar üzerinde durulacaktır.

Örtün çift sistemlerin, örtme ve örtülme nedeniyle ortaya çıkan ışık değişimlerinden çift yıldız oldukları anlaşılır. Işık eğrisi biçimlerine göre üç alt sınıfa ayrılırlar. Bunlar, Algoller, β Lyrae türü sistemler ve W UMa dizgeleri olarak bilinir. Algollerin (EA) ışık eğrilerinde genellikle tutulmalar dışında önemli bir ışık değişimi görülmez. Bu türde, birbirinden tamamen ayırık, küresel yapısı bozulmamış ve genellikle anakol yıldızı bileşenlerden oluşan, genç, ve basık yörüngeye sahip sistemler yer alırken diğer bir yandan biri anakol yıldızı diğeri ise evrimleşmiş alt-dev veya dev yıldız olan ve zaman zaman

kütle aktarımı gösteren sistemler de yer alır. Bu kavram kargaşası, ileride açıklanacak Roche sınıflaması ile ortadan kaldırılmıştır. Bu tezin kapsamında yer alan klasik Algol türü sistemler (yarı-ayrık dizgeler) üzerine ayrıntılı bilgi, ilerleyen bölümlerde verilecektir. Genç ve ayrık bir Algol türü sistem V477 Cyg'nin Değirmenci (2003) tarafından elde edilmiş V bandındaki ışık eğrisi ile çözüm sonunda bulunduğu parametrelerle çizilmiş kuramsal eğrinin uyumu Şekil 1'de verilmektedir.

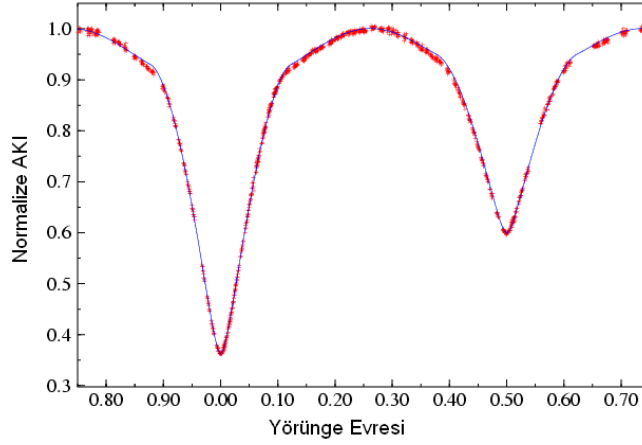


Şekil 1. Algol türü çift sistem V477 Cyg'nin Değirmenci (2003) tarafından elde edilmiş V bandı ışık eğrisi ve elde ettiği çözüm parametreleri kullanılarak Binary Maker yazılımı (Bradstreet, 1993) ile oluşturulmuş sürekli kuramsal eğri.

β Lyrae türü çift sistemlerde (EB), ışık eğrisinin hemen hemen tümünde ışık değişimi gözlenir. Tutulmalar, ışık eğrisinin önemli bir bölümünü oluşturur. Anakol bileşenli sistemlerde yörünge dönemleri bir ile birkaç gün aralığında yer alırken, eğer sistemde dev veya süper dev bileşen varsa çok daha uzun yörünge dönemine sahip olabilirler. Işık eğrisinde tutulmalar dışında da görünen ışık değişiminin nedeni, karşılıklı çekim etkileri nedeniyle yıldızların küresellikten uzaklaşmış olmasıdır. Minimum derinliklerdeki göreceli farklılıklar, bileşenlerin sıcaklık farklılıklarını ortaya koyar. Şekil 2'de bu türe örnek bir sistem olan TT Aur'un Bell (1987) tarafından elde edilen ışık eğrisi ve çözümden elde edilen parametreler ile oluşturulmuş kuramsal temsili gösterilmektedir.

W UMa türü dizgeler (EW), yörünge dönemi bir günden küçük olan ve yörünge evresinin her bölgesinde ışık değişimi sergileyen yıldız sistemlerdir. Minimum derinlikleri yakın olup bileşenlerin birbirini ile fiziksel etkileşime yapacak derecede yakın oldukları bilinir ki bu sistemler farklı sınıflamalarda “değen” ve hatta bazıları da “aşırı değen” dizgeler olarak isimlendirilir. A ve W türü olarak iki ana sınıfa ayrılırlar. A türü

sistemlerde, büyük kütleli yıldız, daha büyük yarıçaplı ve daha sıcakken W türü olanlarda ise büyük kütleli olan daha büyük yarıçaplı ancak diğer bileşenine göre daha soğuktur. Bazı W UMa türü dizgelerin ışık eğrilerinde zaman zaman asimetrisi de gözlenir. Çoğunlukla W türü sistemlerde, maksimum parlaklık düzeylerinde farklılıklar olarak belirlenen bu değişim “O’Connell etkisi” olarak bilinir. Şekil 3’de ise W UMa türü bir sistem AW Vir’in V ışık eğrisi (Lapasset, 1996) ve ışık eğrisi çözümünden elde edilmiş parametrelerle oluşturulmuş kuramsal eğrinin uyumu görülmektedir.

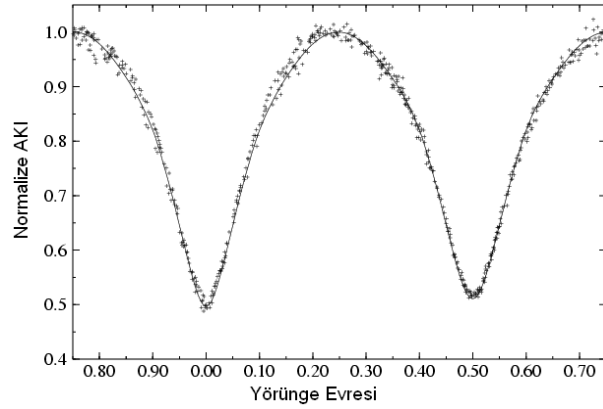


Şekil 2. β Lyrae türü çift sistem TT Aur’un Bell (1987) tarafından elde edilmiş B bandı ışık eğrisi ve Binary Maker yazılımı (Bradstreet, 1993) ile oluşturulmuş sürekli kuramsal eğri.

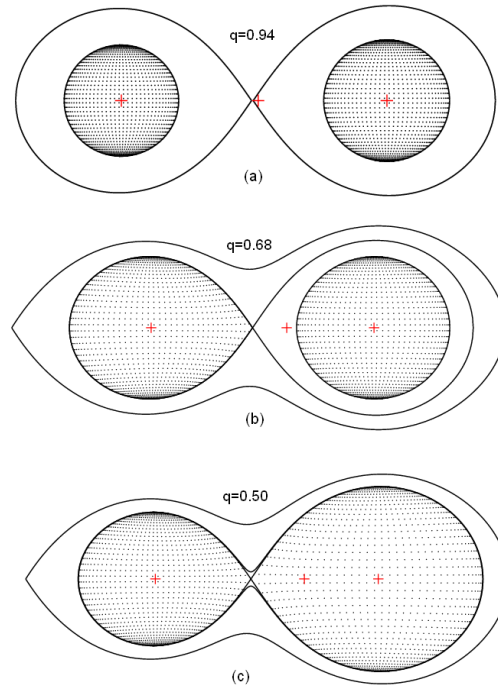
Günümüzde örten çift yıldızlar üzerine yapılan çalışmalarda, kullanılan önemli sınıflamalardan biri de Kopal (1959) tarafından verilen Roche sınıflamasıdır. Basitçe, bir çift yıldızın Roche modeli, bileşen yıldızların kütle merkezi etrafında çizilen ve yıldızın genişleyebileceği sınır hacmi gösteren iki lobdan meydana gelir. Bu iç lobları saran diğer eş-potansiyel yüzeyler de oluşturulabilir ve böylece bir sistemin Roche geometrisi belirlenir.

Bir çift yıldızın bileşenleri, Roche loblarının içinde yer alıyorsa bunlara “ayrık sistemler (DB)” adı verilir. Sistemin bileşenlerinden biri Roche lobunu doldurmuş diğeri ise hala Roche lobu içinde ise bunlara “yarı-ayrık sistemler (SDB)” ve her iki bileşen de Roche lobunu doldurmuş ise “değen sistemler (CB)” adı verilir. Yapılan bu sınıflama, çalışılan çift sistemlerin evrimlerinin anlaşılmasında da rol oynar. Şekil 4’te, ayrık, yarı-ayrık ve değen sistemlerin Roche geometrilerine ilişkin örnekler verilmektedir. Bu sınıflamada ayrıca, Roche geometrisi değen sistemlere benzeyen ancak bileşenlerden en az birisi Roche lobunun az bir hacmini doldurmamış (genellikle %10 veya daha az) sistemlere

“değmeye-yakın sistemler (NCB)” olarak ayrı bir isim verilir. Ayrıca, bileşenleri Roche lobundan taşmış olup ortak zarf içerenler de “aşırı-değen sistemler” olarak bilinir.



Şekil 3. W UMa türü çift sistem AW Vir’in Lapasset (1996) tarafından elde edilmiş V bandı ışık eğrisi ve Binary Maker yazılımı (Bradstreet, 1993) ile oluşturulmuş sürekli kuramsal eğri.



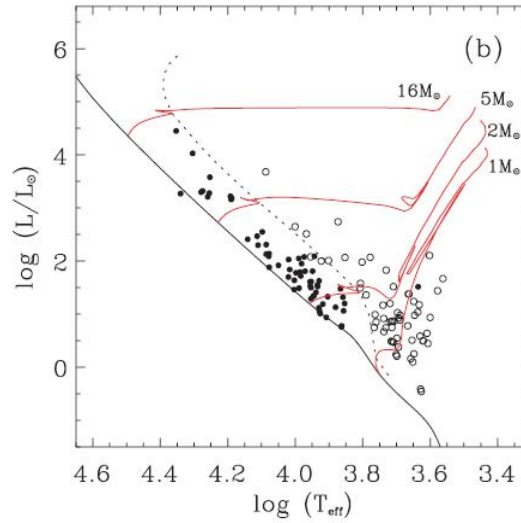
Şekil 4. Farklı kütle oranları ve yüzey potansiyellerine sahip bileşenlerden oluşmuş, ayrık (a), yarı-ayrık (b) ve değen sistemlerin (c) Roche geometrileri.

1.2. Klasik Algoller

Örten çiftlerin sınıflamalarına ilişkin bilgiler yukarıda verildi. Bu çerçevede, ışık eğrilerine göre sınıflamada Algol sınıfı, hem ayrık hem de yarı-ayrık sistemleri içerir. Bu durumda, klasik Algol tanımı, türe ismini veren Algol sisteminde de olduğu gibi, Roche loblarına göre yapılan sınıflamada yarı-ayrık ve ışık eğrilerine göre yapılan sınıflamada ise Algol türüne karşılık gelir. Klasik Algol ifadesi, bu türleri, Algol türü ışık eğrileri olan fakat ayrık-geçen olan sistemlerden ayırmak amacıyla kullanılmaktadır.

Bu tür dizgelerin optik ışık eğrileri, genellikle derin birinci minimum ve sığ bir ikinci minimumdan oluşur. Kütle aktarımının etkisi ancak uzun dönemli sistemlerde ışık eğrilerinde asimetrikler olarak kendini gösterir. Dikine hız eğrilerinde, büyük kütleli bileşenin küçük genlikli hız değişimi ile küçük kütleli bileşenin oldukça büyük genlikli hız eğrisi göze çarpar.

Klasik Algollerde, sıcak ve büyük kütleli bileşeni (birinci bileşen) henüz Roche lobununun içinde iken küçük kütleli ve soğuk bileşen (ikinci bileşen) ise evrimleşmiş ve Roche lobunu doldurmuştur. Birinci bileşenler anakol yıldızı olup tayf türleri genellikle B-A iken, ikinci bileşenler alt-dev veya dev sınıfında yer alan ve tayf türleri F-G-K olan yıldızlardır. Bu tür dizgelerin bileşenlerinin Hertzsprung-Russell (HR) diyagramındaki dağılımları Şekil 5'te gösterilmektedir (İbanoğlu ve ark., 2006).



Şekil 5. Klasik Algollerin birinci (siyah daire) ve ikinci bileşenlerinin (çember) HR diyagramındaki dağılımları (İbanoğlu ve ark., 2006). Farklı kütleler için evrim yolları da gösterilmektedir (Pols ve ark., 1998).

Şekilden de görüleceği üzere, birinci bileşenlerinin hemen hemen tümü anakol bandı içerisinde yer alırken, evrimleşmiş soğuk bileşenler anakoldan ayrılmış olup alt-dev ve dev bölgesinde dağılmışlardır.

Klasik Algollerin tüm mutlak parametrelerinin dağılımı ayırık sistemlerle karşılaştırıldığında da önemli farklılıklar ortaya çıkmaktadır. Yarı-ayırık sistemler olan SDB'lerde Roche lobunu doldurmuş küçük kütleli bileşenden büyük kütleli bileşene doğru kütle aktarımı beklenir. Evrim açısından bu ters durum Algol paradoksu olarak isimlendirilse de çift yıldız sistemini evriminin başlangıcından bugünkü durumuna kadar olan süreç izlendiğinde anlaşılır olmuştur (Crawford, 1955). Öncelikle büyük kütleli olan bileşen evrimleşerek Roche lobunu doldurmuş ve kütle aktarımı süreci başlamıştır. Çok hızlı gerçekleşen bu evrede sistemin kütle oranı ($q=M_2/M_1$) hızla küçülmüştür. Böylece bugün sıklıkla rasladığımız yavaş kütle aktarımı evresinde olan ve kütle oranı genellikle 0,5 değerinin altında olan sistemler karşımıza çıkmıştır. İbanoğlu ve ark. (2006) çalışmasında yer alan verilere göre, çift yıldız evriminde önemli bir parametre olan kütle oranının ortalama değeri yarı-ayırık klasik Algoller için 0,27 iken, ayırık sistemler için bu değer 0,88 yöresindedir. Bu istatistik veriler de, klasik Algoller için çizilen evrim senaryosunu doğrulamaktadır.

Klasik Algollerin verilerini derleyen en son ve önemli çalışma Budding ve ark. (2004) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmanın veritabanı yaklaşık 450 kadar yıldız içerse de, bunlar içinde klasik Algol olma olasılığı yüksek olanların sayısı 240 yöresindedir. Katalog çalışması, fotometrik ve tayfsal veriler ile birlikte mutlak parametre bilgisini de içermektedir.

Tez çalışmasına konu olan klasik Algoller üzerine daha ayrıntılı bilgiler gelecek bölümde verilecektir.

1.3. Tezin Amacı

Yarı-ayırık klasik Algoller, örten çift yıldızlar içerisinde, evrim durumları, içerdikleri fiziksel süreçler bakımından önemli kaynaklardır. Bir klasik Algol doğası itibarıyla, kütle aktarımı – toplanması süreçleri, aktif ikinci bileşen kaynaklı manyetik etkinlik ve kütle kaybı, sıcak bileşenlerin zonklamaları gibi çok sayıda önemli süreci barındırabilir. Ayrıca, çift yıldız evriminde, önemli bir anahtar oluşturabilecek sistemler olarak değerlendirilmektedir. Özellikle kütle aktarımı ve kaybının evrim üzerindeki etkilerinin araştırılmasında çok fazla sayıda ve özellikle klasik Algolün araştırılması önem kazanmaktadır.

Klasik Algollerin bugüne kadar yayınlanmış önemli fotometrik ve tayfsal verilerinin yayımlandığı Budding ve ark. (2004) tarafından yapılan çalışmada; hem tayfsal hem de fotometrik çalışması bulunan sistemlerin sayısı sadece 60 civarındadır (Soydugan 2005). Bu bilgi bile, klasik Algoller üzerine çok daha fazla çalışma yapılmasının önemi ortaya koymaktadır.

Bu çalışmada, seçilen bazı klasik Algol türü çift yıldız sistemlerine yönelik gözlemlerle elde edilen veya literatürden bulunan fotometrik ve tayfsal veriler analiz edilerek farklı uygulamaların yapılması amaçlanmıştır. Göreli olarak kısa dönemli AT Peg ve uzun dönemli IO UMa dizgelerinin bu çalışmada elde edilen çok band ışık eğrileri ve tayflardan elde edilecek dikine hız eğrileri analiz edilerek sistemlerin yörünge ve bileşenlerinin fiziksel ve geometrik parametreleri elde edilecektir. Ayrıca, her iki sistemin tayflarında uygun çizgiler kullanılarak sıcak bileşenlerin dönme hızları belirlenecektir. Bir farklı uygulama olarak, AT Peg sisteminin dönem değişimi incelenecek ve yorumlanacaktır. Bunun yanında, seçilen uzun dönemli klasik Algol RY Gem'in ASAS veritabanından (<http://www.astrouw.edu.pl/asas/>) elde edilen ışık eğrisi çözülerek sıcak bileşenin fotometrik dönme parametresi araştırılacaktır. Böylece, seçilen aday yarı-ayrık dizgelerin fotometrik ve tayfsal veri analizlerinin modern yöntemlerle yapılarak ilgili sistemlerin anlaşılması amaçlanmıştır.

BÖLÜM 2 ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Klasik Algoller, çift yıldız evriminde kilit rol oynamasının yanında, yıldız astrofizğinde de önemli süreçleri içeren kaynaklardır. Evrimleşmiş bileşen ile anakol yıldızının aynı sistemde yer alması, kütle aktarımının anakol yıldızının evrimine ve yapısına etkisi, soğuk bileşen yüzeyinde olası manyetik etkinlik gibi konuların yanında son yıllarda yörünge dönemi ve açısal momentum evrimi, zonklama yapan sıcak bileşenler ön plana çıkan araştırma konularından olmuştur.

2.1. Temel Parametre Dağılımları

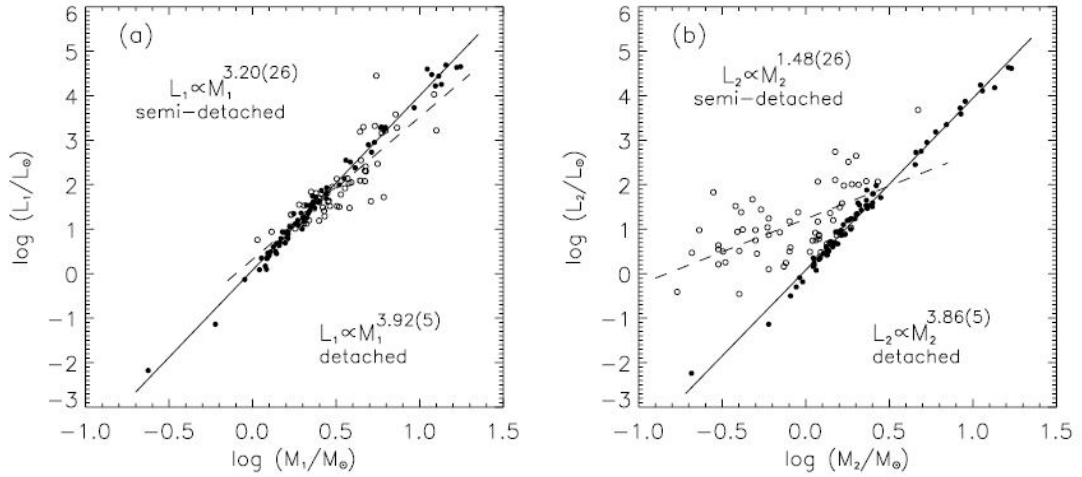
Önceki bölümde klasik Algoller ile ilgili bazı temel bilgiler verilmiş ve bileşenlerinin HR diyagramındaki dağılımlarından söz edilmişti. Budding ve ark. (2004) tarafından oluşturulan katalog çalışmasından derlenen bileşenlerin temel parametrelerinin (kütle, yarıçap, sıcaklık ve ısıtma) dağılımları Çizelge 1’de verilmektedir. Burada, kütle M , yarıçap R ve ısıtma L , Güneş parametreleri (M_{\odot} , R_{\odot} ve L_{\odot}) cinsinden verilirken sıcaklık K biriminde verilmektedir. Buradaki değerler, ışık eğrisi ve en az bir bileşenin dikine hız eğrisi bulunan 61 adet yarı-ayrı dizge için ortalamaları göstermektedir.

Çizelge 1. Klasik Algollerin Temel Parametre Dağılımları

Parametre	Ortalama Değeri
$M_1 (M_{\odot})$	3,7
$M_2 (M_{\odot})$	1,0
$R_1 (R_{\odot})$	3,2
$R_2 (R_{\odot})$	5,3
$T_1 (K)$	11066
$T_2 (K)$	5441
$\text{Log } L_1 (L_{\odot})$	3,00
$\text{Log } L_2 (L_{\odot})$	2,09

SDB türü sistemlerin bileşenlerinin kütle, yarıçap ve sıcaklık ortalama değerlerine bakıldığında, birinci bileşenlerin anakol, ikinci bileşenlerin ise anakoldan ayrılmış alt-dev/dev yıldızlar olduğu görülmektedir.

Yıldız astrofiziğinde önemli bağıntılardan biri de kütle-ışıtma ilişkisidir. Böylece aynı tür yıldız grubu için elde edilen $L \propto M^a$ (a , 3-5 arasında değerler alan bir sabit olup farklı grup yıldızlar için değişmektedir) bağıntısı, bu gruptan kütle veya ışıması bilinmeyen yıldızın parametresini belirlemekte kullanılabilir. İbanoğlu ve ark. (2006) tarafından bu ilişki, 61 SDB ve 74 DB için belirlenmiş ve Şekil 6'da birinci ve ikinci bileşenler için ayrı ayrı gösterilmiştir. Şekilde, ikinci bileşenler için açık farklılık görünmekte olup nedeni, ikinci bileşenlerin DB'lerde anakol yıldızı iken SDB'lerde ise alt-dev veya dev yıldız olmasıdır. İlk bakışta birinci bileşenler için $\log L$ - $\log M$ dağılımlarının çok benzediği görülür ki bu yıldızlar her iki türde de HR diyagramında anakolda yer alır. Ancak elde edilen denklemler incelendiğinde DB'lerde $L \propto M^{3,92}$ iken, SDB'lerde $L \propto M^{3,20}$ olarak belirlenmiştir. Elde edilen üstel katsayıların hataları da dikkate alınsa yine farklılık açıktır. Bu durumda, SDB türü yıldızlarda kütle alan bileşenler her ne kadar anakol bandında yer alsın da ayrı sistemlerin anakol bileşenleri ile aynı temel parametre özellikleri taşımamaktadırlar. Bunun nedeni olarak, SDB'lerde kütle aktarımı nedeniyle birinci bileşenlerin kütleleri ve buna bağlı olarak diğer parametreleri ile beraber evrimlerinde de değişiklikler olması söylenebilir. Bu durumda, anakol bandında yer almasına rağmen aynı kütledeki bir SDB türü yıldızın birinci bileşeni DB türü yıldızın bileşeninden daha küçük ışıtmaya sahiptir.



Şekil 6. SD ve DB türü örten çift yıldızların bileşenlerinin kütle-ışıtma dağılımları (İbanoğlu ve ark., 2006).

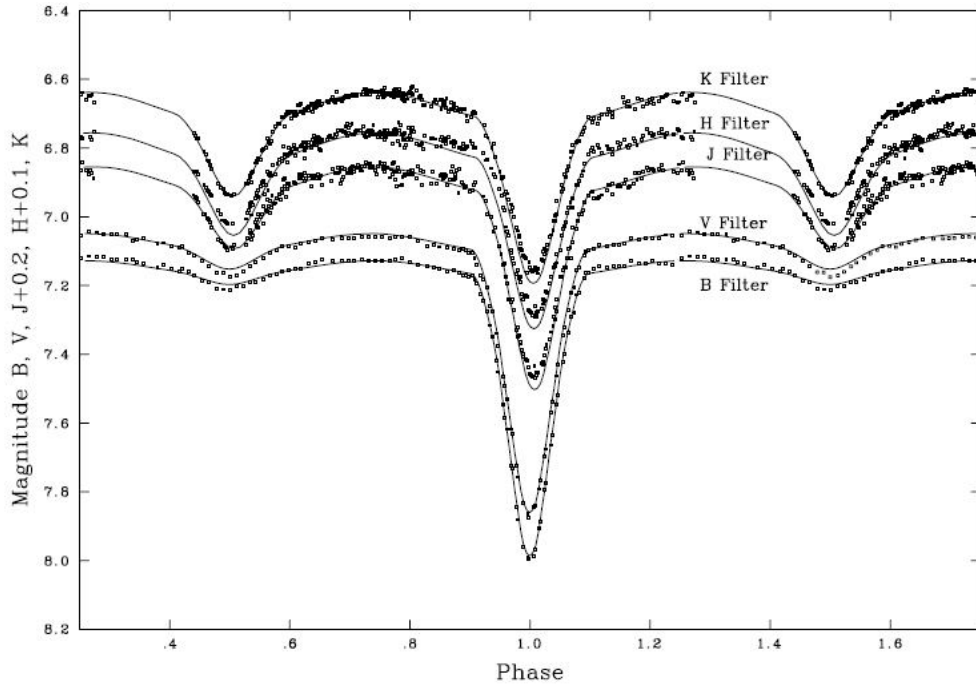
2.2. Işıkkölçüm Çalışmaları

Örten çift yıldızlarda ışıkölçüm çalışmaları, ışık eğrisi analizleri ve tutulma dışı değişimler ile tutulma zamanlarının analizinden yararlanılarak çalışılan yörünge dönem

değişimleri olarak iki ana başlıkta toplanabilir:

2.2.1 Işık Eğrileri

Klasik Algollerin önceki bölümde özetlenen temel parametreleri dikkate alınır, özellikle optik bölgedeki ışık eğrilerinin biçimleri kabaca açıklanabilir. Bu tür dizgelerin optik ışık eğrileri incelendiğinde sıcak bileşenin toplam ışıtmaya katkısı %80-95 arasındadır. Dolayısıyla optik bölgede elde edilen karakteristik ışık eğrileri derin baş minimum ve sıg yan minimumdan oluşmaktadır. Şekil 7’de klasik Algol AI Dra’nın optik bölgedeki B ve V ile kırmızıöte bölgedeki J, H ve K ışık eğrileri gösterilmektedir (Lazaro ve ark., 2004). J, H ve K eğrilerinde tutulma derinliklerinin birbirine yaklaşması çözüm duyarlılığını arttırmaktadır. Temelde, ışık eğrisi analizleri ile sistem ve bileşenlerin bazı fiziksel ve geometrik parametrelerinin belirlenmesi amaçlanmakta olup bu aşama bileşenlerin temel parametrelerine ulaşmada önemli bir adım olarak görülmektedir.

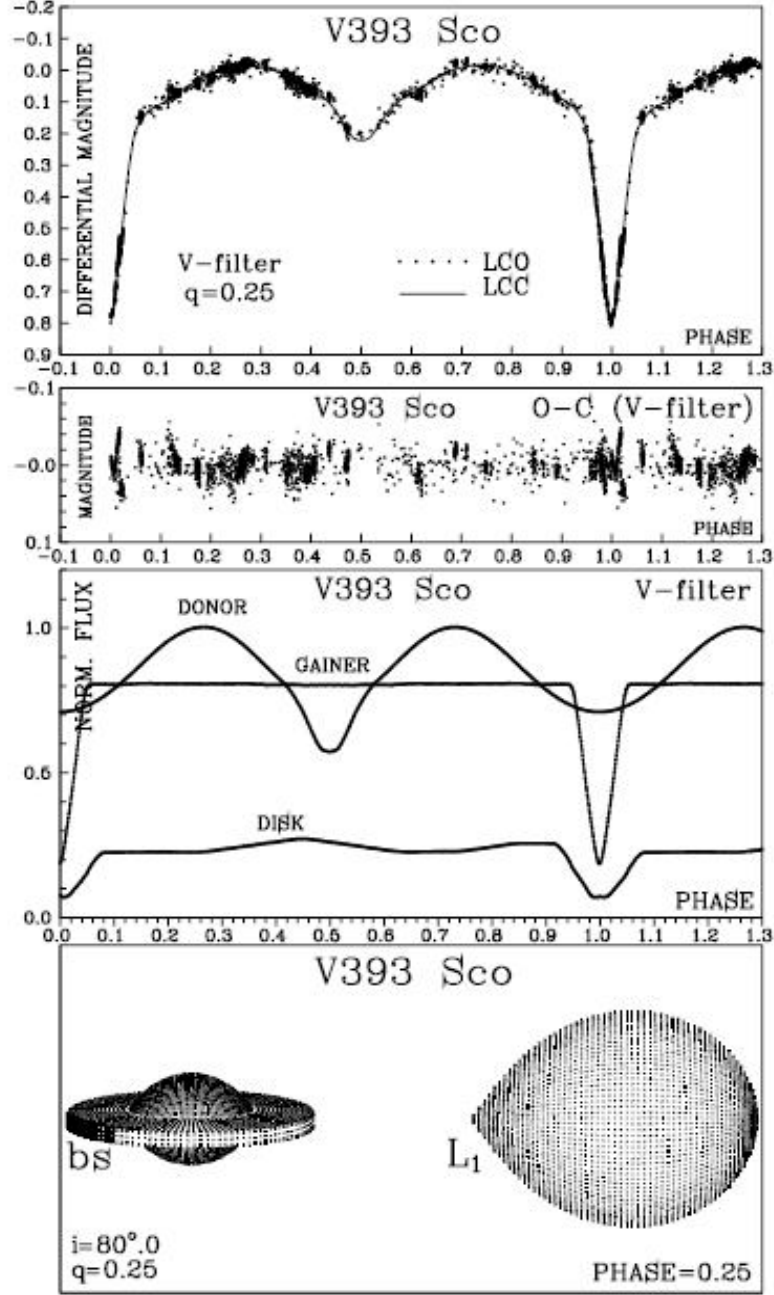


Şekil 7. AI Dra’nın BVJHK ışık eğrileri (Lazaro ve ark. 2004).

SDB türü dizgelerin ışık eğrilerinde, zaman zaman kütle aktarımı nedeniyle oluşan kalıcı diskler ya da toplanma halkalarının etkileri de görülebilir. Sistemlerin yörünge dönemine göre ışık eğrileri incelendiğinde;

- a. Uzun dönemli sistemlerde ($P_{yör} > 5-6$ gün); kalıcı disk yapıları nedeniyle baş minimum giriş-çıkış kolları ve minimum seviyelerinde farklılıklar görülebilir. Yoldaş bileşenler geri tayf türünden olduğu için manyetik etkinlik gösterebilir bu da baş minimum seviyesindeki değişimin bir diğer nedeni olabilir. Bu nedenle ışık eğrisindeki değişimler mutlaka tayf gözlemleriyle desteklenmelidir. Yan minimuma gelindiğinde ise asimetri ve daha derin bir yan minimum dikkat çekmektedir. Daha derin yan minimum oluşumunun nedeni diskin soğuk bileşeni örtmesidir. Şekil 8’de görece olarak uzun dönemli bir Algol dizge olan V393 Sco’nun disk etkisi ile modellenmiş V ışık eğrisi ve 0.25 evre için oluşturulmuş Roche geometrisi yer almaktadır (Mennickent ve ark. 2011). Şeklin orta bölümünde diskin yıldızın ışık eğrisinin özellikle birinci minimumunda (diskin tutulma etkisi) ve az da olsa ikinci minimumdaki etkisi kendini açıkça göstermektedir. Ayrıca son yıllarda özellikle CoRoT ve Kepler gibi uydularla yapılan oldukça duyarlı gözlemlerle ışık eğrilerinde farklı etkiler daha ayrıntılı çalışılmaya başlanmıştır. Bu tür bir çalışma için de örnek olarak, yaklaşık 11 gün yörünge dönemine sahip AU Mon sisteminin CoRoT ışık eğrisinin disk etkisi (disk yarıçapı $\approx 13 R_{\odot}$ ve sıcaklık aralığı ise 5190K-16000K) ile birlikte modellenmesi gösterilebilir (Djurasevic ve ark., 2010).
- b. Kısa dönemli sistemlerde ($P_{yör} < 2-3$ gün); kütle aktarımı nedeniyle sıcak bileşen üzerinde sıcak çarpma bölgesi oluşur ancak özellikle optik ışık eğrilerinde bu etkinin gözlemsel kanıtı bulmak kolay değildir. Buna rağmen, zaman zaman birinci minimum girişinde parlama gösteren sistemlere rastlanır.

Klasik Algollerin ışık eğrilerinin daha duyarlı elde edilmesiyle birlikte özellikle 2000’li yıllardan itibaren tutulmalar dışında kısa dönemli değişimler belirlenmeye başlandı. SDB türü dizgelerde sıcak bileşenlerin önemli bir bölümünün anakol A yıldızı olması, onların zonklama kararsızlık kuşağında yer alması anlamına gelir. Bu durumda, kütle alan bu bileşenler olası δ Scuti türü zonklayan yıldız adaydır (Soydugan ve ark., 2006). Son yıllarda ışıkölçümü çalışmalarında elde edilen mmag yöresindeki duyarlılık, bu şekilde çok sayıda Algol sistemde zonklama değişimleri keşfedilmesini sağlamıştır ki bu sistemlerde oEA (Ossillating Algol = Zonklayan Algol) olarak isimlendirilmişlerdir (Mkrtychian ve ark., 2004).



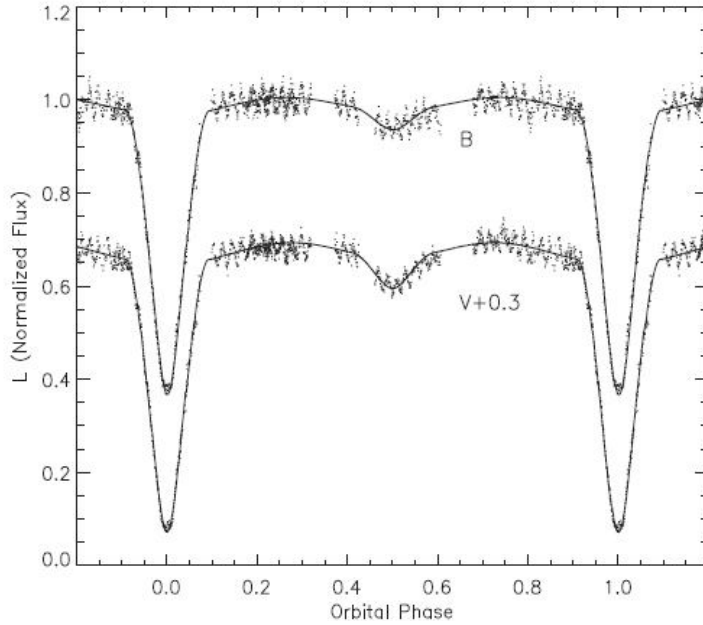
Şekil 8. Uzun dönemli Algol türü sistem V393 Sco'nun disk etkisi kullanılarak modellenmiş V ışık eğrisi ve 0.25 evredeki Roche modeli (Mennickent ve ark., 2011).

oEA türü sistemlere bir örnek olarak BG Peg gösterilebilir ki ışık eğrisi Şekil 9'da verilmiştir (Soydugan ve ark. 2011). Şekilde, özellikle tutulmalar dışındaki kısa dönemli değişimler açıkça görülmekte olup kaynağı A2 tayf türünden sıcak bileşenin zonklamasıdır. Aynı çalışmada, büyük kütleli bileşenin iki frekans ile zonklama yaptığı (24.54 ve 21.06 çevrim/gün) ve bu değişiminin V bandındaki toplam genliğinin $0^m.045$ olduğu belirlendi. Yine Soydugan ve ark. (2011) tarafından verilen son listede, bu tür

Algollerin sayısının da 40'a ulaştığı görüldü. Zonklayan bileşenli Algollerin zonklama dönemi (P_{zonk}) ile yörünge dönemi ($P_{yör}$) arasında ilişki olduğu ilk kez Soydugan ve ark. (2006) tarafından önerildi ve bu bağıntı son kez Liakos ve ark. (2012) tarafından yenilendi:

$$\log P_{zonk} = -1,56 (4) + 0,62 (8) \times \log P_{yör} \quad (2.1)$$

Bağıntı açıkça, kütle alan zonklayan bileşenlerin diğer bileşen tarafından etkilendiği ortaya koymaktadır. Bu alanda, kütle aktarımı gösteren Algollerde zonklama değişimleri ile kütle aktarımı ilişkisinin incelenmesi, zonklamaya yoldaş bileşenlerin çekim etkilerinin etkileri, bu tür yıldızların elde edilen dinamik kütleleri ile zonklama ve iç yapı modellerinin testleri, çalışılmaya başlanılan ve ileride daha etkin olacak konular olarak görünmektedir.



Şekil 9. Zonklayan bileşenli Algol türü sistem BG Peg'in BV ışık eğrisi ve ışık eğrisi analizi sonucu bulunan bileşen parametreleri ile elde edilmiş kuramsal eğriler (Soydugan ve ark., 2011)

Klasik Algollerde kütle aktarımının etkilerinden birinin de sıcak bileşenin dönme hızında gözlenen eş-dönmeden büyük hızlar olduğu kabul görmüştür. Yıldızlarda dönme hızı, tayf verisi kullanılarak farklı yöntemlerle bulunabilmektedir. Ancak, ışık eğrisi analizi ile de bu parametreye ilişkin bilgi elde etmek olasıdır. Işık eğrisinde dönmenin kendisi değil de F ile gösterilen dönme parametresi bulunmaktadır:

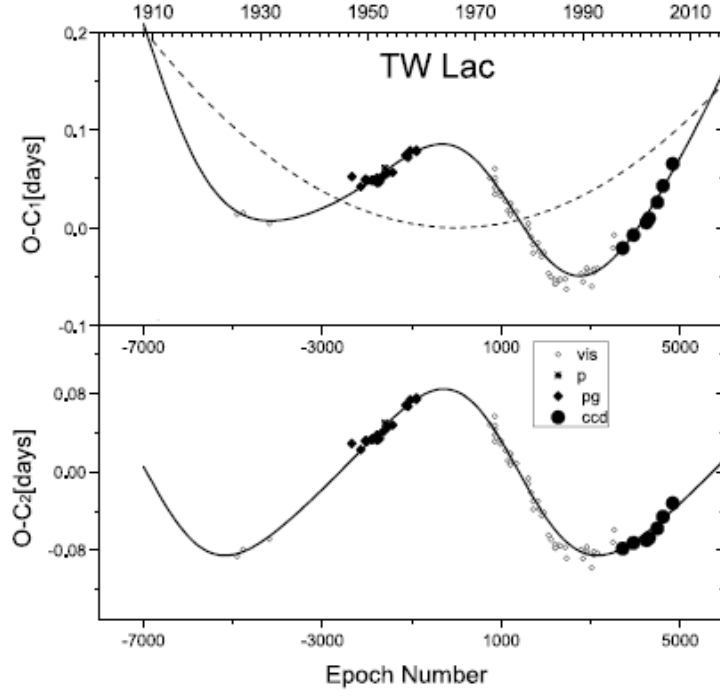
$$F = \frac{(v \sin i)_{göz}}{(v \sin i)_{eş}} \quad (2.2)$$

Bu oran, gözlenen dönme hızının sistemin yarıçap ve yörünge dönemi kullanılarak hesaplanan eş-dönme hızına oranı olarak verilir. Bu parametre, klasik Algollerde ikinci bileşen için 1 değerini aldığı farklı çalışmalarla gösterilmiştir. Ancak birinci bileşen için özellikle uzun dönemli sistemlerde genellikle daha büyük değerler alır. van Hamme & Wilson (1990), farklı tür Algoller için (RY Gem, RW Mon ve RW Tau), ışık eğrisi analizinde F_1 parametresini serbest alıp belirlemiş ve ışık eğrisine olan etkisini ortaya koymuştur.

2.2.2 Yörünge Dönemi Değişimleri

Örten çift yıldızlarda en kolay belirlenebilen parametrelerden biri de yörünge dönemidir. Işık eğrilerindeki birbirine izleyen tutulmalar, yörünge dönemini bulmamızı sağlar. Bunun yanında, duyarlı belirlenen minimum zamanlarının izlenmesi, eğer yörünge döneminde bir değişim varsa onu da ortaya çıkarılabilir. O-C yöntemi (gözlenen minimum zamanları ile hesaplananlar arasındaki farkın zamana göre değişimlerinin incelenmesi), bu zamanları kullanan yöntemlerden biridir.

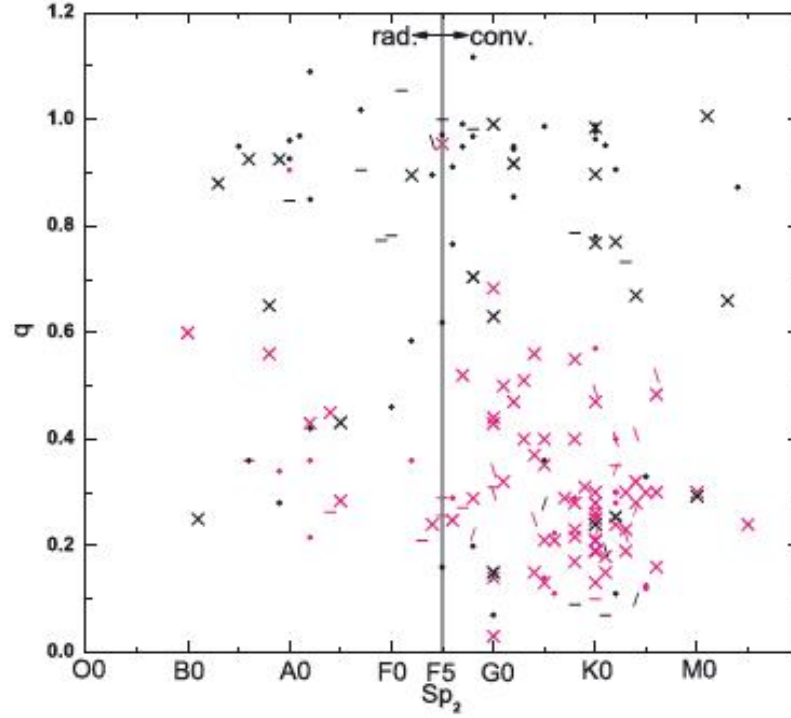
Klasik Algollerin yörünge dönem değişimleri, sistem özellikleri ve içerdikleri fiziksel süreçler nedeniyle farklı O-C değişimleri olarak kendini gösterir. O-C değişiminde, olası üçüncü cisim etkisi, soğuk bileşenin manyetik etkinliği, kütle aktarımı ve kaybı gibi süreçlerin biri veya birkaçının etkisi olabilir. Algol türü bir çift sistemi TW Lac'ın O-C değişimi Şekil 10'da verilmiştir (Erdem ve ark., 2007). Şekilde O-C değişiminin parabolik ve dönemselsel terimleri birlikte içerdiği açıktır. Bu değişimler, küçük kütleli bileşenden büyük kütleliye kütle aktarımı ($dM/dt \approx 6,4 \times 10^{-8} M_{\odot}/yıl$) ve sistem etrafında olası bir üçüncü cismin (minimum kütle $2,8 M_{\odot}$) ışık-zaman etkisiyle açıklanmıştır.



Şekil 10. TW Lac örten çift yıldız sisteminin O-C değişimi ve kuramsal eğrilerle (parabolik ve ışık-zaman etkisini gösteren dönemsel değişim terimleri kullanılarak) temsili (Erdem ve ark., 2007).

SDB'lerin dönem değişimlerinin karakteri incelendiğinde yaklaşık yarısının çevrimsel O-C değişimi gösterdiği, %25'lik kısmında dönem artışı, %15'lik kısmında dönem azalması ve %20'sinde ise birden fazla etkini birlikte gözlemlendiği belirlenmiştir (Soydugan, 2005). Klasik Algollerin yörünge dönem değişimlerine ilişkin başka bir istatistiksel çalışma ise Liao ve Qian (2010) tarafından yapılmıştır. Özellikle konvektif zarf içeren bileşene sahip Algollerin önemli bir bölümünün çevrimsel değişimler gösterdiği belirtilmiştir (bakınız Şekil 11). Şekilden de görüldüğü üzere, klasik Algollerde soğuk bileşenlerin de yörünge evriminde etkisi dikkate alınmalıdır.

Son yapılan çalışmaların birinde ise, zonklayan bileşenli klasik Algollerde, O-C değişimi çevrimsel olanların, bu tür değişimlerinin açıklanmasında ışık-zaman etkisi tartışmaya açılmıştır (Khaliullin ve Khaliullina, 2011). Yapılan çalışmada, AB Cas dizgesinin O-C grafiğindeki dönemli değişimin olası üçüncü cisim nedeniyle ortaya çıkması durumunda, bu etkinin sistemin sıcak bileşeninin zonklama kaynaklı değişim zamanlarında da görülmesi gerektiği savunulmuştur. Ancak, sıcak bileşenin zonklama değişimlerinin maksimum zamanlarında ışık-zaman etkisine rastlanılmadığı için, O-C grafiğindeki bu çevrimsel değişimin kaynağının soğuk bileşenin manyetik etkinliği olabileceği önerilmiştir (Khaliullin ve Khaliullina, 2011).



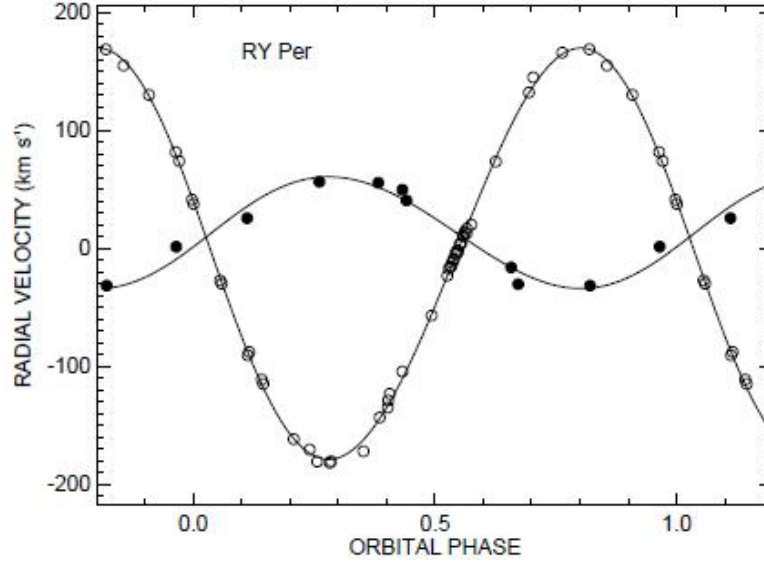
Şekil 11. Algollerde kütle oranı (q) – ikinci bileşenin tayf türü (Sp_2) düzleminde yörünge dönem değişimlerinin biçimleri. X çevrimsel, / artan, \ azalan, yörünge dönemine karşılık gelirken – ise dönemi değişmeyen sistemleri göstermektedir (Liao ve Qian, 2010).

2.3. Tayfsal Çalışmalar

2.3.1 Dikine Hız Eğrileri

Klasik Algollerde, bileşenlerin kütle aralıkları dikkate alındığında beklenen dikine hız eğrileri, farklı genlikli iki sinüs benzeri değişim içermelidir çünkü bu tür sistemlerde kütle oranı genellikle 0,5 değerinden küçüktür. Büyük kütleli bileşenin oldukça küçük genlikli dikine hız değişimine, bileşen etrafındaki madde dağılımının hız ölçümlerinde olumsuz etkisi de eklenince, özellikle uzun dönemli klasik Algollerde, sıcak bileşenin dikine hız eğrisi oldukça saçılmalıdır (örneğin bakınız Popper 1989). Bunun yanında, optik bölgede sıcak bileşenin katkısının % 85-90 yöresinde olması, tayfta ikinci bileşenin çizgilerinin görülmesini veya görülsün bile duyarlı dikine hız ölçümlerini zorlaştırmaktadır. Bu nedenle, 2000’li yıllara kadar tayfları alınmış klasik Algollerin önemli bir bölümü tek çizgili tayfsal çift olarak bilinmekteydi. Ancak, veri kalitesinin artması yanında, modern analiz teknikleri, çok sönük bileşenlerin bile dikine hızlarının belirlenmesine yol açmıştır

(örneğin Soyduğan ve ark., 2007). Şekil 12’de SDB türü sistem RY Per’in dikine hız eğrisi verilmiştir (Barai ve ark., 2004). Ancak, hala çok az sayıda klasik Algolün her iki bileşenin de dikine hız eğrileri çıkarılmış ve yörüngesi tam olarak çözülmüştür. Bu nedenle, bu tür SDB’lerin çalışılmasının önemli büyüktür.



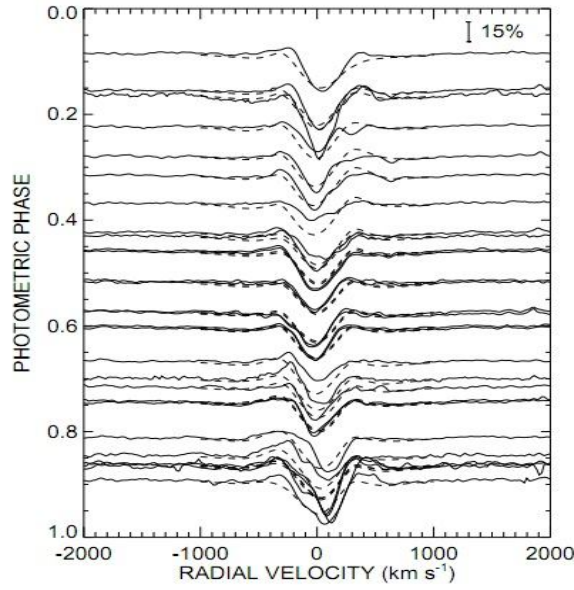
Şekil 12. Klasik Algol RY Per’in bileşenlerinin dikine hız değişimleri. Noktalar büyük kütleli, çemberler ise küçük kütleli bileşenin dikine hızlarına karşılık gelmektedir (Barai ve ark., 2004).

2.3.2 Tayf Çizgisi Değişimleri

SDB türü sistemlerde kütle aktarımı ve toplanma yapılarıyla ilgili bilgi alabilmek için bu etkilerin görüleceği tayf çizgileri üzerinde çalışılmaktadır. Özellikle $H\alpha$ çizgisi (6563 Å) çalışılarak kütle aktarımı ve toplanma yapısıyla ilgili önemli bilgiler elde edilebilir. Bunun yanında, bu tür süreçleri çalışmak için, He I (6678 Å), Si II (6370 Å), Si IV (1394 Å), Fe III (1122 Å) çizgileri de kullanılabilir.

$H\alpha$ çizgisindeki ek salma ve soğurma yapıları ile toplanma diski yapısı ve geometrisi hakkında bilgi edinilmeye çalışılmaktadır. Barai ve ark. (2004)’nın çalışmasında, RY Per için elde edilen $H\alpha$ çizgi profilinde, hidrodinamik simülasyon kullanılarak disk yoğunluğu ve geometrisinin değişimleri incelenmiştir. Şekil 13’de tutulma dışındaki evrelerde disk yoğunluğu değiştirilerek elde edilen tayf modeli ile gözlemsel tayf verisi karşılaştırılmıştır. Görülen profillerde merkezi soğurma yanında salmalar dikkat çekmektedir ki bu durum

0,8-1,0 evre aralığında çok daha belirgindir. Bu da RY Per'in baş bileşi çevresinde kalıcı fakat zamanla değişen bir disk yapısının olduğunu göstermektedir. Diskin yaklaşan ve uzaklaşan kısımlarında sırasıyla maviye ve kırmızıya kayma görülmekte olup, yoldaş bileşenin diski kapatma durumuna göre de salmaların şiddetleri değişmektedir. Özellikle yörünge dönemi 5-6 günden büyük olan SDB'lerde çift pikli salmalar görünürken, 3-5 gün dönem aralığındaki sistemlerde ise tek pik ve değişken H α yapıları görünür. Daha kısa dönemli sistemlerde ise toplanma yapısı olmadığından, nadiren zayıf salmalar ve bazen de ek soğurma yapıları görülebilir (Richards ve Albright, 1999).



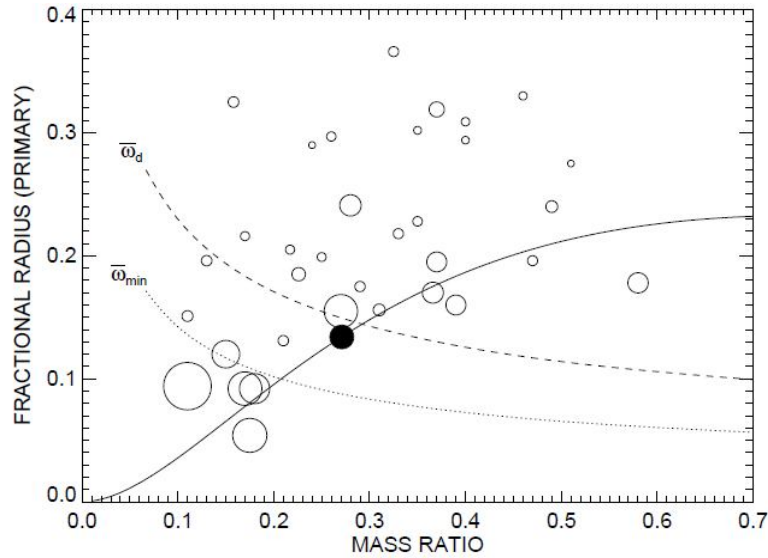
Şekil 13. RY Per'in ikinci bileşen etkisi çıkarıldıktan sonra elde edilen H α çizgi profili ile farklı disk yoğunluklu modellerin gösterimi (Barai ve ark., 2004).

2.3.3 Bileşenlerin Dönme Hızları

Klasik Algollerin evrim durumları onların bileşenlerinin dönme-dolanma kilitlenmesine sahip olması gerektiğini ortaya koyar (Soydugan ve ark. 2005, Dervişoğlu ve ark., 2010). Ancak, kütle alan sıcak bileşenlerin tayf çizgileri kullanılarak bulunan dönme hızları ($v \sin i_1$), özellikle uzun dönemli sistemlerde genellikle eş-dönmeden daha büyük değerler almaktadır (örneğin, Glazunova ve ark., 2008). Soğuk bileşenlerin ise eş-dönme hızına sahip oldukları görülmektedir. Bu durumda, kütle aktarımının sıcak bileşenin yüksek dönme hızının kaynağı olduğu farklı kaynaklarda önerildi (Olson ve Etzel, 1993; Glazunova ve ark., 2008). Özellikle, toplanma diski bulunan uzun dönemli sistemlerde, toplanan maddeden bileşen yıldıza doğru aktarılan açısal momentum, kütle alan yıldızın

eş-dönmeden çok daha hızlı dönmesine neden olmaktadır (Dervişoğlu ve ark., 2010). Barai ve ark. (2004) tarafından, uzun dönemli RY Per üzerine yapılan ayrıntılı çalışmada, sıcak bileşenin eş-dönmeden 7 kat daha hızlı döndüğü ortaya konmuştur. Şekil 14'te RY Per'in r_1 -q diyagramında diğer klasik Algollerle birlikte konumu gösterilmiştir. Bu şekilde $\bar{\omega}_{\min}$, akan maddenin kütle alan bileşene yaklaşabileceği minimum uzaklığı, $\bar{\omega}_d$ ise toplanma diskinin kesirsel dış yarıçapını göstermektedir. Şekilden de görüldüğü üzere, $\bar{\omega}_{\min}$ eğrisinin altında kalan Algollerin sıcak bileşenleri hepsi eş-dönme hızından çok daha büyük hızlarla dönmektedir ki bu sistemler disk yapısı içerirler.

Bu durumda, kütle alan bileşenin dönme hızı da, kütle aktarımı için bir belirteç olup zamana bağlı değişiminin incelenmesi de kütle/açısal momentum aktarımının değişimlerinin incelenmesi için oldukça önem kazanmaktadır.



Şekil 14. Çok sayıda klasik Algolün r_1 -q (birinci bileşenin kesirsel yarıçapı ile kütle oranı) diyagramında gösterimi. İçi dolu daire RY Per'i göstermekte olup çemberlerin büyüklükleri, onların eş-dönmeden ne kadar büyük hızla döndüklerini göstermektedir. Sürekli çizgi RY Per'in korunumlu kütle aktarımı için evrim yolunu göstermektedir (Barai ve ark., 2004).

2.4. Bazı Kuramsal Çalışmalar ve Evrim Durumu

Yıldızların kimlikleri kütle, yarıçap, ışıma, kimyasal bileşim ve yaşlarıyla belirlenir. Buna göre yıldızları daha sonrasında gökada ve evreni anlamak için bu parametrelerin iyi bilinmesi gereklidir (Torres, 2010). Tek yıldız evriminde kütle ve kimyasal bileşim temel

parametredir ve evrim modelleri sabit kütleyle göre yapılmaktadır. Ancak çift yıldızlarda kütle/açısal momentum kaybı, bileşenler arası kütle aktarımı ya da manyetik aktivite gibi nedenlerden dolayı bileşenlerin kütlesi sabit kalmamaktadır.

Çift yıldız sistemlerinde bileşenlerin boyutları, iç Lagrange (L_1) noktasından geçen sıfır hız yüzeylerinin boyutu ile sınırlıdır (Crawford, 1955). Evrim sürecinde, genişleyen bileşen Roche lobunu doldurur ve L_1 noktasından kütle aktarımına başlar. Yıldız evriminden bilindiği gibi kütlesi büyük olan bileşen daha çabuk evrimleşir. Ancak klasik Algollerde görüldüğü gibi daha düşük kütleli bileşen daha evrimleşmiş olarak karşımıza çıkar. Bu çelişkinin açıklaması Crawford (1955) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmaya göre; kütle aktarımının başlamadığı süreçte, bugün yoldaş olarak gözlenen bileşen aslında daha büyük kütleli ve ışımalıdır. Dolayısıyla daha çabuk evrimleşecek yıldızdır. Bugün baş bileşen olarak gözlenen yıldız ise, kütle aktarımının başlamadığı süreçte daha düşük kütleli ve ışımalı olarak karşımıza çıkacaktır. Merkezdeki yakıtını bitiren ve kararsızlaşan bileşen yarıçapını genişletir. Bu genişleme iç Roche lobunu doldurana kadar sürecektir. Bundan sonraki süreçte de yıldız genişlemek isteyecek ancak bu mümkün olmayacaktır ve L_1 noktasından diğer bileşene kütle aktarımı başlayacaktır. Aktarılan kütle yıldız yüzeyinde dağılması ile kütle alan yıldız Hidrojence zenginleşecektir. Kütle aktarımı sayesinde kütle alan yıldız daha büyük kütleyle ve dolayısıyla daha fazla ışıtmaya sahip olacak, bugün baş bileşen olarak karşımıza çıkacaktır. Kütle aktarımının başladığı ilk süreçte aktarım hızı yüksek ve bileşenler arasında güçlü etkileşimler söz konusudur (Pavlosvski, 2006).

Basit olarak tek yıldız evriminde üç temel süreç vardır (Kippenhah, 1967): Anakol süreci, kırmızı dev ve kırmızı süperdev olma süreci. Çift yıldızların evriminde bileşenler birbirlerinden bağımsız olarak evrimleşemezler. Bileşenlerin birbirlerine uyguladıkları çekim kuvveti nedeniyle evrim sürecinde bileşenlerin genişlemeleri Roche lobları ile sınırlanır. Evrim sürecinden genişleyen bir bileşen Roche lobunu doldurduğunda diğer bileşene L_1 noktasından kütle aktarmaya başlar. Kütle aktarımının başladığı anda bileşenlerin evrim durumu önemlidir. Çift yıldızlarda kütle aktarımı başlangıcı için üç durum önerilmiştir (Hilditch, 2001):

DURUM A: Başlangıç yörünge dönemi birkaç gün kadar kısa olan sistemlerde, kütle veren bileşen merkezde H yaktığı evre olan anakol evresinde Roche lobunu doldurur ve kütle aktarmaya başlar.

DURUM B: Başlangıç yörünge dönemi birkaç gün ile 100 gün arasında olan sistemlerde, kütle veren bileşen anakoldan kırmızı deve hızlı geçiş sürecinde Roche lobunu doldurur ve kütle aktarmaya başlar. Kütle veren bileşen kırmızı dev olduğunda merkezde He yanmasından dolayı kütle kaybı kesildikten sonra kütle aktarımı Durum BB olarak sınıflandırılır.

DURUM C: Başlangıç yörünge dönemi 100 günden fazla ise yıldız üstdev olana kadar Roche lobunu doldurmadan evrimleşebilir.

Van Rensbergen (2010) tarafından yapılan çalışmada, baş bileşenin başlangıçta B türü olduğu Algol türü sistemler incelenmiştir. Kütle aktarımının ilk başladığı evrede yani hızlı kütle aktarım evresinde, kütle veren bileşenin başlangıç kütlesi ve yörünge dönemine bağlı olarak kaybedilen kütle miktarı incelenmiş ve bu sistemler için bağımsız evrim modeli oluşturulmuştur. Bu çalışmada yapılan hesaplamalarla, erken B türü sistemler için (kütle aktarımının ilk başladığı evrede kütle veren bileşenin çekirdeğinde H yanmaktadır) korunumsuz kütle aktarımı ile oluşturulan modeller denenmiştir. Korunumlu kütle aktarımı varsayımı ile kütle oranı 0,4 altında olan Algoller'in sadece %12'si kadarında uyum sağlanmaktadır.

Son yıllarda klasik Algollerin açısal momentumları ve değişimleri üzerine de çalışmalar üretilmiştir. İbanoğlu ve ark. (2006), klasik Algollerini uzun ve kısa dönemli sistemler olarak iki gruba ayırarak açısal momentum durumlarını karşılaştırmıştır. Buna göre, $P > 5$ gün dönemli yarı ayrıklarda açısal momentum, $P < 5$ gün olanlara göre %65 kadar daha fazla olduğu görülmüştür. Nedeni olarak ta, yakın çiftlerin evrimleri sırasında ortaya çıkan kütle kaybı ve ayrıca diskli sistemlerde (özellikle $P > 5$ gün) toplanma disklerinde tutulan açısal momentum önerilmektedir. Başka bir çalışmada ise Dervişoğlu ve ark. (2010) tarafından klasik Algollerin dönme açısal momentumlarının evrimi araştırılmıştır. Bu tür dizgelerde kütle alan birinci bileşenler, diskten baş bileşene kütle aktarılması nedeniyle hızlı dönecektir ancak kritik hıza ulaşamamaktadırlar. Bu çalışmada, çekimsel kuvvetlerin bu tür sistemlerde dönme hızını yavaşlatacak bir etkisi olmadığı belirlenmiş ayrıca dönme hızını düşürmede manyetik rüzgarların etkili olacağı ortaya konmuştur.

2.5. Çalışılan Yıldızların Tarihçe Bilgisi

IO UMa, HIPPARCOS uydusu tarafından keşfedilmiş Algol türü çift sistemdir (ESA, 1997). Aynı çalışmada, sistemin yörünge dönemi 5,52 gün ve uzaklığı 282 pc olarak

verilmiştir. Simbad veritabanında tayf türü A3 olarak belirtilmiştir. Sistemin literatürde yayınlanmış ayrıntılı bir çalışması bulunmamaktadır. Bu nedenle, bu çalışmada ilk kez tayfsal ve fotometrik çalışması verilecektir.

AT Peg'de görel olarak kısa dönemli (yaklaşık 1,15 gün) klasik Algol türü örten çift sistemdir. Simbad veritabanında sistemin V bandındaki parlaklığı $8^m,97$ olarak verilmiştir. Uzaklığı 360 pc, tayf türü ise A4V+G'dir (Maxted ve ark. 1994). Fotometrik çalışması ilk kez Cristaldi ve Walter (1963) tarafından yapılmıştır. Tayf çalışması ise ilk kez Hill (1972) tarafından yapılmış olup yalnızca baş bileşenin dikine hızı elde edilmiştir. Yörünge dönem değişimi çalışmasını Margrave (1981) yapmış ve dönemin değiştiğini belirlenmiştir. Diğer bir fotometrik çalışma sonraki yıllarda Gülmen ve ark. (1993) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada, sistemin B,V filtrelerinde 13 gecelik gözlem ile ışık eğrisi elde edilmiş, analizi yapılmış ve sistem ve bileşenlerin fotometrik parametreleri belirlenmiştir. Aynı çalışmada sistemin yörünge döneminin azaldığı belirlenmiştir. AT Peg üzerine literatürde yayınlanan son çalışmada ise, bileşenlerin elde edilen dikine hız eğrileri ve Cristaldi ve Walter (1963) tarafından yayınlanan ışık eğrisi kullanılarak, bileşenlerin mutlak parametreleri elde edilmiştir (Maxted ve ark. 1994).

RY Gem'de klasik Algol türü bir örten çift sistemdir. Simbad veritabanında V bandındaki parlaklığı $8^m,68$ 'dir. Yörünge dönemi ise Kreiner (2004) tarafından 9,30047 gün olarak verilmiştir. İlk çalışması 1946 yılında Gaposchkin (1946) tarafından hem fotometrik hem de tayfsal veri kullanılarak yapılmış, baş bileşen ve yoldaş bileşen tayfı A2-K2 olarak verilmiştir. Hall (1976) tarafından yapılan dönem çalışmasında, dönemde azalma olduğu bunun da kütle aktarımından kaynaklı olarak yörünge açıl momentumunun değişiminden kaynaklandığı belirtilmiştir. Hall (1982) yapılan çalışmada ise sıcak bileşen çevresinde parlak bir halka olduğunu belirtmiştir. van Hamme ve Wilson (1990), tayfsal ve fotometrik verileri göz önünde bulundurarak, ışık eğrisinden elde edilen dönme parametresinin ne kadar güvenilir olduğunu test etmeye çalışmıştır. Bu çalışmada RY Gem için elde edilen parametreler; $a=25,67R_{\odot}$, $T_1=9400K$, $T_2=4043K$, $q=0,174$, $i=83^{\circ},097$, $F_1=14,42$, $V_{\gamma}=14,99$ km/sn'dir. Soğuk bileşenin senkronize olduğu göz önünde bulundurulurken $F_2=1$ alınmıştır. Elde edilen parametrelere göre sıcak bileşenin senkronize olmadığı ve daha hızlı döndüğü belirlenmiş ve bunun nedeninin de kütle aktarımı olduğu belirtilmiştir. Sarna (1997) tarafından yapılan çalışmada; sıcak ve soğuk bileşenlerin senkronize döndüğü ($F_1=F_2=1$) varsayılarak; $q=0,1925$, $T_1=9030$ K, $T_2=3992$ K, $i=82^{\circ},73$ değerleri elde edilmiş ve üçüncü cisim katkısı (I_3) yalnızca U filtresinde 0,012 değerinde elde edilmiştir, BV filtrelerinde ise üçüncü cisim katkısı

bulunamamıştır. Glazunova ve ark. (2008) tarafından yapılan çalışmada ise, tayfsal analiz sonucunda soğuk bileşen hızı elde edilememiş yalnızca sıcak bileşen hızı elde edilmiş ve F dönme parametresi baş bileşen için 5,5 bulunmuştur.

BÖLÜM 3

MATERYAL VE YÖNTEM

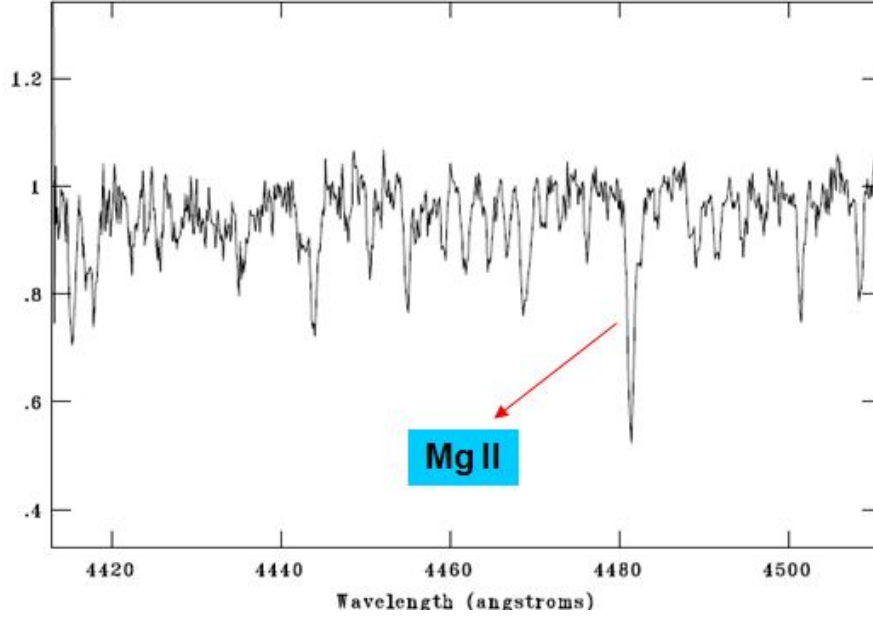
Bu bölümde, tez çalışmasında seçilen aday yıldızların yapılan tayfsal ve fotometrik gözlem bilgileri, elde edilen veri ve dağılımları, kullanılan analiz yöntemleri ile ilgili bilgi verilecektir.

3.1. Tayfsal Gözlemler ve Analiz Yöntemi

Tez çalışmasında seçilen yıldızlardan IO UMa ve AT Peg'in tayf gözlemleri İtalya'da bulunan Catania Astrofizik Gözlemevi'nde yapılmıştır. Gözlemlerde, 91 cm çaplı Cassegrain teleskobuna bağlı echelle tayfçekeri (FRESCO) kullanılmıştır. Tayf verisi ortalama $R \approx 21000$ çözümleme gücünde, 4300–6650 Å aralığında 19 diziye yayılmış olarak alınmıştır. Verinin kaydedilmesinde arkadan aydınlatmalı 1024x1024 piksel boyutlarında (piksel büyüklüğü: 24x24 µm) ve sıvı nitrojen ile -130 °C'ye kadar soğutulan bir CCD kamera kullanılmıştır.

Tayf verisinin indirgenmesinde IRAF yazılımının (iraf.noao.edu/) echelle paketi kullanılmıştır. İndirgeme aşamaları sırasıyla şu şekilde verilebilir: bias düzeltmesi, saçılmış ışık düzeltmesi, görüntünün tayfa dönüştürülmesi, yıldız tayflarının flat lamba tayfına bölünmesi, Th-Ar lambasının salma tayfı kullanılarak dalgaboyu kalibrasyonu ve sürekliliğe yapılan uygun polinom fitleri ile tayfin normalize edilmesi.

IO UMa sistemi, 09.04.2004 – 27.07.2004 tarihleri arasında gözlenmiş olup alınan tayf sayısı 23'tür. Tayflar, gözlem gecesinin kalitesine ve yıldızın parlaklığına uygun olarak 2200–3600s arasında poz süresi kullanılarak alınmıştır. Elde edilen S/G (Sinyal/Gürültü) oranı ise 30-100 aralığındadır. Sistem, HIPPARCOS uydusu tarafından yeni keşfedilmiş (ESA 1997) ve çalışılmamış olması nedeniyle tayf türü iyi bilinmese de SIMBAD veritabanında tahmin edilen A3 tayf türü, kabaca sıcak bileşenin tayf türü olarak kabul edilebilir. Yine HIPPARCOS tarafından yayınlanmış ve bu çalışmada elde edilen ışık eğrisinde ikinci tutulmanın çok sığ olması, ikinci bileşenin geri tayf türünden soğuk bir yıldız olduğunu ortaya koyar. Buna göre, bileşenlere uygun, düşük dönme hızlı, sabit ve bilinen dikine hız değerleri bulunan, θ Leo (A3V) ve Vega (A0V) ile α Boo (K1.5 III) yıldızları birinci ve ikinci bileşen için standart yıldız olarak gözlenmiştir. Şekil 15'te IO UMa'nın Mg II (~4481 Å) bölgesinde indirgenmiş örnek bir tayfı verilmektedir.

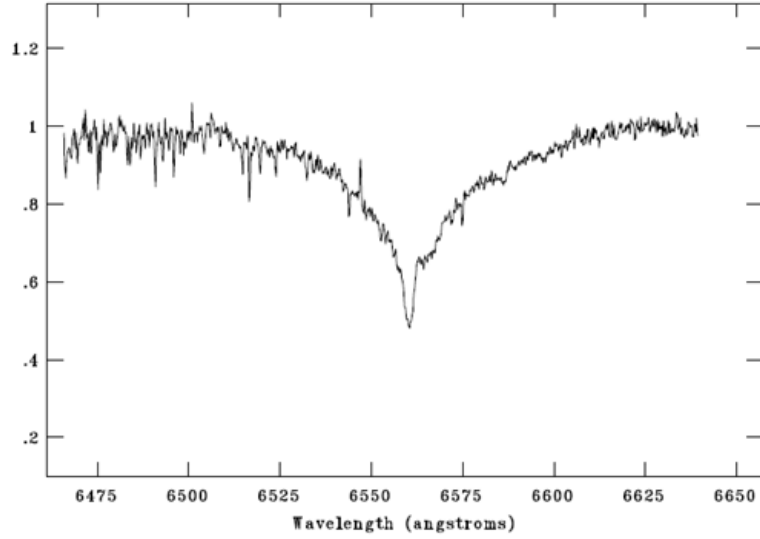


Şekil 15. IO UMa'nın Mg II bölgesinde indirgenmiş ve normalize edilmiş tayf görüntüsü.

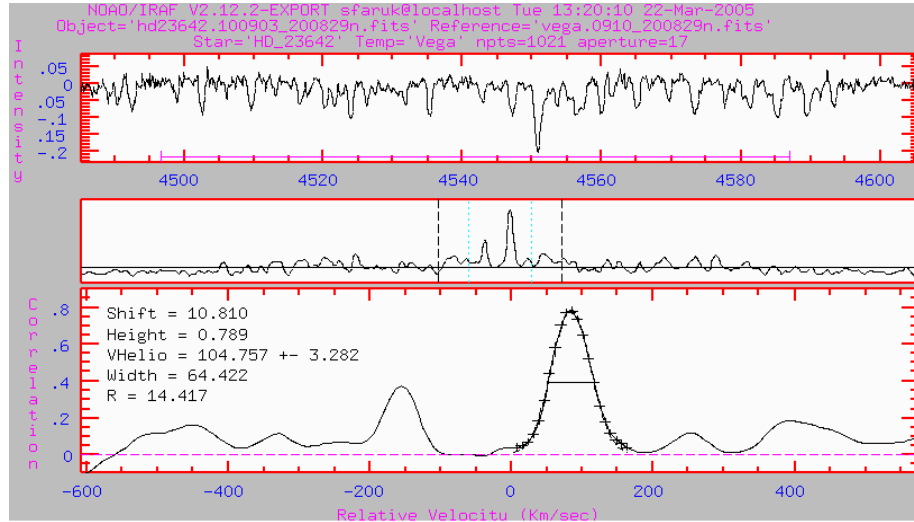
AT Peg sistemi için de tayf verisi, Catania Astrofizik Gözlemevi'nde yapılan gözlemlerden elde edilmiştir. 2003 yılı içinde 12.09.2003-11.10.2003 tarihleri aralığında 9 tayf ve 2004 yılı içinde 14.06.2004 ile 29.07.2004 tarih aralığında 11 olmak üzere toplam 20 tayf alınmıştır. Sistemin parlaklığına ve hava koşullarına bağlı olarak poz süresi 2700-3600 s aralığında verilmiş ve S/G oranı 30-80 aralığında veri alınabilmektedir. Şekil 16'da AT Peg'in $H\alpha$ çizgisi civarındaki indirgenmiş tayf görüntüsü verilmiştir. AT Peg'in tayf türü Maxted ve ark. (1994) tarafından A4V+G olarak verilmiş ve bu nedenle, dikine hız ölçümlerinde kullanılmak üzere, sıcak ve soğuk bileşen için sırasıyla Vega ve α Boo yıldızları da standart yıldız olarak gözlenmiştir.

Bu çalışmada, IO UMa ve AT Peg'in elde edilen tayf verisinden her iki bileşene ilişkin dikine hız ölçümleri yapılmıştır. Tayf verisinden dikine hız ölçülmesi için farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bunlardan son yıllarda kullanılan etkin yöntemlerden biri de "çapraz eşleştirme (cross correlation)" olarak bilinir. Kısaca, bileşenlerin tayf türlerine uygun bir standart yıldız kullanılarak, çizgi eşleştirmesi yardımıyla dalgaboyu kaymalarını duyarlı okumaya yarayan bir yöntemdir (örneğin, Soydugan ve ark. 2007, Çakırlı ve ark. 2009). Bu yöntem, IRAF yazılımı içinde yer alan *fxcor* programı ile yapılmaktadır. Şekil 17'de HD 23642 (A0V+Am, Southworth ve ark., 2005) çift yıldızının *fxcor* yardımıyla elde edilmiş çapraz-eşleştirme fonksiyonunun dağılımı gösterilmektedir. Burada, her iki bileşende A tayf türünden olduğundan Vega (A0V) yıldızı, her iki bileşenin dikine hızını okumak için yeterli bir standart olarak kullanılabilir. Elde edilen güçlü pik, çift sistemin

optik bölgede toplam ışığına katkısı daha büyük olan sıcak bileşene ait iken, yanındaki pik ise soğuk bileşenin hızını göstermektedir.



Şekil 16. AT Peg'in $H\alpha$ bölgesinde indirgenmiş ve normalize edilmiş tayf görüntüsü.



Şekil 17. HD 23642 çift yıldızının, çapraz-eşleştirme yöntemiyle, Vega standart yıldızı kullanılarak yapılan dikine hız ölçümü. Üst panel kullanılan tayf aralığını, alt panel ise elde edilen korelasyonu göstermektedir.

Bileşenlerin elde edilen dikine hız değerleri, zaman bilgileri de kullanılarak yörünge çözümü için kullanılır. Böylece, her iki bileşen yörüngesinin, yarı-büyük eksen uzunluğu, bileşenlerin kütle fonksiyonları ve sistemin kütle oranı belirlenmiş olur.

Klasik Algollerde, kütle alan bileşenin eş-dönmeden büyük hızlar göstermesinin kütle aktarımı/toplanması ile ilişkili olduğu önceki bölümlerde açıklanmıştı. Bu nedenle,

bu çalışmada ayrıca, IO UMa ve AT Peg'in elde edilen tayflarından yüksek S/G'ye sahip olanlar içinde tutulmadan uzak evrede alınanlar seçilerek v_{sini} değerleri ölçülmüştür. Dönme hızı ölçülmesi için farklı yollar kullanılabilir. Bunlardan, seçilmiş çizgileri atmosfer modelleri uygulanması ve uygun standart yıldızlar ile oluşturulmuş FWHM (yarı yükseklikteki tam genişlik) ile v_{sini} ilişkisinin oluşturularak dönme hızı belirlenmesi en sık kullanılanlardır. Bu çalışmada, FWHM- v_{sini} ilişkisi kullanılacaktır. Bu yöntemin bir uygulaması, Soyduğan ve ark. (2007) tarafından S Equ ve KO Aql sistemlerinin kütle alan bileşenlerinin v_{sini} hızlarını bulmada kullanılmıştır.

3.2. Fotometrik Gözlemler ve Analiz Yöntemi

Bu çalışmada seçilen yıldızlardan IO UMa ve AT Peg'in fotometrik gözlemleri Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Gözlemevi'nde (ÇAAM) yapılmıştır. Gözlemler, 30 cm'lik Schmidt-Cassegrain türü teleskop ve buna bağlı SBIG STL-1001E CCD kamerası kullanılmıştır. Işık eğrileri Johnson BVR filtrelerinde elde edilmiştir. RY Gem sisteminin V filtresi ile elde edilmiş ışık eğrisi ise ASAS-3 (The All Sky Automated Survey) veritabanından alınmıştır (Pojmanski 2002). ASAS-3 Veritabanı'ndaki ışık eğrileri AP-10 CCD kamerasına (2Kx2K) bağlı V filtresi kullanılarak elde edilmiştir (ayrıntılı bilgi için: <http://www.astrouw.edu.pl/asas/>).

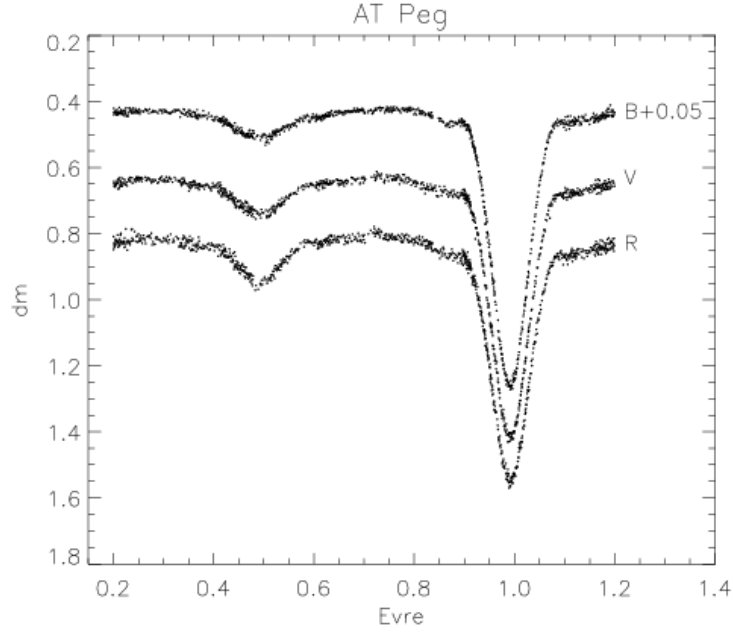
AT Peg'in fotometrik gözlemleri Temmuz-Ağustos 2010 gözlem sezonunda ÇAAM'da yapılmıştır. Yaklaşık olarak 40 saatlik gözlem sonunda BVR ışık eğrileri elde edilmiştir. Gözlemlerde kullanılan mukayese (C1) ve denet (C2) yıldızları sırasıyla GSC 1136-1084 ve GSC 1137-134'dür. Değişen, mukayese ve denet yıldızlarına ilişkin kimlik bilgileri Çizelge 2'de verilmektedir. BVR filtrelerindeki gözlem verilerindeki ortalama hatalar sırasıyla $0^m,007$, $0^m,008$ ve $0^m,009$ olarak hesaplanmıştır. Işık eğrisi oluşturulurken kullanılan yörünge evrelerini hesaplamak için aşağıdaki ışık elemanlarından yararlanılmıştır:

$$HJD (MinI) = 2455124,2709 + 1,146081 \times E \quad (3.1)$$

Burada, minimum zamanı 2009 yılında ÇAAM'da elde edilmiş olup yörünge dönemi ise Kreiner (2004) çalışmasından alınmıştır. AT Peg'in bu çalışmada elde edilen BVR ışık eğrileri ise Şekil 18'de gösterilmektedir.

Çizelge 2. AT Peg ve gözlemlerde kullanılan mukayese ile denet yıldızlarının kimlik bilgileri (SIMBAD Veritabanı, <http://simbad.u-strasbg.fr>).

YILDIZ	GSC NO	V (mag)	B-V	ALPHA (2000) (saat dak. san.)	DELTA (2000) (deg dak. san.)	TAYF TURU
AT Peg	1137-185-1	9,02	0,195	22 13 23,5	08 25 30,7	A0
C1	1136-1084	8,37	0,551	22 12 13,4	08 27 38,0	F8
C2	1137-134	10,58	0,531	22 13 35,0	08 28 16,2	-



Şekil 18. AT Peg'in BVR ışık eğrileri.

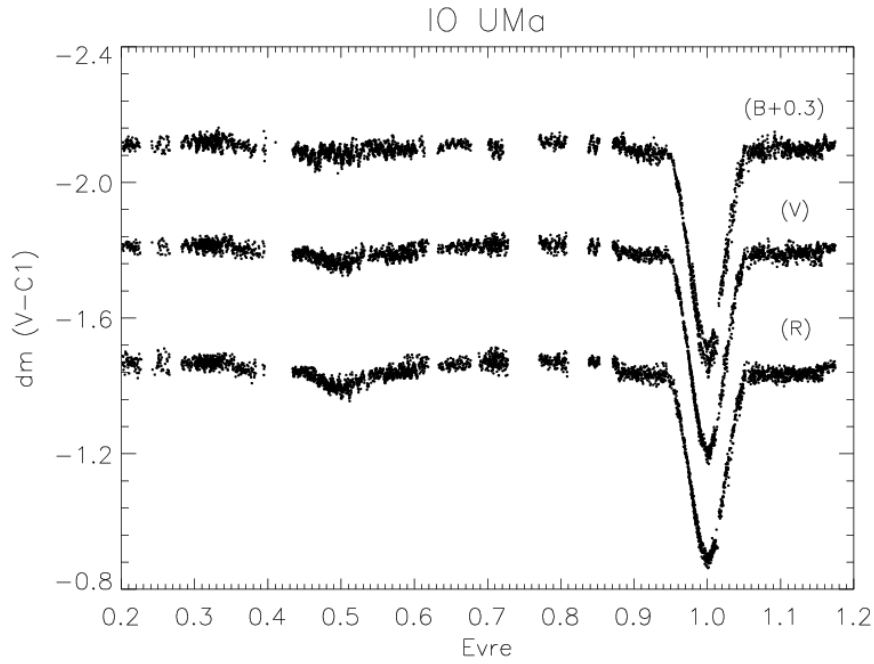
IO UMa'nın fotometrik gözlemleri Nisan-Temmuz 2010 gözlem sezonunda ÇAAM'da yapılmıştır. Işık eğrileri yaklaşık 170 saatlik gözlem sonunda BVR filtrelerinde elde edilmiştir. Gözlemde kullanılan mukayese ve denet yıldızları sırasıyla GSC 3849-59 ve GSC 3849-279'dur. Değişen, mukayese ve denet yıldızlarına ilişkin kimlik bilgileri Çizelge 3'te verilmektedir. BVR filtrelerinde ortamala gözlem hataları sırasıyla $0^m.008$, $0^m.009$, $0^m.009$ yöresindedir. Işık eğrisini evrelendirmede aşağıdaki ışık elemanları kullanılmış olup buradaki minimum zamanı ve yörünge dönemi O-C Gateway veritabanından (<http://var.astro.cz/ocgate/>) alınmıştır.

$$\text{HJD (MinI)} = 2455367,388 + 5,52039 \times E \quad (3.2)$$

Şekil 19'da ise IO UMa'nın BVR ışık eğrileri gösterilmektedir.

Çizelge 3. IO UMa ve gözlemlerde kullanılan mukayese ile denet yıldızlarının kimlik bilgileri (SIMBAD Veritabanı, <http://simbad.u-strasbg.fr>).

YILDIZ	GSC NO	V (mag)	B-V	ALPHA (2000) (saat dak. san.)	DELTA (2000) (deg dak. san.)	TAYF TURU
IO UMa	3849-373	8,20	0,241	13 14 54,5	59 17 44,2	A3
C1	3849-59	9,95	0,941	13 16 13,8	58 58 27,9	-
C2	3849-279	10,27	0,662	13 15 41,5	58 56 35,0	-



Şekil 19. IO UMa'nın BVR ışık eğrileri.

3.2.1 Işık Eğrisi Analiz Yöntemi

Bu çalışmada aday klasik Algollerin ışık eğrilerini çözüp gözlemleri modelleyebilmek için Wilson-Devinney (WD) programının (Wilson ve Devinney, 1971; van Hamme ve Wilson, 2003) 2005 sürümü ve aynı tabanda çalışna PHOEBE yazılımı (Prsa ve Zwitter, 2005) kullanılmıştır. Işık eğrisi çözümünde bazı parametreler serbest bazıları ise sabit parametreler olarak kabul edilmiştir. Serbest parametreler; evre kayması, yörünge eğikliği (i), yoldaş bileşenin yüzey sıcaklığı (T_2), baş bileşenin potansiyeli (Ω_1), kütle oranı (q), baş bileşenin ısıtmaya katkısı (L_1)'dir. Sabit parametreler ise baş bileşen sıcaklığı (T_1), lineer ve bolometrik kenar kararırma katsayıları (van Hamme, 1993), bolometrik albedolar (A_1 ve A_2 , Rucinski 1969), çekim kararırma katsayıları (g_1 ve g_2) sırasıyla radyatif atmosferli yıldızlar için (baş bileşen) von Zeipel (1924)'ten ve konvektif

atmosferli yıldızlar için (yoldaş bileşen) Lucy (1967)'den alınmıştır. Bu yöntem ile ışık eğrilerini çözmek için sistemin özelliğine göre ve varsa literatür bilgisine göre olası parametre aralığı belirlenir ve WD yazılımı diferansiyel düzeltme yöntemi uygulayarak en olası çözüme ulaşmaya çalışır. İterasyonlar, olası hatalar düzeltmelerden büyük olana kadar yapılmıştır. Eğer baş bileşen fotometrik dönme parametresinin (F_1) bilgisi yok ise, tayftan bilinen veya belirlenen dönme hızı kullanılarak hesaplanır ve ışık eğrisi çözümüne sabit olarak girilir. Bu parametre ile ilgili herhangi bir bilgi yok ise, özellikle 5-6 günden daha uzun dönemli klasik Algollerde, çözümlerin $F_1=1$ kabul edilmesi fiziksel olarak anlamlı olmayabilir.

3.2.2 Yörünge Dönem Analizi Yöntemi

Uzun yıllar örten çift yıldızlar üzerine yapılan çalışmalar, onların önemli bir bölümünün yörünge döneminin sabit olmadığını göstermiştir. Bu tür sistemlerde, yörünge dönem analizi yapılırken en sık kullanılan yöntemlerden biri de “O-C analizi” olarak adlandırılır. Buradaki, O terimi gözlenen tutulma zamanlarını, C ise seçilen bir minimum başlangıç zamanı (T_0) ile yörünge dönemi (P) kullanılarak hesaplanan tutulma zamanını gösterir. Bu iki terim ile oluşturulan O-C farklarının zamana göre incelenmesi, örten çiftlerin yörünge dönemlerinin zamana göre değişim gösterip göstermediğini ortaya koyar. O-C grafiği, sıfır yöresindeki saçılmalardan meydana geliyorsa veya sadece doğrusal değişim varsa (T_0 ve/veya P yanlış), yörünge dönem değişimi yoktur. Bunun dışındaki değişimler, genellikle, parabolik (artan veya azalan), dönemli veya çevrimsel ve birkaç türü içeren karmaşık değişimler şeklinde ortaya çıkar.

O-C değişimlerindeki artan parabol, yörünge döneminin uzaması anlamına gelir ki, küçük kütleli bileşenden büyük kütleli olana kütle aktarımı ile açıklanır (klasik Algollerde beklenen durum). Eğer azalan parabol şeklinde bir değişim varsa, dönem azalmaktadır ve bunu açıklaması da büyük kütleli bileşenden küçük kütleliye kütle aktarımı veya sistemden herhangi bir şekilde (sıcak veya soğuk yıldız rüzgarı olabilir) kütle kaybı ile olabilir.

Bu çalışmada konu olan klasik Algoller ele alındığında, evrim durumları nedeniyle, Roche lobunu dolduran küçük kütleli bileşenden büyük kütleli bileşene kütle aktarımı beklenir. Korunumlu kütle aktarımı varsayımında, sistemin yörünge dönemi bu durumda artmalıdır. Klasik Algollerin küçük kütleli bileşenlerinin genellikle G-K türü alt-dev veya dev yıldızlar olduğu düşünülürse, bu bileşenlerde manyetik etkinlik beklenebilir. Manyetik frenlenmenin sonucu da, bu bileşenden ve dolayısıyla sistemden, soğuk yıldız rüzgarı ile madde ve açısal momentum kaybı olur ki bu yörünge döneminin azalması anlamına gelir.

Bu durumda, klasik Algollerde hem kütle aktarımı hem de kütle kaybı birlikte dikkate alınarak dönem değişimi irdelenmelidir. Bu iki süreç birlikte değerlendirilerek dönem değişim miktarı aşağıdaki denklem ile temsil edilmiştir (Erdem ve ark., 2005):

$$\frac{\Delta P}{P} = 3k^2 \left(\frac{r_A}{a} \right)^2 \frac{(m_1 + m_2)}{m_1 m_2} \delta m + 3 \frac{(m_2 - m_1)}{m_1 m_2} \Delta m \quad (3.3)$$

Burada, Δm küçük kütleli bileşenden büyük kütleli bileşene aktarılan kütle miktarı, δm system ile birlikte dönen Alfvén yarıçapı (r_A) kadar uzaktan kaybedilen madde miktarı, k kütle kaybeden bileşenin jirasyon sabiti, a sistem yörüngesinin yarı-büyük eksen uzunluğu, M_1 ve M_2 ise birinci ve ikinci bileşen kütleleridir. (3.3) denkleminin sağ tarafındaki ilk terim, dönem azalmasını gösterdiğinden her zaman negatif, ikinci terim ise dönem artışını gösterdiğinden pozitifdir.

Örten çiftlerin O-C diyagramlarında sıkça karşılaşılan çevrimsel değişimlere klasik Algoller içinde de sık rastlanır. Eğer bu tekrarlayan bir değişim ise, bunu kaynağı olarak, çoğunlukla sistem etrafında yer alan bir üçüncü bileşenin neden olduğu ışık-zaman etkisi (LITE) gösterilebilir. Bu etki, Irwin (1959) tarafından denkleme dökülmüş olup farklı araştırmacılar tarafından çok kez uygulanmıştır (örneğin, Soyduğan ve ark., 2011; Erdem ve ark., 2010; Borkovits ve Hegedus 2006). LITE denklemi olarak adlandırılan ifade aşağıdaki gibi verilmiştir:

$$\Delta t = \frac{a_{12} \sin i}{c} \left[\frac{1 - e^2}{1 + e \cos \nu} \sin(\nu + \omega) + e \cos \omega \right] \quad (3.4)$$

Burada, a_{12} yörünge yarı-büyük eksenin izdüşüm değeri, i üçüncü cisim yörüngesinin eğikliği, ν çiftin kütle merkezinin konumunu veren gerçek ayrıklık, ω üçlü sistemin kütle merkezi etrafında dolanan çiftin yörüngesinin enberi boylamıdır. Eğer O-C diyagramında, çevrimsel değişimler görülüyorsa, bunun nedeni olarak ta, soğuk bileşenin manyetik çevrimi gösterilir. Bunun için kabul gören açıklamalardan biri Applegate (1991) tarafından yapılarak modelin fiziksel ve matematiksel yönü ortaya konulmuştur.

BÖLÜM 4

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1 Tayf Analizleri

Bu bölümde, verisi İtalya’da bulunan Catania Astrofizik Gözlemevi’nde alınan IO UMa ve AT Peg’in tayf analizleri verilecektir. Tayf verisine ilişkin bilgi bir önceki bölümde verilmiş olup, bu bölümde, tayf verisinden dikine hız ölçümü ve çözümleri ile sıcak bileşenlerin dönme hızlarının ölçümü verilecektir.

4.1.1 Aday Sistemlerin Dikine Hız Ölçümleri ve Yörünge Çözümleri

Yarı-ayrık Algoller, genellikle B-A tayf türündeki anakol yıldızı ile G-K türündeki alt-dev veya dev bileşenden oluşurlar. Bu durum, optik bölgede alınan tayflarda, birinci bileşenin toplam ışık katkısının %80-90'lara ulaşması nedeniyle, bu bileşenin çizgilerinin çok baskın görülmesine yol açar. İkinci bileşene ait çizgileri ise görmek-ayırarak çok kolay değildir. Optik bölgede alınan tayflarda ortaya çıkan bu durum, ikinci bileşenin dikine hız okumalarında hataların büyük çıkmasına neden olur. Bu tür sistemlerin soğuk bileşenlerin dikine hızları, örneğin; 25000 çözümüleme gücündeki bir tayfçekerde alınmış tayflarda, 5-10 km/s yöresinde hata ile ölçülebilmektedir. İki bileşenin de farklı tayf türlerinde olması, dikine hız ölçümlerinde, eğer kullanılacak ise, farklı standart yıldızlar kullanılması ihtiyacını doğurur. Günümüzde dikine hız ölçümleri genellikle çapraz eşleştirme yöntemi (IRAF-*fxcor*, TODCOR yazılımları; Maze ve Zucker 1994) ve tayftaki bileşenlerin çizgilerini de ayıran KOREL (Hadrava, 2004) yazılımları ile yapılmaktadır. Ancak, klasik Algollerde bileşenler çok farklı özelliklerde olduğundan, optik bölgede ikinci bileşenlerin çizgilerini ayırmak çok kolay olmayıp yanlış sonuçlara ulaşılması olasıdır.

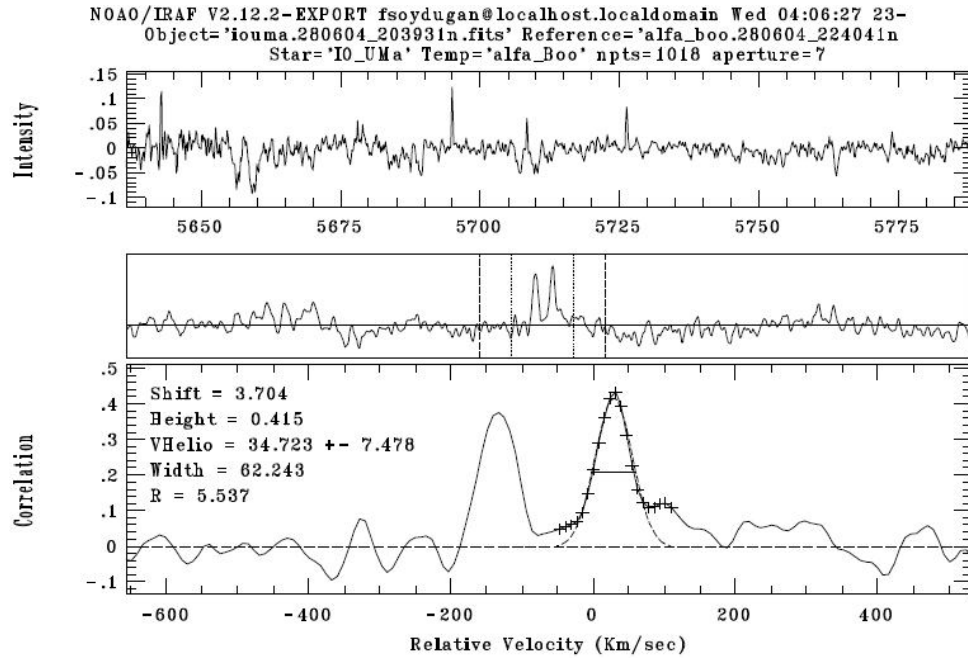
Dikine hız değerlerinin ölçümü, daha önce söz edilen “çapraz korelasyon” yöntemi ile IRAF içinde yer alan *fxcor* programı yardımıyla yapılmıştır. Yöntem temelde çift sistemin üyelerinin yörünge hareketi nedeniyle tayf çizgilerinin dönemli Doppler kaymalarının hız karşılığını ölçer. Dikine hız ölçümünde IO UMa’nın ve AT Peg’in her iki bileşeninin tayf türü ve ışınım gücü sınıfına uygun gözlenen standart yıldızlar kullanılmıştır. Bu yıldızların listesi Çizelge 4’te verilmektedir.

IO UMa çift yıldız sisteminin dikine hız ölçümünde *fxcor* kodu ile ölçülen dikine hızlar için bir uygulama penceresi ise Şekil 20’de yer almaktadır. Bu şekilde, α Boo standart yıldızı, IO UMa’nın ikinci bileşeninin dikine hızını ölçülmek için kullanılsa bile, toplam ışığa katkısı büyük olan birinci bileşene ilişkin korelasyon piki de kendini açıkça

göstermektedir (Şekil 20 alt panel). Bu teknik, ele alınan dalgaboyu aralığında yer alan tüm çizgileri aynı anda eşleştirme ve ölçümde kullandığında oldukça duyarlı ölçüm sonucu verebilmektedir.

Çizelge 4. IO UMa ve AT Peg’in dikine hız ölçümünde kullanılan standart yıldızlar (SIMBAD Veritabanı).

Sistem	Sıcak bileşen dikine hız standardı	Soğuk bileşen dikine hız standardı
IO UMa (A3)	θ Leo (A3V)	α Boo (K1.5 III)
AT Peg (A4 V + G)	Vega – 72 Oph (A0 V – A4 IV)	α Boo (K1.5 III)



Şekil 20. IO UMa'nın soğuk bileşeninin, çapraz-eşleştirme yönteminde, α Boo standart yıldızı kullanılarak yapılan dikine hız ölçümü. Üst panel kullanılan tayf aralığını, alt panel ise elde edilen korelasyonu göstermektedir.

IO UMa'nın bu yöntem ile her iki bileşen için ilk kez dikine hız değerleri ölçülmüş ve yörünge çözümü yapılmıştır. Dikine hız değerlerinde yanılığlar, birinci bileşen için 1-2 km/s, ikinci bileşen için ise 6-10 km/s yöresindedir. Ölçülen dikine hızlar (V_1 ve V_2 sırasıyla birinci ve ikinci bileşenin ölçülen dikine hızlarını göstermektedir) ve hataları Çizelge 5'te, yörünge çözümünden elde edilen parametreler Çizelge 6'da verilmiştir. Bu çizelgede, T_0 ve P minimum zamanı ile yörünge dönemini, V_0 kütle merkezinin dikine

BÖLÜM 4 – ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA Çağdaş KANVERMEZ

hızını, K_1 ve K_2 sırasıyla birinci ve ikinci bileşenlerin dikine hız değişimlerinin yarı genliğini, q kütle oranını, $M_1 \sin^3 i$ ve $M_2 \sin^3 i$ sırasıyla birinci ve ikinci bileşenlerin kütle fonksiyonlarını, $a_1 \sin i$ ve $a_2 \sin i$ ise her iki bileşenin yörüngesinin yarı-büyük eksen uzunluğunun izdüşüm değerini göstermektedir.

Çizelge 5. IO UMa'nın iki bileşeninin ölçülen dikine hızları ve hataları.

Zaman - HJD (+2400000)	Evre	V_1 (km/s)	Hata - V_1 (km/s)	V_2 (km/s)	Hata - V_2 (km/s)
53137,4057	0,0167	6,6	1,0	10,2	2,9
53126,4262	0,0225	7,6	0,6	13,4	1,4
53143,4557	0,1156	-0,9	0,7	11,8	3,0
53110,5228	0,1338	-2,4	0,6	129,0	3,2
53138,4354	0,2038	-5,6	0,7	148,3	3,0
53127,4311	0,2050	-6,6	0,6	150,4	2,7
53105,4859	0,2189	-4,2	1,1	144,7	5,8
53211,6642	0,5048	2,3	0,7	157,2	3,7
53183,3721	0,3659	1,1	0,6	125,5	3,2
53139,5030	0,3977	2,6	0,8	100,2	4,2
53106,5138	0,4056	5,9	0,8	89,0	2,4
53156,4743	0,4803	11,1	0,6	28,7	2,1
53173,4067	0,5558	18,2	0,7	-41,0	3,3
53140,4296	0,5660	20,5	0,6	-47,5	3,7
53157,4316	0,6542	29,1	0,6	-99,7	2,4
53124,4541	0,6643	31,7	0,6	-113,4	3,0
53185,3732	0,7294	32,5	0,6	-127,0	3,1
53152,5222	0,7624	31,3	0,7	-128,3	3,1
53108,4705	0,7611	32,6	0,7	-120,0	3,4
53125,4484	0,8449	25,8	0,8	-90,0	3,0
53142,3963	0,9231	22,3	0,6	-45,2	3,4
53214,3763	0,9974	22,5	0,9	14,6	1,8
53203,3715	0,9985	20,5	0,9	13,8	1,7

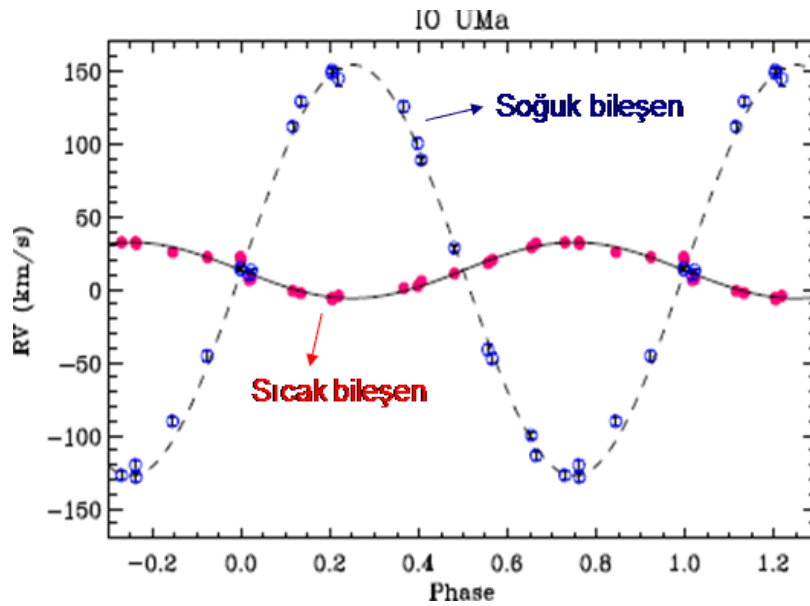
Yörünge çözümünde, yakınlık etkileri nedeniyle, 0,95-0,05 ile 0,45-0,55 evre aralıklarındaki dikine hız değerleri çözümde kullanılmamıştır. Burada, sistemim kütle oranı (q), 0,136 olarak bulunmuştur. Dikine hız değerleri ile bulunan yörünge çözümüne ilişkin kuramsal eğri ise Şekil 21'de gösterilmektedir. Kuramsal eğri ile ölçülen dikine hız değerlerinin uyumu açıkça görülmektedir.

Bu çalışmadaki aday klasik Algollerden diğeri olan AT Peg'in bileşenlerinin dikine hız değerleri de aynı IO UMa'da kullanılan yol izlenerek ölçülmüştür. Sıcak bileşenin dikine hız ölçümlerinde standart yıldız olarak Vega ve 72 Oph, soğuk bileşen için ise α Boo kullanılmıştır (bakınız Çizelge 4). AT Peg kısa dönemli bir sistem olduğundan bileşenlerinin hızlı dönmesi beklenmektedir. Bu durumda, tayf çizgileri genişlemiş olarak

karşımıza çıkmaktadır. Geniş çizgiler, dikine hız ölçümlerindeki duyarlılığı da olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle, AT Peg'in birinci bileşeni için dikine hız değerlerinde hatalar genellikle, 2-4 km/s iken ikinci bileşende 5-10 km/s yöresindedir. Ölçülen dikine hız değerleri, Çizelge 7'de, kullanılarak bulunan yörünge çözümü parametreleri Çizelge 8'de, hız değerleri ile yörünge çözümünün uyumu ise Şekil 22'de verilmektedir. Çizelge 8'de ayrıca bu çözümden bulunan yörünge çözümleri ile Maxted ve ark. (1994) tarafından bulunan çözümler karşılaştırılmıştır. İki çözüm kısmen uyumlu görünse de özellikle K değerleri ve buna bağlı olarak kütle fonksiyonlarında farklılık görünmektedir. Ancak parametrelerin yanlışları dikkate alındığında sonuçlar uyumludur.

Çizelge 6. IO UMa'nın bileşenlerinin ölçülen dikine hız değerlerinden elde edilen yörünge çözüm sonuçları.

Parametre	Değeri ve hatası
To (HJD+2400000)	53104,2805 ± 0,0210
P (gün)	5,5055 ± 0,0020
Vo (km/s)	13,3 ± 0,2
K ₁ (km/s)	19,2 ± 0,2
K ₂ (km/s)	140,8 ± 0,3
q = (M ₂ /M ₁)	0,136 ± 0,002
M ₁ sin ³ i (M _☉)	2,06 ± 0,04
M ₂ sin ³ i (M _☉)	0,26 ± 0,01
a ₁ sin i (km)	1,45x10 ⁶ ± 1,6x10 ⁴
a ₂ sin i (km)	1,07x10 ⁷ ± 7,2x10 ⁴



Şekil 21. IO UMa'nın birinci (içi dolu daire) ve ikinci bileşen (içi boş daire) için ölçülen dikine hız değerleri ile bulunan yörünge çözümüne ilişkin kuramsal eğri.

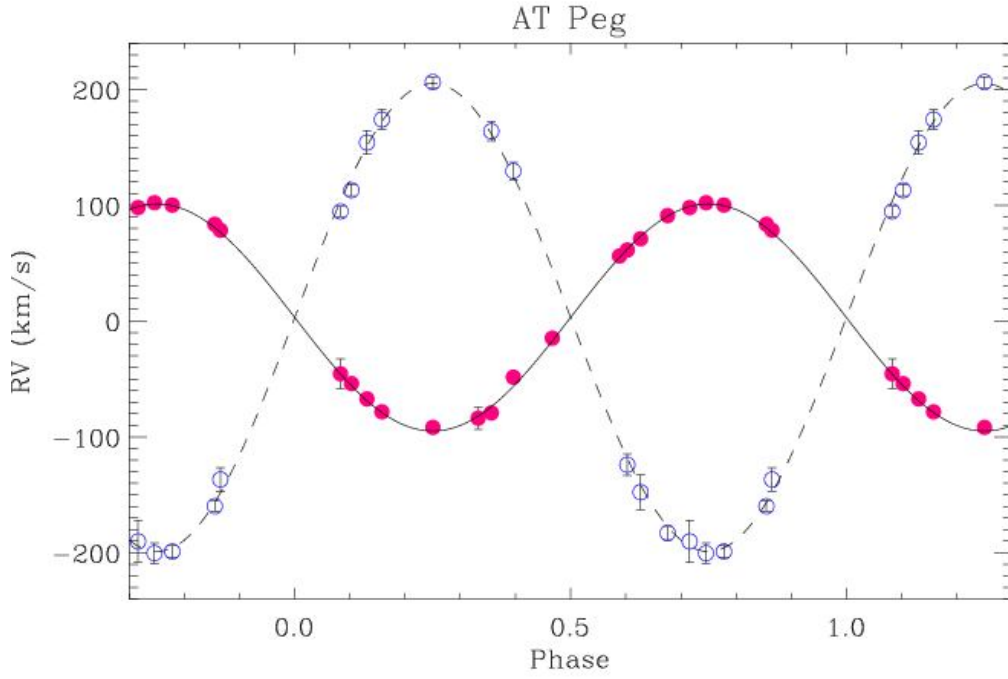
Çizelge 7. AT Peg’in iki bileşeninin ölçülen dikine hızları ve hataları.

Zaman - HJD (+2400000)	Evre	Vr ₁ (km/s)	Hata - Vr ₁ (km/s)	Vr ₂ (km/s)	Hata - Vr ₂ (km/s)
53203,4892	0,0430	-34,7	2,9	51,8	5,3
52896,3846	0,0828	-45,5	12,9	94,7	4,3
53203,5571	0,1022	-54	3,6	113,1	5,1
53202,4433	0,1304	-67,2	3	154,2	10,3
53171,5300	0,1574	-78,4	2,6	174,1	8,6
53186,5350	0,2498	-91,8	2,1	206,4	4,7
52910,4236	0,3324	-83,9	9,6	-	-
52895,5518	0,3562	-79,3	2,1	164	8,4
53185,5561	0,3957	-48,4	4,6	129,6	7,3
53216,5812	0,4662	-14,8	2,9	44,3	10
52924,3853	0,5145	12,8	3,7	-	-
53214,4287	0,5881	56,2	2,4	-84,5	6,7
52924,4864	0,6027	61,4	3	-124,1	9,2
52923,3679	0,6268	71,1	3,7	-147,7	15,2
53214,5286	0,6753	91,1	2,8	-183	5,9
52922,3238	0,7157	98	4,2	-190,3	18,3
52923,5040	0,7455	102,2	3,8	-200,5	8,8
53213,4995	0,7773	100,1	5,2	-199,1	5,4
53213,5875	0,8544	83,6	4,1	-159,8	4,7
52922,4949	0,8650	78,4	2,7	-136,8	10

Çizelge 8. AT Peg’in ölçülen dikine hız değerlerinden elde edilen yörünge çözüm sonuçları.

Parametre	Değeri ve hatası	Maxted ve ark. (1994)
To (HJD+2400000)	52500,8916 ^a	42661,5281
P (gün)	1,146081 ^a	1,146077
Vo (km/s)	3,3 ± 0,7	4,1 ± 0,6
K ₁ (km/s)	98,0 ± 1,0	94,1 ± 0,7
K ₂ (km/s)	202,1 ± 2,1	199,0 ± 3,5
q = (M ₂ /M ₁)	0,488 ± 0,007	0,47 ± 0,02
M ₁ sin ³ i (M _☉)	2,13 ± 0,05	2,04 ± 0,06
M ₂ sin ³ i (M _☉)	1,04 ± 0,02	0,96 ± 0,03
a ₁ sin i (km)	1,54x10 ⁶ ± 1,5x10 ⁴	-
a ₂ sin i (km)	3,17x10 ⁶ ± 3,4x10 ⁴	-
a sin i (km)	4,71x10 ⁶ ± 3,7x10 ⁴	4,62x10 ⁶

^a Kreiner (2004)’ten alınmıştır.



Şekil 22. AT Peg'in birinci (içi dolu daire) ve ikinci bileşen (içi boş daire) için ölçülen dikine hız değerleri ile bulunan yörünge çözümüne ilişkin kuramsal eğriler.

4.1.2 Kütle Alan Bileşenlerin Dönme Hızları

Klasik Algollerin evrim durumları nedeni ile eş-dönme göstermeleri beklenir. Ancak bu durum genellikle kısa dönemli sistemlerde gözlenirken uzun dönemlilerde ise eş-dönmeden büyük hızlar ölçülebilmektedir. Bu beklenmedik durum için kabul gören açıklama ise kütle aktarımının neden olduğu hızlandırıcı etkidir. Bu nedenle, bu çalışmada da IO UMa ve AT Peg'in sıcak bileşenlerinin dönme hızları ölçülmesi hedeflenerek kütle aktarımına ilişkin kanıtlar aranmak istenmiştir.

Kütle alan bileşenlerin dönme hızlarını ölçmek için şu şekilde bir yol izlenir: Öncelikle sıcak bileşenlerin tayf türü ve ışınım gücü sınıfına yakın bir düşük dönme hızına sahip standart yıldız (bu çalışmada Vega) seçilir. Standart, farklı dönme hızları ile döndürülerek sentetik tayfları elde edilmiştir. Soydugan (2005) tarafından, IRAF'ta yer alan *fxcor* kodu Vega'nın gözlenen tayfi ile farklı *vsini* değerleri için elde edilen sentetik tayflarına çapraz korelasyon uygulaması yapılmış ve sonuçta *vsini* – FWHM ilişkisi oluşturulmuştur. Aynı korelasyonlar, bu çalışmada alınan tayflar, aynı zaman aralığında ve aynı optik sistem ile alındığından, bu çalışma için de kullanılmıştır. Bu çalışmada, IO UMa ve AT Peg'in seçilen yüksek S/G değerine sahip ve tutulmadan uzak evrelerde alınmış tayfları ile Vega, *fxcor* kodu yardımıyla çapraz korelasyona tabii tutulup FWHM değerleri elde edilmiştir. Böylece, verilen *vsini* – FWHM ilişkisi ile *vsini* değerleri belirlenmiştir. Bu

aşamadan sonra, belirlenen *vsini* değerlerinin ortalaması ve standart sapması hesaplanarak sıcak bileşenlerin *vsini* hızları belirlenmiş oldu. Bu yöntemin bir uygulaması S Equ ve KO Aql yıldızları için Soyduğan ve ark. (2007)'de yapılmıştır.

IO UMa'nın ve AT Peg'in yukarıda anlatılan yöntemler, kütle alan bileşenlerinin hızları sırasıyla 32 ± 2 km/s ve 82 ± 2 km/s olarak belirlenmiştir.

4.2 Fotometrik Analizler

Bu bölümde, çalışma kapsamında gözlenen IO UMa ve AT Peg sistemlerinin elde edilen BVR ışık eğrilerinin çözümleri, RY Gem sisteminin ASAS veritabanından alınan V bandı ışık eğrisinin analizi ve fotometrik dönme parametresinin testi ile IO UMa'nın sıcak bileşeninin frekans analizi sonuçları yer almaktadır.

4.2.1 Işık Eğrilerinin Analizi

Seçilen sistemlerin ışık eğrileri çözümünde Wilson-Devinney (WD) programının (Wilson ve Devinney, 1971) 2005 (van Hamme ve Wilson, 2005) sürümü ile yine WD kodu tabanlı çalışan PHOEBE (Prsa ve Zwitter, 2005) yazılımları kullanılmıştır. Çözümlerde ilk olarak bileşenlerin ayrı yıldız olduğu kabul edilerek potansiyel değişimleri izlenmiş ve hem IO UMa hem de AT Peg'in beklendiği üzere, ikinci bileşenlerin yüzey potansiyellerinin sınır değerlere yaklaştığı görüldüğünden, yarı-ayrık dizgeler olduğu kabul edilmiştir. Bu nedenle, ışık eğrisi çözümleri yarı-ayrık yaklaşım altında yapıldı. Hangi parametrelerin sabit, hangilerinin serbest alındığı 3. Bölüm'de anlatıldığı şekli ile uygulandı.

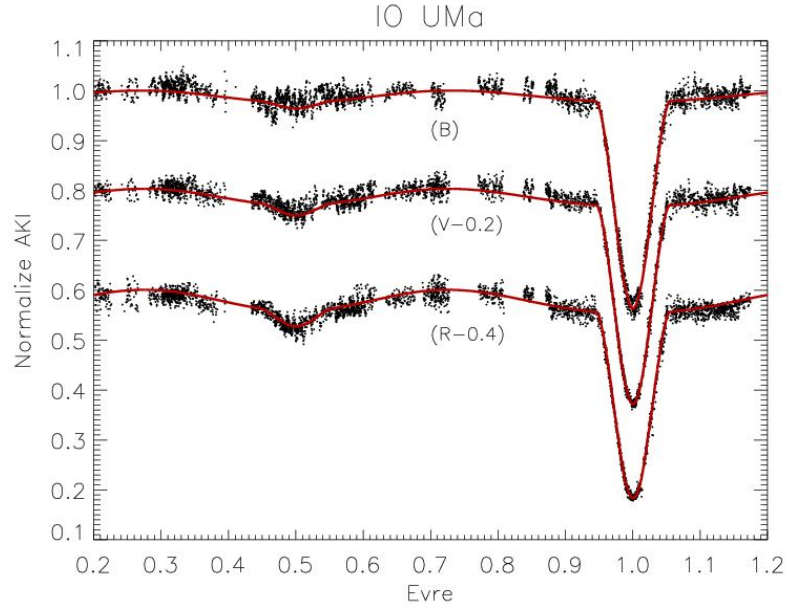
IO UMa. Sistemin ilk ayrıntılı ışık eğrisi analizi bu çalışmada yapıldı. Çözümde, birinci bileşenin sıcaklığı (T_1), literatürde verilen A3 tayf türüne göre (ESA, 1997), 8562 K olarak sabit alındı (Cox, 2000). Işık eğrisi çözümlerinde en temel parametrelerden biri de kütle oranı (q)'dur. IO UMa için q 'nun başlangıç değeri olarak, önceki bölümde dikine hız eğrilerinin çözümünden elde edilen 0,136 değeri kullanıldı. Klasik Algoller'in evrim durumlarından beklenildiği ve yörünge çözümlerinin gösterdiği gibi, çözümü yapılan sistemlerin dairesel yörüngede ($e=0$) olduğu varsayıldı. Sistemin bileşenlerinin kendi eksenleri etrafındaki dönme dönemlerinin, yörünge etrafındaki dolanma dönemlerine eşit olduğu kabul edilerek, dönme parametreleri $F_1=F_2$ olarak varsayıldı. IO UMa ve AT Peg'in birinci bileşeninin F değerinin bire çok yakın olduğu tayf analizi ile de doğrulandı. Çözümdeki iterasyonlar, serbest parametrelere ilişkin düzeltme değerleri hata

değerlerinden daha küçük olana kadar devam ettirildi. Diğer tüm sabit parametreler, 3. Bölüm’de anlatılan kaynaklardan bileşenlerin sıcaklık ve ışık eğrilerinin dalgaboyları dikkate alınarak seçildi.

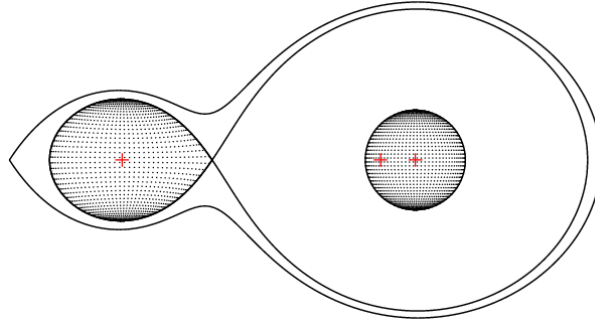
BVR ışık eğrilerinin eş-zamanlı olarak çözüldüğü çalışmada elde edilen sonuçlar, serbest parametrelerin hataları ile birlikte, Çizelge 9’da verilmektedir. Bulunan parametre değerleri kullanılarak, çizilen kuramsal eğrilerin gözlem noktalarıyla uyumu, Şekil 23’de gösterilmektedir. Sonuçlara bakıldığında, q değeri, yörünge çözümünden bulunan değerle hemen hemen aynı değere yaklaşmıştır. Çözümde, üçüncü ışık katkısı belirlenmemiştir. Şekil 24’te ise, 0,75 evrede, bileşenlerin Roche geometrisi ile birlikte görünüşleri yer almaktadır.

Çizelge 9. IO UMa ve AT Peg’in BVR ışık eğrisi çözümünde elde edilen parametreleri.

Parametre	IO UMa	AT Peg
i (derece)	$78^0,362 \pm 0,011$	$81^0,189 \pm 0,026$
T_1 (K)	8562	8400
T_2 (K)	4592 ± 200	5011 ± 200
Ω_1	$6,014 \pm 0,011$	$4,342 \pm 0,011$
Ω_2	2,062	2,851
Evre Kayması	$0,0003 \pm 0,0001$	$-0,0017 \pm 0,0002$
q	$0,135 \pm 0,002$	0,488
l_3 (B)	0,0	$0,264 \pm 0,004$
l_3 (V)	0,0	$0,257 \pm 0,003$
l_3 (R)	0,0	$0,241 \pm 0,003$
e	0,0	0,0
$A_1 - A_2$	1,0 - 0,5	1,0 - 0,5
$g_1 - g_2$	1,00 - 0,32	1,00 - 0,32
$L_1 / (L_1 + L_2)$ - B	$0,928 \pm 0,003$	$0,654 \pm 0,003$
$L_1 / (L_1 + L_2)$ - V	$0,890 \pm 0,002$	$0,627 \pm 0,002$
$L_1 / (L_1 + L_2)$ - R	$0,852 \pm 0,002$	$0,610 \pm 0,002$
$L_2 / (L_1 + L_2)$ - B	0,072	0,081
$L_2 / (L_1 + L_2)$ - V	0,110	0,116
$L_2 / (L_1 + L_2)$ - R	0,148	0,149
r_{1_ort}	$0,170 \pm 0,003$	$0,262 \pm 0,007$
r_{2_ort}	0,223	0,317



Şekil 23. IO UMa'nın BVR ışık eğrileri ve ışık eğrisi çözümünden elde edilmiş parametreleri ile hesaplanmış kuramsal eğriler.

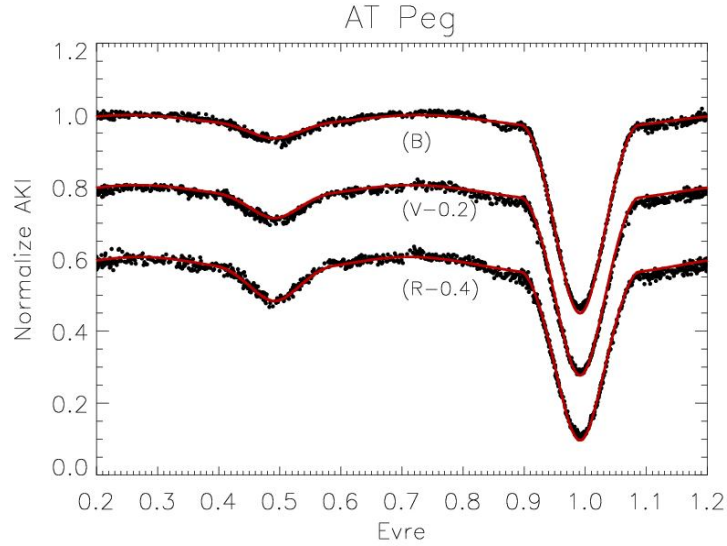


Şekil 24. IO UMa'nın 0,75 evrede Roche geometsinin görünümü.

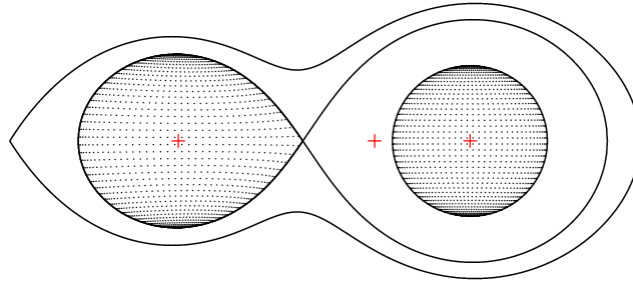
AT Peg. Klasik Algol olan sistemin ilk ayrıntılı çalışması, Maxted ve ark. (1994) yılında yapılsa da, aynı çalışmada ışık eğrisi elde edilmediğinden, sistemin ilk duyarlı çok filtrelili ışık eğrileri bu çalışmada gözlemlendi. Çözümler, BVR süzgeçlerinde eş-zamanlı olarak yapıldı ve IO UMa'da uygulanan yöntem izlendi. T_1 sıcaklığı için 8400 K değeri sabit olarak alındı (Maxted ve ark., 1994). Çözüm sırasında, q değeri, önceki bölümde yörünge çözümünden elde edilen 0,487 alındı ve çözüm sırasında sabit tutuldu. Çözüm sırasında, üçüncü cismin ışık katkısı serbest bırakıldı ve anlamlı bir katkı belirlendi (V bandından yaklaşık % 25). Çözüm sonucunda bulunan parametreler, Çizelge 9'da, bu parametreler ile elde edilen kuramsal eğrilerin gözlemlerle uyumu ise Şekil 25'de verilmiştir. Aynı şekilde

özellikle B filtresinde elde edilen ışık eğrisinin birinci minimum girişindeki ani yükselme, kütle alan bileşenin fotosferinde, madde aktarımı ile oluşan çarpma bölgesinin etkisi olarak yorumlanabilir.

AT Peg'in ışık eğrisi çözümünden elde edilen parametreler, sistemin klasik Algollerin genel dağılımlarından ayrılık göstermektedir. Şekil 26'da verilen bileşenlerin boyutları, yakınlıkları ve Roche geometrisi de bunu kısmen göstermektedir.



Şekil 25. AT Peg'in BVR ışık eğrileri ve ışık eğrisi çözümünden elde edilmiş parametreleri ile hesaplanmış kuramsal eğriler.



Şekil 26. AT Peg'in 0,75 evrede Roche geometsinin görünümü.

RY Gem. Göreli olarak uzun dönemli (yaklaşık 9,3 gün) bir sistem olan RY Gem'in etkin kütle aktarımı ve toplanma yapısı göstermesi olasıdır. Bu durumda, sıcak bileşenin dönme değeri de beklenen eş-dönme değerinden büyük olabilir. Van Hamme ve Wilson (1990) çalışmasında, sistemin ışık ve dikine hız eğrisi birlikte çözülmüş ve aynı çalışmada F_1 dönme parametresi araştırılmıştır. Bu çalışmada, sıcak bileşenin eş-dönme değerinden yaklaşık 14 kat daha hızlı döndüğü belirlenmiştir. Ancak, Glazunova ve ark. (2008)

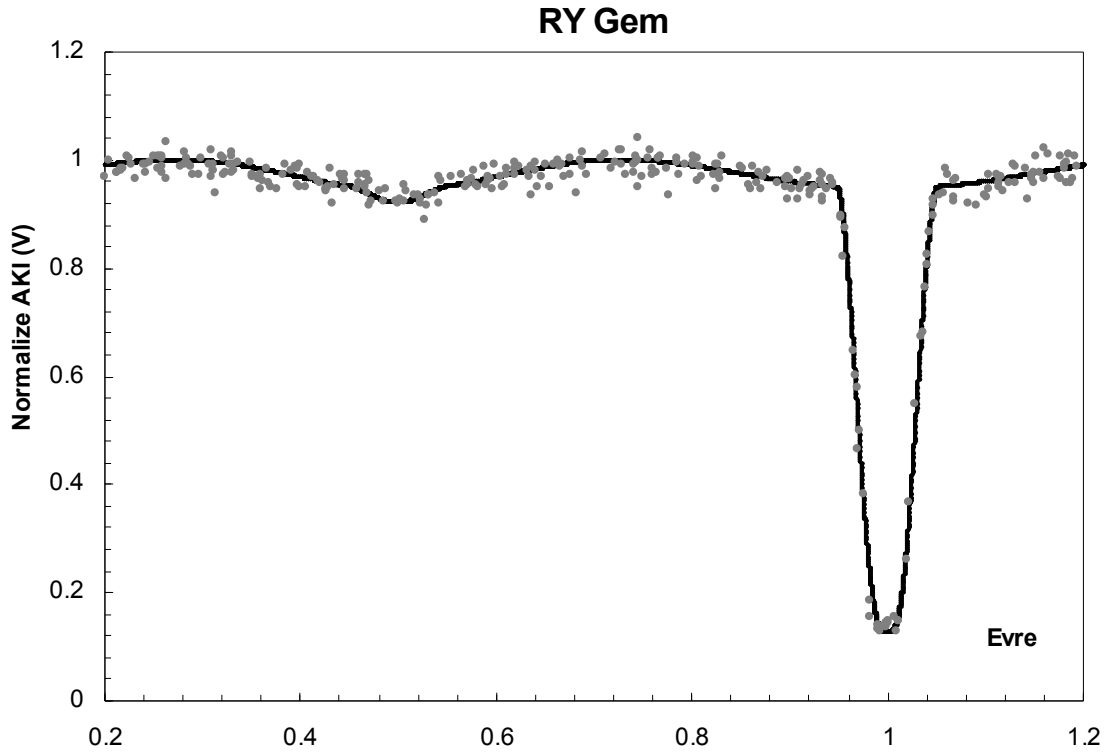
tarafından yapılan tayfsal çalışmada bu değer 5,5 olarak elde edilmiştir. Bu farklılık nedeniyle, RY Gem'in ASAS veritabanından elde edilen daha duyarlı V ışık eğrisi ile F_1 dönme parametresinin bulunması için WD yöntemi ile denemeler yapılmıştır. Işık eğrisi çözümümde, $T_1=9400K$ olarak sabit alınmıştır (van Hamme ve Wilson, 1990). Kütle oranı q için ise, yörünge çözümünden bulunan, 0,174 değeri sabit alındı (van Hamme ve Wilson 1990). Sistemin V ışık eğrisi, F_1 taraması için $F_1=1-18$ değerleri arasında, F_1 değeri birer artırılarak çözüldü. Sonuçta 4-15 aralığında $\Sigma(O-C)^2$ değerlerinin birbirine çok yakın olduğu ve hemen hemen ışık eğrisini aynı şekilde temsil ettiği görülmüştür. Sonuç olarak, sadece ışık eğrisi kullanılarak F_1 parametresinin güvenilir bir biçimde elde etmenin mümkün olmadığı açıkça görülmüştür.

Son olarak Glazunova ve ark. (2008) tarafından verilen $F_1=5,5$ değeri sabit alınarak çözüm sonuçlandırılmıştır. Çözüm parametreleri Çizelge 10'da, bu parametreler ile oluşturulan kuramsal eğrinin ASAS-V verisi ile uyumu ise Şekil 27'da gösterilmektedir.

Çizelge 10. RY Gem'in ASAS-V verisinin WD çözümünden elde edilmiş parametreleri.

Parametre	RY Gem
i (derece)	$83^{\circ},05 \pm 0,11$
T_1 (K)	9400^a
T_2 (K)	4401 ± 200
Ω_1	$10,08 \pm 0,20$
Ω_2	2,36
Evre Kayması	$-0,0008 \pm 0,0001$
q	0,174
l_3	0,0
F_1	5,5
F_2	1,0
e	0,0
$A_1 - A_2$	1,0 - 0,5
$g_1 - g_2$	1,00 - 0,32
$L_1 / (L_1 + L_2) - V$	$10,50 \pm 0,09$
$L_2 / (L_1 + L_2) - V$	2,36
r_{1_ort}	$0,101 \pm 0,01$
r_{2_ort}	0,240

^a van Hamme & Wilson (1990)



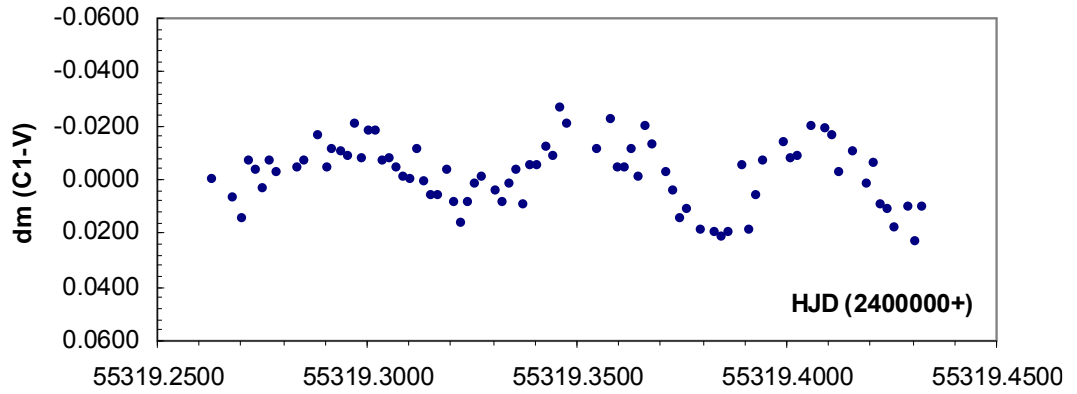
Şekil 27. RY Gem'in ASAS-V ışık eğrisi ve çözümden elde edilmiş parametreleri ile hesaplanmış kuramsal eğriler.

4.2.2 IO UMa'nın Sıcak Bileşeninde Zonklama

Son yıllardaki araştırmalar, bazı klasik Algollerin sıcak bileşenlerinin zonklama özellikleri gösterdiklerini ortaya koymaktadır. Soydugan ve ark. (2011) tarafından yapılan çalışmada, 40'tan fazla klasik Algolün sıcak bileşeninin zonklama gösterdiği listelenmiştir. Bu nedenle, literatürde verilen tayf türüne göre (A3), IO UMa'nın sıcak bileşeni de zonklama kararsızlık kuşağında yer alabilir ve olası bir δ Scuti yıldızıdır. Bu kapsamda, IO UMa'nın gecelik ışık eğrileri de izlendi ve bu eğrilerde kısa dönemli değişimler ilk kez bu çalışmada belirlendi. Şekil 28'de 02.05.2010 tarihinde yapılan gözlemlerde V süzgecinde elde edilmiş gecelik ışık eğrisindeki zonklama kaynaklı değişimler açıkça görülmektedir.

Sıcak bileşenin zonklama özelliklerini daha ayrıntılı çalışmak için çiftlik etkilerinin ışık eğrisinden çıkarılması gerekir. Bu nedenle, V filtresinde elde edilen WD çözümünden oluşturulan kuramsal eğri, gözlemlerden çıkarılarak farklar oluşturuldu. Böylece geriye, sadece zonklama kaynaklı değişimler kaldı. V süzgecinde oluşturulan fark noktaları

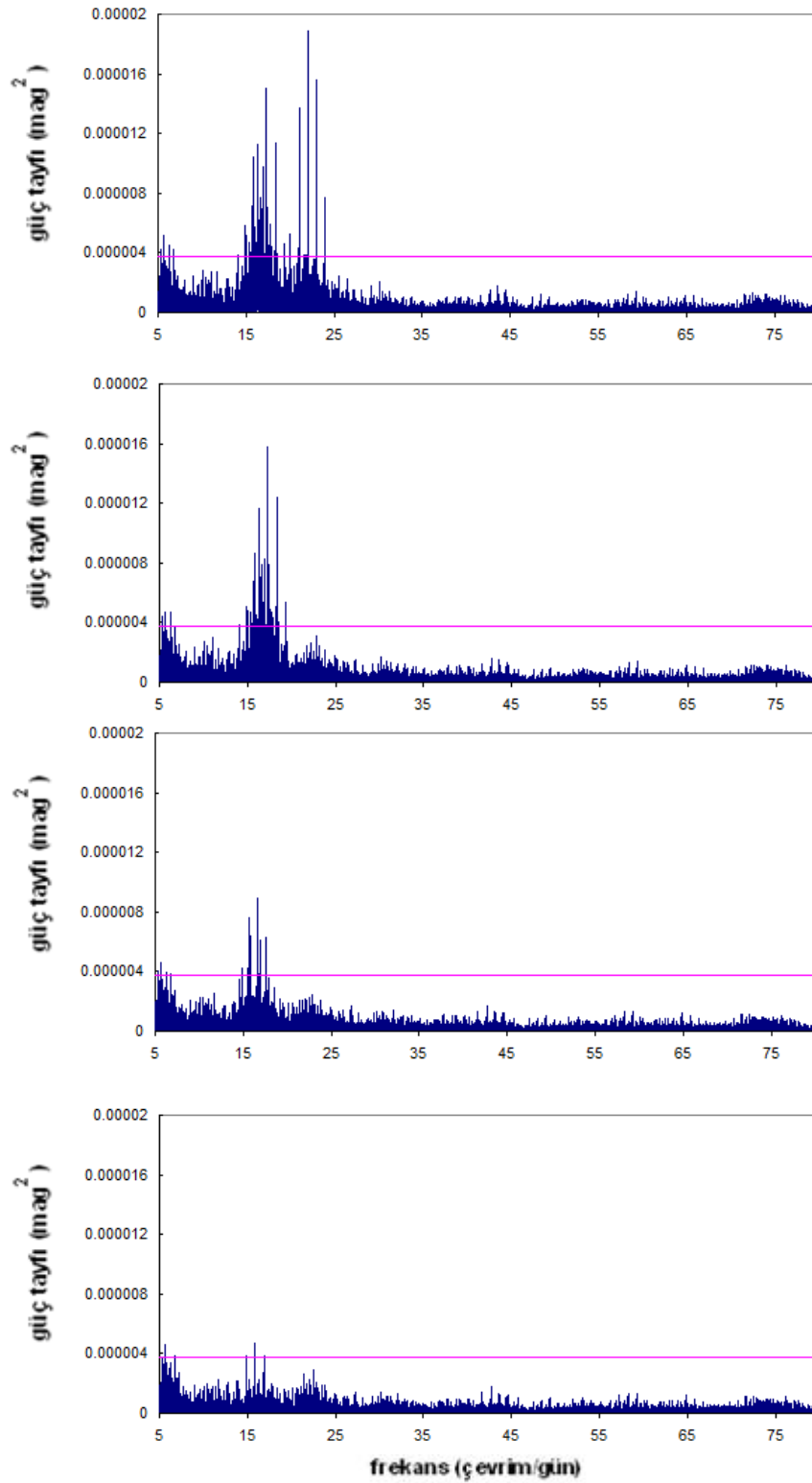
kullanılarak, frekans analizi, PERIOD 04 programı kullanılarak yapıldı ve IO UMa'nın sıcak bileşenlerinin, zonklama özellikleri (zonklama frekansı, genliği ve kaç modla zonklama gösterdiği) belirlendi. Bulunan sonuçlar, Çizelge 11'de ve sonuçlara göre çizilen V filtresindeki güç tayfları da Şekil 28'de gösterilmektedir. Şekilde yer alan, duyarlılık sınırları (düz çizgi) Breger (1993) tarafından ortaya konan $S/N \geq 4$ kriterine göre çizilmiştir. Frekans analizi sonucunda, sistemin 4 frekans ile zonklama yaptığı, baskın döneminin yaklaşık 1,1 saat ve V bandındaki toplam genliğinin ise yaklaşık $0^m,028$ olduğu gözükmektedir.



Şekil 28. IO UMa'nın maksimum evrede 02.05.2010 tarihinde V bandında elde edilen bir gecelik ışık eğrisi.

Çizelge 11. IO UMa'nın sıcak bileşeninin V filtresindeki frekans analizi sonuçları.

Frekans (c/d)	Yarı-genlik (mag)	Evre	S/G
$f_1 = 22,0147$ (3)	0,0044 (2)	0,558 (10)	8,8
$f_2 = 17,3050$ (4)	0,0039 (3)	0,851 (13)	8,4
$f_3 = 16,5988$ (5)	0,0031 (3)	0,127 (16)	6,8
$f_4 = 15,8801$ (6)	0,0024 (4)	0,021 (21)	5,4



Şekil 29. En üst panelde V bandı için elde edilen güç tayfı ve duyarlık sınırı, altındaki panellerde de sırasıyla birinci, ikinci, ve üçüncü baskın moda ilişkin frekanslar çıkarıldıktan sonra geriye kalan güç tayfları ve duyarlık sınırı (sürekli çizgi).

4.2.3 AT Peg'in Yörünge Dönem Analizi

Tez çalışmadaki aday yıldızlardan, IO UMa yeni keşfedilmiş bir sistem olduğundan yeterli minimum zamanı literatürde yer almamaktadır. RY Gem ise, uzun dönemli biri sistemdir ve yeterli duyarlı verisi yoktur. Ancak, Kreiner ve ark. (2001) tarafından yayınlanan O-C Atlasında sistemin yörünge döneminin azaldığı söylenebilir. Duyarlı bir analiz için bir süre minimum zamanı gözlenmelidir.

AT Peg'in ise yörünge döneminin değiştiği farklı yazarlar tarafından çalışılmış ve son olarak Liakos ve ark. (2011), sistemin yörünge döneminin azaldığını ve aynı zamanda O-C grafiğinde parabolün üstünde, üçüncü cisim nedeniyle yaklaşık 50 yıl dönemli bir sinüs değişiminin olduğunu ortaya koydu.

Bu çalışmada, ÇAAM'da elde edilen ve Çizelge 12'de verilen minimum zamanları kullanılarak sistemin yörünge dönem analizi 3. Bölüm'de verilen yöntemle yapıldı.

Çizelge 12. AT Peg'in ÇAAM'da gözlenip elde edilen minimum zamanları.

Minimum Zamanı (HJD)	Hatası	Filtre	Minimum Türü	Teleskop/Dedektör
2455412.5057	0.0010	BVR	I	T30/STL 1001E
2455415.3719	0.0002	BVR	I	T30/STL 1001E
2455416.5178	0.0002	BVR	I	T30/STL 1001E
2455718.5091	0.0004	R	II	T40/Apogee U47
2455792.4264	0.0001	BVR	I	T30/ ST10 MXE
2455831.3931	0.0001	BVR	I	T30/ ST10 MXE

T30 ve T40 : 30 ve 40 cm çaplı Schmidt-Cassegrain türü teleskoplar

AT Peg'in yörünge dönem değişimini analiz etmek için O-C verileri, Kreiner ve ark. (2001) tarafından verilen ışık ögeleri kullanılarak hesaplandı:

$$Min I = JD Hel 2445640,459 + 1^g,14609013xE \quad (4.1)$$

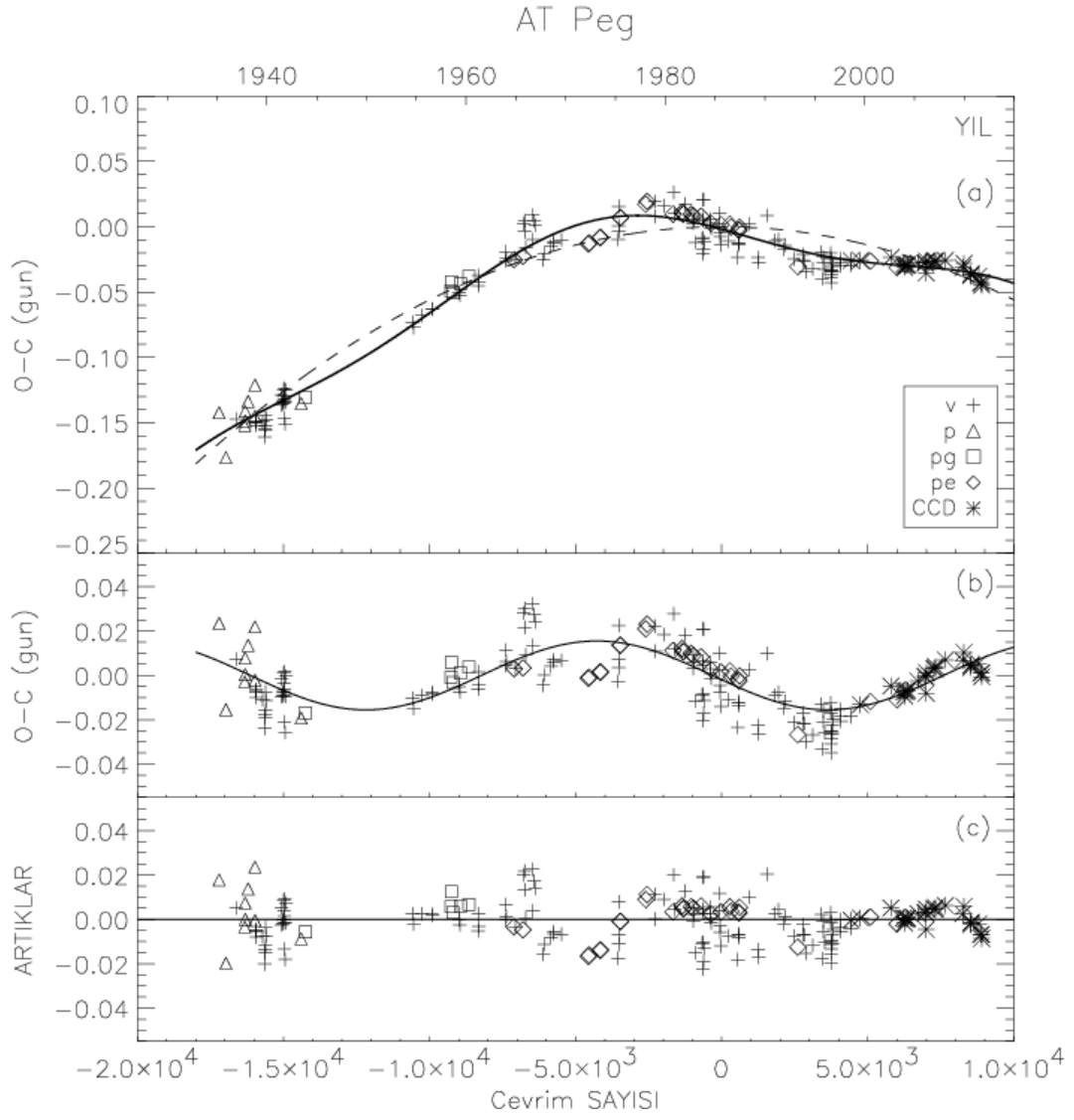
O-C verilerine, diferansiyel düzeltme yöntemi ile parabolik ve LITE terimi, sistemin literatürden toplanan ve bu çalışmada elde edilen tüm verilerine uygulandı. Çözümde, görsel verilere 1, foto-görsel verilere 2, fotoğrafik verilere 5, fotoelektrik verilere 8 ve CCD verilerine de 10 ağırlık verildi. O-C analizinde yaklaşık 1997 yılından itibaren sadece fotoelektrik ve CCD verileri kullanılmıştır. Elde edilen parabolik terim ve LITE parametreleri ile hataları Çizelge 13'te verilmektedir. Çizelgede, P₁₂, çift sistemin üçlü sistemin kütle merkezi etrafındaki yörüngede dolanma dönemini, f(m₃) üçüncü bileşenin

kütle fonksiyonunu, m_3 üçüncü bileşenin kütesini ve K_{12} çift sistemin kütle merkezinin dikine hız değişiminin yarı genliğini göstermekte olup diğer parametrelerin anlamları 3. Bölüm’de verilmiştir. Şekil 30’da, O-C dağılımı ile bulunan parabol+LITE parametreleri kullanılarak oluşturulan kuramsal eğrilerin gözlem noktaları ile uyumu ve son panelde ise kuramsal eğrilerden gözlem noktalarının çıkarılması ile oluşan artıklar gösterilmektedir.

Çizelge 13. AT Peg’in yörünge dönemi analizi sonucu bulunan parametre değerleri ve hataları.

Parametre	Değeri ve Hatası
T_0 (HJD)	24 45640,4661 (48)
$P_{yör}$ (gün)	1,1460830 (9)
Q (gün)	$-5,6(1) \times 10^{-10}$
$a_{12}\sin i$ (AB)	2,69 (23)
e	0
T (HJD)	24 40742 (181)
P_{12} (yıl)	49,6 (1.0)
$f(m_3)$ (M_{\odot})	0,0079 (20)
m_3 (M_{\odot}); $i=90^{\circ}$	0,5
K_{12} (km s^{-1})	1,64

AT Peg’in O-C analizinden bulunan parabolik terimin (Q) katsayısından sistemin yörünge döneminin $-0,031$ s/yıl oranında azaldığını göstermektedir. O-C grafiğinde yer alan dönemli değişimine uygulanan LITE denkleminde sonucunda, çiftin olası üçlü sistemin ortak kütle merkezi etrafında yaklaşık 50 yıllık bir dönemle dolandığı öngörülmüştür. Gelecek bölümde verilecek olan sistemin bileşenlerinin kütleleri ve üçüncü cisim çözümünden elde edilen kütle fonksiyonu kullanılarak, olası üçüncü cismin kütlesi ise $M_3 \approx 0,5 M_{\odot}$ hesaplanmıştır. Işık eğrisi çözümünden de elde edilen üçüncü ışık katkısı bu sonucu desteklemektedir. Olası üçüncü bileşen nedeniyle, çift sistemin kütle merkezinin dikine hızının değişim genliği ise $1,6$ km/s olarak bulunmuştur. Şekil 30 şeklinin en alt bölümünde parabolik ve LITE ile oluşturulmuş kuramsal eğri ile gözlem noktaları arasındaki artıklar görülmektedir. Bu artıkların da, özellikle son yıllardaki gözlem noktalarının daha duyarlı olduğu düşünülürse, çevrimsele benzer değişim gösterdiği söylenebilir. Üçüncü cisme göre daha kısa dönemli (20 yıldan küçük) ve çevrimsel olabilecek bu tür bir değişimin kaynağı AT Peg’in olası manyetik etkinlik gösterebilecek ikinci bileşeni olabilir. Ancak, bu değişiminin daha açık ortaya konması için daha fazla duyarlı gözleme ihtiyaç vardır.



Şekil 30. a) AT Peg'in O-C değişimi ve analiz sonucunda bulunan parabolik ve LITE terimleriyle oluşturulmuş sürekli kuramsal eğriler. b) LITE etkisini temsil eden sürekli kuramsal eğri ile gözlem noktaları. c) Parabolik ve dönemli değişim temsilinden olan artıklar.

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, klasik Algol türü örten çift sistemler, IO UMa, AT Peg ve RY Gem 'in tayfsal ve/veya fotometrik veri analizleri yapılarak sistemlerin ve bileşen yıldızların bazı parametrelerine ulaşılmıştır.

IO UMa, örten çift sisteminin ilk ayrıntılı tayfsal ve fotometrik çalışması yapılarak, bileşenlerin dikine hız eğrileri elde edilmiştir. Sistemin yörünge çözümü yapılmış ve elde edilen BVR ışık eğrileri çözülerek fotometrik parametreleri hesaplanmıştır. Ayrıca, ilk kez bu çalışmada, sistemin sıcak bileşeninin δ Scuti türü zonklama yaptığı ve baskın döneminin 1,1 saat olmak üzere dört farklı frekansa sahip olduğu belirlenmiştir. Özellikle yapılacak kampanya gözlemleri ile büyük kütleli bileşenin daha ayrıntılı zonklama özellikleri ve mod analizi yapılabilir.

Sistemin yörünge ve ışık eğrisi çözümünden elde edilen parametreler birleştirilerek, bileşenlerinin mutlak parametreleri ve sistemin uzaklığı hatalarla birlikte Çizelge 14'de verilmektedir.

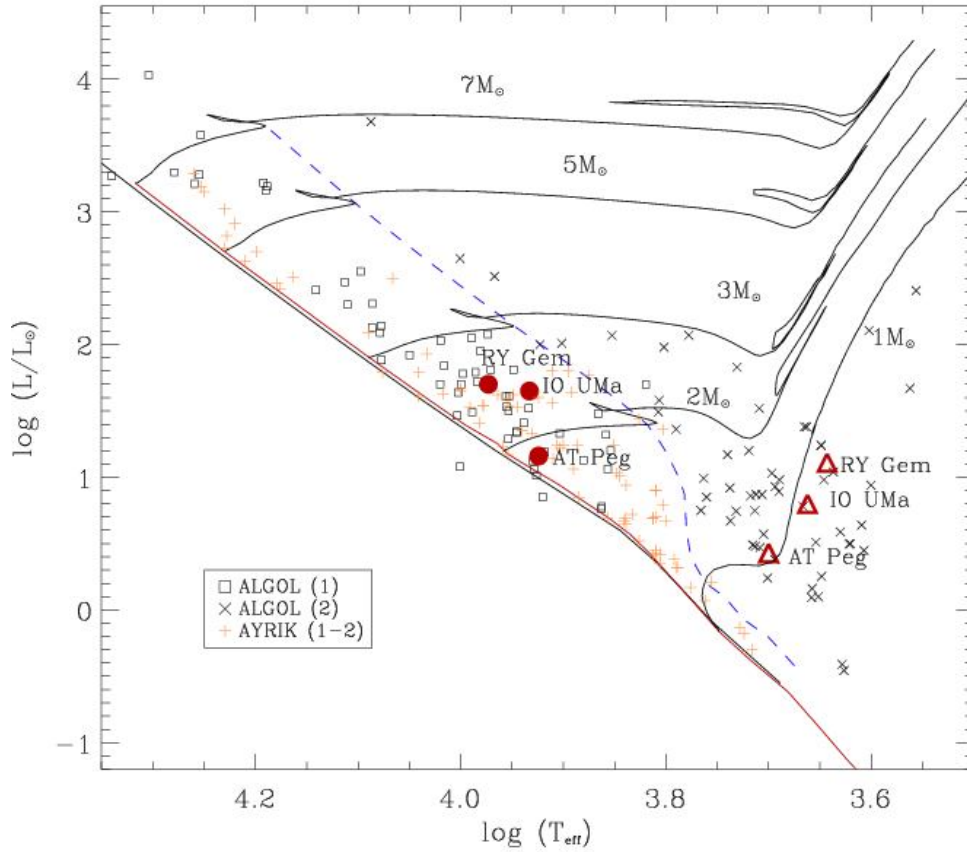
Çizelge 14. IO UMa, AT Peg ve RY Gem'in bileşenlerinin mutlak parametreleri.

Parametre	IO UMa		AT Peg		RY Gem	
	Sıcak	Soğuk	Sıcak	Soğuk	Sıcak	Soğuk
M (M_{\odot})	2,20(7)	0,30(1)	2,21(7)	1,08(5)	2,2(2)	0,39(6)
R (R_{\odot})	3,03(7)	3,96(8)	1,79(3)	2,17(3)	2,6(2)	6,2(3)
T (K)	8562 ^a	4592(100)	8400 ^b	5011(100)	9400 ^c	4401(100)
Log L (L_{\odot})	1,65(6)	0,80(9)	1,16(4)	0,43(5)	1,7(1)	1,11(9)
Log g	3,82(3)	2,71(3)	4,28(4)	3,80(3)	3,96(2)	2,5(3)
M_{bol} (kadir)	0,64(15)	2,76(23)	1,86(9)	3,69(12)	0,6(3)	2,0(2)
Uzaklık (pc)	310 (11)		261 (14)		403(28)	

^a Cox (2000), ^b Maxted ve ark. (1994), ^c van Hamme & Wilson (1990)

IO UMa'nın bileşenlerinin HR diyagramındaki konumları ise Şekil 31'de gösterilmiştir. Aynı şekilde, verileri Andersen (1991)'den alınan ayırık yıldızların ve ayrıca verileri İbanoğlu ve ark. (2006)'dan alınan SD türü sistemlerin bileşenleri de gösterilmektedir. Şekildeki farklı kütleler için evrim yolları, TAMS ve ZAMS sınırları, Güneş kimyasal bolluğunda kabulü altında Pols ve ark. (1998) çalışmasından yararlanılarak çizilmiştir. Şekilden IO UMa'nın birinci bileşeni anakol bandında yer alırken, HR diyagramındaki konumu ve soğuk bileşeninin 2,71 olarak hesaplanan log g

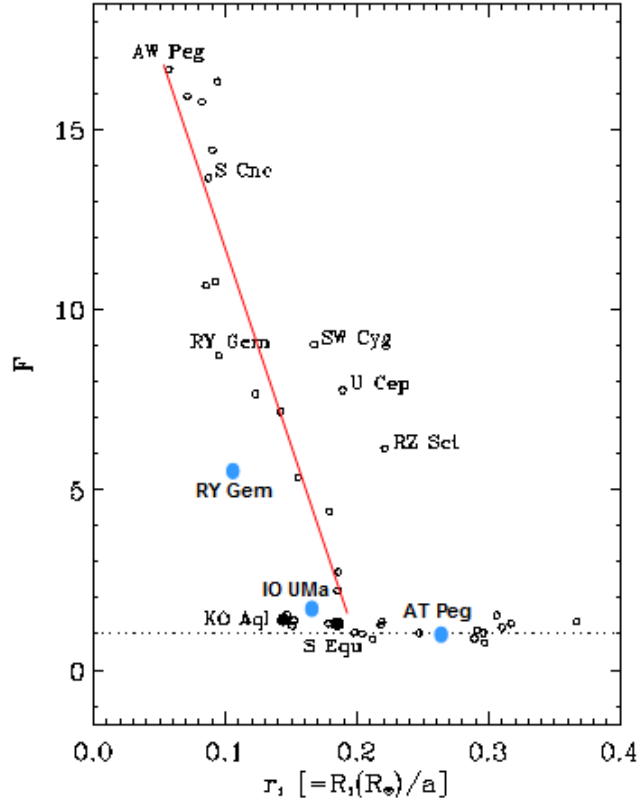
değeri ileri evrim aşamasında olabileceğini göstermektedir. Sıcak bileşenin konumunun da kararsızlık kuşağının δ Scuti yıldızlarının bulunduğu bölgesine düşmesi, ışık eğrisinde bulunan zonklama türü değişimleri doğrulamaktadır. IO UMa'nın uzaklığı ise, 310 ± 11 pc olarak bulunmuş olup bu değer HIPPARCOS uydusu tarafından yapılmış trigonometrik ıraksım ölçümlerinden belirlenen 282 pc değeri ile (ESA, 1997), hatalarda dikkate alındığında, uyumlu olduğu söylenebilir.



Şekil 31. IO UMa, AT Peg ve RY Gem'in birinci (büyük daireler) ve ikinci (içi boş üçgen) bileşenlerinin HR diyagramındaki konumlarının, bilinen ayırık ve yarı-ayırık dizgelerle birlikte gösterimi.

IO UMa'nın sıcak bileşenin dönme hızı, bu çalışmada alınan tayf verisi ile ölçülerek 32,0 km/s olarak bulunmuştur. Çizelge 14'de verilen $R_1 = 3,03 R_{\odot}$ değeri kullanılarak ilgili bileşenin eş-dönme hızı ise 27,3 km/s olarak bulunur. Bu durumda F_1 dönme parametresi, 1,17 olarak bulunur. Hata değerleri de dikkate alındığında bu bileşenin eş-dönmeye yakın hızlarda döndüğünü ortaya koyar. Aslında klasik Algollerde, yörünge dönemi bu mertebede olan sistemlerde genellikle F_1 parametresinin daha büyük değerler

aldığı görülmektedir (Soydugan 2005, Dervişoğlu ve ark. 2011). Şekil 32’de r_1 - F_1 diyagramında IO UMa’nın sıcak bileşeninin konumu gösterilmektedir. Şekil 32’de IO UMa’nın sıcak bileşeninin r_1 - F_1 diyagramındaki konumu diğer bazı klasik Algollerle birlikte gösterilmektedir. Bu çalışmada yer alan sistemler dışındaki sistemlerin verileri Soydugan (2005)’den alınmıştır. IO UMa’nın sıcak bileşeninin çok etkin kütle aktarımı gösteren yıldızların alt bölgesinde yer aldığı görülmektedir.



Şekil 32. Bazı klasik Algoller ile bu çalışmada yer alan IO UMa ve AT Peg’in r_1 - F_1 diyagramındaki konumları.

Görelî olarak kısa dönemli klasik Algol AT Peg, bu çalışmada tayfsal ve fotometrik olarak çalışılmıştır. Sistemin, alınan tayf verileri ile bileşenlerin dikine hızı eğrileri elde edilmiş ve yörünge çözümü yapılmıştır. AT Peg’in kütle oranı 0,488 olarak bulunmuş olup bu değer klasik Algollerin genel kütle oranı dağılımında (SD’lar için ortalama kütle oranı 0,27; İbanoğlu ve ark., 2006) büyük bir değer olarak dikkat çekmektedir. Sistemin BVR ışık eğrileri çözülmüş ve üçüncü ışık katkısı belirlenmiştir. V filtresinde üçüncü ışık katkısının % 25 civarında olduğu hesaplanmıştır.

AT Peg’in yörünge ve ışık eğrisi çözüm sonuçları birleştirilerek bileşenlerin mutlak parametreleri hesaplandı ve Çizelge 12’de verildi. Parametreler incelendiğinde, sistemin

V505 Sgr ve W UMi türü kısa dönemli Algollere benzer özellikte olduğu görülmektedir. Sistemin uzaklığı, 261 ± 14 pc olarak hesaplanmıştır. Şekil 28’de AT Peg’in bileşenlerinin konumları yer almakta olup birinci bileşen ZAMS koluna yakın iken, ikinci bileşen ise anakoldan ayrılmış görünmektedir. İbanoğlu ve ark. (2006) tarafından SD türü sistemlerin birinci bileşenleri için verilen $L \propto M^{3.2}$ bağıntısı ile AT Peg’in birinci bileşeninin kütle ve ısıtma değerleri yaklaşık olarak uyumludur. Ancak ayrı yıldızların anakol bileşenlerinden farklılık göstermekte olup bu da sistemin evriminde kütle aktarımı etkisini ortaya koymaktadır.

AT Peg’in Catania Astrofizik Gözlemevi’de alınan tayf verileri kullanılarak kullanılarak sıcak bileşeninin dönme hızı 82 ± 2 km/s olarak ölçülmüştür. Sistemin yörünge dönemi 1,14608 gün ve birinci bileşenin yarıçapı $1,79 R_{\odot}$ alınarak, eş-dönme hızı yaklaşık 79 km/s hesaplanabilir. Bu durumda, ölçümlerdeki hatalar dikkate alınarak, sıcak bileşenin hemen hemen eş-dönme hızıyla döndüğü söylenebilir.

Klasik Algollerin de yer aldığı ve önemli bir veritabanı olan O-C Atlasında (Kreiner ve ark., 2001) SD türü örten çiftlerin önemli bir bölümünün yörünge dönem değişimi gösterdiği ortaya çıkmıştır. AT Peg’in de O-C grafiği döneminin değiştiğini açıkça ortaya koymaktadır. Bu çalışma ile sistemin yörünge döneminin, yaklaşık -3,1 s/yüzyıl oranında azaldığı belirlenmiştir. Dönem azalmasının nedeni için ise en olası açıklamalardan biri olarak, soğuk bileşenin manyetik etkinliği nedeniyle oluşabilecek açısal momentum kaybı gösterilebilir. O-C grafiğinde yer alan azalan parabolik değişim üzerindeki dönemli değişimin kaynağı için ise çift yıldız etrafında minimum kütlesi $0,5 M_{\odot}$ olarak hesaplanan olası bir üçüncü bileşen yıldız önerildi. Işık eğrisinde de üçüncü bileşenin ışık katkısının bulunması, sistem etrafında böyle bir bileşen olabileceği görüşünü güçlendirmektedir. Bu nedenle, sistemin kütle merkezinin dikine hız değişiminin olup olmadığı izlenmeli, yüksek çözünürlümlü ve S/G değerli tayflar alınarak bu bileşenin kanıtları aranmalıdır.

RY Gem, görelili olarak uzun dönemli bir klasik Algol türü sistem olarak bilinmektedir. Bu çalışmada seçilmesinin nedeni, fotometrik dönme parametresi olan F_1 ’in test edilmesidir. Bu tür bir sistemde büyük değer alması beklenen F_1 ’in ışık eğrisi çözümünden belirlenip belirlenemeyeceği konusunda denemeler yapıldı. Sonuçta, çözümde serbest bırakılan F_1 değerinin çok farklı aralıklarda (bu sistem için 4-15 aralığı), birbirine benzer çözümler üretilebildiği ortaya çıkmıştır. Bu durumda, kütle alan sıcak bileşenlerin dönme hızı belirlenmesinde, tayfsal veriye güvenmenin anlamlı olduğu bir kez daha ortaya çıkmaktadır. Sonuçta, sistemin ASAS-V ışık eğrisi, tayf verisinden elde edilen $v \sin i$ değeri dikkate alınarak (Glazunova ve ark., 2008) hesaplanan $F_1=5,5$ değeri

kullanılarak sistemin ışık eğrisi çözülmüş ve fotometrik parametreleri hesaplanmıştır. Bu tür dizgelerde, farklı zamanlarda alınacak yüksek çözünümlü tayflar ile hem kütle aktarımı ve toplanma yapısının değişimi hem de v_{sin} değerlerinin değişimi izlenmelidir. RY Gem'in ayrıca, van Hamme ve Wilson (1990) tarafından verilen dikine hız çözümü ile bu çalışmada bulunan fotometrik parametreleri kullanılarak temel mutlak parametreleri hesaplanmış ve Çizelge 14'te verilmiştir. RY Gem ve IO UMa'nın birinci bileşenlerinin benzer özelliklerde olduğu temel parametrelerinden ve HR diyagramındaki konumundan gözükmektedir.

KAYNAKLAR

- All Sky Automated Survey (ASAS), <http://www.astrouw.edu.pl/asas/>.
- Anderson J., Clausen J.V., Nordström B., Tomkin J., Mayor M., 1991. TZ Fornacis: Stellar and Tidal Evolution In A Binary With A Fully-Fledged Red Giant (Absolute Dimensions of Eclipsing Binaries. XVII). *Astronomy&Astrophysics*. 246: 99-117.
- Barai P., Gies D.R., Choi E., Das V., Deo R., Huang W., Marshall K., McSwain M.V., Ogden C., Osterman M.A., 2004. Mass and Angular Momentum Transfer in the Massive Algol Binary RY Persei. *The Astrophysical Journal*. 608:989-1000.
- Bell S.A., Adamson A.J., 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.
- Breger M., Stich J., Garrido R., Martin B., Jiang S.Y., Li Z.P., Hube D.P., Ostermann W., Paparo M., ve Scheck M., 1993. Nonradial Pulsation of the Delta-Scuti Star Bu-Cancri in the Praesepe Cluster. *Astronomy&Astrophysics*. 271: 482-486.
- Budding E., Erdem A., Çiçek C., Bulut I., Soyduğan F., Soyduğan E., Bakis V., ve Demircan O., 2004. Catalogue of Algol type binary stars. *Astronomy&Astrophysics*. 417: 263-268.
- Crawford J. A., 1955. On The Subgiant Components of Eclipsing Binary Systems. *The Astrophysical Journal*. 121:71.
- Çakırlı Ö., İbanoğlu C., Bilir S., Sipahi E., 2009. A New Low-Mass Eclipsing Binary: NSVS 02502726. *New Astronomy*. 14: 496-502.
- Değirmenci Ö.L., Gülmen Ö., Sezer C., İbanoglu C., ve Çakırlı Ö., 2003. Up-to-date UBV light and O-C curves analyses of the eclipsing binary V477 Cygni. *Astronomy&Astrophysics*. 409: 959-967.
- Dervişoğlu A., Christopher A. Tout., ve İbanoglu C., 2010. Spin Angular Momentum Evolution of the Long Period Algols. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. 406: 1071-1083.
- Djurasevic G., Latkovic O., Vince I., Cseki A, 2010. Accretion disk in the eclipsing binary AU Mon. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. 000: 1-9.
- Erdem A., Soyduğan F., Doğru S.S., Özkardeş B., Doğru D., Tüysüz M., Demircan O., 2007. First period analyses of five neglected Algol-type eclipsing binaries: TT And, V342 Aql, RW Cap, BZ Cas and TW Lac. *New Astronomy*. 12: 613-621.
- ESA, 1997. The Hipparcos & Tycho Catalogues, Sp-1220.

- Etzel, P.B., Olson E.C., ve Edward C., 1993. New Rotational Velocities For Eclipsing Binaries, And A Comparison of Spectroscopic and Photometric Rotations. *The Astrophysical Journal*. 106: 1200-1205.
- Gaposchkin S., 1946. The Eclipsing System RY Geminorum. *The Astrophysical Journal*. 104:383.
- Glazuvona L. V., Yushcenko A.V., Tsymbal V.V., Mkrtichian D.E., Lee J.J., Kang Y.W., Valyavin, G.G., ve Lee B.-C., 2008. Rotational Velocities of the Components of 23 Binaries. *The Astrophysical Journal*. 136:1736-1745.
- Gulmen O., Gudur N., Sezer C., 1993. Two Colour Photometry and Analysis of the Eclipsing Binary AT Pegasi. *Astrophysics and Space Science*. 206: 259-274.
- Hadrava P., 2004. Fourier method of spectra disentangling: KOREL - User's guide: *Publ. Astron. Inst. ASCR*, 92: 15-35.
- Hall D.S., Stuhlinger T., 1976. A Period Study for RY Geminorum. *Acta Astronomica*. 26:109-116.
- Hall D.S., Eaton J.A., Wilson J.W., Stuhlinger T., 1982. RY Geminorum – An Algol Binary With Moderate Circumstellar Emission. *Acta Astronomica*. 32: 411-423..
- Hill G., Barnes J.V., 1972. A Spectroscopic Study of AT Pegasi. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*. 84: 430.
- Ibanoglu C., Soydogan F., Soydogan E., Dervisoglu A., 2006. Angular momentum evolution of Algol binaries. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. 373: 435-448.
- Kopal Z., 1959. *Close Binary Systems*, Chapman and Hall LTD, London, p125.
- Kreiner J.M., 2004. Up-to-Date Linear Elements of Eclipsing Binaries. *Acta Astronomica*. 54: 207-210.
- Lapasset E., Gomez M., ve Farinas R., 1996. Photometric Analyses of the Short-Period Contact Binaries HY Pavonis, AW Virginis, and BP Velorum. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*. 108: 332-337.
- Lazaro C., Martinez-Pais I. G., ve Arevalo M.J., 2004. The Fundamental Parameters of the Algol Binary AI Draconis Revisited. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. 351:707-720.
- Liakos A., Niarchos P., ve Budding E., 2011. Light Curve and Orbital Period Analysis of the Eclipsing Binary AT Peg. IAU Symposium 282 - From Interacting Binaries to Exoplanets: Essential Modeling Tools, Tatransk\'a Lomnica, Slovakia, baskıda.
- Liakos, A., Niarchos P., Soydogan E. ve Zashche P., 2012. Survey for δ Sct components in eclipsing binaries and new correlations between pulsation frequency and

- fundamental stellar characteristics. Submitted.
- Lucy L.B., 1967. Gravity-Darkening for Stars with Convective Envelopes. *Zeitschrift für Astrophysik*. 65: 89-92.
- Margrave Th.E., 1981. Photoelectric Times of Minima of Eclipsing Binaries. *Information Bulletin on Variable Stars*. 1930.
- Maxted P.F.L., Hill G., Hilditch R.W., 1994. Studies of early-type variables stars XII. Spectroscopic orbit and absolute parameters of AT Pegasi. *Astronomy and Astrophysics*. 285: 535-540.
- Mazeh T., Zucker S., 1994. Todcor: A Two-Dimensional CORrelation technique to analyze stellar spectra in search of faint companions. *Astrophysics & Space Science*, 212: 349-356.
- Mennickent R.E., Djurasevic G., Kolaczowski Z., ve Michalska G., 2011. The evolution stage and massive disc of the interacting binary V393 Scorpii. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. baskıda.
- Mkrtichian D.E., Kusakin A.V., Rodriguez E., Gamarova A.Yu., Kim C., Kim S.L., Lee J.W., Youn J.H., Kang Y.W., Olson E.C., ve Grakin K., 2004. Frequency spectrum of the rapidly-oscillating mass-accreting component of the Algol-type system AS Eri. *Astronomy&Astrophysics*. 419: 1015-1024.
- O-C Gateway, <http://var.astro.cz/ocgate/>)
- Pavlovski K., Burki G., ve Mimica P., 2006. Indirect imaging of an accretion disk rim in the long-period interacting binary W Crucis. *Astronomy and Astrophysics*. 454:855.
- Prsa A., Zwitter T., 2005. A Computational Guide to Physics of Eclipsing Binaries. I. Demonstrations and Perspectives. *The Astrophysical Journal*. 628: 426-438.
- Pols O.R., Schroder K.P., Hurley J.R., Tout C.A., ve Eggleton P.P., 1998. Stellar evolution model for $Z = 0.0001$ to 0.03 . *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. 298: 525-536.
- Popper D.M., 1989. Radial velocities in 12 Algol binaries. *The Astrophysical Journal Supplement Series*. 71: 595-621.
- Richards M.T., Albright G.E., 1999. Morphologies of H α Accretion Regions in Algol Binaries. *The Astrophysical Journal Supplement Series*. 123: 537-626.
- 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.
- SIMBAD Astronomical Database, <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/>.

- Southworth J., Maxted P.F.L., ve Smalley B., 2005. Eclipsing Binaries as Standard Candles: HD 23642 and the distance to the Pleiades. *Astronomy and Astrophysics*. 429: 645-655.
- Soydugan F., 2005. Algol Türü Örtten Çift Yıldızlarda Kütle Aktarımı. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi.
- Soydugan E., Soydugan F., Demircan O., ve Ibanoglu C., 2006. A catalogue of close binaries located in the δ Scuti region of the Cepheid instability strip. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. 370: 2013-2024.
- Soydugan F., Frasca A., Soydugan E., Catalano S., Demircan O., ve Ibanoglu C., 2007. A Spectroscopic Study of the Algol-type Binaries S Equulei and KO Aquilae: Absolute Parameters and Mass Transfer. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. 379:1533-1545.
- Soydugan E., Soydugan F., Şenyüz T., Püsküllü Ç., ve Demircan O., 2011. A comprehensive photometric study of the Algol-type eclipsing binary: BG Pegasi. *New Astronomy*. 16: 72-78.
- Torres G., Andersen J., Gimenez A., 2010. Accurate masses and radii of normal stars: Modern results and applications. *The Astronomy and Astrophysics Review*. 18: 67-126
- Van Hamme W., ve Wilson R., 1990. Rotation statistics of Algol-type binaries and results on RY Geminorum, RW Monocerotis, and RW Tauri. *The Astronomical Journal*. 100:1981-1993.
- Van Hamme W., ve Wilson R.E., 2003. Stellar atmospheres in eclipsing binary models. *ASP Conference Series*. 298: 323.
- Wilson R.E. ve Devinney E.J., 1971. Realization of Accurate Close-Binary Light Curves: Application to MR Cygni. *The Astrophysical Journal*. 166: 605-619.

ÇİZELGELER

	Sayfa No
Çizelge 1. Klasik Algollerin Temel Paremetre Dağılımları	8
Çizelge 2. AT Peg ve gözlemlerde kullanılan mukayese ile denet yıldızlarının kimlik bilgileri	28
Çizelge 3. IO UMa ve gözlemlerde kullanılan mukayese ile denet yıldızlarının kimlik bilgileri.	29
Çizelge 4. IO UMa ve AT Peg'in dikine hız ölçümünde kullanılan standart yıldızlar.	33
Çizelge 5. IO UMa'nın iki bileşeninin ölçülen dikine hızları ve hataları.	34
Çizelge 6. IO UMa'nın ölçülen dikine hız değerlerinden elde edilen yörünge çözüm sonuçları.	35
Çizelge 7. AT Peg'in iki bileşeninin ölçülen dikine hızları ve hataları.	36
Çizelge 8. AT Peg'in ölçülen dikine hız değerlerinden elde edilen yörünge çözüm sonuçları.	36
Çizelge 9. IO UMa ve AT Peg'in BVR ışık eğrisi çözümünde elde edilen parametreleri.	39
Çizelge 10. RY Gem'in ASAS-V verisinin WD çözümünden elde edilmiş parametreleri.	42
Çizelge 11. IO UMa'nın sıcak bileşeninin V filtresindeki frekans analizi sonuçları.	44
Çizelge 12. AT Peg'in ÇAAM'da gözlenip elde edilen minimum zamanları. ...	46
Çizelge 13. AT Peg'in yörünge dönemi analizi sonucu bulunan parametre değerleri ve hataları.	47
Çizelge 14. IO UMa, AT Peg ve RY Gem'in bileşenlerinin mutlak parametreleri	49

ŞEKİLLER

Sayfa No

Şekil 1. Algol türü çift sistem V477 Cyg'nin Değirmenci (2003) tarafından elde edilmiş V bandı ışık eğrisi ve elde ettiği çözüm parametreleri kullanılarak Binary Maker yazılımı (Bradstreet 1993) ile oluşturulmuş sürekli kuramsal eğri.	2
Şekil 2. β Lyrae türü çift sistem TT Aur'un Bell (1987) tarafından elde edilmiş B bandı ışık eğrisi ve Binary Maker yazılımı (Bradstreet 1993) ile oluşturulmuş sürekli kuramsal eğri.	3
Şekil 3. W UMa türü çift sistem AW Vir'in Lapasset (1996) tarafından elde edilmiş V bandı ışık eğrisi ve Binary Maker yazılımı (Bradstreet 1993) ile oluşturulmuş sürekli kuramsal eğri.	4
Şekil 4. Farklı kütle oranları ve yüzey potansiyellerine sahip bileşenlerden oluşmuş, ayrık (a), yarı-ayrık (b) ve değen sistemlerin (c) Roche geometrileri. ...	4
Şekil 5. Klasik Algollerin birinci (içi dolu daire) ve ikinci bileşenlerinin (içi boş daire) HR diyagramındaki dağılımları (İbanoğlu 2006). Farklı kütleler için evrim yolları da gösterilmektedir.	5
Şekil 6. SD ve DB türü örten çift yıldızların bileşenlerinin kütle-ışıtma dağılımları.	9
Şekil 7. AI Dra'nın BVJHK ışık eğrileri.	10
Şekil 8. Uzun dönemli Algol türü sistem V393 Sco'nun disk etkisi kullanılarak modellenmiş V ışık eğrisi ve 0.25 evredeki Roche modeli (Mennickent ve ark. 2011).	12
Şekil 9. Zonklayan bileşenli Algol türü sistem BG Peg'in BV ışık eğrisi ve ışık eğrisi analizi sonucu bulunan bileşen parametreleri ile elde edilmiş kuramsal eğriler (Soydugan ve ark. 2011).	13

Şekil 10. TW Lac örten çift yıldız sisteminin O-C değişimi ve kuramsal eğrilerle (parabolik ve ışık-zaman etkisini gösteren dönemsel değişim terimleri kullanılarak) temsili (Erdem ve ark. 2007).	15
Şekil 11. Algollerde kütle oranı (q) – ikinci bileşenin tayf türü (Sp2) düzleminde yörünge dönem değişimlerinin biçimleri. X çevrimsel, / artan, \ azalan, yörünge dönemine karşılık gelirken – ise dönemi değişmeyen sistemleri göstermektedir (Liao & Qian 2010).	16
Şekil 12. Klasik Algol RY Per'in bileşenlerinin dikine hız değişimleri. İçin dolu daireler büyük kütleli, içi boş daireleri ile küçük kütleli bileşenin dikine hızlarına karşılık gelmektedir (Barai ve ark. 2004).	17
Şekil 13. RY Per'in ikinci bileşen etkisi çıkarıldıktan sonra elde edilen $H\alpha$ çizgi profili ile farklı disk yoğunluklu modellerin gösterimi (Barai ve ark. 2004).	18
Şekil 14. Çok sayıda klasik Algolün birinci bileşenin kesirsel yarıçapı ile kütle oranı diyagramında gösterimi. İçin dolu daire RY Per'i göstermekte olup dairelerin büyüklükleri, onların eş-dönmeden ne kadar büyük hızla döndüklerini göstermektedir. Sürekli çizgi RY Per'in korunumlu kütle aktarımı için evrim yolunu göstermektedir (Barai ve ark. 2004).	19
Şekil 15. IO UMa'nın Mg II bölgesinde indirgenmiş ve normalize edilmiş tayf görüntüsü.	25
Şekil 16. AT Peg'in $H\alpha$ bölgesinde indirgenmiş ve normalize edilmiş tayf görüntüsü.	26
Şekil 17. HD 23642 çift yıldızının, çapraz-eşleştirme yönteminde, Vega standart yıldızı kullanılarak dikine hız ölçümü. Üst panel kullanılan tayf aralığını, alt panel ise elde edilen korelasyonu göstermektedir.	26
Şekil 18. AT Peg'in BVR ışık eğrileri.	28
Şekil 19 IO UMa'nın BVR ışık eğrileri.	29

Şekil 20. IO UMa'nın soğuk bileşenin, çapraz-eşleştirme yönteminde, α Boo standart yıldızı kullanılarak dikine hız ölçümü. Üst panel kullanılan tayf aralığını, alt panel ise elde edilen korelasyonu göstermektedir.	33
Şekil 21. IO UMa'nın birinci (içi dolu daire) ve ikinci bileşen (içi boş daire) için ölçülen dikine hız değerleri ile bulunan yörünge çözümüne ilişkin kuramsal eğri.	35
Şekil 22. AT Peg'in birinci (içi dolu daire) ve ikinci bileşen (içi boş daire) için ölçülen dikine hız değerleri ile bulunan yörünge çözümüne ilişkin kuramsal eğri.	37
Şekil 23. IO UMa'nın BVR ışık eğrileri ve ışık eğrisi çözümünden elde edilmiş parametreleri ile hesaplanmış kuramsal eğriler.	40
Şekil 24. IO UMa'nın 0.75 evrede Roche geometsinin görünümü.	40
Şekil 25. AT Peg'in BVR ışık eğrileri ve ışık eğrisi çözümünden elde edilmiş parametreleri ile hesaplanmış kuramsal eğriler.	41
Şekil 26. AT Peg'in 0.75 evrede Roche geometsinin görünümü.	41
Şekil 27. RY Gem'in ASAS-V ışık eğrisi ve çözümünden elde edilmiş parametreleri ile hesaplanmış kuramsal eğriler.	43
Şekil 28. IO UMa'nın maksimum evrede 02.05.2010 tarihinde V bandında elde edilen bir gecelik ışık eğrisi.	44
Şekil 29. En üst panelde V bandı için elde edilen güç tayfi ve duyarlık sınırı, altındaki panellerde de sırasıyla birinci, ikinci, ve üçüncü baskın moda ilişkin frekanslar çıkarıldıktan sonra geriye kalan güç tayfları ve duyarlık sınırı (sürekli çizgi).	45
Şekil 30. a) AT Peg'in O-C değişimi ve analiz sonucunda bulunan parabolik ve LITE terimlerle oluşturulmuş sürekli kuramsal eğriler. b) LITE etkisini temsil eden sürekli kuramsal eğri ile gözlem noktaları. c) Parabolik ve dönemli değişim temsilinden olan artıklar	48

Şekil 31. IO UMa, AT Peg ve RY Gem'in birinci (içi dolu daire) ve ikinci (içi boş üçgen) bileşenlerinin HR diyagramındaki konumlarının, bilinen ayırık ve yarı-ayırık dizgelerle birlikte gösterimi.....	50
Şekil 32. Bazı klasik Algoller ile bu çalışmada yer alan IO UMa ve AT Peg'in r_1 - F_1 diyagramındaki konumları.	51

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Çağdaş KANVERMEZ

Doğum Yeri: İstanbul

Doğum Tarihi: 05/01/1986

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü.

Yüksek Lisans Öğrenimi: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Anabilim Dalı.

Bildiği Yabancı Diller: İngilizce.

BİLİMSEL FAALİYETLER

a) Yayınlar-SCI-Diğer

- Dogru, S. S., Erdem, A., Alicavus, F., Akin, T., Kanvermez, C., 2011. *CCD Times of Minima of Some Eclipsing Variables*. IBVS 5988

b) Bildiriler-Uluslararası-Ulusal

- Kanvermez, C., Soyduğan, F., Soyduğan, E., 2010. *Algol Türü Çift Sistem IO Uma'nın Fotometrik ve Tayfsal Analizi* 17. Ulusal Astronomi Kongresi, sf. 272

c) Katıldığı Projeler

- 107T634 Nolu TÜBİTAK Projesi. “*Delta Scuti Bileşenli Örten Çift Sistemlerin Zonklama Özelliklerinin Belirlenmesi.*”
- 108T714 Nolu TÜBİTAK Projesi. “*Klasik Algollerde Yörünge Dönemi Değişimlerinin Çok Yönlü İncelenmesi.*”
- 111T224 Nolu TÜBİTAK Projesi. “*Çift Yıldızlarda Açısız Momentum ve Yörünge Evrimi*”

İLETİŞİM:

E-posta Adresi: kanvermez.c@gmail.com