

T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BASIK YÖRÜNGELİ ÖRTEN ÇİFT YILDIZ SİSTEMLERİNDE EKSEN DÖNMESİ VE ÜÇÜNCÜ CİSİM ETKİSİ

Mehmet Süheyil TARIN

Fizik Anabilim Dalı

ÇANAKKALE

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

BASIK YÖRÜNGELİ ÖRTEN ÇİFT YILDIZ SİSTEMLERİNDE EKSEN DÖNMESİ VE ÜÇÜNCÜ CİSİM ETKİSİ

Mehmet Süheyil TARIN
Fizik Anabilim Dalı
Tezin Sunulduğu Tarih: **26/08/2019**

Tez Danışmanı:
Prof. Dr. İbrahim BULUT

ÇANAKKALE

Mehmet Süheyil TARIN tarafından Prof. Dr. İbrahim BULUT hazırlanan ve **26/08/2018** tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan "**Basık Yörüngeli Örten Çift Yıldız Sistemlerinde Eksen Dönmesi ve Üçüncü Cisim Etkisi**" başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Fizik Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

JÜRİ

Prof. Dr. Selçuk BİLİR ……

Başkan

Prof. Dr. İbrahim BULUT ……

Üye

Prof. Dr. Caner ÇİÇEK ……

Üye

Prof. Dr. Levent GEÇ
Müdür
Fen Bilimleri Enstitüsü

Sıra No:……

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.

Mehmet Süheyil TARIN

TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleştirilmesinde, çalışmam boyunca benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen saygı değer danışman hocam Prof. Dr. İbrahim BULUT'a, en derin teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin hazırlanması sırasında ve gözlemlerimde yardımlarını esirgemeyen değerli dostlarım yüksek lisans öğrencisi Halil ÇETİNKAYA'ya, doktora öğrencisi Muhammed Faruk YILDIRIM'a, Ar. Gör. Fahri ALİÇAVUŞ'a, doktora öğrencileri Erhan TİRYAKİ'ye ve Çağlayan NEHİR'e, teşekkür ederim.

Çalışma süresince tüm zorlukları benimle göğüsleyen fedakâr annem Hatice GÖK'e, manevi desteklerini esirgemeyen kardeşim Fatma Şefika KALYONCU'ya ve değerli kız arkadaşım Merve TURAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Mehmet Süheyil TARIN

Çanakkale, Haziran 2019

SİMGELER VE KISALTMALAR

A (gün)	Sinüs benzeri yapının yarı genliği
AB	Astronomik birim
O-C	Gözlenen ve hesaplanan minimum zamanlarının farkı
i (°)	Yörünge eğim açısı
c	Işık hızı
$R_\odot$	Güneş yarıçapı
e	Dışmerkezlilik
E	Çevrim sayısı
$f(m_3)$	Üçüncü cisim için kütle fonksiyonu
M_3	Üçüncü cismin kütlesi
T_o	Tutulma başlangıç zamanı
HJD	Güneş merkezli Julien günü
$M_\odot$	Güneş kütlesi
$M_{1,2,3}$	Bileşen yıldızların kütleleri
$R_\odot$	Güneş yarıçapı
$R_{1,2}$	Bileşen yıldızların yarıçapları
P	Çift yıldız sisteminin yörünge dönemi
ω	Çift sistemin ışık-zaman yörüngesi üzerindeki enberi noktasının T_0 anındaki boylamı
$\dot{\omega}$	Birim zamanda eksen dönmesi miktarı
P_s	Çift yıldızın yörünge dönemi
U	Eksen dönmesinin dönemi
P_a	Kavuşum dönemi
v	Gerçek ayrıklık
asin i	Çift sistemin ışık-zaman yörüngesinin gökyüzü düzlemine izdüşümünün yarı-büyük eksen uzunluğu
P_3	İlave cismin ortak kütle merkezi etrafında dolanma dönemi

ÖZET

BASIK YÖRÜNGELİ ÖRTEN ÇİFT YILDIZ SİSTEMLERİNDE EKSEN DÖNMESİ VE ÜÇÜNCÜ CİSİM ETKİSİ

Mehmet Süheyil TARIN
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Fizik Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi
Danışman: Prof. Dr. İbrahim BULUT
26/08/2019, 52

Bu tez çalışmasında, ilave bileşene sahip olduğu belirlenen 19 basık yörüngeli örten çift yıldız sisteminden 10 tanesi seçilerek dönem analizi yapılmıştır. Bu sistemler, AO Vel, RR Lyn, RW Lac, TV Cet, U Oph, V477 Cyg, V1094 Tau, YY Sgr, HS Her ve V889 Aql'dir. Belirlenen 10 çift yıldız sistemi için dönem analizi yapılarak eksen dönmesi parametreleri ile ve üçüncü cisimlerine ait yörünge parametreleri hesaplanmıştır.

Bu çalışmada belirlenen 10 sistemin eksen dönmesi ve üçüncü cisim parametrelerine ilave olarak eksen dönmesi ve üçüncü cisim parametreleri literatürden alınan 9 sistemde kullanılarak, üçüncü cismin gözlenen eksen dönmesi dönemi üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Buna göre tüm sistemler için toplam eksen dönmesi içerisinde üçüncü cisim etkisinin ihmal edilebilir oranda olduğu belirlenmiştir. Eksen dönmesi dönemine en büyük katkının (RR Lyn ve V889 Aql dışında) bileşenlerin dönme ve karşılıklı çekim nedeniyle oluşturduğu etkilerden geldiği bulunmuştur.

Bulut ve Demircan (2007) tarafından oluşturulan basık yörüngeli örten çift yıldız kataloğunda yer alan sistemler göz önüne alındığında basık yörüngeli örten çift sistemlerinin yaklaşık %15'nin üçüncü bir bileşene sahip olduğu görülmüştür. Yapılan analizlerde sistemlere çekimsel olarak bağlı üçüncü cisim kütlelerinin 0,09 - 4,97 $M_{\odot}$ aralığında olduğu da belirlenmiştir.

Anahtar sözcükler: Örten Çift Yıldız, Eksen Dönmesi, Üçüncü Cisim, AO Vel, RR Lyn, RW Lac.

ABSTRACT

APSIDAL MOTION AND THIRD BODY EFFECT IN ECCENTRIC ECLIPSING BINARY SYSTEMS

Mehmet Süheyil TARIN
Çanakkale Onsekiz Mart University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Master of Science Thesis in Physics
Advisor: Prof. Dr. İbrahim BULUT
26/08/2019, 52

In this thesis study, ten of 19 determined eccentric eclipsing binary stars which have an additional component were chosen and analysed for period variations. These systems are AO Vel, RR Lyn, RW Lac, TV Cet, U Oph, V477 Cyg, V1094 Tau, YY Sgr, HS Her and V889 Aql. The determined ten binary systems were analyzed for orbital period variations and their parameters of apsidal motion and third body's orbital were computed.

In this study, these determined period parameters and nine system's parameters which taken from literature were used for researching third body effect on the period of apsidal motion. Accordingly, it was determined that the effect of the third body in the total apsidal motion was negligible for all systems. The greatest contribution to the apsidal motion period (except RR Lyn and V889 Aql) was determined by the effects of rotation and mutual attraction of the components.

By taking into consideration the systems in the catalog of eccentric eclipsing binary stars that created by Bulut and Demircan (2007), it was observed that 15 percent of eccentric eclipsing binary stars have an additional third body. In these analyses, the masses of third component that connected to binary systems gravitationally were determined between the range of of 0,09 - 4,97 $M_{\odot}$.

Keywords: Eclipsing Binary Stars, Apsidal Motion, Third Body, AO Vel, RR Lyn, RW Lac.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

TEZ SINAVI SONUÇ FORMU ii
İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI iii
TEŞEKKÜR iv
SİMGELER VE KISALTMALAR v
ÖZET vi
ABSTRACT vii
ŞEKİLLER DİZİNİ x
ÇİZELGELER DİZİNİ xii
BÖLÜM 1
GİRİŞ 1
1.1. Örten Çift Yıldızlar 2
1.2. Işık Eğrisinin Biçimine Göre Örten Çift Yıldızlar 2
1.2.1. Algol Türü Örten Değişen Yıldızlar (EA): 3
1.2.2. β Lyrae Türü Örten Değişen Yıldızlar (EB): 3
1.2.3. W UMa Türü Örten Değişen Yıldızlar (EW): 4
1.3. Örten Çiftlerde Roche Modeli ve Sınıflaması 5
BÖLÜM 2
MATERYAL VE YÖNTEM 8
2.1. Örten Çift Yıldız Sistemlerinin Yörünge Dönem Değişimleri ve O-C Eğrileri 8
2.1.1. Korunumlu Kütle Aktarımı veya Kütle Kaybı 9
2.1.2. Manyetik Etkinlik 10
2.1.3. Eksen Dönmesi 11
2.1.4. Sistemdeki Üçüncü Cisim Etkisi 14
BÖLÜM 3
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA 18
3.1. Eksen Dönmesi gösteren Üçlü Sistemler 18
3.2. O-C Analizi Yapılan Sistemler 19
3.3. Dönem Analizleri 20
3.3.1. AO VEL 21
3.3.2. RR Lyn 24
3.3.3. RW Lac 26
3.3.4. TV Cet 28
3.3.5. U Oph 30

3.3.6. V477 Cyg 32
3.3.7. V1094 Tau 34
3.3.8. YY Sgr 36
3.3.9. HS Her 38
3.3.10. V889 Aql 40
BÖLÜM 4
SONUÇ VE ÖNERİLER 42
KAYNAKLAR 47
EKLERİ I
ÖZGEÇMİŞ XVII

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Tutulma oluşumu 2
Şekil 1.2. Algol türü örten bir çift yıldızın ışık eğrisi 3
Şekil 1.3. β Lyrae türü örten bir çift yıldızın ışık eğrisi 4
Şekil 1.4. W UMa türü örten bir çift yıldızın ışık eğrisi 4
Şekil 1.5. Kütle oranı q=0,3 olan bir çift yıldız sisteminin yörünge düzleminde eş potansiyel yüzeylerini gösterimi (Skelton, 2009) 5
Şekil 1.6. Ayrık çift yıldızlar (Selam, 2013) 6
Şekil 1.7. Yarı ayrık çift sistemler (Selam, 2013) 6
Şekil 1.8. Değen çift yıldızlar (Selam, 2013) 7
Şekil 1.9. Aşırı değen çift sistemler (Selam, 2013) 7
Şekil 2.1. Kütle aktarımı sonucunda dönemde meydana gelen değişimi temsil eden k için *O-C* eğrileri (Nehir, 2015) 10
Şekil 2.2. Manyetik etki nedeniyle *O-C* eğrisinde meydana gelen değişimler 10
Şekil 2.3. Çift yıldız sistemlerinde eksen dönmesi (Selam, 2013) 11
Şekil 2.4. ω açılarına göre yörüngenin durumu (Selam, 2013) 12
Şekil 2.5. ω açıları için ışık eğrisi gösterimi (Selam, 2013) 12
Şekil 2.6. Eksen dönmesine ait *O-C* eğrisi (Selam, 2013) 13
Şekil 2.7. Üçlü sistemin ortak kütle merkezi etrafında (G') çift sistemin dolanım hareketi (Selam, 2013) 15
Şekil 2.8. Üçlü sistemin G' etrafında çembersel yörüngeye sahip çift sistemin *O-C* eğrisi 16
Şekil 3.1. AO Vel'in dönem değişimi. (a) *O-C* eğrisi ve eksen dönmesi etkisini içeren dönem değişimi (b) bunların artıklarına muhtemel üçüncü cisim etkisinden kaynaklı ışık zaman etkisini içeren değişim (c) (a) kuramsal eğrilerden olan farklar görülmektedir 23
Şekil 3.2. RR Lyn'nin dönem değişimi. (a) *O-C* eğrisi ve eksen dönmesi etkisini içeren dönem değişimi (b) bunların artıklarına muhtemel üçüncü cisim etkisinden kaynaklı ışık zaman etkisini içeren değişim (c) (a) kuramsal eğrilerden olan farklar görülmektedir 25
Şekil 3.3. RW Lac'nın dönem değişimi. (a) *O-C* eğrisi ve eksen dönmesi etkisini içeren dönem değişimi (b) bunların artıklarına muhtemel üçüncü cisim etkisinden kaynaklı ışık zaman etkisini içeren değişim (c) (a) kuramsal eğrilerden olan farklar görülmektedir 27
Şekil 3.4. TV Cet'in dönem değişimi. (a) *O-C* eğrisi ve eksen dönmesi etkisini içeren dönem değişimi (b) bunların artıklarına muhtemel üçüncü cisim etkisinden kaynaklı ışık zaman etkisini içeren değişim (c) (a) kuramsal eğrilerden olan farklar görülmektedir 29
Şekil 3.5. U Oph'nin dönem değişimi. (a) *O-C* eğrisi ve eksen dönmesi etkisini içeren dönem değişimi (b) bunların artıklarına muhtemel üçüncü cisim etkisinden kaynaklı ışık zaman etkisini içeren değişim (c) (a) kuramsal eğrilerden olan farklar görülmektedir 31
Şekil 3.6. V477 Cyg'nin dönem değişimi. (a) *O-C* eğrisi ve eksen dönmesi etkisini içeren dönem değişimi (b) bunların artıklarına muhtemel üçüncü cisim etkisinden kaynaklı ışık zaman etkisini içeren değişim (c) (a) kuramsal eğrilerden olan farklar görülmektedir 33
Şekil 3.7. V1094 Tau'nun dönem değişimi. (a) *O-C* eğrisi ve eksen dönmesi etkisini içeren dönem değişimi (b) bunların artıklarına muhtemel üçüncü cisim etkisinden kaynaklı ışık zaman etkisini içeren değişim (c) (a) kuramsal eğrilerden olan

farklar görülmektedir 35
Şekil 3.8. YY Sgr'nin dönem değişimi. (a) *O-C* eğrisi ve eksen dönmesi etkisini içeren dönem değişimi (b) bunların artıklarına muhtemel üçüncü cisim etkisinden kaynaklı ışık zaman etkisini içeren değişim (c) (a) kuramsal eğrilerden olan farklar görülmektedir 37
Şekil 3.9. HS Her'in dönem değişimi. (a) *O-C* eğrisi ve eksen dönmesi etkisini içeren dönem değişimi (b) bunların artıklarına muhtemel üçüncü cisim etkisinden kaynaklı ışık zaman etkisini içeren değişim (c) (a) kuramsal eğrilerden olan farklar görülmektedir 39
Şekil 3.10. V889 Aql'nin dönem değişimi. (a) *O-C* eğrisi ve eksen dönmesi etkisini içeren dönem değişimi (b) bunların artıklarına muhtemel üçüncü cisim etkisinden kaynaklı ışık zaman etkisini içeren değişim (c) (a) kuramsal eğrilerden olan farklar görülmektedir. 41
Şekil 4.1. Sistemlerin eksen dönmesi dönemine karşılık üçüncü bileşenin kütlesi grafiği .45

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 3.1. Belirlenen çift yıldızların genel özellikleri 19
Çizelge 3.2. Gözlemlerden elde edilen yeni minimum zamanları 20
Çizelge 3.3. Dönem analizleri için kullanılan minimum zamanlarının nitelikleri 21
Çizelge 3.4. AO Vel ayrık örten çift sisteminin *O-C* analizi sonucu elde edilen eksen dönmesi ve üçüncü cisim etkisine ilişkin parametreler 22
Çizelge 3.5. RR Lyn örten çift sisteminin *O-C* analizi sonucu elde edilen eksen dönmesi ve üçüncü cisim etkisine ilişkin parametreler 24
Çizelge 3.6. RW Lac örten çift sisteminin *O-C* analizi sonucu elde edilen eksen dönmesi ve üçüncü cisim etkisine ilişkin parametreler 26
Çizelge 3.7. TV Cet ayrık örten çift sisteminin *O-C* analizi sonucu elde edilen eksen dönmesi ve üçüncü cisim etkisine ilişkin parametreler 28
Çizelge 3.8. U Oph örten çift sisteminin O-C analizi sonucu elde edilen eksen dönmesi ve üçüncü cisim etkisine ilişkin parametreler 30
Çizelge 3.9. V477 Cyg ayrık örten çift sisteminin *O-C* analizi sonucu elde edilen eksen dönmesi ve üçüncü cisim etkisine ilişkin parametreler 32
Çizelge 3.10. V1094 Tau ayrık örten çift sisteminin *O-C* analizi sonucu elde edilen eksen dönmesi ve üçüncü cisim etkisine ilişkin parametreler 34
Çizelge 3.11. YY Sgr ayrık örten çift sisteminin O-C analizi sonucu elde edilen eksen dönmesi ve üçüncü cisim etkisine ilişkin parametreler 36
Çizelge 3.12. HS Her örten çift sisteminin *O-C* analizi sonucu elde edilen eksen dönmesi ve üçüncü cisim etkisine ilişkin parametreler 38
Çizelge 3.13. V889 Aql ayrık örten çift sisteminin *O-C* analizi sonucu elde edilen eksen dönmesi ve üçüncü cisim etkisine ilişkin parametreler 40
Çizelge 4.1. Eksen dönmesi gösteren üçlü sistemler için enberi noktası boylamındaki değişim miktarı 43
Çizelge 4.2. Belirlenen yıldızların eksen dönmesi dönemi ve üçüncü cismin kütlesi 44
Çizelge 4.3. Dönem analizleri yapılan sistemlere ait elde edilen tüm parametreler 46

BÖLÜM 1
GİRİŞ

Çift yıldızlar, birbirine çekim kuvvetiyle bağlı ve ortak bir kütle merkezi etrafında yörünge hareketi yapan iki yıldızdan oluşmuş sistemler olarak adlandırılır. İki yıldızdan oluşan bu sistemlere çekimsel olarak bağlı bir üçüncü ya da dördüncü bir cisim var ise bu sistemler üçlü sistem ya da dörtlü sistem olarak adlandırılmaktadır. Bu tür sistemlerde birincil bileşen daha sıcak olan yıldız, ikincil bileşen ise soğuk olan yıldız olarak belirlenir.

Çift yıldızlar kütle, yarıçap, parlaklık gibi çok temel yıldız parametrelerinin bulunmasında çok önemli bir kaynaktır. Bunun yanında bu sistemler, karşılıklı çekim nedeniyle oluşan armutlaşma, çekim kararması, dönme kaynaklı bozulmalar gibi çift yıldızlarda gözlenen etkilerin de araştırılmasına olanak sağlarlar. Bu nedenle günümüzde en çok gözlemleri gerçekleştirilen ve astrofizikçiler için oldukça önemli olan bu sistemler çift yıldız ya da çoklu yıldız sistemleridir.

Basık yörüngeli çift yıldızlarda görülen eksen dönmesi üzerine yapılan çalışmalar yıldızların içyapılarına ilişkin gözlemsel bulgulara ulaşılmasını sağlar. Bu bulgular kuramsal yıldız modellerinin gözlemsel sınamalarının yapılmasında kullanılır. Ayrıca eksen dönmesi çalışmaları *Genel Görelilik* kuramının Güneş sistemi dışında test edilmesine de imkân sunar. Bu tür çalışmaların duyarlılığı çift yıldızların eksen dönmesi döneminin duyarlı hesaplanmasına bağlıdır.

Eksen dönmesine iki temel etki sebep olmaktadır. Klasik etki olarak adlandırılan basık yörüngeli çift sistemde bileşenlerin karşılıklı çekim ve dönme nedeniyle armutlaşmaları ve kutuplardan basıklaşmaları, diğer etki ise Genel Görelilik kuramının öngördüğü relativistik etkidir. Eğer eksen dönmesi gösteren bir çift sisteme çekimsel olarak bağlı üçüncü bir cisim de varsa bunun eksen dönmesi dönemini hızlandıracağı Martynov (1948) tarafından ifade edilmiştir.

Bu tez çalışmasının temel amacı ilave bileşene sahip basık yörüngeli örten çift yıldızların bir listesini oluşturmak, onların eksen dönmesi ve üçüncü cisimlerine ait parametrelerini hesaplamak ve son olarak üçüncü cismin çift sistemin eksen dönmesi üzerindeki etkisini araştırmaktır. Bu kapsamda 19 ilave bileşene sahip basık yörüngeli örten çift yıldız belirlenmiş olup, bunların 10'u yeni gözlemler ışığında analizleri gerçekleştirilmiştir. Analizlerde belirlediğimiz bu 10 çift yıldız sistemlerinin eksen dönmesi ve üçüncü cisim parametreleri hesaplanarak bir çizelge oluşturulmuştur.

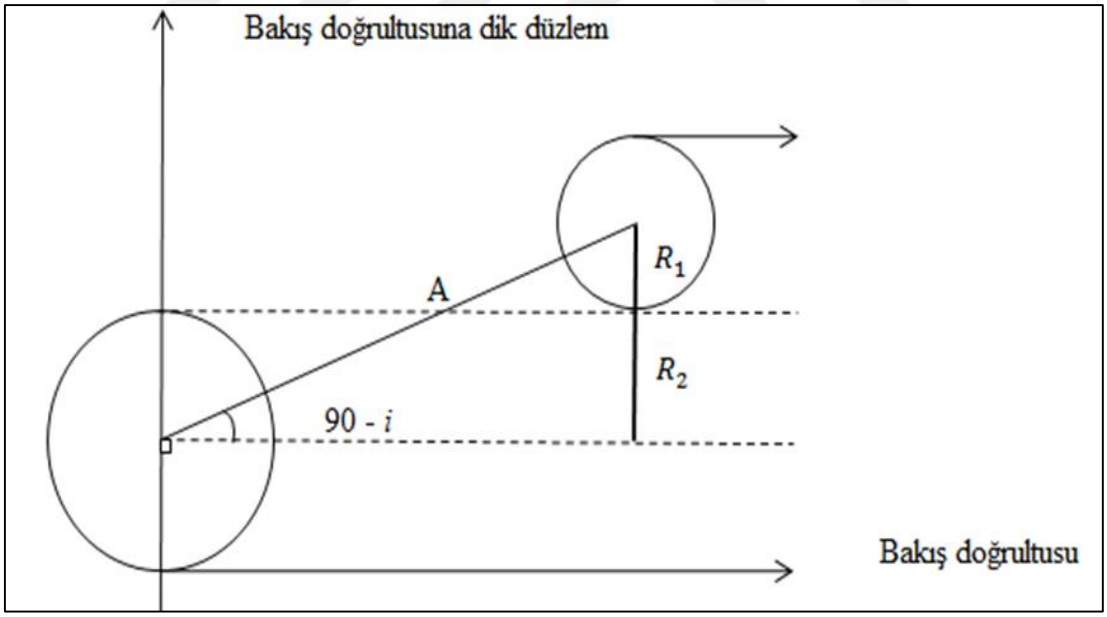
1.1. Örten Çift Yıldızlar

Bu tür sistemlerde bakış doğrultumuz ile yörünge düzlemi arasında açı yeteri kadar küçük ise, bileşenlerden biri yörünge hareketi esnasında diğerinin önüne geçerek örtme/örtülme olayının gerçekleşmesine neden olur. Bu durum sistemden gelen toplam ışınım şiddetinde, yörünge hareketine bağlı olarak dönemli değişimler meydana getirir. Toplam ışınım şiddetindeki zamana bağlı bu değişime ışık eğrisi denmektedir.

Çift yıldızlarda örtme olayının oluşabilmesi sisteme ait yörünge düzleminin uzaydaki konumu ile bileşenlerin birbirleri arasındaki uzaklığına bağlıdır. Bu durumda A bileşenler arası uzaklık, R_1 ve R_2 bileşen yıldızların yarıçapları ve i yörünge eğim açısı olmak üzere

$$|\sin(90-i)| = |\cos(i)| \leq \frac{R_1+R_2}{A} = r_1 + r_2 \qquad (1.1)$$

koşulu sağlandıkça tutulma oluşumunun gerçekleşeceği açıktır. Şekil 1.1'de tutulma oluşumu gösterilmektedir. Bu bağıntıda $r_i = R_i / A$ olmak üzere r_1 ve r_2 bileşen yıldızların kesirsel yarıçapları adı verilmektedir.



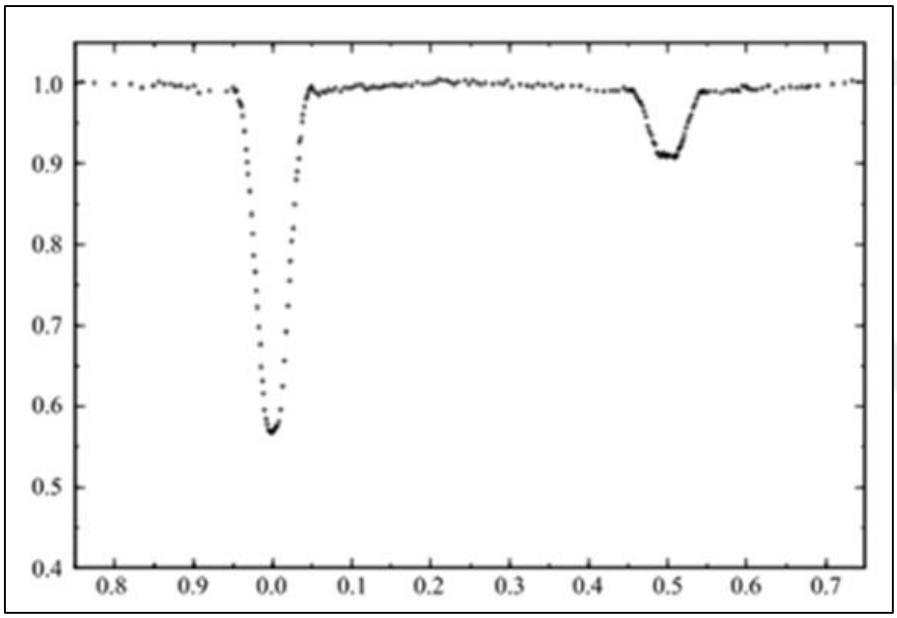
Şekil 1.1. Tutulma oluşumu

1.2. Işık Eğrisinin Biçimine Göre Örten Çift Yıldızlar

Örten çift yıldızlar ışık eğrileri, bileşen yıldızların şekillerine ve birbirine uzaklıklarına bağlı olarak farklılık gösterir. Işık eğrileri biçimine göre de örten çift yıldızlar üç gruba ayrılır:

1.2.1. Algol Türü Örten Değişen Yıldızlar (EA):

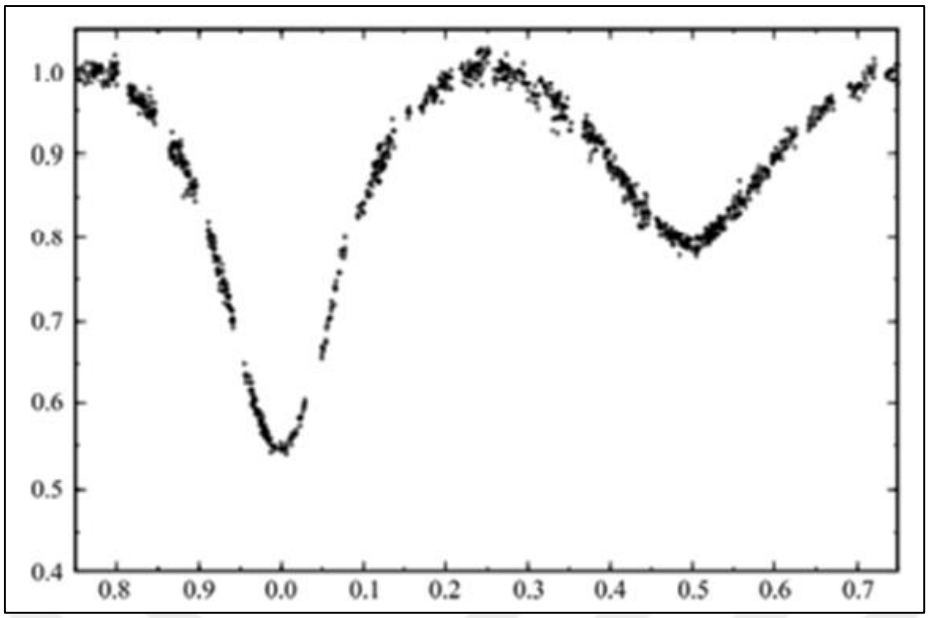
Bu örten çift yıldızların ışık eğrisi belirli bir düzene sahiptir (Şekil 1.2). Bileşenler genelde her ikisi de küresel ya da belirli bir düzeyde elipsoidal yapıya sahip olabilirler. Yörünge dönemleri 0,2 gün ile 10000 gün arasında değerlere sahiptir. Algol türünü ilk temsil eden örten çift sistem ß Persei'dir. Işık değişim genliği 0,01 kadir ile birkaç kadire kadar ulaşabilmektedir. Algol türü sistemlerin genelde sıcak bir anakol yıldızıyla soğuk bir dev ya da alt devden oluşurlar. Minimum derinlikleri arasında büyük farklılıklar gözlenir. Küçük yıldız büyük yıldızdan daha sıcak olabilmektedir. Çiftlerin birbirlerini örtmediği ve iki yıldızdan da enerji alındığı zaman süresince herhangi bir ışık değişimi görülmez.



Şekil 1.2. Algol türü örten bir çift yıldızın ışık eğrisi

1.2.2. β Lyrae Türü Örten Değişen Yıldızlar (EB):

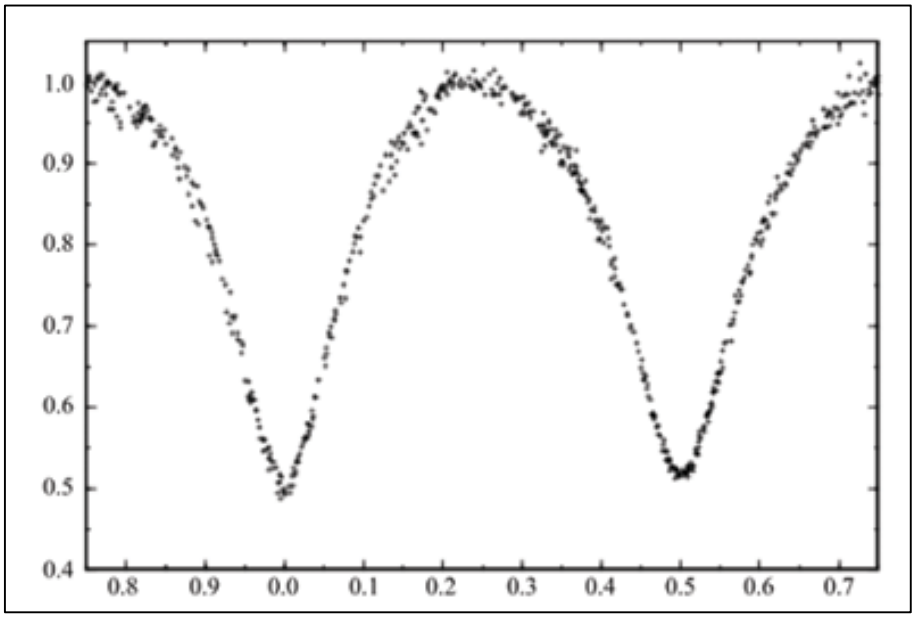
β Lyre tür örten değişen yıldızlar tutulmalar dışında da ışık eğrilerinde sürekli bir değişim söz konusudur (Şekil 1.3). Bu nedenle tutulma başlangıcını ve bitişini ışık eğrilerinden anlamak zordur. EB türü sistemlerin birinci minimum derinlikleri, ikinci minimum derinliklerine oranla daha fazladır. Bu bileşenlerin farklı sıcaklıkta olmalarından kaynaklanır. Genelde yörünge dönemleri 1 günden daha uzundur. Işık değişim genliği 2 kadirden küçüktür. Bileşenlerin tayf türü genellikle B – A erken tayf türündendir.



Şekil 1.3. β Lyrae türü örten bir çift yıldızın ışık eğrisi

1.2.3. W UMa Türü Örten Değişen Yıldızlar (EW):

EB türüne benzer bir örten değişen yıldız olarak keşfedilmiştir. EB türünden farkı ise ışık eğrileri neredeyse eşit olan her iki minimum derinlikleriyle süreklilik gösteren ışık değişimlerine sahiptir (Şekil 1.4). Minimum derinliklerinin eşit olması, bileşenlerin yüzeylerinin eşit sıcaklığa sahip olduğunun bir göstergesidir. Yörünge dönemleri yedi saat ile 1 gün arasında değerlere sahiptir. Işık değişim genliği 0,8 kadirden küçüktür. Bileşenlerin tayf türü F – G ve daha geri tayf türündendir.

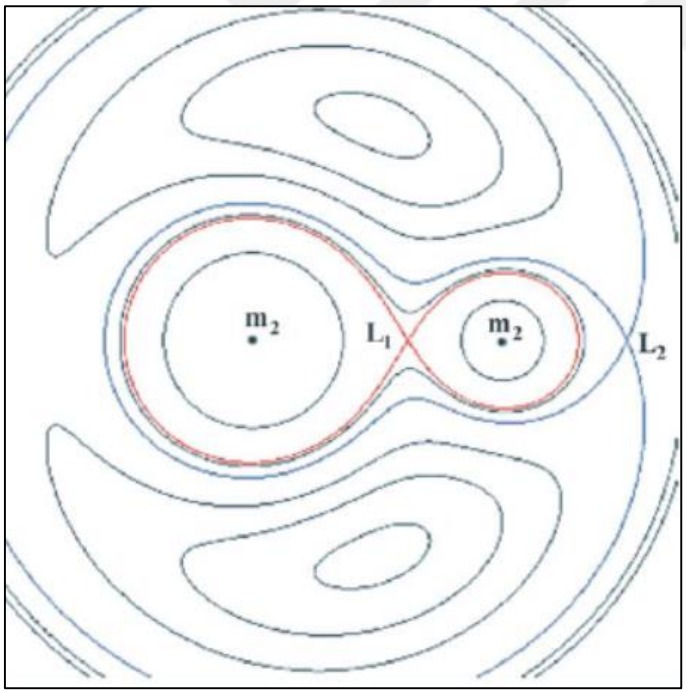


Şekil 1.4. W UMa türü örten bir çift yıldızın ışık eğrisi

1.3. Örten Çiftlerde Roche Modeli ve Sınıflaması

Sistemlerin ve bileşenlerinin özellikleri ve daha da önemlisi evrimleriyle ilgili gözlemsel sınıflamada kullanılan Algol, β Lyrae ve W UMa türleri yeterli bilgiler verememektedir. Bileşen yıldızların küresellikten ayrılmalarıyla yörünge hareketlerinin birlikte ele alınması, çift yıldız sistemlerinin yapı ve özelliklerinin daha iyi anlaşılabilmesi için önemlidir.

Fransız matematikçi ve Astronom E. Roche tarafından ortaya atılan ve "sınırlı üç cisim problemi" olarak çözülen bu probleme Roche modeli adı verilmekte ve çift yıldızlarda Roche sınıflamasının temelini oluşturmaktadır. Bu modele göre, iki küte nokta kaynak olarak kabul edilir ve ortak kütle merkezi etrafında dairesel yörüngede dolanım hareketi yaparlar. Bu iki kütlenin çekimsel alanında üçüncü bir kütlenin hareket etmesiyle bu problem, eş potansiyelli yüzeylerin belirlenmesine olanak sağlar. Bu yüzeylere Roche yüzeyleri adı verilmektedir. Şekil 1.5'de bir çift sisteme ait eş potansiyel yüzeyler ve Lagrange noktaları (L_1 ve L_2) görülmektedir (Skelton, 2009).

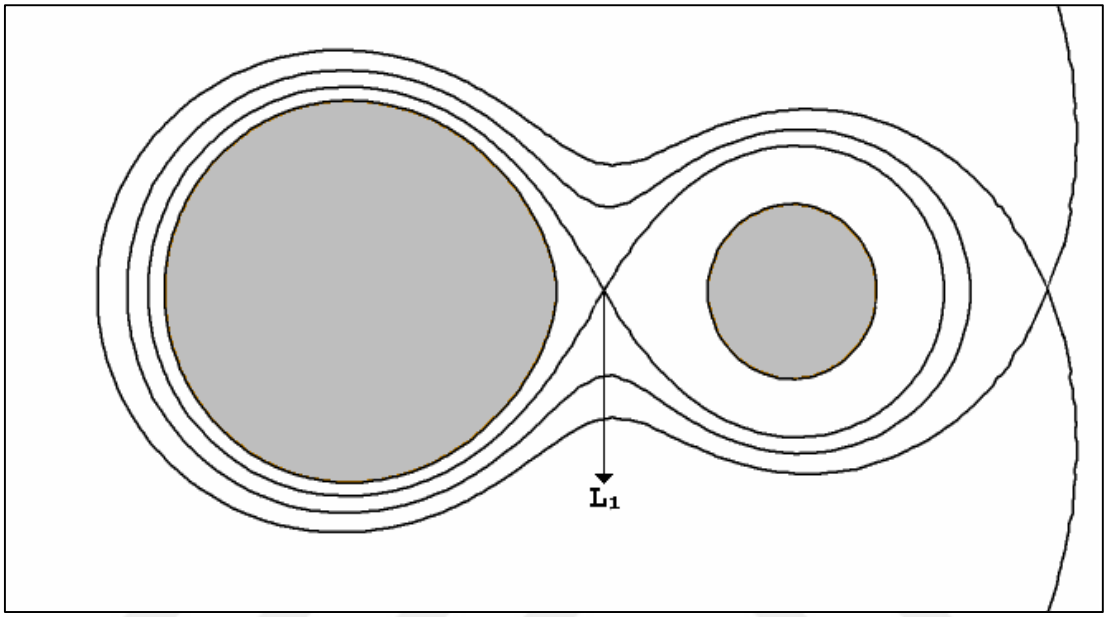


Şekil 1.5. Kütle oranı q=0,3 olan bir çift yıldız sisteminin yörünge düzleminde eş potansiyel yüzeylerini gösterimi (Skelton, 2009)

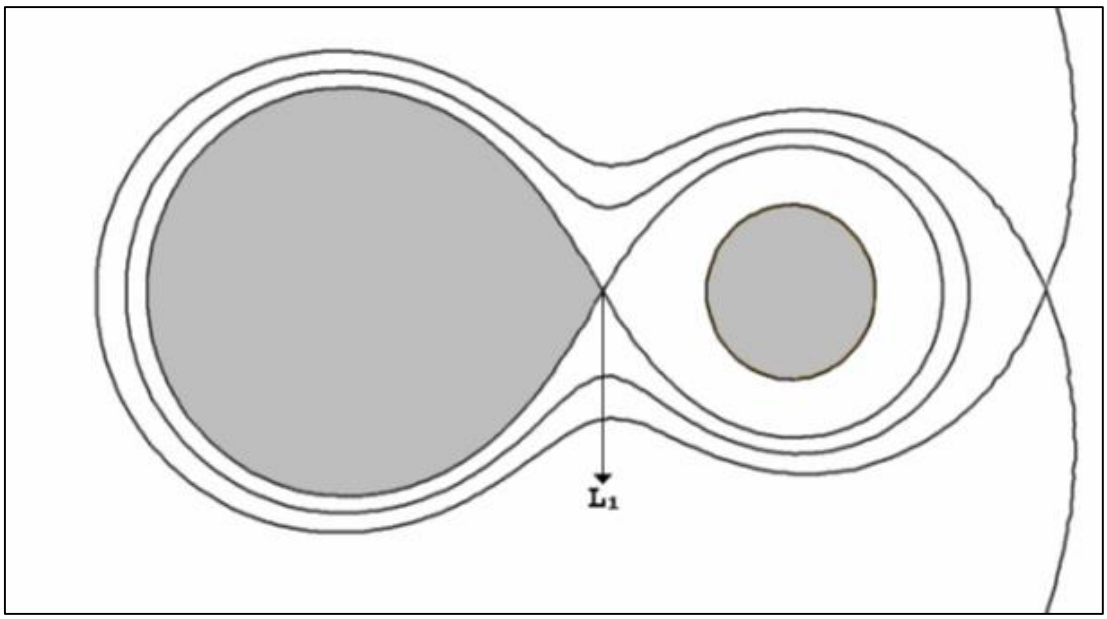
Çift yıldızlar için üç türlü Roche sınıflaması vardır:

- Bileşenlerin her ikisinin de Roche hacimlerini doldurmamış, bileşenlerinin arasında madde aktarımı gerçekleşmiyor ise "ayrık çift yıldızlar" olarak bilinir (Şekil 1.6).

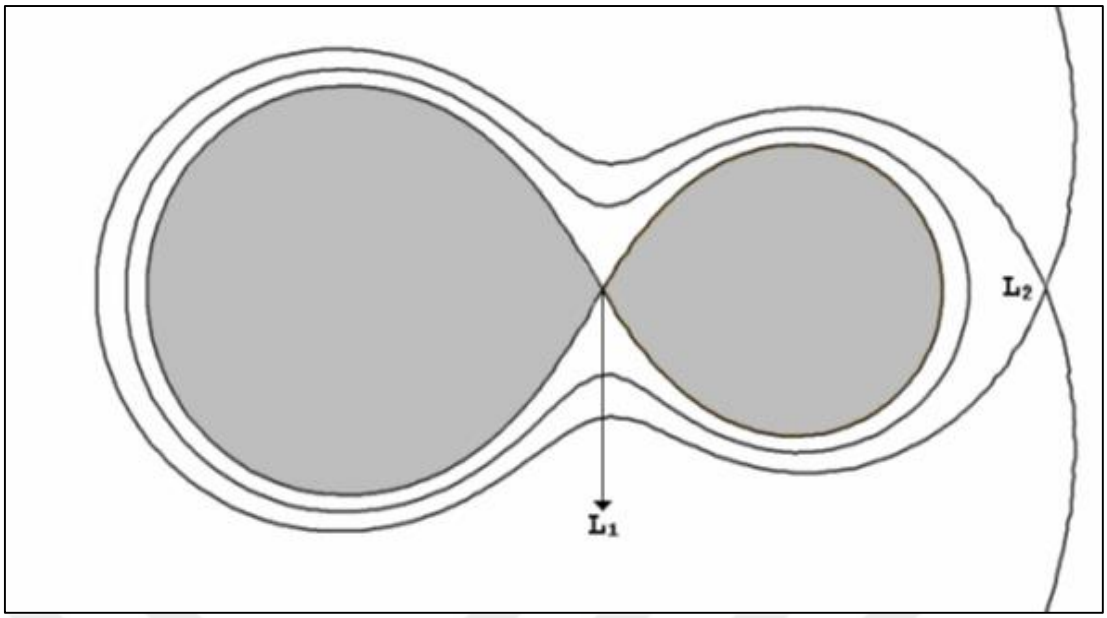
- Bileşenlerinden biri Roche hacmini doldurmuş ve diğer bileşen doldurmamış ise doldurmuş olan diğerine kütle aktarımı yapar. Bu durum "yarı-ayrık çift sistemler" adı verilir (Şekil 1.7).
- Her iki bileşen de Roche hacimlerini doldurmuş ise bu sistemler "değen çift yıldızlar" olarak bilinir (Şekil 1.8).



Şekil 1.6. Ayrık çift yıldızlar (Selam, 2013)

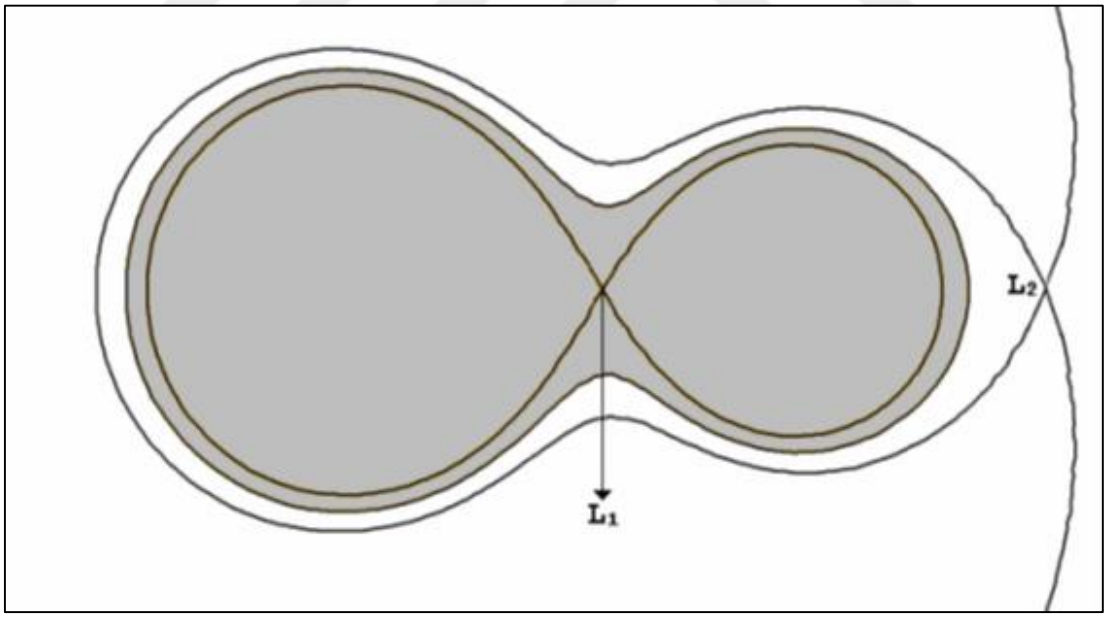


Şekil 1.7. Yarı ayrık çift sistemler (Selam, 2013)



Şekil 1.8. Değen çift yıldızlar (Selam, 2013)

Her iki bileşenden akan maddeler bileşenlerin etrafını zamanla sarması ile "*aşırı-değen çift sistemler*" oluşur (Şekil 1.9).



Şekil 1.9. Aşırı değen çift sistemler (Selam, 2013)

BÖLÜM 2
MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Örten Çift Yıldız Sistemlerinin Yörünge Dönem Değişimleri ve O-C Eğrileri

Çift yıldız sistemleri, ortak bir kütle merkezi etrafında birbirlerine çekim etkileriyle bağlı olarak yörünge hareketi yapan ve iki yıldızdan oluşan sistemlerdir. Bu yıldızlar dolanma hareketi sırasında yıldız bileşenlerinin birbirini örtmesi sonucu oluşan tutulmalar ile dönemli bir ışık değişimi meydana gelir. Tutulma kaynaklı ışık azalması ise tutulma minimumları olarak adlandırılmaktadır. Gözlenen tutulma minimumların orta zamanlarına minimum zamanları adı verilmektedir. Bu minimum zamanları, yörünge dönemi kullanılarak tahmin edilebilmektedir. Bir çift yıldızın çeşitli zamanlarda elde edilen minimum zamanları kullanılarak dönemi ve dönem değişimleri duyarlı bir şekilde belirleyip incelenebilmektedir. Ancak birçok çift yıldız sisteminde dönemin arttığı ya da azaldığı gözlenmektedir.

Çift yıldızlardaki dönem değişimleri yıldızların kökeni ve evrimi, sistemi oluşturan bileşenlerin yoğunluk dağılımı ve sistemin çevresinde olası bir üçüncü bileşen ile ilgili bilgi elde edilmesini sağlamaktadır. Çift yıldızların dönem değişimlerinde olası birçok etkiler bulunmaktadır. Dönem değişimlerine etki ettiği bilinen dört farklı mekanizma şu şekilde sıralanır:

- Korunumlu kütle aktarımı veya kütle kaybı
- Manyetik etkinlik
- Eksen dönmesi
- Sistemdeki üçüncü cisim etkisi.

Burada bileşenler arası korunumlu kütle aktarımı veya kütle kaybı ile manyetik etkinlik gerçek anlamda sistemin dönemini değiştirir. Bileşenler arası korunumlu kütle aktarımı veya kütle kaybı olan sistemlerde bileşenler arasındaki uzaklık ve buna bağlı olarak sistemin dönemi değişmektedir. Manyetik etkinlik, Güneş-türü manyetik çevrimlerle açıklanmaya çalışılmaktadır. Eksen dönemsi ve üçüncü cisim etkisi ise çift yönlü dönem değişimine etki eden mekanizmalardır. Aslında yörünge döneminde değişim olmamaktadır. Gözlemlerden elde edile minimum parlaklığa karşılık gelen zamanlar geriye ya da ileriye doğru dönemli kaymalar gösterir.

Çift yıldız sistemlerinde dönem değişimi *O-C* eğrisi kullanılarak hesaplanır. Bir çift sistemin ışık elemanları, T_o baş minimum ve *P* yörünge döneminden oluşur. Minimum zamanı,

$$C = T_0 + EP \tag{2.1}$$

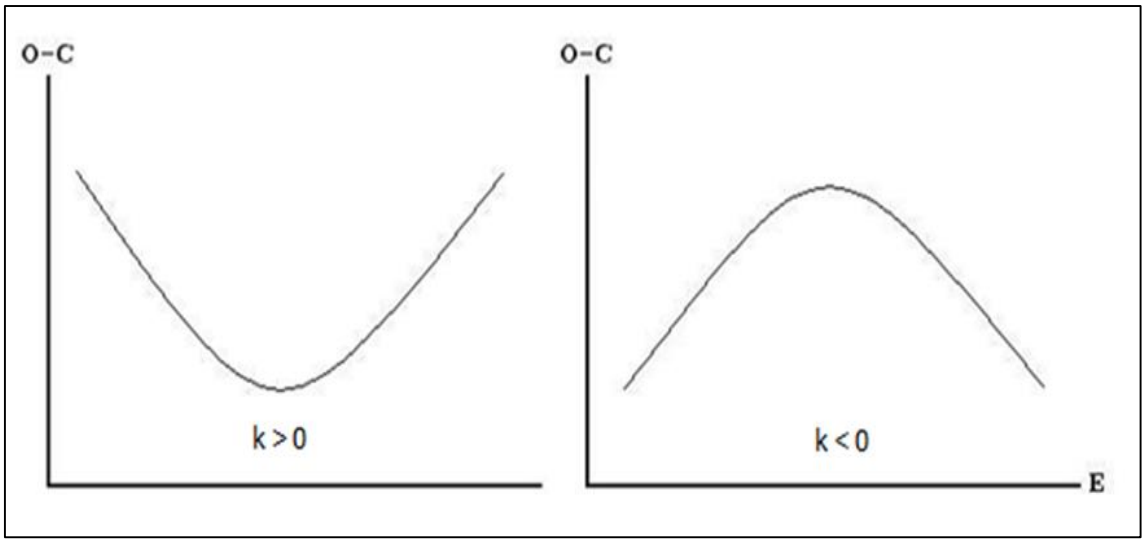
bağıntısıyla hesaplanabilir. Burada *E*, çevrim sayısıdır. Çevrim sayısı, baş minimumlar (Min I) için tamsayı, yan minimumlar (Min II) için buçuklu sayıdır. *P* ise çift sistemin birbirleri etrafındaki dolanma dönemidir (birimi gün'dür.). Böylelikle istenilen çevrim için minimum zaman hesaplanır.

Gözlenen minimum zamanlar ile hesaplanan minimum zamanları arasındaki farkların zamana göre grafiği ile *O-C* eğrileri elde edilir. Gözlenen minimum değerleriyle hesaplanan minimum değerleri eşit ise sistemin döneminde herhangi bir değişimin olmadığı anlamına gelir ve *O-C* eğrisi çizildiğinde sıfır doğrusu üzerinde bir dağılım gösterir. Eğer sistemin yörünge döneminde bir değişim söz konusu ise *O-C* eğrisi doğrusal olmayan değişimler gösteriyor demektir.

2.1.1. Korunumlu Kütle Aktarımı veya Kütle Kaybı

Çift yıldız sistemlerinde, bileşenler arasında kütle aktarımı veya kütle kaybı durumunda yörünge döneminde ve bununla birlikte yörüngede açısal momentumun korunabilmesi için değişimler meydana gelecektir. Sistemde kütlesi büyük olan bileşenin daha hızlı evrimleştiği ve bundan dolayı ilk olarak bu bileşenin Roche şişimini doldurduğu bilinmektedir. Bu durumda, küçük kütleli bileşenden, büyük kütleli bileşene doğru kütle aktarımı olur ve sistemin yörünge dönemi artar. Roche şişimini dolduran bileşen diğer bileşene kütle aktarımına başladığında sistemin yörünge dönemi azalır. Bu durum ise, başlangıçta küçük olan bileşen diğer bileşenden daha büyük bir kütleye sahip olana kadar devam eder.

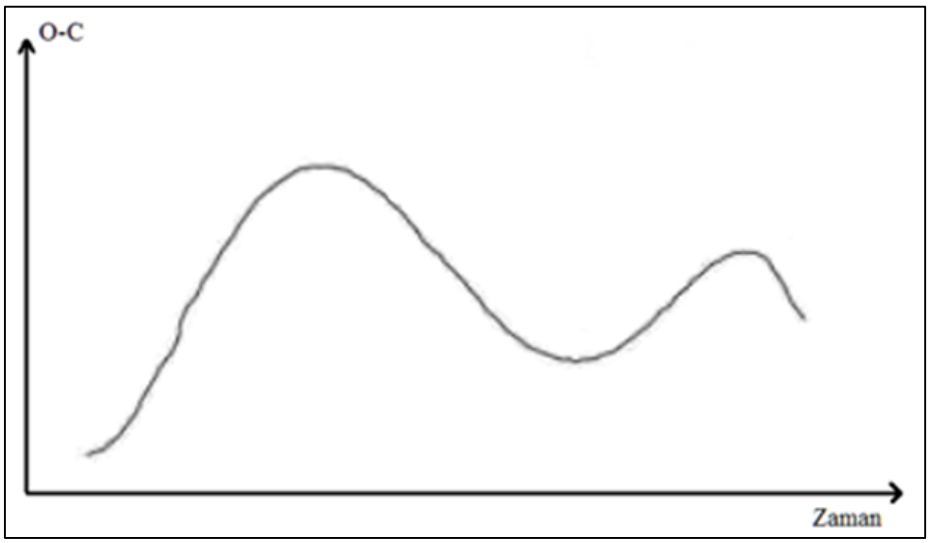
Şekil 2.1' de görüldüğü üzere, *k*, kütle aktarımı sonucunda dönemde meydana gelen değişimi temsil etmektedir. Eğer $k>0$ ise, dönem düzgün olarak artıyor demektir. Bu durumda kütle aktarımı, kütlece küçük olan bileşenden büyük bileşene doğru olur. Eğer kütle aktarımının yönü kütlece büyük olan bileşenden küçük olan bileşene doğru ise bu durumda $k<0$ demektir ve dönemin düzgün olarak azaldığı anlamına gelmektedir.



Şekil 2.1. Kütle aktarımı sonucunda dönemde meydana gelen değişimi temsil eden k için *O-C* eğrileri (Nehir, 2015)

2.1.2. Manyetik Etkinlik

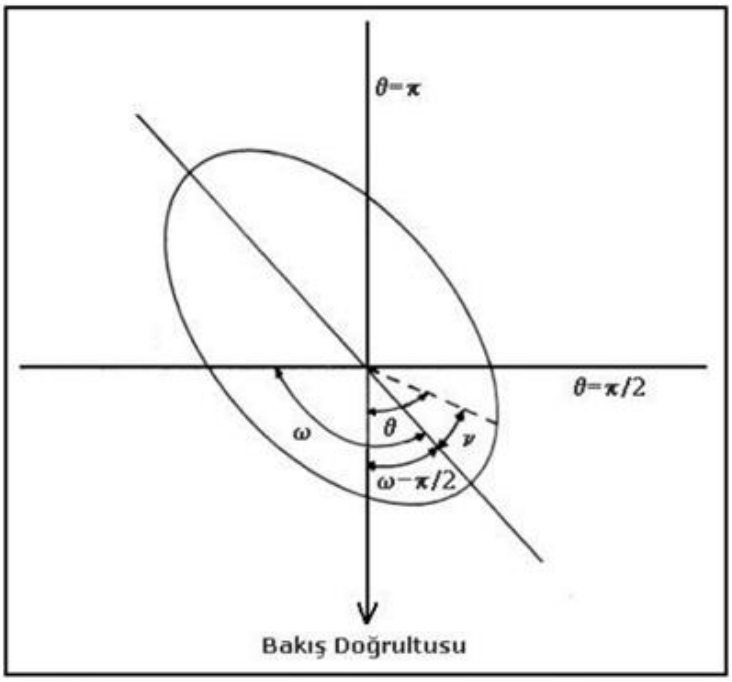
Çift yıldız sistemlerinde görülen manyetik etkinlik, bileşenlerin açısal momentumunda ve yörüngede değişimlere neden olur. Manyetik etkinliğin artmasıyla yörünge döneminde uzama, manyetik etkinliğin azalmasıyla da dönemde kısalmalar görülmekte olduğunu belirten Applegate (1992), bunun nedenini ise, bileşenlerden en az birinin geç tayf türü (F, G, K) olmasına bağlamıştır. Manyetik etkinlik nedeniyle *O-C* eğrisinde meydana gelen düzensiz değişimler Şekil 2.2'de gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Manyetik etki nedeniyle *O-C* eğrisinde meydana gelen değişimler

2.1.3. Eksen Dönmesi

Dış merkezli yörüngeye sahip çift veya çoklu yıldız sistemlerinde, yarı büyük eksen doğrultusunun bakış doğrultusuna göre değişmesi eksen dönmesi olarak açıklanır. Eksen dönmesi mekanizması sistemin döneminde gerçek bir değişime neden olmamakla beraber sadece minimumlar arasındaki sürede bir değişime neden olur.



Şekil 2.3. Çift yıldız sistemlerinde eksen dönmesi (Selam, 2013)

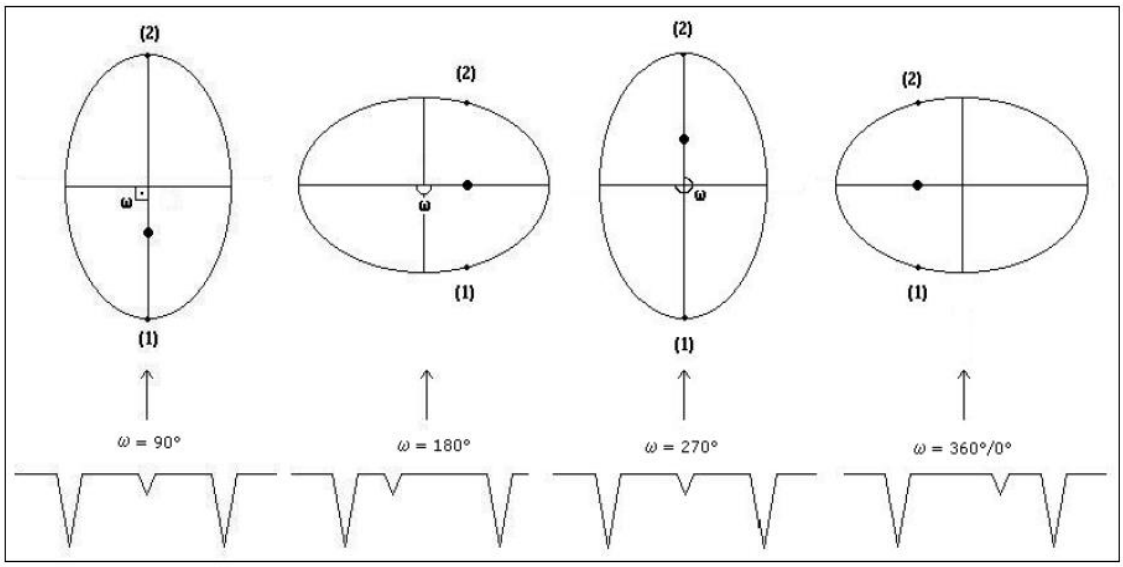
Şekil 2.3'te çift sistemlerde eksen dönmesi gösterilmiştir. Burada kütlesi büyük bileşen yörüngenin merkezinde olup, ω, $\theta = \pi/2$ doğrultusuna dik doğrultuyla yarı büyük eksen doğrultusu arasındaki açıyı temsil etmektedir. θ, bakış doğrultusuna göre enberi noktasının boylamını, υ ise yarı büyük eksen doğrultusuna göre enberi noktasının boylamı olarak ifade edilir.

Eksen dönmesi mevcut sistemlerde ω açısının zamanla değişimi ile ışık eğrisinde aşağıdaki gibi değişimler meydana gelir:

- ω=90°=270° iken, sisteme bakış doğrultusunda bakılmakta olup, minimumlar arasındaki dönemin eşit olduğu görülür.
- ω=180° iken, sisteme bakış doğrultusuna dik doğrultuda bakılmaktadır. İkinci minimum, birinci minimumların ortasında fakat kendisinden önceki birinci minimuma daha yakındır.
- ω=360°/0° iken, sisteme bakış doğrultusuna dik doğrultuda bakılmakta olup, ikinci

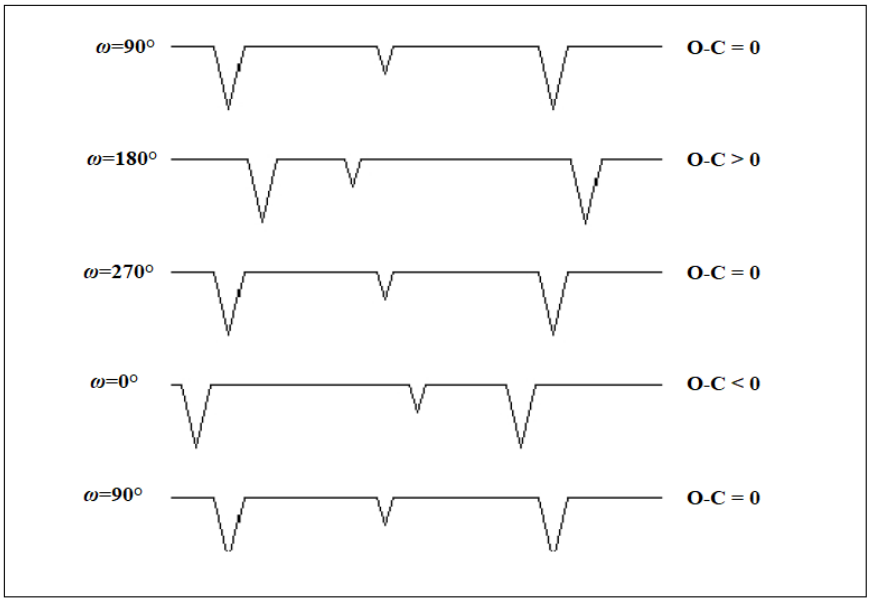
minimum, birinci minimumların ortasında fakat kendinden sonra gelen birinci minimuma daha yakındır.

Şekil 2.4'te ω açılarına göre yörüngenin konumu gösterilmektedir. Burada, (1) ile gösterilen birinci minimum, (2) ile gösterilen de ikinci minimumu temsil etmektedir.

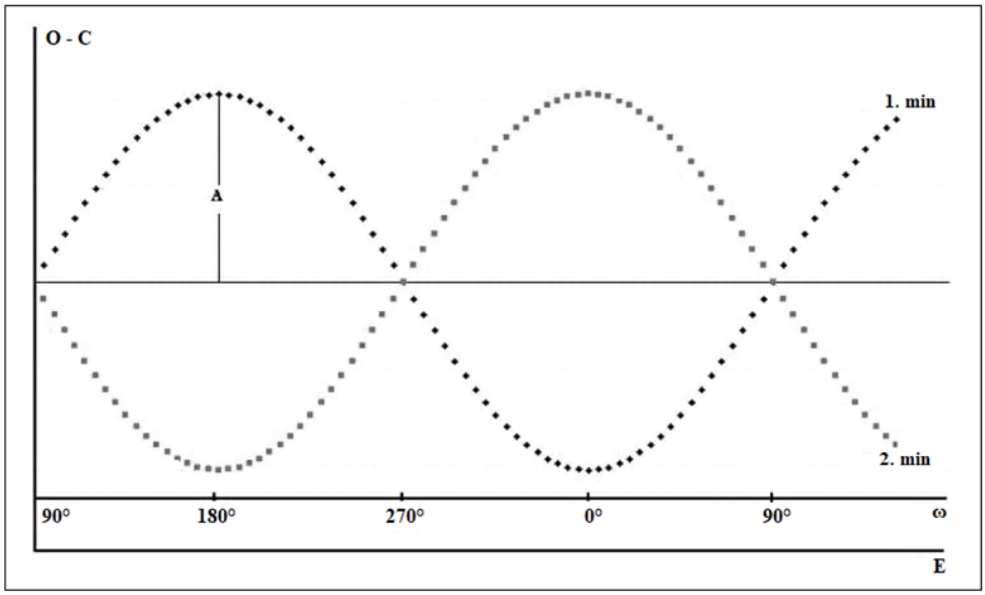


Şekil 2.4. ω açılarına göre yörüngenin durumu (Selam, 2013)

ω açısının zamanla değişimi için ışık eğrisi gösterimi Şekil 2.5'te gösterildiği gibidir. Şekil 2.6'da da eksen dönmesine ait *O-C* eğrisi gösterilmiştir.



Şekil 2.5. ω açıları için ışık eğrisi gösterimi (Selam, 2013)



Şekil 2.6. Eksen dönmesine ait *O-C* eğrisi (Selam, 2013)

O-C eğrisinde meydana gelen sinüs değişimlerine ait birinci ve ikinci minimum için denklemler sırasıyla Eşitlik 2.2 ve 2.3 ile verilmiştir.

$$\mathrm{O-C = B - A.Cos(\omega_0 + \dot{\omega}\,.\,E)} \tag{2.2}$$

$$O - C = B + A.Cos(\omega_0 + \dot{\omega}\,.\,E) \tag{2.3}$$

gibidir. Bu bağıntılarda B; düşey eksende olası bir kaymayı temsil eden sabit bir sayı değerini, A; sinüs eğrisinin yarı genliğini, ω_0, enberi noktasının T_0 anındaki boylamını (derece veya radyan), $\dot{\omega}$; birim zamandaki derece/çevrim ya da radyan/çevrim biriminde eksen dönmesini ve son olarak E de çevrim sayısını ifade etmektedir.

Birinci ve ikinci minimumlar için en küçük kareler yöntemi kullanılarak belirlenen *B, A, ω_0* ve $\dot{\omega}$ değerlerini temsil eden en iyi *O-C* eğrisi,

$$\mathrm{A} = \frac{\mathrm{P_S.e.(1+Cosec}\,i)}{2.\pi} \tag{2.4}$$

bulunur. Bu bağıntı ile çift sistemin yörünge dışmerkezliği (e) bulunur. Burada *Ps*; sistemin gün biriminde yıldızıl (sideral) yörünge dönemini, *i* de yörünge eğimini temsil etmektedir.

$$P_a = P_S \cdot \left(1 - \frac{\dot{\omega}}{360}\right)^{-1} \tag{2.5}$$

bağıntısı ile P_a kavuşum dönemi bulunur. Burada P_a gün birimindedir. Eşitlik 2.5 ile birlikte sistemin eksen dönmesi dönemi,

$$U = \frac{360.P_a}{\dot{\omega}} \cdot \frac{1}{365.25} \tag{2.6}$$

ile hesaplanır. Burada eksen dönmesi dönemi U, yıl birimindedir. Eksen dönmesi için Gimenez ve Garcia-Pelayo (1983) eşitliği aşağıdaki gibidir.

$$\begin{aligned} T_j = {} & T_0 + P_s E + (j-1)\frac{P_0}{2} + (2j-3)\frac{eP}{2\pi}\left[2 + \cot^2(i) - \frac{e^2\cot^2(i)}{4}\left\{3 - \right.\right. \\ & \left.\left.(2 + \csc^2(i))\csc^2(i) + \frac{e^2}{2}(1 - \csc^8(i))\right\}\right]\cos(w) + \frac{e^2 P_0}{4\pi}\left[\frac{3}{2} + \right. \\ & \left.(\csc^2(i) + 2)\cot^2(i) + e^2\left\{\frac{1}{4} - \cot^2(i) + \frac{1}{2}\cot^2(i)\csc^4(i)(2 + \right.\right. \\ & \left.\left.\csc^2(i))\right\}\right]\sin(2w) - (2j-3)\frac{e^3 P_a}{8\pi}\left[\frac{4}{3} + (2 + \csc^2(i))\cot^2(i)\csc^2(i) + \right. \\ & \left.3\cot^2(i) + e^2\left\{\frac{1}{2} - \frac{3}{4}\cot^2(i)\csc^4(i)(\csc^2 i + 1)^2\right\}\right]\cos(3w) - \\ & \frac{e^4 P_a}{16\pi}\left[\frac{5}{4}\cot^2(i)\,(4 + 2\csc^4(i) + 3\csc^2(i) + \csc^6(i))\right]\sin(4w) + \\ & (2j-3)\frac{e^5 P_a}{32\pi}\left[\frac{6}{5} + \cot^2(i)\,(5 + \csc^8(i) + 2\csc^6(i) + 3\csc^4(i) + \right. \\ & \left.4\csc^2(i))\right]\cos(5w) \end{aligned} \tag{2.7}$$

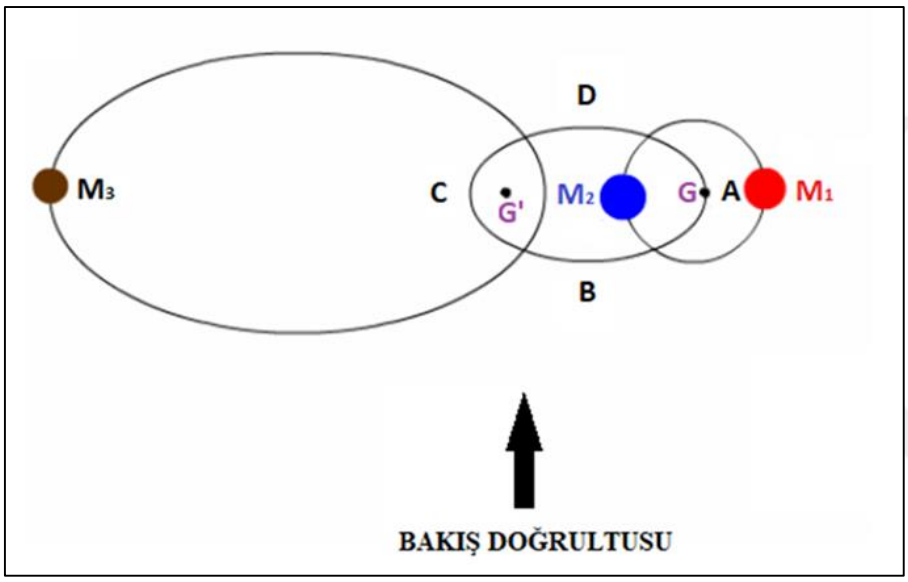
Burada, yıldızıl yörünge dönemi P_s, kavuşum dönemi P_a, dışmerkezliği e, yörünge eğim açısı i, başlangıç anı T_0, enberi noktasının T_0 anındaki boylamı ω_0 ve eksen dönmesi miktarı $\acute{\omega}$ (derece/çevrim) olarak ifade edilir. $\omega = \omega_0 + \acute{\omega}.E$ ve birinci minimumlar için j=1 ile ikinci minimumlar için j=2 olarak ifade edilir.

2.1.4. Sistemdeki Üçüncü Cisim Etkisi

Çift sistemlere kütle çekimsel olarak bağlı üçüncü bir cisim varsa; çift sistem üçüncü bir sistem ile birlikte üçlü sistemin ortak kütle merkezi etrafında dolanım hareketi yaparak

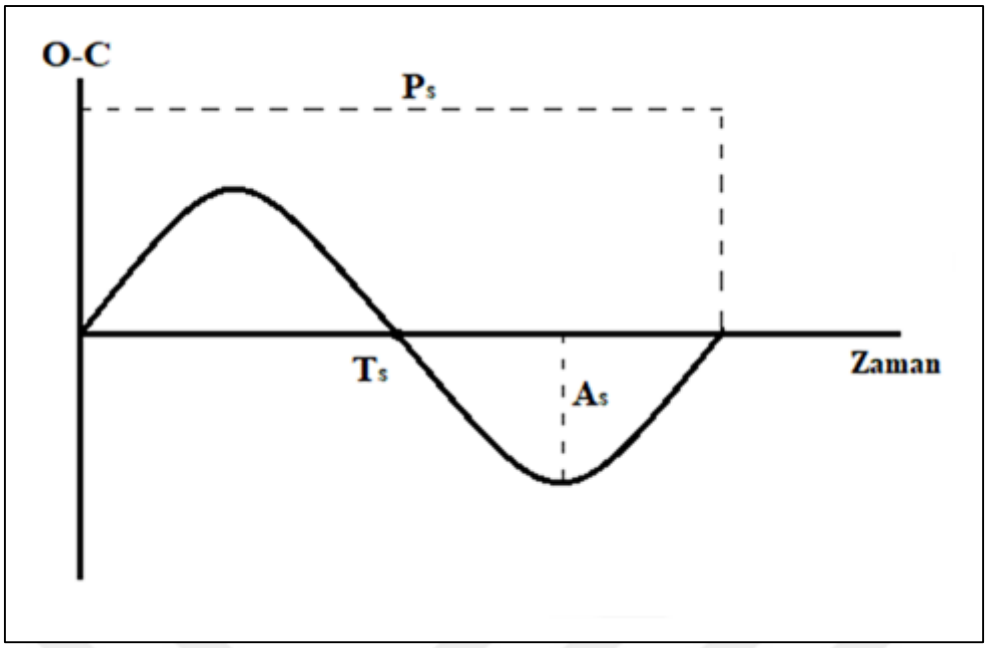
çift sisteme ait gözlenen minimum zamanlar arasındaki dönemin değişmesine neden olacaktır. Bu değişim, üçüncü cisim etkisi ile *O-C* eğrisinde sinüzoidal bir değişim olarak görülür.

Çift sistem, üçüncü bir cismin neden olduğu etkiyle *G'* ortak kütle merkezi etrafında dolanım hareketi yapar ve sistemin döneminde gerçek bir değişime neden olmaz. Çift sistemin gözlemciyle arasındaki uzaklığın değişmesi ve meydana gelen zaman gecikmesi nedeniyle bir dönem değişimi oluyormuş gibi gözlenir. Şekil 2.7'de üçlü sistemin ortak kütle merkezi etrafında çift sistemin dolanım hareketi gösterilmiştir.



Şekil 2.7. Üçlü sistemin ortak kütle merkezi etrafında (*G'*) çift sistemin dolanım hareketi (Selam, 2013)

Çift sistemin, çembersel bir yörünge üzerinde dolanım hareketi esnasındaki konumlarının *O-C* eğrisindeki yerleri Şekil 2.8'de gösterilmektedir. Sistemin *G'* etrafındaki yörüngesinin çembersel olması, *O-C* eğrisinin düzgün bir sinüs eğrisi olduğunun sonucudur.



Şekil 2.8. Üçlü sistemin *G'* etrafında çembersel yörüngeye sahip çift sistemin *O-C* eğrisi

Burada sistemin dönemini P_S, yarı genliğini A_S ve *O-C* eğrisinin negatif değerlere ulaştığı sıfır noktasındaki zamanını T_S temsil etmektedir.

O-C eğrisinde meydana gelen sinüzoidal değişim, sistemde bulunan üçüncü bir cismin varlığının meydana getirdiği etkidir. Bu değişim Eşitlik 2.8 bağıntısı ile hesaplanır (Irwin 1952).

$$\Delta t = O - C = \frac{a.sin(i)}{c}.\left\{\frac{1-e^2}{1+e.cos(\upsilon)}.sin(\omega+\upsilon) + e.sin(\omega)\right\} \quad (2.8)$$

Burada *a*, çift sistemin *G*' etrafındaki yörüngesinin yarı-büyük eksen uzunluğunu (AB biriminde), *i*, yörünge düzleminin eğimini, *e*, dışmerkezliliğini, υ, gerçek ayrıklığını, ω, enberi noktasının boylamını temsil etmektedir.

Eşitlik 2.1'de çevrim için minimum zamanlar hesaplanırken üçüncü cisim etkisiyle çift sistemin gözlemciyle arasındaki uzaklığın değişmesiyle meydana gelecek zaman gecikmesi eklenir ve eşitlik 2.9 elde edilir (Beuermann ve ark., 2012).

$$C = T_0 + E.P + \sum_{m=1}^{N_p}\left(\frac{a_m.Sin(i_m)}{c}\right).\left(\frac{1-e^2}{1+e_m.Cos(\upsilon_{m,(E)})}.Sin(\upsilon_{m,(E)}+\omega_m) + e_m.Sin(\omega_m)\right) \quad (2.9)$$

Burada m=1, 2, 3 … N_p cisim sayısını, $\upsilon_{m,(E)}$ ise cismin istenilen çevrim için gerçek ayrıklığını ifade etmektedir.

Çift sisteme ait bileşenlerin kütleleri (M_1 ve M_2) biliniyorsa, üçüncü cismin kütlesi yaklaşık olarak eşitlik 2.10 ile hesaplanabilir.

$$f(m_3) = \frac{(a_{12}.sin(i))^3}{P_3^2} = \frac{(m_3.sin(i))^3}{(m_1+m_2+m_3)^2} \tag{2.10}$$

Burada, üçüncü cismin dönemi (yıl biriminde) P_3, üçlü sistemin G' ortak kütle merkezine olan yarı büyük eksen uzunluğu a_{12} olarak temsil edilir. Bileşenlerin kütleleri (M_1, M_2, M_3) Güneş kütlesi birimindedir.

Bu çalışmada, daha önce belirlenmiş eksen dönmesi gösteren çift sistemlerde olası bir üçüncü cismin eksen dönmesine olan katkısı eşitlik 2.11 ile hesaplanmıştır (Martynov 1948).

$$\acute{\omega}_3 = \frac{3}{8}\lambda m^2 + \frac{225}{32}\lambda^2 m^3 \tag{2.11a}$$

$$\lambda = \frac{M_3}{M_1+M_2+M_3} \tag{2.11b}$$

$$m = \frac{P_S}{P_3} \tag{2.11c}$$

ile hesaplanır. $\acute{\omega}_3$ ile üçüncü cismin eksen dönmesine olan katkısı hesaplanmış olur.

BÖLÜM 3
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

3.1. Eksen Dönmesi gösteren Üçlü Sistemler

Basık yörüngeli örten çift yıldızlar üzerine yapılan çalışmalar, yıldızların iç yapısının incelemesine, yıldızların evrim modellerinin gözlemsel sınamasının yapılmasına ve Güneş Sistemi dışında Genel Görelilik Kuramının test edilebilmesi için çok önemli fırsatlar sunar. Ayrıca bu tür sistemlerin üçlü veya çoklu yapıları gök mekaniğinin önemli laboratuvarlarıdır. Son zamanlarda Kepler veri tabanındaki minimum zamanları kullanılarak çoklu örten sistemler üzerine yapılan çalışmalara göre (Gies ve ark. 2012, Rappaport ve ark. 2013, Conroy ve ark. 2014 ve Borkovits ve ark. 2016) örten çift yıldız sistemlerinin yaklaşık %15–20'sinin üçüncül bir bileşene sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

Basık yörüngeli sistemler üzerine yapılan çalışmalarda belirlenmesi gerekli en önemli çalışma eksen dönmesidir. Eksen dönmesi döneminin belirlenmesi için çoğunlukla *O-C* analizi kullanılır. Eksen dönmesi dönemi, yüzlü hatta binli yıllarla ifade edilen uzun bir süreyi kapsadığından çok uzun süreli gözlem verilerine ihtiyaç duyulur.

Eksen dönmesi gösteren örten çift yıldız sistemlerinde üçüncü cisim etkisi varsa, bu sistemlerin *O-C* eğrilerinde eksen dönmesinden kaynaklanan birinci minimum ve ikinci minimum noktalarının zıt fazlı dağılımı ayrıca muhtemel üçüncü cisimden kaynaklı çevrimsel değişimler gözlenebilmektedir.

$$(O-C)_{obs} = (O-C)_{aps} + (O-C)_{LITE} \tag{3.1}$$

Burada, gözlenen (obs), eksen dönmesi (aps) ve ışık zaman etkisi (LITE) olarak ifade edilir.

Bu tez çalışması kapsamında üçüncü bileşene sahip basık yörüngeli örten çift yıldız sistemleri literatürden toplanmıştır. Bu çalışma sonucunda 19 örten çift yıldız sistemi belirlenmiş olup, bu sistemlerin temel parametreleri Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Belirlenen çift yıldızların genel özellikleri

Sistem	P (gün)	Parlaklık (maks.)	Tayf türü	M_1 - M_2 (M_Θ)	R1 - R2 (R_Θ)	Kaynaklar
AO Vel	1,584612	9,79	BpSi+B8V	4,4 - 3,6	2,34 - 2,11	9
RR Lyn	9,945078	6,03	A6IV+F0V	1,89 - 1,49	2,57 - 1,58	6
RW Lac	10,369220	11,0	G5V+G7V	0,93 - 0,87	1,19 - 0,96	12
TV Cet	9,103293	9,32	F2V+F5V	1,39 - 1,27	1,47 - 1,27	16
U Oph	1,677346	6,56	B5V+B5V	4,93 - 4,56	3,29 - 3,01	16
V477 Cyg	2,346978	9,34	A3V+F5V	1,8 - 1,35	1,6 - 1,42	4
V1094 Tau	8,988545	9,43	G0V+G3V	1,1 - 1,01	2,5 - 1,5	15
YY Sgr	2,628475	10,73	B5V+B6V	3,9 - 3,48	2,56 - 2,33	8
HS Her	1,637434	8,97	B5V+A4V	6,04 - 1,84	3,05 - 1,73	16
V889 Aql	11,120820	9,1	B9,5V+A0V	2,4 - 2,2	2,04 - 1,84	10
HP Aur	1,422818	11,79	G2V+G8V	1,2 - 1,2	1,05 - 0,82	1
AO Mon	1,88476297	9,6	B3+B5	5,5 – 5,2	-	14
V539 Ara	3,1690854	5,71	B3V+B4V	6,24 – 5,31	4,50 – 3,42	13,16
AS Cam	3,43096365	8,57	B8V+B9,5V	3,30 – 2,50	2,60 – 1,96	16,2
CW Cep	2,72913951	7,67	B0,5V+B0,5V	11,82 – 11,09	5,48 – 4,99	17,7
DR Vul	2,2512676	8,74	B0V+B0,5V	13,2 - 12,1	4,80 - 4,40	16
RU Mon	3,584653	10,5	B7V+B7V	3,60 - 3,33	2,55 - 2,29	5,11
V456 Oph	1,016001225	9,95	F1V+F2V	1,46 – 1,41	-	5
V974 Cyg	3,20441196	10,6	A3V	2,20 – 2,20	2,00 – 2,00	5,3

Kaynaklar: 1. Kozyreva, Kusakin ve Khaliullin (2005), 2. Kozyreva ve ark. (2017), 3. Volkova ve Volkov (2011), 4. Değirmenci ve ark. (2003), 5. Wolf ve ark. (2017), 6. Khaliullin & Khaliullina (2002), 7. Wonyong ve ark. (2015), 8. Wolf ve ark. (2006), 9. Clausen ve ark. (1995), 10. Wolf, Diethelm & Zejda (2004), 11. Wolf ve ark. (1999), 12. Lacy ve ark. (2005), 13. Wolf ve Zejda (2005), 14. Wolf ve ark. (2010) 15. Griffin ve Boffin (2003), 16. Bozkurt ve Degirmenci (2007), 17. Wolf ve ark. (2006)

3.2. O-C Analizi Yapılan Sistemler

Yaklaşık olarak son 30 yılda duyarlı gözlemlerin yapıldığı düşünüldüğünde, eksen dönmesi gösteren yıldızların yeni gözlemlerle desteklenerek eksen dönmesi dönemlerinin yeniden belirlenmesi oldukça önem arz etmektedir. Bilindiği üzere, yıldızların yörünge dönemi oldukça uzun olabilmektedir. Bu çalışmada Çizelge 3.1'de verilen sistemlerden 10 tanesinin O-C analizi yapılarak eksen dönmesi ve üçüncü cisim parametreleri yeni gözlemler ışığında analiz edilerek eksen dönmesi ve üçüncü cisim parametreleri elde edilmiştir. Bu sistemler ile ilgili geçmişte yapılan çalışmalara ait bazı bilgiler aşağıda verilmiştir.

3.3. Dönem Analizleri

Tutulmalara ait minimum zamanları, eksen dönmesi ve üçüncü cisim etkisi belirlenmesinde kullanılan gözlemsel verilerdir. Analizi yapılan sistemlerin tüm minimum zamanları literatürden toplanmıştır. Bu minimum zamanları Ekte verilmiştir. Minimum zamanları, gözlemcilerin farklı teknikler kullanarak fotoelektrik, fotografik ve görsel gözlemler ile belirlenmiştir. Ayrıca literatürden toplanan minimum zamanlarına ilave olarak yeni minimum gözlemleri de yapılmıştır. Bu yeni gözlemler Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Astrofizik Araştırma Merkezi ve Gözlemevi'nde (ÇAAM) bulunan T40 teleskopla ve buna bağlı olan Apogee Alta U47 CCD detektör (APU47) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen bu gözlemlerden, minimum zamanları ve olası hataları Kwee ve Van Woerden (1956) yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Gözlemlerden elde edilen yeni minimum zamanlar Çizelge 3.2'de sunulmuştur. Yıldızların tüm minimum zamanları ile ilgili özet bilgileri Çizelge 3.3'de görülmektedir. Litratürden toplanan ve bu çalışma kapsamında hesaplanan tüm minimum zamanları kaynaklarıyla birlikte eklerde verilmiştir. Sistemlerin O-C eğrileri bu minimum zamanları kullanılarak oluşturulmuştur.

Çizelge 3.2. Gözlemlerden elde edilen yeni minimum zamanları

Sistem	**Gözlenen Min(HJD)**	**Hatası**	**Filtre**	**Türü**	**Teleskop**
RW Lac	2456489,44133	0,00031	*B*	II	T40
	2456489,44442	0,00040	*V*	II	T40
	2456489,44288	0,00030	*R*	II	T40
HS Her	2456514,38400	0,00021	*B*	I	T40
	2453514,38371	0,00015	*V*	I	T40
	2456514,38381	0,00023	*R*	I	T40
	2456523,41682	0,00038	*B*	II	T40
	2456523,40995	0,00046	*V*	II	T40
	2456523,41009	0,00036	*R*	II	T40

Çizelge 3.3. Dönem analizleri için kullanılan minimum zamanlarının nitelikleri

Sistem	Veri aralığı	Görsel		Fotografik		Fotoelektrik		Toplam
	(yıllar)	I.min	II.min	I.min	II.min	I.min	II.min	
AO Vel	1995-2016	-	-	-	-	29	23	52
RR Lyn	1928-2007	-	-	-	-	16	6	22
RW Lac	1909-2015	5	6	7	2	16	13	49
TV Cet	1931-2013	4	3	1	-	21	13	42
U Oph	1907-2017	-	-	-	-	73	39	112
V477 Cyg	1903-2017	173	2	21	3	97	46	342
V1094 Tau	1994 - 2012	2	2	1	-	17	12	34
YY Sgr	1893 - 2013	5	3	4	1	48	28	89
HS Her	1901-2017	10	1	1	-	89	52	153
V889 Aql	1931-2016	6	2	1	-	37	32	78

Sistemlerin dönem analizleri, Zasche ve ark. (2009) programı kullanılmıştır. Bu program eksen dönmesi için Gimenez ve Garcia-Pelayo (1983) tarafından verilen yöntemi kullanmaktadır (Eşitlik 2.7). Işık zaman etkisi için ise Irwin (1952) tarafından verilen denklem kullanılmıştır (Denklem 2.8). Çözümlerde eksen dönmesi için T_0, P_S, e, $\acute{\omega}$, ω_0 ve ışık zaman etkisi için ise A, T_3, P_3, e_3, ω_3 parametreleri kullanılmıştır. Analizlerde kullandığımız minimum zamanlar için ağırlıklar, görsel için *Vis*=1, fotografik için *Pg*=3, fotoelektrik için *Pe* ve *UBVRI* filtrelerinde yapılan *CCD* gözlemleri için *CCD*=10 verilmiştir.

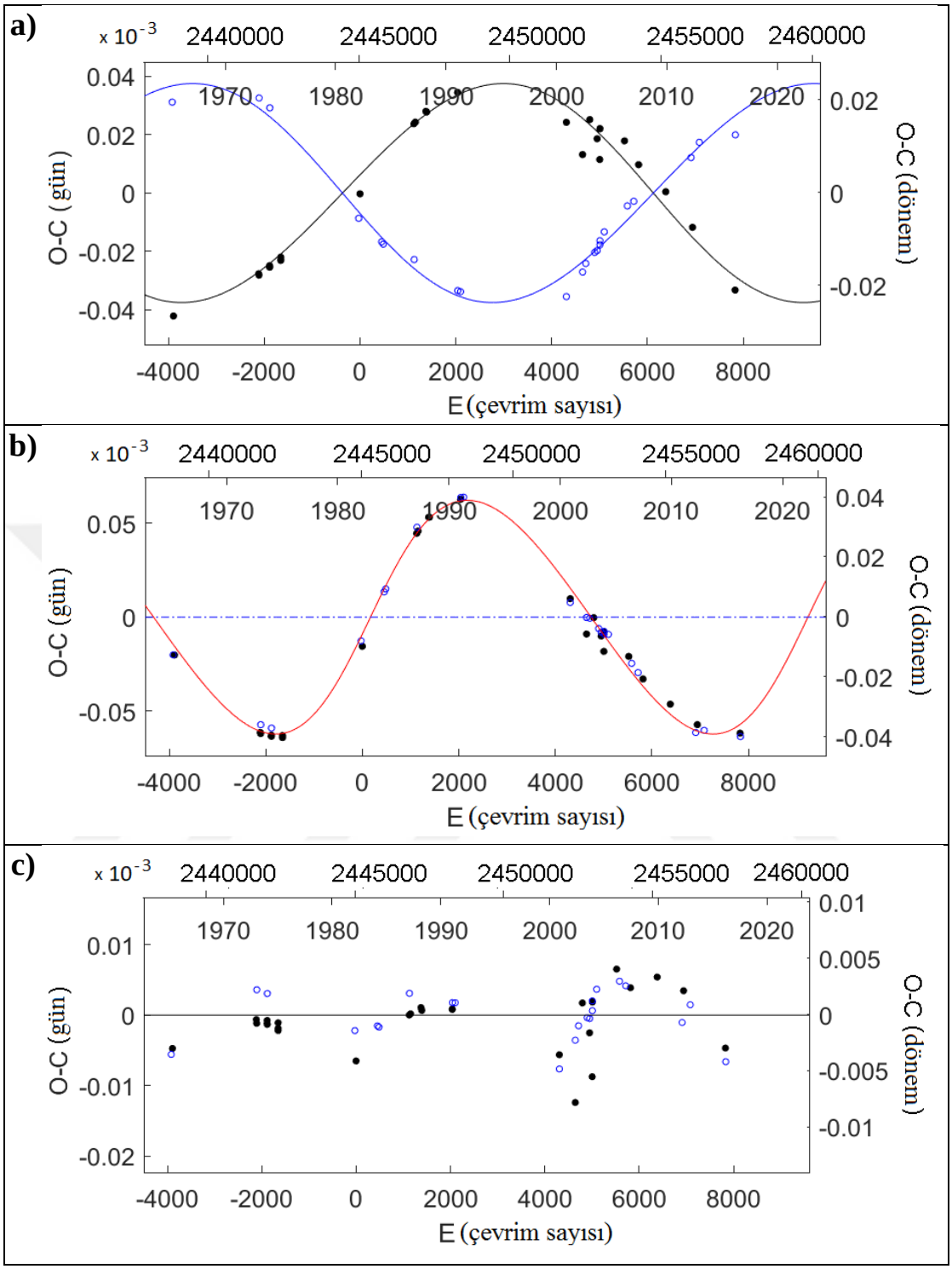
3.3.1. AO VEL

AO Vel (HD 68826; CD -48°3586; CPD -48°1553; FL932; V_{max} = 9,34, Sp. B9III/Ap) çoklu yıldız sistemlerinde 1,58 günlük kısa dönemi ile nadir çalışılan ayrık örten çift yıldız sistemidir. Hertzsprung (1937) tarafından değişken olarak keşfedilmiştir. Dört renkli *uvby* fotometrisi Gronbech (1987) tarafından elde edilmiştir. İlk fotometrik analiz Clausen ve ark. (1995) tarafından yapılmış, sistemin mutlak parametreleri belirlenmiştir. Bu çalışmada bileşenlerin kütleleri sırasıyla M_1 = 4,4 $M_\odot$ ve M_2 = 3,6 $M_\odot$, yarıçapları ise R_1 = 2,4 ± 0,2 $R_\odot$ ve R_2 = 2,2 ± 0,2 $R_\odot$ olarak bulunmuştur. AO Vel, bilinen birkaç tane Si-türü Ap örten çift sistemlerden birisidir. Wolf ve Zejda (2005) tarafından yapılan dönem analizinde, sistemin eksen dönmesi dönemi 54,4 ± 0,5 yıl, üçüncü cismin minimum kütlesi ise 4,40 $M_\odot$ olarak hesaplanmıştır.

AO Vel için literatürden toplanan 52 minimum zamanı ile *O-C* eğrisi oluşturuldu. Bunlardan 29 tanesi birinci minimum zamanıdır. Yapılan analizlerde sistemin eksen dönmesi dönemi 56,3 yıl, yörünge dış merkezliği ise 0,0743 olarak bulunmuştur. Sisteme bağlı üçüncü cismin minimum kütlesi yaklaşık 4,97 $M_{\odot}$ olarak hesaplanmıştır. Bu değerler Wolf ve Zejda (2005)'nın bulduğu değerler ile benzerlik göstermektedir. Analiz sonuçları Çizelge 3.4'de sunulmuştur. AO Vel sisteminin *O-C* eğrisi, eksen dönmesi için yapılan fit, bunların artıklarına muhtemel üçüncü cisim etkisinden kaynaklı ışık-zaman etkisi içeren fit ve bunların artıkları ise Şekil 3.1'de verilmiştir. Üçüncü cismin eksen dönmesine olan katkısı 1,75E-09 ̊/çevrim olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 3.4. AO Vel ayrık örten çift sisteminin *O-C* analizi sonucu elde edilen eksen dönmesi ve üçüncü cisim etkisine ilişkin parametreler

Eksen Dönmesi		Üçüncü Cisim	
T_o (HJD)	2445043,670382 ± 0,009369	P_3 (gün)	14362,87
P_s (gün)	1,5846156 ± 0,0000023	e_3	0,1961
P_a (gün)	1,5847377 ± 0,0000023	ω_3 (˚)	356,00
e	0,0743	T_3 (HJD)	2445180,414
$\acute{\omega}$ (°/çevrim)	0,0277	$a_{12}\sin i_3$(AB) (AB)	10,9761325
ω_o (˚)	100,14	A (gün)	0,0622
U (yıl)	56,3	$f(m3)$ $M_{\odot}$	0,8551106



Şekil 3.1. AO Vel'in dönem değişimi. (a) *O-C* eğrisi ve eksen dönmesi etkisini içeren dönem değişimi (b) bunların artıklarına muhtemel üçüncü cisim etkisinden kaynaklı ışık zaman etkisini içeren değişim (c) (a) kuramsal eğrilerden olan farklar görülmektedir

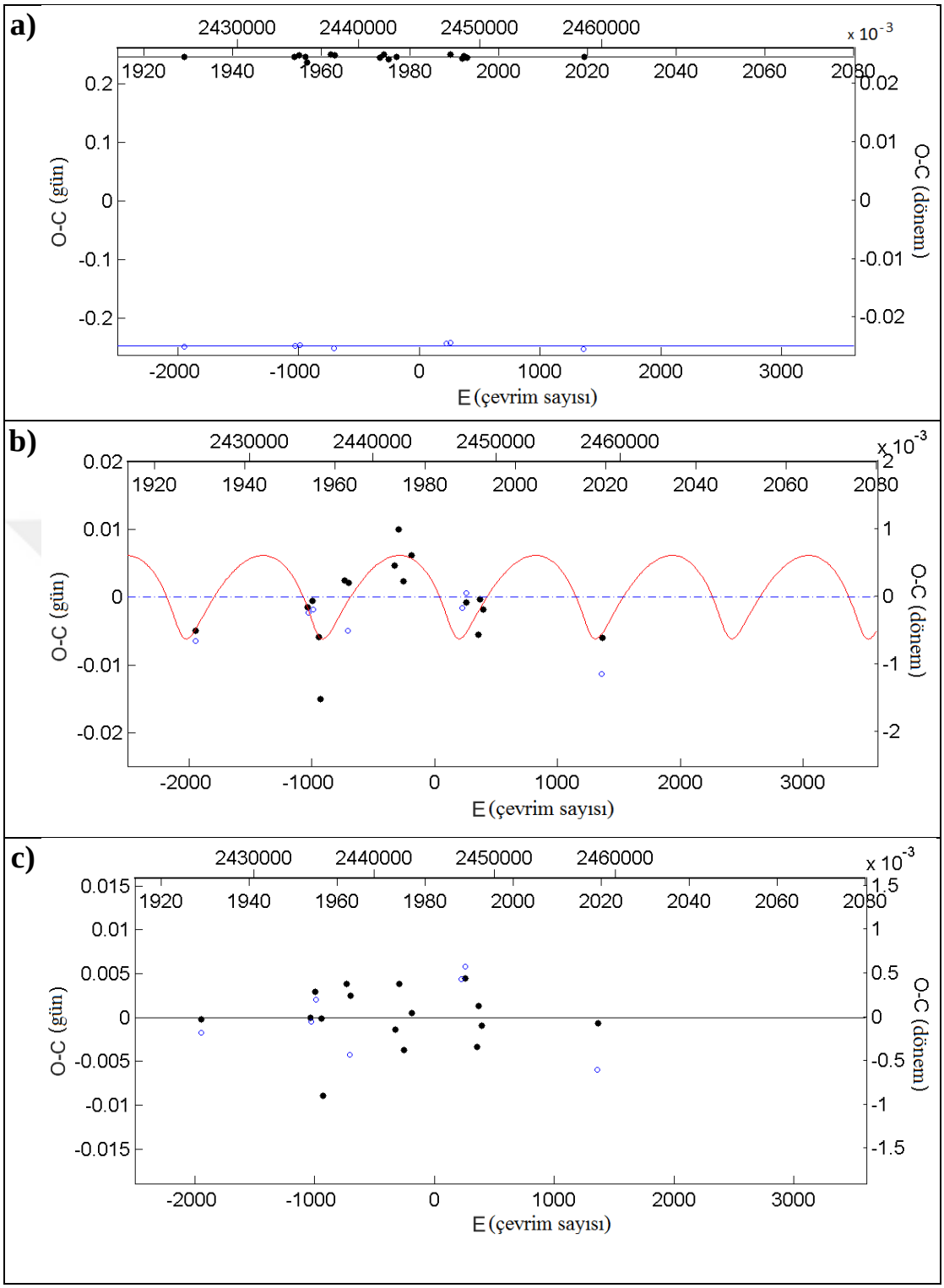
3.3.2. RR Lyn

RR Lyn (FL 590; BD+56°1125; HD44691; SA25731; HR2291; GC8281; V_{max} = 5,54, Sp. A6IV+F0V) 9,95 günlük oldukça uzun bir yörünge dönemine sahip parlak bir örten çift yıldız sistemidir. Sisteme ilişkin literatürde çok fazla gözlem verisi bulunmamaktadır. Popper (1962), sistemi metalik çizgili bir yıldız olarak tanımlamıştır. Sistemin ilk tayfsal çalışması Harper (1915) tarafından yapılmıştır. Khaliullin ve Khaliullina (2002) tarafından yapılan fotometrik çalışmada sistemin mutlak parametreleri belirlenmiştir. Bu çalışmada bileşenlerin kütleleri sırasıyla M_1 = 1,89 ± 0,07 $M_\odot$ ve M_2 = 1,49 ± 0,05 $M_\odot$, yarıçapları ise R_1 = 2,57 ± 0,04 $R_\odot$ ve R_2 = 1,58 ± 0,04 $R_\odot$ olarak hesaplanmıştır. Khaliullin ve Khaliullina (2002) tarafından yapılan dönem analizinde, eksen dönmesi dönemi 2000 yıl olarak bulunmuş, muhtemel üçüncü cismin minimum kütlesi ise 0,10 ± 0,02 $M_\odot$ olarak hesaplanmıştır.

Bu çalışmada RR Lyn için literatürden toplanan 22 minimum zamanı ile *O-C* eğrisi oluşturuldu. Bunlardan 16 tanesi birinci minimum zamanıdır. Yapılan analizlerde sistemin eksen dönmesi dönemi yaklaşık 28405 yıl, yörünge dış merkezliği ise 0,0782 olarak bulunmuştur. Sisteme bağlı muhtemel üçüncü cismin minimum kütlesi yaklaşık olarak 0,27 $M_\odot$ olarak hesaplanmıştır. Bu değerler Khaliullin ve Khaliullina (2002)'nın bulduğu değerlerden büyük çıkmıştır. Analiz sonuçları Çizelge 3.5'te sunulmuştur. RR Lyn sisteminin *O-C* eğrisi, eksen dönmesi için yapılan fit, bunların artıklarına muhtemel üçüncü cisim etkisinden kaynaklı ışık-zaman etkisi içeren fit ve bunların artıkları ise Şekil 3.2'de verilmiştir. Üçüncü cismin eksen dönmesine olan katkısı 2,24E-08°/çevrim olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 3.5. RR Lyn örten çift sisteminin *O-C* analizi sonucu elde edilen eksen dönmesi ve üçüncü cisim etkisine ilişkin parametreler

Eksen Dönmesi		**Üçüncü Cisim**	
T_o (HJD)	2444988,253038 ± 0,058852	P_3 (gün)	11046,63
P_s (gün)	9,9450735 ± 0,0000638	e_3	0,5293
P_a (gün)	9,9450830 ± 0,0000638	ω_3 (°)	244,71
e	0,0782	T_3 (HJD)	2446640,964
$\acute{\omega}$ (°/çevrim)	0,0004	$a_{12}\sin i_3$*(AB) (AB)*	1,0991230
ω_o (°)	176,87	A (gün)	0,0062
U (yıl)	28405,0	*f(m3)* $M_\odot$	0,0014516



Şekil 3.2. RR Lyn'nin dönem değişimi. (a) *O-C* eğrisi ve eksen dönmesi etkisini içeren dönem değişimi (b) bunların artıklarına muhtemel üçüncü cisim etkisinden kaynaklı ışık zaman etkisini içeren değişim (c) (a) kuramsal eğrilerden olan farklar görülmektedir

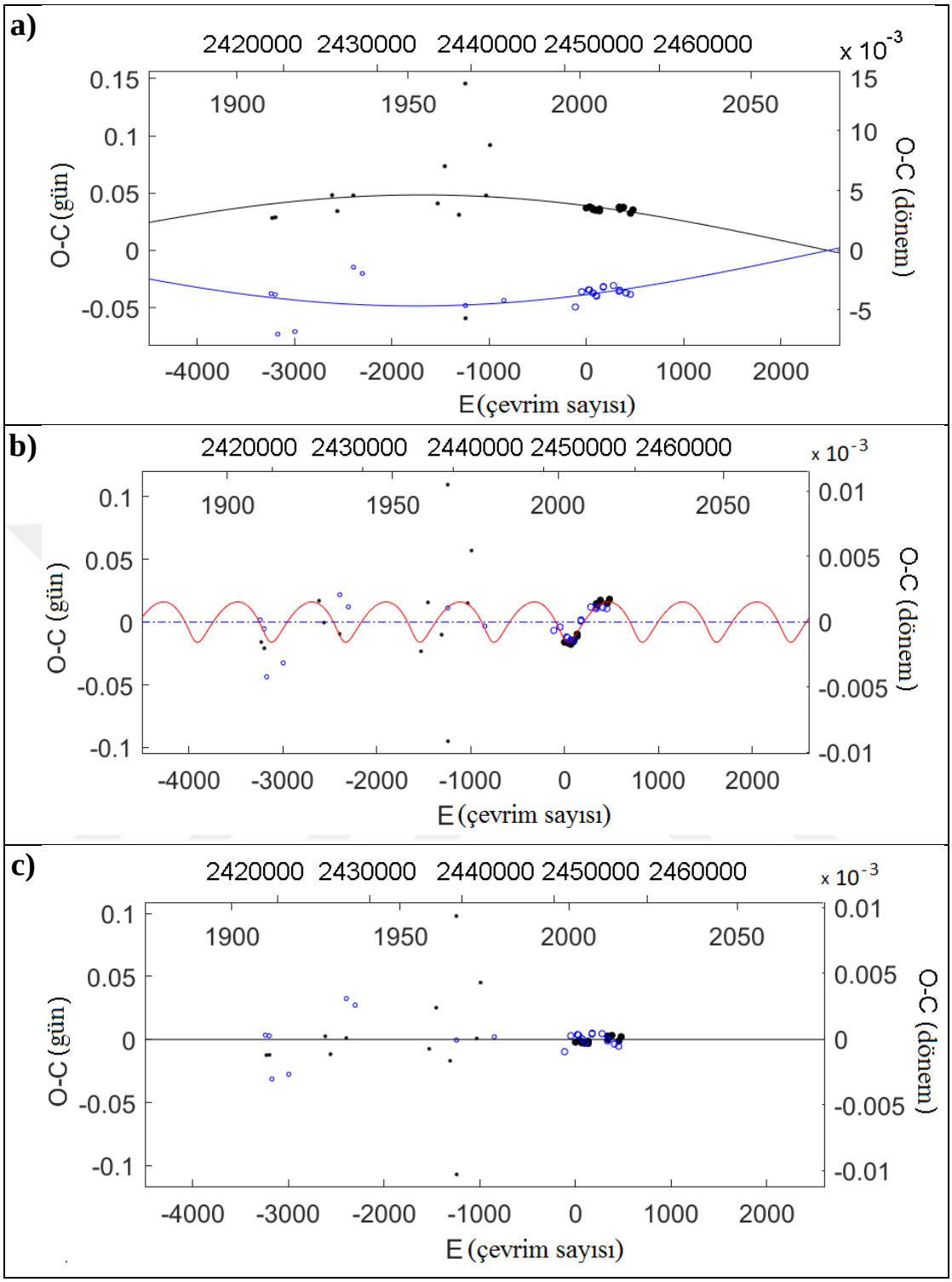
3.3.3. RW Lac

RW Lac (GSC 03629-00740; V = 10,63 – 11,27, G5+G7V) Gaposchkin (1932) tarafından fotografik gözlemlerle keşfedilen bir örten çift yıldız sistemidir. Martinoff (1938), sistemin döneminin 10,36922 gün, yörüngesinin basık olduğunu göstermiştir. Nispeten uzun bir yörünge dönemine sahip olan bu sisteme ilişkin literatürde çok fazla gözlem verisi bulunmamaktadır. Lacy ve ark. (2005) tarafından yapılan kapsamlı tayfsal ve fotometrik çalışmada, sistemin mutlak parametreleri belirlenmiştir. Bu çalışmada sistemin bileşenlerinin kütleleri sırasıyla M_1 = 0,928 ± 0,006 $M_\odot$ ve M_2 = 0,870 ± 0,004 $M_\odot$, yarıçapları ise R_1 = 1,186 ± 0,04 $R_\odot$ ve R_2 = 0,964 ± 0,004 $R_\odot$ olarak bulunmuştur. Wolf M. ve ark. (2006) tarafından yapılan dönem analizinde, üçüncü cismin minimum kütlesi 0,41 $M_\odot$ olarak bulunmuş, eksen dönmesi dönemi ise hesaplanmıştır.

RW Lac'ın bu çalışma kapsamında yapılan gözlemlerinden elde edilen 1 tane yeni minimum zamanı ile birlikte literatürden toplanan 48 minimum zamanı birleştirilerek *O-C* eğrisi oluşturuldu. Bunlardan 25 tanesi birinci minimum zamanıdır. Yaklaşık 100 yıla yayılan veri dağılımından elde edilen *O-C* eğrisinde değişimin eksen dönmesi ve üçüncü cisim kaynaklı olduğu açıkça görülmektedir. Yapılan analizlerden sistemin eksen dönmesi dönemi 477,5 yıl, yörüngenin dış merkezliği ise 0,147 olarak bulunmuştur. Sisteme bağlı olası üçüncü cismin kütlesi yaklaşık 0,64 $M_\odot$ olarak hesaplanmıştır. Bu değer Wolf ve ark. (2006)'nın bulduğu değerden daha büyük çıkmıştır. Analiz sonuçları Çizelge 3.6'da sunulmuştur. RW Lac sisteminin *O-C* eğrisi, eksen dönmesi için yapılan fit, bunların artıklarına muhtemel üçüncü cisim etkisinden kaynaklı ışık-zaman etkisini içeren fit ve bunların artıkları ise Şekil 3.3'de verilmiştir. Üçüncü cismin eksen dönmesine olan katkısı 1,59E-07 °/çevrim olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 3.6. RW Lac örten çift sisteminin *O-C* analizi sonucu elde edilen eksen dönmesi ve üçüncü cisim etkisine ilişkin parametreler

Eksen Dönmesi		**Üçüncü Cisim**	
T_o (HJD)	2452253,643842 ± 0,008422	P_3 (gün)	8189,13
P_s (gün)	10,3692068 ± 0,0000057	e_3	0,4120
P_a (gün)	10,3698234 ± 0,0000057	ω_3 (˚)	248,76
e	0,0147	T_3 (HJD)	2460580,013
$\acute{\omega}$ (°/çevrim)	0,0214	$a_{12}\sin i_3(AB)$ (AB)	2,8195711
ω_o (˚)	216,84	A (gün)	0,0161
U (yıl)	477,5	$f(m3)$ $M_\odot$	0,0445892



Şekil 3.3. RW Lac'nın dönem değişimi. (a) *O-C* eğrisi ve eksen dönmesi etkisini içeren dönem değişimi (b) bunların artıklarına muhtemel üçüncü cisim etkisinden kaynaklı ışık zaman etkisini içeren değişim (c) (a) kuramsal eğrilerden olan farklar görülmektedir

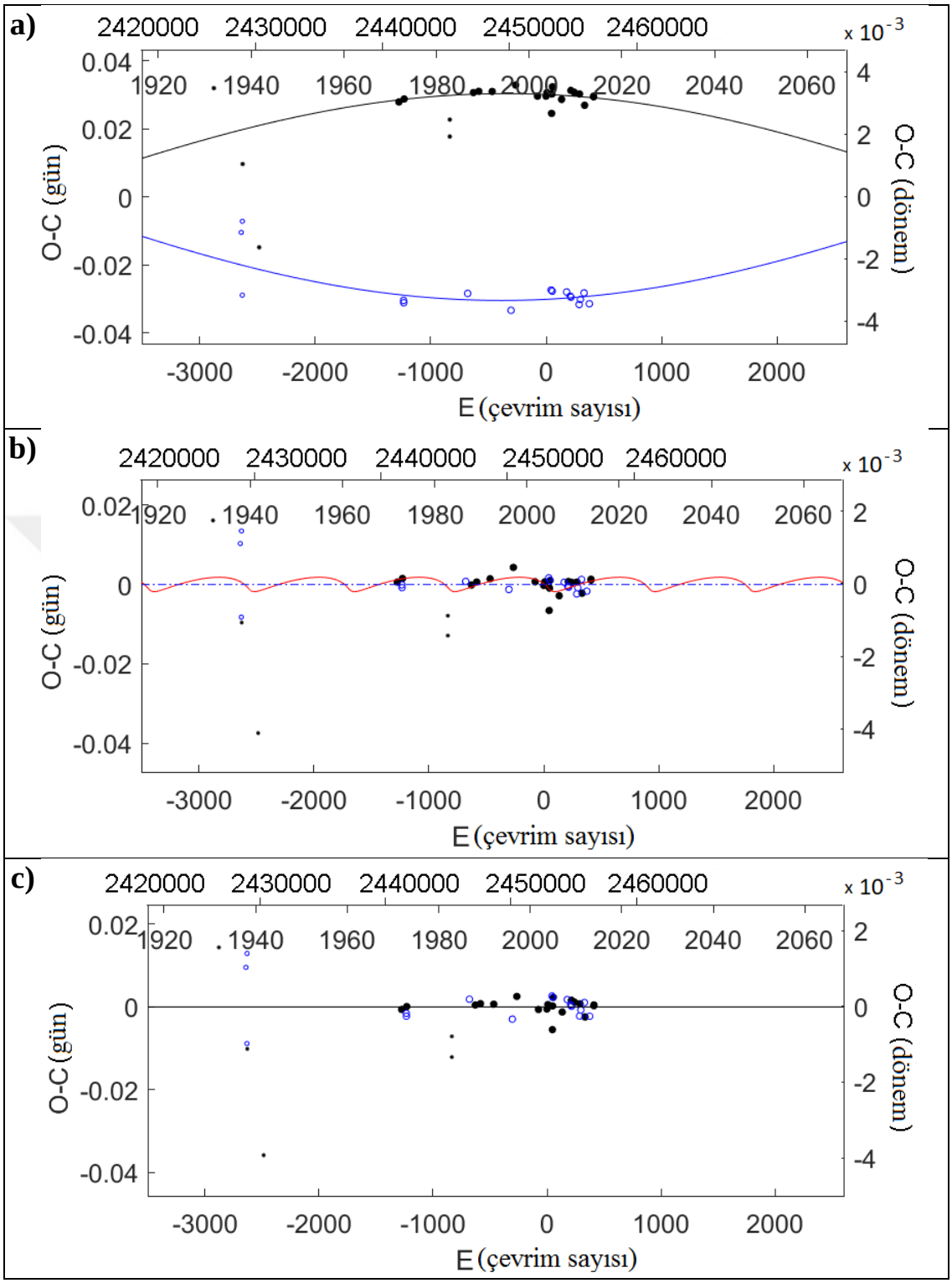
3.3.4. TV Cet

TV Cet (HD20173; BD+02°502; SAO111068; HIP15090; PPM146367; AN270.1934, V_{max} = 8,6, Sp. F2+F5) 9,1 günlük oldukça uzun bir yörünge dönemi ile nadir çalışılan çift çizgili ayrık örten bir çift sistemdir. Martynov (1951) tarafından değişken olduğu keşfedilmiştir. Sistemin ilk tayfsal çalışmaları Popper (1967, 1968) tarafından yapılmış, F2 tayf türünden bir yıldız olarak sınıflandırılmıştır. Bozkurt (2006) tarafından yapılan ışık eğrisi analizinde sistemin mutlak parametreleri belirlenmiştir. Bu çalışmada sistemin bileşenlerinin kütleleri sırasıyla M_1 = 1,39 ± 0,06 $M_\odot$ ve M_2 = 1,27 ± 0,06 $M_\odot$, yarıçapları ise R_1= 1,47 ± 0,02 $R_\odot$ve R_2 = 1,27 ± 0,02 $R_\odot$ olarak hesaplanmıştır. Bozkurt ve Değirmenci (2007) tarafından yapılan dönem analizinde, sistemin eksen dönmesi dönemi 25043 ± 11760 yıl olarak bulunmuş, üçüncü cismin minimum kütlesi ise 0,18 $M_\odot$ olarak hesaplanmıştır.

TV Cet için literatürden toplanan 42 minimum zamanı ile *O-C* eğrisi oluşturuldu. Bunlardan 26 tanesi birinci minimum zamanıdır. Yapılan analizlerde sistemin eksen dönmesi dönemi 414,2 yıl, yörünge dış merkezliği ise yaklaşık 0,011 olarak bulunmuştur. Sisteme bağlı üçüncü cismin minimum kütlesi yaklaşık 0,09 $M_\odot$ olarak hesaplanmıştır. Bu değerler Bozkurt ve Değirmenci (2007)'nin bulduğu değerden çok küçük çıkmıştır. Analiz sonuçları Çizelge 3.7'de sunulmuştur. TV Cet sisteminin *O-C* eğrisi, eksen dönmesi için yapılan fit, bunların artıklarına muhtemel üçüncü cisim etkisinden kaynaklı ışık-zaman etkisi içeren fit ve bunların artıkları ise Şekil 3.4'te verilmiştir. Üçüncü cismin eksen dönmesine olan katkısı 1,68E-08 °/çevrim olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 3.7. TV Cet ayrık örten çift sisteminin *O-C* analizi sonucu elde edilen eksen dönmesi ve üçüncü cisim etkisine ilişkin parametreler

Eksen Dönmesi		**Üçüncü Cisim**	
T_o (HJD)	2452873,525928 ± 0,004998	P_3 (gün)	7929,48
P_s (gün)	9,1032913 ± 0,0000045	e_3	0,6766
P_a (gün)	9,1038391 ± 0,0000045	ω_3 (°)	218,28
e	0,0105	T_3 (HJD)	2453374,246
$\dot{\omega}$ (°/çevrim)	0,0217	$a_{12}\sin i_3$*(AB) (AB)*	0,3705208
ω_o (°)	187,95	A (gün)	0,0018
U (yıl)	414,2	*f(m3)* $M_\odot$	0,0001079



Şekil 3.4. TV Cet'in dönem değişimi. (a) *O-C* eğrisi ve eksen dönmesi etkisini içeren dönem değişimi (b) bunların artıklarına muhtemel üçüncü cisim etkisinden kaynaklı ışık zaman etkisini içeren değişim (c) (a) kuramsal eğrilerden olan farklar görülmektedir

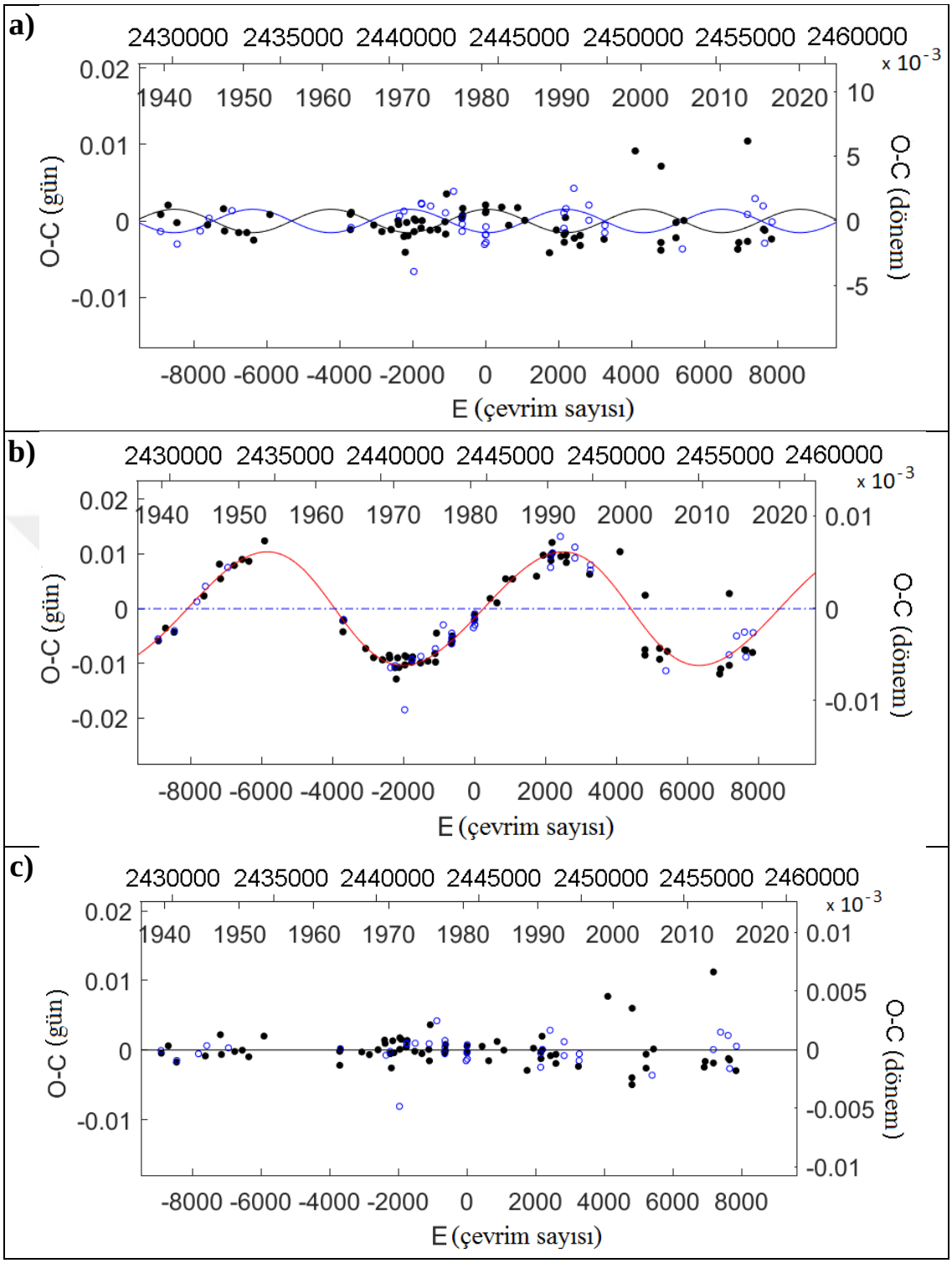
3.3.5. U Oph

U Oph (HD156247; BD+01˚3408; SAO122226; HIP84500; PPM163749, V_{max} = 5,9, Sp. B5V+B5V) 1,67 günlük yörünge dönemine sahip parlak bir örten çift yıldız sistemidir. Bu sistemin değişkenliği 1871 yılından beri bilinmektedir. Gould (1871) tarafından keşfedilmiştir. Sistemin ilk ışık eğrisi Bailay (1903) tarafından elde edilmiştir. Bu sistemin tayfsal yörüngesi Plasket (1919), Abrami (1958), Pearce (1960) ve Popper ve Carlos (1970) tarafından elde edilmiştir. Holmgren ve ark. (1991) tarafından yapılan tayfsal ve fotometrik çalışmada sistemin mutlak parametreleri belirlenmiştir. Bu çalışmada sistemin bileşenlerinin kütleleri sırasıyla M_1 = 4,93 ± 0,05 $M_\odot$ ve M_2 = 4,56 ± 0,04 $M_\odot$, yarıçapları ise R_1 = 3,29 ± 0,06 $R_\odot$ ve R_2 = 3,01 ± 0,05 $R_\odot$ olarak hesaplanmıştır. Bozkurt ve Değirmenci (2007) tarafından yapılan dönem analizinde, sistemin eksen dönmesi dönemi 20,7 ± 4 yıl olarak bulunmuş, üçüncü cismin minimum kütlesi ise 0,74 $M_\odot$ olarak hesaplanmıştır.

U Oph için literatürden toplanan 112 minimum zamanı ile *O-C* eğrisi oluşturuldu. Bunlardan 73 tanesi birinci minimum zamanıdır. Yapılan analizlerde sistemin eksen dönmesi dönemi 19,7 yıl, yörünge dış merkezliği ise yaklaşık 0,0029 olarak bulunmuştur. Sisteme bağlı üçüncü cismin minimum kütlesi yaklaşık 0,75 $M_\odot$ olarak hesaplanmıştır. Bu değerler Bozkurt ve Değirmenci (2007)'nin bulduğu değerler ile benzerlik göstermektedir. Analiz sonuçları Çizelge 3.8'de sunulmuştur. U Oph sisteminin *O-C* eğrisi, eksen dönmesi için yapılan fit, bunların artıklarına muhtemel üçüncü cisim etkisinden kaynaklı ışık-zaman etkisi içeren fit ve bunların artıkları ise Şekil 3.5'de verilmiştir. Üçüncü cismin eksen dönmesine olan katkısı 3,96E-10˚/çevrim olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 3.8. U Oph örten çift sisteminin O-C analizi sonucu elde edilen eksen dönmesi ve üçüncü cisim etkisine ilişkin parametreler

Eksen Dönmesi		**Üçüncü Cisim**	
T_o (HJD)	2444416,385654 ± 0,000773	P_3 (gün)	13990,15
P_s (gün)	1,6773459 ± 0,0000002	e_3	0,1291
P_a (gün)	1,6777369 ± 0,0000002	ω_3 (˚)	177,21
e	0,0029	T_3 (HJD)	2437723,304
$\acute{\omega}$ (°/çevrim)	0,0839	$a_{12}\sin i_3$*(AB) (AB)*	1,8123106
ω_o (˚)	176,26	A (gün)	0,0104
U (yıl)	19,7	*f(m3)* $M_\odot$	0,0040570



Şekil 3.5. U Oph'nin dönem değişimi. (a) *O-C* eğrisi ve eksen dönmesi etkisini içeren dönem değişimi (b) bunların artıklarına muhtemel üçüncü cisim etkisinden kaynaklı ışık zaman etkisini içeren değişim (c) (a) kuramsal eğrilerden olan farklar görülmektedir

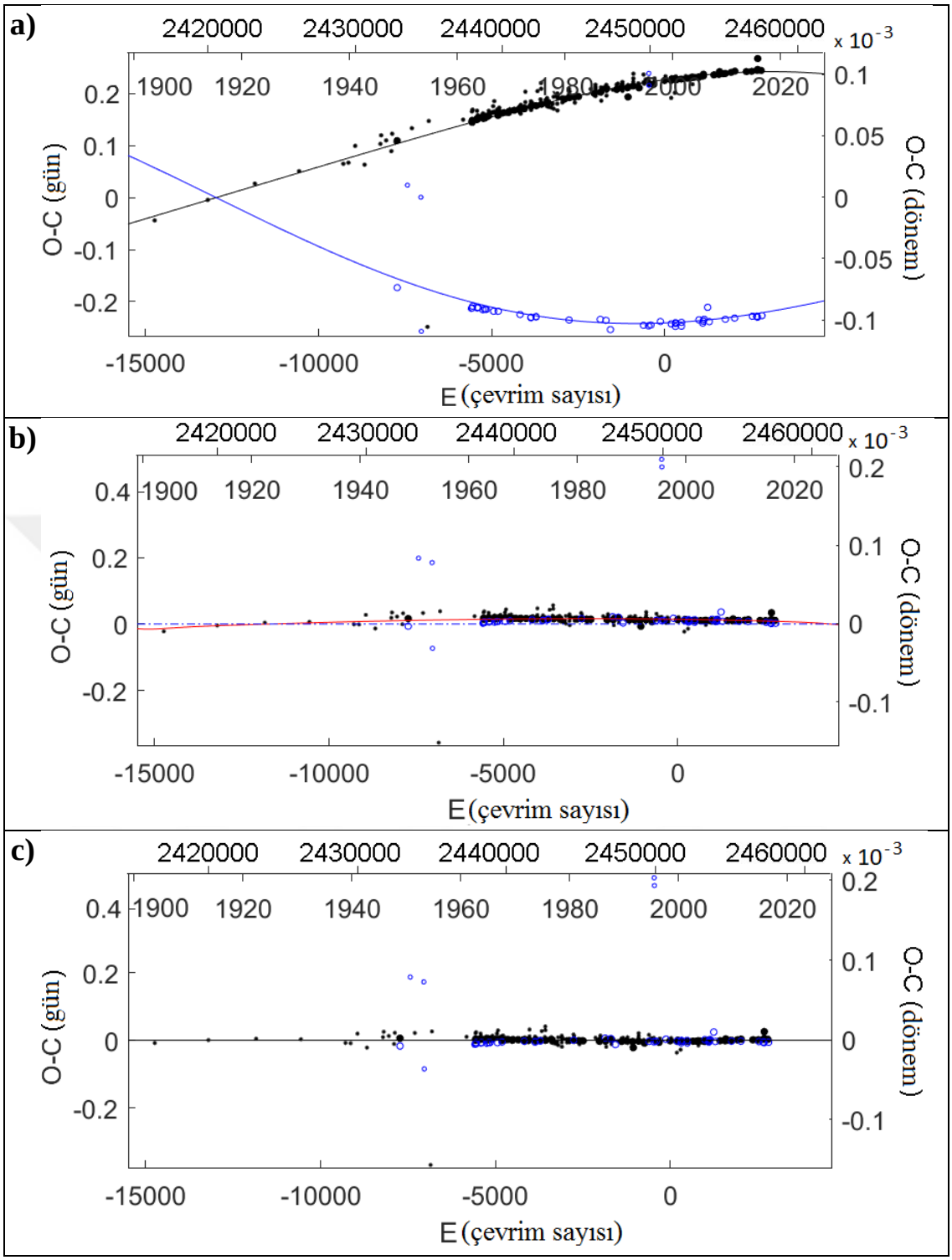
3.3.6. V477 Cyg

V477 Cyg (HD190786; BD+31˚3932; SAO69381; HIP98955; PPM84169, V_{max} = 8,51, Sp. A3+F5) 2,346 günlük yörünge dönemine sahip ayrık örten bir çift sistemdir. Tamm (1948) tarafından 1947 yılında keşfedilmiştir. Wallenquist (1949) tarafından sistemin fotoelektrik gözlemleri yapılmış ve yörünge parametreleri elde edilmiştir. Sistemin ilk tayfsal çalışması Pearce (1958) tarafından yapılmıştır. Değirmenci ve ark. (2003) tarafından yapılan ışık eğrisi analizinde sistemin mutlak parametreleri belirlenmiştir. Bu çalışmada bileşenlerin kütleleri sırasıyla M_1= 1,80 ± 0,10 $M_\odot$ ve M_2= 1,35 ± 0,08 $M_\odot$, yarıçapları ise R_1= 1,60 ± 0,03 $R_\odot$ ve R_2 = 1,42 ± 0,03 $R_\odot$ olarak hesaplanmıştır. Bozkurt ve Değirmenci (2007) tarafından yapılan dönem analizinde, sistemin eksen dönmesi dönemi 426 ± 3 yıl olarak bulunmuş, üçüncü cismin minimum kütlesi ise 0,37 $M_\odot$ olarak hesaplanmıştır.

V477 Cyg için literatürden toplanan 342 minimum zamanı ile *O-C* eğrisi oluşturuldu. Bunlardan 291 tanesi birinci minimum zamanıdır. Yapılan analizlerde sistemin eksen dönmesi dönemi 362,2 yıl, yörünge dış merkezliği ise yaklaşık 0,316 olarak bulunmuştur. Sisteme bağlı olası üçüncü cismin minimum kütlesi yaklaşık olarak 0,27 $M_\odot$ olarak hesaplanmıştır. Bu değerler Bozkurt ve Değirmenci (2007)'nin bulduğu değerlerden daha küçük çıkmıştır. Analiz sonuçları Çizelge 3.9'da sunulmuştur. V477 Cyg sisteminin *O-C* eğrisi, eksen dönmesi için yapılan fit, bunların artıklarına muhtemel üçüncü cisim etkisinden kaynaklı ışık-zaman etkisi içeren fit ve bunların artıkları ise Şekil 3.6'da verilmiştir. Üçüncü cismin eksen dönmesine olan katkısı 6,70E-11 ˚/çevrim olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 3.9. V477 Cyg ayrık örten çift sisteminin *O-C* analizi sonucu elde edilen eksen dönmesi ve üçüncü cisim etkisine ilişkin parametreler

Eksen Dönmesi		**Üçüncü Cisim**	
T_o (HJD)	2450988,248108 ± 0,014953	P_3 (gün)	49108,09
P_s (gün)	2,3469759 ± 0,0000040	e_3	0,8286
P_a (gün)	2,3470175 ± 0,0000040	ω_3 (˚)	234,01
e	0,3156	T_3 (HJD)	2414757,348
$\dot{\omega}$ (°/çevrim)	0,0064	$a_{12}\sin i_3$*(AB) (AB)*	3,0935167
ω_o (˚)	172,78	A (gün)	0,0156
U (yıl)	362,2	*f(m3)* $M_\odot$	0,0016376



Şekil 3.6. V477 Cyg'nin dönem değişimi. (a) *O-C* eğrisi ve eksen dönmesi etkisini içeren dönem değişimi (b) bunların artıklarına muhtemel üçüncü cisim etkisinden kaynaklı ışık zaman etkisini içeren değişim (c) (a) kuramsal eğrilerden olan farklar görülmektedir

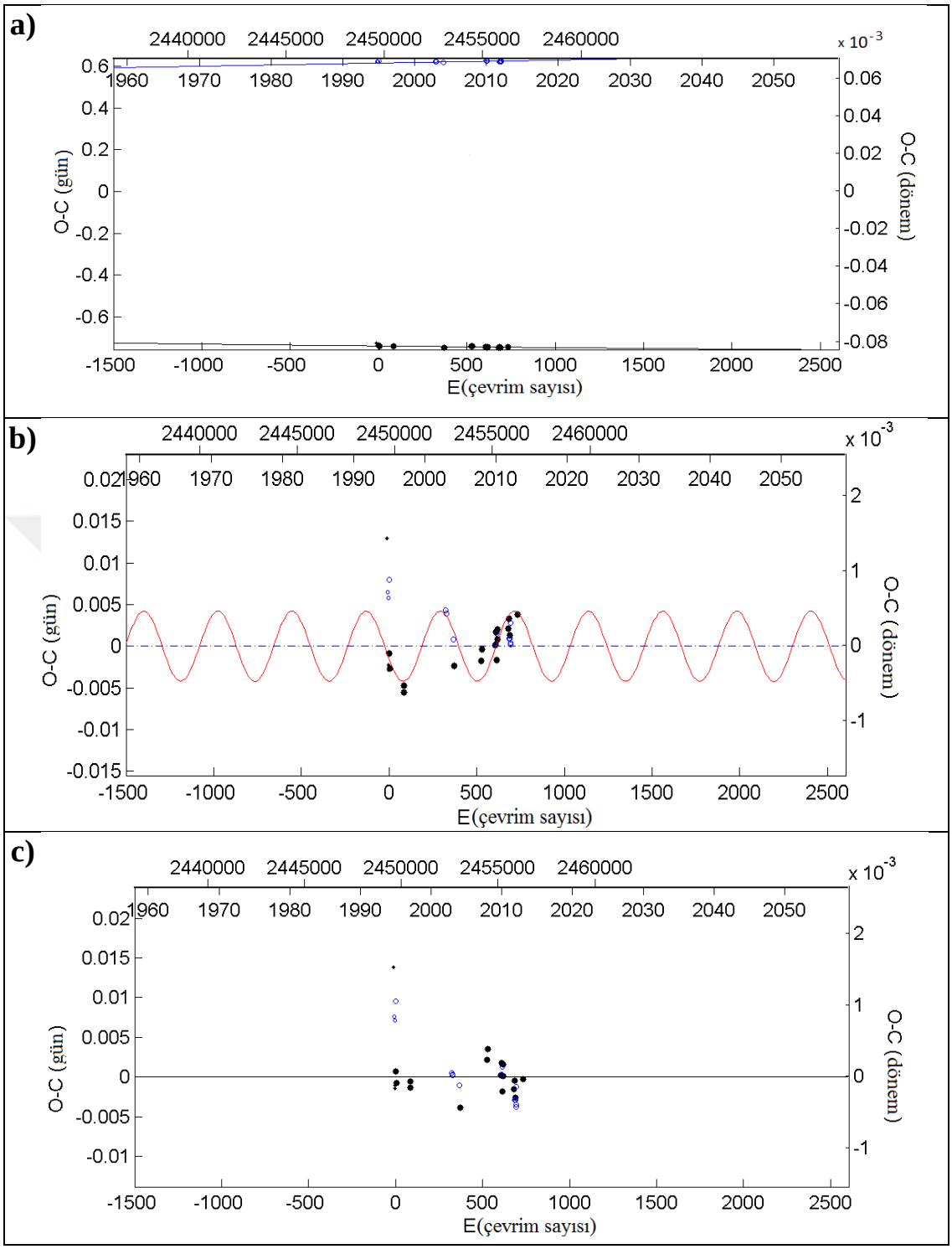
3.3.7. V1094 Tau

V1094 Tauri (HDE 284195, BD+21°605, DHK 41, V_{max} = 8^{m},96, Sp. G0+G3) yeni keşfedilen ayrık örten bir çift sistemdir. Yörünge dönemi yaklaşık bir günlük sürenin tam katı kadardır (P ≈ 9,0 gün) (Kaiser 1994). Sisteme ilişkin literatürde çok fazla gözlem verisi bulunmamaktadır. Mutlak parametreleri Griffin ve Boffin (2003) tarafından tayf analiziyle bulunmuştur. Bu araştırmacılar yaptıkları çalışmada yörünge dış merkezliğinin e = 0,2697 (18) ve enberi noktasının boylamının ω = 333°,2(3) olduğunu tespit etmişlerdir. Griffin ve Boffin (2003) örten çift sistemin toplam kütlesini $M_1 + M_2 = 2{,}11\ M_\odot$ olarak hesaplamışlardır. Wolf ve ark. (2010) yapmış olduğu diğer bir çalışmada elde edilen sonuçlar, Griffin ve Boffin (2003) tarafından bulunan yörünge parametreleri ile uyumlu olduğunu görülmüştür. Wolf ve ark. (2010) tarafından yapılan yörünge dönem analizinde, sistemin eksen dönmesi dönemi 13600 yıl olarak bulunmuş, sisteme bağlı üçüncü cismin minimum kütlesi ise 0,17 $M_\odot$ olarak hesaplanmıştır.

Bu çalışmada V1094 Tau için literatürden toplanan 34 minimum zamanı ile *O-C* eğrisi oluşturuldu. Bunlardan 20 tanesi birinci minimum zamanıdır. Yörünge dönemi, $P \approx 9{,}0$ gün olduğundan V1094 Tau ışık eğrisi fotometresiyle çalışılması zor bir nesnedir. Yapılan analizlerden sistemin eksen dönmesi dönemi yaklaşık 4635 yıl, yörünge dış merkezliği ise 0,266 olarak bulunmuştur. Sisteme bağlı olası üçüncü cismin minimum kütlesi yaklaşık olarak 0,36 $M_\odot$ olarak hesaplanmıştır. Eksen dönmesi dönemi Wolf ve ark. (2010)'nın bulduğu değerlerden daha küçük çıkmış, üçüncü cismin minimum kütlesi ise daha büyük çıkmıştır. Analiz sonuçları Çizelge 3.10'da sunulmuştur. V1094 Tau sisteminin *O-C* eğrisi, eksen dönmesi için yapılan fit, bunların artıklarına muhtemel üçüncü cisim etkisinden kaynaklı ışık- zaman etkisini içeren fit ve bunların artıkları ise Şekil 3.7'de verilmiştir. Üçüncü cismin eksen dönmesine olan katkısı 2,73E-07 °/çevrim olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 3.10. V1094 Tau ayrık örten çift sisteminin *O-C* analizi sonucu elde edilen eksen dönmesi ve üçüncü cisim etkisine ilişkin parametreler

Eksen Dönmesi		**Üçüncü Cisim**	
T_o (HJD)	2449702,446682 ± 0,219183	P_3 (gün)	4042,21
P_s (gün)	8,9885459 ± 0,0004364	e_3	0,0007
P_a (gün)	8,9904853 ± 0,0004364	ω_3 (°)	4,06
e	0,2657	T_3 (HJD)	2455221,680
$\dot{\omega}$ (°/çevrim)	0,0019	$a_{12}\sin i_3$ (AB) (AB)	0,6925602
ω_o (°)	333,08	A (gün)	0,0040
U (yıl)	4635,6	$f(m3)\ M_\odot$	0,0027120



Şekil 3.7. V1094 Tau'nun dönem değişimi. (a) *O-C* eğrisi ve eksen dönmesi etkisini içeren dönem değişimi (b) bunların artıklarına muhtemel üçüncü cisim etkisinden kaynaklı ışık zaman etkisini içeren değişim (c) (a) kuramsal eğrilerden olan farklar görülmektedir

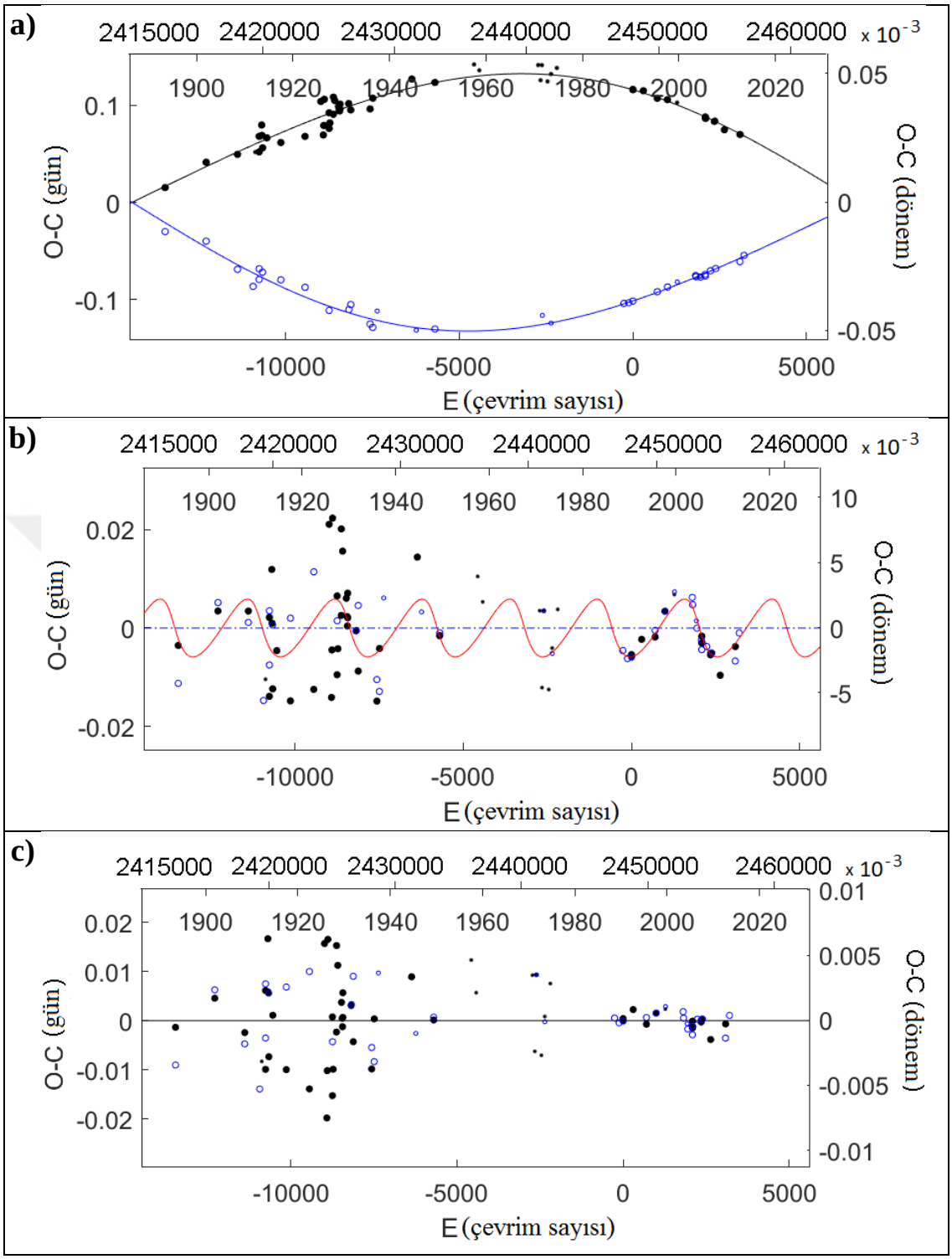
3.3.8. YY Sgr

YY Sgr (HD 173140; BD -19°5148; HV 3080; AN 38.1908; FL 2531; V_{max} = 10,03, Sp. B5+B6) 2,63 günlük yörünge dönemine sahip bir ayrık örten çift yıldız sistemidir. Cannon (Pickering 1908, 1909) tarafından değişken olarak keşfedilmiştir. İlk fotoelektrik ışık eğrisi Keller ve Limber (1951) tarafından elde edilmiştir. Sistemin fotometrik yörünge, eksen dönmesi ve mutlak parametreleri Lacy (1993, 1997) tarafından elde edilmiştir. Lacy (1997) örten çift sistemin toplam kütlesini $M_1 + M_2 = 7{,}38\ M_\odot$ olarak hesaplamıştır. Wolf ve ark. (2006) tarafından yapılan dönem analizinde, sistemin eksen dönmesi dönemi 294 ± 1,4 yıl olarak bulunmuş, olası üçüncü cismin minimum kütlesi ise 0,73 $M_\odot$ olarak hesaplanmıştır.

YY Sgr için literatürden toplanan 89 tane minimum zamanı ile *O-C* eğrisi oluşturuldu. Bunlardan 57 tanesi birinci minimum zamanıdır. Yapılan analizlerde sistemin eksen dönmesi dönemi 300,7 yıl, yörünge dış merkezliği ise 0,1572 olarak bulunmuştur. Sisteme bağlı olası üçüncü cismin minimum kütlesi ise yaklaşık 0,63 $M_\odot$ olarak hesaplanmıştır. Eksen dönmesi dönemi Wolf ve ark. (2006)'nın bulduğu değere yakın bir değer çıkmış, olası üçüncü cismin minimum kütlesi ise daha küçük çıkmıştır. Analiz sonuçları Çizelge 3.11'de sunulmuştur. YY Sgr sisteminin *O-C* eğrisi, eksen dönmesi için yapılan fit, bunların artıklarına muhtemel üçüncü cisim etkisinden kaynaklı ışık- zaman etkisini içeren fit ve bunların artıkları ise Şekil 3.8'de verilmiştir. Üçüncü cismin eksen dönmesine olan katkısı 4,35E-09°/çevrim olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 3.11. YY Sgr ayrık örten çift sisteminin O-C analizi sonucu elde edilen eksen dönmesi ve üçüncü cisim etkisine ilişkin parametreler

Eksen Dönmesi		**Üçüncü Cisim**	
T_o (HJD)	2448059,577537 ± 0,014208	P_3 (gün)	6831,47
P_s (gün)	2,6284740 ± 0,0000020	e_3	0,4062
P_a (gün)	2,6285369 ± 0,0000020	ω_3 (°)	164,89
e	0,1572	T_3 (HJD)	2453177,637
$\dot{\omega}$ (°/çevrim)	0,0086	$a_{12}\sin i_3$ (AB) (AB)	1,1030980
ω_o (°)	214,30	A (gün)	0,0059
U (yıl)	300,7	$f(m3)\ M_\odot$	0,0038368



Şekil 3.8. YY Sgr'nin dönem değişimi. (a) *O-C* eğrisi ve eksen dönmesi etkisini içeren dönem değişimi (b) bunların artıklarına muhtemel üçüncü cisim etkisinden kaynaklı ışık zaman etkisini içeren değişim (c) (a) kuramsal eğrilerden olan farklar görülmektedir

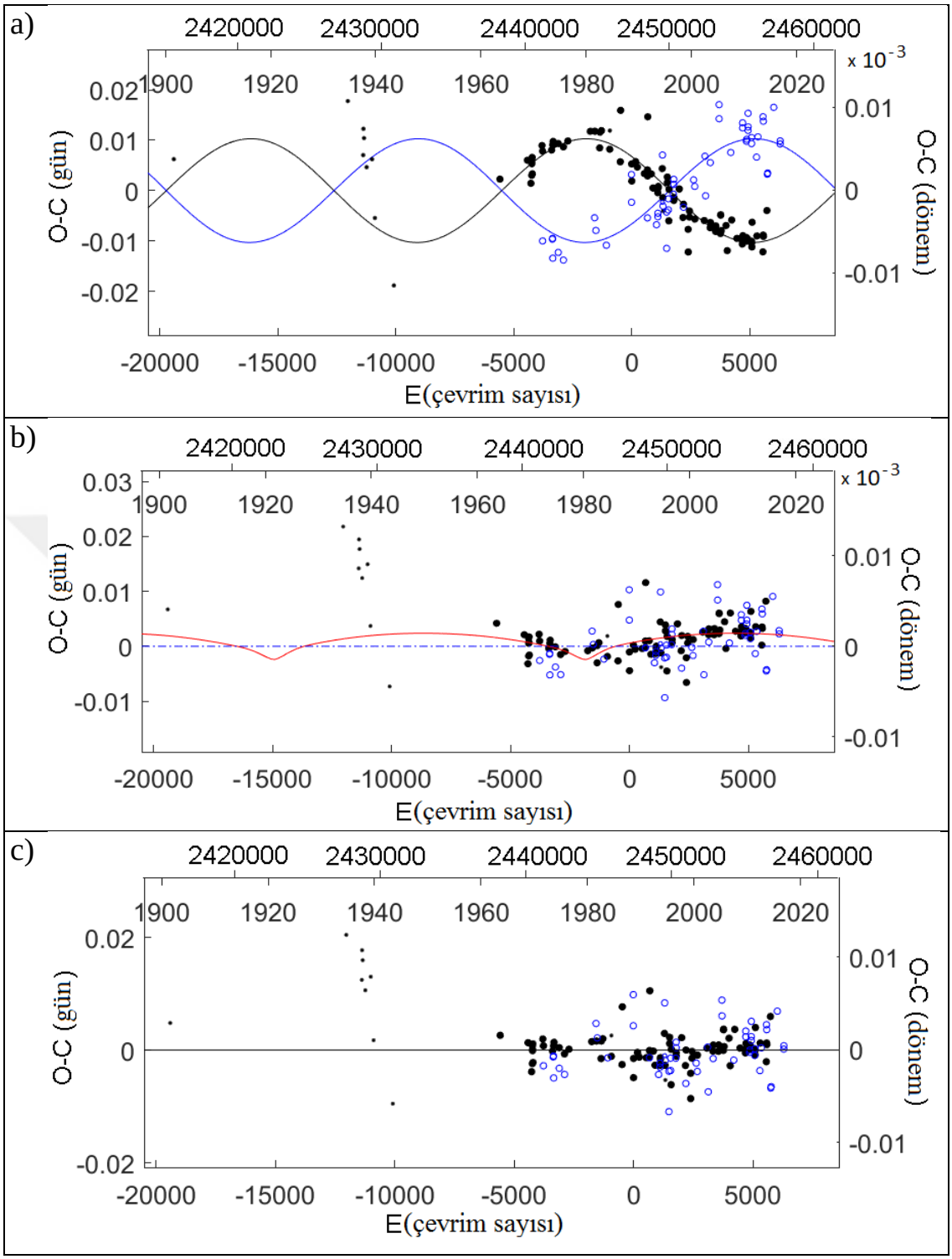
3.3.9. HS Her

HS Her (HD174714; BD+24°3552; SAO86497; HIP92478; PPM107939, V_{max} = 8,61, Sp. B5V+A4V) 1,64 günlük yörünge dönemine sahip bir örten çift yıldız sistemidir. Martynov (1940) tarafından 1934 yılında keşfedilmiş, Algol türü bir örten çift sistem olarak sınıflandırılmıştır. Sistemin ilk tayfsal çalışması Cesco ve Sahade (1945) tarafından yapılmıştır. Bozkurt (2006) tarafından yapılan ışık eğrisi analizinde sistemin mutlak parametreleri belirlenmiştir. Bu çalışmada sistemin bileşenlerinin kütleleri sırasıyla M_1 = 6,0 ± 0,5 $M_\odot$ ve M_2 = 1,8 ± 0,2 $M_\odot$, yarıçapları ise R_1 = 3,1 ± 0,2 $R_\odot$ ve R_2 = 1,7 ± 0,1 $R_\odot$ olarak hesaplanmıştır. Bozkurt ve Değirmenci (2007) tarafından yapılan dönem analizinde, sistemin eksen dönmesi dönemini 82,3 ± 4,3 yıl olarak bulmuş, üçüncü cismin minimum kütlesini ise 1,72 $M_\odot$ olarak hesaplanmıştır.

HS Her'in bu çalışma kapsamında yapılan gözlemlerden elde edilen 2 tane yeni minimum zamanı ile birlikte literatürden toplanan 153 minimum zamanı ile birleştirilerek *O-C* eğrisi oluşturuldu. Bunlardan 100 tanesi birinci minimum zamanıdır. Yapılan analizlerde sistemin eksen dönmesi dönemi 63,7 yıl, yörünge dış merkezliği ise 0,0198 olarak bulunmuştur. Sisteme bağlı olası üçüncü cismin minimum kütlesi yaklaşık olarak 0,11 $M_\odot$ olarak hesaplanmıştır. Bu değerler Bozkurt ve Değirmenci (2007)'nin bulduğu değerlerden daha küçük çıkmıştır. Analiz sonuçları Çizelge 3.12'de sunulmuştur. HS Her sisteminin *O-C* eğrisi, eksen dönmesi için yapılan fit, bunların artıkları ise Şekil 3.9'da verilmiştir. Üçüncü cismin eksen dönmesine olan katkısı ise 3,01E-11 °/çevrim olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 3.12. HS Her örten çift sisteminin *O-C* analizi sonucu elde edilen eksen dönmesi ve üçüncü cisim etkisine ilişkin parametreler

Eksen Dönmesi		**Üçüncü Cisim**	
T_o (HJD)	2447382,422558 ± 0,000693	P_3 (gün)	21422,60
P_s (gün)	1,6374337 ± 0,0000002	e_3	0,8108
P_a (gün)	1,6375489 ± 0,0000002	ω_3 (°)	277,76
e	0,0198	T_3 (HJD)	2422977,299
$\dot{\omega}$ (°/çevrim)	0,0253	$a_{12}\sin i_3$ (AB) (AB)	0,4149502
ω_o (°)	229,40	A (gün)	0,0024
U (yıl)	63,7	$f(m3)$ $M_\odot$	0,0000208



Şekil 3.9. HS Her'in dönem değişimi. (a) *O-C* eğrisi ve eksen dönmesi etkisini içeren dönem değişimi (b) bunların artıklarına muhtemel üçüncü cisim etkisinden kaynaklı ışık zaman etkisini içeren değişim (c) (a) kuramsal eğrilerden olan farklar görülmektedir

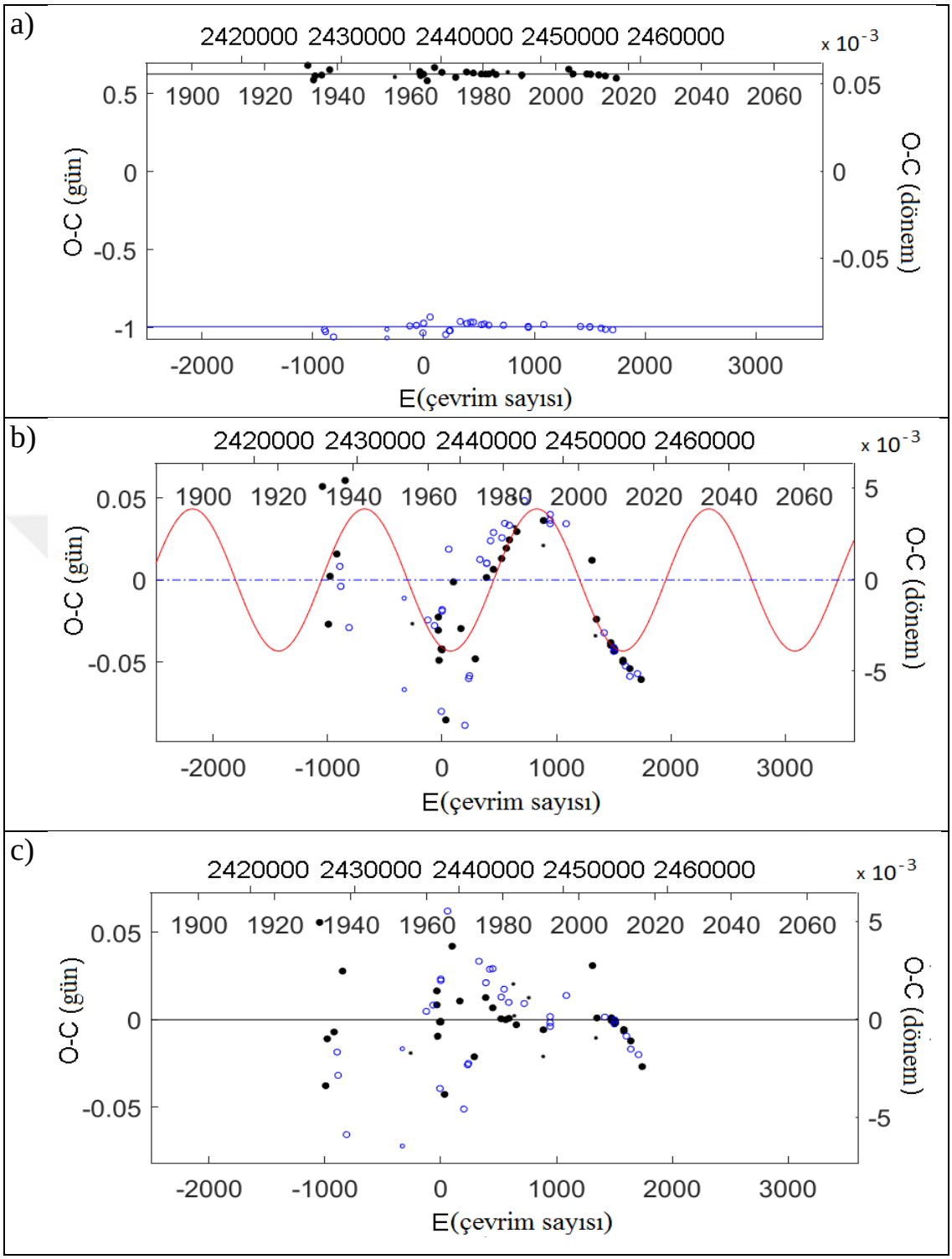
3.3.10. V889 Aql

V889 Aql (FL 2697; BD +15°3765; HD 181166; SA 104708; AN 111.1935; V_{max} = 8,63, Sp. B9.5V+A0V) 11,1 günlük oldukça uzun bir yörünge dönemine sahip ayrık örten çift yıldız sistemidir. Hoffmeister (1935) tarafından değişken olarak keşfedilmiştir. Khaliullin ve Khaliullina (1989) tarafından yapılan fotometrik çalışmada sistemin toplam kütlesini $M_1 + M_2 = 4{,}6\ M_\odot$ olarak hesaplamışlardır. Wolf ve ark. (2005) tarafından yapılan dönem analizinde, sistemin eksen dönmesi dönemi 24400 ± 2400 yıl olarak bulunmuş, olası üçüncü cismin minimum kütlesi ise 1,06 $M_\odot$ olarak hesaplanmıştır.

Bu çalışmada V889 Aql için literatürden toplanan 78 minimum zamanı ile *O-C* eğrisi oluşturuldu. Bunlardan 44 tanesi birinci minimum zamanıdır. Yapılan analizlerde sistemin eksen dönmesi dönemi yaklaşık 25584 yıl, yörünge dış merkezliği ise 0,3745 olarak bulunmuştur. Sisteme bağlı olası üçüncü cismin minimum kütlesi yaklaşık 2,08 $M_\odot$ olarak hesaplanmıştır. Bu değerler Wolf ve ark. (2005)'nın bulduğu değerlerden daha yüksek çıkmıştır. Analiz sonuçları Çizelge 3.13'te sunulmuştur. V889 Aql sisteminin *O-C* eğrisi, eksen dönmesi için yapılan fit, bunların artıklarına muhtemel üçüncü cisim etkisinden kaynaklı ışık- zaman etkisini içeren fit ve bunların artıkları ise Şekil 3.10'da verilmiştir. Üçüncü cismin eksen dönmesine olan katkısı 5,19E-08°/çevrim olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 3.13. V889 Aql ayrık örten çift sisteminin *O-C* analizi sonucu elde edilen eksen dönmesi ve üçüncü cisim etkisine ilişkin parametreler

Eksen Dönmesi		**Üçüncü Cisim**	
T_o (HJD)	2438241,751633 ± 0,112145	P_3 (gün)	16721,46
P_s (gün)	11,1207694 ± 0,0001188	e_3	0,0000 (sbt)
P_a (gün)	11,1207694 ± 0,0001188	ω_3 (°)	117,65
e	0,3745	T_3 (HJD)	2448727,742
$\dot{\omega}$ (°/çevrim)	0,0000 (sbt)	$a_{12}\sin i_3$ (AB) (AB)	7,5086560
ω_o (°)	127,66	A (gün)	0,0434
U (yıl)	25584,2	$f(m3)\ M_\odot$	0,2019737



Şekil 3.10. V889 Aql'nin dönem değişimi. (a) *O-C* eğrisi ve eksen dönmesi etkisini içeren dönem değişimi (b) bunların artıklarına muhtemel üçüncü cisim etkisinden kaynaklı ışık zaman etkisini içeren değişim (c) (a) kuramsal eğrilerden olan farklar görülmektedir.

BÖLÜM 4
SONUÇ VE ÖNERİLER

Üçüncü bileşene sahip eksen dönmesi gösteren örten çift yıldız sistemleri gök mekaniği araştırmaları için çok önemli birer laboratuvardır. Bu tez çalışmasında 19 bu tür sistem belirlenmiştir. Bu sistemler Bulut ve Demircan (2007) tarafından yayınlanan basık yörüngeli örten çift yıldız katoloğunda da yer almaktadır. Bu katalogda eksen dönmesi gösterdiği bilinen 124 örten çift sistem bulunmaktadır. Katalogta yer alan yıldız sayısı düşünüldüğünde basık yörüngeli örten çift sistemlerinin yaklaşık %15'inin üçüncü bir bileşene sahip olduğu düşünülebilir.

Bunlardan ikisinin yeni minimum gözlemleri yapılmıştır. Bunlar literatürdeki minimum zamanlarıyla birleştirilerek sistemlerin *O-C* analizi yapılmış, eksen dönmesi ve üçüncü cisim parametreleri hesaplanmıştır. Analizlerden elde edilen tüm parametreler toplu halde Çizelge 4.3'de verilmiştir.

Gözlenen eksen dönmesine temelde iki katkı vardır. Bileşen yıldızların karşılıklı çekim etkisi ve bileşenlerin dönmesinden kaynaklanan katkı bir de genel görelilik kuramının öngördüğü katkı. Eğer sisteme bağlı üçüncü bir cisim varsa eksen dönmesine etki edeceği öngörülmektedir (Martynov 1948). Eksen dönmesi hızı çift yıldızın enberi noktası boylamındaki değişimle ölçülür. Bu durumda üçüncü bileşene sahip basık yörüngeli bir sistemin enberi noktasının boylamındaki ilerleme,

$$\acute{\omega}_{obs} = \acute{\omega}_{rel} + \acute{\omega}_{klasik} + \acute{\omega}_3 \tag{4.1}$$

ifade edilebilir. Buradaki enberi noktasının boylamındaki ilerlemesindeki relativistik katkı ($\acute{\omega}_{rel}$) Gimenez (1985) tarafından aşağıdaki ifade ile verilmiştir:

$$\acute{\omega}_{rel} = 5{,}45 \times 10^{-4} \frac{1}{1-e^2} \left(\frac{M_1+M_2}{P}\right)^{2/3} \tag{4.2}$$

Burada M_1 ve M_2 ile P sırasıyla sistemin kütleleri ve dönemidir.

Basık yörüngeli çift sistemde üçüncü cisim kaynaklı eksen dönmesi oranındaki hızlanma ($\acute{\omega}_3$) ise Martynov (1948) tarafından Eşitlik 2.11'de görüldüğü gibi vermiştir.

Çizelge 4.1. Eksen dönmesi gösteren üçlü sistemler için enberi noktası boylamındaki değişim miktarı

Yıldız Adı	ώ(obs)	Kaynaklar	ώ(rel)	% katkısı	ώ(klasik)	% katkısı	ώ(3)	% katkısı
AO Vel	2,77E-02	1	1,61E-03	6%	2,61E-02	94%	1,75E-09	0,0000063%
RR Lyn	3,59E-04	1	2,67E-04	74%	9,17E-05	26%	2,24E-08	0,0062392%
RW Lac	2,14E-02	1	1,70E-04	1%	2,12E-02	99%	1,59E-07	0,0007446%
TV Cet	2,17E-02	1	2,40E-04	1%	2,14E-02	99%	1,68E-08	0,0000776%
U Oph	8,39E-02	1	1,73E-03	2%	8,22E-02	98%	3,96E-10	0,0000005%
V477 Cyg	6,39E-03	1	7,36E-04	12%	5,65E-03	88%	6,70E-11	0,0000010%
V1094 Tau	1,91E-03	1	2,23E-04	12%	1,69E-03	88%	2,73E-07	0,0143029%
YY Sgr	8,62E-03	1	1,11E-03	13%	7,51E-03	87%	4,35E-09	0,0000504%
HS Her	2,53E-02	1	1,55E-03	6%	2,38E-02	94%	3,01E-11	0,0000001%
V889 Aql	4,50E-04	2	3,52E-04	78%	9,81E-05	22%	5,19E-08	0,0115266%
HP Aur	2,79E-03	3	7,72E-04	28%	2,02E-03	72%	2,01E-09	0,0000718%
AO Mon	5,49E-02	4	1,73E-03	3%	5,32E-02	97%	1,50E-07	0,0002732%
V539 Ara	2,87E-02	5	2,06E-03	7%	2,66E-02	93%	4,89E-10	0,0000017%
AS Cam	1,46E-03	6	7,99E-04	55%	6,57E-04	45%	1,10E-06	0,0753669%
CW Cep	5,81E-02	7	2,25E-03	4%	5,58E-02	96%	1,63E-10	0,0000003%
DR Vul	6,14E-02	8	2,76E-03	4%	5,87E-02	96%	5,86E-10	0,0000010%
RU Mon	9,80E-03	9	1,05E-03	11%	8,75E-03	89%	1,84E-09	0,0000187%
V456 Oph	4,44E-02	9	1,09E-03	2%	4,33E-02	98%	4,58E-09	0,0000103%
V974 Cyg	2,15E-03	9	6,76E-04	31%	1,47E-03	69%	2,57E-09	0,0001195%

Kaynaklar: 1. Bu çalışma, 2. Wolf, Diethelm ve Zejda (2004), 3. Kozyreva, Kusakin ve Khaliullin (2005), 4. Wolf ve ark. (2010), 5. Wolf ve Zejda (2005), 6. Kozyreva ve ark. (2017), 7. Wonyong ve ark. (2015), 8. Bozkurt ve Değirmenci (2007), 9. Wolf ve ark. (2017).

Tez çalışması kapsamın belirlenen ve genel bilgileri Çizelge 3.1'de verilen 19 eksen dönmesi gösteren üçlü sistem için enberi noktası boylamındaki değişim miktarları Çizelge 4.1'de verilmiştir. Bu çizelgede relativistik katkı Eşitlik 4.2'de verilen ifade ile hesaplanmıştır. Üçüncü cisim katkısı Eşitlik 2.11'de verilen ifade ile hesaplanmıştır. Klasik katkı ise bu iki katkının toplamının gözlemsel değerden olan fark olarak hesaplanmıştır. Çizelge 4.1'de görüleceği gibi toplam eksen dönmesi içerisinde klasik katkının RR Lyn, AS Cam, V889 Aql, HP Aur ve V974 Cyg dışında %80'den büyük olduğu görülmektedir.

Çalışılan sistemlerin olası üçüncü bileşen katkılarının eksen dönmesi dönemi üzerinde etkisi araştırılmış olup, tez kapsamında çalışılan ve literatürden çalışması olan sistemlerin eksen dönmesi dönemi ve olası üçüncü bileşen kütleleri Çizelge 4.2'te verilmiştir. Çizelge 4.2 incelendiğinde sistemlerin eksen dönmesi dönemi 19,7 yıl (U Oph) ile 28405 yıl (RR Lyn) arasında değiştiği görülmektedir. Çizelge 4.2'te sistemlerin olası üçüncü bileşenleri ise

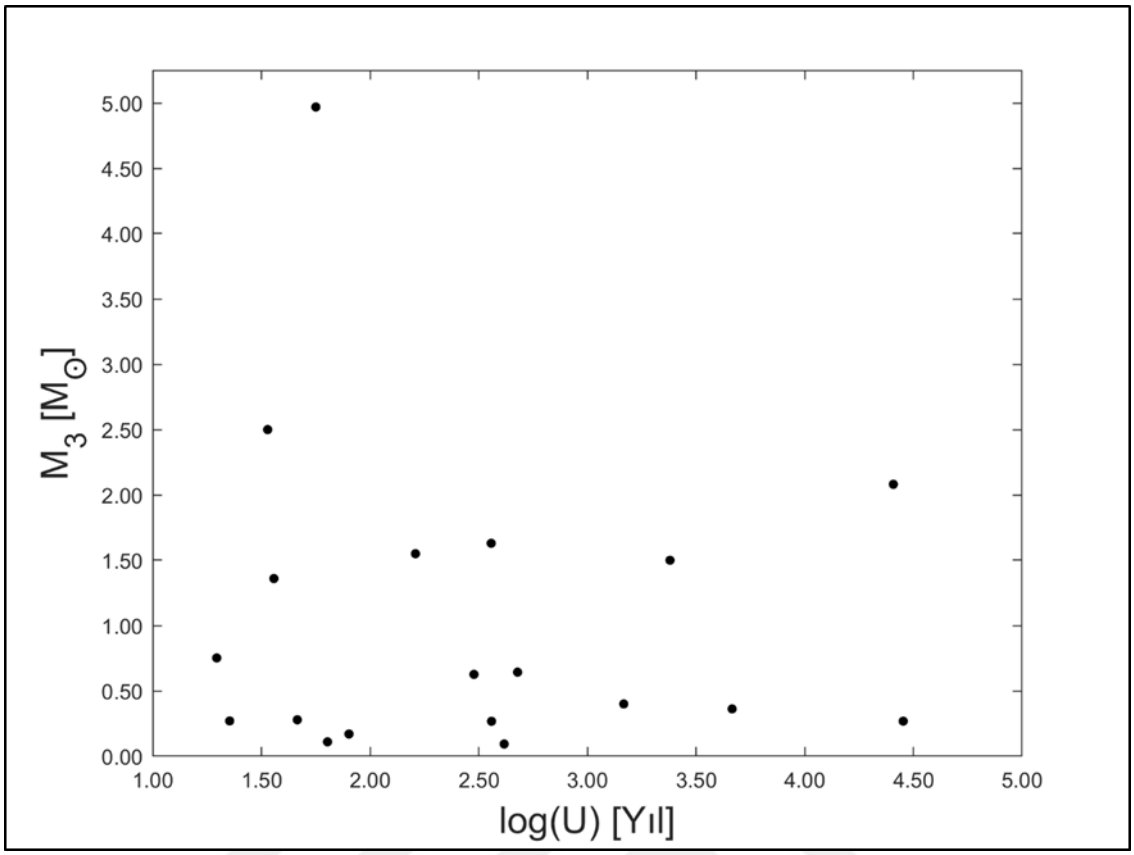
0,09 $M_{\odot}$ (TV Cet) ile 4,97 $M_{\odot}$ (AO Vel) arasında olduğu görülmektedir. TV Cet sistemi için hesaplanan olası üçüncü bileşenin kütlesi yıldız olma sınırındadır. AO Vel sisteminin hesaplanan üçüncü bileşeni ise oldukça büyük kütle değerinde çıkmaktadır.

Çizelge 4.2. Belirlenen yıldızların eksen dönmesi dönemi ve üçüncü cismin kütlesi

Sistemler	**U (yıl)**	**log[U]**	**M3**	**Kaynaklar**
AO Vel	56.3	1.75	4.97	1
RR Lyn	28405.0	4.45	0.27	1
RW Lac	477.5	2.68	0.64	1
TV Cet	414.2	2.62	0.09	1
U Oph	19.7	1.29	0.75	1
V477 Cyg	362.2	2.56	0.27	1
V1094 Tau	4635.6	3.67	0.36	1
YY Sgr	300.7	2.48	0.63	1
HS Her	63.7	1.80	0.11	1
V889 Aql	25584.2	4.41	2.08	1
HP Aur	80	1.90	0.17	2
AO Mon	33.8	1.53	2.50	3
V539 Ara	161.8	2.21	1.55	4
AS Cam	2400	3.38	1.50	5
CW Cep	46.27	1.67	0.28	6
DR Vul	36.1	1.56	1.36	7
RU Mon	361	2.56	1.63	8
V456 Oph	22.6	1.35	0.27	8
V974 Cyg	1470	3.17	0.40	8

Kaynaklar: 1. Bu çalışma, 2. Kozyreva, Kusakin & Khaliullin (2005), 3. Wolf ve ark. (2010), 4. Wolf ve Zejda (2005), 5. Kozyreva ve ark. (2017), 6. Wonyong ve ark. (2015), 7. Bozkurt ve Değirmenci (2007), 8. Wolf ve ark. (2017).

Çizelge 4.2.'de verilen üçüncü bileşene sahip eksen dönmeli örten çift sistemlerde eksen dönmesi dönemine karşılık üçüncü bileşenin kütlesi arasında bir ilişkiyi incelemek için Şekil 4.1'de gösterilen grafik çizdirilmiştir. Bazı sistemlerin eksen dönmesi döneminin çok uzun değerlere sahip olduğu için bu grafikte eksen dönmesi dönemi logaritmik ölçeklerde alınmıştır. Şekil 4.1 incelendiğinde eksen dönmesi dönemi ile üçüncü bileşenin kütlesi arasında anlamlı bir değişim belirlenememiştir.



Şekil 4.1. Sistemlerin eksen dönmesi dönemine karşılık üçüncü bileşenin kütlesi grafiği

Çizelge 4.1. bakıldığında üçüncü cismin eksen dönmesi üzerindeki etkisinin en büyük olduğu sistemin yaklaşık % 0,07 AS Cam olduğu görülmektedir. Diğer tüm sistemlerde ise bu oran çok daha küçüktür.

Tez kapsamında incelenen üçüncü bileşene sahip eksen dönmeli 19 örten çift sisteme bakıldığında eksen dönmesi dönemine en büyük katkının (RR Lyn ve V889 Aql dışında) bileşenlerin dönme ve karşılıklı çekim nedeniyle oluşturduğu etkilerden geldiği görülmektedir. Tüm sistemler için toplam eksen dönmesi içerisinde üçüncü cisim etkisinin ihmal edilebilir oranda olduğu görülmektedir.

Çift yıldızlarda gözlenen eksen dönmesi döneminin uzun olması nedeniyle ileride yapılacak yeni minimum zamanı gözlemleriyle bu sistemlerin tekrar eksen dönmesi ve üçüncü cisim analizlerinin yapılması burada elde edilen sonuçların desteklenmesi açısından önemli olacaktır.

Çizelge 4.3. Dönem analizleri yapılan sistemlere ait elde edilen tüm parametreler

Eksen Dönmesi	**AO Vel**	**RR Lyn**	**RW Lac**	**TV Cet**	**U Oph**	**V477 Cyg**	**V1094 Tau**	**YY Sgr**	**HS Her**	**V889 Aql**
T_o (HJD)	2445043,670382 ± 0,009369	2444988,253038 ± 0,058852	2452253,643842 ± 0,008422	2452873,525928 ± 0,004998	2444416,385654 ± 0,000773	2450988,248108 ± 0,014953	2449702,446682 ± 0,219183	2448059,577537 ± 0,014208	2447382,422558 ± 0,000693	2438241,751633 ± 0,112145
Ps (gün)	1,5846156	9,9450735	10,3692068	9,1032913	1,6773459	2,3469759	8,9885459	2,6284740	1,6374337	11,1207694
	0,0000023	0,0000638	0,0000057	0,0000045	0,0000002	0,0000040	0,0004364	0,0000020	0,0000002	0,0001188
Pa (gün)	1,5847377	9,9450830	10,3698234	9,1038391	1,6777369	2,3470175	8,9904853	2,6285369	1,6375489	11,1207694
	0,0000023	0,0000638	0,0000057	0,0000045	0,0000002	0,0000040	0,0004364	0,0000020	0,0000002	0,0001188
e	0,0743	0,0782	0,0147	0,0105	0,0029	0,3156	0,2657	0,1572	0,0198	0,3745
ώ (°/çevrim)	0,0277	0,0004	0,0214	0,0217	0,0839	0,0064	0,0019	0,0086	0,0253	0,0000
ω_o (˚)	100,14	176,87	216,84	187,95	176,26	172,78	333,08	214,30	229,40	127,66
U (yıl)	56,3	28405,0	477,5	414,2	19,7	362,2	4635,6	300,7	63,7	25584,2
Üçüncü Cisim										
P3 (gün)	14362,87	11046,63	8189,13	7929,48	13990,15	49108,09	4042,21	6831,47	21422,60	16721,46
e3	0,1961	0,5293	0,4120	0,6766	0,1291	0,8286	0,0007	0,4062	0,8108	0,0000
ω3 (˚)	356,00	244,71	248,76	218,28	177,21	234,01	4,06	164,89	277,76	117,65
T3 (HJD)	2445180,414	2446640,964	2460580,013	2453374,246	2437723,304	2414757,348	2455221,680	2453177,637	2422977,299	2448727,742
α12sini3(AB) (AB)	10,9761325	1,0991230	2,8195711	0,3705208	1,8123106	3,0935167	0,6925602	1,1030980	0,4149502	7,5086560
A (gün)	0,0622	0,0062	0,0161	0,0018	0,0104	0,0156	0,0040	0,0059	0,0024	0,0434
f(m3) M⊙	0,8551106	0,0014516	0,0445892	0,0001079	0,0040570	0,0016376	0,0027120	0,0038368	0,0000208	0,2019737
M3	4,97	0,27	0,64	0,09	0,75	0,27	0,36	0,63	0,11	2,08

KAYNAKLAR

Abrami A., 1958. Trieste Contr., 283: 3.

Applegate J. H., 1992. A Mechanism for Orbital Period Modulation in Close Binaries. Astrophysical Journal, 385 (1): 621-629.

Bailay S. I., 1903. Annals of Harvard College Observatory, 46: 212.

Beuermann K., Dreizler S., Hessman F. V., Deller J., 2012. The Quest for Companions to Post-Common Envelope Binaries. III. A Reexamination of HW Virginis. Astronomy and Astrophysics, 543: 6.

Bulut İ., Demircan O. , 2007. A New Catalogue Of Eclipsing Binary Stars With Eccentric Orbits. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 378, 179-181.

Borkovits T., Hajdu T., Sztakovics J., Rappaport S., Levine A., Biro I. B., Klagyivik P., 2016. A Comprehensive Study of The Kepler Triples via Eclipse Timing. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 455, 4136-4165.

Bozkurt Z., 2006. Eksen Dönmesi Gösteren Üçlü Sistemler. Doktora Tezi. Ege Üniversitesi, Türkiye.

Bozkurt Z., Değirmenci Ö. L., 2007. Triple Systems Showing Apsidal Motion. Monthly Notices of The Royal Astronomical Society, 379: 370-378.

Cesco C., Sahade J., 1945. The Spectroscopic Orbit of SVS 923 Herculis. Astrophysical Journal, 101: 114.

Clausen J. V., Gimenez A., Van Houten C. J., 1995. Four-Colour Photometry of Eclipsing Binaries - Part Twenty-Seven - A Photometric Analysis of The Possible Ap System AO Velorum. Astronomy and Astrophysics Supplement, 109: 425.

Conroy K. E., Prsa A., Stassun G. K., Orosz A. J., Fabrycky C. D., Welsh F. W., 2014. Kepler Eclipsing Binary Stars. IV. Precise Eclipse Times for Close Binaries and Identification of Candidate Three-body Systems. The Astronomical Journal, 147:45.

Değirmenci Ö. L., Gülmen Ö., Sezer C., Ibanoğlu C., Çakırlı Ö., 2003. Up-to-date UBV Light and O-C Curves Analyses of The Eclipsing Binary V477 Cygni. Astronomy And Astrophysics, 409: 959-967.

Gaposchkin S., 1932. Veroeffentlichungen der Universitaetssternwarte zu Berlin-Babelsberg. Berlin. 141 p.

Gies D. R., Williams J. S., Matson A. R., Guo Z., Thomas M. S., Orosz A. J., and Peters J. G., 2012. A Search For Hierarchical Triples Using Kepler Eclipse Timing. The Astronomical Journal, 143:137.

Gimenez A. 1985. General-Relativistic Periastron Advances in Eclipsing Binary Systems. The Astrophysical Journal, 297:405-412.

Giménez A., García-Pelayo, J.M. 1983. A New Method for the Analysis of Apsidal Motions in Eclipsing Binaries. Astrophysics and Space Science, **92**, 203.

Gould B. A., 1871. Letter To The Astronomer Royal. Monthly Notices Of The Royal Astronomical Society, 32: 16.

Griffin R. F., Boffin H. M. 2003. Spectroscopic Binary Orbits From Photoelectric Radial Velocities. Spectroscopic Binary Orbits, 171: 203-218.

Gronbech B., 1987. Four-Colour Photometry of Eclipsing Binaries. XXVII - Light Curves of AO Velorum. Astronomy and Astrophysics Supplement Series, 68: 317-322.

Harper W. E., 1915. Publications of The Astronomical Society of The Pacific. Publications of The Dominion Observatory Ottawa, 2: 167.

Hertzsprung E., 1937. Estimates of Six Southern Variable Stars on Johannesburg and Harvard Plates. Bulletin of The Astronomical Institutes of The Netherlands, 8: 157.

Hoffmeister C., 1935. 162 Neue Veräderliche. Astronomische Nachrichten, 255: 405.

Holmgren D. E., Hill G., Fisher W., 1991. Absolute Dimensions Of Early-Type Eclipsing Binary Stars. Astronomy and Astrophysics, 248: 129-138.

Irwin J. B., 1952. The Determination of a Light-time Orbit. Astrophysical Journal, 116: 211.

Kaiser D. H., 1994. Five New DHK Variables. Information Bulletin On Variable Stars, 4119: 1-2.

Keller G., Limber D. N., 1951. A Photoelectric Study of The Eclipsing Stars RS Canum Venaticorum and YY Sagittarii. Astrophysical Journal, 113: 637.

Khaliullin K. F., Khaliullina A. I., 1989. Photometric Study of The V889 AQL Eclipsing Binary System With Relativistic Orbital Rotation. Astronomicheskii Zhurnal, 66: 76-83.

Khaliullin K. F., Khaliullina A. I., 2002. The Third Body in The Eclipsing System RR Lyn. Astronomy Reports, 46: 119-126.

Kozyreva S. V., Kusakin V. A. and Bogomazov I. A., 2017. The evolution of the eccentricity in the eclipsing binary system AS Camelopardalis. Research in Astronomy and Astrophysics, Vol. 18 No. 1, 10(6pp).

Kozyreva V. S., Kusakin A. V., Khaliullin K. F., 2005. Photometric Elements, Apsidal Motion and A Third Body In The Eclipsing Binary HP Aur. Astronomy Letters, 31: 117-128.

Kwee K. K., Van Woerden H., 1956. A Method for Computing Accurately the Epoch of Minimum of an Eclipsing Variable. Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands, 12: 327.

Lacy C. H. S., 1993. The Photometric Orbit and Apsidal motion of YY Sagittarii. Astronomical Journal, 105: 637-645.

Lacy C. H. S., 1997. Absolute Dimensions and Masses of YY Sagittarii and V526 Sagittarii. Astronomical Journal, 113: 1091.

Lacy C. H. S., Torres G., Claret A. ve Vaz L. P. R., 2005. Absolute Properties of the Eclipsing Binary Star RW Lacertae. The Astronomical Journal, 130: 2838-2846.

Martinoff D. Y., 1938. Publ. Obs. Astron. Engelhardt, 20, 1.

Martynov D. J., 1951. Publ. Engelhardt Obs., No. 26.

Martynov D. Ya., 1948. Izv. Engelhardt Obs. Kazan, No. 25.

Martynov D.Y., 1940. Bull.Astr.Obs.V.P.Engel'gardta, No.18, p.38.

Nehir Ç., 2015. Seçilen Bazı Örten Çift Yıldız Sistemlerinde Dönem Analiziyle Ötegezegen Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Türkiye.

Paschke A., Brat L., 2006. O-C Gateway, a Collection of Minima Timings. Open European Journal on Variable Stars, 23: 13..

Pearce J. A., 1958. The Eclipsing Variable HD 190786 (V477 Cyg). Publication Of The Dominion Astrophysical Observatory Victoria, 10: 447.

Pearce J. A., 1960. Orbital Elements For The Spectrographic Binary U Ophiuchi. Astronomical Journal, 65: 55.

Pickering E. C., 1908. 25 New Variable Stars in Harvard Map, Nos. 31 and 43. Harvard College Observatory Circular, 137: 1-4.

Pickering E. C., 1909. 25 new variable stars in Harvard Map, Nos. 31 and 43. Astronomische Nachrichten, 179: 7.

Plasket J. S., 1919. Publications of The Dominion Astrophysical Observatory, 1: 138.

Popper D. M., 1962. Notes On The Spectra of Eclipsing Binaries. Publications of The Astronomical Society of The Pacific, 74: 134.

Popper D. M., 1967. Determination Of Masses Of Eclipsing Binary Stars. Annual Review Of Astronomy And Astrophysics, 5: 87.

Popper D. M., 1968. Rediscussion Of Eclipsing Binaries. VIII. Three Systems With Unequal Main-Sequence Components. Astrophysical Journal, 154: 191.

Popper D. M., Carlos R., 1970. Radial Velocities From Recent Spectrograms Of U Ophiuchi and β Aurigae. Publications Of The Astronomical Society Of The Pacific, 82: 762-765.

Rappaport S., Deck K., Levine A., Borkovits T., Carter J., El Mellah I., Sanchis-Ojeda R., Kalomeni B., 2013. Triple-Star Candidates Among The Kepler Binaries. The Astrophysical Journal, 768:33.

Selam O.S., (2013). Gözlemsel Astronomi, "Değişen Yıldızların Dönem Değişimi ve Çift Yıldızlar Ders Notları". Mart 24,2016, http://80.251.40.59/science.ankara.edu.tr/selam/TR/ast404/ast404.html

Skelton P. L. "Medelling of Eclipsing Binaries", Master Thesis, University of South Africa, 2009.

Tamm N., 1948. Medd. Uppsala, 91.

Volkova N., Volkov I., 2011. V974 Cyg - A Triple System with Apsidal Motion. Commissions 27 and 42 of the IAU Information Bulletin on Variable Stars, Number 5976.

Wolf M., Zejda M., 2005. Apsidal Motion in Southern Eccentric Eclipsing Binaries: V539 Ara, GG Lup, V526 Sgr and AO Vel. Astronomy and Astrophysics, 437: 545–551.

Wallenquist A., 1949. Medd. Uppsala, 96.

Wolf M., Claret A., Kotkova L., Kucakova H., Kocian R., Brat L., Svoboda P. and Smelcer L., 2010. Relativistic Apsidal Motion In Eccentric Eclipsing Binaries. Astronomy and Astrophysics, 509: 1-14.

Wolf M., Diethelm R., Sarounova L., 1999. Apsidal Motion and Light-Time Effect in The Eclipsing Binaries RU Monocerotis and DR Vulpeculae. Astronomy and Astrophysics, 345: 553-558.

Wolf M., Diethelm R., Zejda M., 2004. The Eccentric Eclipsing Binary V889 Aquilae. Astrophysics and Space Science, 296: 109-112.

Wolf M., Kucakova H., Hynek T., and Smelcer L., 2010. The triple system AO Monocerotis. Astronomy and Astrophysics, 514, A75.

Wolf M., Kucakova H., Kolasa M., Stasny P., Bozkurt Z., Harmanec P., Zejda M., Brat L., Hornoch K., 2006. Apsidal Motion in Eccentric Eclipsing Binaries: CW Cephei, V478 Cygni, AG Persei, and IQ Persei. Astronomy and Astrophysics, 456: 1077-1083.

Wolf M., Niarchos P. G., Gazeas K. D., Manimanis V. N., Kotkova L., Paschke A., Zejda M., 2006. Eccentric Eclipsing Binary YY Sagittarii. Astrophysics and Space Science, 304: 181-183.

Wolf M., Zejda M., 2005. Apsidal Motion In Southern Eccentric Eclipsing Binaries: V539 Ara, GG Lup, V526 Sgr and AO Vel. Astronomy and Astrophysics, 437: 545–551.

Wolf M., Zasche P., Kucakova H., Honkova K., Jurysek J., Masek M., Uhlar R., Urbanik M. 2017. The Triple Eccentric Systems V974 Cyg, RU Mon, and V456 Oph. Acta Astronomica, Vol.67: 257 – 271.

Wolf, Marek; Kotkova, Lenka; Zejda, Milosav; Brat, Lubos, 2006. RW Lacertae: a New Photometric Triple Star. Information Bulletin on Variable Stars, 5682: 1-4.

Wonyong Han, Min-Ji Jeong, Joh-Na Yoon, Hyoun-Woo Kim, Yonggii Kim, Chun-Hwey Kim, 2015. Apsidal Motion Study of Close Binary System CW Cephei. Journal of Astronomy and space sciences, 32(4), 341-348.

Zasche P., Liakos A., Niarchos P., Wolf M., Manimanis V. ve Gazeas K., 2009. Period Changes in Six Contact Binaries: WZ and, V803 Aql, DF Hya, PY Lyr, FZ Ori, and AH Tau. New Astronomy, 14: 121-128.

EKLERİ

Ek Çizelge 1. AO Vel sisteminin minimum zamanları

BJD 2400000+	Min. Türü	Yöntem	BJD 2400000+	Min. Türü	Yöntem
38834,3709	II	CCD	51870,2340	I	CCD
38876,2890	I	CCD	52405,8110	I	CCD
41693,7047	I	CCD	52406,5630	II	CCD
41704,7965	I	CCD	52512,7328	II	CCD
41708,8187	II	CCD	52643,5099	I	CCD
42051,8288	I	CCD	52805,8838	II	CCD
42056,5831	I	CCD	52885,9440	I	CCD
42059,7518	I	CCD	52886,6980	II	CCD
42060,5987	II	CCD	52973,0888	I	CCD
42063,7679	II	CCD	52978,6056	II	CCD
42424,2159	I	CCD	52978,6070	II	CCD
42424,2162	I	CCD	52981,0222	I	CCD
42424,2170	I	CCD	52981,0223	I	CCD
45001,6590	II	CCD	53122,8068	II	CCD
45043,6611	I	CCD	53792,3235	I	CCD
45760,7072	II	CCD	53888,1685	II	CCD
45814,5851	II	CCD	54098,9197	II	CCD
46829,6005	I	CCD	54259,7676	I	CCD
46836,6849	II	CCD	55156,6358	I	CCD
46875,5559	I	CCD	55992,5236	II	CCD
47222,5969	I	CCD	56042,4148	I	CCD
47241,6125	I	CCD	56266,6660	II	CCD
47249,5356	I	CCD	57449,5355	I	CCD
48271,6287	I	CCD	57458,3042	II	CCD
48274,7979	I	CCD			
48278,6916	II	CCD			
48370,5991	II	CCD			
51869,3820	II	CCD			

Ek Çizelge 2. RR Lyn sisteminin minimum zamanları

BJD 2400000+	**Min. Türü**	**Yöntem**
25615,4910	I	Pe
25619,9680	II	Pe
34675,4566	I	Pe
34759,4947	II	Pe
35083,2055	I	Pe
35137,4080	II	Pe
35600,3440	I	Pe
35749,5110	II	Pe
37698,7629	I	Pe
37941,9156	I	Pe
38046,8402	I	Pe
41726,5200	II	Pe
42094,4930	I	Pe
42472,3982	I	CCD
43148,6670	I	Pe
47220,6725	I	CCD
47524,4924	I	Pe
47568,7523	II	CCD
48509,0500	I	CCD
48936,6919	II	Pe
50080,3400	I	CCD
54466,1570	I	Pe

Ek Çizelge 3. RW Lac sisteminin minimum zamanları

BJD 2400000+	Min. Türü	Yöntem	BJD 2400000+	Min. Türü	Yöntem
18652,190	II	vis	53295,698	II	CCD
18771,500	I	vis	53653,513	I	CCD
19077,320	II	vis	53653,515	I	CCD
19103,310	I	vis	54052,666	II	CCD
19357,250	II	vis	54073,405	II	CCD
21182,240	II	vis	55141,445	II	CCD
25148,600	I	vis	55742,858	II	CCD
25708,520	I	vis	55758,486	I	CCD
27419,431	I	vis	55784,336	II	CCD
27424,553	II	vis	55851,807	I	CCD
28378,510	II	vis	56214,733	I	CCD
36409,521	I	pg	56489,443	II	CCD
37166,512	I	pg	56489,443	II	CCD
38680,390	I	pg	56935,318	II	CCD
39354,508	I	pg	56961,312	I	CCD
39359,499	II	pg	57220,545	I	CCD
39385,411	I	pg			
41573,423	I	pg			
41988,233	I	pg			
43455,323	II	pg			
51076,693	II	CCD			
51750,694	II	CCD			
52253,667	I	CCD			
52486,901	II	CCD			
52590,593	II	CCD			
52616,588	I	CCD			
52844,710	I	CCD			
52927,663	I	CCD			
52932,775	II	CCD			
52948,401	I	CCD			
52984,621	II	CCD			
53259,479	I	CCD			

Ek Çizelge 4. TV Cet sisteminin minimum zamanları

BJD 2400000+	Min. Türü	Yöntem	BJD 2400000+	Min. Türü	Yöntem
26692,4940	I	Pg	55076,5526	I	CCD
28845,3790	II	Vis	55481,5871	II	CCD
28927,2900	II	Vis	55504,4072	I	CCD
28936,4150	II	Vis	55572,6216	II	CCD
28959,1900	I	Vis	55863,9291	II	CCD
30260,9340	I	Vis	55904,9491	I	CCD
41275,9620	I	CCD	56282,6777	II	CCD
41644,5872	II	Pe	56615,0089	I	CCD
41653,6898	II	Pe	56615,0089	I	CCD
41685,6112	I	Pe	56615,0091	I	CCD
45281,3980	I	Vis			
45281,4030	I	Vis			
46687,8101	II	Pe			
47147,5858	I	CCD			
47566,3380	I	Pe			
48622,3207	I	CCD			
50110,6454	II	CCD			
50470,2917	I	CCD			
52190,8100	I	CCD			
52873,5558	I	CCD			
52946,3830	I	CCD			
52973,6927	I	CCD			
53269,4908	II	CCD			
53301,4041	I	CCD			
53328,7196	I	CCD			
53351,4198	II	CCD			
53374,2380	I	CCD			
54093,3940	I	CCD			
54489,3310	II	CCD			
54771,5321	II	CCD			
54821,6607	I	CCD			
54835,2549	II	CCD			

Ek Çizelge 5. U Oph sisteminin minimum zamanları

BJD 2400000+	Min. Türü	Yöntem	BJD 2400000+	Min. Türü	Yöntem
29468,7107	II	Pe	43319,3964	I	CCD
29479,6164	I	Pe	43334,4917	I	CCD
29816,765	I	Pe	43335,3291	II	CCD
30222,682	I	Pe	43340,3622	II	CCD
30233,5824	II	Pe	43345,3950	II	CCD
31295,3480	II	Pe	43356,2978	I	CCD
31631,6580	I	Pe	43361,3304	I	CCD
31701,2690	II	Pe	43366,3629	I	CCD
32364,6626	I	Pe	44371,9307	II	Pe
32416,6582	I	Pe	44408,8336	II	Pe
32759,6793	II	Pe	44416,3853	I	CCD
33067,4695	I	Pe	44416,3856	I	CCD
33436,4871	I	Pe	44429,8037	I	Pe
33753,5045	I	Pe	44432,3168	II	CCD
34499,9280	I	Pe	44432,3183	II	CCD
38196,7862	I	Pe	44437,3481	II	CCD
38201,8160	I	Pe	44437,3482	II	CCD
38227,8150	II	Pe	45159,4526	I	CCD
38240,3970	I	Pe	45479,8250	I	Pe
39275,3130	I	CCD	45892,4560	I	Pe
39649,3590	I	CCD	46219,5383	I	CCD
40070,3720	I	CCD	47353,4230	I	Pe
40075,4040	I	CCD	47670,4453	I	Pe
40392,4230	I	CCD	48018,4950	II	CCD
40419,2600	I	CCD	48018,4965	II	CCD
40455,3240	II	CCD	48034,4280	I	CCD
40665,8282	I	Pe	48034,4290	I	CCD
40666,6697	II	Pe	48086,4267	I	CCD
40724,5330	I	CCD	48086,4288	I	CCD
40788,2760	I	CCD	48107,3970	II	CCD
40845,3040	I	Pe	48476,4160	II	CCD
41117,8679	II	Pe	48500,7312	I	CCD
41133,8082	I	Pe	48762,3960	I	CCD
41135,4868	I	Pe	48765,7518	I	Pe
41204,2580	I	Pe	49167,4784	II	CCD
41450,8271	I	Pe	49167,4796	II	CCD
41461,7332	II	Pe	49862,7335	I	CCD
41466,7653	II	Pe	49895,4431	II	CCD
41476,8293	II	Pe	49905,5077	II	Pe
41494,4387	I	CCD	51300,2247	I	CCD
41494,4392	I	CCD	51300,2250	I	CCD
41866,8090	I	Pe	52479,3802	I	CCD
41887,7788	II	Pe	52479,3807	I	CCD
42217,3754	I	CCD	52489,4547	I	CCD
42552,8462	I	Pe	53170,4450	I	CCD
42568,7818	II	Pe	53170,4467	I	CCD
42579,6820	I	Pe	53170,4468	I	CCD
42621,6212	I	Pe	53466,4935	II	CCD
42942,8337	II	CCD	53466,4944	II	CCD

Ek Çizelge 5'in devamı

BJD 2400000+	Min. Türü	Yöntem
53534,4300	I	CCD
53534,4302	I	CCD
56011,8646	I	CCD
56060,5086	I	CCD
56455,5281	II	CCD
56461,3953	I	CCD
56464,7631	I	CCD
56809,4511	II	CCD
57178,4674	II	CCD
57197,7539	I	CCD
57251,4290	I	CCD
57252,2660	II	CCD
57563,4153	I	CCD
57589,4165	II	CCD

Ek Çizelge 6. V477 Cyg sisteminin minimum zamanları

BJD 2400000+	Min. Türü	Yöntem	BJD 2400000+	Min. Türü	Yöntem
16400,8070	I	Pg	38697,3018	I	Pe
20001,1160	I	Pg	38697,3070	I	Vis
23200,0800	I	Pg	38791,1816	I	Pe
26199,5430	I	Pg	38791,9877	II	Pe
29194,3020	I	Pg	38883,5192	II	Pe
29539,3100	I	Pg	38941,3920	I	CCD
29999,3500	I	Pg	38948,4320	I	Pe
30635,3450	I	Pg	38955,4730	I	Pe
31710,3010	I	Pg	38962,5140	I	Pe
31757,2570	I	Pg	39042,3125	I	Pe
32102,2530	I	Pg	39056,3920	I	Vis
32454,2790	I	Pg	39056,4040	I	Vis
32508,2930	I	Pg	39288,7510	I	Vis
32745,3220	I	Pg	39295,7930	I	Vis
32846,2445	I	Pe	39356,8260	I	Vis
32847,1355	II	Pe	39383,4220	II	Pe
33537,3440	II	Pg	39387,3240	I	Vis
33846,0810	I	Pg	39429,5920	I	Vis
34452,6420	II	Pg	39441,3070	I	Vis
34480,5480	II	Pg	39638,4570	I	Vis
34899,4920	I	Pg	39685,3850	I	Pe
34991,4200	I	Pg	39692,4283	I	CCD
37317,2770	I	Vis	39692,4286	I	Pe
37881,3623	II	Pe	39695,5698	II	Pe
37913,4056	I	Pe	39748,7650	I	Vis
37913,4069	I	Pe	39767,5440	I	Vis
37913,4250	I	Pg	39983,4555	I	CCD
37927,4860	I	Pe	40030,3950	I	Vis
37927,4898	I	Pe	40091,4174	I	CCD
37942,3845	II	Pe	40382,4425	I	CCD
37960,3469	I	Pe	40422,3434	I	CCD
37960,3680	I	Pg	40483,3620	I	Vis
37961,1637	II	Pe	40483,3690	I	Vis
38251,3739	I	Pe	40525,6130	I	Vis
38258,4155	I	Pe	40774,3940	I	Vis
38258,4170	I	CCD	40781,4330	I	Pe
38258,4320	I	Pg	41126,4440	I	Vis
38265,4565	I	Pe	41126,4450	I	Vis
38287,3900	II	Pe	41128,7873	I	Pe
38291,2732	I	Pe	41135,8290	I	Pe
38292,0852	II	Pe	41173,3740	I	Vis
38294,4319	II	Pe	41173,3760	I	Vis
38312,4040	I	Vis	41178,8527	II	Pe
38320,2489	II	Pe	41182,7688	I	Pe
38650,3632	I	Pe	41220,3110	I	Vis
38650,3700	I	Vis	41220,3160	I	Vis
38664,4480	I	CCD	41227,3690	I	Vis
38664,4540	I	Vis	41464,4060	I	Pe
38665,2500	II	Pe	41478,4896	I	Pe

Ek Çizelge 6'nın devamı

BJD 2400000+	Min. Türü	Yöntem	BJD 2400000+	Min. Türü	Yöntem
41539,5220	I	Vis	44048,4450	I	Vis
41539,5420	I	Vis	44048,4480	I	Vis
41884,5230	I	Vis	44048,4490	I	Vis
41891,5630	I	Vis	44142,3270	I	Vis
41908,7563	II	Pe	44142,3280	I	Vis
41915,7983	II	Pe	44149,3660	I	Vis
41917,3870	I	Vis	44189,2639	I	Pe
41924,4110	I	Vis	44447,4360	I	Vis
41926,7649	I	Pe	44487,3380	I	Vis
41931,4592	I	CCD	44487,3500	I	Vis
41947,8883	I	Pe	44499,8136	II	CCD
42018,3030	I	Vis	44517,8433	I	CCD
42253,7642	II	Pe	44541,3140	I	Vis
42260,8043	II	Pe	44541,3250	I	Vis
42285,8537	I	Pe	44853,4621	I	CCD
42363,3320	I	Vis	44853,4630	I	Vis
42567,5030	I	Vis	44886,3200	I	Vis
42600,3920	I	Vis	44893,3500	I	Vis
42607,4220	I	Vis	45106,9368	I	Pe
42628,5150	I	CCD	45139,7944	I	Pe
42708,3120	I	Vis	45968,2910	I	Vis
42905,4660	I	Vis	46219,4090	I	Pe
42959,4380	I	Vis	46280,4300	I	Vis
42959,4470	I	Vis	46294,5070	I	Vis
42966,4810	I	Vis	46294,5080	I	Vis
43013,4150	I	Pg	46294,5110	I	Vis
43013,4160	I	Vis	46294,5130	I	Vis
43013,4220	I	Vis	46294,5150	I	Vis
43013,4310	I	Vis	46294,5170	I	Vis
43020,4690	I	Vis	46294,5180	I	Vis
43053,3216	I	CCD	46294,5180	I	Vis
43121,3750	I	Vis	46294,5180	I	Vis
43297,3970	I	Vis	46294,5190	I	Vis
43339,6500	I	Vis	46294,5200	I	Vis
43398,3240	I	Vis	46294,5210	I	Vis
43459,3360	I	Vis	46294,5220	I	Vis
43459,3590	I	Vis	46294,5220	I	Vis
43689,3640	I	Vis	46294,5240	I	Vis
43703,4310	I	Vis	46294,5290	I	Vis
43703,4500	I	Vis	46614,4400	II	Pe
43703,4510	I	Vis	46639,5200	I	Pe
43717,5000	I	Vis	46672,3800	I	Vis
43717,5280	I	Vis	46672,3870	I	Vis
43731,6050	I	Vis	46672,3870	I	Vis
43731,6070	I	Vis	46686,4430	I	Vis
43743,3400	I	Vis	46719,3210	I	Vis
43743,3430	I	Vis	46719,3240	I	Vis
43790,2800	I	Vis	46719,3260	I	Vis
43811,4030	I	Vis	46999,3420	II	Pe
44048,4390	I	Vis	47010,3500	I	Pe

Ek Çizelge 6'nın devamı

BJD 2400000+	Min. Türü	Yöntem	BJD 2400000+	Min. Türü	Yöntem
47024,4330	I	Vis	49885,4130	I	Vis
47031,4670	I	Vis	49895,4988	II	Pe
47031,4750	I	Vis	49905,3720	II	Vis
47031,4750	I	Vis	49906,5250	I	Vis
47031,4790	I	Vis	49919,4310	II	Vis
47038,4992	I	Vis	49946,4210	I	Vis
47052,5946	I	Pe	49953,4690	I	Vis
47304,4310	II	Pe	50043,3598	II	Pe
47470,3540	I	Vis	50197,5460	I	Vis
47721,4900	I	Vis	50237,4480	I	CCD
47728,5219	I	Pe	50244,4910	I	Vis
47728,5220	I	Vis	50291,4328	I	Vis
47782,5010	I	Vis	50291,4397	I	Vis
47815,3710	I	Vis	50305,5162	I	Vis
48066,4895	I	CCD	50693,4784	II	CCD
48099,3540	I	Vis	50974,4054	I	CCD
48120,4650	I	Vis	51042,4703	I	Vis
48120,4660	I	Vis	51042,4724	I	Vis
48120,4690	I	Vis	51042,4758	I	Vis
48120,4720	I	Vis	51427,3380	I	Vis
48120,4760	I	Vis	51430,4240	II	CCD
48120,4760	I	Vis	51434,4127	I	CCD
48120,4770	I	Vis	51481,3554	I	CCD
48120,4810	I	Vis	51678,4740	I	Vis
48127,5050	I	Vis	51714,4030	II	CCD
48127,5070	I	Vis	51718,3976	I	CCD
48127,5120	I	Vis	51720,7450	I	Pe
48458,4340	I	Vis	51721,4510	II	CCD
48458,4343	I	CCD	51725,4440	I	Vis
48500,6622	I	CCD	51728,4905	II	CCD
48505,3580	I	Vis	51734,8330	I	Vis
48505,3750	I	Vis	51814,6242	I	CCD
48512,4170	I	Vis	51814,6260	I	Vis
48512,4200	I	Vis	52117,3847	I	CCD
48850,3827	I	CCD	52120,4300	II	CCD
48857,4310	I	Vis	52120,4372	II	CCD
48864,4790	I	Vis	52185,4460	I	Vis
48864,4880	I	Vis	52415,4560	I	Vis
49202,4340	I	Vis	52525,7596	I	CCD
49216,5120	I	Vis	52767,4991	I	CCD
49251,7117	I	Pe	52854,3374	I	CCD
49550,4946	II	Pe	52854,3383	I	CCD
49554,4820	I	Vis	52875,4473	I	Vis
49554,4970	I	Vis	52950,5638	I	CCD
49568,5640	I	Vis	53220,4661	I	CCD
49594,3780	I	Vis	53255,6708	I	CCD
49615,5010	I	Vis	53267,4040	I	Vis
49685,9160	I	Vis	53269,7530	I	CCD
49685,9160	I	Vis	53300,2640	I	CCD
49688,2650	I	Vis	53302,6100	I	CCD

Ek Çizelge 6'nın devamı

BJD 2400000+	Min. Türü	Yöntem	BJD 2400000+	Min. Türü	Yöntem
53303,3171	II	CCD	55093,3582	I	CCD
53553,7383	I	CCD	55093,3583	I	CCD
53561,4780	II	CCD	55093,3583	I	CCD
53598,3317	I	CCD	55096,4061	II	CCD
53601,3803	II	CCD	55492,3459	I	CCD
53601,3807	II	CCD	55727,7443	II	CCD
53610,0662	I	CCD	55738,7806	I	CCD
53612,4124	I	Vis	56522,6688	I	CCD
53612,4138	I	CCD	56534,4037	I	CCD
53612,4140	I	CCD	56886,4501	I	CCD
53612,4164	I	CCD	56929,3982	II	CCD
53619,4530	I	Vis	57220,4226	II	CCD
53619,4588	I	Vis	57233,8043	I	CCD
53655,3644	II	CCD	57238,4980	I	CCD
53899,4726	II	CCD	57241,5456	II	CCD
54007,4058	II	CCD	57267,3605	II	CCD
54297,7320	I	Vis	57292,4784	I	CCD
54323,5483	I	CCD	57292,4800	I	CCD
54654,4723	I	CCD	57292,5009	I	CCD
54703,7643	I	CCD	57529,5224	I	CCD
54788,2515	I	CCD	57579,5108	II	CCD
54987,7441	I	CCD			
55074,5823	I	CCD			

Ek Çizelge 7. V1094 Tau sisteminin minimum zamanları

BJD 2400000+	Min. Türü	Yöntem
49602,8460	I	pg
49653,6320	II	vis
49656,7620	I	vis
49680,5970	II	vis
49683,7270	I	vis
49701,7061	I	CCD
49707,5649	II	Pe
49755,6355	I	Pe
50456,7393	I	Pe
50474,7156	I	CCD
52601,8776	II	CCD
52628,8429	II	CCD
52637,8315	II	CCD
52997,3708	II	CCD
53045,4406	I	CCD
54438,6645	I	CCD
54447,6544	I	CCD
55157,7494	I	CCD
55175,7281	I	CCD
55181,5904	II	CCD
55202,6903	I	CCD
55208,5573	II	CCD
55247,6367	I	CCD
55274,6011	I	CCD
55813,9147	I	CCD
55831,8918	I	CCD
55849,8700	I	CCD
55855,7330	II	CCD
55882,6987	II	CCD
55894,8107	I	CCD
55936,6296	II	CCD
55945,6179	II	CCD
55945,6205	II	CCD
56272,3318	I	CCD

Ek Çizelge 8. YY Sgr sisteminin minimum zamanları

BJD 2400000+	Min. Türü	Yöntem	BJD 2400000+	Min. Türü	Yöntem
12643,5320	I	CCD	33075,8296	II	Pe
12644,8010	II	CCD	36039,7060	I	Pg
15747,7870	I	CCD	36436,6010	I	Pg
15749,0200	II	CCD	40889,2360	I	Vis
18121,3140	I	CCD	41070,5850	I	Vis
18122,5100	II	CCD	41178,3680	I	Vis
19305,2990	II	CCD	41208,3380	II	Vis
19467,0871	I	Pg	41596,2790	I	Vis
19764,1030	I	CCD	41861,7630	I	Pg
19764,1190	I	CCD	41862,8210	II	Pg
19765,2860	II	CCD	42303,3540	I	Vis
19765,2970	II	CCD	47382,6365	II	Pe
19953,3800	I	CCD	47742,7374	II	Pe
19974,3970	I	CCD	48059,6880	I	Pe
20012,3690	II	CCD	48060,7845	II	Pe
20024,3250	I	CCD	48067,5730	I	Pe
20342,3800	I	CCD	48853,4870	I	CCD
21406,9080	I	CCD	49907,5008	I	CCD
21408,0810	II	CCD	49908,6160	II	CCD
23233,7100	I	CCD	50672,3882	I	CCD
23234,8690	II	CCD	50681,3952	II	CCD
24432,3340	I	CCD	51408,3605	I	Pe
24621,5500	I	CCD	51417,3757	II	Pe
24650,4730	I	CCD	52810,4734	I	CCD
24700,4410	I	CCD	52839,3853	II	CCD
25060,5120	I	CCD	53128,5158	I	Pe
25060,5280	I	CCD	53178,4556	II	CCD
25061,6390	II	CCD	53517,5283	I	CCD
25118,3440	I	CCD	53546,4397	II	CCD
25378,5710	I	CCD	53550,5446	I	CCD
25386,4740	I	CCD	53550,546	I	CCD
25486,3520	I	CCD	53579,4577	I	CCD
25775,4760	I	CCD	53940,7137	II	CCD
25833,2990	I	CCD	54236,5696	I	CCD
25854,3250	I	CCD	54265,4830	I	CCD
25883,2400	I	CCD	54332,3573	II	CCD
25883,2450	I	CCD	54993,5610	I	CCD
26540,3590	I	CCD	56164,4130	II	CCD
26557,2320	II	CCD	56176,3720	I	CCD
26703,3170	I	CCD	56477,2091	II	CCD
26704,4310	II	CCD			
28164,7490	I	CCD			
28165,8420	II	CCD			
28360,3460	II	CCD			
28372,4100	I	CCD			
28699,4370	II	Vis			
31324,2160	I	CCD			
31656,4600	II	Vis			
33074,7690	I	Pe			

Ek Çizelge 9. HS Her sisteminin minimum zamanları

BJD 2400000+	Min. Türü	Yöntem	BJD 2400000+	Min. Türü	Yöntem
15609,667	I	Pg	47657,5178	I	CCD
27687,389	I	Vis	47775,412	I	Pe
28753,348	I	Vis	48261,7288	I	CCD
28771,365	I	Vis	48475,4052	II	Pe
28812,299	I	Vis	48479,5083	I	Pe
28992,411	I	Vis	48480,3175	II	Pe
29367,385	I	Vis	48484,4194	I	CCD
29562,228	I	Vis	48484,4206	I	Pe
30880,349	I	Vis	48500,8055	I	CCD
38240,634	I	Pe	48744,7719	I	Pe
40146,6098	I	Pe	48859,3895	I	CCD
40393,8576	I	Pe	49105,8161	II	Pe
40441,348	I	Pe	49193,4252	I	CCD
40446,2602	I	Pe	49193,4252	I	CCD
40449,5319	I	Pe	49202,4263	II	CCD
40454,4465	I	Pe	49202,427	II	CCD
40459,359	I	Pe	49229,4497	I	CCD
40477,3718	I	Pe	49229,45	I	CCD
40490,468	I	Pe	49509,4548	I	Pe
41163,4585	I	Pe	49518,454	II	Vis
41204,3932	I	Pe	49523,3757	II	Pe
41205,1941	II	Pe	49545,4726	I	Pe
41829,8927	I	Pe	49559,3891	II	Pe
41879,8167	II	Pe	49568,394	I	Vis
41897,8286	II	Pe	49811,5456	II	CCD
41906,8531	I	Pe	49811,5528	II	CCD
41909,2867	II	Pe	49861,5004	I	CCD
41929,7778	I	Pe	49861,5015	I	CCD
42288,3751	I	Pe	49929,4485	II	CCD
42289,1722	II	Pe	49929,4507	II	CCD
42645,3347	I	Pe	49961,3763	I	Pe
42649,4058	II	Pe	49979,3943	I	CCD
42956,448	I	Pe	50281,5	II	CCD
44515,2856	I	Pe	50281,5	II	CCD
44812,463	II	Pe	50304,426	II	CCD
44836,223	I	Pe	50304,427	II	CCD
44899,2446	II	Pe	50313,4287	I	CCD
45160,432	I	CCD	50313,4293	I	CCD
45178,4469	I	Pe	50688,4034	I	CCD
45283,2431	I	Pe	50945,4749	I	CCD
45626,2631	II	Pe	50972,4946	II	CCD
45864,529	I	CCD	50981,5011	I	CCD
45869,445	I	Vis	51302,4332	I	CCD
46596,46	I	CCD	51307,341	I	CCD
46614,482	I	CCD	51397,4068	I	CCD
47368,508	II	CCD	51397,408	I	CCD
47373,4148	II	Pe	51681,509	II	CCD
47382,4283	I	Pe	51758,4671	II	CCD
47387,3372	I	CCD	51767,4665	I	CCD

Ek Çizelge 9'un devamı

BJD 2400000+	Min. Türü	Yöntem	BJD 2400000+	Min. Türü	Yöntem
52417,5275	I	CCD	55462,3535	II	CCD
52472,3943	II	CCD	55462,3542	II	CCD
52513,3223	II	CCD	55462,3569	II	CCD
52833,4343	I	CCD	55701,4162	II	CCD
52842,4531	II	CCD	55701,4174	II	CCD
52856,3594	I	CCD	55705,49	I	CCD
53208,4059	I	CCD	55705,4904	I	CCD
53228,0562	I	CCD	55726,7759	I	CCD
53451,5872	II	CCD	55741,5177	I	CCD
53451,59	II	CCD	56046,912	II	CCD
53542,442	I	CCD	56073,914	I	CCD
53555,542	I	CCD	56148,4369	II	CCD
53560,4574	I	CCD	56491,4564	I	CCD
53560,4575	I	CCD	56500,4891	II	CCD
53601,3902	I	CCD	56514,3838	I	CCD
53935,4277	I	CCD	56523,41229	II	CCD
54017,2944	I	CCD	56527,483	I	CCD
54260,4728	II	CCD	56769,8283	I	CCD
54328,4129	I	CCD	56798,4906	II	CCD
54685,3698	I	CCD	56821,4149	II	CCD
55060,341	I	CCD	57245,5232	II	CCD
55060,3416	I	CCD	57689,2604	II	CCD
55082,4694	II	CCD	57689,261	II	CCD
55082,4704	II	CCD			
55101,2776	I	CCD			
55101,2785	I	CCD			
55342,8187	II	CCD			
55353,4422	I	CCD			
55353,4428	I	CCD			
55353,4429	I	CCD			
55362,4683	II	CCD			
55430,402	I	CCD			

Ek Çizelge 10. V889 Aql sisteminin minimum zamanları

BJD 2400000+	Min. Türü	Yöntem	BJD 2400000+	Min. Türü	Yöntem
26632,3510	I	CCD	44340,5340	II	Pe
27210,5470	I	CCD	44492,2690	I	Pe
27366,2670	I	CCD	44785,3636	II	Pe
28022,4060	I	CCD	44803,6557	I	Pe
28315,4790	II	CCD	45226,2700	I	Vis
28404,4330	II	CCD	45315,2190	I	Vis
28834,2670	I	CCD	45515,3900	I	Pe
29216,2240	II	CCD	46264,4410	II	Pe
34565,3320	II	Vis	46705,3370	I	Vis
34576,3970	II	Vis	48095,4000	I	Vis
35373,1920	I	Vis	48106,5360	I	Pe
36867,3180	II	CCD	48755,4793	II	CCD
37523,4400	II	CCD	48755,4814	II	CCD
37886,4630	I	Pg	48755,4849	II	CCD
37886,4820	I	CCD	50312,3870	II	CCD
37886,4900	I	CCD	52821,7180	I	CCD
37964,3090	I	CCD	53155,2950	I	Vis
38164,4897	I	CCD	53255,3920	I	CCD
38164,4898	I	CCD	53993,2951	II	CCD
38179,5130	II	CCD	54645,4723	I	CCD
38242,3346	I	CCD	54645,4729	I	CCD
38242,3351	I	CCD	54645,4739	I	CCD
38257,4196	II	CCD	54938,5492	II	CCD
38257,4205	II	CCD	54938,5512	II	CCD
38620,3980	I	CCD	54938,5515	II	CCD
38902,4620	II	CCD	55012,4541	I	CCD
39354,4530	I	CCD	55012,4543	I	CCD
40088,3953	I	Pe	55012,4555	I	CCD
40470,3830	II	CCD	55835,3846	I	CCD
40837,3970	II	CCD	55835,3853	I	CCD
40915,2440	II	CCD	55835,3854	I	CCD
41478,4730	I	CCD	55835,3855	I	CCD
41927,3050	II	Pe	56072,8587	II	CCD
42568,3580	I	Pe	56491,5058	I	CCD
42583,4280	II	Pe	56495,4417	II	CCD
42594,5490	II	Pe	57240,5348	II	CCD
42961,5480	II	Pe	57592,4553	I	CCD
43246,7300	I	Pe			
43250,6930	II	Pe			
44047,4320	I	Pe			
44062,5060	II	Pe			

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Mehmet Süheyil TARIN

Doğum Yeri: HATAY

Doğum Tarihi: 28.08.1985

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi: Çanakkale On Sekiz Mart Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü

Yüksek Lisans Öğrenimi: Çanakkale On Sekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim Dalı

Bildiği Yabancı Diller: İngilizce

İŞ DENEYİMİ

Çalıştığı Kurumlar ve Yıl: Türk Hava Yolları – Ofis Memuru, 2015 – Günümüz.

İLETİŞİM

E-posta Adresi: suheylgok@gmail.com