



**T.C.**

**ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**FİZİK ANABİLİM DALI**

**İHMAL EDİLMİŞ ALGOL TÜRÜ G1 CEP ve V746 CEP ÇİFT  
YILDIZLARININ MUTLAK PARAMETRELERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MURAT İNANÇ GÖZÜTOK**

**Tez Danışmanı**

**PROF. DR. AHMET ERDEM**

**ÇANAKKALE – 2022**





T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

FİZİK ANABİLİM DALI

**İHMAL EDİLMİŞ ALGOL TÜRÜ GI CEP ve V746 CEP ÇİFT YILDIZLARININ  
MUTLAK PARAMETRELERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MURAT İNANÇ GÖZÜTOK

Tez Danışmanı

PROF. DR. AHMET ERDEM

Bu çalışma, ÇOMÜ BAP kurumu tarafından desteklenmiştir.

Proje No: 2971

ÇANAKKALE – 2022



T.C.  
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



Murat İnanç GÖZÜTOK tarafından Prof. Dr. Ahmet ERDEM yönetiminde hazırlanan ve **09/05/2022** tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan “**İhmal Edilmiş Algol Türü GI Cep ve V746 Cep Çift Yıldızlarının Mutlak Parametreleri**” başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü **Fizik Anabilim Dalı**’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oy birliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

**Jüri Üyeleri**

Prof. Dr. Ahmet ERDEM

(Danışman)

Doç. Dr. Hasan Ali DAL

Doç. Dr. Derya SÜRGİT

**İmza**

.....

.....

.....

Tez No : 10443243

Tez Savunma Tarihi : 09/05/2022

.....  
Yener PAZARCIK

Enstitü Müdürü

.././2022

## ETİK BEYAN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Yönergesi'ne uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi taahhüt ve beyan ederim.

Murat İnanç GÖZÜTOK

../../2022

## TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleŐtirilmesinde, çalıŐmam boyunca benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen saygı değer danışman hocam Prof. Dr. Ahmet ERDEM'e ve sayın hocam Doç. Dr. Derya SÜRĐİT'e, Dr. Oęuz ÖZTÜRK'e, Dr. aęlar PÜSKÜLLÜ'ye ve çalışma süresince tüm zorlukları benimle göğüsleyen, hayatımın her evresinde bana destek olan değerli aileme teŐekkürlerimi sunarım."

Murat İnanç GÖZÜTOK  
anakkale, Mayıs 2022

## ÖZET

### İHMAL EDİLMİŞ ALGOL TÜRÜ GI CEP ve V746 CEP ÇİFT YILDIZLARININ MUTLAK PARAMETRELERİ

Murat İnanç GÖZÜTOK

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Fizik Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Ahmet ERDEM

09/05/2022, 41

Bu yüksek lisans tezinde hedef çift yıldızlar olarak, ihmal edilmiş, literatürde üzerlerine az çalışma bulunan, Algol türü GI Cep ile V746 Cep çift yıldızları seçildi. GI Cep ve V746 Cep çift yıldızlarının fotometrik gözlemleri Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ulupınar Gözlemevinde bulunan teleskoplar ve bunlara bağlı CCD kameralar kullanılarak, tayfsal gözlemleri ise TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde bulunan ve 1.5 metre ayna çaplı teleskop ve buna bağlı tayfçeker kullanılarak yapılmıştır. Fotometrik gözlemlerin indirgenmesi ve analize hazır hale getirilmesi için Maxlm DL vb modern yazılımlar; tayfsal gözlemlerin indirgenmesi ve gözlenen çift yıldızların bileşenlerinin dikine hız ölçümleri için IRAF vb. yazılım paketleri kullanılmıştır. GI Cep ve V746 Cep çift yıldızlarının fotometrik ve tayfsal gözlemlerden elde edilen, sırasıyla, ışık ve dikine hız eğrileri, Wilson-Devinney yöntemi vb. literatürde yaygın kullanılan, modern ve güvenilir yöntemlerle analiz edilip, sonuçlar birleştirilerek gözlenen çift yıldızların mutlak parametreleri hesaplanmıştır. Ayrıca, bu yüksek lisans tez çalışmasıyla, ihmal edilmiş GI Cep ve V746 Cep çift yıldızlarının çok band ışık eğrileri, dikine hız eğrileri ve mutlak parametreleri, literatüre ilk kez kazandırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Örten Çift Yıldızlar, Fotometri, Tayf, Mutlak Parametreler, Yıldızlar (GI Cep ve V746 Cep)

## ABSTRACT

### ABSOLUTE PARAMETERS of TWO NEGLECTED ALGOL TYPE BINARIES GI CEP and V746 CEP

Murat İnanç GÖZÜTOK

Çanakkale Onsekiz Mart University

School of Graduate Studies

Master of Science Thesis in Department of Physics

Advisor: Prof. Dr. Ahmet ERDEM

09/05/2022, 41

In this master's thesis, Algol-type binary stars (GI Cep and V746 Cep) were chosen as the target binary stars, which have been neglected, and there are few studies on them in the literature. Photometric observations of GI Cep and V746 Cep binary stars were made using telescopes at the Çanakkale Onsekiz Mart University Ulupınar Observatory and CCD cameras connected to them. Spectral observations were made using a 1.5-meter mirror diameter telescope and attached spectrograph at the TÜBİTAK National Observatory. Maxlm DL and IRAF were used to reduce photometric and spectral observations, respectively. Light and radial velocity curves were solved with the Wilson-Devinney method. Absolute parameters of the observed binary stars were calculated by combining the photometric and spectroscopic analyses results. In addition, with this master's thesis, the multi-band light curves, radial velocity curves and absolute parameters of these two neglected binary stars (GI Cep and V746 Cep) were brought to the literature for the first time.

**Keywords:** Eclipsing Binaries, Photometry, Spectrum, Absolute Parameters, Stars (GI Cep and V746 Cep)



# İÇİNDEKİLER

## Sayfa No

JÜRİ ONAY SAYFASI.....	i
ETİK BEYAN.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET .....	iv
ABSTRACT .....	v
İÇİNDEKİLER .....	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	viii
TABLolar DİZİNİ.....	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii

## BİRİNCİ BÖLÜM

### GİRİŞ

1

## İKİNCİ BÖLÜM

### ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

3

2.1. V746 Cep .....	3
2.2. GI Cep .....	3

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### MATERYAL YÖNTEM

5

3.1. Fotometrik Gözlemler .....	5
3.1.1. V746 Cep Sisteminin Fotometrik Gözlemleri .....	5
3.1.2. GI Cep Sisteminin Fotometrik Gözlemleri .....	7
3.2. Tayfsal Gözlemler .....	9
3.2.1. V746 Cep Sisteminin Tayfsal Gözlemleri .....	9
3.2.2. GI Cep Sisteminin Tayfsal Gözlemleri .....	10
3.3. TESS Fotometrik Gözlemleri .....	11

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM  
ARAŞTIRMA BULGULARI 15

4.1. V746 Cep Çift Yıldızının Dikine Hız Eğrisi ve Çözümü .....	15
4.2. GI Cep Çift Yıldızının Dikine Hız Eğrisi ve Çözümü .....	18
4.3. TESS Fotometrik Gözlem Verisinin Analizi .....	21
4.4. Yörünge Dönemi Analizi .....	31

BEŞİNCİ BÖLÜM  
SONUÇ ve ÖNERİLER 35

KAYNAKÇA .....	41
EKLER .....	I
EK 1. V746 CEP SİSTEMİNE AİT FOTOMETRİK GÖZLEM BİLGİSİ .....	I
EK 2. V746 CEP SİSTEMİNE AİT MİNİMUM ZAMANLARI .....	III
EK 3. GI CEP SİSTEMİNE AİT FOTOMETRİK GÖZLEM BİLGİSİ .....	VIII
EK 4. GI CEP SİSTEMİNE AİT MİNİMUM ZAMANLARI .....	X
EK 5. V746 CEP SİSTEMİNE AİT TAYF GÖZLEM BİLGİSİ .....	XIX
EK 6. V746 CEP'İN BİRİNCİ BİLEŞENİNİN DİKİNE HIZLARI .....	XX
EK 7. GI CEP SİSTEMİNE AİT TAYF GÖZLEM BİLGİSİ .....	XXI
EK 8. GI CEP'İN BİRİNCİ BİLEŞENİNİN DİKİNE HIZLARI .....	XXI

## SİMGELER VE KISALTMALAR

ADS	Astrophysics Data System
TUBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
BJD	Barisentrik Jülyen günü
HJD	Heliosentrik Jülyen günü
NSVS	Northern Sky Variability Survey
O-C	Gözlenen – hesaplanan minimum zamanı farkı
TUG	TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi
ASAS	All Sky Automated Survey
KWS	Kamogata Wide-field Survey
ÇOMÜ	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
TESS	Transiting Exoplanet Survey Satellite
CCD	Charge coupled device
TFOSC	TUG Faint Object Spectrograph and Camera
FeAr	Demir-Argon lambası
IRAF	Image Reduction and Analysis Facility
MgII	Bir defa iyonlaşmış magnezyum elementi
SB	Single-lined Binary
fits	Flexible Image Transport System
H <sub>α</sub>	Hidrojen alfa çizgisi
H <sub>β</sub>	Hidrojen beta çizgisi
nm	Nanometre
mag	Kadir
TESS-SPOC	TESS Science Processing Operations Center
V <sub>helio</sub>	Yıldızın Güneş merkezine göre dikine hızı
T <sub>max</sub>	Bileşenin Güneş merkezli hız değeri
K <sub>i</sub>	i. bileşenin dikine hız eğrisinin genliği
V <sub>γ</sub>	Sistemin ortak kütle merkezinin hızı
f(m)	Kütle fonksiyonu
m <sub>⊙</sub>	Güneş kütlesi
R <sub>⊙</sub>	Güneş yarıçapı
a	Çift yıldız sisteminin yörünge yarı-büyük eksen uzunluğu

km/s	Kilometre/saniye
$T_i$	i.bileşenin etkin yüzey sıcaklığı
(B-V)	Renk ölçeği
(B-V) <sub>0</sub>	Kızıllaşmamış renk ölçeği
APASS	AAVSO Photometric All-Sky Survey
GAIA	Global Astrometric Interferometer for Astrophysics
pc	Parsek
mas	Mili ark saniyesi
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NED	NASA Extragalactic Database
$A_v$	Yıldızlararası sönmeme sabiti
b	Galaktik enlem
$A_d(b)$	Uzaklığa bağlı sönmeme katsayısı
d	paralaks
exp (x)	Eksponansiyel fonksiyon
H	Yıldızlararası tozun yükseklik ölçeği
$E_d(B-V)$	Uzaklığa bağlı renk artışı
K	Kelvin
WD	Wilson-Devinney
$[\Sigma W(O-C)^2]$	Artıkların karesinin ağırlıklı toplamları
$g_i$	i. bileşenin çekim kararması katsayısı
$A_i$	i. bileşenin bolometrik albedosu
e	Yörünge dışmerkezliği
i	Yörünge eğimi
$\Omega_i$	i. bileşenin boyutsuz yüzey potansiyeli
q	Bileşenlerin kütle oranı
$F_i$	i. bileşenin senkronize dönme oranı
$L_i$	i. bileşenin toplam ışıması
$x_i$	i. bileşenin kenar kararma katsayısı
p	Yörünge dönemi
$r_i$	i. bileşenin kesirsel yarıçapı
c	Işık hızı
$R_A$	Alfven yarıçapı

$E$	Çevrim sayısı
$\omega'$	Enberi boylamı
$\nu'$	Üçlü sistemin yörüngesi üzerinde örten çiftin kütle merkezinin gerçek ayrıklığı
$T_s$	Enberi zamanı
$M_i$	i. bileşenin kütlesi
$\beta_{cri}$	Kütle kaybı parametresinin kritik değeri



## TABLULAR DİZİNİ

<b>Tablo No</b>	<b>Tablo Adı</b>	<b>Sayfa No</b>
<b>Tablo 1</b>	V746 Cep'in SPEL programıyla bulunan tayfsal yörünge parametreleri .....	17
<b>Tablo 2</b>	GI Cep'in SPEL programıyla bulunan tayfsal yörünge parametreleri .....	20
<b>Tablo 3</b>	GI Cep sisteminin ışık eğrisi çözüm sonuçları.....	27
<b>Tablo 4</b>	V746 Cep sisteminin ışık eğrisi çözüm sonuçları.....	29
<b>Tablo 5</b>	GI Cep ve V746 Cep çift yıldızlarının O-C analizinin sonuçları...	34
<b>Tablo 6</b>	V746 Cep ve GI Cep çift yıldızlarının mutlak parametreleri.....	38

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Şekil Adı	Sayfa No
Şekil 1	V746 Cep sistemine ait gözlem verisinden bir örnek .....	6
Şekil 2	V746 Cep sisteminin ÇOMÜĞ'de elde edilen BVRI ışık eğrileri..	7
Şekil 3	GI Cep sistemine ait gözlem verisinden bir örnek .....	8
Şekil 4	GI Cep sisteminin ÇOMÜĞ'de elde edilen VRI ışık eğrileri.....	9
Şekil 5	TESS'in gözlem yaptığı kameraların gördüğü yüzey alanı ve gözlem yapılan sektörlerle ait bir gökyüzü modeli (Ricker vd., 2014) .....	12
Şekil 6	GI Cep sistemine ait TESS ışık eğrileri .....	14
Şekil 7	V746 Cep sistemine ait TESS ışık eğrileri .....	14
Şekil 8	V746 Cep'in IRAF'ta dikine hızlar okunurken yapılan işlem süreçlerine ilişkin örnek ekran görüntüleri .....	16
Şekil 9	V746 Cep'in birinci bileşeninin dikine hız değerleri ve SPEL programı ile fit edilen kuramsal eğri .....	17
Şekil 10	GI Cep'in IRAF'ta dikine hızlar okunurken yapılan işlem süreçlerine ilişkin örnek ekran görüntüleri .....	19
Şekil 11	GI Cep'in birinci bileşeninin dikine hız değerleri ve SPEL programı ile fit edilen kuramsal eğri .....	20
Şekil 12	GI Cep sisteminin WD sıcaklık taramasının $[\Sigma W(O-C)2]$ değişimini göstermektedir .....	23
Şekil 13	V746 Cep sisteminin WD sıcaklık taramasının $[\Sigma W(O-C)2]$ değişimini göstermektedir .....	24
Şekil 14	GI Cep sisteminin WD kütle taramasının $[\Sigma W(O-C)2]$ değişimini göstermektedir .....	25
Şekil 15	V746 Cep sisteminin WD kütle taramasının $[\Sigma W(O-C)2]$ değişimini göstermektedir .....	25
Şekil 16	GI Cep'in ÇOMÜĞ VRI + TESS ışık eğrileri ve WD+MC modeli ışık eğrileri.....	26
Şekil 17	V746 Cep'in ÇOMÜĞ VRI + TESS ışık eğrileri ve WD+MC modeli ışık eğrileri.....	28

<b>Şekil 18</b>	GI Cep'in WD+MC sonuç parametrelerinden üretilen Roche modeli.....	30
<b>Şekil 19</b>	V746 Cep'in WD+MC sonuç parametrelerinden üretilen Roche modeli.....	30
<b>Şekil 20</b>	V746 Cep'in O-C diyagramı ve gözlemleri temsil eden kuramsal model .....	32
<b>Şekil 21</b>	GI Cep'in O-C diyagramı ve gözlemleri temsil eden kuramsal model .....	33
<b>Şekil 22</b>	V746 Cep ve GI Cep çift yıldızlarının bileşenlerinin etkin sıcaklık – ısıtma diyagramındaki konumları.....	39
<b>Şekil 23</b>	V746 Cep ve GI Cep çift yıldızlarının bileşenlerinin kütle – yarıçap diyagramındaki konumları.....	40



## BİRİNCİ BÖLÜM

### GİRİŞ

Çift yıldızlar, gözlem tekniğine göre, birkaç sınıfa ayrılabilir. Bir teleskop ile bakıldığında, çıplak gözle ya da bir detektörle, bir çift yıldızın bileşenleri, birbirinden ayrı görülebiliyorsa; buna, görsel çift yıldız denir. Teleskoplar ile birbirinden ayırt edilemeyecek yakınlıkta olup, tayf çizgilerindeki periyodik Doppler kaymalardan çift oldukları anlaşılabilen yıldızlara da tayfsal çift adı verilir. Çift yıldızın ortak yörünge düzlemi gözlemcinin bakış doğrultusuna yakın ise, iki yıldız birbirini örtecek ve onların toplam parlaklığında periyodik bir değişime neden olacaktır. Bunlara da örten çift yıldızlar ya da örten değişen yıldızlar denir. Yörünge hareketi nedeni ile gerçekleşen bu örtülmeler ile minimum parlaklık miktarı periyodik olarak artıp, azalmaktadır. Bu değişim gözlemsel astronomik yöntemler ile incelendiği zaman, bu periyodik değişim ışık eğrisi denilen ve parlaklık-dönem ilişkisini açıklayan matematiksel bilgiye dönüştürülür. Bu gözlemsel teknik, genel hatları ile fotometri olarak bilinmektedir. Tayfsal yöntemde de benzer durumlar söz konusudur, ancak teknik yönden tamamen farklıdır. Örten çift yıldızların da kendi içlerinde türleri vardır. Örten çift yıldızların geometrik ve matematiksel olarak farklı sınıflandırmaları vardır. Örten çift yıldızların türlerine göz atacak olursak, ışık eğrilerine göre yapılan sınıflamada, Algol türü örten değişen yıldızlar,  $\beta$  Lyrae türü örten değişen yıldızlar, W Ursae Majoris türü örten değişen yıldızlar olmak üzere üç ana grupta toplanabilir. Öte yandan çift yıldızlar, Roche geometrisine göre de sınıflanırlar. Roche geometrisi, bir çift yıldızın bileşenlerinin birbirine olan, özellikle kütle-çekimi kuvvetlerine göre hesaplanan eş-potansiyel yüzeylerden oluşturulur. Buna göre Kopal (1955) tarafından yapılan sınıflamada bileşen yıldızların kendi Roche loblarını doldurma oranları kullanılır. Eğer ele alınan bir çift yıldızın bileşenleri, kendi Roche lobları içinde kalıyorsa, bu çift, ayrık; bileşenlerden yalnızca biri Roche lobunu doldurmuş ise bu çift, yarı-ayrık ve her iki bileşen de kendi Roche loblarını dolduracak denli büyükse bu çift degen çift yıldız olarak tanımlanır. Son yıllarda yapılan çalışmalarda, değmeye yakın çiftler ve aşırı degen çiftler olarak farklı ara sınıf tanımları da kullanılmaktadır.

Çift yıldızlar, yıldızların kütle, yarıçap, etkin sıcaklık vb temel fiziksel parametrelerinin gözlemlerden doğrudan hesaplanabilmelerinde önemli rol oynarlar ve bu yüzden yıldız astrofiziğinin en önemli çalışma konularından biridir. Çift yıldız gözlemleri, öte yandan, sistemi oluşturan bileşen yıldızların birbiriyle etkileşimleri, kütle transferi, açısız

momentum transferi, disk oluşumu, manyetik etkinlik, yörünge dönemi değişimi, eksen dönmesi, ötegezegenler, yıldız oluşumu ve evrimi vb astrofizik konularının anlaşılmasını sağlayacak gözlemsel veri sunarlar.

Bu tez çalışmasında hedef çift yıldızlar olarak, ihmal edilmiş, literatürde üzerlerine az çalışma bulunan, Algol türü GI Cep ile V746 Cep çift yıldızları seçildi. GI Cep ve V746 Cep çift yıldızlarının fotometrik gözlemlerinin Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ulupınar Gözlemevinde bulunan teleskoplar ve bunlara bağlı CCD kameralar kullanılarak yapılmıştır. Seçilen bu hedef iki çift yıldızın tayfsal gözlemlerinin TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde bulunan ve 1.5 metre ayna çaplı teleskop ve buna bağlı tayfçeker kullanılarak yapılmıştır. Fotometrik gözlemlerin indirgenmesi ve analize hazır hale getirilmesi için Maxlm DL vb modern yazılımlar kullanılacak; tayfsal gözlemlerin indirgenmesi ve gözlenen çift yıldızların bileşenlerinin dikine hız ölçümleri için IRAF vb yazılım paketleri kullanılmıştır. Tez çalışmasının ikinci aşamasında, GI Cep ve V746 Cep çift yıldızlarının fotometrik ve tayfsal gözlemlerden elde edilen, sırasıyla, ışık ve dikine hız eğrileri, Wilson-Devinney yöntemi vb literatürde yaygın kullanılan, modern ve güvenilir yöntemlerle analiz edilip sonuçlar birleştirilerek gözlenen çift yıldızların mutlak parametreleri hesaplanmıştır.

## İKİNCİ BÖLÜM

### ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Tez kapsamında belirlenen çift yıldızlar V746 Cep ve GI Cep için literatürde bilinen çalışmalar ADS veritabanına göre incelenmiş ve sırasıyla açıklanmıştır.

#### 2.1. V746 Cep

Bu yıldız için literatürde (ADS'ye göre) 3 adet makale çalışması bulunmaktadır. V746 Cep'in adının geçtiği ilk çalışma, Otero ve Wils (2005) tarafından hazırlanan katalog çalışmasıdır. Bu çalışma toplam 80 tane çift yıldızın minimum zamanı, periyot, yıldız türü, tayf türü gibi temel özelliklerine göre sınıflanmasından oluşur. Varılan sonuçlarda V746 Cep için, V filtresinde parlaklık 11.45 kadir, minimum zamanı: 2451338.882 HJD, periyot: 1.25996 gün ve tür olarak Algol sınıfına dahil olduğu bulunmuştur, tayf türü için bir bilgi bu çalışmada bulunmamaktadır. İkinci çalışma ise Kazarovets vd. (2008) tarafından NSVS kataloğundan seçilen yıldızların gökyüzündeki pozisyonları ve yıldız türlerinin belirlenmesi üzerine yapılmıştır. V746 Cep (NSV14288) bu çalışmada da Algol-türü değişen olarak belirlenmiştir. Üçüncü çalışma ise Avvakumova vd. (2013) tarafından yapılan bir diğer katalog çalışmasıdır. Bu çalışmada 7200 sistemden 1352 adet yeni sınıflama yapılmıştır. V746 Cep için Algol sınıflaması yapılmış olup, B ve V filtresindeki ölçülen parlaklıkları sırasıyla 11.67, 11.06 olarak belirlenmiştir.

#### 2.2. GI Cep

GI Cep için (ADS'ye göre) 15 makale çalışması bulunmaktadır. İlk çalışma İtalyan astronom G. Romano'ya aittir. 1962 yılında yaptığı bu çalışmada GI Cep için minimum zamanı: 2436875.375 HJD ve periyot: 1.037684 gün olarak ölçmüştür. Diğer makale çalışmalarının dördü katalog, dokuzu minimum zamanı veren çalışmalardır. Katalog çalışmaları, Budding vd. (2004), Kreiner (2004), Malkov vd. (2006), Avvakumova vd. (2013) tarafından hazırlanan tüm katalog çalışmalarında, GI Cep, Algol-türü çift yıldız olarak sınıflandırılmıştır. Minimum zamanı ölçümü üzerine yapılan çalışmalar, Agerer ve Hubscher (2000), Zejda (2004), Diethelm (2005), Doğru vd. (2007), Hubscher, (2007), Brat

vd. (2009), Hubscher ve Monninger (2011), Brat vd. (2011), Hubscher vd. (2012), Avvakumova vd. (2013) tarafından yapılmıştır. Son yapılan çalışma ise Apak vd. (2018) tarafından yapılan yörünge dönemi analizidir. Bu çalışmada sistemin O-C diyagramının yukarı doğru parabol gösterdiği ortaya konmuş ve bu analizden hareketle sistemin yörünge döneminin doğrusal artış gösterdiği ve buna da klasik Algoller'den beklendiği üzere ikinci bileşenden birinci bileşene madde aktarımının neden olduğu önerilmiştir.



## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

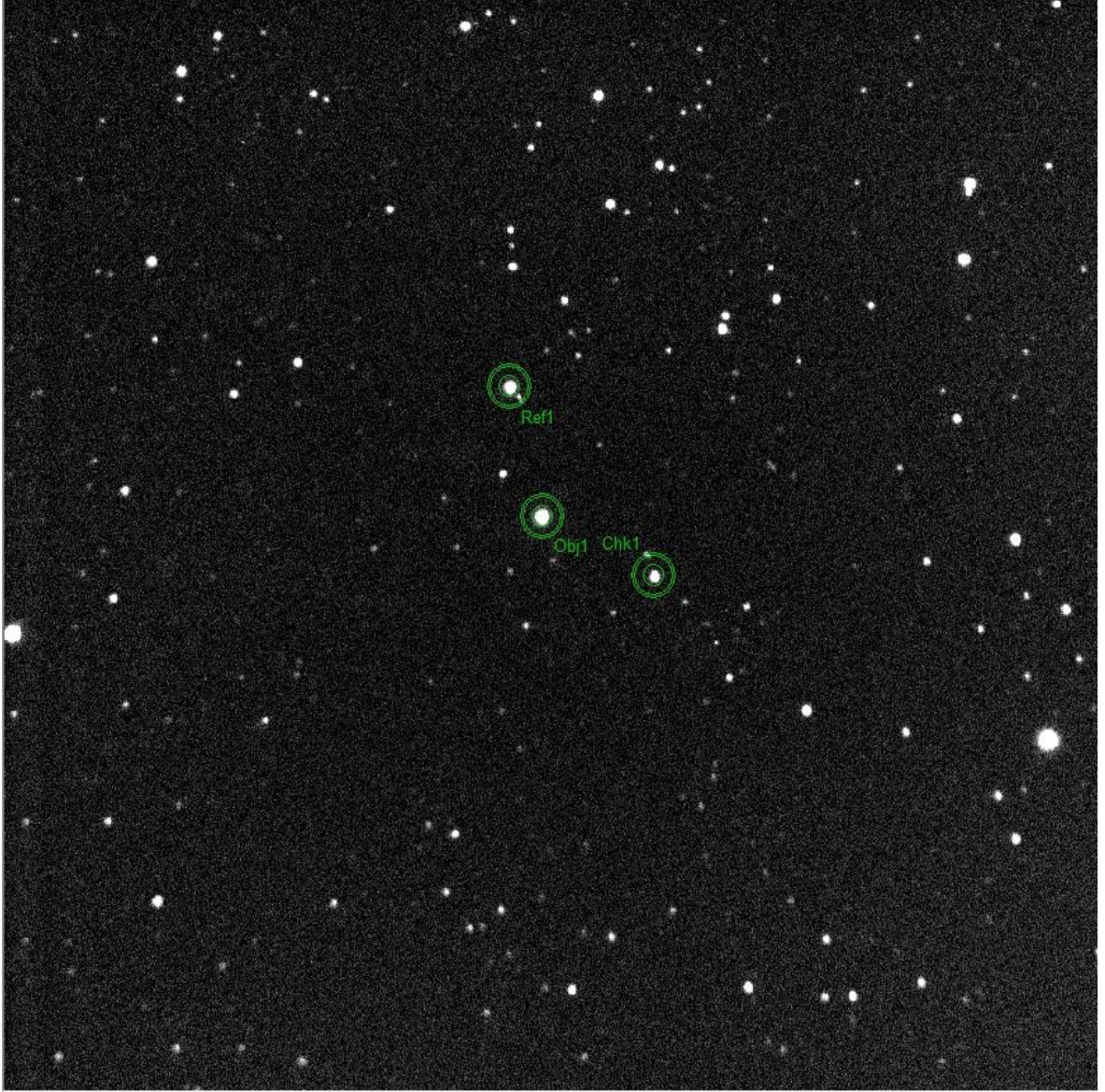
### MATERYAL VE YÖNTEM

Tez çalışması temelinde gözlemsel astrofizik olmasından dolayı bu yıldızlar için fotometrik ve tayfsal gözlem yöntemleri uygulanmıştır. Fotometrik gözlemler ÇOMÜ Gözlemevi'nde, tayfsal gözlemler ise TUG'da yapılmıştır. Bunlara ek olarak farklı veritabanlarının fotometrik gözlem verileri de incelenmiştir. Örnek olarak TESS gibi fotometrik veri sağlayan kaynaklar gözlemsel veri kapsamında tez çalışmasına büyük katkı sağlamıştır.

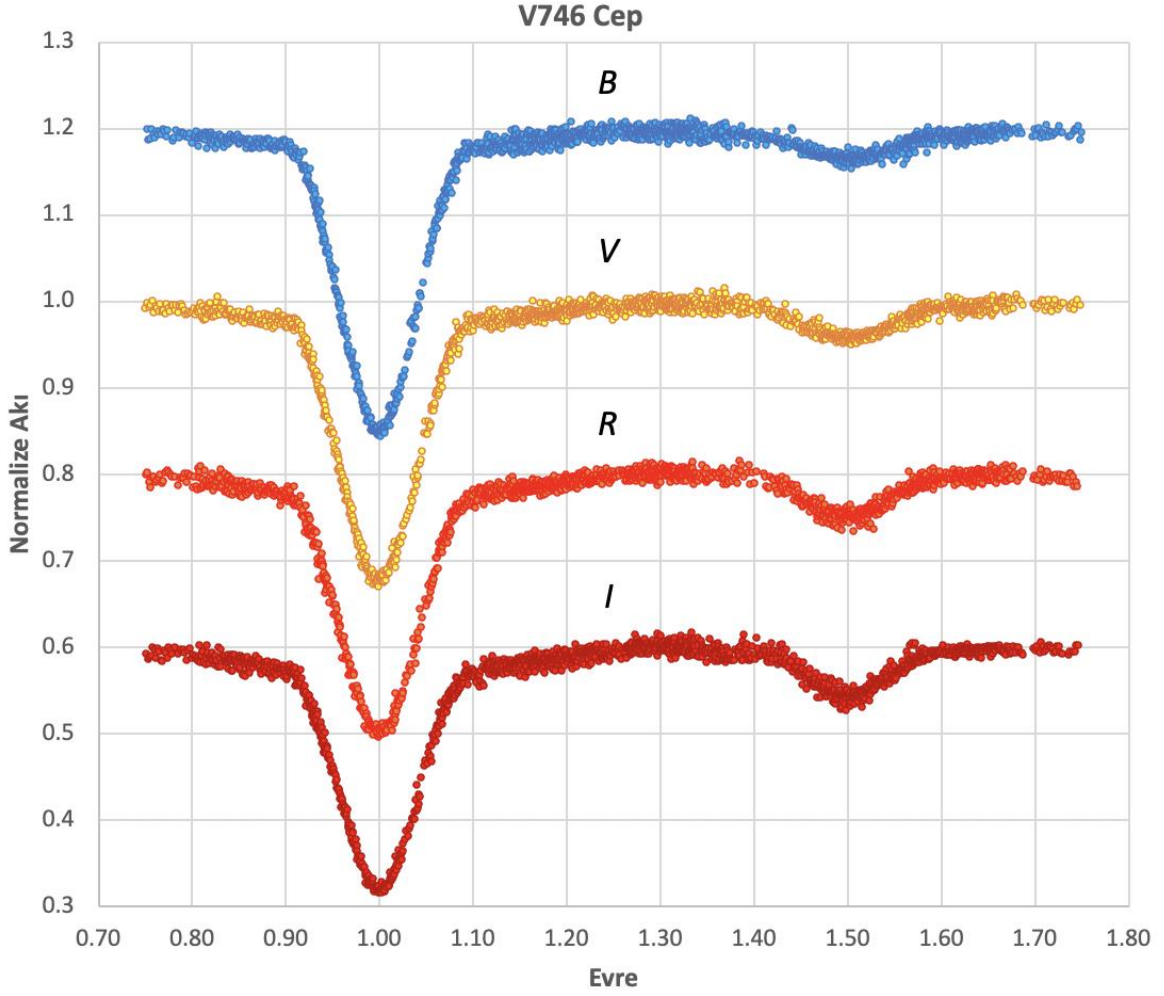
#### 3.1. Fotometrik Gözlemler

##### 3.1.1. V746 Cep Sisteminin Fotometrik Gözlemleri

ÇOMÜ Gözlemevi'nde 30 cm ayna çaplı T30 teleskobu ve ona entegre edilmiş Apogee U47 markalı CCD kamera ve Bessel B, V, R, I filtreleri kullanılmıştır. Her gece için bias, dark ve flat görüntüsü 10'ar adet alınarak atmosferik ve elektronik etkilerden gözlem verisi arındırılmıştır. Bu etkilerin giderilmesi için Maxim DL yazılımı kullanılmıştır. Fark fotometrisi yöntemiyle diferansiyel parlaklıklar elde edilirken mukayese ve denet yıldız olarak kameranın gördüğü alan içerisinde V746 Cep sisteminin özelliklerine yakın 2 adet yıldız belirlenmiş ve Şekil 1'de gösterilmiştir. Katalog numaraları bu yıldızlar için şöyledir: mukayese: TYC 4277 465 1, denet: TYC 4277 143. Gözlemlerden elde edilen minimum zamanları Kwee-van Woerden yöntemi (Kwee ve van Woerden, 1956) ile hesaplanmıştır. Gözlem verilerinden elde edilen ışık eğrisi Şekil 2'de, gözlem bilgileri Ek 1'de ve okunan minimum zamanları ise Ek 2'te verilmiştir.



Şekil 1. V746 Cep sistemine ait gözlem verisinden bir örnek (1024x1024 piksel görüntüde 1 piksel 0.93 açı saniyesine eşittir, toplam görüş alanı ise bu kamera için 15.8x15.8 açı dakikasındır.) Obj1: V746 Cep, Ref1: mukayese yıldız ve Chk1: denet yıldızdır.

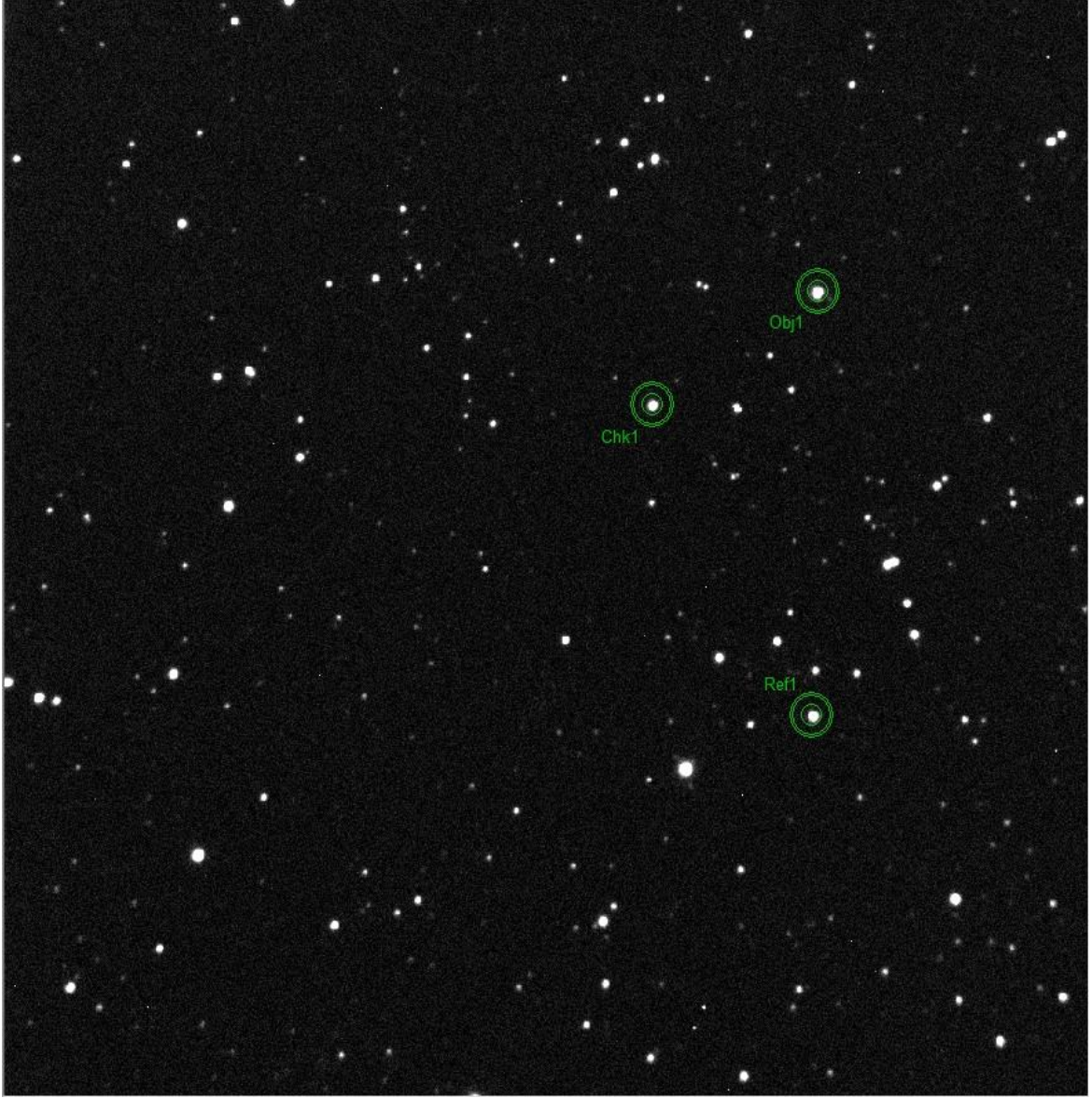


Şekil 2. V746 Cep sisteminin ÇOMÜG’de elde edilen *BVRI* ışık eğrileri.

### 3.1.2. GI Cep Sisteminin Fotometrik Gözlemleri

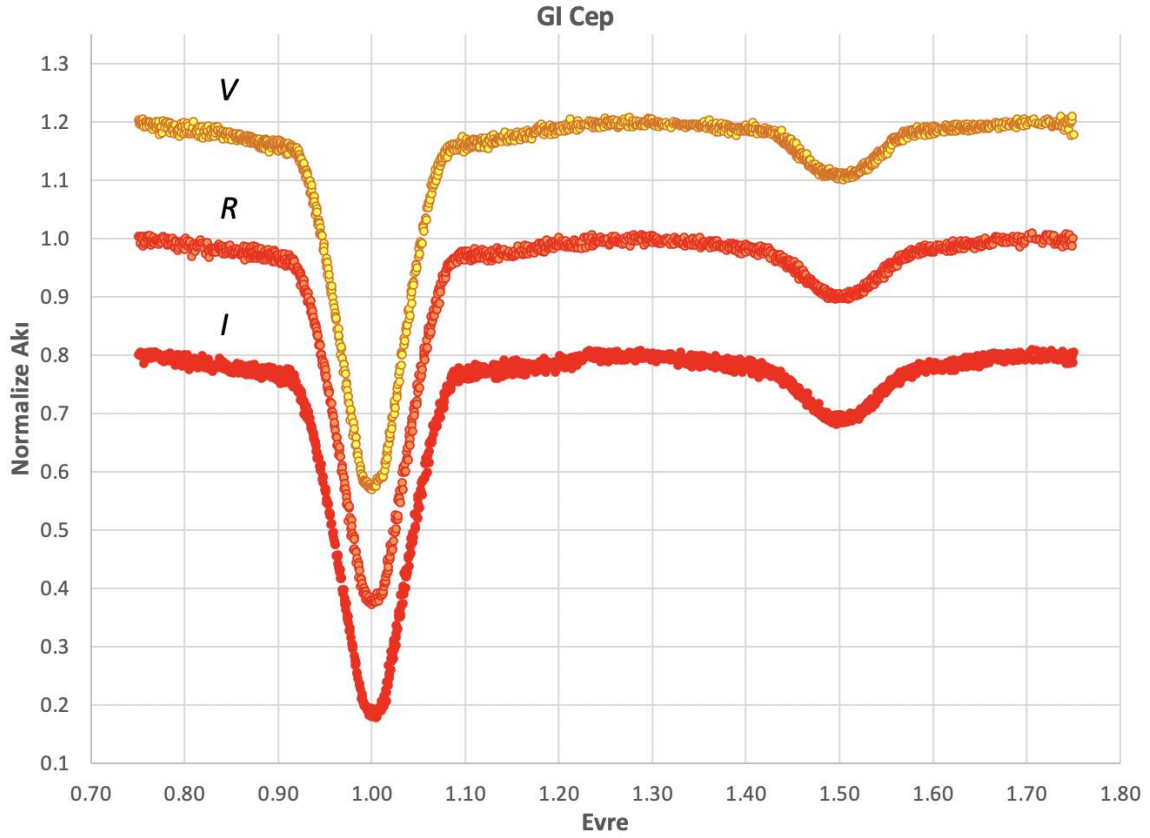
ÇOMÜ Gözlemevi’nde 30 cm ayna çaplı T30 teleskobu ve ona entegre edilmiş Apogee U47 markalı CCD kamera ve Bessel V, R, I filtreleri kullanılmıştır. Her gece için bias, dark ve flat görüntüsü 10’ar adet alınarak atmosferik ve elektronik etkilerden gözlem verisi arındırılmıştır. Bu etkilerin giderilmesi için Maxim DL yazılımı kullanılmıştır. Fark fotometrisi yöntemiyle diferansiyel parlaklıklar elde edilirken mukayese ve denet yıldız olarak kameranın gördüğü alan içerisinde GI Cep sisteminin özelliklerine yakın 2 adet yıldız belirlenmiş ve Şekil.3’te gösterilmiştir. Katalog numaraları bu yıldızlar için şöyledir: mukayese: GSC 4257 1692, denet: 4257 1980. Gözlemlerden elde edilen minimum zamanları Kwee-van Woerden yöntemi ile (Kwee ve van Woerden, 1956) hesaplanmıştır.

Gözlem verilerinden elde edilen ışık eğrisi Şekil.4'te, gözlem bilgileri Ek 3'te ve okunan minimum zamanları ise Ek 4'te verilmiştir.



Şekil 3. GI Cep sistemine ait gözlem verisinden bir örnek (1024x1024 piksel görüntüde 1 piksel 0.93 açı saniyesine eşittir, toplam görüş alanı ise bu kamera için 15.8x15.8 açı dakikasdır.) Obj1: GI Cep, Ref1: mukayese yıldız ve Chk1: denet yıldızdır.





Şekil 4. GI Cep sisteminin ÇOMÜG’de elde edilen VRI ışık eğrileri.

### 3.2. Tayfsal Gözlemler

#### 3.2.1. V746 Cep Sisteminin Tayfsal Gözlemleri

V746 Cep, TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi’nde 150 cm aynı çaplı RTT150 teleskobu ve ona entegre edilmiş olan TFOSC tayfçekeri kullanılarak yapılmıştır. Echelle spektroskopisi uygulanarak yapılan gözlemlerde TFOSC tayf çekerindeki 9 ve 11 numaralı (görsel bölge: 400-760 nm) grism optik ağırları kullanılmıştır. Gecelik alınan kalibrasyon verilerinden normalize tayf oluşturmak için Halojen lamba tayfi, dalgaboyu kalibrasyonu için her yıldız tayfindan önce ve sonra FeAr (demir-argon) lamba tayfi ve elektronik gürültüden verilerin arındırılması için 10’ar adet bias görüntüsü alınmıştır. TUG’da yapılan gözlemler sırasında hava koşullarına bağlı olarak 1800, 2700 ve 3600 saniye poz süreleri verilmiş; elde edilen tayfların çapraz korelasyon yöntemi ile dikine hızlarının okunabilmesi için standart yıldız olarak Vega (Alfa Lyr) gözlenmiştir. V746 Cep’in 2018 ve 2019 gözlem

sezonlarında yapılan tayfsal gözlemlerinde toplam 25 tayf alınmıştır. Gözlem verilerine ait detaylı bilgi Ek 5'te verilmiştir.

Tayf verisinin indirgenmesi ve dikine hız okunması için IRAF kullanılmıştır. V746 Cep sistemine ait dikine hız verisi MgII (448.1nm) çizgisinden okunmuştur. IRAF'taki RV paketindeki FXCOR taskı (Tonry ve Davis, 1979; Popper ve Jeong, 1994) kullanılarak dikine hızlar okunmuştur. Çapraz korelasyon yöntemi ile okunan hızlar Vega yıldızının mukayese olarak kullanılması ile elde edilmiştir. Sistemin birinci bileşeninden okunan hızlar Ek 6'da verilmiştir. Sistemin ikinci bileşenine ait dikine hızlar toplam ışıtmaya olan katkısının yetersiz olmasından dolayı okunamamıştır.

### **3.2.2. GI Cep Sisteminin Tayfsal Gözlemleri**

GI Cep, TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde 150 cm aynı çaplı RTT150 teleskobu ve ona entegre edilmiş olan TFOSC tayfçekeri kullanılarak yapılmıştır. Echelle spektroskopisi uygulanarak yapılan gözlemlerde TFOSC tayf çekerindeki 9 ve 11 numaralı (görsel bölge: 400-760 nm) grism optik ağırları kullanılmıştır. Gecelik alınan kalibrasyon verilerinden normalize tayf oluşturmak için Halojen lamba tayfı, dalgaboyu kalibrasyonu için her yıldız tayfindan önce ve sonra FeAr (demir-argon) lamba tayfı ve elektronik gürültüden verilerin arındırılması için 10'ar adet bias görüntüsü alınmıştır. TUG'da yapılan gözlemler sırasında hava koşullarına bağlı olarak 1800 ve 3600 saniye poz süreleri verilmiş; elde edilen tayfların çapraz korelasyon yöntemi ile dikine hızlarının okunabilmesi için standart yıldız olarak Vega (Alfa Lyr) gözlenmiştir. GI Cep'in 2018 ve 2019 gözlem sezonlarında yapılan tayfsal gözlemlerinde toplam 30 tayfı alınmıştır. Gözlem verilerine ait detaylı bilgi Ek 7'de verilmiştir.

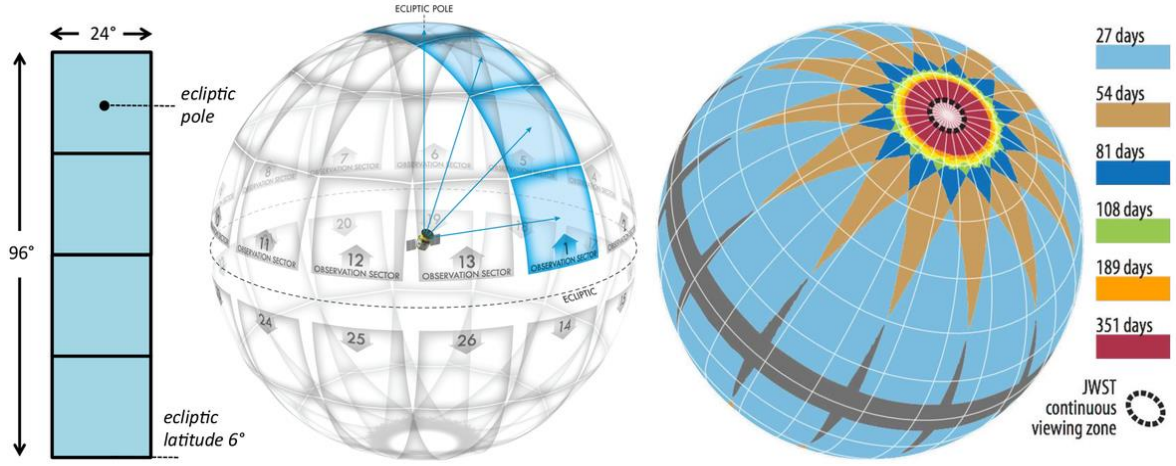
Tayf verisinin indirgenmesinde ve dikine hızların ölçülmesinde IRAF (Image Reduction and Analysis Facility) kullanılmıştır. Bu aşamada; verilerin fits formatına dönüştürülmesi için rfits, istatistiksel parametreleri için imstat, bias ve flat dosyalarının birleştirilmesi için imcombine, tayf görüntülerinden bias çıkarılması için imarith, saçılmış ışık düzeltilmesi için apscatter, tüm görüntüler için apsum, dalgaboyu kalibrasyonu için eidentify, normalize flat işlemleri için sarith, görüntülerde pikselden dalgaboyuna

dönüştürme için refspect ve dispacor ve son olarak dalgaboyuna göre elde edilen tayfların 1'e normalizasyonu için continuum taskları çalıştırılmıştır.

### 3.3. TESS Fotometrik Gözlemleri

TESS (Ricker vd., 2014) görevinin amacı, ötegezegen astronomisine katkı sağlamaktır ve bu sayede bir nevi Kepler uzay teleskobunun misyonunu devam ettirdiği söylenebilir. Gökyüzünün büyük çoğunluğunu gözleyen TESS uzay teleskobu 2018 yılında ilk gözlemlerini yapmaya başlamıştır. Gökyüzü tarama tekniğiyle şu ana kadar topladığı gözlemsel verinin boyutu çok büyüktür dolayısıyla bilimsel açıdan TESS gözlem verileri çift yıldız astronomisi dahil olmak üzere pek çok çalışma alanına destek olmaktadır. TESS, amacına özel geniş dalgaboyu aralığında bir filtre kullanmaktadır. Bu filtre 600-1000 nm dalgaboyundaki ışığa duyarlıdır. Uzun dalgaboyundaki spektrumun TESS projesi için seçilme nedeni, soğuk yıldızların etrafındaki gezegenlerin daha kolay tespit edilebilmesi içindir.

TESS, 27 günlük periyotlar ile farklı bakış doğrultularından gözlem yapmaktadır. Bu bakış doğrultuları 26 farklı sektör olarak numaralandırılmıştır. Sektörlerin her biri 4 CCD kamera ile gözlenmektedir. Kullanılan CCD kameralar eş yüzeylere sahip ve her biri  $24^{\circ} \times 24^{\circ}$  geniş bir yüzeyi görmektedir. Toplam yüzey 4 CCD kamera ile görüntülendiğinden farklı her yüzey bir sektörü oluşturur ve  $24^{\circ} \times 96^{\circ}$ 'lik bir yüzey alanını kapsamaktadır. Geniş yüzeyde görülen bu alan ile oluşturulan Tam Çerçeve Görüntüleri (Full Frame Images) sönük kaynakların da kullanışlı bir şekilde gözlenebilmesi için 1425 saniye poz süresi ile görüntülenmektedir. TESS projesi için önceden belirlenen 200.000'e yakın ötegezegen adayı olabilecek hedef yıldız 120 saniyelik poz süreleriyle bu tam çerçeve görüntülerinde alt küme görüntü oluşturacak şekilde gözlenmektedir.



Şekil 5. TESS'in gözlem yaptığı kameraların gördüğü yüzey alanı ve gözlem yapılan sektörlere ait bir gökyüzü modeli, sektörler kürenin geometrik yapısından dolayı kesiştiğinden bazı kaynakların bu yüzden farklı sektörlerde gözlem verisi bulunmaktadır. (Ricker vd., 2014)

Her uydu teleskobu verisinde olduğu gibi TESS verileri de bazı dış etkilerden saçılmaya uğramıştır. Bu dış etkilerin en önemlisi CCD üzerinde bulunan her bir piksel hücresinin kuantum etkinliğinin birbirinden farklı olmasıdır. Bu düzensizlikten oluşan sorun en çok şurada karşımıza çıkmaktadır. Birden fazla sektörde gözlem verisi bulunan ve kısa periyotlarda düzenli değişim gösteren bir çift yıldızda, ölçülen akı değerlerindeki sayımların farklı olması bunun en büyük göstergesidir. Çünkü her bir sektörde hedef yıldız, uydunun gözlem yaptığı bakış doğrultusunun değişmesinden dolayı kamera üzerinde farklı bir noktaya düşer. Bu durum GI Cep'in TESS verisinde de görülmüştür.

GI Cep, öncelikli hedef olmadığından bu çalışmada uzun poz sürelerinde alınmış tam çerçeve görüntüleri kullanılmıştır. Dört sektörde (16,17,18,24) gözlem verisi bulunan GI Cep'in 16. - 17. ve 24.sektör verisi ışık eğrisi çözümü yapılması için daha uygun bulunmuştur. Fakat 18.sektör verisi dış etkenlerden dolayı çok fazla saçılmaya uğramıştır. Bu nedenle 18.sektör verisi özellikle maksimumlarda ve ikinci minimum evresinde ışık eğrisi çözümü için kullanışlı değildir. Dolayısıyla bu çalışmada 18.sektör verisinin birinci minimum evresi dışında ölçülen akı değerleri ışık eğrisi çözümü için uygun bulunmamıştır.

Gözlem verisinin boyutları, görüntülerin geniş yüzeyde alınmasından dolayı bilgisayar hafızasında çok yer kaplamaktadır ve veri indirgemesinin hızlı ve etkili bir şekilde yapılabilmesi için görüntülerin küçültülmesi gerekmektedir. Bunun için TESScut (Bressier

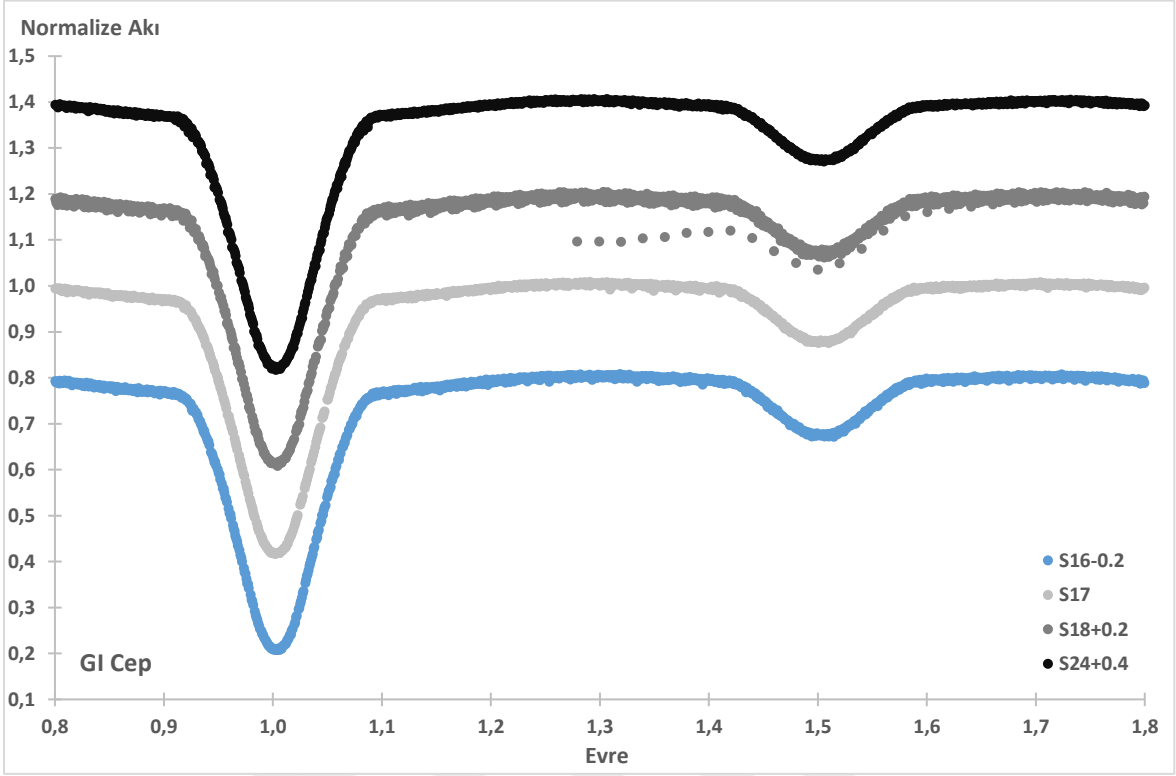
vd., 2019) kullanılmaktadır. TESScut, hedef yıldızın katalog numarası ile kolayca TESS gözlem verisini elde etmemizi sağlamaktadır. TESScut, tüm gözlem verisinden kaynağın bulunduğu bölgeden seçilen piksel aralıklarında daha küçük görüntüler oluşturur ve zamana (BJD) göre sıralanmış alt görüntüleri bir veri setine dönüştürmektedir.

TESScut aracılığıyla alınan veri seti, Python programlama dilinde yazılmış Lightkurve (Lightkurve Collaboration, 2018) paketi kullanılarak hazırlanan ve komut satırında çalıştırılan bir betik ile analize hazır hale getirilmiştir. Bu bilgisayar kodu, TESScut görüntülerinde bulunabilecek diğer kaynaklardan hedef yıldızın ayrıştırılmasını ve hedef yıldızdan akı değerlerinin okunmasını sağlar. Kod içerisindeki bir fonksiyonla uygun eşik değeri belirlenerek (Bu indirgemede eşik değeri için 15 verilmiştir.) yıldızın kapladığı pikseller maske ile kapatılarak seçilir. Maske, basit bir indirgeme programında çoğunlukla kullanılan fotometrideki açıklığın (aperture) karşılığıdır. TESS verisinden ölçülen zamana karşılık akı değerleri aşağıdaki formül ile TESS parlaklığına dönüştürülmüştür.

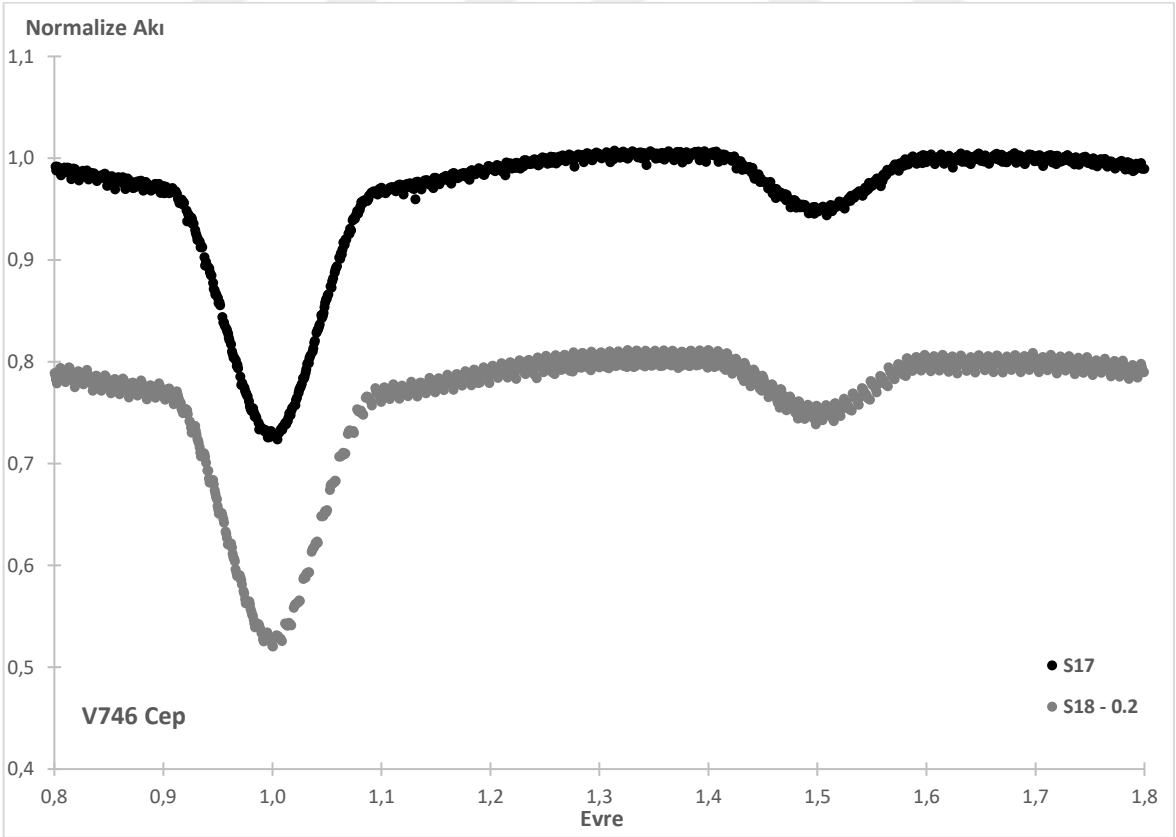
$$TESS_{mag} = 10 - (2.5 * \text{Log} \left( \frac{Akı}{15000} \right))$$

Hesaplanan parlaklık değerleri ile her bir sektör verisinden ışık eğrisi oluşturulmuştur.

TESS uydu verisi içinde sadece uzun poz süresi ile alınan kalibre edilmiş tam çerçeve görüntüleri (Full Frame Images - FFI) bulunmasından dolayı bu görüntüler üzerinden basit açıklık fotometrisi (Simple Aperture Photometry - SAP) yapılmıştır. Kalibre edilmiş gözlem verisi TESS-SPOC (Jenkins vd., 2016) tarafından sağlanmaktadır. Hedef yıldızlar için TESS uydu gözlemlerinin farklı sektör verilerinden oluşturulan ışık eğrileri Şekil 6 ve Şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 6. GI Cep sistemine ait TESS ışık eğrileri (saçılmalı gözlem verileri dahil)



Şekil 7. V746 Cep sistemine ait TESS ışık eğrileri (saçılmalı gözlem verileri dahil)

## DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

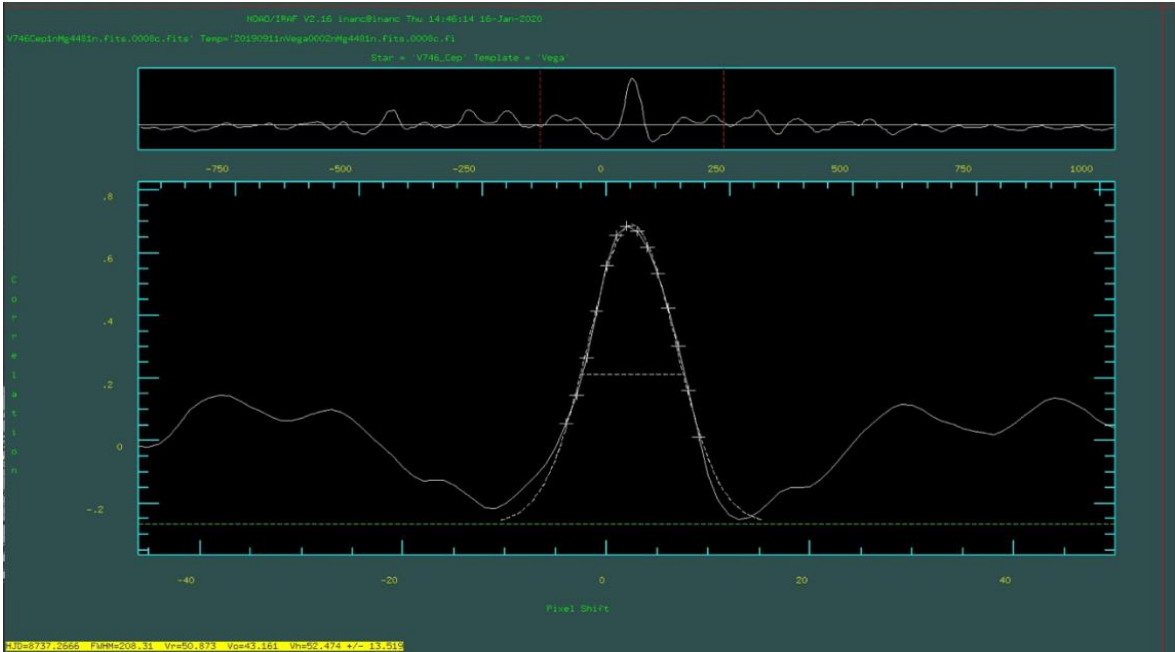
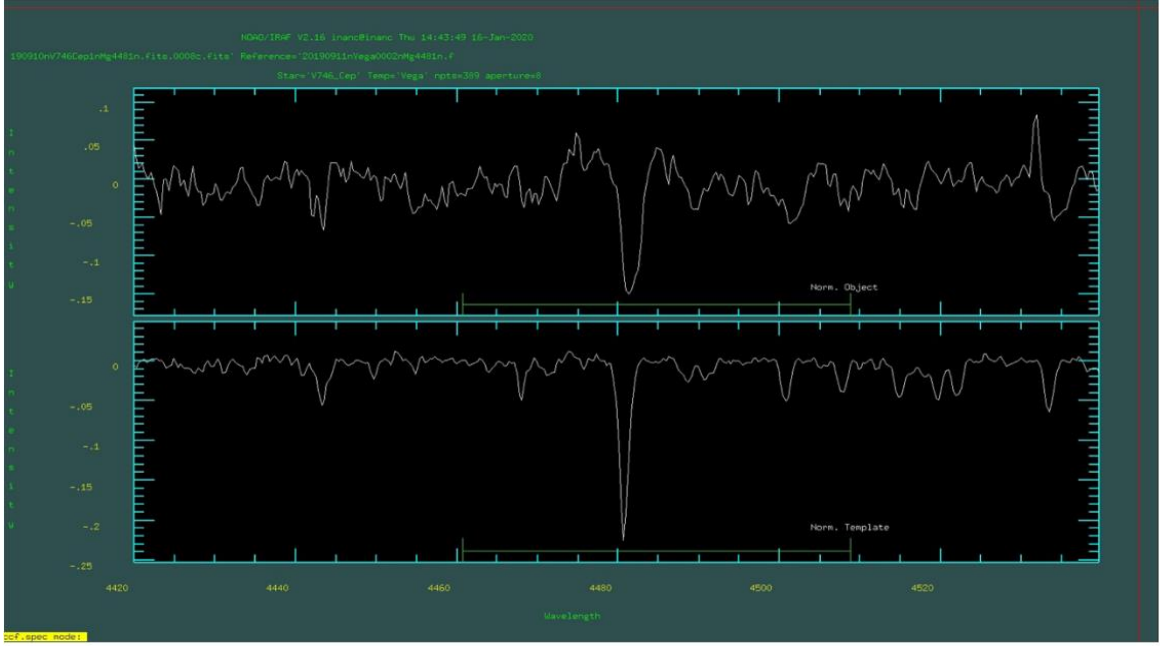
### ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu bölümde seçilen çift yıldız sistemlerinin fotometrik ve tayfsal verilerinden elde edilen sonuçlar sunulmuştur.

#### 4.1. V746 Cep Çift Yıldızının Dikine Hız Eğrisi ve Çözümü

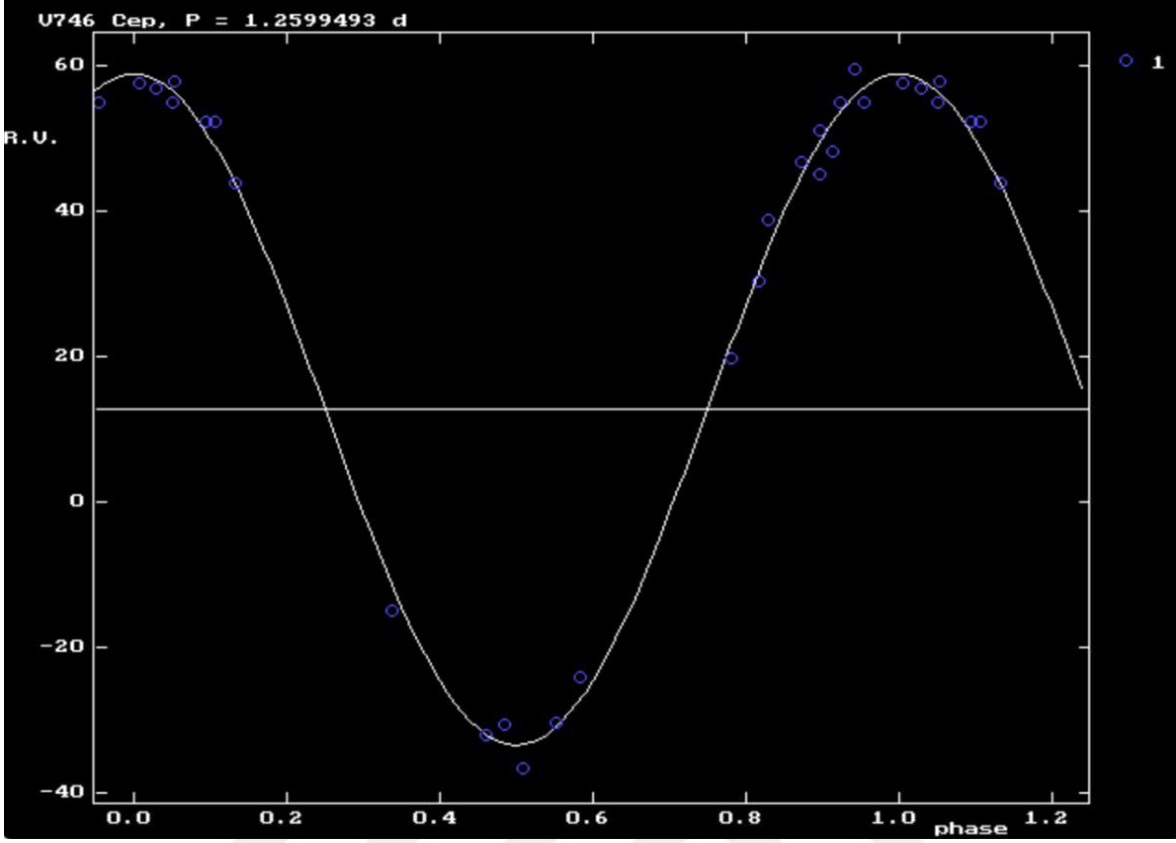
V746 Cep'in dikine hızları, ilk olarak, MgII (448.11 nm) çizgisinden IRAF'taki RV paketinden FXCOR taskı (Tonry ve Davis, 1979; Popper ve Jeong, 1994) kullanılarak okunmuştur. Çapraz korelasyon yönteminde Vega yıldızının tayfları mukayese olarak kullanılmıştır. Ancak, V746 Cep'in ikinci bileşenine ait dikine hızlar, ikinci bileşenin katkısının çok küçük olmasından dolayı okunamamıştır. Çapraz korelasyon yöntemine (FXCOR) bir örnek görüntüler, Şekil 8'de gösterilmektedir.

V746 Cep'in dikine hız ölçümlerinde duyarlılığı artırmak için, ayrıca,  $H_{\alpha}$  ve  $H_{\beta}$  çizgilerinden IRAF'ın splot taskında k-k komutları kullanılarak birinci bileşenin dikine hızları okunmuştur. FXCOR taskında bileşenin güneş merkezli hız değeri ( $V_{helio}$ ) otomatik olarak elde edilirken k-k komutu uygulanmadan önce gözlemevinin hareketinden dolayı düzeltme için (yani dikine hız ölçümlerini güneş merkezine (heliocentric) indirgemek için) rvcor ve dopcor taskları, tayfları 1'e normalize etmeden önce, sırasıyla uygulandı. Böylece birinci bileşen için üç farklı çizgiden okunan dikine hızların ağırlıklı ortalamaları alınmış ve elde edilen dikine hız eğrisi, SPEL programı (Horn vd. 1994, 1996) kullanılarak çözülmüştür. İterasyonlar sürecinde, V746 Cep'in yörünge dönemi (P) sabit tutulurken dikine hız eğrisinin maksimum zamanı ( $T_{max}$ ), birinci bileşenin dikine hız eğrisinin genliği ( $K_1$ ) ve sistemin ortak kütle merkezinin hızı ( $V_{\gamma}$ ) serbest bırakılmıştır. Dikine hız eğrisi çözülürken; çember ve eliptik yörünge modelleri uygulanmıştır. SPEL programı, Lucy ve Sweeney (1971)'in eliptik ve çember yörünge için verdiği olasılık denklemlerini kullanarak dikine hız eğrisi çözülürken bu olasılık parametresini (p) ayrıca belirler. Lucy ve Sweeney (1971)'in çalışmasına göre  $p > 0.05$  olduğunda eliptik yörünge çözümü önem kazanır. SPEL programı, V746 Cep için  $p=0.01$  vermiştir; böylece V746 Cep için çember yörünge çözümü kabul edilmiştir. Programın V746 Cep'in birinci bileşenin dikine hız eğrisi için verdiği nihai çözüm sonuçları, Şekil 9'da gösterilmekte ve Tablo 1'de verilmektedir.



Şekil 8. V746 Cep'in IRAF'ta dikine hızlar okunurken yapılan işlem süreçlerine ilişkin örnek ekran görüntüleri. Üstteki görüntüde V746 Cep, mukayese yıldızı Vega'nın tayfları ve dikine hız okunan Mg II (448.11 nm) çizgisi, alttaki görüntü çapraz korelasyon ile okunan dikine hız ve ona ait Gauss fiti gösterilmektedir.





Şekil 9. V746 Cep'in birinci bileşenin dikine hız değerleri ve SPEL programı ile fit edilen kuramsal eğri.

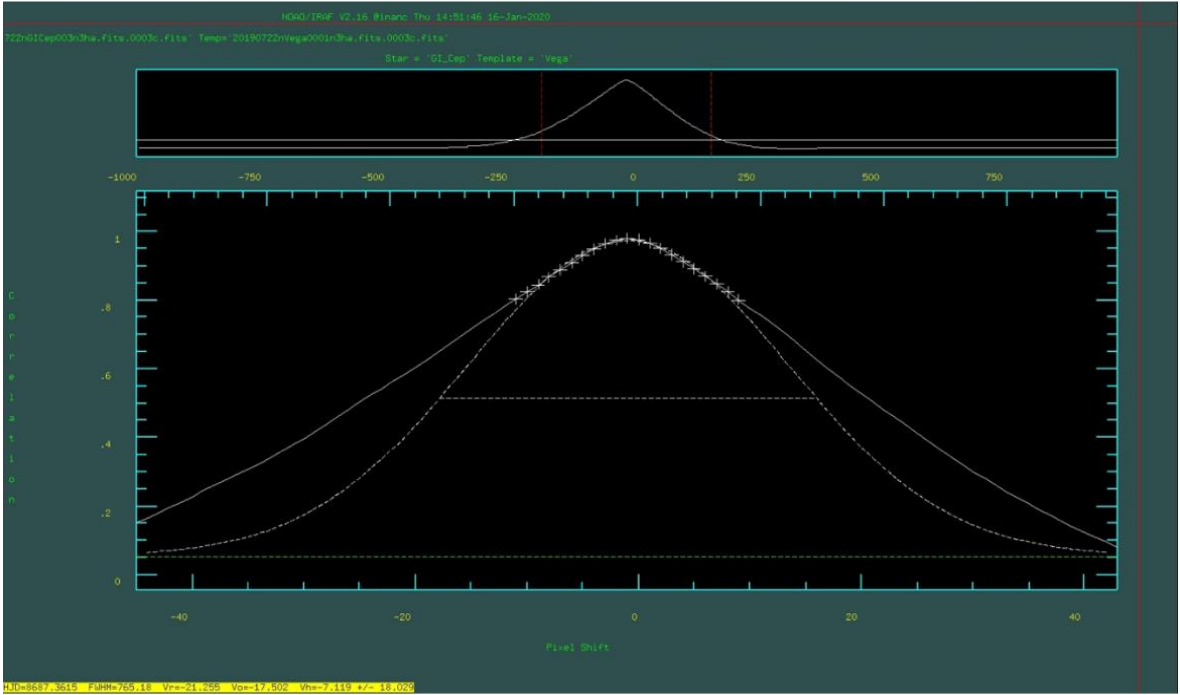
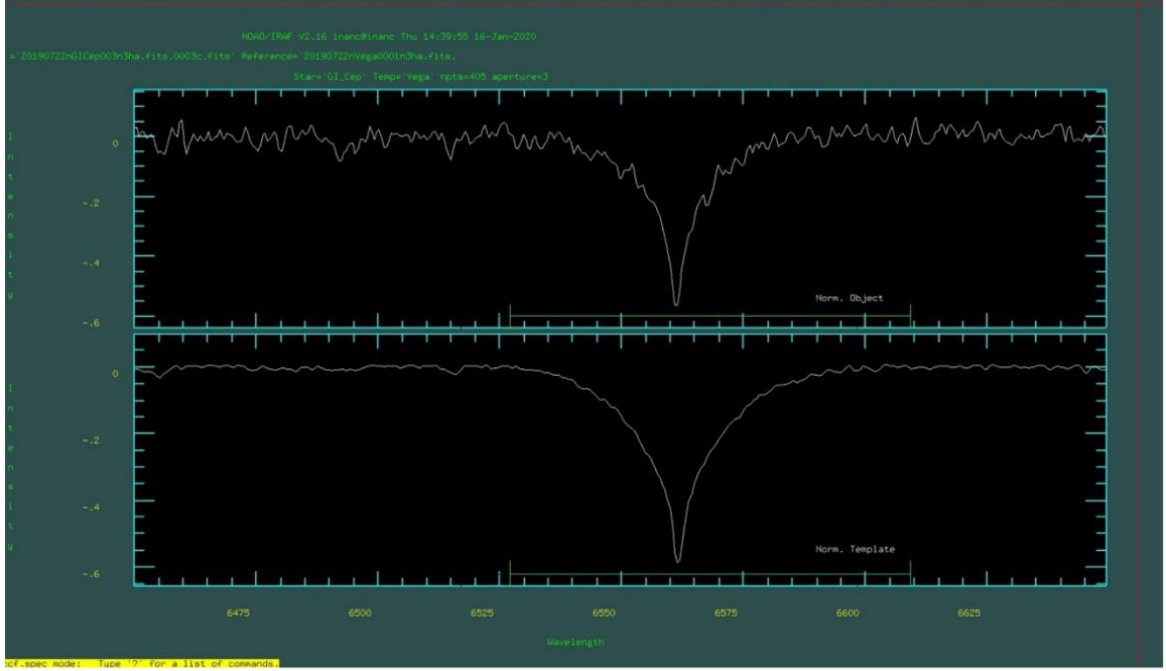
Tablo 1

V746 Cep'in SPEL programıyla bulunan tayfsal yörünge parametreleri.

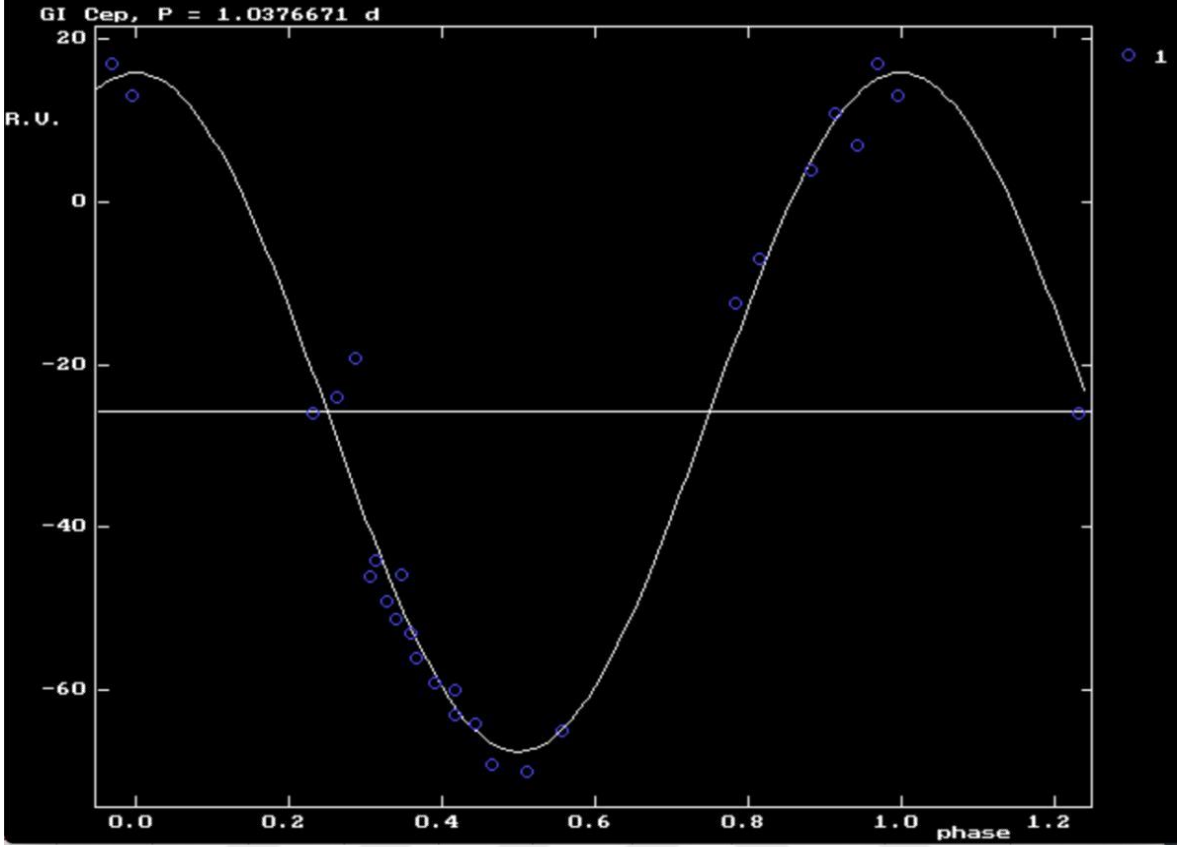
Parametre	Ölçülen Değer	Hata
P (gün)	1.2599493	Sabit
$T_{\max}$ (HJD)	2458378.0392	0.0044
$K_1$ (km/s)	46.11	0.68
$V_\gamma$ (km/s)	12.70	0.56
$f$ (m) ( $m_\odot$ )	0.0128	0.0006
$a_1 \sin i$ ( $R_\odot$ )	1.15	0.02

## 4.2. GI Cep Çift Yıldızının Dikine Hız Eğrisi ve Çözümü

GI Cep'in dikine hızları, ilk olarak, MgII (448.11 nm) çizgisinden IRAF'taki RV paketinden FXCOR taskı (Tonry ve Davis, 1979; Popper ve Jeong, 1994) kullanılarak okunmuştur. Çapraz korelasyon yönteminde Vega yıldızının tayfları mukayese olarak kullanılmıştır. Ancak, GI Cep'in ikinci bileşenine ait dikine hızlar, ikinci bileşenin katkısının çok küçük olmasından dolayı okunamamıştır. Çapraz korelasyon yöntemine (FXCOR) bir örnek görüntüler, Şekil 10'da gösterilmektedir. GI Cep'in dikine hız ölçümlerinde duyarlılığı artırmak için, ayrıca,  $H_{\alpha}$  ve  $H_{\beta}$  çizgilerinden IRAF'ın splot taskında k-k komutları kullanılarak birinci bileşenin dikine hızları okunmuştur. FXCOR taskında bileşenin güneş merkezli hız değeri ( $V_{helio}$ ) otomatik olarak elde edilirken k-k komutu uygulanmadan önce gözlemevinin hareketi nedeniyle dikine hız ölçümlerini güneş merkezine (heliocentric) indirmek için rvcor ve dopcor taskları, tayfları 1'e normalize etmeden önce, sırasıyla uygulandı. Böylece birinci bileşen için üç farklı çizgiden okunan dikine hızların ağırlıklı ortalamaları alınmış ve elde edilen dikine hız eğrisi, SPEL programı (Horn vd. 1994, 1996) kullanılarak çözülmüştür. İterasyonlar sürecinde, GI Cep'in yörünge dönemi (P) sabit tutulurken dikine hız eğrisinin maksimum zamanı ( $T_{max}$ ), birinci bileşenin dikine hız eğrisinin genliği ( $K_1$ ) ve sistemin ortak kütle merkezinin hızı ( $V_{\gamma}$ ) serbest bırakılmıştır. Dikine hız eğrisi çözüldükten; çember ve eliptik yörünge modelleri uygulanmıştır. SPEL programı, Lucy ve Sweeney (1971)'in eliptik ve çember yörünge için verdiği olasılık denklemlerini kullanarak dikine hız eğrisi çözüldükten bu olasılık parametresini (p) ayrıca belirler. Lucy ve Sweeney (1971)'in çalışmasına göre  $p > 0.05$  olduğunda eliptik yörünge çözümü önem kazanır. SPEL programı, GI Cep için  $p=0.02$  vermiştir; böylece GI Cep için çember yörünge çözümü kabul edilmiştir. Programın GI Cep'in birinci bileşenin dikine hız eğrisi için verdiği nihai çözüm sonuçları, Şekil 11'de gösterilmekte ve Tablo 2'de verilmektedir.



Şekil 10. GI Cep'in IRAF'ta dikine hızlar okunurken yapılan işlem süreçlerine ilişkin örnek ekran görüntüleri. Üstteki görüntüde GI Cep, mukayese yıldızı Vega'nın tayfları ve dikine hız okunan  $H_{\alpha}$  (656.1 nm) çizgisini, alttaki görüntü çapraz korelasyon ile okunan dikine hız ve ona ait Gauss fiti gösterilmektedir.



Şekil 11. GI Cep'in birinci bileşeninin dikine hız değerleri ve SPEL programı ile fit edilen kuramsal eğri.

Tablo 2

GI Cep'in SPEL programıyla bulunan tayfsal yörünge parametreleri.

Parametre	Değeri	Hatası
P (gün)	1.0376671	Sabit
$T_{\max}$ (HJD)	2457976.3435	0.0067
$K_1$ (km/s)	41.72	1.67
$V_\gamma$ (km/s)	-25.82	0.98
$f$ (m) ( $m_\odot$ )	0.0078	0.0009
$a_1 \sin i$ ( $R_\odot$ )	0.86	0.03

### 4.3. Fotometrik Gözlem Verisinin Analizi

Tüm sektörlerden seçilen uygun gözlem noktalarından normalize akı değerleri ile ışık eğrisi oluşturulmuştur. Işık eğrisinin oluşturulması için gerekli minimum zamanı TESS verisi içinden seçilen bir minimum verisinden Kwee ve van Woerden (1956) yöntemiyle okunmuştur. Bu çalışmada yörünge dönemleri ise GI Cep için 1.03767 gün ve V746 Cep için 1.25997 gün olarak Kreiner vd. (2004) O-C atlaslarındaki güncel verilerden sabit alınmıştır. GI Cep için sektör-18 verisinde sadece birinci minimum evresindeki gözlem noktalarıyla sektör-16, sektör-17 ve sektör-24 verileri ışık eğrisine eklenmiştir. V746 Cep için sadece sektör-17 verisi ışık eğrisi çözümünde kullanılmıştır. TESS verisinden üretilen ışık eğrileri Monte Carlo yöntemiyle (Zola, 2014) birleştirilmiş Wilson-Devinney (Wilson ve Devinney,1971) (WD+MC) yöntemiyle çözümlenerek ışık eğrisi parametreleri elde edilmiştir. Çözüm için gerekli başlangıç parametrelerinden birinci bileşen sıcaklığını ( $T_1$ ) bulmak için iki farklı yöntem uygulanmıştır. İlk yöntemde, birinci bileşenin etkin sıcaklığının bulunması için yıldızlararası kızıllaşmanın ve uzaklığın etkisi düşünülerek kızıllaşmamış renk ölçeğinden  $[(B-V)_0]$  sıcaklık tahmini yapılmıştır. GI Cep için kızıllaşmamış renk ölçeği, APASS (Henden, A.A. vd., 2015) verisine göre  $(B-V)=0.306$ 'dır. V746 Cep için renk ölçeği, Tycho-2 (Høg, E. vd., 2000) katalog verisine göre  $(B-V)=0.61$ 'dir. GAIA (Gaia Collaboration, 2016, 2018) trigonometrik paralaksı kullanılarak aşağıdaki formül ile yıldızların uzaklıkları GI Cep için  $d=757\pm 14$  pc ve V746 Cep için  $d=882\pm 23$  pc olarak hesaplanmıştır.

$$d(pc) = \frac{1000}{\pi(mas)}$$

NED (NASA Extragalactic Database) veritabanı üzerinden hesaplanan yıldızlararası sönmleme sabiti ( $A_V$ ) için Schafly ve Finkbeiner (2011) galaktik sönmleme kalibrasyonu kullanılmıştır. Bu katsayılar GI Cep ve V746 Cep için sırasıyla:  $A_V=2.049$ ,  $A_V=2.789$ 'dır. Yıldızın uzaklığına bağlı sönmleme katsayısı için Bahcall ve Soneira'nın denklemi (1980) kullanılmıştır.

$$A_d(b) = A_V(b) \left[ 1 - \exp\left(\frac{-|d \sin(b)|}{H}\right) \right]$$

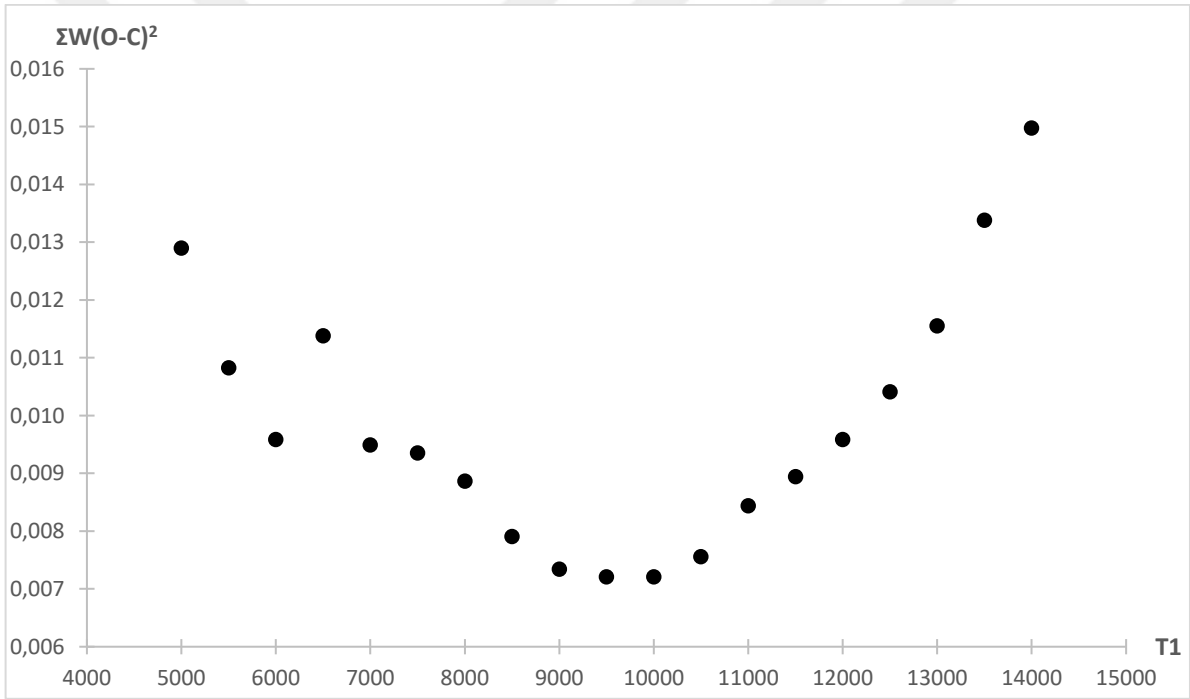
Bu denklemdaki  $b$  yıldızın galaktik enlemi ve  $d$  uzaklığını temsil etmektedir.  $H$  ise yıldızlararası tozun yükseklik ölçeğidir. Marshall vd. (2006) bu değerin  $H=125$  pc sabit olduğunu hesaplamıştır. Sonraki adımda aşağıdaki birinci denklemle GI Cep'in ve V746 Cep'in renk artışı hesaplanmıştır. İkinci denklem ise Bilir vd. (2008) ışıma-renk bağıntısıdır ve buradan kızıllaşmamış renk ölçeği  $[(B-V)_0]$  hesaplanmıştır.

$$E_d(B - V) = A_d(b)/3.1$$

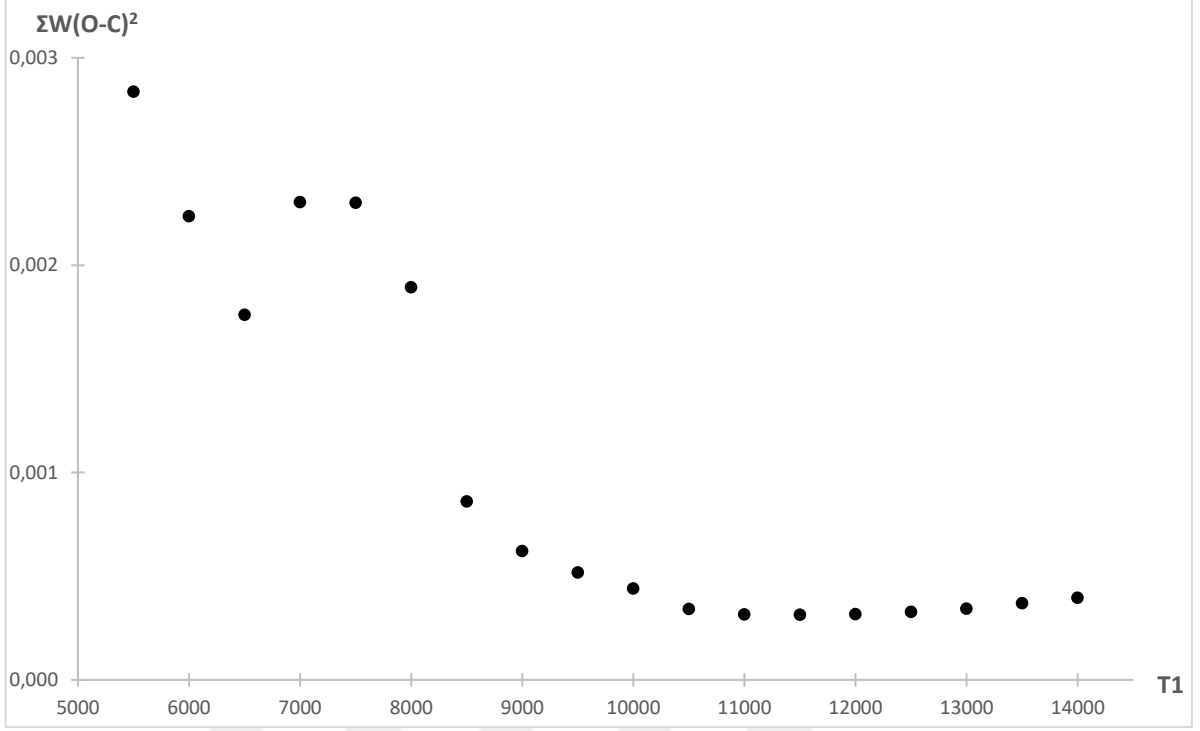
$$(B - V)_0 = (B - V) - E_d(B - V)$$

Bu hesaplamalardan bulunan kızıllaşmamış renk ölçeği ile GI Cep ve V746 Cep'in etkin sıcaklıkları Aller vd. (1982) anakol yıldızları için oluşturduğu renk ölçeği-sıcaklık kalibrasyonuna göre birinci bileşenlerin etkin sıcaklıkları sırasıyla 12600 K ve 8370 K olarak bulunmuştur. Fakat bu yöntemde yıldızlararası sönükleşmenin büyük çıkmasından dolayı kızıllaşmamış renk ölçeği gözlenen renk ölçeğinden çok farklıdır. Bu yıldızların tayf türleri de bilinmediğinden dolayı ışık eğrisi üzerinden WD yöntemi ile sıcaklık taraması yapılması gerekli görülmüştür. Sıcaklık taraması için öncelikle WD bilgisayar kodu TESS verisi için düzenlenmiştir. WD kodu, van Hamme'in (1993) doğrusal, logaritmik ve kare köklü kenar kararına yasasına göre dizayn edilmesinden dolayı TESS gözlem verisi için yeterli değildir. Bu yüzden WD koduna kuadratik kenar kararına yasası da tanıtılmış ve Claret'in (2017) TESS uydu verisi için hazırladığı kenar kararına katsayıları WD koduna eklenmiştir. WD kodunda iki sistemin de algol olduğu kabul edilerek MOD5'e göre çözüm yapılmıştır. Normalize edilmiş TESS verileri üzerinden yapılan sıcaklık taramalarında, 5000 K'den başlayarak 500 K'lik adımlarla 14000 K'e kadar yapılan hesaplamalarda, artıkların karesinin ağırlıklı toplamlarının  $[\Sigma W(O-C)^2]$  sıcaklığa göre değişimi sıralandığında en düşük  $\Sigma W(O-C)^2$  sonucunu gösteren değer, birinci bileşen için çözümde sabit alınabilecek en uygun sıcaklık değerine karşılık gelmektedir. Bu tarama sonuçları GI Cep için 10000 K ve V746 Cep için 11720 K değerinin birinci bileşenin etkin sıcaklığı için duyarlı olduğunu göstermektedir. Sıcaklık taraması sonuçları birinci bileşenler için  $T_1 > 7200$  K ve ikinci bileşenler için  $T_2 < 7200$  K olarak hesaplanmasından dolayı her iki sistemde de birinci bileşenin radyatif, ikincinin ise konvektif ışıma yaptığı kabul edilmiştir. Dolayısıyla bileşenlerin çekim kararına katsayıları  $g_1=1.0$ ,  $g_2=0.32$  (Lucy, 1967) ve bolometrik albedoları  $A_1=1.0$ ,  $A_2=0.5$  (Rucinski, 1969) olarak kabul edilmiştir. GI Cep ve V746 Cep

çift yıldızlarının çembersel yörüngede ( $e=0$ ) oldukları ve eş dönme ( $F_1=F_2$ ) gösterdikleri varsayılmıştır. WD+MC yöntemiyle çözüm yaparken serbest bırakılan parametreler: yörüngenin eğimi ( $i$ ), ikinci bileşenin etkin sıcaklığı ( $T_2$ ), birinci bileşenin boyutsuz yüzey potansiyeli ( $\Omega_1$ ), bileşenlerin kütle oranı ( $q$ ), birinci bileşenin ışımasıdır ( $L_1$ ). Her iki çift yıldızda da ikinci minimum derinliği oldukça sığ olmasından dolayı üçüncü bileşenin ışıması ( $L_3$ ) da çözüm yaparken serbest bırakılmıştır. GI Cep için  $L_3$  değeri sıfıra çok yakın bir değerdedir. Bu yüzden hata payı içinde kalmasından dolayı  $L_3=0$  olarak kabul edilmiştir. V746 Cep için aynı durum söz konusu değildir. Sıcaklık taraması sonuçlarının olduğu grafikler Şekil 12 ve Şekil 13'te verilmiştir.



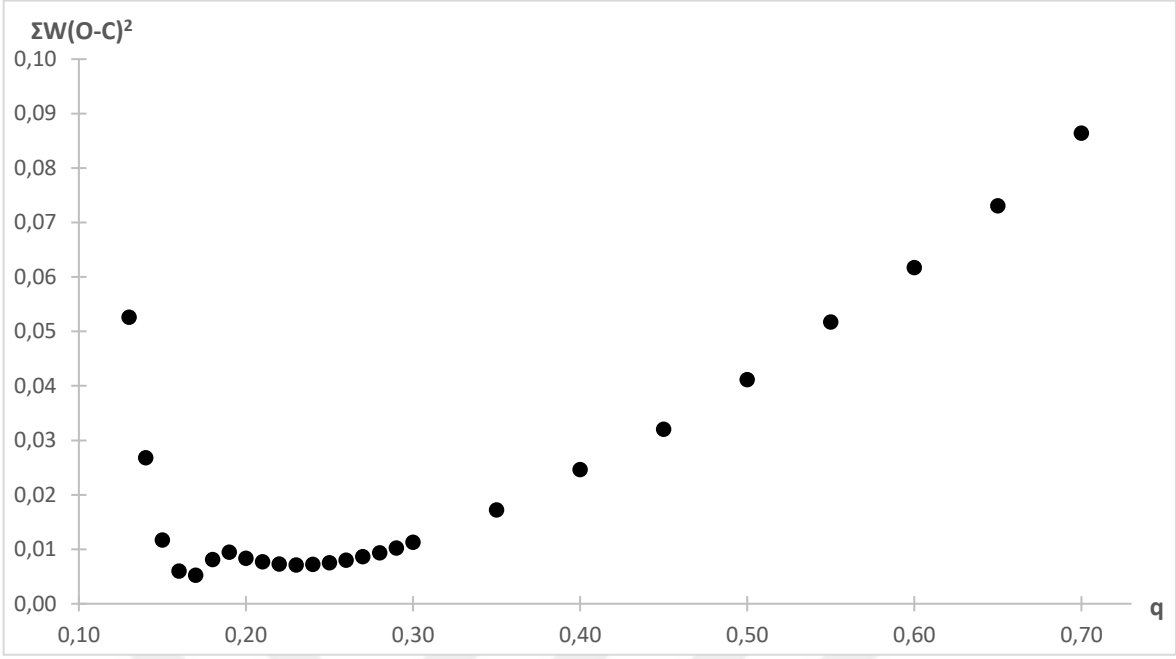
Şekil 12. GI Cep sisteminin WD sıcaklık taramasının  $[\Sigma W(O-C)^2]$  değişimini göstermektedir.



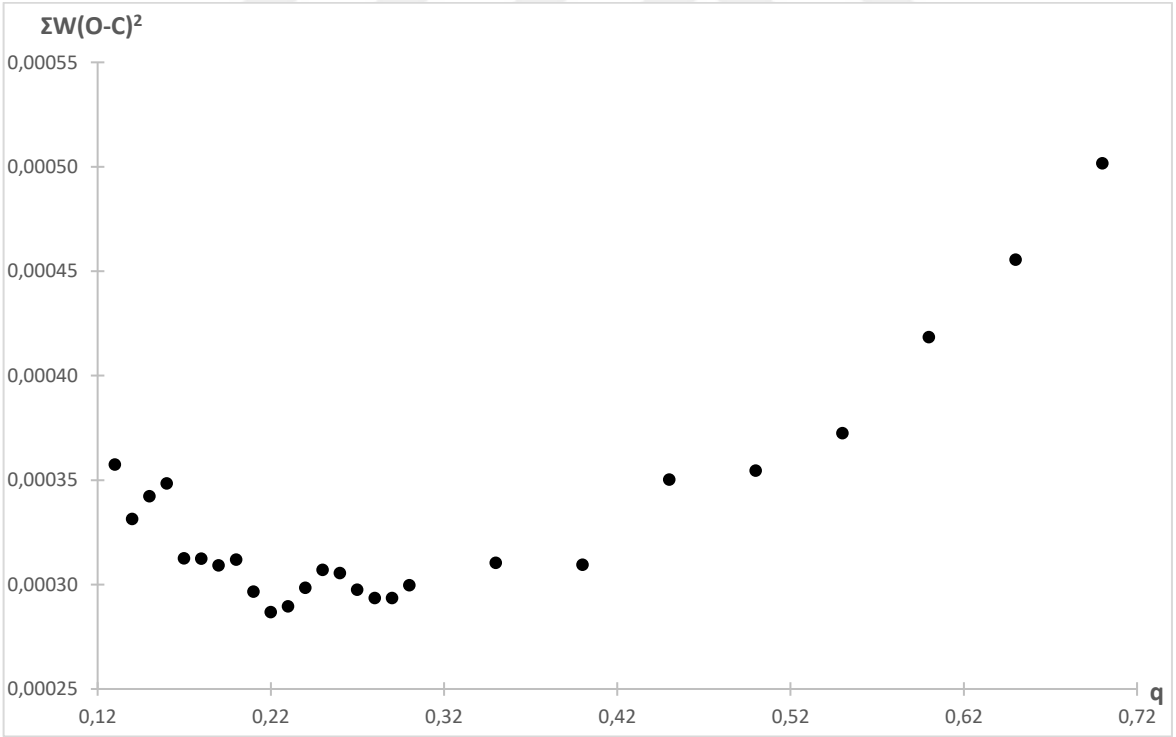
Şekil 13. V746 Cep sisteminin WD sıcaklık taramasının  $[\Sigma W(O-C)^2]$  değişimini göstermektedir.

GI Cep ve V746 Cep yıldızlarına ait detaylı bir tayf çalışması bulunmamasından dolayı bileşenlere ait kütle değerleri de bilinmemektedir. Dolayısıyla fotometrik kütle oranının hesaplanması uygun görülmüştür. Bunun için yine TESS gözlem verisi üzerinden sıcaklık taramasında olduğu gibi benzer yol izlenmiştir. Sıcaklık taramasında olduğu gibi WD kodu ile MODE 5'e göre yapılan kütle taramasında 0.12 kütle oranından başlayarak 0.7 kütle oranına kadar hesaplanıp, artıkların karesinin ağırlıklı toplamlarının  $[\Sigma W(O-C)^2]$  kütleyle göre değişimleri elde edilmiştir. Kütle taramasında birinci bileşenin etkin sıcaklığı için başlangıç değeri, sıcaklık taraması sonuçlarına göre sabit alınmıştır. Kenar kararma katsayıları, çekim kararması katsayıları ve bolometrik albedolar, sıcaklık taramasındaki gibi aynı değerlerde sabit alınmıştır. Serbest parametreler sıcaklık taramasında olduğu gibi aynıdır. Kütle taramasının serbest parametreleri uyumlu değişim göstermektedir. Kütle taraması sonucu GI Cep için  $q=0.16477$  ve V746 Cep için  $q=0.23499$  değerini vermektedir.



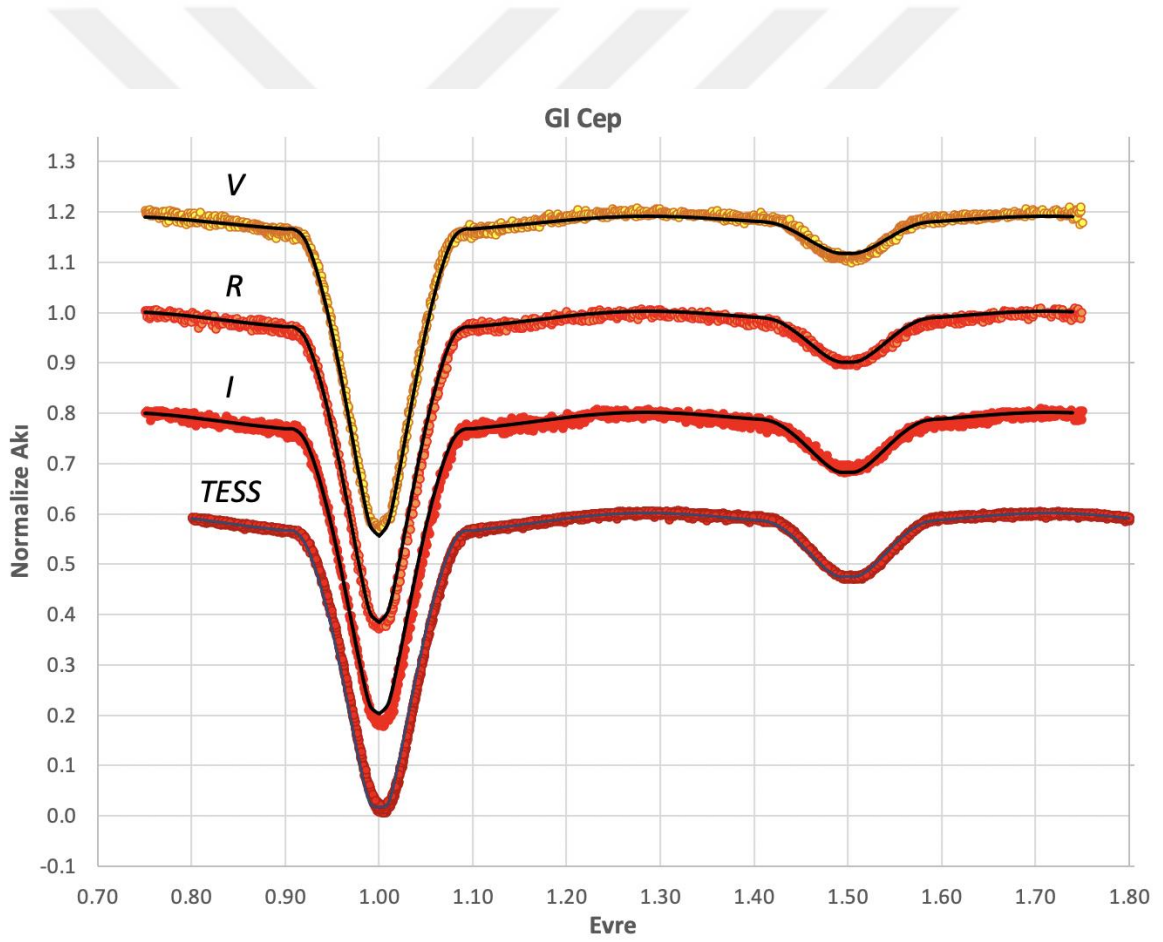


Şekil 14. GI Cep sisteminin WD kütle taramasının  $[\Sigma W(O-C)^2]$  değişimini göstermektedir.



Şekil 15. V746 Cep sisteminin WD kütle taramasının  $[\Sigma W(O-C)^2]$  değişimini göstermektedir.

Sıcaklık taraması ve kütle taraması sonuçlarından hesaplanan parametreler kullanılarak WD+MC yöntemiyle sentetik ışık eğrisi üretilmiştir. Hesaplanan parametreler ve gözlem noktaları arasındaki uyum incelendiğinde sentetik ışık eğrisi modelleri GI Cep ve V746 Cep'in TESS verileri için duyarlı olduğunu göstermektedir. TESS ışık eğrisi çözümlerinden bulunan parametreler giriş değerleri kullanılarak hedef çift yıldızların ÇOMÜ Gözleminde elde edilen çok band ışık eğrileri de çözülmüştür. WD+MC sonuçları ile aynı zamanda bileşenlerin Roche geometrisi BinaryMaker3 kullanılarak oluşturulmuştur. Sentetik modelde kullanılan parametreler Tablo 3 ve Tablo 4'te, gözlem noktaları ve sentetik ışık eğrisi modelleri ve Roche geometrilerinin olduğu şekiller aşağıda verilmiştir.

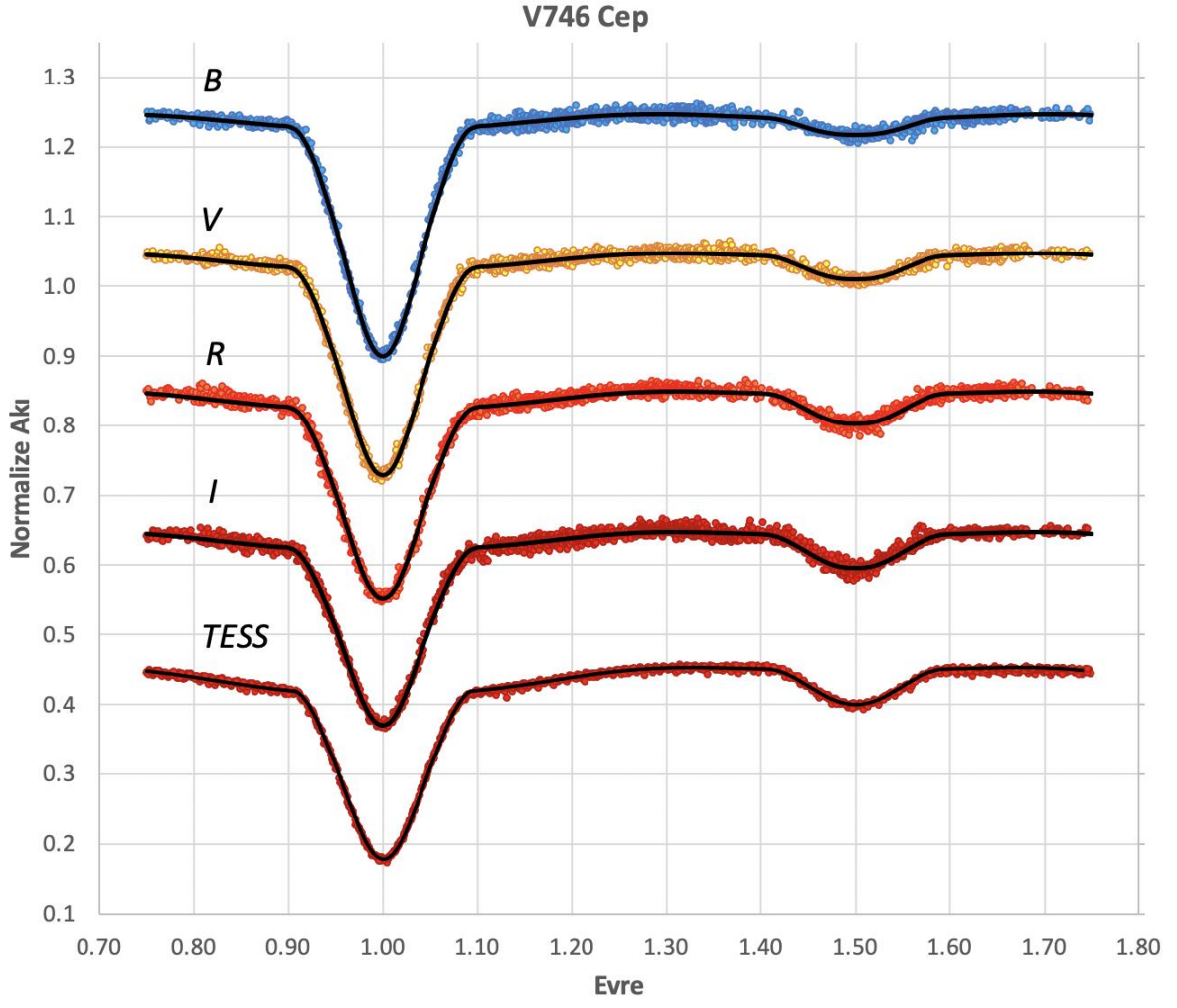


Şekil 16. GI Cep'in ÇOMÜG VRI + TESS ışık eğrileri ve WD+MC modeli ışık eğrileri.

Tablo 3

GI Cep sistemin WD+MC yöntemi ışık eğrisi çözüm sonuçları.

	<b>TESS</b>	<b>VRI</b>
$i$ (derece)	88.42 $\pm$ 1.11	87.25 $\pm$ 0.03
$T_1$ (K)	10000	10000
$T_2$ (K)	5025 $\pm$ 218	5003 $\pm$ 200
$\Omega_1$	3.581 $\pm$ 0.015	3.637 $\pm$ 0.020
$\Omega_2$	2.142	2.142
$q$	0.165 $\pm$ 0.015	0.165
$r_1$ (mean)	0.29 $\pm$ 0.02	0.27 $\pm$ 0.02
$r_2$ (mean)	0.23 $\pm$ 0.02	0.23 $\pm$ 0.02
$L_1$	0.89 $\pm$ 0.02	0.94 $\pm$ 0.04 (V) 0.91 $\pm$ 0.02 (R) 0.89 $\pm$ 0.02 (I)
$L_2$	0.11	0.06 (V) 0.09 (R) 1.11 (I)

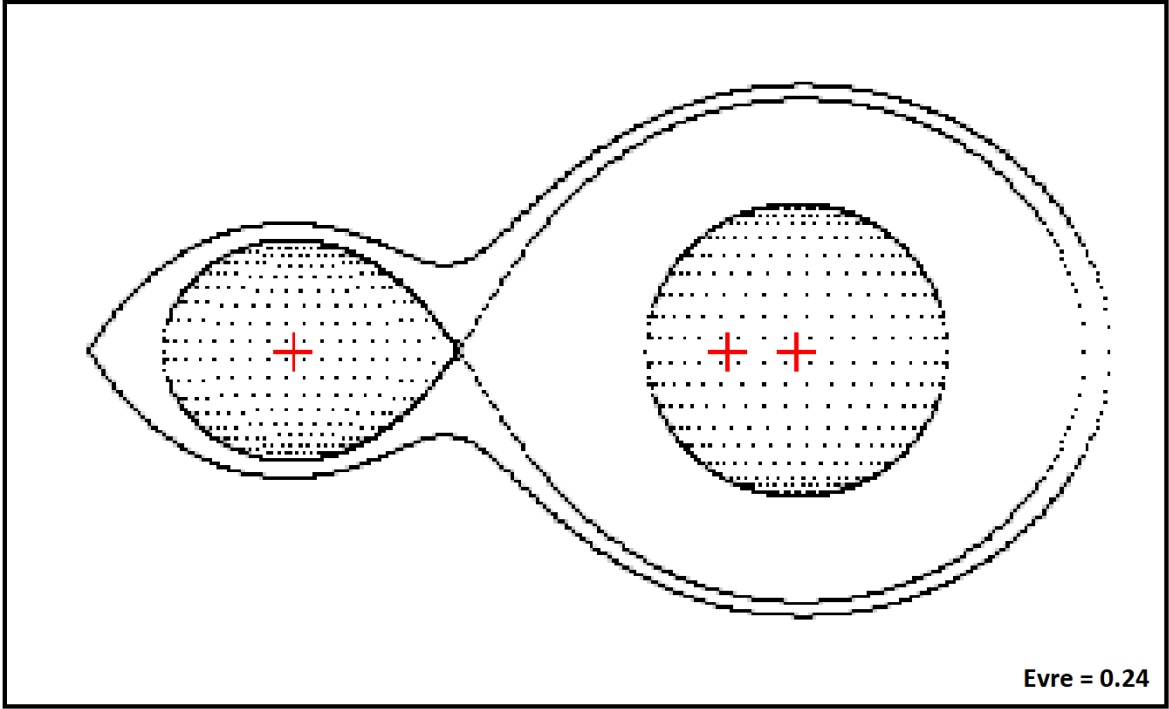


Şekil 17. V746 Cep'in ÇOMÜĞ *VRI* + TESS ışık eğrileri ve WD+MC modeli ışık eğrileri.

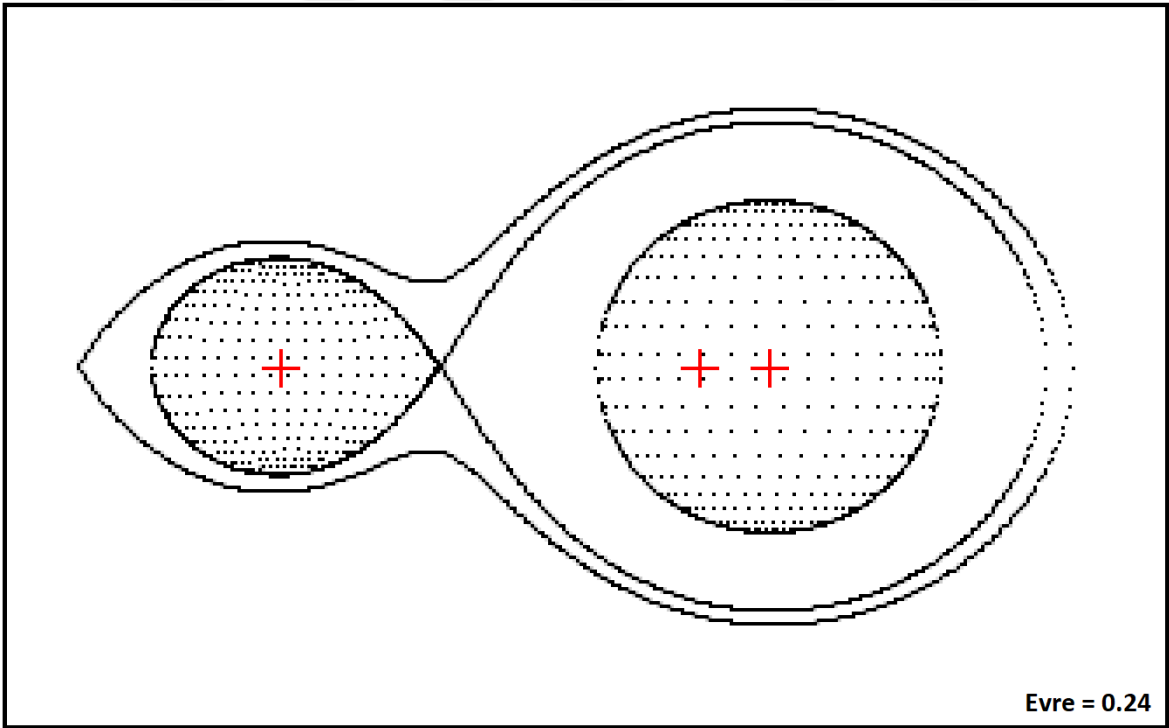
Tablo 4

V746 Cep sistemin WD+MC yöntemi ışık eğrisi çözüm sonuçları.

	<i>TESS</i>	<i>VRI</i>
<i>i</i> (derece)	80.04 ±0.09	83.27 ±0.13
<i>T<sub>1</sub></i> (K)	11700	11700
<i>T<sub>2</sub></i> (K)	4500 ±116	4846 ±130
<i>Ω<sub>1</sub></i>	3.107 ±0.010	3.152 ±0.020
<i>Ω<sub>2</sub></i>	2.157 ±0.008	2.154 ±0.015
<i>q</i>	0.17 ±0.01	0.17 ±0.02
<i>r<sub>1</sub></i> (mean)	0.35 ±0.02	0.34 ±0.02
<i>r<sub>2</sub></i> (mean)	0.24 ±0.02	0.24 ±0.02
<i>L<sub>1</sub></i>	0.65 ±0.02	0.71 ±0.02 (B) 0.64 ±0.02 (V) 0.60 ±0.02 (R)
<i>L<sub>2</sub></i>	0.05	0.56 ±0.02 (I) 0.01 (B) 0.02 (V) 0.03 (R)
<i>L<sub>3</sub></i>	0.30 ±0.01	0.04 (I) 0.28 ±0.01 (B) 0.33 ±0.01 (V) 0.37 ±0.01 (R) 0.40 ±0.01 (I)



Şekil 18. GI Cep'in WD+MC sonuç parametrelerinden üretilen, bileşenlerin 0.24 evredeki Roche modeli.



Şekil 19. V746 Cep'in WD+MC sonuç parametrelerinden üretilen, bileşenlerin 0.24 evredeki Roche modeli.

#### 4.4. Yörünge Dönemi Analizi

Algol-türü çift yıldızlar GI Cep ve V746 Cep'in yörünge dönemi değişimlerini ortaya çıkarmak amacıyla O-C yöntemi kullanıldı. Bunun için V746 Cep için Ek 2'de verilen ve GI Cep için Ek 4'te verilen tüm minimum zamanları kullanıldı. Analizde veri için yapılan ağırlıklandırmada, görsel (düzlem minimum), fotografik (sezonluk ışık eğrisinden), fotoelektrik ve CCD verisi için sırasıyla 1, 2, 10 ve 10 olarak alınmıştır.

Hedef çift yıldızların O-C değerlerinin çevrim sayısı  $E$ 'ye ve gözlem yılına göre değişimi Şekil 20 ve 21'de gösterilmektedir. Bu diyagramlara göre her iki sistemin O-C değişimlerinin aşağı doğru parabol üzerine binmiş çevrimsel değişimler olabileceği düşünülerek aşağıdaki denklem en küçük kareler yöntemiyle fit edildi:

$$(O - C) = \pm Q \times E^2 + \Delta t$$
$$\Delta t = \frac{a_{12} \sin i'}{c} \left\{ \frac{1 - e'^2}{1 + e' \cos v'} \sin(v' + \omega') + e' \cos \omega' \right\}$$

Burada  $\Delta t$  tutulma zamanlarında gözlenen ve ışık-zaman etkisinden doğan zaman değişimini göstermektedir ve ilk kez Irwin (1959) tarafından ortaya konmuştur. Burada  $c$  ışık hızı,  $a_{12}$ ,  $i'$ ,  $e'$  ve  $\omega'$  örten çiftin üçlü sistemin ortak kütle merkezi etrafında çizdiği yörünge, sırasıyla, yarı-büyük eksen uzunluğu, dış-merkezliği/basıklığı ve enberi boylamıdır.  $v'$  üçlü sistemin yörüngesi üzerinde örten çiftin kütle merkezinin gerçek ayrıklığıdır ve denklemde açık bir şekilde görülmeyen, çiftin ortak kütle merkezinin üçlünün ortak kütle merkezi etrafındaki yörüngesinin dolanma dönemi  $P_{12}$ 'yi ve enberi zamanı  $T_s$ 'i içerir.

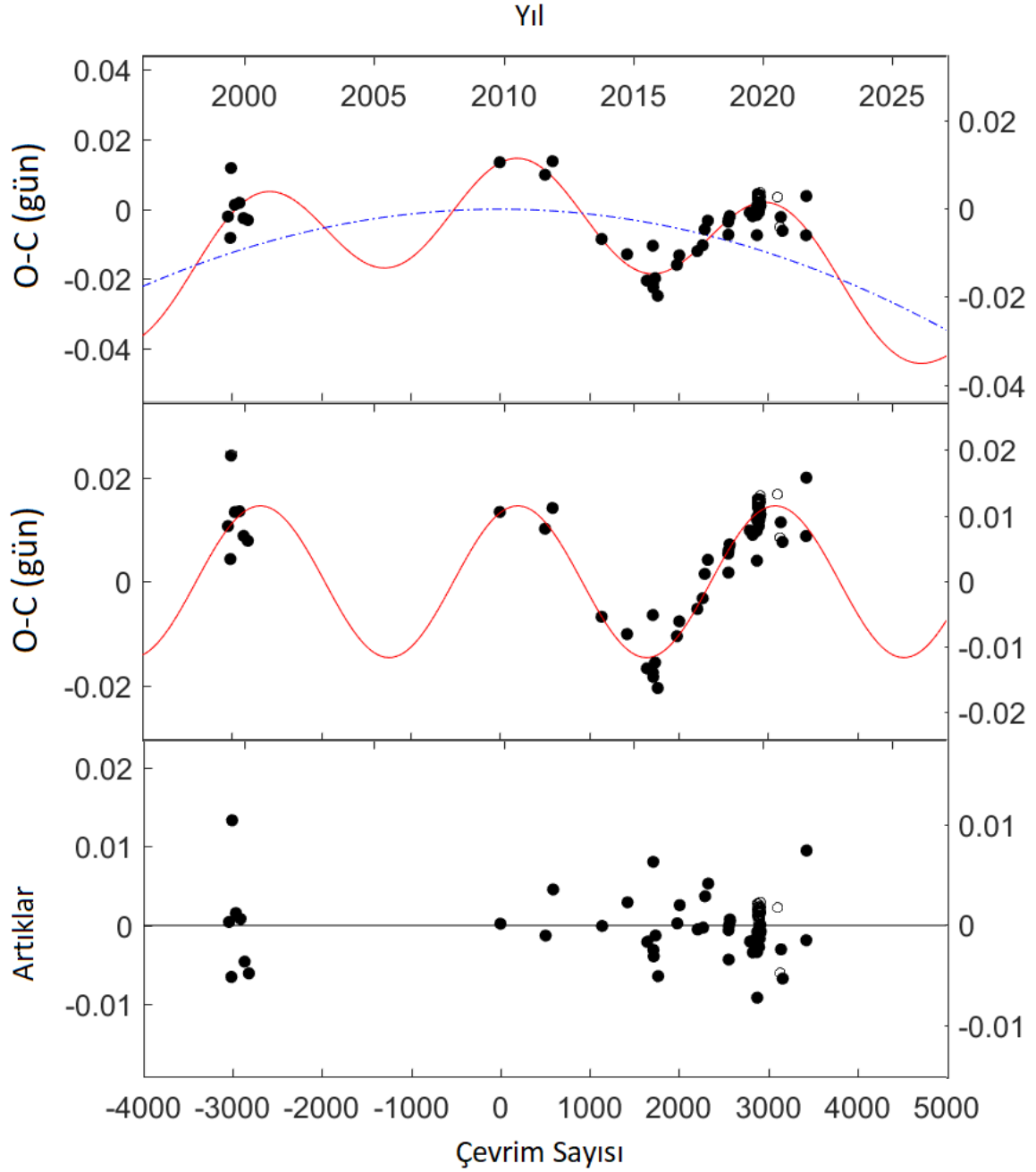
O-C verilerine fit edilen çevrimsel eğriden bulunan  $a_{12} \sin i'$  ve  $P_{12}$  değerleri kullanılarak üçüncü cismin sahip olabileceği kütleli veren kütle fonksiyonu  $f(M_3)$  aşağıdaki denklem yardımıyla hesaplanır:

$$f(M_3) = \frac{(a_{12} \sin i)^3}{P_{12}^2} = \frac{(M_3 \sin i)^3}{(M_1 + M_2 + M_3)^2}$$

Burada  $M_1$  ve  $M_2$  güneş kütlesi cinsinden bileşenlerin kütlelerini,  $M_3$  güneş kütlesi cinsinden üçüncü cismin kütlelerini belirtmektedir. Eğer  $a_{12}$  AB biriminde ve  $P_{12}$  üçlü dizgenin yörüngesinin dönemi yıl biriminde alınırsa;  $f(M_3)$  kütle fonksiyonunun değeri güneş kütlesi

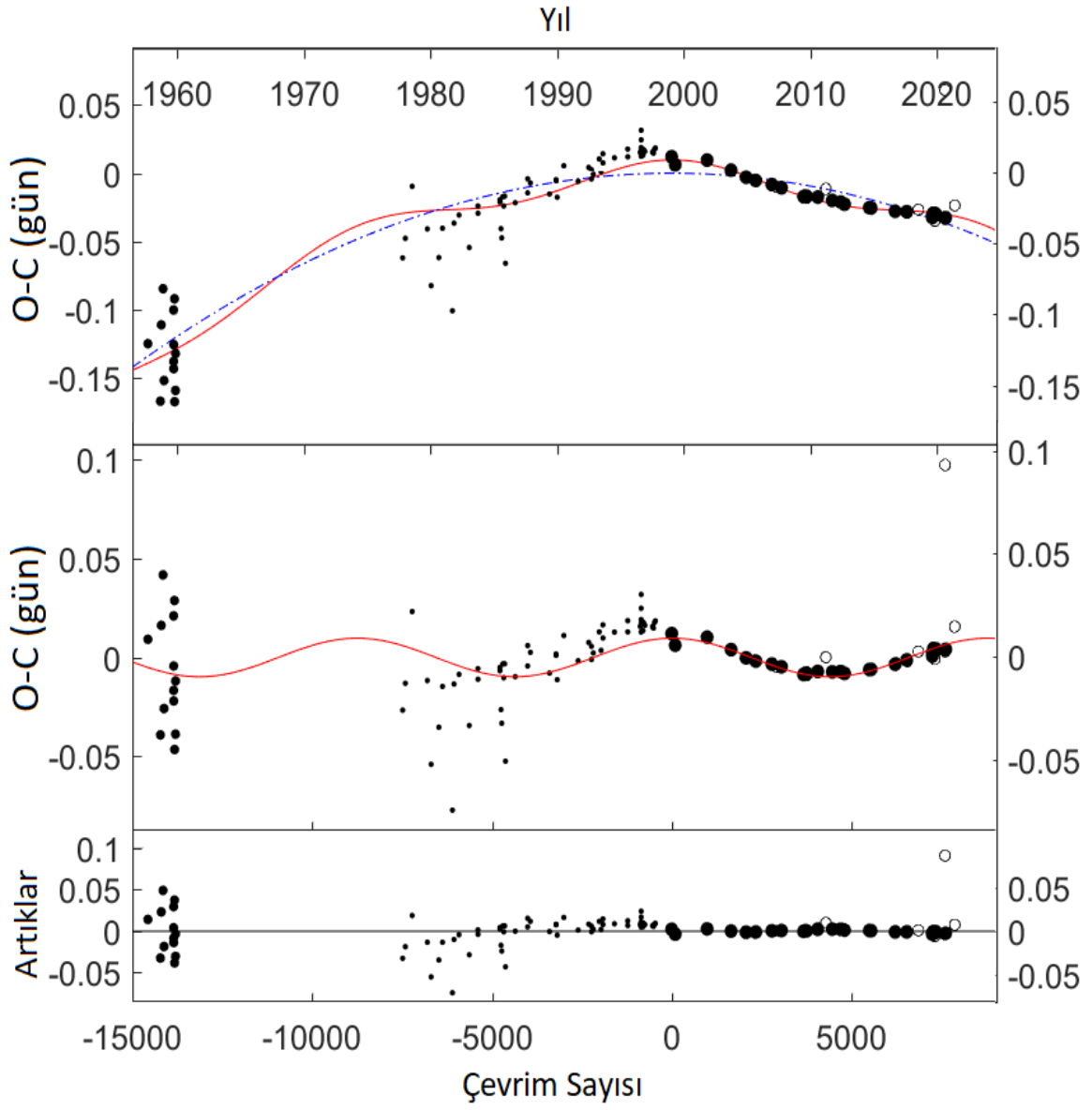
biriminde elde edilir. Denklem sağ tarafındaki eşitlik kullanılarak üçüncü cismin kütlesi  $i'$  açısına bağlı olarak hesaplanır.

Sonuç olarak, V746 Cep ve GI Cep çift yıldız sistemlerine uygulanan O-C analizinin diyagramları, Şekil 20 ve 21'de, fit edilen parametrelerin değerleri Tablo 5'te verilmekte ve sonuçların değerlendirilmesi ve tartışılması Bölüm 5'te yapılmaktadır.



Şekil 20. V746 Cep'in O-C diyagramı ve gözlemleri temsil eden kuramsal model.





Şekil 21. GI Cep'in O-C diyagramı ve gözlemleri temsil eden kuramsal model.

Tablo 5

GI Cep ve V746 Cep çift yıldızlarının O-C analizinin sonuçları.

Parametre	GI Cep	V746 Cep
$T_0$ (BJD)	2451194.3356(17)	2455137.7058(12)
$P$ (gün)	1.0376718(2)	1.2599718(4)
$Q \times 10^{-10}$ (gün)	-6.31(35)	-13.87(54)
$A$ (gün)	0.010(4)	0.015(2)
$a_{12} \sin i_{12}$ (AU)	1.68(67)	2.53(30)
$e_{12}$	0.00(5)	0.00(8)
$\omega_{12}$ (derece)	90(11)	90(15)
$f(M_3)$ ( $M_\odot$ )	0.008(2)	0.164(12)
$M_3$ ( $M_\odot$ ), $i_{12} = 30^\circ$	0.99(31)	4.90(68)
$M_3$ ( $M_\odot$ ), $i_{12} = 60^\circ$	0.53(20)	2.28(41)
$M_3$ ( $M_\odot$ ), $i_{12} = 90^\circ$	0.45(08)	1.90(22)

## BEŞİNCİ BÖLÜM

### SONUÇ VE ÖNERİLER

Tez çalışmasında hedef çift yıldızlarının (GI Cep ve V746 Cep) fotometrik gözlemleri, ÇOMÜ Gözlemevi'nde 30 cm ayna çaplı T30 teleskobu ve ona entegre edilmiş Apogee U47 markalı CCD kamera kullanılarak gözlenmiş ve V746 Cep'in Bessel BVRI ışık eğrileri ve GI Cep'in VRI ışık eğrileri elde edilmiştir. Bu iki sistemin, ayrıca, TESS gözlemlerinden Lightkurve (Lightkurve Collaboration, 2018) programı kullanılarak TESS ışık eğrileri elde edilmiştir. Sonuç olarak, bu iki hedef çift yıldızın çok renk ışık eğrileri, WD+MC yöntemi kullanılarak çözülmüştür. Böylece sistemlere ait fotometrik model parametreleri hesaplanmıştır.

GI Cep ve V746 Cep'in sözü edilen fotometrik gözlemlerinden yeni minimum zamanları elde edilmiş ve bunlar literatürden toplanan minimum zamanlarıyla birlikte kullanılarak; hedef sistemlerin yörünge dönemi değişimleri, O-C analiziyle ortaya konmuştur. Buna göre her iki sistemin O-C diyagramlarında, kolları aşağı parabol + çevrimsel değişimler gösterdiği bulunmuştur. Kolları aşağı parabolik O-C değişiminden GI Cep ve V746 Cep'in yörünge dönemlerinde gözlenen değişimler  $0.038 \pm 0.008$  s/yıl ve  $0.069 \pm 0.013$  s/yıl oranında azalma olarak hesaplanmıştır. Bu sonuç, Algollerde beklenen yörünge dönemi değişimine ters düşmektedir. Algol türü çift yıldızlarda, kendi Roche lobunu dolduran ikinci bileşenin birinci bileşene yaptığı korunumlu kütle transferi, sistemin yörünge döneminde artışa neden olur (Tout ve Hall 1991, Erdem ve Öztürk 2014). Ancak kütle transferinin korunumsuz olduğu durumda manyetik olarak aktif olan ikinci bileşende manyetik frenlenme vb nedenlerden dolayı oluşan kütle kaybı miktarı, kütle transferi miktarından yeterince büyük olursa; o zaman sistemin yörünge döneminde azalma gözlenir. Burada, Erdem ve Öztürk (2014) tarafından ortaya konan model ele alındı ve korunumsuz kütle transferi durumunda (yani manyetik frenlenme ile açıl momentum kaybı durumunda) aşağıdaki denklemler kullanıldı:

$$\frac{\dot{P}}{P} = \left\{ 2 \left( \frac{R_A}{d} \right)^2 \frac{M}{M_1 M_2} - \frac{2}{M} \right\} \dot{M} + \frac{3(M_1 - M_2)}{M_1 M_2} \dot{M}_1$$

$$\dot{M} = (1 - \beta_{cri}) \dot{M}_2$$

Bu denklemlerde  $M$  sistemin toplam kütesini,  $R_A$  ikinci bileşen için Alfven yarıçapını (ki burada  $R_A = 10 R_2$  varsayıldı),  $d$  bileşenlerarası uzaklığı,  $\beta_{cri}$  kütle kaybı parametresinin kritik değerini göstermektedir.

GI Cep'in yörünge döneminde gözlenen azalıştan sorumlu olarak,  $\beta_{cri} = 0.833$  durumunda, ikinci bileşenden birinci bileşene kütle transferi miktarı  $\dot{M}_2 = -9 \times 10^{-6} M_{\odot}/\text{yıl}$  ve sistemden kütle kaybı miktarı  $\dot{M} = -2 \times 10^{-6} M_{\odot}/\text{yıl}$  değerleri hesaplandı. V746 Cep'in yörünge döneminde gözlenen azalıştan sorumlu olarak,  $\beta_{cri} = 0.841$  durumunda, ikinci bileşenden birinci bileşene kütle transferi miktarı  $\dot{M}_2 = -3 \times 10^{-5} M_{\odot}/\text{yıl}$  ve sistemden kütle kaybı miktarı  $\dot{M} = -5 \times 10^{-6} M_{\odot}/\text{yıl}$  değerleri hesaplandı. Her iki sistem için tahmin edilen kütle transferi ve kütle kaybı miktarlarının  $10^{-6} M_{\odot}/\text{yıl}$  mertebesinde büyük çıkmasının nedeni, sistemlerin yörünge dönemlerinde gözlenen artışların oldukça büyük olmasıdır.

Öte yandan bu iki hedef çift sistemin O-C diyagramlarında gözlenen çevrimsel değişimlere sistemde görülemeyen bir üçüncü cismin oluşturduğu ışık-zaman etkisinin neden olduğu kabul edildi. Tablo 5'te verilen ışık-zaman etkisi parametrelerine kullanıldığında; GI Cep ve V746 Cep için sırasıyla üçüncü cismin alabileceği minimum kütle değeri 0.45 ve 1.90  $M_{\odot}$  olarak hesaplandı. Özellikle V746 Cep için tahmin edilen üçüncü cismin kütlesi oldukça büyük çıkmıştır. Fotometrik ve tayfsal gözlemlere bakıldığında, tayfsal gözlemlerin bu iki hedef sistem için yapılan üçüncü cisim hipotezini desteklemediği ancak fotometrik gözlemlerde ışık eğrisi analizinde V746 Cep için bulunan üçüncü ışık için  $L_3$  değeri üçüncü cisim hipotezini destekler gözükmektedir.

İyi bilindiği üzere, yüksek duyarlıklı fotometrik gözlemlerle elde edilen minimum / tutulma zamanları biriktikçe gözlenen bu sistemlerin yörünge dönemlerindeki değişimler ve bu değişimlere neden olan mekanizmalar daha güvenilir şekilde belirlenecek / tartışılacaktır.

Bu iki hedef çift yıldızın tayfsal gözlemleri, TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde 150 cm aynı çaplı RTT150 teleskobu ve ona entegre edilmiş olan TFOSC tayfçekeri kullanılarak yapılmıştır. Tayf verisinden, bu iki Algol-türü çift yıldızda ikinci bileşenlerin sistemin toplam ışınımına katkılarının oldukça düşük olmasından dolayı, birinci bileşenlerine ait dikine hızları okunabilmiştir. Dikine hızlar, SPEL programı kullanılarak çözülmüş ve sistemlere ilişkin tayfsal yörünge parametreleri elde edilmiştir. Buna göre, GI Cep ve V746 Cep'in kütle fonksiyonları sırasıyla  $0.0078 (\pm 0.0009) M_{\odot}$  ve  $0.0128 (\pm 0.0006) M_{\odot}$  olarak

hesaplanmıştır. Tek çizgili çift yıldızların kütle fonksiyonu ile kütle oranı arasındaki bağıntı aşağıdaki denklemle verilir (örneğin, bkz Hilditch, 2001):

$$\frac{q^3}{(1+q)^2} = \frac{f(M)}{M_1(\sin i)^3}$$

Bu denklemde V746 Cep için fotometrik çözümden bulunan kütle oranı  $q=0.17$  ve yörünge eğikliği  $i=76^\circ$  alınır; birinci bileşenin kütlesi  $M_1 = 3.90 M_\odot$  olarak bulunur. Denklemde GI Cep için fotometrik çözümden bulunan kütle oranı  $q=0.16$  ve yörünge eğikliği  $i=88^\circ$  alınır; birinci bileşenin kütlesi  $M_1 = 2.57 M_\odot$  olarak bulunur. Burada hesaplanan  $M_1$  değerleri ve fotometrik kütle-oranları kullanılarak ikinci bileşenlerin kütleleri ( $M_2$ ) hesaplanabilir. Daha sonra Kepler'in üçüncü yasasından bileşenler arası ortalama uzaklık ( $A$ ) elde edilir. Fotometrik çözümden bulunan kesirsel yarıçaplar ( $r_1, r_2$ ) kullanılırsa bileşenlerin mutlak yarıçapları ( $R_1, R_2$ ) bulunur. Böylece bu değerlerden (kütle ve yarıçap değerleri) bileşenlerin yüzey çekim ivmeleri doğrudan hesaplanabilir. Öte yandan fotometrik çözümden elde edilen etkin sıcaklık ve yarıçaplar kullanılırsa; bileşenlerin bolometrik parlaklıkları ( $M_{bol}$ ) ve ışıtmaları elde edilir. Tablo 6'da verilen parametrelerin hesaplamasında Güneş için kullanılan değerler, Pecaut ve Mamajek (2013)'ün çalışmasından alınmıştır. Mutlak görsel parlaklık ( $M_V$ ), bolometric düzeltme formülüyle ( $BC$ ) hesaplanır. Burada bileşenlerin  $BC$  değerleri, Flower (1996)'dan alınmıştır. Son olarak fotometrik uzaklık değeri aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır:

$$M_V = m_V + 5 - 5 \log(d) - A_V$$

Bu formüldeki yıldızlararası kızıllaşma ( $A_V$ ) değerlerinin bulunması, Bölüm 4.3'te anlatılmıştır. Sonuçta yukarıda kısaca değinilen yolla hesaplanan mutlak parametrelerin değerleri ve hataları, Tablo 6'da verilmektedir.

Böylece mutlak parametreleri hesaplanan V746 Cep ve GI Cep çift yıldızlarının evrim durumlarını incelemek için Bressan vd. (2012)'nin evrim modelleri kullanıldı. Bileşen yıldızların  $\log T - \log L$  diyagramındaki ve  $\log M - \log R$  diyagramındaki konumları, sırasıyla, Şekil 20 ve Şekil 21'de gösterilmektedir. Bu diyagramlara göre; GI Cep çift yıldızının birinci bileşeni sıfır yaş anakola (ZAMS) çok yakinken, V746 Cep'in birinci bileşeni ZAMS'tan ayrılmıştır. Ele alınan çift yıldızların ikinci bileşenleri ise Algol-türü çift yıldızların ikinci bileşenlerinin genel evrim özelliklerini göstermekte; yani kütlelerine göre yarıçap ve ışıtmaları yüksek çıkmıştır ve terminal yaş anakoldan (TAMS)'tan

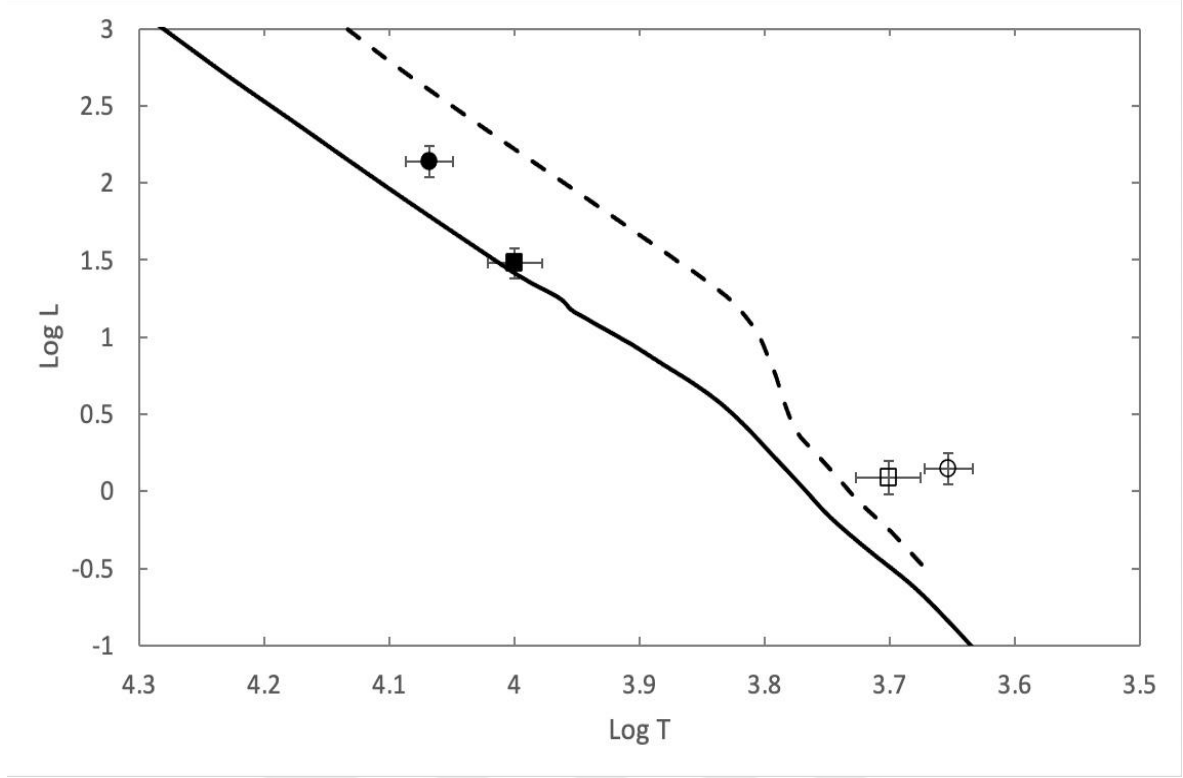
uzaklaşmışlardır. İkinci bileşenlerin yarıçaplarının ve ışıtmalarının yüksek çıkmasının muhtemel nedeni, ikinci bileşenlerin Roche loblarını doldurmuş olmalarıdır.

Bu tez çalışmasında V746 Cep ve GI Cep çift yıldızlarının fotometrik ve tayfsal veri analizlerinden başlıca elde edilen fotometrik kütle oranı ve tayfsal kütle fonksiyonu kullanılarak bileşen yıldızların mutlak parametreleri hesaplama yoluna gidilmiştir. Bununla birlikte, yüksek duyarlıkta mutlak parametrelerinin hesaplanabilmesi ve bileşenlerin evrim durumlarının daha net bir şekilde tartışılabilmesi için yüksek ayırma güçlü tayfsal gözlemlere ihtiyaç vardır.

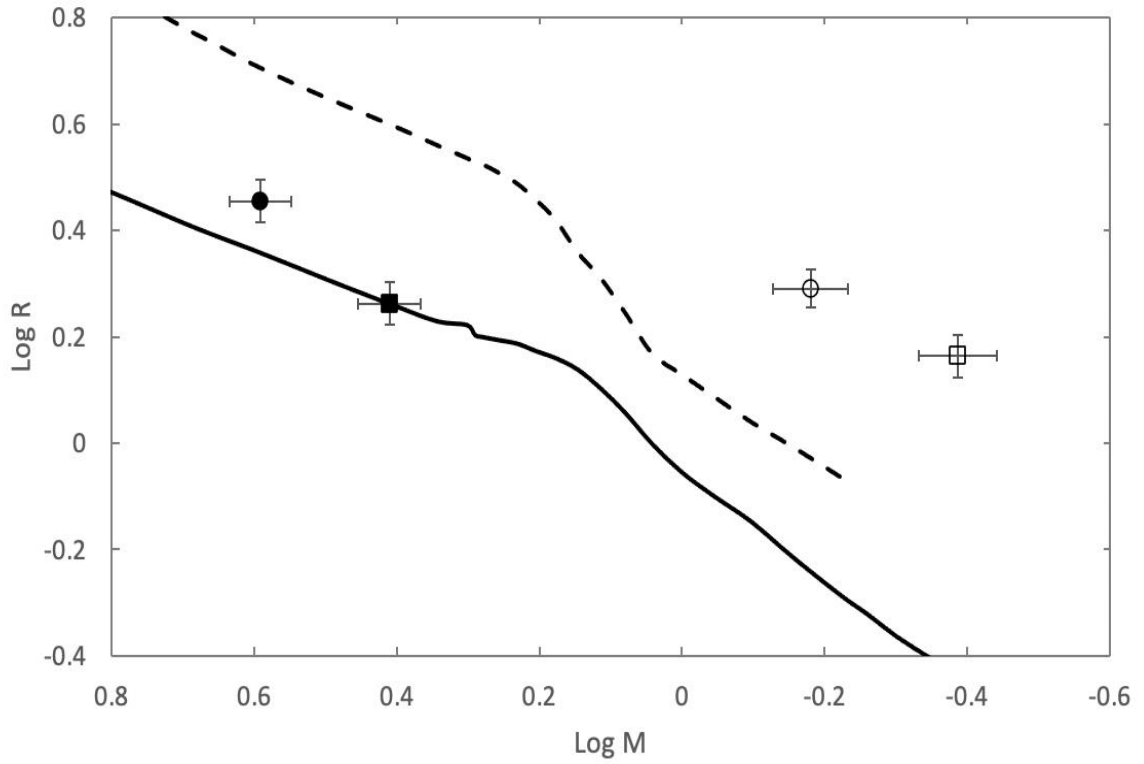
Tablo 6

V746 Cep ve GI Cep çift yıldızlarının mutlak parametreleri

Parametre	V746 Cep		GI Cep	
	Birinci bileşen	İkinci bileşen	Birinci bileşen	İkinci bileşen
$A (R_{\odot})$	8.13±0.58		6.20±0.21	
$M (M_{\odot})$	3.90±0.39	0.66±0.08	2.57±0.26	0.41±0.09
$R (R_{\odot})$	2.85±0.26	1.95±0.16	1.83±0.07	1.46±0.05
$\text{Log } g \text{ (cgs)}$	4.12±0.09	3.68±0.09	4.32±0.02	3.72±0.07
$T \text{ (K)}$	11700±500	4500±200	10000±500	5026±300
$M_{\text{bol}} \text{ (mag)}$	-0.59±0.27	4.39±0.26	1.06±0.23	4.53±0.27
$\text{Log } L (L_{\odot})$	2.14±0.07	0.15±0.06	1.48±0.09	0.09±0.11
$M_V \text{ (mag)}$	0.027±0.27	4.99±0.26	1.31±0.23	4.82±0.27
$d \text{ (pc)}$	815±80		791±70	
$d_{\text{GAIA}} \text{ (pc)}$	858±13		757±14	



Şekil 22. V746 Cep ve GI Cep çift yıldızlarının bileşenlerinin etkin sıcaklık – ışıma diyagramındaki konumları. V746 Cep’in birinci ve ikinci bileşenleri sırasıyla içi dolu ve içi boş siyah dairelerle gösterilirken GI Cep’in birinci ve ikinci bileşenleri sırasıyla içi dolu ve içi boş siyah karelerle belirtildi. Siyah düz çizgi ve kesikli siyah çizgiler,  $Z = 0.019$  güneş metalliğinde ZAMS ve TAMS’ı temsil etmektedir.



Şekil 23. V746 Cep ve GI Cep çift yıldızlarının bileşenlerinin kütle – yarıçap diyagramındaki konumları. V746 Cep'in birinci ve ikinci bileşenleri sırasıyla içi dolu ve içi boş siyah dairelerle gösterilirken GI Cep'in birinci ve ikinci bileşenleri sırasıyla içi dolu ve içi boş siyah karelerle belirtildi. Siyah düz çizgi ve kesikli siyah çizgiler,  $Z = 0.019$  güneş metalliğinde ZAMS ve TAMS'ı temsil etmektedir.



## KAYNAKÇA

Agerer, F., and Hubscher, J. (2000). “Photoelectric Minima of Selected Eclipsing Binaries and Maxima of Pulsating Stars”. *Information Bulletin on Variable Stars*, 4912, 1.

Avvakumova, E. A., Malkov, O., Yu., Kniazev, A., Yu. (2013). “Eclipsing variables: Catalogue and classification”. *Astronomische Nachrichten*, 334 (8), 860.

Bahcall, J. N., Soneira, R. M., (1980). “The universe at faint magnitudes. I. Models for the Galaxy and the predicted star counts.”. *Astrophys. J. Suppl.* 44 (73).

Brasseur, C. E., Philip, C., Fleming, S. W., Mullaly, S. E., White, R. L. (2019). “Astrocut: Tools for creating cutouts of TESS images”. Astrophysics Source Code Library, Record ascl:1905.007.

Brat, L., et al. (2009). “B.R.N.O. Contributions #36, Times of minima”. *Open European Journal on Variable Stars*, 107, 1.

Brat, L., et al. (2011). “B.R.N.O. Contributions #37 Times of minima”. *Open European Journal on Variable Stars*, 137, 1.

Bressan, A., Marigo, P., Girardi, L., Salasnich, B., Dal Cero, C., Rubele, S., Nanni, A. (2012). “PARSEC: stellar tracks and isochrones with the PAdova and TRieste Stellar Evolution Code”. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 427, 1, 127-145.

Budding, E., Erdem, A., vd. (2004). “Catalogue of Algol type binary stars”. *Astronomy and Astrophysics*, 417, 263-268.

Claret, A. (2017). “Limb and gravity-darkening coefficients for the TESS satellite at several metallicities, surface gravities, and microturbulent velocities”. *Astronomy & Astrophysics*, 600, 6.

Diethelm, R. (2005). “164. List of Timings of Minima Eclipsing Binaries by BBSAG Observers”. *Information Bulletin on Variable Stars*, 5653, 1.

Doğru, S. S., Doğru, D., Dönmez, A. (2007). “New Times of Minima of Some Eclipsing Binary Stars”. *Information Bulletin on Variable Stars*, 5795, 1.

Drilling, J. S., Landolt, A. U., Cox, A. N. (2000). *Allen’s Astrophysical Quantities*. AIP Press/Springer, New York, USA.

Erdem, A., Öztürk, O. (2014). “Non-conservative mass transfers in Algols”. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 441, 2, 1166-1176.

Flower, P. J. (1996). “Transformations from Theoretical Hertzsprung-Russell Diagrams to Color-Magnitude Diagrams: Effective Temperatures, B-V Colors, and Bolometric Corrections”. *Astrophysical Journal*, 469, 355.

GAIA Collaboration, Brown, A. G. A., Vallenari, A., et al. (2016). “Gaia Data Release 1. Summary of the astrometric, photometric, and survey properties”. *Astronomy & Astrophysics*, 595, 23.

GAIA Collaboration, Brown, A. G. A., Vallenari, A., et al. (2018). “Gaia Data Release 2. Summary of the contents and survey properties”. *Astronomy & Astrophysics*, 616, 22.

Henden, A. A., Levine, S., Terrell, D., Welch, D. L. (2015). “APASS - The Latest Data Release”. *American Astronomical Society*, 225, 16.

Hilditch, R. W. (2001). *An Introduction to Close Binary Stars*. Cambridge University Press, UK.

Horn, J., Koubsky, P., Hadrava, P., Juza, K., Kriz, S., Skoda, P., Stefl, S. (1994). “The orbit of the spectroscopic binary  $\rho$  Aurigae”. *Astronomy and Astrophysics Suppl.*, 105, 119-124.

Horn, J., Kubat, J., Harmanec, P., Koubsky, P., Hadrava, P., Simon, V., Stefl, S., Skoda, P. (1996). “Spectroscopic orbit of the triple star 55 Ursae Majoris”. *Astronomy and Astrophysics*, 309, 521-529.

Hubscher, J. (2007). “Photoelectric Minima of Selected Eclipsing Binaries and Maxima of Pulsating Stars”. *Information Bulletin on Variable Stars*, 5802, 1.

Hubscher, J., Monninger, G. (2011). “BAV-Results of Observations - Photoelectric Minima of Selected Eclipsing Binaries and Maxima of Pulsating Stars”. *Information Bulletin on Variable Stars*, 5959, 1.

Hubscher, J., Lehmann, P.B., Walter, F. (2012). “BAV-Results of observations - Photoelectric Minima of Selected Eclipsing Binaries and Maxima of Pulsating Stars”. *Information Bulletin on Variable Stars*, 6010, 1.

Irwin, J. B. (1959). “Standard light-time curves”. *Astronomical Journal*, 64, 149-155.

Jenkins, J. M., Twicken, J. D., McCauliff, S., et al. (2016). “The TESS science processing operations center”. *Proceedings of the SPIE*, 9913, 1232.

Kazarovets, E. V., Samus, N. N., Durlevich, O. V., Kireeva, N. N., Pastukhova, E. N. (2008). “The 79th Name-List of Variable Stars”. *Information Bulletin on Variable Stars*, 5863, 1.

Kopal Z. (1955). “The classification of close binary systems”. *Annales d'Astrophysique*, 18, 379.

Kreiner, J. M., Kim, C.-H., Nha, I.-S. (2004). “An Atlas of O-C Diagrams of Eclipsing Binary Stars”. *Wydawnictwo Naukowe AP*, Krakow, Poland.

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.

Lightkurve Collaboration et al. (2018). “Lightkurve: Kepler and TESS time series analysis in Python”. *Astrophysics Source Code Library*, Record ascl:1812.013.

Lucy, L. B. (1967), “Gravity-Darkening for Stars with Convective Envelopes”. *Zeitschrift für Astrophysik*, 65, 89.

- Lucy, L. B., Sweeney, M. A. (1971). "Spectroscopic binaries with circular orbits.". *Astronomical Journal*, 76, 544.
- Malkov, O. Yu., Oblak, E., Snegireva, E. A., Torra, J. (2006). "A catalogue of eclipsing variables". *Astronomy and Astrophysics*, 446, 2, 785-789.
- Marshall, D.J., Robin, A.C., Reylé, C., Schultheis, M., Picaud, S. (2006). "Modelling the Galactic interstellar extinction distribution in three dimensions". *Astronomy and Astrophysics*, 453, 2, 635-651.
- Otero, S. A., Wils, P. (2005). "New Elements for 80 Eclipsing Binaries VII". *Information Bulletin on Variable Stars*, 5644, 1.
- Pecaut, M. J., Mamajek, E. E. (2013). "Intrinsic Colors, Temperatures, and Bolometric Corrections of Pre-main-sequence Stars". *Astrophysical Journal Supplement*, 208, 1, 22.
- Popper, D. M., Jeong, Y.-C. (1994), "Procedures for Radial Velocities of Close Binaries from Spectra Obtained with the Lick Echelle-CCD Spectrometer". *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 106, 189.
- Romano, G. (1962). "Ricerche sulle stelle variabili in una zona di Cefeo attorno a BD + 67°1283". *Memorie della Società Astronomia Italiana*, 33, 363.
- Ruciński, S. M. (1969). "The Proximity Effects in Close Binary Systems. II. The Bolometric Reflection Effect for Stars with Deep Convective Envelopes". *Acta Astronomica*, 19, 245.
- Schlafly, E. F., Finkbeiner, D. P. (2011). "Measuring Reddening with Sloan Digital Sky Survey Stellar Spectra and Recalibrating SFD". *The Astrophysical Journal*, 737, 2, 13.
- Schmidt-Kaler, Th. (1982). "*Landolt-Börnstein: Numerical Data and Functional Relationships in Science and Technology*", Springer-Verlag, Berlin, Germany.
- Tonry, J., Davis, M., (1979). "A survey of galaxy redshifts. I. Data reduction techniques". *Astronomical Journal*, 84, 1511.
- Tout, C. A., Hall, D. S., (1991). "Wind driven mass transfer in interacting binary systems". *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 253, 9-18.
- van Hamme, W. (1993). "New Limb-Darkening Coefficients for Modeling Binary Star Light Curves". *Astronomical Journal*, 106, 2096.
- Wilson, R. E., Devinney, R. J., (1971). "Realization of Accurate Close-Binary Light Curves: Application to MR Cygni". *Astrophysical Journal*, 166, 605.
- Zejda, M. (2004). "CCD Times of Minima of Selected Eclipsing Binaries". *Information Bulletin on Variable Stars*, 5583, 1.

## EKLER

### EK 1

#### V746 CEP SİSTEMİNE AİT FOTOMETRİK GÖZLEM BİLGİSİ

Sistem	Gözlem tarihi (gün/ay/yıl)	Filtre	Poz süresi (saniye)	Evre	Duyarlılık (kadir)
V746 Cep	18/07/2018	B	80	0.376 – 0.530	0.0151
	18/07/2018	V	30	0.379 – 0.533	0.0102
	18/07/2018	R	30	0.381 – 0.532	0.0102
	18/07/2018	I	30	0.381 – 0.526	0.0103
	09/08/2018	B	80	0.804 – 0.941	0.0117
	09/08/2018	V	30	0.805 – 0.942	0.0103
	09/08/2018	R	30	0.805 – 0.942	0.0088
	09/08/2018	I	30	0.805 – 0.941	0.0085
	22/08/2018	B	80	0.112 – 0.333	0.0148
	22/08/2018	V	30	0.112 – 0.334	0.0084
	22/08/2018	R	30	0.113 – 0.334	0.0072
	22/08/2018	I	30	0.113 – 0.334	0.0087
	27/08/2018	B	80	0.062 – 0.226	0.0208
	27/08/2018	V	30	0.063 – 0.226	0.0099
	27/08/2018	R	30	0.063 – 0.226	0.0088
	27/08/2018	I	30	0.063 – 0.227	0.0096
	28/08/2018	B	80	0.834 – 0.085	0.0312
	28/08/2018	V	30	0.834 – 0.086	0.0180
	28/08/2018	R	30	0.834 – 0.086	0.0172
	28/08/2018	I	30	0.835 – 0.086	0.0271
	16/09/2018	B	80	0.923 – 0.103	0.0123
	16/09/2018	V	30	0.923 – 0.103	0.0088
	16/09/2018	R	30	0.923 – 0.104	0.0084
	16/09/2018	I	30	0.924 – 0.104	0.0091
	19/09/2018	B	80	0.298 – 0.587	0.0140
	19/09/2018	V	30	0.299 – 0.585	0.0120
	19/09/2018	R	30	0.299 – 0.580	0.0108
	19/09/2018	I	30	0.301 – 0.579	0.0125
	24/09/2018	B	80	0.266 – 0.381	0.0168

**EK 1**

Sistem	Gözlem tarihi (gün/ay/yıl)	Filtre	Poz süresi (saniye)	Evre	Duyarlılık (kadir)
V746 Cep	24/09/2018	V	30	0.267 – 0.382	0.0123
	24/09/2018	R	30	0.267 – 0.382	0.0121
	24/09/2018	I	30	0.267 – 0.373	0.0083
	07/10/2018	B	80	0.563 – 0.635	0.0070
	07/10/2018	V	30	0.563 – 0.635	0.0070
	07/10/2018	R	30	0.563 – 0.635	0.0060
	07/10/2018	I	30	0.564 – 0.636	0.0046
	07/08/2019	B	80	0.905 – 0.028	0.0145
	07/08/2019	V	30	0.906 – 0.028	0.0120
	07/08/2019	R	30	0.906 – 0.029	0.0091
	07/08/2019	I	30	0.906 – 0.029	0.0090
	28/08/2019	B	80	0.571 – 0.690	0.0205
	28/08/2019	V	30	0.571 – 0.690	0.0143
	28/08/2019	R	30	0.572 – 0.691	0.0139
	28/08/2019	I	30	0.572 – 0.691	0.0143
	08/07/2020	B	80	0.602 – 0.672	0.0148
	08/07/2020	V	30	0.612 – 0.672	0.0116
	08/07/2020	R	30	0.612 – 0.673	0.0090
	08/07/2020	I	30	0.613 – 0.673	0.0076
	23/07/2020	B	80	0.482 – 0.658	0.0150
	23/07/2020	V	30	0.475 – 0.657	0.0101
	23/07/2020	R	30	0.483 – 0.662	0.0126
	23/07/2020	I	30	0.483 – 0.661	0.0120
	18/08/2020	B	80	0.105 – 0.335	0.0194
	18/08/2020	V	30	0.101 – 0.335	0.0188
	18/08/2020	R	30	0.105 – 0.336	0.0159
	18/08/2020	I	30	0.106 – 0.336	0.0148
	20/08/2020	B	80	0.696 – 0.901	0.0368
	20/08/2020	V	30	0.697 – 0.902	0.0232
	20/08/2020	R	30	0.697 – 0.902	0.0203
	20/08/2020	I	30	0.698 – 0.902	0.0227

**EK 1**

Sistem	Gözlem tarihi (gün/ay/yıl)	Filtre	Poz süresi (saniye)	Evre	Duyarlılık (kadir)
V746 Cep	26/08/2020	B	80	0.459 – 0.642	0.0276
	26/08/2020	V	30	0.459 – 0.643	0.0170
	26/08/2020	R	30	0.459 – 0.643	0.0173
	26/08/2020	I	30	0.460 – 0.644	0.0152
	15/10/2020	B	80	0.134 – 0.372	0.0189
	15/10/2020	V	30	0.134 – 0.372	0.0131
	15/10/2020	R	30	0.134 – 0.371	0.0142
	15/10/2020	I	30	0.135 – 0.371	0.0119

**EK 2****V746 CEP SİSTEMİNE AİT MİNİMUM ZAMANLARI**

Minimum Zamanı (HJD 2400000+)	Minimum Türü	Yöntem	Kaynak
25092.4400	Min I	pg	Metzger J.*
51304.8695	Min I	ccd	NSVS
51338.8820	Min I	ccd	Otero Sebastian*
51348.9825	Min I	ccd	NSVS
51401.8907	Min I	ccd	NSVS
51467.4098	Min I	ccd	NSVS
51525.3642	Min I	ccd	NSVS
51585.8422	Min I	ccd	NSVS
55137.7185	Min I	ccd	Diethelm Roger*
55776.5206	Min I	ccd	Moudra Milada*
55882.3621	Min I	ccd	Scaggiante F.*
56574.0651	Min I	ccd	KWS
56933,1527	Min I	ccd	KWS
57211,5989	Min I	ccd	ASAS
57212,2290	Min II	ccd	ASAS
57296.0270	Min I	ccd	KWS

**EK 2**

Minimum Zamanı (HJD 2400000+)	Minimum Türü	Yöntem	Kaynak
57298.5350	Min I	ccd	Raetz M.*
57302.3149	Min I	ccd	KWS
57327.5162	Min I	ccd	Agerer Franz*
57365.3103	Min I	ccd	Bragagnolo U.*
57636.2139	Min I	ccd	ASAS
57668.9759	Min I	ccd	KWS
57923.4906	Min I	ccd	Agerer Franz*
57999.0914	Min I	ccd	ASAS
57999.7215	Min II	ccd	ASAS
58028,0753	Min I	ccd	KWS
58072.1768	Min I	ccd	KWS
58359.4491	Min I	ccd	Gözütok, M.İ.
58361,9663	Min I	ccd	ASAS
58363.2305	Min I	ccd	ASAS
58363.8607	Min II	ccd	ASAS
58378.3504	Min I	ccd	Gözütok, M.İ.
58380,8711	Min I	ccd	KWS
58381.4999	Min I	ccd	Gözütok, M.İ.
58663,1059	Min I	ccd	ASAS
58663,7359	Min II	ccd	ASAS
58703.4231	Min I	ccd	Gözütok, M.İ.
58761.3830	Min I	ccd	KWS
58763.8971	Min I	ccd	KWS
58765.1651	Min I	ccd	TESS
58765.7983	Min II	ccd	TESS
58766.4255	Min I	ccd	TESS
58767.0575	Min II	ccd	TESS

**EK 2**

Minimum Zamanı (HJD 2400000+)	Minimum Türü	Yöntem	Kaynak
58767.6852	Min I	ccd	TESS
58768.3190	Min II	ccd	TESS
58768.9448	Min I	ccd	TESS
58769.5779	Min II	ccd	TESS
58770.2051	Min I	ccd	TESS
58770.8385	Min II	ccd	TESS
58771.4650	Min I	ccd	TESS
58772.0972	Min II	ccd	TESS
58772.7249	Min I	ccd	TESS
58773.3585	Min II	ccd	TESS
58773.9849	Min I	ccd	TESS
58774.6178	Min II	ccd	TESS
58775.2449	Min I	ccd	TESS
58775.8780	Min II	ccd	TESS
58778.3955	Min II	ccd	TESS
58779.0250	Min I	ccd	TESS
58779.6580	Min II	ccd	TESS
58780.2850	Min I	ccd	TESS
58780.9187	Min II	ccd	TESS
58781.5450	Min I	ccd	TESS
58782.1757	Min II	ccd	TESS
58782.8049	Min I	ccd	TESS
58783.4369	Min II	ccd	TESS
58784.0651	Min I	ccd	TESS
58784.6981	Min II	ccd	TESS
58785.3251	Min I	ccd	TESS
58785.9562	Min II	ccd	TESS



**EK 2**

Minimum Zamanı (HJD 2400000+)	Minimum Türü	Yöntem	Kaynak
58786.5850	Min I	ccd	TESS
58787.2177	Min II	ccd	TESS
58787.8451	Min I	ccd	TESS
58788.4758	Min II	ccd	TESS
58789.1055	Min I	ccd	TESS
58790.9971	Min II	ccd	TESS
58791.6231	Min I	ccd	TESS
58792.2558	Min II	ccd	TESS
58792.8849	Min I	ccd	TESS
58793.5175	Min II	ccd	TESS
58794.1448	Min I	ccd	TESS
58794.7767	Min II	ccd	TESS
58795.4048	Min I	ccd	TESS
58796.0378	Min II	ccd	TESS
58796.6648	Min I	ccd	TESS
58797.2976	Min II	ccd	TESS
58797.9247	Min I	ccd	TESS
58798.5581	Min II	ccd	TESS
58799.1840	Min I	ccd	TESS
58799.8171	Min II	ccd	TESS
58800.4448	Min I	ccd	TESS
58801.0773	Min II	ccd	TESS
58801.7049	Min I	ccd	TESS
58802.3378	Min II	ccd	TESS
58803.5965	Min II	ccd	TESS
58804.2247	Min I	ccd	TESS
58804.8575	Min II	ccd	TESS

**EK 2**

Minimum Zamanı (HJD 2400000+)	Minimum Türü	Yöntem	Kaynak
58805.4846	Min I	ccd	TESS
58806.1176	Min II	ccd	TESS
58806.7449	Min I	ccd	TESS
58807.3770	Min II	ccd	TESS
58808.0056	Min I	ccd	TESS
58808.6370	Min II	ccd	TESS
58809.2646	Min I	ccd	TESS
58809.8984	Min II	ccd	TESS
58810.5245	Min I	ccd	TESS
58811.1577	Min II	ccd	TESS
58811.7847	Min I	ccd	TESS
58812.4177	Min II	ccd	TESS
58813.0446	Min I	ccd	TESS
58813.6755	Min II	ccd	TESS
58814.3046	Min I	ccd	TESS
58814.9370	Min II	ccd	TESS
59054.3307	Min I	ccd	Gözütok, M.İ.
59088.3414	Min I	ccd	Gözütok, M.İ.
59100.3148	Min I	ccd	KWS
59124,2503	Min I	ccd	KWS
59456.8816	Min I	ccd	KWS
59460,6727	Min I	ccd	KWS

\* O-C Gateway: <http://var2.astro.cz/ocgate/> 'dan alınmıştır.

**EK3****GI CEP SİSTEMİNE AİT FOTOMETRİK GÖZLEM BİLGİSİ**

Sistem	Gözlem tarihi (gün/ay/yıl)	Filtre	Poz süresi (saniye)	Evre	Duyarlılık (kadir)
GI Cep	03/08/2017	V	60	0.031 – 0.290	0.0089
	03/08/2017	R	60	0.032 – 0.291	0.0069
	03/08/2017	I	100	0.034 – 0.293	0.0097
	10/08/2017	V	60	0.780 – 0.027	0.0111
	10/08/2017	R	60	0.781 – 0.028	0.0074
	10/08/2017	I	100	0.782 – 0.025	0.0116
	23/08/2017	V	60	0.292 – 0.571	0.0104
	23/08/2017	R	60	0.293 – 0.572	0.0087
	23/08/2017	I	100	0.294 – 0.572	0.0074
	26/08/2017	V	60	0.169 – 0.491	0.0082
	26/08/2017	R	60	0.169 – 0.492	0.0081
	26/08/2017	I	100	0.170 – 0.480	0.0072
	10/09/2017	V	60	0.612 – 0.937	0.0141
	10/09/2017	R	60	0.613 – 0.938	0.0114
	10/09/2017	I	100	0.614 – 0.938	0.0103
	13/09/2017	V	60	0.483 – 0.829	0.0103
	13/09/2017	R	60	0.483 – 0.829	0.0084
	13/09/2017	I	100	0.484 – 0.830	0.0096
	05/08/2019	V	60	0.445 – 0.600	0.0116
	05/08/2019	R	60	0.446 – 0.601	0.0097
	05/08/2019	I	100	0.447 – 0.602	0.0098
	19/08/2019	V	60	0.922 – 0.168	0.0199
	19/08/2019	R	60	0.922 – 0.169	0.0190
	19/08/2019	I	100	0.923 – 0.170	0.0176
	21/08/2019	V	60	0.864 – 0.105	0.0319
	21/08/2019	R	60	0.865 – 0.106	0.0290
	21/08/2019	I	100	0.866 – 0.107	0.0197
	13/07/2020	V	60	0.011 – 0.222	0.0208
	13/07/2020	R	60	0.011 – 0.222	0.0135
	13/07/2020	I	100	0.012 – 0.223	0.0172

**EK 3**

Sistem	Gözlem tarihi (gün/ay/yıl)	Filtre	Poz süresi (saniye)	Evre	Duyarlılık (kadir)
GI Cep	22/07/2020	V	60	0.687 – 0.873	0.0170
	22/07/2020	R	60	0.689 – 0.874	0.0115
	22/07/2020	I	100	0.690 – 0.872	0.0132
	29/07/2020	V	60	0.433 – 0.653	0.0139
	29/07/2020	R	60	0.434 – 0.651	0.0094
	29/07/2020	I	100	0.435 – 0.652	0.0102
	17/08/2020	V	60	0.724 – 0.944	0.0129
	17/08/2020	R	60	0.724 – 0.944	0.0080
	17/08/2020	I	100	0.725 – 0.943	0.0096
	24/08/2020	V	60	0.474 – 0.693	0.0111
	24/08/2020	R	60	0.475 – 0.688	0.0105
	24/08/2020	I	100	0.476 – 0.692	0.010
	25/08/2020	V	60	0.437 – 0.660	0.0128
	25/08/2020	R	60	0.437 – 0.660	0.0101
	25/08/2020	I	100	0.438 – 0.656	0.0113
	31/08/2020	V	60	0.235 – 0.455	0.0158
	31/08/2020	R	60	0.236 – 0.456	0.0108
	31/08/2020	I	100	0.237 – 0.457	0.0122
	01/09/2020	V	60	0.172 – 0.496	0.0230
	01/09/2020	R	60	0.172 – 0.495	0.0106
	01/09/2020	I	100	0.173 – 0.495	0.0131
	09/09/2020	V	60	0.869 – 0.995	0.0149
	09/09/2020	R	60	0.869 – 0.998	0.0106
	09/09/2020	I	100	0.870 – 0.999	0.0129
	10/09/2020	V	60	0.832 – 0.138	0.0155
	10/09/2020	R	60	0.833 – 0.138	0.0130
	10/09/2020	I	100	0.834 – 0.139	0.0136

**EK 4**  
**GI CEP SİSTEMİNE AİT MİNİMUM ZAMANLARI**

Minimum Zamanı (HJD 2400000+)	Minimum Türü	Yöntem	Kaynak
28779.3600	Min I	pg	Parenago P.
28781.3900	Min I	pg	Parenago P.*
28805.3200	Min I	pg	Parenago P.*
36076.3700	Min I	pg	Romano G.*
36436.4000	Min I	pg	Romano G.*
36461.3600	Min I	pg	Romano G.*
36513.2700	Min I	pg	Romano G.*
36541.2200	Min I	pg	Romano G.*
36818.3300	Min I	pg	Romano G.*
36819.3300	Min I	pg	Romano G.*
36820.3800	Min I	pg	Romano G.*
36821.4000	Min I	pg	Romano G.*
36844.2800	Min I	pg	Romano G.*
36846.2800	Min I	pg	Romano G.*
36872.2300	Min I	pg	Romano G.*
36875.3700	Min I	pg	Romano G.*
43432.4880	Min I	vis	Diethelm Roger*
43509.2900	Min I	vis	Peter H.*
43705.4480	Min I	vis	Locher Kurt*
44144.3520	Min I	vis	Peter H.*
44253.2660	Min I	vis	Diethelm Roger*
44476.3860	Min I	vis	Diethelm Roger*
44582.2500	Min I	vis	Peter H.*
44868.5870	Min I	vis	Locher Kurt*
44913.2710	Min I	vis	Peter H.*
45058.5510	Min I	vis	Locher Kurt*

**EK 4**

Minimum Zamanı (HJD 2400000+)	Minimum Türü	Yöntem	Kaynak
45353.2260	Min I	vis	Mavrofridis G.*
45604.3730	Min I	vis	Peter H.*
45606.4430	Min I	vis	Peter H.*
46238.3950	Min I	vis	Mavrofridis G.*
46239.4310	Min I	vis	Mavrofridis G.*
46269.5040	Min I	vis	Peter H.*
46292.3260	Min I	vis	Mavrofridis G.*
46321.4110	Min I	vis	Peter H.*
46350.4590	Min I	vis	Peter H.*
46376.4080	Min I	vis	Peter H.*
46401.2630	Min I	vis	Germann R.*
46680.4410	Min I	vis	Borovicka Jiri*
47038.4450	Min I	vis	Zejda M.*
47039.4930	Min I	vis	Slatinsky A.*
47039.4970	Min I	vis	Wagner V.*
47118.3530	Min I	vis	Peter H.*
47671.4240	Min I	vis	Dedoch A.*
47859.2530	Min I	vis	Peter H.*
47860.2900	Min I	vis	Peter H.*
47891.4080	Min I	vis	Kohl Michael*
48084.4380	Min I	vis	Peter H.*
48497.4200	Min I	vis	Peter H.*
48801.4680	Min I	vis	Peter H.*
48881.3670	Min I	vis	Peter H.*
48882.3980	Min I	vis	Peter H.*
48934.2850	Min I	vis	Peter H.*
49105.5120	Min I	vis	Dedoch A.*

**EK 4**

Minimum Zamanı (HJD 2400000+)	Minimum Türü	Yöntem	Kaynak
49158.4240	Min I	vis	Stepan P.*
49212.3960	Min I	vis	Peter H.*
49213.4270	Min I	vis	Dedoch A.*
49213.4280	Min I	vis	Peter H.*
49213.4290	Min I	vis	Zahajsky J.*
49544.4480	Min I	vis	Peter H.*
49928.3930	Min I	vis	Peter H.*
49929.4250	Min I	vis	Peter H.*
50287.4250	Min I	vis	Peter H.*
50313.3640	Min I	vis	Peter H.*
50314.4080	Min I	vis	Kohl Michael*
50315.4440	Min I	vis	Peter H.*
50316.4887	Min I	vis	Sobotka P.*
50316.4956	Min I	vis	Brat Lubos*
50369.3990	Min I	vis	Peter H.*
50370.4410	Min I	vis	Peter H.*
50396.3820	Min I	vis	Peter H.*
50422.3230	Min I	vis	Peter H.*
50645.4220	Min I	vis	Peter H.*
50671.3630	Min I	vis	Peter H.*
50699.3830	Min I	vis	Peter H.*
50727.4010	Min I	vis	Peter H.*
51194.3465	Min I	ccd	Agerer Franz*
51296.0330	Min I	ccd	Paschke Anton*
52217.4890	Min I	ccd	Diethelm Roger*
52908.5706	Min I	ccd	Zejda Milos*
53341.2753	Min I	ccd	Diethelm Roger*

**EK 4**

Minimum Zamanı (HJD 2400000+)	Minimum Türü	Yöntem	Kaynak
53621.4443	Min I	ccd	Lehky Martin*
54086.3182	Min I	ccd	Dogru S.S.*
54086.3182	Min I	ccd	Dogru S.S.*
54216.5440	Min II	ccd	Agerer Franz*
54363.3741	Min I	ccd	Lehky Martin*
55000.4984	Min I	ccd	Pribik V.*
55052.3816	Min I	ccd	Lehky M.*
55052.3820	Min I	ccd	Trnka J.*
55052.3829	Min I	ccd	Ehrenberger R.*
55082.4741	Min I	ccd	Raetz M.*
55082.4741	Min I	ccd	Raetz M.*
55093.3697	Min II	ccd	Kucakova H.*
55097.5205	Min II	ccd	Raetz M.*
55102.7080	Min II	ccd	Diethelm Roger*
55410.3775	Min I	ccd	Lehky M.*
55644.3788	Min II	ccd	Agerer Franz*
55829.5947	Min I	ccd	Lehky M.*
55829.5948	Min I	ccd	Lehky M.*
55829.5950	Min I	ccd	Lehky M.*
56072.4085	Min I	ccd	Lehky M.*
56072.4086	Min I	ccd	Lehky M.*
56072.4088	Min I	ccd	Lehky M.*
56184.4764	Min I	ccd	Raetz M.*
56900.4669	Min I	ccd	Lehky M.*
56900.4672	Min I	ccd	Lehky M.*
56900.4673	Min I	ccd	Lehky M.*
56950.2749	Min I	ccd	Lehky M.*



**EK 4**

Minimum Zamanı (HJD 2400000+)	Minimum Türü	Yöntem	Kaynak
56950.2749	Min I	ccd	Lehky M.*
56950.2750	Min I	ccd	Lehky M.*
57644.4749	Min I	ccd	Lehky M.*
57644.4749	Min I	ccd	Lehky M.*
57644.4749	Min I	ccd	Lehky M.*
57655.3703	Min II	ccd	Lehky M.*
57655.3710	Min II	ccd	Lehky M.*
57655.3748	Min II	ccd	Lehky M.*
57976.5304	Min I	ccd	Gözütok, M.İ.
57989.5005	Min II	ccd	Gözütok, M.İ.
58318.4448	Min II	ccd	Gözütok, M.İ.
58401.3403	Min II	ccd	Gözütok, M.İ.
58715.3491	Min I	ccd	Gözütok, M.İ.
58717.4230	Min I	ccd	Gözütok, M.İ.
58739.2178	Min I	ccd	TESS
58739.7372	Min II	ccd	TESS
58740.2554	Min I	ccd	TESS
58740.7749	Min II	ccd	TESS
58741.2932	Min I	ccd	TESS
58742.8501	Min II	ccd	TESS
58743.3686	Min I	ccd	TESS
58743.8884	Min II	ccd	TESS
58744.9254	Min II	ccd	TESS
58745.4439	Min I	ccd	TESS
58746.4816	Min I	ccd	TESS
58746.4816	Min I	ccd	TESS
58747.0008	Min II	ccd	TESS

**EK 4**

Minimum Zamanı (HJD 2400000+)	Minimum Türü	Yöntem	Kaynak
58748.0385	Min II	ccd	TESS
58748.5570	Min I	ccd	TESS
58749.0766	Min II	ccd	TESS
58749.5946	Min I	ccd	TESS
58750.1139	Min II	ccd	TESS
58752.1894	Min II	ccd	TESS
58752.7078	Min I	ccd	TESS
58753.2273	Min II	ccd	TESS
58753.7454	Min I	ccd	TESS
58754.2642	Min II	ccd	TESS
58754.7830	Min I	ccd	TESS
58755.3021	Min II	ccd	TESS
58755.8205	Min I	ccd	TESS
58756.3397	Min II	ccd	TESS
58756.8583	Min I	ccd	TESS
58757.3773	Min II	ccd	TESS
58757.8960	Min I	ccd	TESS
58758.4154	Min II	ccd	TESS
58758.9338	Min I	ccd	TESS
58759.4531	Min II	ccd	TESS
58759.9713	Min I	ccd	TESS
58760.4905	Min II	ccd	TESS
58761.0089	Min I	ccd	TESS
58761.5277	Min II	ccd	TESS
58762.0465	Min I	ccd	TESS
58762.5658	Min II	ccd	TESS
58763.0844	Min II	ccd	TESS

**EK 4**

Minimum Zamanı (HJD 2400000+)	Minimum Türü	Yöntem	Kaynak
58765.1591	Min I	ccd	TESS
58765.6780	Min II	ccd	TESS
58766.1967	Min I	ccd	TESS
58766.7159	Min II	ccd	TESS
58767.2343	Min I	ccd	TESS
58767.7537	Min II	ccd	TESS
58768.2723	Min I	ccd	TESS
58768.7906	Min II	ccd	TESS
58769.3098	Min I	ccd	TESS
58769.8288	Min II	ccd	TESS
58770.3475	Min I	ccd	TESS
58770.8667	Min II	ccd	TESS
58771.3851	Min I	ccd	TESS
58771.9044	Min II	ccd	TESS
58772.4235	Min I	ccd	TESS
58772.9417	Min II	ccd	TESS
58773.4604	Min I	ccd	TESS
58773.9792	Min II	ccd	TESS
58774.4982	Min I	ccd	TESS
58775.0173	Min II	ccd	TESS
58775.5357	Min I	ccd	TESS
58776.0548	Min II	ccd	TESS
58778.1300	Min II	ccd	TESS
58778.6487	Min I	ccd	TESS
58779.1677	Min II	ccd	TESS
58779.6865	Min I	ccd	TESS
58780.2051	Min II	ccd	TESS

**EK 4**

Minimum Zamanı (HJD 2400000+)	Minimum Türü	Yöntem	Kaynak
58780.7242	Min I	ccd	TESS
58781.2432	Min II	ccd	TESS
58781.7609	Min I	ccd	TESS
58782.2811	Min II	ccd	TESS
58782.7993	Min I	ccd	TESS
58783.3184	Min II	ccd	TESS
58783.8370	Min I	ccd	TESS
58784.3557	Min II	ccd	TESS
58784.8748	Min I	ccd	TESS
58785.3934	Min II	ccd	TESS
58785.9125	Min I	ccd	TESS
58786.4314	Min II	ccd	TESS
58786.9500	Min I	ccd	TESS
58787.4689	Min II	ccd	TESS
58787.9877	Min I	ccd	TESS
58788.5061	Min II	ccd	TESS
58789.0253	Min I	ccd	TESS
58789.5445	Min II	ccd	TESS
58791.6151	Min II	ccd	TESS
58792.1387	Min I	ccd	TESS
58792.6581	Min II	ccd	TESS
58793.1764	Min I	ccd	TESS
58793.6948	Min II	ccd	TESS
58794.2139	Min I	ccd	TESS
58794.7326	Min II	ccd	TESS
58795.2518	Min I	ccd	TESS
58795.7704	Min II	ccd	TESS

**EK 4**

Minimum Zamanı (HJD 2400000+)	Minimum Türü	Yöntem	Kaynak
58796.2895	Min I	ccd	TESS
58796.8083	Min II	ccd	TESS
58797.3271	Min I	ccd	TESS
58797.8460	Min II	ccd	TESS
58798.3648	Min I	ccd	TESS
58798.8835	Min II	ccd	TESS
58799.4023	Min I	ccd	TESS
58799.9208	Min II	ccd	TESS
58800.4401	Min I	ccd	TESS
58800.9593	Min II	ccd	TESS
58801.4779	Min I	ccd	TESS
58801.9962	Min II	ccd	TESS
58803.5532	Min I	ccd	TESS
58804.0713	Min II	ccd	TESS
58804.5908	Min I	ccd	TESS
58805.1095	Min II	ccd	TESS
58805.6284	Min I	ccd	TESS
58806.1473	Min II	ccd	TESS
58806.6663	Min I	ccd	TESS
58807.1849	Min II	ccd	TESS
58807.7040	Min I	ccd	TESS
58808.2230	Min II	ccd	TESS
58808.7416	Min I	ccd	TESS
58809.2595	Min II	ccd	TESS
58809.7792	Min I	ccd	TESS
58810.2976	Min II	ccd	TESS
58810.8169	Min I	ccd	TESS

**EK 4**

Minimum Zamanı (HJD 2400000+)	Minimum Türü	Yöntem	Kaynak
58811.3355	Min II	ccd	TESS
58811.8546	Min I	ccd	TESS
58812.3730	Min II	ccd	TESS
58812.8924	Min I	ccd	TESS
58813.4102	Min II	ccd	TESS
58813.9300	Min I	ccd	TESS
58814.4486	Min II	ccd	TESS
58814.9677	Min I	ccd	TESS
59060.3741	Min II	ccd	Gözütok, M.İ.
59086.4095	Min II	ccd	Gözütok, M.İ.
59087.3528	Min II	ccd	Gözütok, M.İ.
59103.4376	Min I	ccd	Gözütok, M.İ.

\* O-C Gateway: <http://var2.astro.cz/ocgate/> 'dan alınmıştır.

**EK 5****V746 CEP SİSTEMİNE AİT TAYF GÖZLEM BİLGİSİ**

Gözlem tarihi (gün/ay/yıl)	Optik Ağ (grism no.)	Poz süresi (saniye)	Evre
28/10/2018	#9, #11	1800	0.213 – 0.304
11/11/2018	#9, #11	1800	0.336 – 0.358
26/05/2019	#9, #11	1800	0.087 – 0.109
28/05/2019	#9, #11	1800	0.646 – 0.703
16/06/2019	#9, #11	1800	0.703 – 0.800
17/06/2019	#9, #11	1800	0.532 – 0.567
10/09/2019	#9, #11	2700	0.854 – 0.876
11/09/2019	#9, #11	3600	0.646 – 0.881
12/09/2019	#9, #11	3600	0.579 – 0.662

**EK 6****V746 CEP'İN BİRİNCİ BİLEŞENİN DİKİNE HIZLARI**

HJD (2400000+)	Evre	RV1 (km/s)	Hata (km/s)
58420.19855	0.077	-32.0	12.0
58420.22873	0.101	-30.7	5.8
58420.25922	0.126	-36.7	9.2
58420.31254	0.168	-30.3	7.4
58434.21246	0.200	-24.0	12.0
58630.45404	0.954	-15.0	15.0
58632.41828	0.513	45.0	10.0
58632.45302	0.540	55.0	1.0
58651.39025	0.570	55.0	10.0
58651.48444	0.645	57.0	6.0
58651.51220	0.667	55.0	8.5
58652.43406	0.399	19.7	5.0
58652.47817	0.434	30.4	4.9
58737.25851	0.722	52.2	7.0
58738.25601	0.514	51.0	6.9
58738.31411	0.560	59.5	10.6
58738.39299	0.623	57.6	5.8
58738.45307	0.671	57.9	3.1
58738.50469	0.712	52.4	4.4
58738.55222	0.749	43.8	5.9
58739.43125	0.447	38.9	2.2
58739.48566	0.490	46.7	1.1
58739.53650	0.530	48.1	6.5

**EK 7****GI CEP SİSTEMİNE AİT TAYF GÖZLEM BİLGİSİ**

Gözlem tarihi (gün/ay/yıl)	Optik Ağ (grism no.)	Poz süresi (saniye)	Evre
12/08/2018	#9, #11	1800	0.604 – 0.635
28/10/2018	#9, #11	1800	0.704 – 0.816
11/11/2018	#9, #11	1800	0.128 – 0.265
27/05/2019	#9, #11	1800	0.067 – 0.106
22/07/2019	#9, #11	1800	0.966 – 0.167
10/09/2019	#9, #11	3600	0.181 – 0.379
12/09/2019	#9, #11	3600	0.054 – 0.150

**EK 8****GI CEP'İN BİRİNCİ BİLEŞENİN DİKİNE HIZLARI**

HJD (2400000+)	Evre	RV1 (km/s)	Hata (km/s)
58343.45229	0.604	-12.4	9.2
58343.48498	0.635	-7.0	11.2
58420.34316	0.704	4.0	7.3
58420.37641	0.736	11.0	8.3
58420.40478	0.763	7.0	4.4
58420.43250	0.790	17.0	7.8
58420.45984	0.816	13.0	6.5
58434.27326	0.128	-46.0	7.4
58434.30824	0.162	-51.3	11.5
58434.33449	0.187	-56.0	14.7
58434.36066	0.212	-59.0	15.7
58434.38815	0.239	-60.0	19.3
58434.41556	0.265	-64.0	31.0
58687.38691	0.054	-26.0	10.0
58687.41702	0.083	-24.0	10.0
58687.44333	0.108	-19.1	29.9
58687.47117	0.135	-44.0	6.1
58687.50493	0.167	-45.8	12.3



**EK 8**  
**GI CEP'İN BİRİNCİ BİLEŞENİN DİKİNE HIZLARI**

HJD (2400000+)	Evre	RV1 (km/s)	Hata (km/s)
58737.32705	0.181	-53.0	12.2
58737.38745	0.239	-63.0	16.4
58737.43604	0.286	-69.0	18.5
58737.48408	0.332	-70.0	11.6
58737.53225	0.379	-65.0	15.0
58739.37024	0.150	-49.0	6.5

