

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ASTRONOMİ VE UZAY BİLİMLERİ ANABİLİM DALI**

**KISA DÖNEMLİ ÖTEGEZEĞENLERİN GEÇİŞ
GÖZLEMLERİNİN FOTOMETRİK İNCELENMESİ VE
ANALİZİ**

**Hazırlayan
Ahmet KESKİN**

**Danışman
Doç. Dr. Mehmet TANRIVER**

Doktora Tezi

**Şubat 2024
KAYSERİ**

T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ASTRONOMİ VE UZAY BİLİMLERİ ANABİLİM DALI

KISA DÖNEMLİ ÖTEGEZEĞENLERİN GEÇİŞ
GÖZLEMLERİNİN FOTOMETRİK İNCELENMESİ VE
ANALİZİ
(Doktora Tezi)

Hazırlayan
Ahmet KESKİN

Danışman
Doç. Dr. Mehmet TANRIVER

Şubat 2024
KAYSERİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Ahmet KESKİN



“Kısa Dönemli Ötegezegenlerin Geçiş Gözlemlerinin Fotometrik İncelenmesi Ve Analizi ” adlı Doktora tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Hazırlayan
Ahmet KESKİN

Danışman
Doç. Dr. Mehmet TANRIVER

Astronomi ve Uzay Bilimleri ABD Başkanı

Prof. Dr. İbrahim KÜÇÜK

TEŞEKKÜR

Bana çalışmalarım süresince her türlü yardımı ve fedakârlığı sağlayan, Sayın hocam
Doç. Dr. Mehmet TANRIVER'e teşekkürü borç bilirim.

Ahmet KESKİN

Şubat 2024, KAYSERİ



KISA DÖNEMLİ ÖTEGEZEĞENLERİN GEÇİŞ GÖZLEMLERİNİN FOTOMETRİK İNCELENMESİ VE ANALİZİ

Ahmet KESKİN

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Doktora Tezi, Şubat 2024
Danışman: Doç. Dr. Mehmet TANRIVER

ÖZET

Bu tez çalışmasında KELT-16, WASP-33, TRES-3, WASP-114 ötegezegen ve TOI-1425, TOI-1568, TOI-2046 aday ötegezegen sistemlerinin TESS ışık eğrileri ve TUG T100 teleskobu ile yapılan fotometrik gözlemlerine ait ışık eğrileri analiz edilerek sistemlere ait parametreler elde edilmiştir. Ayrıca ötegezegen bulunduran beş sistem için yörünge dönem analizleri de yapılmıştır.

Elde edilen analizler sonucunda KELT-16 b ötegezegeni için $a/R_y = 2.858 \pm 0.84$, $R_g/R_y = 0.109 \pm 0.0031$, $i = 82.711 \pm 3.569$, WASP-33 b ötegezegeni için $a/R_y = 3.506 \pm 0.368$, $R_g/R_y = 0.1050 \pm 0.0111$, $i = 84.032 \pm 4.336$, TRES-3 b ötegezegeni için $a/R_y = 6.254 \pm 0.232$, $R_g/R_y = 0.148 \pm 0.059$, $i = 83.812 \pm 5.587$, WASP-114 b ötegezegeni için $a/R_y = 2.870 \pm 0.862$, $R_g/R_y = 0.118 \pm 0.009$, $i = 79.812 \pm 5.5238$ olarak hesaplanmıştır. Elde edilen analiz sonuçların literatür ile uyumlu olduğu görülmüştür.

Aday ötegezegen sistemleri olan TOI-2046, TOI-1425, TOI-1568 sistemlerinin analizi sonucunda TOI-2046 sistemine ait parametreler $a/R_y = 4.506 \pm 0.2002$, $R_g/R_y = 0.126 \pm 0.057$, $i = 83.549 \pm 8.69$ olarak bulunmuştur. Diğer aday ötegezegenler TOI-1425, TOI-1568 sistemlerinin analizleri sonucunda yer tabanlı gözlemlerinden elde edilen ışık eğrilerinde herhangi bir minimuna rastlanamamış ve false positive (ötegezegen bulundurma ihtimali düşük) sistem olarak nitelendirilmesi gerektiği anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Gezegen Sistemleri, Ötegezegenler, Geçiş Yöntemi

PHOTOMETRIC INVESTIGATION AND ANALYSIS OF SHORT-PERIOD TRANSIT OBSERVATIONS OF EXOPLANETS

Ahmet KESKİN

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences
PhD Thesis, February 2024
Supervisor: Assoc.Prof.Dr.Mehmet TANRIVER

ABSTRACT

In this thesis, photometric observations of KELT-16, WASP-33, TRES-3, WASP-114 exoplanets and TOI-1425, TOI-1568, TOI-2046 candidate exoplanet systems have been performed using data from TUG T100 and tess (transiting exoplanet survey satellite) telescopes. In order to obtain the basic parameters of these systems, we analyse the light curves.

As a results of light curves the analyses, the obtained fundamental parameters as $a/R_y = 2.858 \pm 0.84$, $R_g/R_y = 0.109 \pm 0.0031$ and $i = 82.711 \pm 3.569$ for exoplanet KELT-16, $a/R_y = 3.506 \pm 0.368$, $R_g/R_y = 0.1050 \pm 0.011$ and $i = 84.032$ for exoplanet WASP-33, $a/R_y = 6.254 \pm 0.232$, $R_g/R_y = 0.148 \pm 0.059$ and $i = 83.812 \pm 5.587$ for exoplanet TRES-3, $a/R_y = 2.870 \pm 0.862$, $R_g/R_y = 0.118 \pm 0.009$ and $i = 79.812 \pm 5.5238$ for exoplanet WASP-114. These parameters for five systems are quite consentient with literature.

In this study, the fundamental parameters of the candidate exoplanets for TOI-2046, are found as $a/R_y = 4.506 \pm 0.2002$, $R_g/R_y = 0.126 \pm 0.057$ and $i = 83.549 \pm 8.69$. According to, the results ground-based observation for the candidate exoplanets of TOI-1425 and TOI-1568, two systems do not show distinct light curve minima. We therefore suggest that these systems should be defined as false positive objects with low exoplanet probabilities.

Keywords: Planetary Systems, Exoplanets, Transit method

İÇİNDEKİLER

KISA DÖNEMLİ ÖTEGEZEĞENLERİN GEÇİŞ GÖZLEMLERİNİN FOTOMETRİK İNCELENMESİ VE ANALİZİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK	ii
YÖNERGEYE UYGUNLUK.....	iii
KABUL VE ONAY	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	vii
İÇİNDEKİLER	viii
KISALTMALAR	x
TABLolar LİSTESİ.....	xii
ŞEKİLLER LİSTESİ	xiii
GİRİŞ	1

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Ötegezegen Keşif Yöntemleri	3
1.1.1. Doğrudan Görüntüleme Yöntemi.....	3
1.1.2. Geçiş Yöntemi.....	4
1.1.3. Dikine Hız Yöntemi.....	8
1.1.4. Astrometri Yöntemi	11
1.1.5. Mikro Merceklemeye Yöntemi	12
1.1.6. Atarca (Pulsar) Yöntemi	15
1.1.7. Geçiş Zamanındaki Değişim Yöntemi.....	17
1.2. Tez Kapsamında Çalışılan Sistemlerin Literatür Özellikleri	18
1.2.1. KELT-16b	18
1.2.2. WASP-33b.....	19
1.2.3. TRES-3b.....	19
1.2.4. WASP-114b.....	20
1.3. Araştırmanın Amacı ve Önemi	20

2. BÖLÜM

YÖNTEM VE MATERYAL

2.1. Sistemlerin Seçimi ve Verilerin Elde Edilmesi	22
2.2. TESS Gözlemleri	22
2.3. TESS Işık Eğrilerinin Edilmesi ve Analizi.....	24
2.4. Yer Tabanlı Gözlemler	25
2.4.1. Yer Tabanlı Gözlemlerin Analizi.....	25
2.4.2. Dönem Değişimlerinin Araştırılması.....	26

3. BÖLÜM

BULGULAR

3.1. Onaylanmış Ötegezegen Sistemleri	29
3.1.1. KELT-16 b Ötegezegeninin Işık Eğrileri ve Analiz Sonuçları	29
3.1.2. WASP-33 b Ötegezegeninin Işık Eğrileri ve Analiz Sonuçları	35
3.1.3. TRES-3 b Ötegezegeninin Işık Eğrileri ve Analiz Sonuçları	39
3.1.4. WASP-114 b Ötegezegeninin Işık Eğrileri ve Analiz Sonuçları	44
3.2. Aday Ötegezegen Sistemleri	48
3.2.1. TOI-2046 b Sisteminin Işık Eğrileri ve Analiz Sonuçları.....	48
3.2.2. TOI-1425 Sisteminin Işık Eğrileri ve Analiz Sonuçları.....	55
3.2.3. TOI-1568 Sisteminin Işık Eğrileri ve Analiz Sonuçları.....	59

4. BÖLÜM

TARTIŞMA-SONUÇ ve ÖNERİLER

4.1. Tartışma-Sonuç ve Öneriler.....	64
KAYNAKÇA	67
EKLER.....	73
ÖZGEÇMİŞ.....	92

KISALTMALAR

ΔF	: Işık akısı değişimi
a	: Yörüngenin yarı-büyük ekseninin uzunluğu
a/R_y	: Yarı büyük eksen-Yıldız yarıçap oranı
b	: Geçişin etki parametresi
CCD	: Charge Coupled Device
e	: Yörüngenin dış merkezliliği
E	: Çevrim sayısı
i	: Yörüngenin eğimi
K	: Kelvin derece
KELT	: Kilodegree Extremely Little Telescope
$\log g$	: Logaritmik yüzey çekim ivmesi
$M_{\oplus}$	: Dünya'nın kütlesi: $1,99 \times 10^{30}$ kg
M_g	: Gezegen kütlesi
M_j	: Jüpiter'in kütlesi: $1,90 \times 10^{27}$ kg
M_y	: Yıldız kütlesi
$M_{\odot}$	: Güneş'in kütlesi: $1,99 \times 10^{30}$ kg
O-C	: Gözlenen – Hesaplanan (İng. Observed – Calculated)
P	: Yörünge dönemi
$R_{\oplus}$	: Dünya'nın Yarıçapı: $6,37 \times 10^6$ m
R_g	: Gezegen yarıçapı
R_j	: Jüpiter yarıçapı: $7,15 \times 10^7$ m
R_j	: Jüpiter'in yarıçapı: $7,15 \times 10^7$ m
R_p/R_y	: Gezegen-Yıldız yarıçap oranı
R_y	: Yıldız yarıçapı
$R_{\odot}$	: Güneş'in yarıçapı: $6,69 \times 10^8$ m
T_{eff}	: Yıldızın etkin sıcaklığı
TESS	: Ötegezegen Araştırma Uydusu (İng. Transiting Exoplanet Survey Satellite)
t_f	: Gezegenin tüm diskinin yıldızın önünde olduğu süre
TOI	: TESS Objects of Interest

t_t	:Toplam geçiş süresi
TTV	: Geçiş Zamanı Değişimi (İng. Transit Timing Variation)
TUG100	: TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi 100 cm ayna çaplı teleskop
WASP	: Wide Angle Search for Planets (Geniş Açı Gezegen Araştırması)
ρ_g	: Gezegen yoğunluğu
<i>BIC</i> :	: Bayesian Info Criteria



TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1.	Analizleri Yapılan Sistemlerin TESS Verileri	23
Tablo 2.	TUG T-100 Teleskobu tarafından yapılan gözlemler	25
Tablo 3.	KELT-16 b ötegezegeninin TESS ışık eğrileri analiz sonuçları	31
Tablo 4.	KELT-16 b ötegezegenine ait EXOTIC ile elde edilen ışık eğrisi analizleri sonuçları	33
Tablo 5.	KELT-16 b ötegezegeninin ExoPdot analiz sonuçları	34
Tablo 6.	WASP-33 b ötegezegeninin TESS ışık eğrileri analiz sonuçları	36
Tablo 7.	WASP-33 b ötegezegenine ait EXOTIC ile elde edilen ışık eğrisi analizleri sonuçları	38
Tablo 8.	WASP-33 b ötegezegeninin ExoPdot analiz sonuçları	39
Tablo 9.	TRES-3 b ötegezegeninin TESS ışık eğrileri analiz sonuçları.....	41
Tablo 10.	TRES-3 b ötegezegenine ait EXOTIC ile elde edilen ışık eğrisi analizleri sonuçları	43
Tablo 11.	TRES-3 b ötegezegeninin ExoPdot analiz sonuçları.....	44
Tablo 12.	WASP-114 b ötegezegeninin TESS ışık eğrileri analiz sonuçları	45
Tablo 13.	WASP-114 b ötegezegenine ait EXOTIC ile elde edilen ışık eğrisi analizleri sonuçları	47
Tablo 14.	WASP-114 b ötegezegeninin ExoPdot analiz sonuçları	48
Tablo 15.	TOI-2046 sisteminin TESS ışık eğrileri analiz sonuçları.....	51
Tablo 16.	TOI-2046 sistemine ait EXOTIC ile elde edilen ışık eğrisi analizleri sonuçları	53
Tablo 17.	TOI-2046 b ötegezegeninin ExoPdot analiz sonuçları.....	54
Tablo 18.	TOI-1425 sisteminin TESS ışık eğrileri analiz sonuçları.....	58
Tablo 19.	TOI-1568 sisteminin TESS ışık eğrileri analiz sonuçları.....	62
Tablo 20.	Onaylanmış Ötegezegen Sistemlerinin Parametrelerinin Literatürle Karşılaştırılması	65

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.	Keşif methodlarına göre yıllar içerisinde artan ötegezegen sayısı (exoplanetarchive.ipac.caltech.edu)	2
Şekil 2.	Geçiş Yönteminin Şematik Gösterimi.....	6
Şekil 3.	51 Peg b ötegezegeninin Mayor vd tarafından elde edilmiş radyal hız profili.....	10
Şekil 4.	Mikromerceklenme yönteminin geometrisi.	14
Şekil 5.	KOI-872 sisteminde, ilave cisim etkisi nedeniyle ötegezegenin minimum zamanındaki değişim (Nesvorný vd., 2012).....	18
Şekil 6.	TESS'in gözlem bant genişliği (siyah çizgi). Ayrıca karşılaştırma için Johnson-Cousins V, R _C ve I _C filtre eğrileri ve Sloan Digital Sky Survey z filtre eğrisi de karşılaştırma için gösterilmiştir (Ricker vd. (2015)).	23
Şekil 7.	KELT-16 b ötegezegenine ait juliet tarafından elde edilen çözüm ışık eğrileri. Üst panelde sektör-15, orta panelde sektör-41 ve alt panelde sektör-57'ye ait ışık eğrileri ve çözümleri gösterilmiştir.....	30
Şekil 8.	KELT-16 ötegezegenine ait juliet tarafından elde edilen birleştirilmiş ışık eğrileri. Sol üst panelde sektör-15, sağ üst panelde sektör-41 ve alt panelde sektör-57'ye ait ışık eğrileri ve çözümleri gösterilmiştir.....	31
Şekil 9.	KELT-16 b ötegezegeninin EXOTIC tarafından oluşturulmuş ışık eğrileri ve modelleri.....	32
Şekil 10.	KELT-16 b ötegezegenine ait ExoPdot tarafından oluşturulmuş TTV analizi	34
Şekil 11.	WASP-33 b ötegezegenine ait juliet tarafından elde edilen çözüm ışık eğrileri. Üst panelde sektör-18 ve alt panelde sektör-58'ye ait ışık eğrileri ve çözümleri gösterilmiştir.....	35
Şekil 12.	WASP-33 b ötegezegenine ait juliet tarafından elde edilen birleştirilmiş ışık eğrileri. Sol panelde sektör-18, sağ panelde sektör-58'e ait ışık eğrileri ve çözümleri gösterilmiştir.....	36
Şekil 13.	WASP-33 b ötegezegeninin EXOTIC tarafından oluşturulmuş ışık eğrileri ve modelleri.....	37

Şekil 14.	WASP-33 b ötegezegenine ait ExoPdot tarafından oluşturulmuş TTV analizi	38
Şekil 15.	TRES-3 b ötegezegenine ait juliet tarafından elde edilen çözüm ışık eğrileri. Birinci panelde sektör-25, ikinci panelde sektör 40, 3. panelde sektör 52 ve 4. panelde sektör-58'ye ait ışık eğrileri ve çözümleri gösterilmiştir.....	40
Şekil 16.	TRES-3 b ötegezegenine ait juliet tarafından elde edilen birleştirilmiş ışık eğrileri. Sol üst panelde sektör-25, sağ üst panelde sektör-40, sol alt panelde sektör-52 ve sağ alt panelde sektör-53'e ait ışık eğrileri ve çözümleri gösterilmiştir.....	41
Şekil 17.	TRES-3 b ötegezegeninin EXOTIC tarafından oluşturulmuş ışık eğrileri ve modelleri.....	42
Şekil 18.	TRES-3 b ötegezegenine ait TTV analiz grafiği.	43
Şekil 19.	WASP-114 b ötegezegenine ait juliet tarafından elde edilen çözüm ışık eğrileri. Sektör-55' e ait ışık eğrisi ve çözümü gösterilmiştir.	45
Şekil 20.	WASP-114 b ötegezegenine ait juliet tarafından elde edilen birleştirilmiş ışık eğrileri. Sektör-55'e ait ışık eğrisi ve çözümü gösterilmiştir.	45
Şekil 21.	WASP-114 b ötegezegeninin EXOTIC tarafından oluşturulmuş ışık eğrileri ve modelleri.	46
Şekil 22.	WASP-114 b ötegezegenine ait ExoPdot tarafından oluşturulmuş TTV analizi	47
Şekil 23.	TOI-2046 sistemine ait juliet tarafından elde edilen çözüm ışık eğrileri. Birinci panelde sektör-18, ikinci panelde sektör-19, 3. panelde sektör-24, 4. panelde sektör-58 ve 5. panelde sektör-59'a ait ışık eğrileri ve çözümleri gösterilmiştir.....	50
Şekil 24.	TOI-2046 sistemine ait juliet tarafından elde edilen birleştirilmiş ışık eğrileri. Sol üst panelde sektör-18, sağ üst panelde sektör-19, sol orta panelde sektör-24, sağ orta panelde sektör-58 ve alt panelde sektör-59'a ait ışık eğrileri ve çözümleri gösterilmiştir.	51
Şekil 25.	TOI-2046 sisteminin EXOTIC tarafından oluşturulmuş ışık eğrileri ve modelleri.....	52
Şekil 26.	TOI-2046 b ötegezegenine ait ExoPdot tarafından oluşturulmuş TTV analizi	54

- Şekil 27. TOI-1425 sistemine ait juliet tarafından elde edilen çözüm ışık eğrileri. Birinci panelde sektör-17, ikinci panelde sektör-18, 3. panelde sektör-54, 4. panelde sektör-57 ve 5. panelde sektör-58'e ait ışık eğrileri ve çözümleri gösterilmiştir.....56
- Şekil 28. TOI-1425 sistemine ait juliet tarafından elde edilen birleştirilmiş ışık eğrileri. Sol üst panelde sektör-17, sağ üst panelde sektör-18, sol orta panelde sektör-24, sağ orta panelde sektör-57 ve alt panelde sektör-58'3 ait ışık eğrileri ve çözümleri gösterilmiştir 57
- Şekil 29. TOI-1425 sisteminin EXOTIC tarafından oluşturulmuş ışık eğrileri ve modelleri.....58
- Şekil 30. TOI-1568 sistemine ait juliet tarafından elde edilen çözüm ışık eğrileri. Birinci panelde sektör-17, ikinci panelde sektör-18, 3. panelde sektör-24, 4. panelde sektör-57 ve 5. panelde sektör-58'e ait ışık eğrileri ve çözümleri gösterilmiştir.....60
- Şekil 31. TOI-1568 sistemine ait juliet tarafından elde edilen birleştirilmiş ışık eğrileri. Sol üst panelde sektör-17, sağ üst panelde sektör-18, sol orta panelde sektör-24, sağ orta panelde sektör-57 ve alt panelde sektör-58'3 ait ışık eğrileri ve çözümleri gösterilmiştir. 61
- Şekil 32. TOI-1568 sisteminin EXOTIC tarafından oluşturulmuş ışık eğrileri ve modelleri.....62

GİRİŞ

Evrenimiz yüz milyarlarca galaksi içermektedir ve bizim galaksimiz olan samanyolu galaksisi gibi diğer galaksiler de yüz milyarlarca yıldız içermektedirler. Görünüşte sınırsız olan bu yıldız okyanusu içerisinde Güneş sistemi dışında başka gezegen sistemlerinin var olma olasılığı ve evrenin başka yerlerinde yavaşamın var olma ihtimali eskilerden beri bilim insanları tarafından tartışılmaktadır.

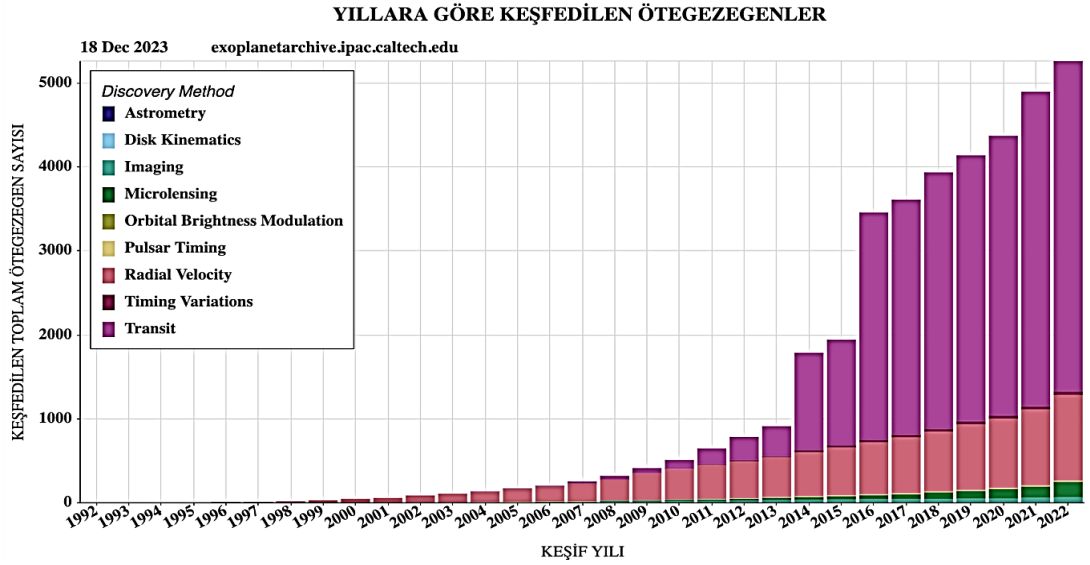
Yansıyan yıldız ışığı ile parlayan, Güneş sistemi gezegenleriyle karşılaştırılabilir Güneş sistemi dışarısında bulunan gezegenler, ev sahibi yıldızlardan milyarlarca kat daha sönük olacak ve uzaklıklarına bağlı olarak, eşlik eden yıldızlarından en fazla birkaç saniyelik açısal ayrılıklarda olacaktır. Bu kombinasyon özellikle Dünya atmosferinin de bozucu etkileri hesaba katıldığı zaman Güneş sistemi dışında olan gezegenleri keşfetmeyi oldukça zorlaştırmaktadır.

Güneş Sistemi dışarısında gözlenebilen gezegenleri, Güneş Sisteminde olan gezegenlerden ayırmak için bu tür gezegenler “ötegezegen” olarak isimlendirilmiştir. 2006 yılında Uluslararası Astronomi Birliği (IAU) Güneş sistemi cisimlerini gezegenler, cüce gezegenler ve küçük güneş sistemi cisimleri olarak üç ayrı kategoride sınıflandırmıştır. Ötegezegenlerin sınıflandırılması yüksek kütleli gezegenleri düşük kütleli kahverengi cücelerden ayırt etmenin zorluğu nedeniyle daha yüksek kütlelerde karmaşık olmasına rağmen, çok genel olarak Uluslararası Astronomi Birliğinin 2003 yılındaki tavsiyesine göre, döteryum termonükleer füzyonunun (yaklaşık 12 Jüpiter kütlesi) kütleyle sahip ve nasıl oluştuklarına bakılmaksızın yıldızların ya da yıldız kalıntılarının yörüngesinde olan cisimleri ötegezegen olarak tanımlamıştır.

Özellikle son 30 yıldır gelişen teknoloji ile ötegezegen araştırmaları oldukça hızlanmış ve gerek yer tabanlı teleskoplarla gerekse uzay teleskopları ile birçok ötegezegen keşfi yapılabilmektedir. İlk ötegezegen keşfi 1992 yılında Wolszccan ve Frail (1992) tarafından bir milisaniye pulsarı (PSR1257+12) etrafında gerçekleştirilmiştir. Mayor ve Queloz

(1995) ise 51 Pegasi etrafında dolanan normal bir yıldız etrafında bulunan ilk ötegezegeni keşfetmişlerdir.

Keşif amaçlı yer tabanlı gözlem projeleri *TrES*, *SuperWASP*, *KELT* gibi projelerin yanı sıra Corot, Kepler ve TESS gibi uzay teleskopları tarafından yapılan oldukça duyarlı gözlemler sayesinde günümüzde sayıları 6000'e yaklaşan ötegezegen keşfi yapılmıştır ve 7000'den fazla sayıda da onaylanmayı bekleyen ötegezegen bulunmaktadır. Ötegezegen keşiflerinin büyük bir çoğunluğu ötegezegenin barınak yıldızının önünden geçtiği zamanlarda elde edilen geçiş ışıık eğrileri ile elde edilmiştir. Nasa Exoplanet Archive sistemine de bakıldığında onaylanan ötegezegenlerin büyük çoğunluğunun geçiş yöntemi (4150) ve radyal hız yöntemi (1075) ile keşfedildiği görülmektedir. Şekil 1 de keşif yöntemlerine göre yıllar içerisinde artan ötegezegen sayısını göstermektedir.



Şekil 1. Keşif methodlarına göre yıllar içerisinde artan ötegezegen sayısı (exoplanetarchive.ipac.caltech.edu)

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Ötegezegen Keşif Yöntemleri

Ötegezegenler kendi ışıklarını üretemezler yalnızca yıldızından gelen ışığı tekrar yayarlar. Bu nedenle ötegezegenlere ait gözlemler yıldızların gözlemleri gibi rahat yapılamaz. Ötegezegenler barınak yıldızın gözlemleri sırasında çoğunlukla dolaylı olarak gözlemlenebilirler. Ötegezegen keşif gözlemleri için çeşitli yöntemler vardır. Bu yöntemlerden en çok kullanılanlar;

1. Doğrudan görüntüleme yöntemi.
2. Geçiş yöntemi.
3. Dikine hız yöntemi.
4. Astrometri yöntemi.
5. Mikromerçekleme yöntemi.
6. Atarca(Pulsar) zamanı yöntemi.
7. Geçiş zamanındaki değişim yöntemi.

1.1.1. Doğrudan Görüntüleme Yöntemi

Muhtemelen astronomideki en doğal gözlem tekniği, incelenmek istenilen nesnenin görüntüsünü oluşturmaktır. Ötegezegen araştırmalarında bu tekniğe doğrudan görüntüleme adı verilir. Doğrudan görüntüleme yöntemi diğer yöntemlerden farklı olarak ötegezegen için direkt keşif olanağı sunan bir yöntemdir. Güneş sistemimizde bulunan gezegenlerden de bildiğimiz gibi ötegezegenler de barınak yıldızlarından aldıkları ışığı yansıtırlar ve barınak yıldızlarından milyarlarca kat daha sönüktür. Bu yüzden doğrudan görüntüleme yöntemi ile ötegezegen keşfi oldukça zor bir yöntemdir.

Doğrudan görüntüleme yöntemi ana yıldızından yaklaşık 5 astronomi birimi(AB) uzaklıkta bulunan büyük kütleli ötegezegenlere uygulanabilmektedir. Bu yöntemin ana

hedefi oluşum aşamasında biriktirdikleri ısıdan kızılötesi ışık yayan ve bunu birkaç on milyon yıl boyunca salan genç ötegezegenlerdir. Bu genç ötegezegenlerin etkin sıcaklıkları 2000 K'e kadar ulaşabilmektedir (Jupiterin etkin sıcaklığı yaklaşık 150 K).

Doğrudan görüntüleme yöntemi ile yapılan ilk büyük keşif Chauvin vd (2004) tarafından bir kahverengi cüce etrafında tespit edilen jupiterin 5 katı kütleyle sahip dev bir gezegendir. Bu şekilde gözlemlenen gezegenler düşük yer çekimine sahiptir (hala sıcak oldukları ve yavaş yavaş soğudukları gerçeğinden beklendiğı gibi) ve atmosferik yapıları kahverengi cücelerden farklıdır. Çok uygun durumlarda CO çizgileri gibi bireysel spektral çizgiler doğrudan gözlemlenebilir. Gezegenin ev sahibi yıldızından yeterince ayrıldığı durumlarda doğrudan spektroskopi gözlemleri gerçekleştirilebilir. Bunlar, süper dev gezegenlerin ve kahverengi cücelerin oluşum mekanizmalarını anlamaya çalışırken önemli bilgilerdir. Mümkün olduğunda, optik teleskoplarla doğrudan görüntüleme, gezegen-yıldız kontrastının çok daha yüksek olması nedeniyle çok daha zor olmasına rağmen, gezegenin albedosu ve bulut örtüsü hakkında önemli bilgiler sağlar.

Günümüzde yeni ötegezegen keşifleri için Very Large Telescope (ESO)'un SPHERE enstrümanı, Gemini Planet Finder ve şimdiye kadar yapılmış en büyük 39 metrelik optik ve kızılötesi teleskop olan European Extremely Large Telescope (E-ELT) ile barınak yıldızına daha yakın ötegezegenler doğrudan görüntülenme yöntemi ile keşfedilmeye çalışılmaktadır.

1.1.2. Geçiş Yöntemi

Geçiş yöntemi günümüzde ötegezegen belirlemede kullanılan en başarılı ve en çok kullanılan yöntemdir. Özellikle geçiş gösteren gezegenlerin radyal hız verileri de kullanılarak çok sayıda astrofiziksel parametresi oldukça duyarlı şekillerde bulunması geçiş yönteminin çok kullanılmasına neden olmuştur. Ancak geçişlerin rastgele yönlendirilmiş gezegen sistemlerinde ortaya çıkma olasılığının düşük olması ve geçişleri taklit edebilecek ve yanlış tespit pozitiflerine yol açabilecek astrofiziksel olayların varlığı gibi dezavantajları da vardır.

İlk geçiş yöntemi ile keşfedilen ötegezegen HD 209458b'nin (Henry ve diğeri 2000; Charbonneau ve diğeri 2000) keşfedilmesinden sonra, geçiş yöntemi en çok kullanılan tespit yöntemi haline gelmiştir ve neredeyse bu yöntem ile diğeri bütün keşif yöntemlerinden daha fazla ötegezegen keşfi yapılmıştır.

Ötegezegenler barınak yıldızının etrafında dolanma hareketi yaptığı sırada gözlemci ile barınak yıldızı arasında kaldığı süre boyunca barınak yıldızından gelen akıda belirli bir düzeyde azalma meydana gelir. Şekil 2'de geçiş yönteminin şematik gösterimi verilmiştir. Ötegezegen barınak yıldızının önünden geçişi sırasında oluşan akıda olan düşüş ötegezegenin yarıçapı ile barınak yıldızın yarıçapına göre değişir.

$$\Delta F = \left(\frac{R_s}{R_p} \right)^2 = k^2 \quad (1)$$

Burada R_s yıldız yarıçapını, R_p gezegen yarıçapını ve k yarıçaplar oranını göstermektedir. Bir ötegezegenin geçiş ışık eğrisi gözlenebilir temel özelliklere ve bunlara bağlı olarak hesaplanabilir temel fiziksel parametrelere sahiptir. Işık eğrilerini modellemek için tanımlanan parametreler; ötegezegenin yarıçapı (R_g), yıldızın yarıçapı (R_y), yarıçaplar oranı (R_g/R_y), yıldız ve gezegen merkezleri arasındaki görelî uzaklık b olarak verilir (Gimenez 2006). Yörünge yarı büyük eksen uzunluğu a olmak üzere gezegen ve yıldızın kesirsel yarıçapları (r_g, r_y) sırasıyla şu şekilde yazılır:

$$r_s = \frac{R_s}{a} \quad (2)$$

$$r_p = \frac{R_p}{a} \quad (3)$$

b geçişin gerçekleşip gerçekleşmeyeceğini gösteren bir parametredir. Öyle ki, $\delta > r_s + r_p$ şartı gerçekleştiği zaman tutulma gerçekleşmez iken, $\delta < r_s - r_p$ olduğunda halkalı bit tutulma o, $r_s + r_p > b > r_s - r_p$ olduğunda zaman parçalı bir tutulma olur. (Gimenez 2006).

t_0 minimum zamanı, P yörünge dönemi olmak üzere geçişin evresi θ ;

$$\theta = \left(\frac{2\pi}{P} \right) (t - t_0) \quad (4)$$

şeklinde ifade edilir. Burada $\theta=0$ tutulmanın gerçekleştiği evredir.

Dairesel yörüngelerde;

$$\delta^2 = 1 - \cos^2 \theta \sin^2 i \quad (5)$$

Eliptik yörüngelerde;

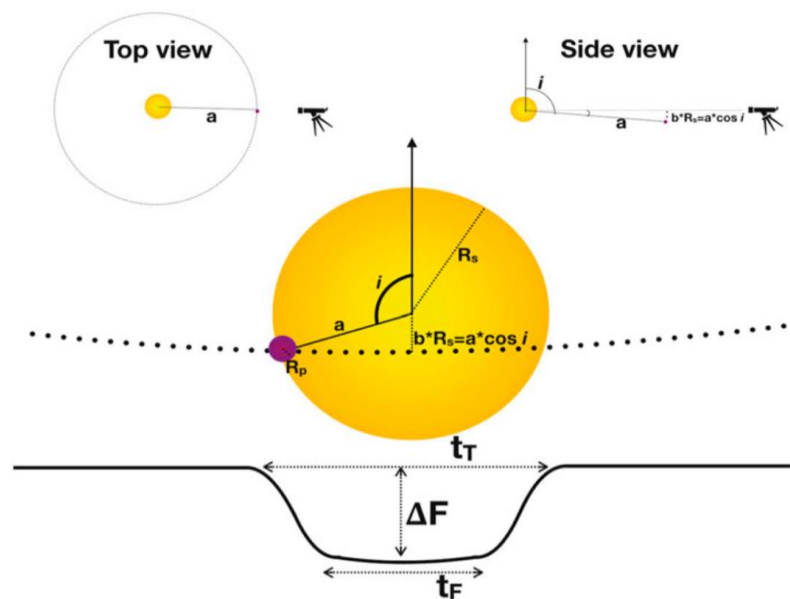
$$\delta^2 = \left[\frac{(1 - e^2)}{1 - e \sin(\theta - \omega)} \right]^2 (1 - \cos^2 \theta \sin^2 i) \quad (6)$$

olarak ifade edilir (Gimenez vd. 1983).

Winn vd (2010) 'da yaptıkları çalışmada bir gezegenin geçiş olasılığı

$$\delta_{tra} = \frac{R_s \pm R_p}{a} \left(\frac{1 + e \sin \omega}{1 - e^2} \right) \quad (7)$$

olarak verilmiştir. Burada “+” işareti parçalı geçişleri ifade etmek için kullanılır, “-“ işareti tam tutulma gösteren sistemlerin olasılığını belirtmektedir. Yarı büyük eksen 0,05 AB olan tipik bir Sıcak Jüpiter için bu olasılık %10 düzeyindeyken, güneş benzeri bir yıldızdan 1 AB uzaklıktaki dünya benzeri bir gezegen için bu olasılık %0,5'e düşer. Bu nispeten düşük olasılıklar, geçiş yönteminin ana dezavantajıdır, çünkü mevcut gezegen sistemlerinin çoğunluğu geçiş göstermeyecektir.



Şekil 2. Geçiş Yönteminin Şematik Gösterimi

Geçiş olayının toplam geçiş süresi t_T ve gezegen diskinin tamamının yıldızın önünden geçtiği süre t_F olarak ifade edilmektedir. Seager ve Mallén-Ornelas'ın (2003) çalışması, temel geometriyi kullanarak, bu gözlemlenebilirleri yörünge parametreleriyle ilişkilendiren analitik ifadeler türetmiştir. Özellikle, geçiş sırasında yıldız diskinin merkezine öngörülen minimum mesafe olarak tanımlanan etki parametresi b şu şekilde ifade edilebilir:

$$b = \frac{a}{R_s} \cos i = \left\{ \frac{(1-k)^2 - [\sin^2(t_F\pi/P)/\sin^2(t_T\pi/P)](1+k)^2}{\cos^2(t_F\pi/P)/\cos^2(t_T\pi/P)} \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (8)$$

Burada a sistemin yarı büyük eksen uzunluğunu i yörünge eğimini ve P sistemin periyodu temsil etmektedir. Sistem ölçeği olarak da adlandırılan yarı büyük eksen uzunluğunun yıldızın yarıçapına olan oranı da aşağıdaki ifade ile gösterilebilir.

$$\frac{a}{R_s} = \frac{1}{\tan\left(\frac{t_T\pi}{P}\right)} \sqrt{(1+k)^2 - b^2} \quad (9)$$

Burada gezegenin kütesinin yıldızın kütlesi yanında ihmal edilebilir olarak kabul ederek, gezegenin küresel bir yapıda olduğunu varsaydığımızda yıldızın yoğunluğu

$$\rho_s = \frac{3\pi}{GP^3} \left(\frac{a}{R_s}\right)^3 \quad (10)$$

olarak hesaplanabilir.

False Positive Sistemler

Bir ışık eğrisindeki ışınlım düşüşü her zaman geçişlerinden kaynaklanmayabilir çünkü benzer düşüşlere neden olabilecek bazı başka fiziksel süreçlerde yaşanabilir. Transit geçiş araştırmasında görülebilen bu tür süreçlere False Positive adı verilmektedir. Örneğin bir çift sistemde oluşan tutulmanın gözlenen yıldızın dedektörünün içerisine girmesi bu tür bir düşüş meydana getirebilir (Brown, 2003).

Uzay bazlı gözlemler tarafından belirlenen ötegezegenlerin onaylanması ve False Positive gözlemlerden kurtulmak amacı ile bu gözlemlerin yer bazlı gözlemlerle de desteklenmesi gerekmektedir (Gunther vd. 2017b). Geleneksel olarak geçiş sinyali alınan bir ötegezegen adayının onaylanması için hassas radyal hız yöntemi kullanılmaktadır

fakat sönük yıldızlarda ve dünya kütlelerinde olan ötegezegenler için bu kadar hassas radyal hız eğrileri oluşturmak oldukça zordur. Aday yıldız üzerinde yapılan gözlemlerde birkaç adet geçiş sinyali görüldüğünde False Positive olma olasılığının çok düşük olduğu söylenebilir (Lissauer ve ark. 2012). Bu durumda Aday ötegezegen onaylanmış olarak bilinir.

1.1.3. Dikine Hız Yöntemi

Normal bir yıldızın (yani Güneş gibi ısı kaynağı olarak çoğunlukla hidrojen yakan bir yıldızın) etrafında dönen ilk ötegezegen, 1995 yılında ev sahibi yıldızın dikine hız yöntemi ile keşfedilmiştir. Geçiş metoduna yönelik uzay ve yer tabanlı bir çok çalışma yapılmadan önce yaklaşık 15 yıl boyunca en verimli ötegezegen keşif methodu olarak kullanılmaktaydı.

Çoklu sistemler (ötegezegen sistemi veya çoklu yıldız sistemi vb) ortak kütle merkezi etrafında dolanırlar. Gözlemcinin bakış doğrultusunda yapılan bu hareket nedeniyle yıldızlara ait tayf çizgisinde kaymalar olabilir. Eğer yıldız gözlemciye doğru yaklaşıyorsa tayf çizgisinde maviye doğru, gözlemciden uzaklaşıyorsa kırmızıya doğru kayma olur. Bu olay “Doppler kayması” olarak isimlendirilir. Bu dalga boyu kayması $\Delta\lambda$ daha sonra yıldızın gözlemciye doğru v_r radyal hızının $\Delta\lambda/\lambda = -v_r/c$ aracılığıyla ölçümüne dönüştürülür. 1 m.s^{-1} 'lik bir Doppler hassasiyeti tipik olarak bir CCD pikselinin 1/1000'i kadar yıldız çizgileri kaymasına karşılık gelir.

Uygulamada, ana yıldızın $v_r(t)$ radyal hızının ölçülen yarı genliği K_s şu şekilde ifade edilebilir:

$$K_s \text{ cm s}^{-1} = \frac{8.95}{\sqrt{1-e^2}} \frac{m \sin i}{M_{\oplus}} \left(\frac{M_s + m}{M_{\odot}} \right)^{-\frac{2}{3}} \left(\frac{P}{\text{yr}} \right)^{-\frac{1}{3}} \quad (11)$$

Burada m gezegen kütlesi, M_* yıldız kütlesi, $M_{\odot}$ ve $M_{\oplus}$ sırasıyla Güneş ve Dünya kütleleridir, P yıl cinsinden ifade edilen yörünge periyodu, e yörünge dışmerkezliği ve i yörünge eğimidir. Radyal hız eğrisi $v_r(t)$ 'nin detaylı modellenmesi, P 'nin yanı sıra dışmerkezlik, periastronda geçişin boylamı ve zamanı ve K_s 'nin ölçülmesini sağlar. Ancak K_s ifadesinde görüldüğü gibi, gezegenin gerçek kütlesi m ve yörünge eğimi i dejenere kalır. İstatistiksel olarak, eğimin $i_1 < i < i_2$ aralığında olma olasılığı $P = |\cos i_2 -$

$\cos i_1$ ile verilir. Bu, örneğin, belirli bir gezegenin eğiminin otuz ile doksan derece arasında olma olasılığının %87 olduğu (saf radyal hareket) ya da eşdeğer olarak, gerçek kütlelerin ölçülen $\sin(i)$ ile bu değerin iki katı arasında olma olasılığının %87 olduğu anlamına gelir.

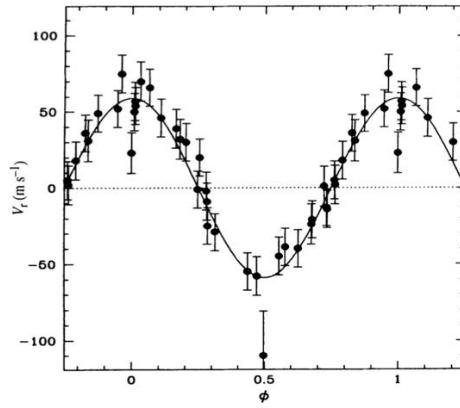
Jüpiter'in Güneş'e uyguladığı çekim kuvveti yaklaşık $K_s \sim 12,5 \text{ m.s}^{-1}$ iken, Dünya'nın çekimi düşünüldüğünde bu değer $\sim 0,09 \text{ m.s}^{-1}$ 'e düşmektedir. Bu değerler spektrografer tarafından elde edilen tipik radyal hız hassasiyeti ile karşılaştırılmalıdır: 1995 yılında yaklaşık 10 m.s^{-1} iken, 1998 yılında 3 m.s^{-1} 'e yükselmiş ve 2005 yılında La Silla'daki (ESO Şili) 3.6m teleskop üzerine monte edilmiş HARPS enstrumanı devreye girdiğinde 1 m.s^{-1} 'e ulaşmıştır. Bu değerler, radyal hızlarını ölçerek jupiterden daha küçük kütleli ötegezegenlerin radyal hız yöntemi ile neden daha zor keşfedildiklerini açıklamaktadır. Bunun en olası nedenin, ilk nesil spektroskopların yeterince hassas ölçümler yapamaması olduğu düşünülebilir. Gerçekten de Doppler kaymasını ölçmek, yüksek sinyal-gürültü oranı, yüksek çözünürlük ve geniş spektral kapsam gerektiren çok zorlu bir iştir. 1970'lerin başında fotoğraf plakalarının kullanımı ve spektrograf yarığındaki yaklaşık yönlendirme, hassasiyeti yaklaşık 1 km.s^{-1} 'lik doğruluklarla sınırladığıdır. Eşel spektrometrelerin (yüksek kırınım dereceleri kullanan) ortaya çıkışı, Doppler spektroskopisinde devrim yarattı ve kahverengi cüceleri ve hatta ötegezegenleri tespit etmek için gerekli hassasiyete ulaşmayı mümkün kılmaktadır.

K_s 'dan da anlaşılacağı gibi radyal hız yöntemiyle daha büyük kütleli ve daha kısa periyotlu ötegezegenleri keşfetmek daha kolaydır. Ayrıca ötegezegen tarafından daha küçük kütleli yıldızlara uygulanacak tedirginlik daha fazla olacağı için daha düşük kütleli yıldızlar etrafında radyal hız yöntemi ile ötegezegen keşfinin daha yapılabilir olacağı söylenilebilir.

İlk radyal hız araştırmaları aslında esas olarak bir güneş kütlelerinin altındaki ana dizi yıldızlarının yoldaşlarını arayarak yıldızaltı ve kahverengi cüce kütle fonksiyonunun karakterizasyonuna odaklanmıştı veya gelişmiş radyal hız standartları oluşturmaya adanmıştı. İlk radyal hız araştırmaları güneş kütlelerinin altında ki ana kol yıldızlarının bir bileşeni olabilecek kahverengi cüceleri aramak amacıyla yapılmışlardı (Duquennoy, A. vd 1991, Marcy, G. vd 1989). Radyal hız hassasiyetleri $10\text{-}20 \text{ m.s}^{-1}$ mertebelerine doğru ulaştıkça daha iyi radyal hız gözlemleri ile ötegezegen olma olasılığı olan sistemler

keşfedilmeye başlanmıştır. 1988 yılında γ Cep (Campbell, B, 1989) yıldızında yapılan gözlemler sonucunda artık hızlardaki değişimler açıkça tanımlanmış, ancak yıldız aktivitesine atfedilmiştir. 2003 yılında, 1981-2002 yılları arasında elde edilen verilerin yeniden analizi nihayet on beş yıl sonra gezegensel bir sinyali doğrulamıştır. Benzer şekilde 1989'da HD 114762 yıldızının etrafında 84 günlük periyodik bir Doppler kayması tespit edilmiş ve bu da minimum 11 Jüpiter kütlesinde bir yoldaşı ima etmiştir (Latham, D. W. vd 1989) Ancak yörünge eğimi bilinmediği için gerçek kütle üzerindeki belirsizlik nedeniyle, veriler olası bir kahverengi cüce sinyali olarak yanlış yorumlandı ve ancak birkaç yıl sonra bir gezegen olarak doğrulanmıştır.

1990'ların ortalarına M. Mayor ve D. Queloz tarafından, Observatoire de Haute Provence'da güneş benzeri yıldız 51 Peg'in etrafında olası bir gezegenin keşfedildiğini duyurduğunda, yıldız salınımları veya radyal olmayan titreşimler olası bir hatalı sonuç olarak düşünüldü. Ancak keşifle ilgili en çarpıcı gerçek, en iyi modelin Jüpiter'in yaklaşık yarısı kadar bir minimum kütle ve sadece 4,2 günlük olağanüstü bir yörünge periyoduna işaret etmesiydi (Şekil 3).



Şekil 3. 51 Peg b ötegezegeninin Mayor vd tarafından elde edilmiş radyal hız profili

Bir karşılaştırma yapmak gerekirse, Güneş sisteminde Jüpiter'in yörünge periyodu 12 yıldır. Bu beklenmedik iddia gezegen yorumunu çürütmek için kolay bir argüman oluşturabilecekken, bir dizi olay durumu tersine çevirdi. Birincisi, keşif Lick Gözlemevi grubu tarafından derhal doğrulandı ve ikincisi, aynı grup Güneş benzeri yıldızlar 70 Vir (Marcy, G. W 1996) ve 47 Uma (Butler, R. P, 1996) etrafında iki ek benzer gezegen (büyük kütle ve çok kısa yörüngeler) rapor edebildi. Daha sonra ötegezegen gözlemlerinin ilk yıllarında jupiter benzeri gezegen bulunamamasının nedenlerinden

birisinin de 10 yıldan daha uzun periyotları olan ötegezegenlere yoğunlaşılması olduğu anlaşıldı. Sıcak Jupiter olarak adlandırılan bu gezegenlerin keşiflerinden sonra ötegezegen keşiflerine olan ilgi artarak üzerinde daha çok çalışmalar yapılmaya başlanmıştır.

Radyal hız methodu geçiş yöntemi ile keşfedilen ötegezegenlerin doğrulanmasında ve parametrelerinin daha hassas bir şekilde belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır.

1.1.4. Astrometri Yöntemi

Astrometri, gökyüzü düzlemindeki nesnelerin konum ve hareketlerinin ölçülmesinden oluşur. Muhtemelen astronominin en eski dalıdır. Tarihsel olarak, fotoğraf plakalarının yeterince kaliteli hale geldiği 1930'ların sonundan itibaren birçok geri çekilmiş keşif duyurulmuştur. Ünlü bir vaka, 12 ve 20 yıllık periyotlara sahip 0,7 ve 0,5 Jüpiter kütleli iki gezegenimsi cismin önerildiği ve yaklaşık 30 yıl boyunca birçok kez tartışıldığı Barnard'ın yıldızıdır. Ancak, o dönemde bir gezegenin tespit edilebilmesi için hassasiyet çok düşüktü düşük olması nedeniyle ötegezegen olarak isimlendirilmemişlerdir.

Astrometri ile ötegezegen keşfi, görünmez bir yoldaşın barınak yıldızında neden olduğu yalpalama hareketi ile açıklanabilir. Astrometri yöntemi ile bir gezegenin nasıl keşfedileceği temel olarak şu şekilde açıklanmaktadır. Yıldız (M_y) ve gezegenin (M_g) kütleleri; yıldız (a_y) ve gezegenin (a_g) yörünge yarı büyük eksen uzunluklarını göstermektedir;

$$M_g a_y = M_y a_g \quad (12)$$

ve $a = a_y + a_g$ olmak üzere;

$$a_y = \frac{M_g}{M_g + M_y} \quad (13)$$

ifadeleri elde edilir. Bununla birlikte Kepler'in 3. Yasasına göre yörünge yarı büyük eksen uzunluğu (a) yörünge dönemine (P) bağlı olduğundan;

$$P^2 = \frac{a^3}{M_g + M_y} \quad (14)$$

ifadesine ulaşılır. Görsel çift yıldız sistemleri için yıldız (a_y) ve gezegenin (a_g) yörünge yarı büyük eksen uzunlukları ve yörünge dönemi (P) ölçülerek sistemin bileşenlerinin kütleleri hesaplanabilirken, gezegen içeren yıldız sistemlerinde durum biraz farklıdır.

Gezegen doğrudan gözlemlenemediğinden sadece yıldız (a_y) yörünge yarı büyük eksen uzunlukları ve yörünge dönemi (P) ölçülmektedir. Yıldız evrim modellerinden yıldızın kütlesi bulunabilir. Gözlenen yörünge gökyüzü düzlemi üzerine izdüşümü olan iki boyutlu bir yörüngedir. Gezegenli yıldız sisteminin ortak kütle merkezi etrafındaki yörünge gökyüzü düzlemine izdüşümü bir elips yörüngedir ve yörünge yarı büyük eksen uzunluğu;

$$\alpha = \frac{M_g}{M_y} \frac{a}{d} \quad (15)$$

şeklinde ifade edilir (Perryman 2000). Burada M_y ve M_g yıldız ve gezegenin güneş kütlesi biriminde kütleleri; (a) Astronomi Birimi'nde yarı büyük eksen uzunluğu, (d) parsek biriminde yıldızın uzaklığını ve (α) yay saniye biriminde açısal yarı büyük eksenini göstermektedir.

Sistemin gerçek yörüngesini ortaya çıkarmak için gerekli olan yörünge parametreleri dikine hız ve astrometri gözlemlerinin birlikte değerlendirilmesi ile olmaktadır (Santos 2008, Pourbaix ve Jorissen 2000).

Yörünge hareketi gözönüne alınarak gezegenleri tespit etmek için duyarlılığı yüksek gözlemlerin yapılması gerekir. Astrometri yöntemi küçük kütleli gezegenlerin bulunmasını imkân tanıdığından ötegezegenlerin sınıflandırılmasında ve oluşum teorilerinin çalışılmasında önemlidir (Sozzetti 2005).

Şu anda astrometri yöntemi, gezegen parametrelerini hassaslaştırmak için radyal hız yöntemi ile kullanılmaktadır. Aslında, yedi yörünge parametresinden yalnızca beşi tek başına radyal hız ölçümleriyle kısıtlanmakta ve kalan iki parametre, eğim “ i ” ve yükselen düğümün boylamı “ Ω ”, astrometrik yörünge ölçülmesiyle tespit edilebilmektedir.

1.1.5. Mikro Mercekleme Yöntemi

1936 yılında Einstein, bugün kütleçekimsel mikromercekleme olarak adlandırılan, bir arka plan yıldızından gelen ışık ışınlarının bir ön plan yıldızının yakınından geçerken

bükülmesine ilişkin denklemleri türetti. Ancak makalenin yayınlandığı dönemde gözlem olanakları henüz bir mikromerceklenme etkisini saptamayı ciddi olarak düşünecek kadar gelişmemişti. Einstein'ın kendisi şu sonuca varmıştı: "Bu fenomeni gözlemlemek için büyük bir şans yok". Ancak Einstein'ın yayınından 50 yıl sonra, astrofizikçi Bohdan Paczynski 1986'da yayınlanan ufuk açıcı bir makalede mikromerceklenme gözlemlerinin temel fikirlerini yeniden gözden geçirdi. Makalenin orijinal fikri, Samanyolu'ndaki karanlık maddenin olası bir formu olarak varsayımsal karanlık, kompakt, büyük halo nesnelerini (MACHO'lar) tespit etmek için yeni bir yöntem önermekti. Daha sonra 1990'ların başında Büyük ve Küçük Macellan Bulutları ile özellikle Galaktik merkeze yönelik bir dizi gözlemsel araştırma başlatıldı: MACHO (Massive Compact Halo Object), EROS (Experience pour la Recherche d'Objets Sombres) ve OGLE (Optical Gravitational Lensing Experiment). 1993 yılında, ilk yıldız mikromerceklenme olayları MACHO ve EROS iş birlikleri tarafından bağımsız olarak tespit edildi. Bu tespitler mikromerceklemenin gözlemsel bir teknik olarak doğuşuna işaret etmektedir.

Diğer gezegen tespit yöntemleriyle karşılaştırıldığında, mikromerceklenme tespitleri gezegen popülasyonları hakkında, tekniğin çalışması için gereken güçlü ve istikrarlı çabaları haklı çıkaran benzersiz bilgiler sağlar. Diğer yöntemlerle tespit edilen gezegenlerin çoğu yıldızlarına yakın tespit edilirken, mikromerceklemenin ana hedefleri, buzların oluşmaya başlayabileceği yıldızlarının kar çizgisinin ötesinde bulunan gezegenlerdir. Galaksideki güneş dışı gezegenlerin demografik yapısının tam olarak anlaşılabilmesi, farklı gözlem tekniklerinin bir arada kullanılmasına bağlıdır. 2003-13 yılları arasındaki on yıl boyunca elde edilen en önemli mikromerceklenme sonuçları arasında ilk soğuk süper Dünya gezegeninin keşfi (2005), Jüpiter kütleli serbest yüzen gezegenlerin keşfi (2012) ve geniş bir kütle ve yörünge uzaklığı aralığı için gezegen kütle fonksiyonuna ilişkin ilk kısıtlamalar (2012) yer almaktadır. Keşiflerle dolu bir on yılın sonunda, mikromerceklenme gözlemleri ortalama olarak her Samanyolu yıldızının bir gezegeni olduğunu ve yıldızların etrafındaki gezegenlerin istisnadan ziyade kural olduğunu ortaya koymuştur.

Kütleçekimsel mikromerceklenme, gözlemci-kaynak görüş hattını kesen ve bir mercek gibi davranan kompakt bir nesnenin kütleçekim alanı nedeniyle bir arka plan kaynak yıldızından gelen ışığın bükülmesini tanımlar. Problemin geometrisi Şekil 4'de gösterilmiştir.

$$\mu = \frac{u^2 + 2}{u\sqrt{u^2 + 4}} \quad (19)$$

Burada u , θ_E birimleri cinsinden kaynak ve mercek arasındaki öngörülen ayrılıktır. Kaynak ve mercek zamanla hareket ettiğinden, μ zamanın bir fonksiyonudur. Bir mercek kaynağının doğrusal hareketi için, bu tür tek mercekli zamansal büyütme eğrileri, hizalama özellikle iyiye yüzlerce kişiye ulaşabilen tepe noktasında maksimum büyütme ile tipik bir çan şekli yönüne sahiptir.

Gözlem stratejisini ve araçlarını geliştirmekle geçen 1993-2003 yılları arasındaki on yıllık mikromerceklemeye öncülüğünden sonra, OGLE-2003-BLG-235/MOA-2003-BLG-53Lb olayında $2,6 M_{Jup}$ 'lık bir gezegen olan ilk mikromerceklemeye dış gezegeni tespit edildi. Bir kilometre taşı keşfi, $5,5 M_{\oplus}$ kütle ve $2,6 AU$ yarı büyük eksene sahip ilk soğuk süper-Dünya olan ve 2005 yılında keşfedilen OGLE 2005-BLG-390'dır (Beaulieu, J.-P 2006). OGLE-2005-BLG-071 ve MOA-2009-BLG-387 gibi düşük kütleli kırmızı cücelerin etrafındaki büyük Jovian gezegenleri mikro merceklemeye ile keşfedilmiştir. Bu tür gezegenlerin varlığı, gezegen oluşumunun çekirdek yığılması teorisini zora sokmaktadır, çünkü bu teori büyük kütleli, Jovian gezegenlerin M cüceleri etrafında nadir olması gerektiğini öngörmektedir. OGLE-2006-BLG-109 ve OGLE-2012-BLG-0026 gibi çok gezegenli sistemler de keşfedilmiştir. İlk sistem aslında güneş sistemimizin küçültülmüş bir modeli olup, Jüpiter ve Satürn'e benzeyen ancak daha düşük kütleli iki gezegene sahiptir (Sumi, T. vd 2011).

1.1.6. Atarca (Pulsar) Yöntemi

Nötron yıldızı, çok büyük kütleli bir yıldızın süpernova olarak patladıktan sonraki kalıntısıdır. Yıldızın orijinal kabuğu havaya uçarken, çekirdeği çok hızlı bir şekilde çöker ve basınç o kadar yüksek olur ki protonlar ve elektronlar buna karşı koyamaz ve nötronları oluşturmak üzere birleşirler. Güneş'in kütlesine eşdeğer bir kütle sadece 20 km çapındaki bir kürenin içinde bulunur. Bir pulsar, dönüş eksenine göre eğimli iki koni şeklindeki ışınlar halinde güçlü radyo dalgaları yayan manyetize bir nötron yıldızıdır. Bir koni Dünya'ya doğru her yöneldiğinde bir atım alınır. Tipik periyotları milisaniye ile saniye arasında değişir.

Çok geçmeden atarcaların titreşim periyodunun özünde son derece kararlı olduğu fark edildi. Bu özellik ilk kez 1974 yılında J. Taylor ve R. Hulse tarafından kullanıldı ve bir pılsar içeren bir nötron yıldızı çifti olan PSR1913+16'nın Genel Görelilik Teorisi'nin öngördüğü şekilde kütleçekim dalgaları yaydığını dolaylı olarak göstermiştir. Kütleçekimsel enerji kaybı yoldaşların yörüngelerini küçültüyor, bu da atımların periyodunu kısaltıyordu.

1990 yılının başlarında Arecibo radyo teleskobundaki rutin işlemler, zaman içinde gelişen malzeme yorgunluğunun neden olduğu hasarların onarımı için durduruldu. Astronom A. Wolszczan bu fırsatı yeni pulsarlar keşfetmek ve eski nötron yıldızlarının gökyüzündeki dağılımını incelemek üzere geniş bir araştırma önermek için kullandı. Onarım aşamasında teleskoba erişimin sınırlı olması, teleskobu dışarıdan gözlemciler için neredeyse kullanılamaz hale getirdi ve projesini yürütmek için büyük miktarda zaman verildi. Birkaç aylık gözlemin ardından iki yeni pulsar bulundu: biri ikili bir nötron yıldızının parçasıyken, ikincisi PSR B1257+12, 6,2 ms dönüş periyoduna sahip bir milisaniye pulsarıydı. Ancak ikincisinin zamanlama modeli izole dönen bir nötron yıldızınıninkine pek uymuyordu. Modeli iyileştirmek için harcanan birkaç başarısız aydan sonra, 1991 ortalarında, zamanlama tahmini ile gerçek gözlemler arasındaki tutarsızlığın ayrıntılarını izlemek için pulsar üç hafta boyunca günlük olarak izlendi. Atım varış zamanlarının düzgün bir eğri izlediği görüldü ve bu eğri sonunda pulsarı etkileyen periyodik bir olgunun işareti olarak yorumlandı.

Eğer pulsar beyaz cüce gibi yörüngede dönen bir yoldaş bileşen tarafından tedirgin edilmişse, refleks hareketi görünür ve bu da pulsarın periyodunda doppler kaymalarına dönüşmelidir. Tek bir Keplerian yörüngesi için, atımlar arasındaki değişen gecikme Δt_R şu şekilde verilir

$$\Delta t_R = x(\cos E - e) \sin \omega + x \sin E \sqrt{1 - e^2} \cos \omega \quad (20)$$

Burada $x = (a \sin i)/c$, c ışık hızı, a yarı büyük eksen uzunluğu, i yörünge eğimi, e eksantriklik, E eksantrik anomali, P yörünge periyodu, t_p periastron geçiş zamanı ve ω periastron boylamını ifade etmektedir.

Detaylı analizler sonunda, 1992'deki yayın sırasında PSR B1257+12 pulsarının etrafında iki karasal gezegenin (Dünya'nın kütlelerinin yaklaşık üç ve dört katı) varlığı ortaya

çıkıştır (Wolszczan, A 2012). Daha sonra 1994 yılında Ay kütleli üçüncü bir gezegenin de atarcaya daha yakın bir yörüngede dolandığı tespit edilmiştir. Böylece ilk gezegen kütleli nesneler genellikle beklendiği gibi normal bir yıldızın etrafında değil, bir yıldız kalıntısının etrafında bulunmuştur.

Pulsarların etrafındaki gezegenlerin keşfi, evrimlerinin tüm aşamalarında, hatta son aşamalarında bile yıldızların etrafında dış gezegenlerin var olduğuna dair güçlü bir destek sağlamaktadır. Şimdiye kadar milisaniye pulsarlarının etrafında sadece az sayıda ötegezegen sisteminin tespit edilmesi, pulsarların etrafında gezegen oluşmasının yaygın bir süreç olmadığı gösterir, ancak aynı zamanda karasal gezegenlerin oluşumunun elverişsiz ortamlarda bile verimli bir süreç olduğu fikrini de desteklemektedir.

1.1.7. Geçiş Zamanındaki Değişim Yöntemi

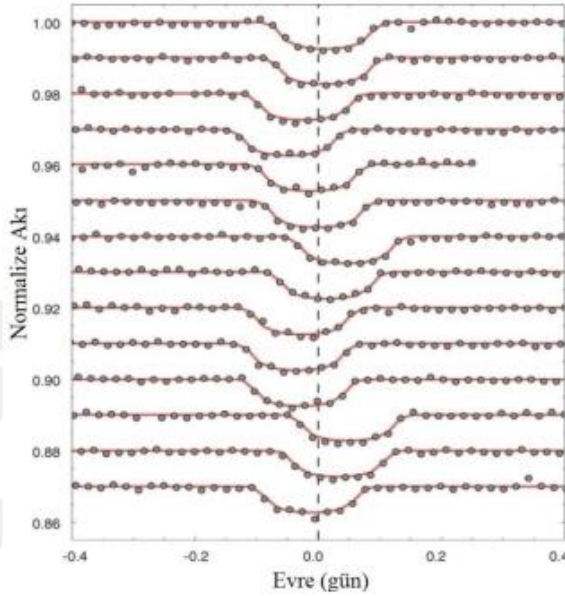
Geçiş zamanı değişimleri (TTV'ler) ve geçiş süresi değişimleri (TDV), gezegen sistemlerini keşfetmek ve karakterize etmek için en yeni ötegezegen keşif yöntemlerinden ikisidir. Bu iki yöntem de doğrudan görüntüleme dışında kalan diğer yöntemler gibi, gezegenden gelen ışığı doğrudan tespit etmek yerine dolaylı çıkarımlara dayanır.

Geçiş zamanlaması değişimlerinden gezegen tespiti, bir gezegenin varlığını ve özelliklerini, geçiş yapan başka bir gezegenin yörüngesinde neden olduğu yerçekimsel tedirginliklerden belirlemek için kullanılan bir yöntemdir. Bir yıldız ve bir gezegenden oluşan bozulmamış bir gezegen sisteminde, iki cisim kütle merkezleri etrafında Keplerian yörüngesinde dönerler. Eğer bu sistemde gezegen yıldızdan geçiş yapıyorsa, her geçiş sırasında yıldızın diskini aynı anda geçecektir. Bu olması gereken her bir geçiş

$$C = T_0 + PE \quad (21)$$

formülü ile hesaplanabilir. Burada T_0 sisteme ait minimum zamanı, P sistemin periyodu, E evre olarak tanımlanır. Ötegezegenin barınak yıldızı önünden farklı geçişleri için gözlemlerle belirlenen orta geçiş zamanı ile teorik olarak hesaplanan geçiş zamanları arasındaki farklar ile oluşturulan O-C diyagramları sisteme bağlı diğer cismin kütlesi ve yörüngesi hakkında bilgi edinmek için kullanılabilir. Geçiş yapan ötegezegenin, barınak yıldızının önünden geçişini olması gereken süreden daha erken veya daha geç sürede yapmasına neden olan etki gezegen sistemine bağlı 3. bir cisim ya da ek bir cisim olduğu

gösterilmektedir. Bu yöntemle, konak yıldızı önünden geçiş yapan bir gezegenin geçiş ortasındaki sürenin değişimi dikkate alınarak gezegen sisteminde gözlenemeyen diğer bir gezegenin keşfi sağlanabilir (Agol et al. 2005; Steffen and Agol 2005). Şekil 5'te farklı gözlem tarihlerinde alınmış geçiş ortası zamanına ait sürenin değişiminin barınak yıldızın ışık değişimine etkisi gösterilmektedir.



Şekil 5. KOI-872 sisteminde, ilave cisim etkisi nedeniyle ötegezegenin minimum zamanındaki değişim (Nesvorný vd., 2012)

1.2. Tez Kapsamında Çalışılan Sistemlerin Literatür Özellikleri

1.2.1. KELT-16b

KELT-16b ötegezegenin ilk keşif gözlemleri Oberst vd. tarafından 2006 yılında yapılmıştır. Barınak yıldızı olan KELT -16 yıldızı etkin sıcaklığı yaklaşık 6250 K olan, $V = 11.7$ parlaklığında ve F7V türünden bir yıldızdır. Kelt-16 yıldızının kütlesi $1.21 \pm_{0.05}^{0.04} M_{\odot}$, yarıçapı $1.36 \pm_{0.05}^{0.06} R_{\odot}$ 'dir ve 0,97 günlük bir yörüngede sıcak bir Jüpiter'e ev sahipliği yapar. KELT-16 b gezegeni $2.75 \pm_{0.15}^{0.16} M_J$ kütleye ve $1.415 \pm_{0.067}^{0.084} R_J$ yarıçapa sahiptir (Oberst vd. 2017). KELT-16 yıldızının $a \approx 300$ AU ve etkili sıcaklığı $T_{\text{eff}} \approx 3400$ K olan, oldukça ayırık $V = 19,6$ kadir olan M3V türünden bir bileşeni vardır (L. Mancini vd 2022). Maciejewski vd 2018 de dahil olmak üzere potansiyel yörüngesel bozulmayı inceleyen çeşitli çalışmalar yapılmıştır (Patra ve ark. (2020), Wong ve ark. (2021),

Mancini ve ark. (2022) ve Ivshina & Winn (2022). Bu yapılan çalışmaların hiçbirisinde önemli bir dönem değişikliği ve dolayısıyla önemli bir yörünge bozulması belirtisi bulunmamıştır.

1.2.2. WASP-33b

Wasp 33-b ötegezegeni Christian vd (2006) tarafından keşfedilmiştir. Barınak yıldızı olan Wasp 33 yıldızı etkin sıcaklığı yaklaşık 7430 K olan, $V = 8.14$ kadir parlaklığında ve A5 tayf türünden bir yıldızdır (Collier Cameron vd 2010). Wasp-33 yıldızının (Herrero ve diğerleri 2011) tarafından δ Sct bir yıldız olduğu söylenmiştir. Tres-3 yıldızının kütlesi $1.653 \pm_{0.15}^{0.15} M_{\odot}$, yarıçapı $1.602 \pm_{0.046}^{0.046} R_{\odot}$ 'dir ve 1,21 günlük bir yörüngede dolanan sıcak bir Jüpiter'e ev sahipliği yapar.

WASP-33b ötegezegeni A tipi bir yıldızın yörüngesinde olduğu keşfedilen ilk gezegendir (Herrero ve ark. 2011). Bu sistem, fotometri ve spektroskopi ile kapsamlı bir şekilde incelenmiştir (Herrero vd. 2011; Moya vd. 2011; Smith vd. 2011; Deming vd. 2012; Johnson vd 2015; von Essen vd 2015). İkincil tutulma ölçümleri WASP-33b'nin düşük bir albedoya sahip olduğunu (de Mooij ve ark. 2013) ve gündüz tarafından gece tarafına doğru ısı aktarımının verimsiz olduğunu göstermektedir (Smith ve ark. 2011; Deming vd. 2012; Madhusudhan 2012, Mooij vd 2013).

1.2.3. TRES-3b

TrES-3b ötegezegeni Trans-Atlantik Ötegezegen Araştırması (O'Donovan ve diğerleri 2007) tarafından 2007 yılında keşfedilmiştir. Barınak yıldızı olan Tres -3 yıldızı etkin sıcaklığı yaklaşık 5720 K olan, $V = 12.4$ kadir parlaklığında ve G türünden bir yıldızdır. Tres-3 yıldızının kütlesi $0.9 \pm_{0.15}^{0.15} M_{\odot}$, yarıçapı $0.802 \pm_{0.046}^{0.046} M_{\odot}$ 'dir ve 1,3 günlük bir yörüngede dolanan sıcak bir Jüpiter'e ev sahipliği yapar. Tres-3 b gezegeni $1.92 \pm_{0.15}^{0.16} M_J$ kütleye ve $1.295 \pm_{0.067}^{0.084} R_J$ yarıçapa sahiptir (O'Donovan ve ark, 2007; Southworth, 2011).

Winn ve ark. (2008); Vaňko vd (2013) TRES-3 b sistemi ile ilgili fotometrik bir çalışma gerçekleştirmiştir. Sozzetti vd. (2009) ise fotometrik ve tayfsal bir çalışma sonucunda $a/R_{\square}$ ve sıcaklık ve metal bolluğu değerleri ilişkilerini kullanarak barınak yıldız ait temel parametreleri belirlemişlerdir. Bu çalışmada yıldızın kütlesini, $M_y = 1,404 M_{\odot}$, yarıçapını $R_y = 1,846 R_{\odot}$ olarak hesaplanmıştır. Bunun yanında Torres vd. (2008) tarafından yapılan

çalışmada, temel gezegen parametrelerinin duyarlılığının kullanılan yöntemle bağlı olarak değişebileceği gösterilmiştir. Fressin vd. (2009), ötegezegenin yörüngesinin dairesel olduğunu; fakat TrES-3b sisteminin şişmiş yarıçapının açıklanması için yörünge daireselleşmesinin nedeni olduğu düşünülen çekimsel ısınmaya ilişkin yaklaşımın dışarıda bırakılmaması gerektiğini söylemişlerdir. Bu durum, Croll ve ark. (2010) tarafından yapılan çalışma ile de görülmektedir. Bu çalışmalarda gösterilen bulgular yakın kızılötede gerçekleştirilen gözlemlerde örtülme eğrisi girişinde kendisini gösteren saçılmanın yörüngede olan basıklık ile temsil edilebileceği göstermiştir (de Mooij ve Snellen, 2009). Diğer yapılan çalışmalarda, uzun dönemi geçişleri ve geçiş ortası zamanı değişimlerini araştırılmıştır (Sozzetti vd., 2009; Christiansen vd. 2011; Vavuko ve ark., 2013). Kundurthy ve ark. (2013) yaptığı çalışmada geçiş ortası zamanı değişimine ilişkin herhangi bir kanıt olmadığı hesaplanmıştır.

1.2.4. WASP-114b

Wasp-114 b ötegezegeni Barros et al. (2016) tarafından keşfedilmiştir. Barınak yıldızı olan Wasp-114 yıldızı etkin sıcaklığı yaklaşık 6940 K olan, $V = 12.6$ kadir parlaklığında ve G0 türünden bir yıldızdır. Wasp-114 yıldızının kütlesi $1.25 \pm_{0.05}^{0.05} M_{\odot}$, yarıçapı $1.43 \pm_{0.06}^{0.06} R_{\odot}$ 'dir ve 1,5 günlük bir yörüngede sıcak bir Jüpiter'e ev sahipliği yapar. Wasp-114 b ötegezegeni $1.79 \pm_{0.06}^{0.06} M_j$ ve $1.339 \pm_{0.064}^{0.064} R_j$ yarıçapa sahiptir (Barros et al. (2016). Wasp-114 yıldızı etkili sıcaklığı $T_{eff} \approx 4050$ K olan, $M = 0.58 M$ ve $R = 0.59 R$ olan bir ikinci bileşene sahiptir.

Kishore C. Patra (2020) 'de yaptığı çalışmada Barros et al. (2016)' un yaptığı keşif gözlemlerinde sadece tek gecelik gözlemi olduğu için yörüngede herhangi bir bozulma olup olmadığının belirlenemediğini söylemiştir.

1.3. Araştırmanın Amacı ve Önemi

Bu tez çalışmasının amacı:

- 1) Onaylanmış ötegezegenlerin transit geçiş yöntemi ile fotometrik olarak temel gezegen parametrelerinin bulunması ve önceki çalışmalar ile karşılaştırılması.

- 2) Transit geçiş gözlemleri yapılmamış aday ötegezegen sistemlerinin gözlemlerinin yapılarak temel gezegen parametrelerinin bulunması ve bu şekilde aday ötegezegenlerin onaylanmış ötegezegen olarak literatüre kazandırılmasıdır.

Ötegezegen alışmaları, bilim insanlarına güneş sistemimizin dışında yer alan diğerk gezegenleri ve bu gezegenlerde potansiyel olarak var olabilecek yaşamı anlamak için önemli bir kaynaktır. Bu tez çalışmasının önemi aşağıda belirtilen 3 ana başlıkta toplanabilir.

1. Ötegezegenlerin özelliklerinin belirlenmesi: Fotometrik gözlemler ötegezegenlerin temel özellikleri hakkında bizlere birçok bilgi vermektedir. Bir geçişin derinliğı ve süresi, gezegenin boyutunu ve yörünge özelliklerini tahmin etmek için kullanılabilir. Bu bilgilerin diğerk gözlemsel tekniklerle birleştirilmesi, bilim insanlarının gezegenin yoğunluğu, atmosferi ve hatta potansiyel yaşanabilirliğı gibi ayrıntıları belirlemesine olanak tanır.
2. Ötegezegenlerin tespiti ve onaylanması: Fotometrik gözlemler ötegezegen keşifleri için en çok kullanılan yöntemdir. Bir yıldızın önünden geçen bir gezegen nedeniyle ışığın periyodik olarak azalması hassas parlaklık ölçümleri ile tespit edilebilir. Bu, TESS, Kepler gibi uzay teleskopları ve yer tabanlı gözlemevleri tarafından ötegezegenlerin varlığını keşfetmek ve doğrulamak için kullanılan yaygın bir tekniktir.
3. Modellerin test edilmesi ve iyileştirilmesi: Fotometrik veriler bilim insanlarının ötegezegen modellerini ve atmosferlerini test etmelerine ve iyileştirmelerine olanak tanır. Araştırmacılar, gözlemlenen ışık eğrilerini teorik tahminlerle karşılaştırarak gezegen oluşumu, evrimi ve atmosferik süreçler hakkındaki anlayışımızı geliştirebilirler.

2. BÖLÜM

YÖNTEM VE MATERYAL

2.1. Sistemlerin Seçimi ve Verilerin Elde Edilmesi

Bu tez çalışmasında KELT-16b, WASP-33b, TRES-3b, WASP-114-b ötegezegenleri ve onaylanmamış TOI-2046, TOI-1425, TOI-1568 sistemlerinin yer tabanlı gözlemleri yapılmış ve TESS ışık eğrileri LightKurve programı ile farklı sektörler için elde edilmiştir.

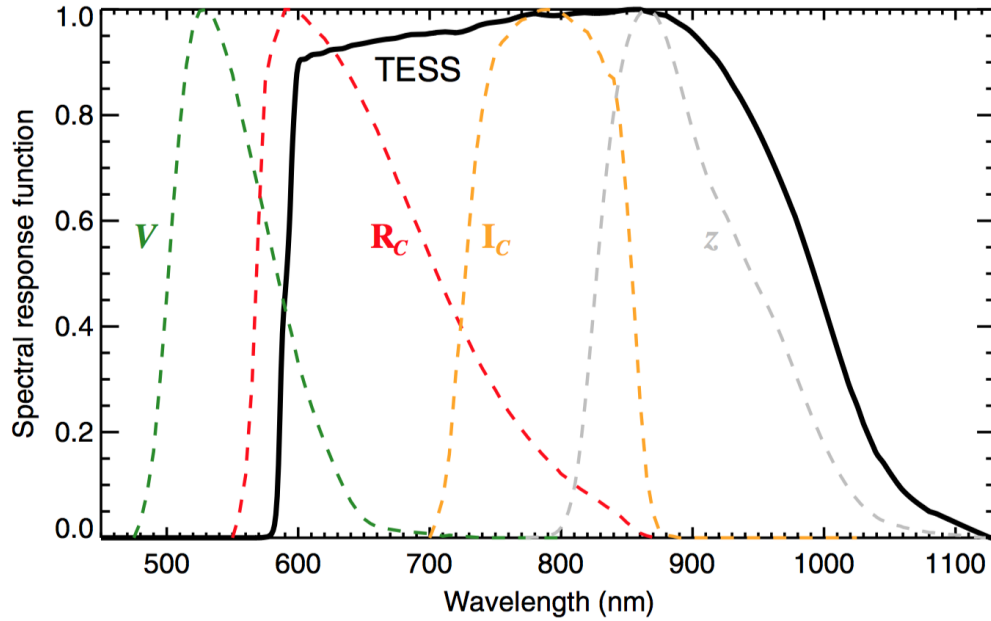
Bu tez çalışması için, yarıçapları Jupiter yarıçapından büyük periyotları 2 günden daha kısa ve barınak yıldızı güneş benzeri olan sistemler seçilmiştir.

2.2. TESS Gözlemleri

The Transiting Exoplanet Survey Satellite (TESS) uzay teleskobu yakın ve parlak yıldızlar çevresinde bulunan, geçiş yapan ötegezegenleri keşfetmek amacıyla NASA tarafından başlatılan bir araştırma projesidir. TESS 18 Nisan 2018 yılında görevine başlaması için yollanmış ve 25 Temmuz 2018’ de düzenli olarak gözlemlerine başlamıştır. Ana görevinin Temmuz 2020’de tamamlanmasının ardından uzatılmış görevlerle halen gözlemlerine devam etmektedir.

TESS, gökyüzünde 24x96 derecelik bir alanı yaklaşık 27 günlük periyotlarla gözleyen 4 adet özdeş kameraya sahiptir (Ricker vd 2015).

TESS dedektörünün bant aralığı 600 -1000 nm arasındadır ve Cousins I-bandı üzerinde merkezlenmiştir. Bu geniş, kırmızı optik bant geçişi, foton sayım gürültüsünü azaltmak ve soğuk, kırmızı yıldızlardan geçen küçük gezegenlere duyarlılığı artırmak için tercih edilmiştir. Uzun dalga boyu ucu CCD dedektörlerinin kırmızı sınırını temsil eder ve kuantum verimliliklerine göre ayarlanır.



Şekil 6. TESS'in gözlem bant genişliği (siyah çizgi). Ayrıca karşılaştırma için Johnson-Cousins V, R_c ve I_c filtre eğrileri ve Sloan Digital Sky Survey z filtre eğrisi de karşılaştırma için gösterilmiştir (Ricker vd. (2015)).

Evrimleşmiş yıldızlar ve erken tip cüceler etrafında yapıları dolayısıyla ötegezegen bulmak oldukça zordur. Bu yüzden TESS ana amaç olarak F5 ile M5 arasında bulunan tayf tipteki yıldızları gözlemektedir. Ayrıca TESS' in ana hedeflerinden olan M0-M5 tayf türünde bulunan yıldızların gerek güneş yakınlığında bulunan yıldızların 3/4 'ünü oluşturması gerekse KEPLER tarafından çok az bir kısmının gözlenmiş olması bu gözlemler oldukça önemli bir hale getirmiştir.

Bu çalışmada analizlerini yaptığımız TESS ışık eğrileri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Analizleri Yapılan Sistemlerin TESS Verileri

SİSTEMİN İSMİ	GÖZLENEN SEKTÖR	GÖZLEM YILI	GÖZLEM SÜRESİ
KELT-16	TESS SEKTÖR 15	2019	120
KELT-16	TESS SEKTÖR 15	2021	120
KELT-16	TESS SEKTÖR 15	2022	120
WASP-33	TESS SEKTÖR 18	2018	120
WASP-33	TESS SEKTÖR 58	2022	120
TRES-3	TESS SEKTÖR 25	2020	120
TRES-3	TESS SEKTÖR 26	2020	120
TRES-3	TESS SEKTÖR 40	2021	120
TRES-3	TESS SEKTÖR 52	2022	120

Tablo 1 (Devamı) Analizleri Yapılan Sistemlerin TESS Verileri

TRES-3	TESS SEKTÖR 53	2022	120
WASP-114	TESS SEKTÖR 55	2022	120
TOI-1425	TESS SEKTÖR 17	2019	120
TOI-1425	TESS SEKTÖR 18	2019	120
TOI-1425	TESS SEKTÖR 24	2020	120
TOI-1425	TESS SEKTÖR 57	2022	120
TOI-1425	TESS SEKTÖR 58	2022	120
TOI-1568	TESS SEKTÖR 17	2019	1800
TOI-1568	TESS SEKTÖR 18	2019	1800
TOI-1568	TESS SEKTÖR 24	2020	1800
TOI-1568	TESS SEKTÖR 25	2020	1800
TOI-1568	TESS SEKTÖR 58	2022	200
TOI-2046	TESS SEKTÖR 18	2019	1800
TOI-2046	TESS SEKTÖR 19	2019	1800
TOI-2046	TESS SEKTÖR 24	2020	1800
TOI-2046	TESS SEKTÖR 58	2022	120
TOI-2046	TESS SEKTÖR 59	2022	120

2.3. TESS Işık Eğrilerinin Edilmesi ve Analizi

Bu tez çalışmasında seçilen sistemlerin TESS ışık eğrileri “Lightkurve: Kepler and TESS time series analysis in Python” programı kullanılarak elde edilmiştir. Lightkurve KEPLER ve TESS teleskopları tarafından elde edilen ışık eğrilerini indirmek ve analiz etmek için kullanılan bir Python paketidir (Lightkurve Collaboration, 2018). Işık eğrileri elde edilirken eğer aynı sektörde birden fazla gözlem varsa gözlem zamanı en kısa olan ışık eğrileri seçilmiştir.

Elde edilen TESS ışık eğrileri Juliet ile analiz edilmiştir. Juliet geçiş ışık eğrileri, radyal hız eğrileri veya ikisini aynı anda analiz etmeye yarayan bir ötegezegen çözüm programıdır. Juliet skolastik Gauss yaklaşımı kullanarak Monte Carlo Markov Chain (MCMC) yöntemi ile ışık eğrisi parametrelerini belirlemektedir.

Juliet geçiş modellemelerini BATMAN Python paketini kullanarak gerçekleştirmektedir. Juliet ile geçiş yapan ötegezegenlerin analizlerinde değiştirilmesine izin verilen parametreler, Gezegen/Yıldız yarı çap oranı (R_g/R_y), yıldız birimi cinsinden yarı büyük eksen uzunluğu(a/R_y), yörüngenin etki parametresi($b=(a/R_y)\cos i$), yörünge Periyodu(P), Transit geçiş zamanı(T_0), yörüngenin dış merkezliği(e) ve periastron açısı(ω) olarak tanımlanmıştır (Kreidberg 2015).

Bu tez çalışmasında TESS ışık eğrileri analiz edilirken ötegezegene ait period ve transit geçiş zamanları sabit tutularak ötegezegenin parametreleri elde edilmiştir.

2.4. Yer Tabanlı Gözlemler

Tez kapsamında yapılan sistemlerinin fotometrik gözlemleri TUG Antalya Bakırlitepe yerleşkesinde konuşlanmış olan T100 teleskobuna bağlı SI 1100 serisi, "Cryo- cooler" soğutmalı CCD kamera ile yapılacaktır. Asahi Bessell Süzgeçlerinden V ve R kullanılarak fotometrik gözlemler gerçekleştirilmiştir. Gözlemleri gerçekleştirilen sistemler ve gözlem tarihleri Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 2. TUG T-100 Teleskobu tarafından yapılan gözlemler

SİSTEMİN İSMİ	GÖZLEM TARİHİ	FİLTRE
KELT-16	4.09.2018	V,R
KELT-16	25.08.2020	V,R
KELT-16	9.07.2022	V,R
KELT-16	12.07.2022	V,R
KELT-16	25.09.2023	V,R
WASP-33	25.01.2020	V,R
WASP-33	24.10.2021	V,R
WASP-33	21.11.2021	V,R
TRES-3	6.09.2018	V,R
TRES-3	7.09.2018	V,R
WASP-114	25.08.2021	V,R
WASP-114	22.09.2021	V,R
TOI-1425	1.07.2021	V,R
TOI-1425	20.05.2022	V,R
TOI-1568	25.11.2021	V,R
TOI-1568	6.11.2023	V,R
TOI-2046	17.12.2021	V,R
TOI-2046	3.07.2023	V,R
TOI-2046	5.08.2023	V,R
TOI-2046	29.08.2023	V,R

2.4.1. Yer Tabanlı Gözlemlerin Analizi

Bu tez çalışması kapsamında Tubitak Ulusal Gözlemevi TUG T100 teleskobu ile yapılan gözlemler EXOTIC (EXOplanet Transit Interpretation Code) ile V ve R filtrelerine uygun olarak analiz edilmiştir.

EXOTIC fits dosyalarını veya önceden indirgenmesi yapılmış ışık eğrilerinin analizlerini yapabilen python3 ile yazılmış bir ötegezegen çözüm programıdır. Fits verileri kullanılıyorsa görüntülere bias, dark, flat düzeltmeleri yapılarak fark fotometrisi ile ışık eğrileri elde edilebilir. Seçilen yıldızlar içerisinde mukayese yıldız seçimi scipy.optimize.least_squares paketi (Virtanen et al. 2019) kullanılarak Mandel & Agol (2002) model transit ışık eğrisi ile verilen en küçük kareler yöntemi uygulanarak belirlenir. Mukayese yıldız seçiminden sonra ötegezegenine ait elde edilen ham ışık eğrisi hava kütlesi fonksiyonu da hesaba katılarak Monte Carlo Markov Chain (MCMC) yaklaşımı ile modellenmektedir (Zellem vd 2020).

EXOTIC ışık eğrisi analizlerini yaparken sisteme ait parametreleri NASA Exoplanet Archive'den otomatik olarak alabildiği gibi, sisteme ait parametreler kullanıcı tarafından da girilebilmektedir. Bu tez çalışmasının temel amaçlarından birisi henüz literatürde olmayan ötegezegenlerin de çözümünü yapmak olduğu için bu çalışmada giriş parametreleri olarak TESS verileri ile juliet programından elde edilen parametreler giriş parametresi olarak kullanılmıştır.

2.4.2. Dönem Değişimlerinin Araştırılması

Sıcak jupiterler barınak yıldızı etrafında 12 günden kısa periyotlarla dönen gaz devi gezegenler olarak tanımlanabilirler. Sıcak jupiterler barınak yıldızına yakınlığı nedeniyle bir gel git etkisine maruz kalırlar bu da yörünge evrimlerini etkilemektedir. Özellikle bir çok sıcak jupiterden barınak yıldızına doğru olan açısal momentum aktarımı nedeniyle periyotları zaman içerisinde kademeli olarak küçülmeli ve sonunda gezegenin yutulmasına yol açmalıdır (Levard vd. 2009, Matsumura vd. 2010). Patra vd. (2020) bir günden kısa periyotlu ötegezegenlerin sayılarının daha az olmasının bu yörüngesel bozulmalar olduğunu öne sürmüşlerdir.

Ötegezegen sistemlerinde olan yörünge değişimlerinin tek sebebi yörüngesel bozulmalar değildir. Apsidal yörünge salınımı bu dönem değişimini açıklayan etkilerden birisi olarak gösterilebilir. Apsidal yörünge salınımı gezegenin geçiş zamanlarında sinizodial bir değişime neden olur fakat bu etki onlarca yıllık bir sürece yayılmaktadır (Ragozzine vd. 2009). Bu etkinin görülmesi için gezegene ait geçiş zamanı değişimi (TTV) eğrilerine bakılması daha kısa süre gözlem alınarak etkinin tespitine olanak sağlamıştır. Yörünge değişimine etki eden bir diğer faktör geniş bir görüngede dolanan sisteme bağlı 3. bir

cisim olabilir. Bu 3. cisim ötegezegenin geçiş zamanlarında bir değişim meydana getirir. Ayrıca yıldız aktivitelerinin ötegezegenin yörünge periodlarının değişimi üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Geçiş ışık eğrileri gezegen bir yıldız lekesinin önünden geçiyorsa deforme olur ve bu da ötegezegenin geçiş zamanında bir bozulmaya neden olabilir. Kalıcı yıldız lekeleri durumunda ötegezegenin geçiş zamanlarında bir bozulma sürekli bir bozulma meydana gelir. Ioannidis vd. (2016) yaptıkları çalışmada bu durumun TTV analizlerinde 3. bir cisim gibi davrandığını göstermişlerdir.

Bu tez çalışmasında gözlemleri yapılan ötegezegenlerin TTV eğrileri ExoPdot python kodu kullanılarak elde edilmiştir. TTV eğrileri Exoplanet Transit Database (ETD), TESS ve TUG T100 teleskobu ile yapılan gözlemlerden elde edilen minimum zamanları kullanılarak elde edilmiştir. ETD verileri kullanılırken sistemin kendi tanımladığı kalite faktörü olan $DQ = 1-3$ arasında bulunan ışık eğrilerine ait minimumlar kullanılmıştır.

ExoPdot TTV analizlerini yaparken sabit yörünge periyoduna bağlı ötegezegenler, azalan dairesel bir yörüngeye sahip ötegezegenler ve sabit bir yörünge periyoduna sahip fakat apsidial yörünge salınımı yapan ötegezegenler için üç farklı model kullanmaktadır.

Sabit yörünge periyodlu ötegezegenler için kullanılan modelde ötegezegenlerin gözlenen geçiş süreleri ile modellenen geçiş süreleri arasındaki fark lineer bir denklem ile belirlenir. Ötegezegenin hesaplanan geçiş süresi

$$t_{tra} = t_0 + PE \quad (22)$$

$$t_{occ} = t_0 + \frac{P}{2} + PE \quad (23)$$

Denklemleri ile hesaplanabilir. Burada t_0 gezegenin referans geçiş zamanı, P periyodu ve E çevrim sayısını t_{tra} geçiş zamanını, t_{occ} tutulum zamanını göstermektedir.

İkinci model, yörünge periodunun çevrim sayısına göre düzenli olarak değiştiğini öngörmektedir. Bunu tanımlamak için hesaplanan geçiş zamanlarına ikinci dereceden bir etki daha eklenmelidir. Dönemde olan değişim (dP/dE) negatif ise yörünge dozunun anlamına gelmektedir. Bu model,

$$t_{tra} = t_0 + PE + \frac{1}{2} \frac{dP}{dE} E^2 \quad (24)$$

$$t_{occ} = t_0 + \frac{P}{2} + PE + \frac{1}{2} \frac{dP}{dE} E^2 \quad (25)$$

denklemleri ile ifade edilebilmektedir.

Üçüncü model ötegezegenlerin yörüngesinin sıfır olmayan bir dışmerkezliğe sahip olmasını gerektiren zamanlama değişimlerini açıklamak için apsidal yörünge salınımını kullanır. Bu modelde sistemin davranışını yakalamak için, enberi açısının (ω) sabit bir oranda değiştiği ve zamanlama verilerinde sinüzoidal eğilimlere yol açtığı varsayılmıştır.

Patra ve ark. (2017), geçiş ve tutulum süreleri:

$$t_{tra} = t_0 + P_s E - \frac{eP_a}{\pi} \cos \omega \quad (26)$$

$$t_{occ} = t_0 + \frac{P_a}{2} + P_s E \frac{eP_a}{\pi} \cos \omega \quad (27)$$

$$\omega(E) = \omega_0 + \frac{d\omega}{dE} E \quad (28)$$

$$P_s = P_a \left(1 - \frac{d\omega/dE}{2\pi} \right) \quad (29)$$

Denklemleri ile ifade edilebilir. Burada ω enberi açısını, ω_0 enberi açısının değişimini, $d\omega/dE$ enberi açısının değişim oranını, P_s ötegezegenin varsayılan periodunu P_a ise anormal periodu temsil etmektedir. P_a 'da sabit bir period değeridir fakat gezegenin periodundan farklı olarak salınımdan kaynaklanan ek bir periodu hesaba katmaktadır

3. BÖLÜM

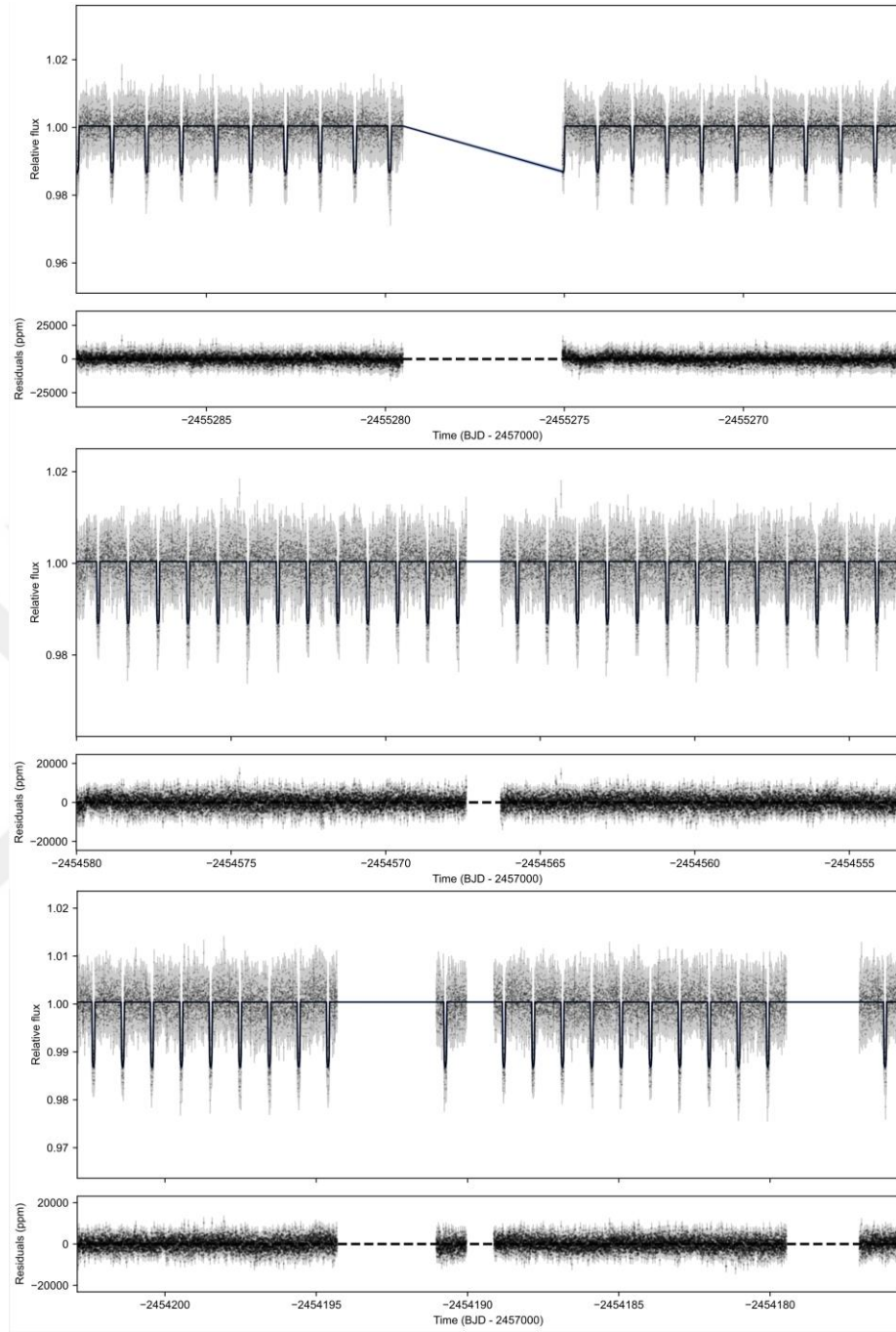
BULGULAR

Bu bölümde seçilen ötegezegen sistemleri olan KELT-16, Wasp-33, Tres-3, Wasp-114 ve onaylanmamış sistemler TOI-1425, TOI-1568, TOI-2046 sistemlerinin TESS ve TUG T100 teleskopları ile yapılan gözlemlerin analizleri ve bu analizlere ait sonuçlar verilmiştir. Sistemlere ait parametreler, geçiş ışık eğrilerinin modellerinden elde edilen parametrelerin ağırlıklı ortalaması alınarak hesaplanmıştır.

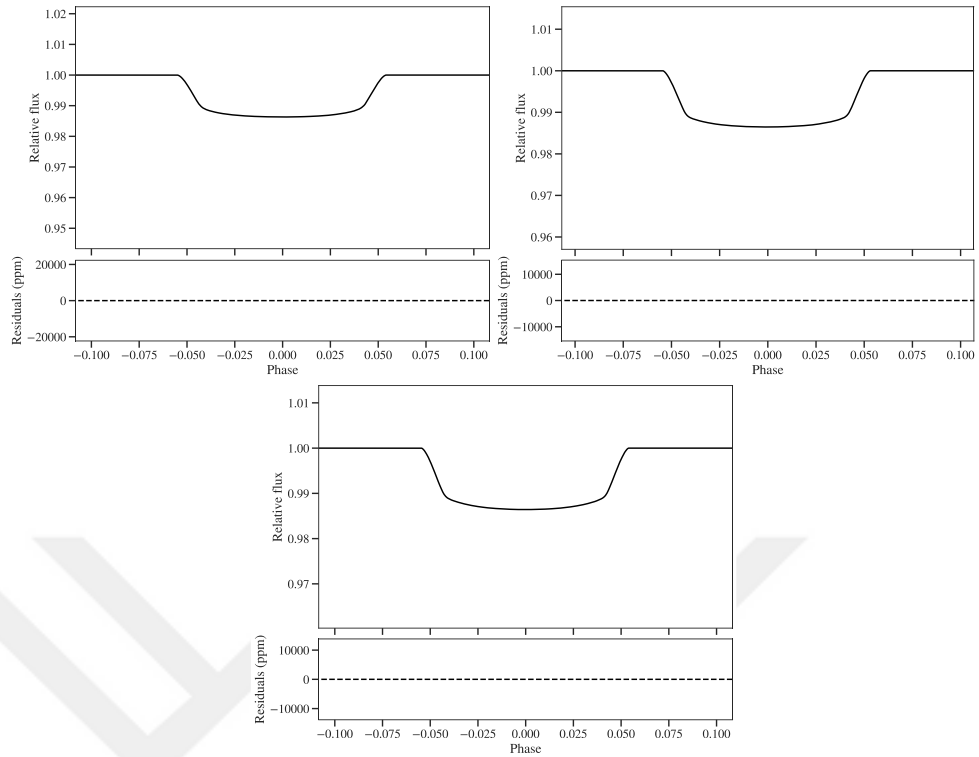
3.1. Onaylanmış Ötegezegen Sistemleri

3.1.1. KELT-16 b Ötegezegeninin Işık Eğrileri ve Analiz Sonuçları

Kelt-16 b sistemine ait sektör-15, sektör-41 ve sektör-57 sektörlerinde alınan TESS ışık eğrilerinin juliet ile oluşturulmuş ışık eğrileri modelleri ile birlikte Şekil 7 ve Şekil 8 de gösterilmiştir. TESS gözlemleri olarak 120 sn poz süreli olan gözlemler seçilmiştir.



Şekil 7. KELT-16 b ötegezegenine ait juliet tarafından elde edilen çözüm ışık eğrileri. Üst panelde sektör-15, orta panelde sektör-41 ve alt panelde sektör-57'ye ait ışık eğrileri ve çözümleri gösterilmiştir.



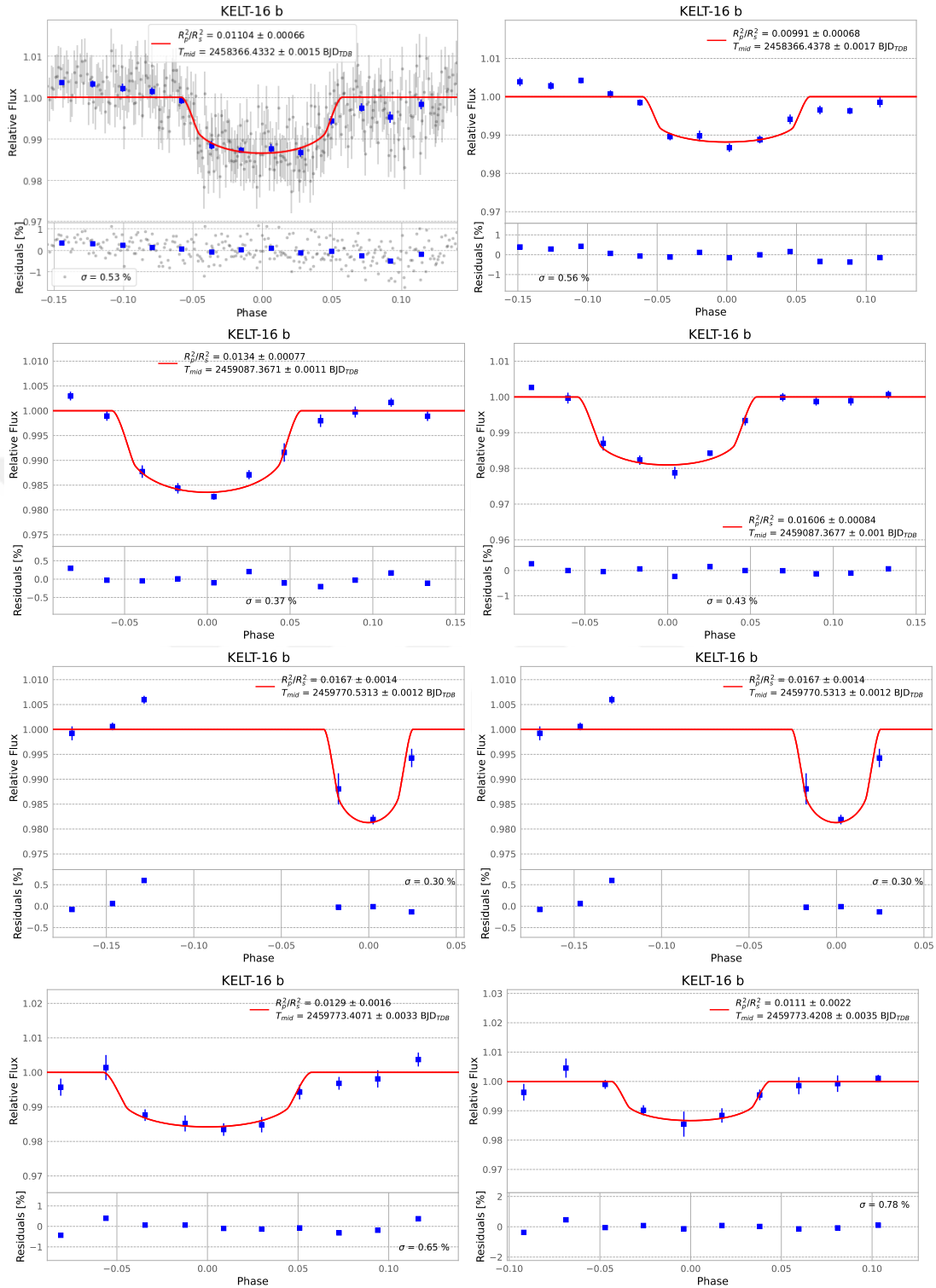
Şekil 8. KELT-16 ötegezegenine ait juliet tarafından elde edilen birleştirilmiş ışık eğrileri. Sol üst panelde sektör-15, sağ üst panelde sektör-41 ve alt panelde sektör-57'ye ait ışık eğrileri ve çözümleri gösterilmiştir.

KELT-16 b ötegezegenine ait TESS ışık eğrileri ile Juliet tarafından elde edilen analiz sonuçları Tablo 3 de gösterilmiştir.

Tablo 3. KELT-16 b ötegezegeninin TESS ışık eğrileri analiz sonuçları

Parametreler	Birim	Analiz sonuçları
P	Gün	$0.96899 \pm 3.2254E-06$
T_0	Gün	2457247.248 ± 0.00651
a/R_y	-	2.8659 ± 0.2372
R_g/R_y	-	0.110 ± 0.0014
b	-	0.3113 ± 0.1098
i	derece	82.711 ± 3.569
w	derece	48.302 ± 27.752
e	-	0.181 ± 0.155

Tablo 3'te gösterilen P ötegezegenin periodunu, T_0 Transit Geçiş Zamanı, a/R_y yarı büyük eksen uzunluğunun yıldız çapına oranını, R_g/R_y gezegen çapının yıldız çapına oranını, b etki parametresini, i eğim açısını, w periastron açısını ve e dış merkezliliğini ifade etmektedir.



Şekil 9. KELT-16 b ötegezegeninin EXOTIC tarafından oluşturulmuş ışık eğrileri ve modelleri.

KELT-16 b ötegezegenine ait TUG T100 teleskobu ile 04.09.2018, 25.08.2020, ,09.07.2022 ve 12.07.2022 tarihlerinde yapılan V ve R filtrelerinde yapılmış gözlemlerine ait EXOTIC ile elde edilen ışık eğrileri ve modelleri Şekil 9’ da verilmiştir.

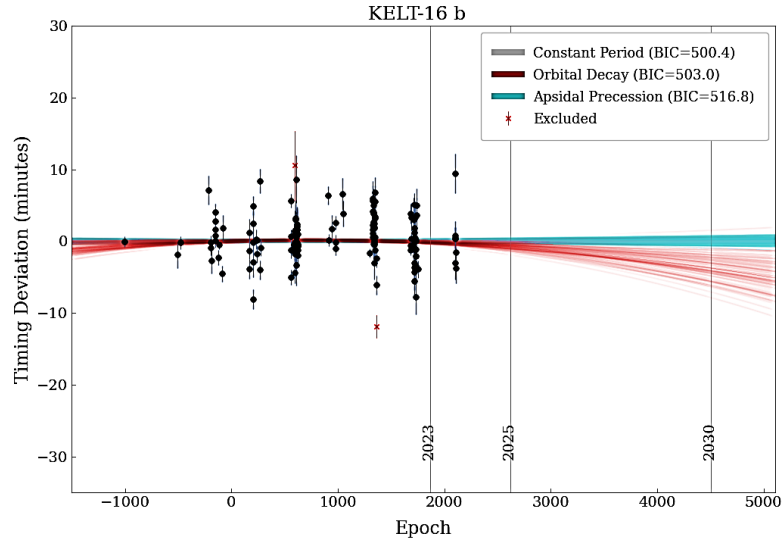
KELT-16 b ötegezegenine ait TUG T100 gözlemlerinin EXOTIC analizlerinde giriş parametreleri olarak Tablo 3'te verilen TESS ışık eğrilerinden elde edilen analiz sonuçları kullanılmıştır. KELT-16 b ötegezegenine ait EXOTIC ile elde edilmiş olan sonuç parametreleri Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. KELT-16 b ötegezegenine ait EXOTIC ile elde edilen ışık eğrisi analizleri sonuçları

<i>Parametreler</i>	<i>Birim</i>	<i>Analiz sonuçları</i>
<i>Minimum geçiş zamanı (T_0)</i>	Gün	2458366.4332 ± 0.0015
<i>Oransal yarı büyük eksen uzunluğu (a/R_y)</i>	-	2.858 ± 0.84
<i>Oransal yarıçap (R_g/R_y)</i>	-	0.109 ± 0.0031
<i>Geçiş süresi</i>	Gün	0.11 ± 0.0039
<i>Gezegenin Yarıçapı (R_g)</i>		1.528 ± 0.12
<i>Etki Parametresi (b)</i>	-	0.311 ± 0.109
<i>Eksen Eğikliği (i)</i>	derece	82.711 ± 3.569

EXOTIC ile elde edilen parametreler kullanılarak gezegenin yarıçapı (R_g), oransal yarıçap (R_g/R_y) parametresi kullanılarak elde edilmiştir. R_g 'nin elde edilmesi için barınak yıldızının yarıçapı Oberst vd. (2006)' den 1.36 ± 0.06 olarak kabul edilmiştir. Sisteme ait etki parametresi denklem 9 kullanarak, Eksen eğikliği denklem 8 kullanılarak elde edilmiştir. Elde edilen parametrelerin hataları kullanılan parametrelerin hataları kullanılarak mutlak hata olarak hesaplanmıştır.

Kelt-16 b ötegezegenine ait yörünge dönem değişimlerinin analizleri için ETD-TESS ve TUG T100 gözlemlerinden elde edilen toplam 140 minimum zaman ile TTV analizleri yapılmıştır. Analizde kullanılan minimum zamanlar EK-1 de verilmiştir.



Şekil 10. KELT-16 b ötegezegenine ait ExoPdot tarafından oluşturulmuş TTV analizi

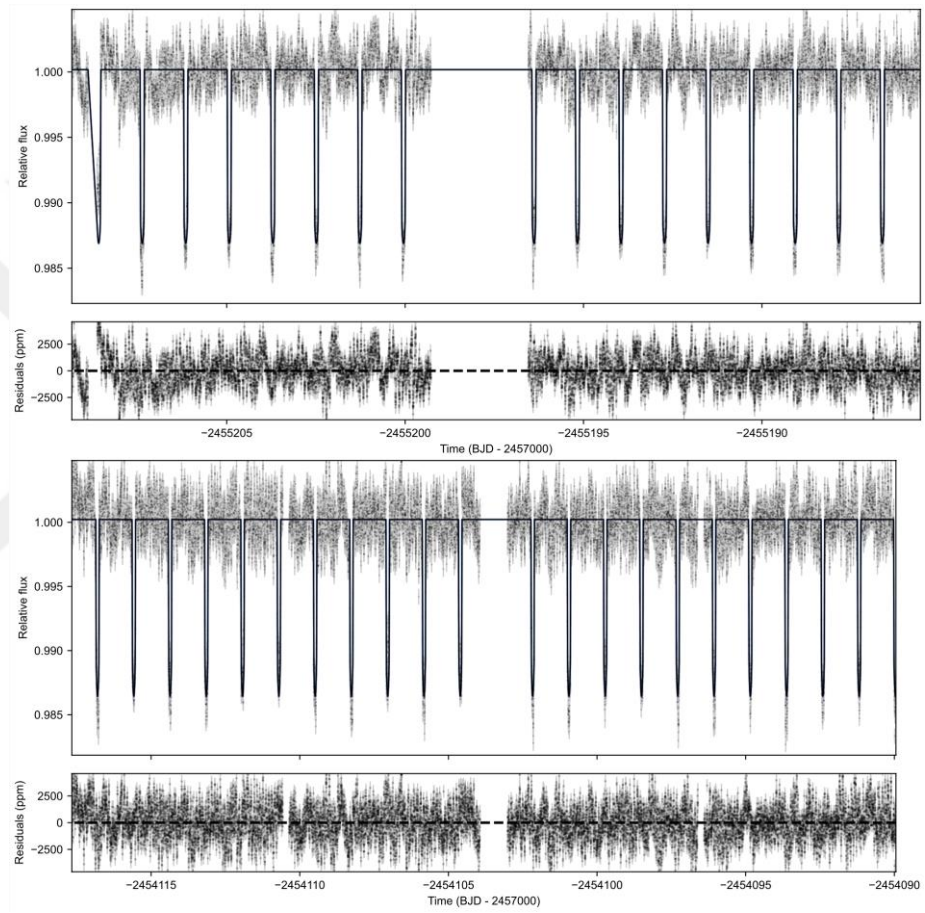
KELT-16 b ötegezegenine ait TTV analiz grafiği Şekil-10 da verilmiştir. Yapılan analizler sonucunda bozulma ve sabit periyodlu çözüm modellerinede anlamlı bir fark görülmediği anlaşılmaktadır. En uygun yörünge bozulma dönemi 12.5 ms yıl^{-1} olarak hesaplanmıştır. Bu değer Mancini vd (2022) de yaptıkları çalışmada verilen 10.6 ms yıl^{-1} ile uyumlu olarak görülmektedir. Analiz sonucu elde edilen parametreler Tablo 5’te verilmiştir.

Tablo 5. KELT-16 b ötegezegeninin ExoPdot analiz sonuçları

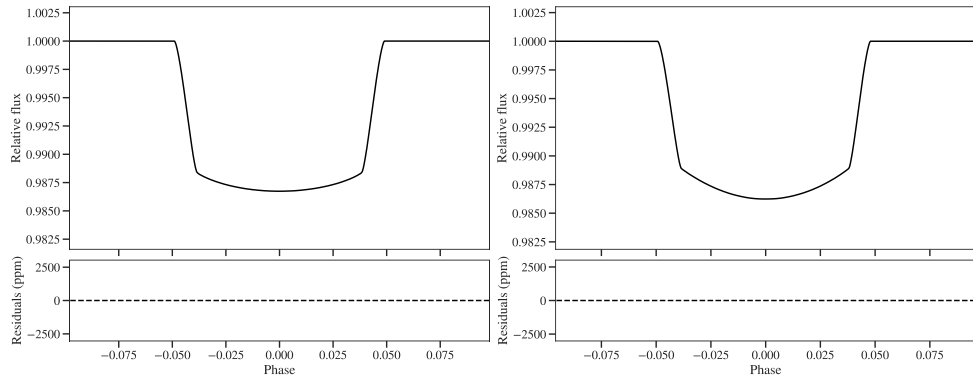
Doğrusal Model					
<i>t0 (transit)</i>	2458136.78307	+	7.9046E-05	-	7.965E-05
<i>P0 (transit)</i>	0.96899	+	7.3488E-08	-	7.355E-08
Bozulma Modeli					
<i>t0 (transit)</i>	2458136.78309	+	7.9190E-05	-	7.937E-05
<i>P0 (transit)</i>	0.96899	+	1.4923E-07	-	1.508E-07
<i>PdE (transit)</i>	0.00000	+	1.7922E-10	-	1.780E-10
<i>PdT (transit)</i>	-12.49398	+	5.8369E+00	-	5.795E+00
Salınım Modeli					
<i>t0 (transit)</i>	2458136.78308	+	3.6373E-04	-	2.026E-04
<i>Ps (transit)</i>	0.96899	+	5.3783E-08	-	5.375E-08
<i>e (transit)</i>	0.00032	+	7.1502E-03	-	2.871E-04
<i>w0 (transit)</i>	3.17241	+	2.2632E+00	-	2.178E+00
<i>wdE (transit)</i>	0.00002	+	1.9835E-04	-	1.562E-05
Model Karşılaştırmaları					
<i>Doğrusal Model</i>	$\chi^2 = 490.5$		BIC = 500.4		
<i>Bozulma Modeli</i>	$\chi^2 = 488.2$		BIC = 503.0		
<i>Salınım Modeli</i>	$\chi^2 = 492.2$		BIC = 516.8		

3.1.2. WASP-33 b Ötegezegeninin Işık Eğrileri ve Analiz Sonuçları

WASP-33 b sistemine ait sektör-18 ve sektör-58 sektörlerinde alınan TESS ışık eğrilerinin juliet ile oluşturulmuş ışık eğrileri modelleri ile birlikte Şekil 11 ve Şekil 12’de gösterilmiştir. TESS gözlemleri olarak 120 sn poz süreli olan gözlemler seçilmiştir.



Şekil 11. WASP-33 b ötegezegenine ait juliet tarafından elde edilen çözüm ışık eğrileri. Üst panelde sektör-18 ve alt panelde sektör-58'ye ait ışık eğrileri ve çözümleri gösterilmiştir.



Şekil 12. WASP-33 b ötegezegenine ait juliet tarafından elde edilen birleştirilmiş ışık eğrileri. Sol panelde sektör-18, sağ panelde sektör-58'e ait ışık eğrileri ve çözümleri gösterilmiştir.

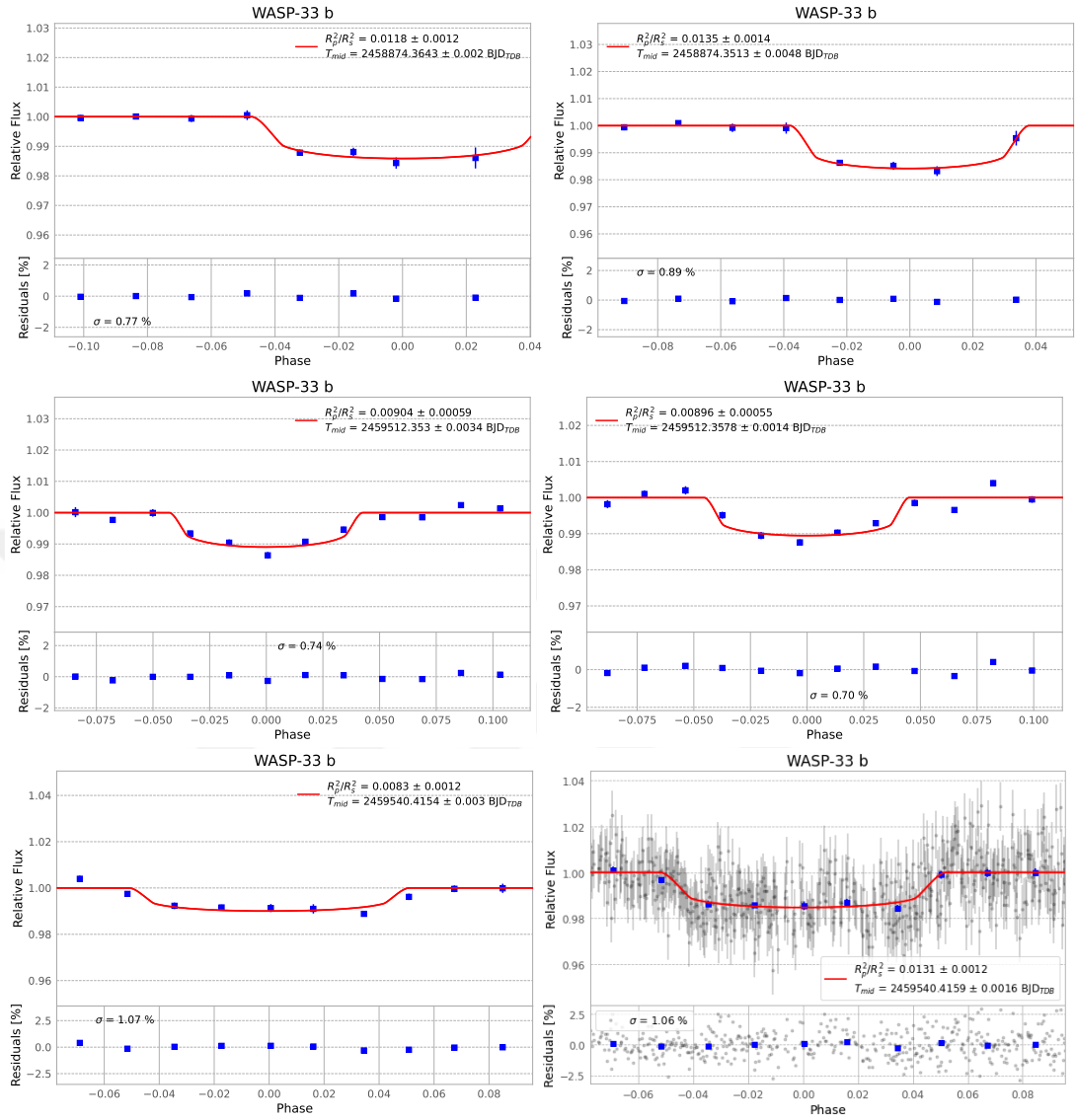
WASP-33 b ötegezegenine ait TESS ışık eğrileri ile Juliet tarafından elde edilen analiz sonuçları Tablo 6'de gösterilmiştir.

Tablo 6. WASP-33 b ötegezegeninin TESS ışık eğrileri analiz sonuçları

<i>Parametreler</i>	<i>Birim</i>	<i>Analiz sonuçları</i>
<i>P</i>	Gün	$1.21988251 \pm 1.1868E-06$
<i>T₀</i>	Gün	$2457437.341 \pm 0.00252452$
<i>a/R_y</i>	-	3.3289 ± 0.0813
<i>R_g/R_y</i>	-	0.1105 ± 0.0001
<i>b</i>	-	0.13024 ± 0.0291
<i>i</i>	derece	87.595 ± 0.5714
<i>w</i>	derece	39.011 ± 8.285
<i>e</i>	-	0.2608 ± 0.0400

Tablo 6'da gösterilen *P* ötegezegenin periodunu, *T₀* Transit Geçiş Zamanı, *a/R_y* yarı büyük eksen uzunluğunun yıldız çapına oranını, *R_g/R_y* gezegen çapının yıldız çapına oranını, *b* etki parametresini, *i* eğim açısını, *ω* periastron açısını ve *e* dış merkezliliğini ifade etmektedir.

WASP-33b ötegezegenine ait TUG T100 teleskobu ile 25.01.2020, 24.10.2021 ve 21.11.2021 tarihlerinde yapılan V ve R filtrelerinde yapılmış gözlemlerine ait EXOTIC ile elde edilen ışık eğrileri ve modelleri Şekil 13' de verilmiştir.



Şekil 13. WASP-33 b ötegezegeninin EXOTIC tarafından oluşturulmuş ışık eğrileri ve modelleri.

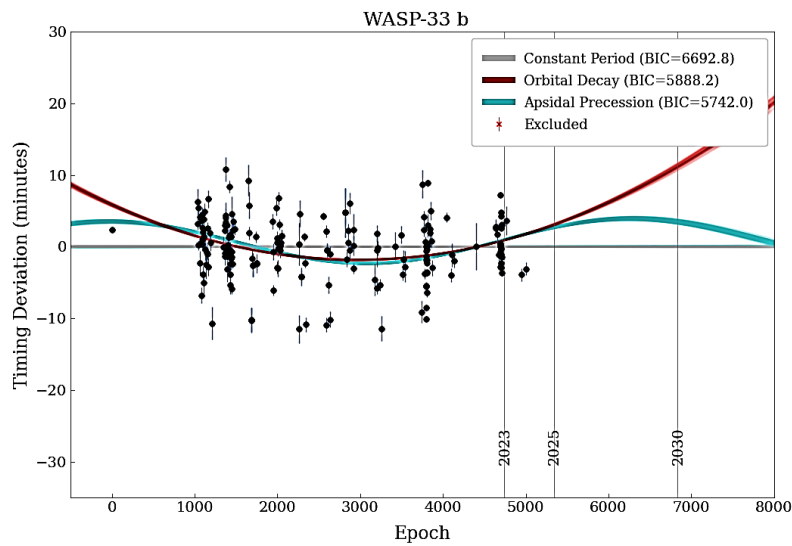
WASP-33 b ötegezegenine ait TUG T100 gözlemlerinin EXOTIC analizlerinde giriş parametreleri olarak Tablo 6'da verilen TESS ışık eğrilerinden elde edilen analiz sonuçları kullanılmıştır. WASP-33 b ötegezegenine ait EXOTIC ile elde edilmiş olan sonuç parametreleri Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7. WASP-33 b ötegezegenine ait EXOTIC ile elde edilen ışık eğrisi analizleri sonuçları

<i>Parametreler</i>	<i>Birim</i>	<i>Analiz sonuçları</i>
<i>Minimum geçiş zamanı (T_0)</i>	Gün	2492684.169 ± 0.0015
<i>Oransal yarı büyük eksen uzunluğu (a/R_y)</i>	-	3.506 ± 0.368
<i>Oransal yarıçap (R_g/R_y)</i>	-	0.1050 ± 0.011
<i>Geçiş süresi</i>	Gün	0.113 ± 0.0136
<i>Gezegenin Yarıçapı (R_g)</i>		1.610 ± 0.022
<i>Etki Parametresi (b)</i>	-	0.364 ± 0.07
<i>Eksen Eğikliği (i)</i>	derece	84.032 ± 4.336

EXOTIC ile elde edilen parametreler kullanılarak gezegenin yarıçapı (R_g), Oransal yarıçap (R_g/R_y) parametresi kullanılarak elde edilmiştir. R_g 'nin elde edilmesi için barınak yıldızının yarıçapı Stassun vd. (2017)' den 1.55 ± 0.05 olarak kabul edilmiştir. Sisteme ait etki parametresi denklem 9 kullanarak, Eksen eğikliği denklem 8 kullanılarak elde edilmiştir. Elde edilen parametrelerin hataları kullanılan parametrelerin hataları kullanılarak mutlak hata olarak hesaplanmıştır.

WASP-33 b ötegezegenine ait yörünge dönem değişimlerinin analizleri için ETD-TESS ve TUG T100 gözlemlerinden elde edilen toplam 193 minimum zaman ile TTV analizleri yapılmıştır. Analizde kullanılan minimum zamanlar EK-2 de verilmiştir.



Şekil 14. WASP-33 b ötegezegenine ait ExoPdot tarafından oluşturulmuş TTV analizi

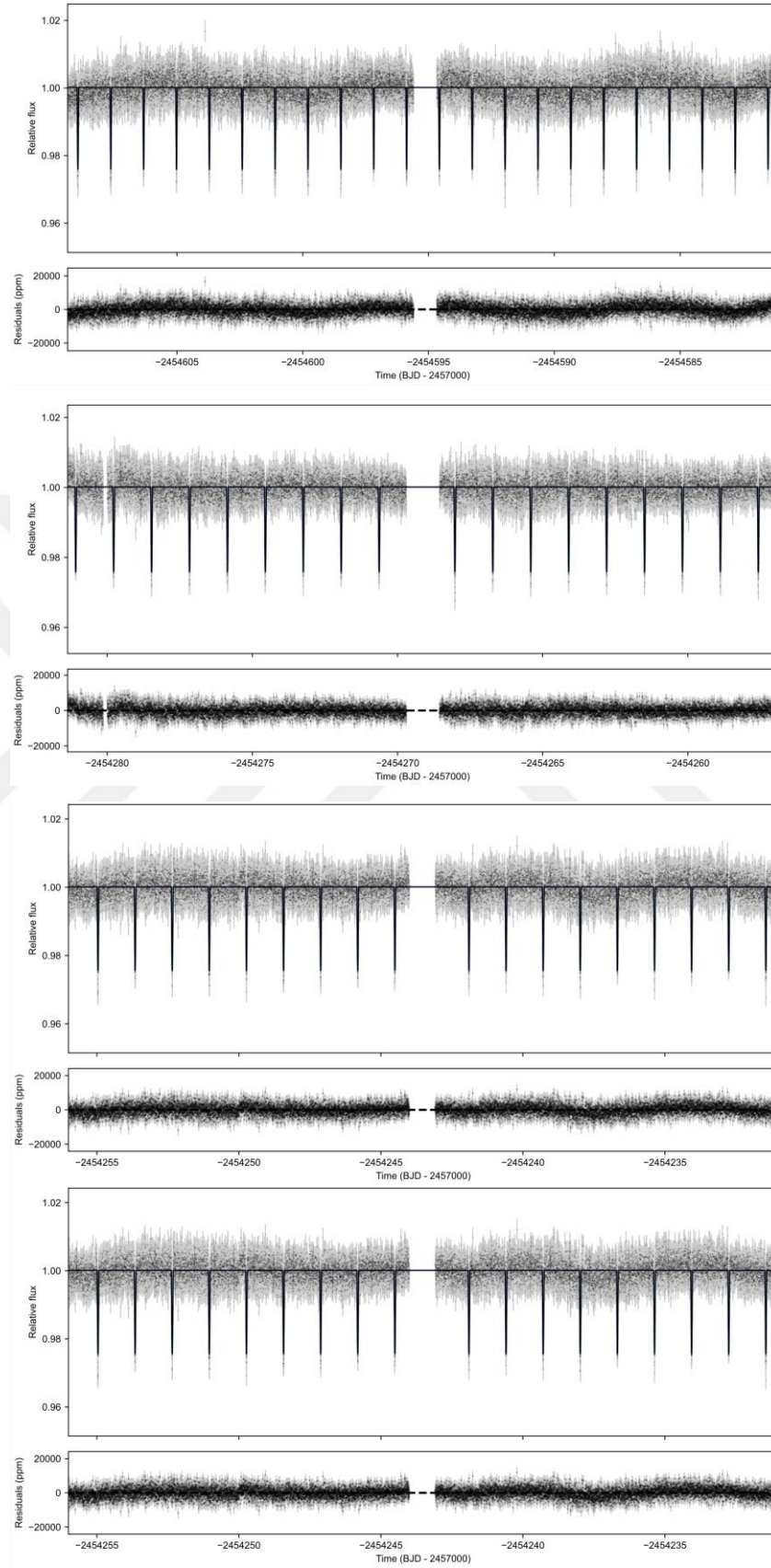
WASP-33 b ötegezegene ait TTV analiz grafiği Şekil-14'te verilmiştir. Yapılan analizler sonucunda sistemin periyodunda 31.27 ms yıl⁻¹ kadar bir azalma olduğu düşünülmektedir. Analiz sonucu elde edilen parametreler Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8. WASP-33 b ötegezegeninin ExoPdot analiz sonuçları

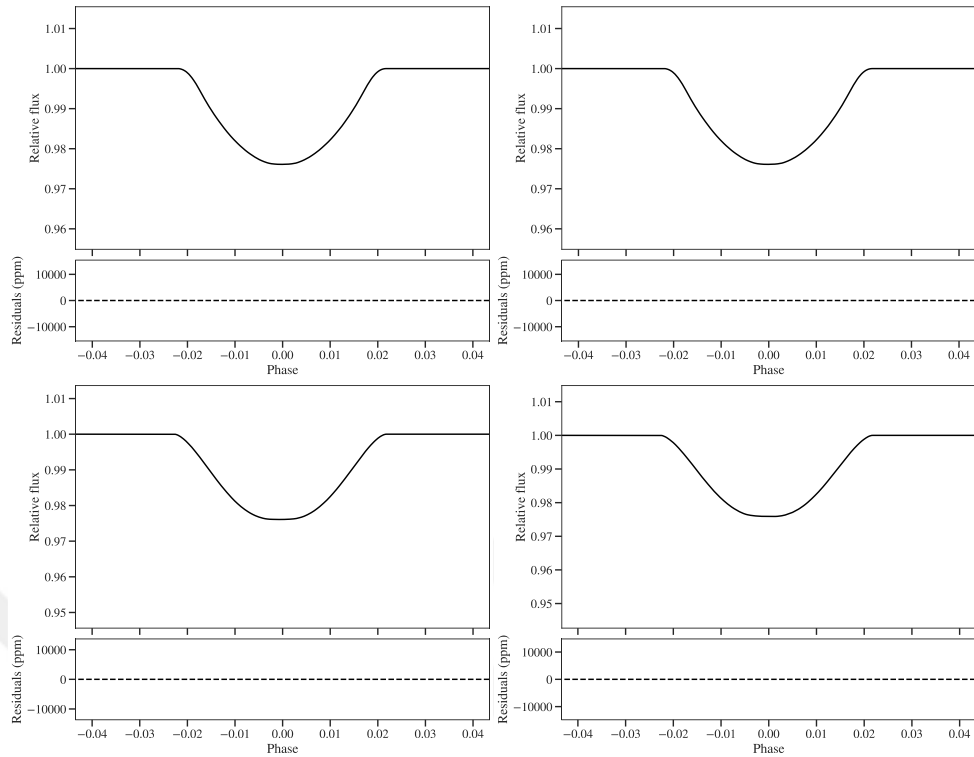
<i>Doğrusal Model</i>					
<i>t0 (transit)</i>	2454163.22209	+	6.091E-05	-	6.096E-05
<i>P0 (transit)</i>	1.21987	+	1.594E-08	-	1.601E-08
<i>Bozulma Modeli</i>					
<i>t0 (transit)</i>	2454163.22613	+	1.246E-04	-	1.281E-04
<i>P0 (transit)</i>	1.21987	+	1.054E-07	-	9.867E-08
<i>PdE (transit)</i>	0.00000	+	3.306E-11	-	3.507E-11
<i>PdT (transit)</i>	31.27451	+	8.552E-01	-	9.073E-01
<i>Salınım Modeli</i>					
<i>t0 (transit)</i>	2454163.22243	+	5.350E-05	-	5.482E-05
<i>Ps (transit)</i>	1.21987	+	1.446E-08	-	1.577E-08
<i>e (transit)</i>	0.00541	+	1.311E-04	-	1.283E-04
<i>w0 (transit)</i>	3.19662	+	2.514E-02	-	2.191E-02
<i>wdE (transit)</i>	0.00100	+	3.099E-06	-	6.622E-06
<i>Model Karşılaştırmaları</i>					
<i>Doğrusal Model</i>	chi ² = 6682.2		BIC = 6692.8		
<i>Bozulma Modeli</i>	chi ² = 5872.5		BIC = 5888.2		
<i>Salınım Modeli</i>	chi ² = 5715.7		BIC = 5742.0		

3.1.3. TRES-3 b Ötegezegeninin Işık Eğrileri ve Analiz Sonuçları

WASP-33 b sistemine ait sektör-25, sektör-26, sektör-40, sektör-52 ve sektör-53 sektörlerinden alınan TESS ışık eğrilerinin juliet ile oluşturulmuş ışık eğrileri modelleri ile birlikte Şekil 15 ve Şekil 16'te gösterilmiştir. TESS gözlemleri olarak 120 sn poz süreli olan gözlemler seçilmiştir.



Şekil 15. TRES-3 b ötegezegenine ait juliet tarafından elde edilen çözüm ışık eğrileri. Birinci panelde sektör-25, ikinci panelde sektör 40, 3. panelde sektör 52 ve 4. panelde sektör-58'ye ait ışık eğrileri ve çözümleri gösterilmiştir.



Şekil 16. TRES-3 b ötegezegenine ait juliet tarafından elde edilen birleştirilmiş ışık eğrileri. Sol üst panelde sektör-25, sağ üst panelde sektör-40, sol alt panelde sektör-52 ve sağ alt panelde sektör-53'e ait ışık eğrileri ve çözümleri gösterilmiştir.

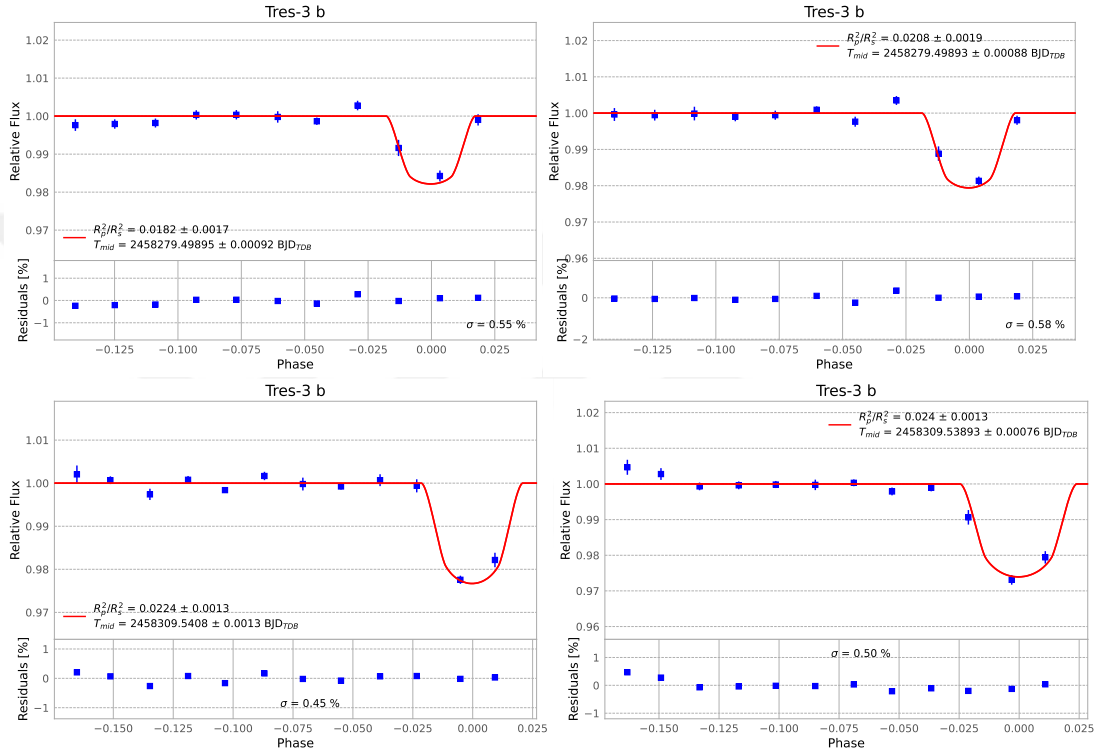
TRES-3 b ötegezegenine ait TESS ışık eğrileri ile Juliet tarafından elde edilen analiz sonuçları Tablo 9'de gösterilmiştir.

Tablo 9. TRES-3 b ötegezegeninin TESS ışık eğrileri analiz sonuçları

<i>Parametreler</i>	<i>Birim</i>	<i>Analiz sonuçları</i>
<i>P</i>	Gün	$1.30618435 \pm 9.7786E-06$
<i>T₀</i>	Gün	$2459034.475 \pm 0.00396229$
<i>a/R_y</i>	-	5.641 ± 0.625
<i>R_g/R_y</i>	-	0.150 ± 0.0054
<i>b</i>	-	0.665 ± 0.0670
<i>i</i>	derece	81.868 ± 3.290
<i>w</i>	derece	39.011 ± 8.285
<i>e</i>	-	0.260 ± 0.0400

Tablo 9'de gösterilen *P* ötegezegenin periodunu, *T₀* Transit Geçiş Zamanı, *a/R_y* yarı büyük eksen uzunluğunun yıldız çapına oranını, *R_g/R_y* gezegen çapının yıldız çapına oranını, *b* etki parametresini, *i* eğim açısını, *w* periaston açısını ve *e* dış merkezliliğini ifade etmektedir.

TRES-3 b ötegezegenine ait TUG T100 teleskobu ile 09.06.2018 ve 09.07.2018 tarihlerinde yapılan V ve R filtrelerinde yapılmış gözlemlerine ait EXOTIC ile elde edilen ışık eğrileri ve modelleri Şekil 17’ de verilmiştir.



Şekil 17. TRES-3 b ötegezegeninin EXOTIC tarafından oluşturulmuş ışık eğrileri ve modelleri.

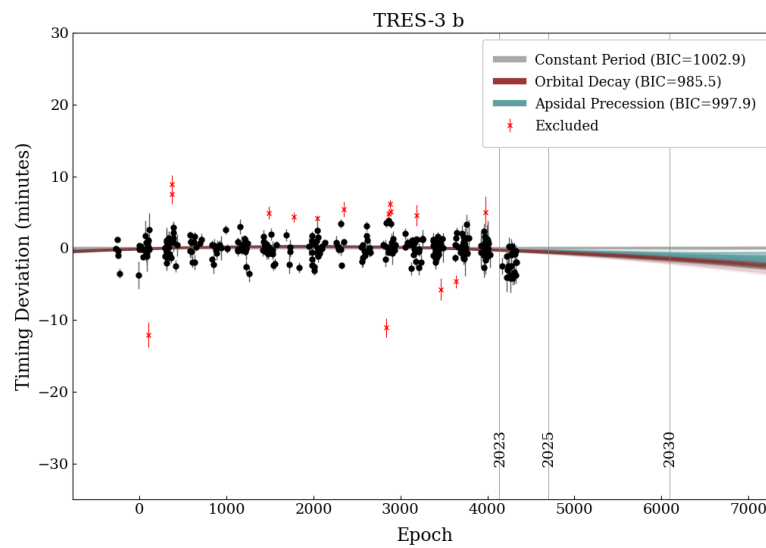
TRES-3 b ötegezegenine ait TUG T100 gözlemlerinin EXOTIC analizlerinde giriş parametreleri olarak Tablo 9’da verilen TESS ışık eğrilerinden elde edilen analiz sonuçları kullanılmıştır. TRES-3 b ötegezegenine ait EXOTIC ile elde edilmiş olan sonuç parametreleri Tablo 10’de verilmiştir.

Tablo 10. TRES-3 b ötegezegenine ait EXOTIC ile elde edilen ışık eğrisi analizleri sonuçları

<i>Parametreler</i>	<i>Birim</i>	<i>Analiz sonuçları</i>
<i>Minimum geçiş zamanı (T_0)</i>	Gün	2511100.698 ± 0.0015
<i>Oransal yarı büyük eksen uzunluğu (a/R_y)</i>	-	6.254 ± 0.232
<i>Oransal yarıçap (R_g/R_y)</i>	-	0.148 ± 0.05973951
<i>Geçiş süresi</i>	Gün	0.0535 ± 0.0039
<i>Gezegenin Yarıçapı (R_g)</i>		1.225 ± 0.198
<i>Etki Parametresi (b)</i>	-	0.674 ± 0.044
<i>Eksen Eğikliği (i)</i>	derece	83.812 ± 5.587

EXOTIC ile elde edilen parametreler kullanılarak gezegenin yarıçapı (R_g), Oransal yarıçap (R_g/R_y) parametresi kullanılarak elde edilmiştir. R_g 'nin elde edilmesi için barınak yıldızının yarıçapı Bonomo vd. (2018)' den 0.829 ± 0.015 olarak kabul edilmiştir. Sisteme ait etki parametresi denklem 9 kullanarak, Eksen eğikliği denklem 8 kullanılarak elde edilmiştir. Elde edilen parametrelerin hataları kullanılan parametrelerin hataları kullanılarak mutlak hata olarak hesaplanmıştır.

TRES-3 b ötegezegenine ait yörünge dönem değişimlerinin analizleri için ETD-TESS ve TUG T100 gözlemlerinden elde edilen toplam 363 minimum zaman ile TTV analizleri yapılmıştır. Analizde kullanılan minimum zamanlar EK-3'te verilmiştir.



şekil 18. TRES-3 b ötegezegenine ait TTV analiz grafiği.

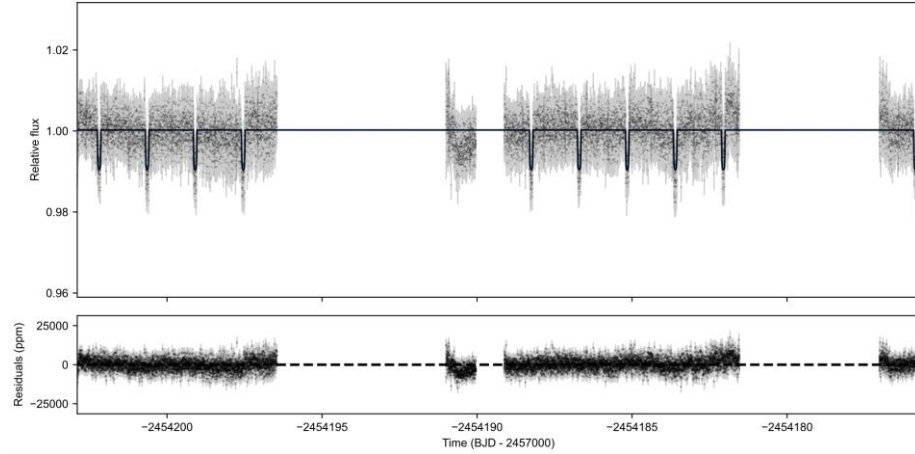
TRES-3 b ötegezegene ait TTV analiz grafiği Şekil-18’de verilmiştir Yapılan analizler sonucunda sistemin periyodunda 3.22 ms yıl^{-1} kadar bir azalma olduğu düşünülmektedir. Bu değer Hagey vd (2022) yılında yaptıkları çalışmada elde ettikleri 2.75 ms yıl^{-1} değeri ile uyum göstermektedir. Analiz sonucu elde edilen parametreler Tablo 11’de verilmiştir.

Tablo 11. TRES-3 b ötegezegeninin ExoPdot analiz sonuçları

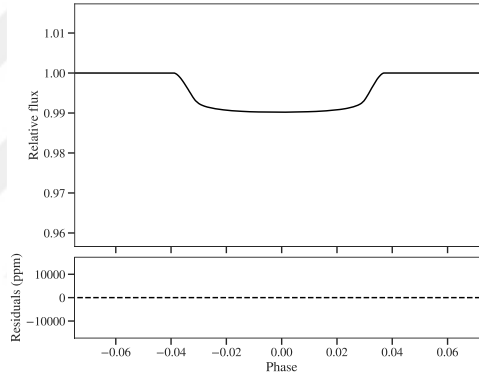
Doğrusal Model					
<i>t0 (transit)</i>	2454538.58151	+	2.577E-05	-	2.604E-05
<i>P0 (transit)</i>	1.30619	+	1.042E-08	-	1.048E-08
Bozulma Modeli					
<i>t0 (transit)</i>	2454538.58142	+	2.905E-05	-	2.911E-05
<i>P0 (transit)</i>	1.30619	+	3.902E-08	-	3.930E-08
<i>PdE (transit)</i>	0.00000	+	1.991E-11	-	2.000E-11
<i>PdT (transit)</i>	-3.32776	+	4.811E-01	-	4.831E-01
Salınım Modeli					
<i>t0 (transit)</i>	2454538.57998	+	1.059E-03	-	2.424E-03
<i>Ps (transit)</i>	1.30619	+	1.060E-08	-	1.049E-08
<i>e (transit)</i>	0.00404	+	5.828E-03	-	2.559E-03
<i>w0 (transit)</i>	2.61079	+	1.945E-01	-	3.665E-01
<i>wdE (transit)</i>	0.00028	+	1.867E-04	-	1.024E-04
Model Karşılaştırmaları					
<i>Doğrusal Model</i>	chi ² = 991.2		BIC = 1002.9		
<i>Bozulma Modeli</i>	chi ² = 968.0		BIC = 985.5		
<i>Salınım Modeli</i>	chi ² = 968.6		BIC = 997.9		

3.1.4. WASP-114 b Ötegezegeninin Işık Eğrileri ve Analiz Sonuçları

WASP-114 b sistemine ait sektör-55 sektörlerinde alınan TESS ışık eğrilerinin juliet ile oluşturulmuş ışık eğrisi modelleri ile birlikte Şekil 19 ve Şekil 20’de gösterilmiştir. TESS gözlemleri olarak 120 sn poz süreli olan gözlemler seçilmiştir.



Şekil 19. WASP-114 b ötegezegenine ait juliet tarafından elde edilen çözüm ışık eğrileri. Sektör-55' e ait ışık eğrisi ve çözümü gösterilmiştir.



Şekil 20. WASP-114 b ötegezegenine ait juliet tarafından elde edilen birleştirilmiş ışık eğrileri. Sektör-55'e ait ışık eğrisi ve çözümü gösterilmiştir.

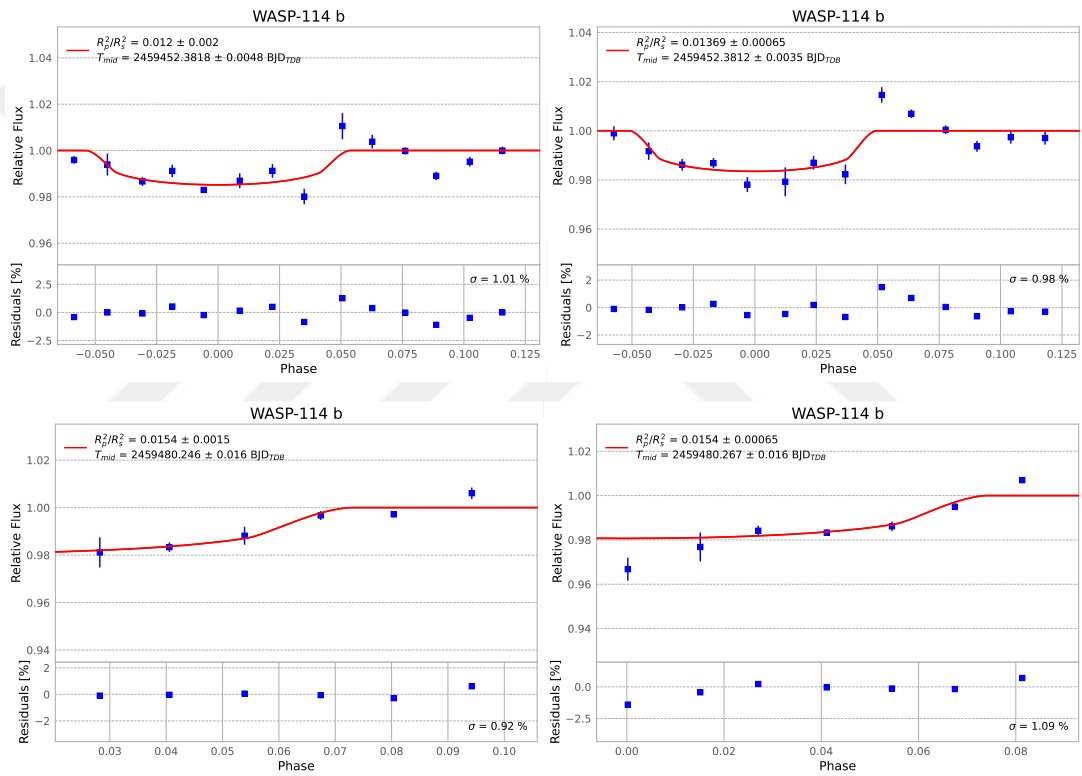
WASP-114 b ötegezegenine ait TESS ışık eğrileri ile Juliet tarafından elde edilen analiz sonuçları Tablo 12'de gösterilmiştir.

Tablo 12. WASP-114 b ötegezegeninin TESS ışık eğrileri analiz sonuçları

<i>Parametreler</i>	<i>Birim</i>	<i>Analiz sonuçları</i>
<i>P</i>	Gün	$1.54877494 \pm 4.3642\text{E-}06$
<i>T₀</i>	Gün	$2457242.332 \pm 0.00671141$
<i>a/R_y</i>	-	3.495 ± 0.596
<i>R_g/R_y</i>	-	0.093 ± 0.093
<i>b</i>	-	0.369 ± 0.164
<i>i</i>	derece	81.932 ± 4.769
<i>w</i>	derece	40.996 ± 27.316
<i>e</i>	-	0.331 ± 0.224

Tablo 12’da gösterilen P ötegezegenin periodunu, T_0 Transit Geçiş Zamanı, a/R_y yarı büyük eksen uzunluğunun yıldız çapına oranını, R_g/R_y gezegen çapının yıldız çapına oranını, b etki parametresini, i eğim açısını, ω periaston açısını ve e dış merkezliliğini ifade etmektedir.

WASP-114 b ötegezegenine ait TUG T100 teleskobu ile 25.08.2021 ve 22.09.2021 tarihlerinde yapılan V ve R filtrelerinde yapılmış gözlemlerine ait EXOTIC ile elde edilen ışık eğrileri ve modelleri Şekil 21’ de verilmiştir.



Şekil 21. WASP-114 b ötegezegeninin EXOTIC tarafından oluşturulmuş ışık eğrileri ve modelleri.

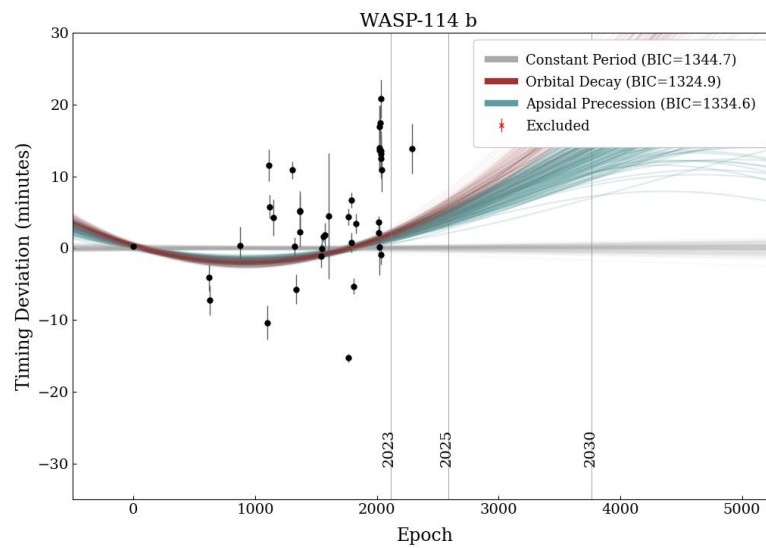
WASP-114 b ötegezegenine ait TUG T100 gözlemlerinin EXOTIC analizlerinde giriş parametreleri olarak Tablo 12’de verilen TESS ışık eğrilerinden elde edilen analiz sonuçları kullanılmıştır. WASP-114 b ötegezegenine ait EXOTIC ile elde edilmiş olan sonuç parametreleri Tablo 13’te verilmiştir.

Tablo 13. WASP-114 b ötegezegenine ait EXOTIC ile elde edilen ışık eğrisi analizleri sonuçları

<i>Parametreler</i>	<i>Birim</i>	<i>Analiz sonuçları</i>
<i>Minimum geçiş zamanı (T_0)</i>	Gün	2459467.063 ± 0.0067
<i>Oransal yarı büyük eksen uzunluğu (a/R_y)</i>	-	2.870 ± 2.862
<i>Oransal yarıçap (R_g/R_y)</i>	-	0.118 ± 0.126
<i>Geçiş süresi</i>	Gün	0.137 ± 0.029
<i>Gezegenin Yarıçapı (R_g)</i>		1.695 ± 0.16
<i>Etki Parametresi (b)</i>	-	0.796 ± 0.29
<i>Eksen Eğikliği (i)</i>	derece	79.812 ± 5.238

EXOTIC ile elde edilen parametreler kullanılarak gezegenin yarıçapı (R_g), Oransal yarıçap (R_g/R_y) parametresi kullanılarak elde edilmiştir. R_g 'nin elde edilmesi için barınak yıldızının yarıçapı Barros vd. (2016)' den 1.430 ± 0.006 olarak kabul edilmiştir. Sisteme ait etki parametresi denklem 9 kullanarak, Eksen eğikliği denklem 8 kullanılarak elde edilmiştir. Elde edilen parametrelerin hataları kullanılan parametrelerin hataları kullanılarak mutlak hata olarak hesaplanmıştır.

WASP-114 b ötegezegenine ait yörünge dönem değişimlerinin analizleri için ETD-TESS ve TUG T100 gözlemlerinden elde edilen toplam 39 minimum zaman ile TTV analizleri yapılmıştır. Analizde kullanılan minimum zamanlar EK-4'te verilmiştir.



Şekil 22. WASP-114 b ötegezegenine ait ExoPdot tarafından oluşturulmuş TTV analizi

WASP-114 b ötegezegene ait TTV analiz grafiği Şekil-22’de verilmiştir. Yapılan analizler sonucunda sistemin periyodunda $79.71 \text{ ms yıl}^{-1}$ kadar bir azalma olduğu görülmektedir fakat veri sayısının azlığı ve TTV analizlerinin daha uzun zaman süreçli verilerde daha doğru analiz sonuçları verdiği düşünüldüğü zaman bunun pek anlamlı bir sonuç olmadığı düşünülebilir. Bu sonucun daha sonra yapılan gözlemlerle doğrulanması gerektiğini düşünmekteyiz. Analiz sonucu elde edilen parametreler Tablo 14’te verilmiştir.

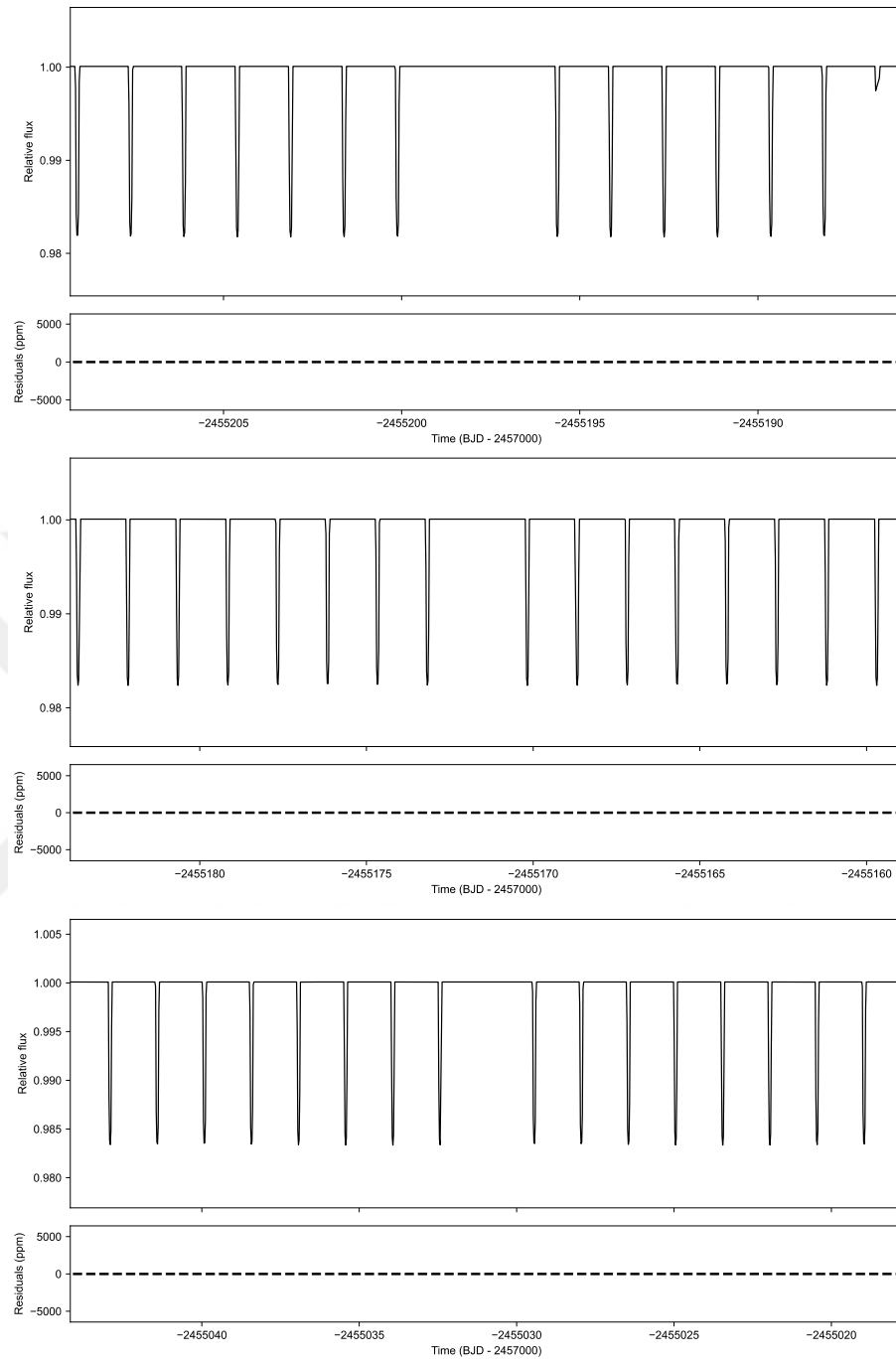
Tablo 14. WASP-114 b ötegezegeninin ExoPdot analiz sonuçları

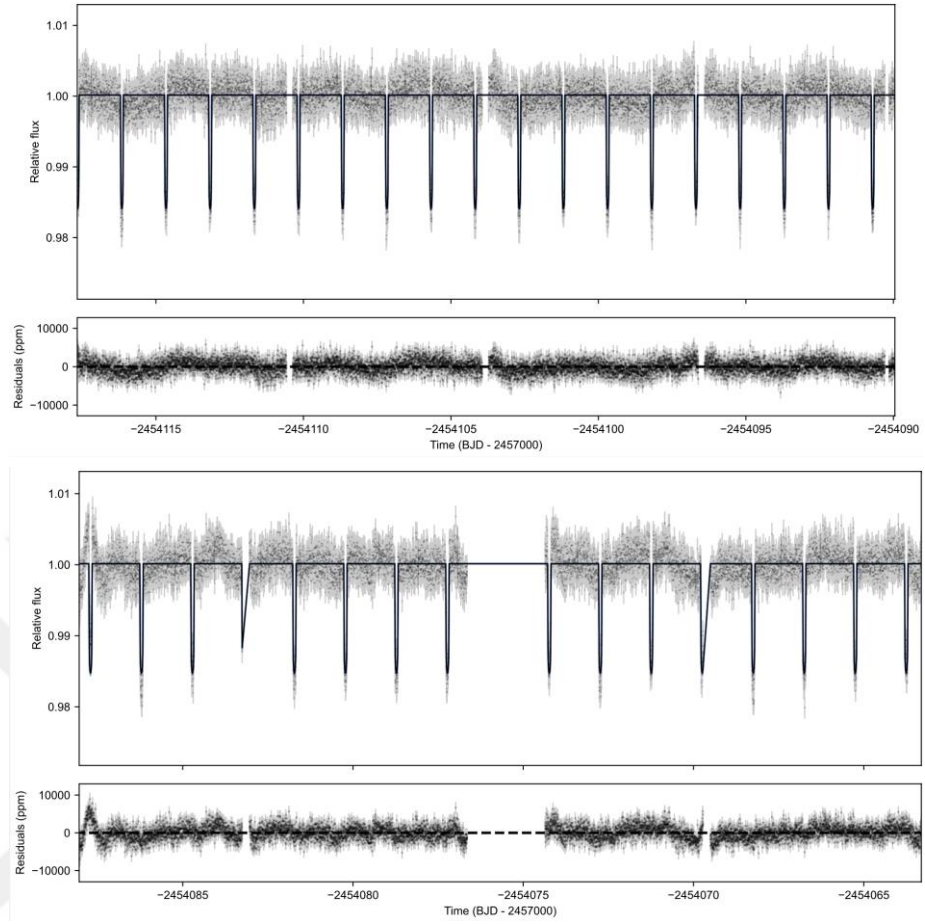
<i>Doğrusal Model</i>					
<i>t0 (transit)</i>	2456667.73567	+	1.436E-04	-	1.439E-04
<i>P0 (transit)</i>	1.54877	+	1.074E-07	-	1.066E-07
<i>Bozulma Modeli</i>					
<i>t0 (transit)</i>	2456667.73590	+	1.471E-04	-	1.475E-04
<i>P0 (transit)</i>	1.54877	+	5.235E-07	-	5.370E-07
<i>PdE (transit)</i>	0.00000	+	5.729E-10	-	5.519E-10
<i>PdT (transit)</i>	79.71913	+	1.167E+01	-	1.125E+01
<i>Salınım Modeli</i>					
<i>t0 (transit)</i>	2456667.74311	+	1.821E-03	-	2.460E-03
<i>Ps (transit)</i>	1.54877	+	1.068E-07	-	1.068E-07
<i>e (transit)</i>	0.01765	+	3.751E-03	-	5.065E-03
<i>w0 (transit)</i>	5.68488	+	7.275E-02	-	1.107E-01
<i>wdE (transit)</i>	0.00064	+	1.127E-04	-	7.145E-05
<i>Model Karşılaştırmaları</i>					
<i>Doğrusal Model</i>	chi ² =1337.3		BIC =1344.7		
<i>Bozulma Modeli</i>	chi ² =1313.9		BIC =1324.9		
<i>Salınım Modeli</i>	chi ² =1316.3		BIC =1334.6		

3.2. Aday Ötegezegen Sistemleri

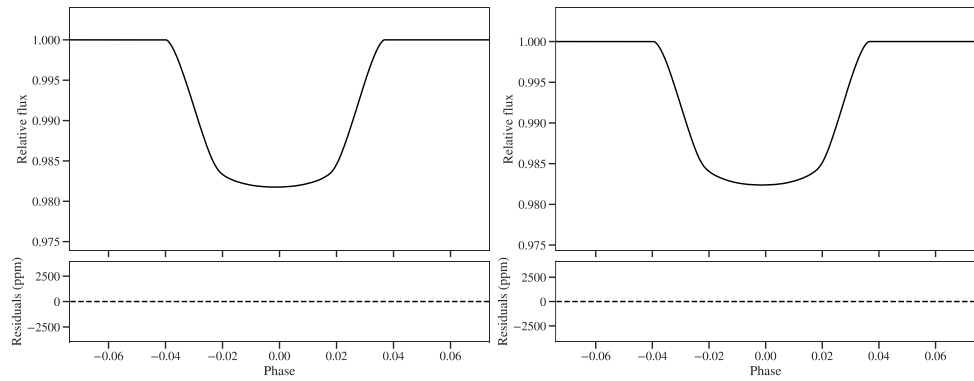
3.2.1. TOI-2046 b Sisteminin Işık Eğrileri ve Analiz Sonuçları

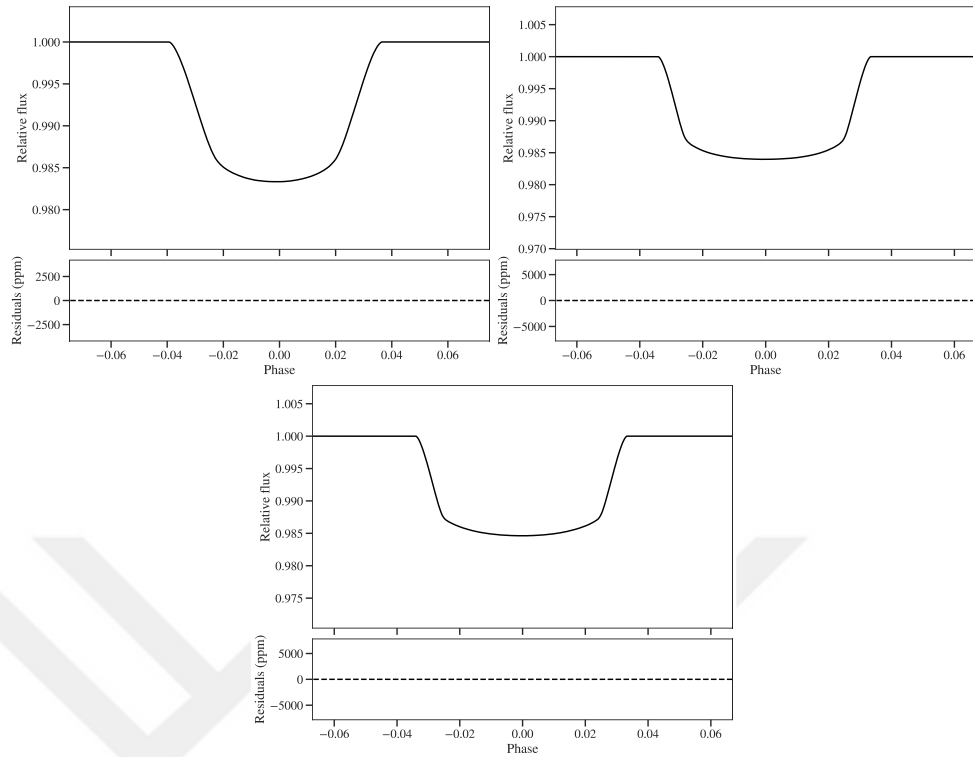
TOI-2046b sistemine ait sektör-18, sektör-19, sektör-58 ve sektör-59 sektörlerinden alınan TESS ışık eğrilerinin juliet ile oluşturulmuş ışık eğrileri modelleri ile Şekil 23 ve Şekil 24’te gösterilmiştir. TOI-2046 sistemine ait TESS gözlemlerinden sektör 18 ve sektör 19 için 1800 saniye poz süreli, sektör 58 ve sektör 59 için 200 saniye pos süreli ışık eğrileri kullanılmıştır.





Şekil 23. TOI-2046 sistemine ait juliet tarafından elde edilen çözüm ışık eğrileri. Birinci panelde sektör-18, ikinci panelde sektör-19, 3. panelde sektör-24, 4. panelde sektör-58 ve 5. panelde sektör-59'a ait ışık eğrileri ve çözümleri gösterilmiştir.





Şekil 24. TOI-2046 sistemine ait juliet tarafından elde edilen birleştirilmiş ışık eğrileri. Sol üst panelde sektör-18, sağ üst panelde sektör-19, sol orta panelde sektör-24, sağ orta panelde sektör-58 ve alt panelde sektör-59'a ait ışık eğrileri ve çözümleri gösterilmiştir.

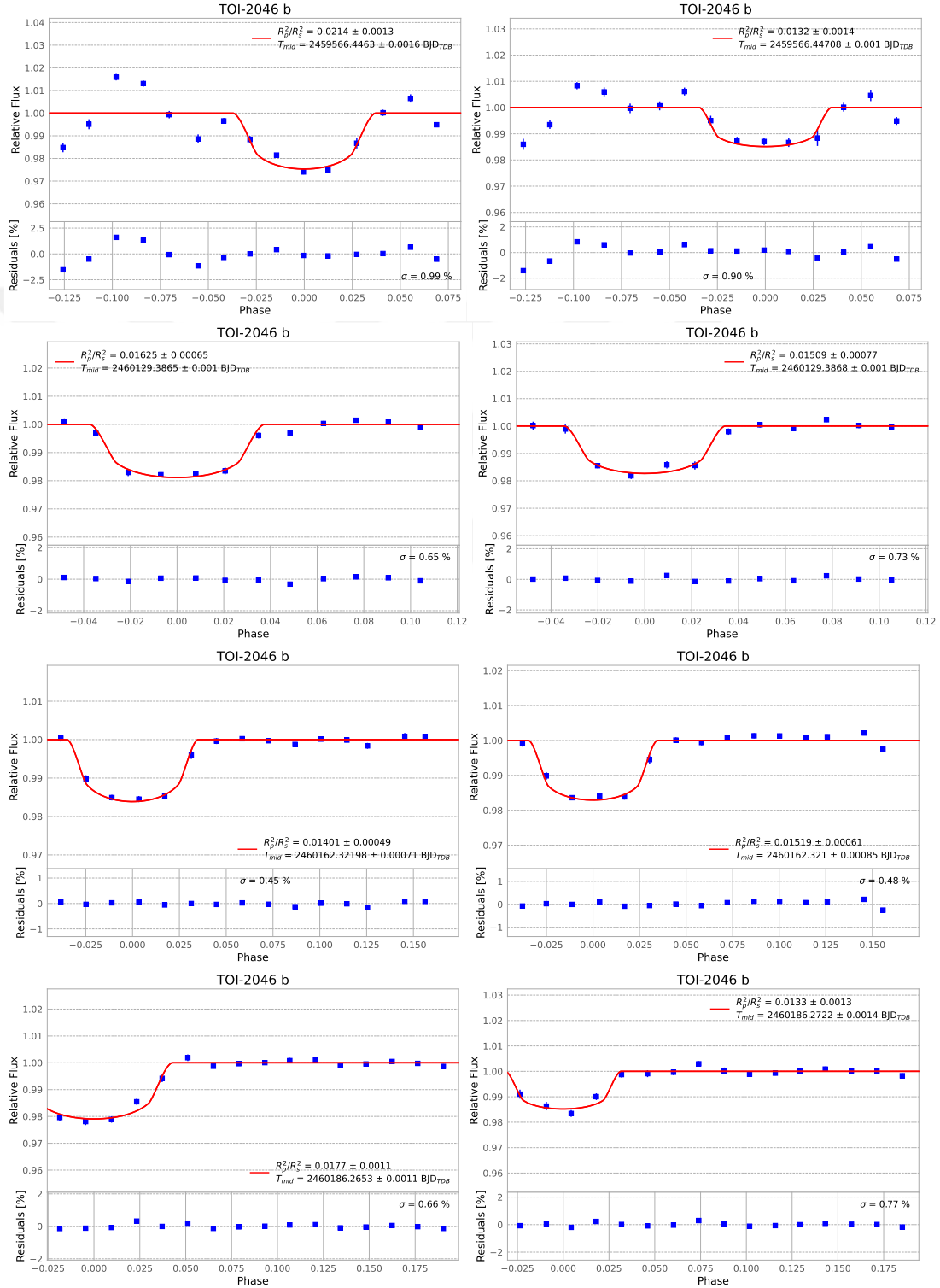
TOI-2046 sistemine ait TESS ışık eğrileri ile Juliet tarafından elde edilen analiz sonuçları Tablo 15'te gösterilmiştir.

Tablo 15. TOI-2046 sisteminin TESS ışık eğrileri analiz sonuçları

<i>Parametreler</i>	<i>Birim</i>	<i>Analiz sonuçları</i>
<i>P</i>	Gün	$1.49718409 \pm 4.1692E-06$
<i>T₀</i>	Gün	2457792.279 ± 0.005
<i>a/R_y</i>	-	4.291 ± 0.464
<i>R_g/R_y</i>	-	0.119 ± 0.001
<i>b</i>	-	0.415 ± 0.050
<i>i</i>	derece	83.312 ± 1.573
<i>w</i>	derece	47.254 ± 27.829
<i>e</i>	-	0.229 ± 0.152

Tablo 15'te gösterilen *P* ötegezegenin periodunu, *T₀* Transit Geçiş Zamanı, *a/R_y* yarı büyük eksen uzunluğunun yıldız çapına oranını, *R_g/R_y* gezegen çapının yıldız çapına oranını, *b* etki parametresini, *i* eğim açısını, *w* periaston açısını ve *e* dış merkezliliğini ifade etmektedir.

TOI-2046 sisteminin ait TUG T100 teleskobu ile 17.12.2021, 03.07.2023, 05.08.2023 ve 29.08.2023 tarihlerinde yapılan V ve R filtrelerinde yapılmış gözlemlerine ait EXOTIC ile elde edilen ışık eğrileri ve modelleri Şekil 25’ te verilmiştir.



Şekil 25. TOI-2046 sisteminin EXOTIC tarafından oluşturulmuş ışık eğrileri ve modelleri.

TOI-2046 sistemine ait TUG T100 gözlemlerinin EXOTIC analizlerinde giriş parametreleri olarak Tablo 15'te verilen TESS ışık eğrilerinden elde edilen analiz sonuçları kullanılmıştır. TOI-2046 sistemine ait EXOTIC ile elde edilmiş olan sonuç parametreleri Tablo 16'da verilmiştir.

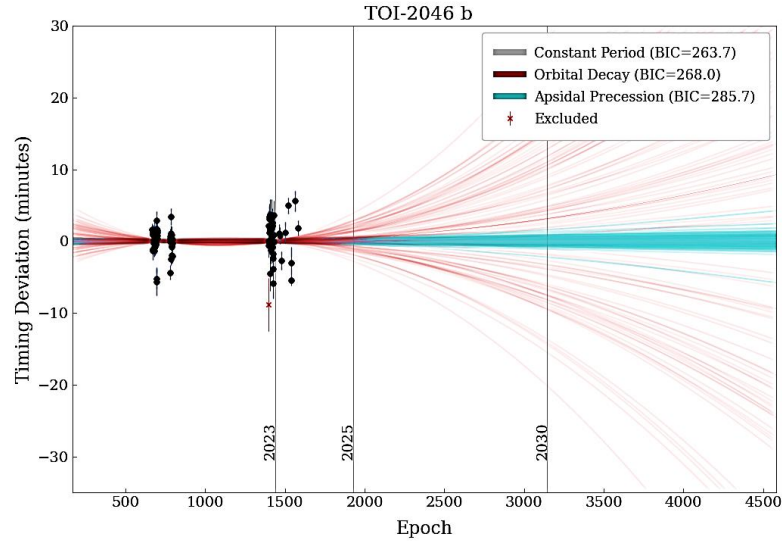
Tablo 16. TOI-2046 sistemine ait EXOTIC ile elde edilen ışık eğrisi analizleri sonuçları

<i>Parametreler</i>	<i>Birim</i>	<i>Analiz sonuçları</i>
<i>Minimum geçiş zamanı (T_0)</i>	Gün	2460011.106 ± 0.0052
<i>Oransal yarı büyük eksen uzunluğu (a/R_y)</i>	-	4.506 ± 0.2002
<i>Oransal yarıçap (R_g/R_y)</i>	-	0.126 ± 0.057
<i>Geçiş süresi</i>	Gün	0.105 ± 0.045
<i>Gezegenin Yarıçapı (R_g)</i>		1.552 ± 0.025
<i>Etki Parametresi (b)</i>	-	0.506 ± 0.39
<i>Eksen Eğikliği (i)</i>	derece	83.549 ± 8.69

EXOTIC ile elde edilen parametreler kullanılarak gezegenin yarıçapı (R_g), Oransal yarıçap (R_g/R_y) parametresi kullanılarak elde edilmiştir. R_g 'nin elde edilmesi için barınak yıldızının yarıçapı Kabáth vd. (2022)'den 1.210 ± 0.007 olarak kabul edilmiştir. Sisteme ait etki parametresi denklem 9 kullanarak, Eksen eğikliği denklem 8 kullanılarak elde edilmiştir. Elde edilen parametrelerin hataları kullanılan parametrelerin hataları kullanılarak mutlak hata olarak hesaplanmıştır.

TOI-2046 b ötegezegenine ait yörünge dönem değişimlerinin analizleri için ETD-TESS ve TUG T100 gözlemlerinden elde edilen toplam 86 minimum zaman ile TTV analizleri yapılmıştır. Analizde kullanılan minimum zamanlar EK-5'te verilmiştir.

TOI-2046 b ötegezegenine ait TTV analiz grafiği Şekil-26'de verilmiştir. Yapılan analizler sonucunda sistemin periyodunda $22.39 \text{ ms yıl}^{-1}$ kadar bir azalma olduğu görülmektedir fakat veri sayısının azlığı ve TTV analizlerinin daha uzun zaman süreli verilerde daha doğru analiz sonuçları verdiği düşünüldüğü zaman bunun pek anlamlı bir sonuç olmadığı düşünülebilir. Bu sonucun daha sonra yapılan gözlemlerle doğrulanması gerektiğini düşünmekteyiz. Analiz sonucu elde edilen parametreler Tablo 17'te verilmiştir.



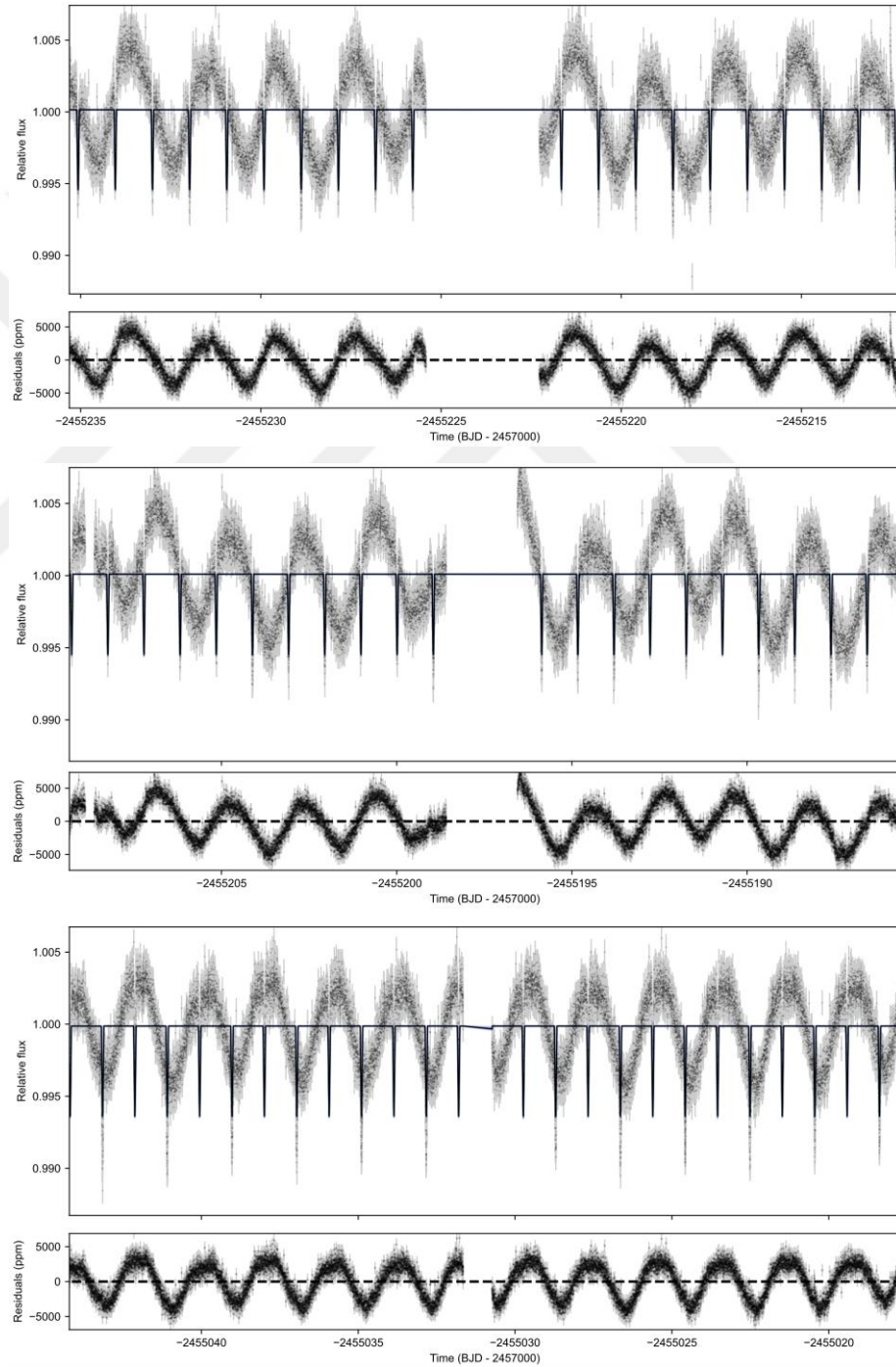
Şekil 26. TOI-2046 b ötegezegenine ait ExoPdot tarafından oluşturulmuş TTV analizi

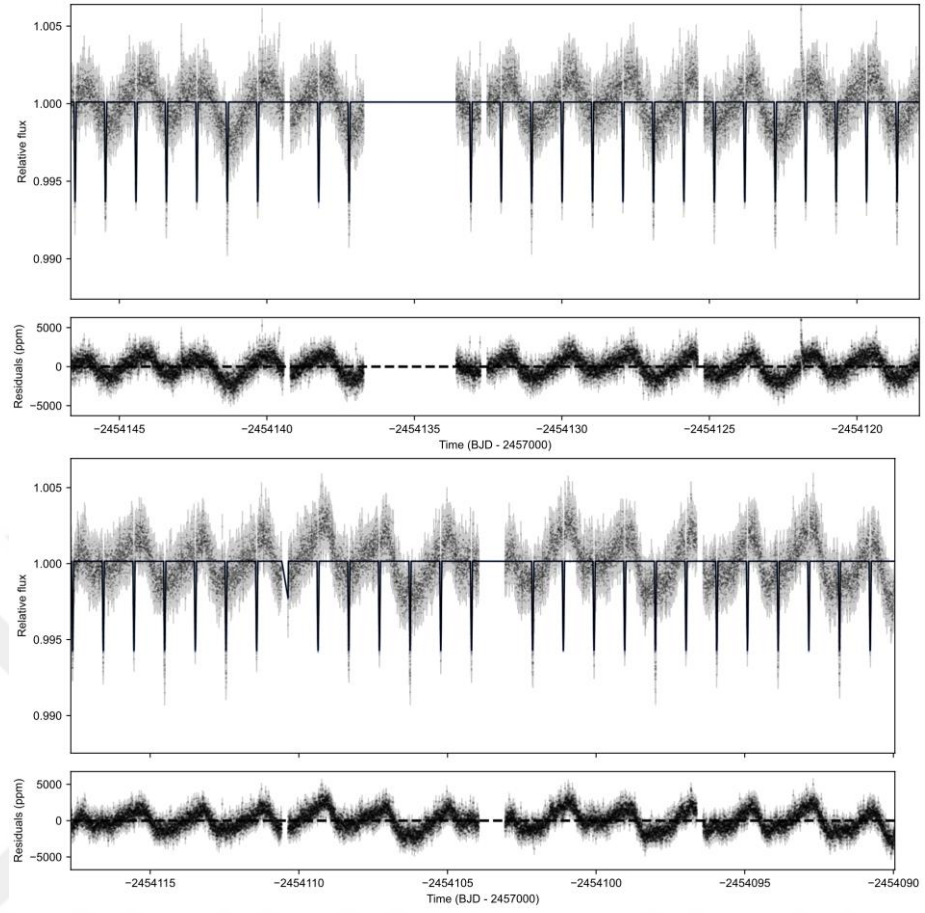
Tablo 17. TOI-2046 b ötegezegeninin ExoPdot analiz sonuçları

Doğrusal Model					
<i>t0 (transit)</i>	2457792.27495	+	1.922E-04	-	1.942E-04
<i>P0 (transit)</i>	1.49719	+	1.942E-07	-	1.927E-07
Bozulma Modeli					
<i>t0 (transit)</i>	2457792.27549	+	1.743E-03	-	1.731E-03
<i>P0 (transit)</i>	1.49719	+	3.604E-06	-	3.620E-06
<i>PdE (transit)</i>	0.00000	+	3.328E-09	-	3.299E-09
<i>PdT (transit)</i>	22.39295	+	7.015E+01	-	6.954E+01
Salınım Modeli					
<i>t0 (transit)</i>	2457792.27494	+	4.947E-04	-	6.105E-04
<i>Ps (transit)</i>	1.49719	+	1.419E-07	-	1.408E-07
<i>e (transit)</i>	0.00059	+	5.148E-03	-	5.519E-04
<i>w0 (transit)</i>	3.21681	+	2.083E+00	-	2.158E+00
<i>wdE (transit)</i>	0.00002	+	1.994E-04	-	2.067E-05
Model Karşılaştırmaları					
Doğrusal Model	chi ² =254.8		BIC =263.7		
Bozulma Modeli	chi ² =254.7		BIC = 268		
Salınım Modeli	chi ² =263.5		BIC =285.7		

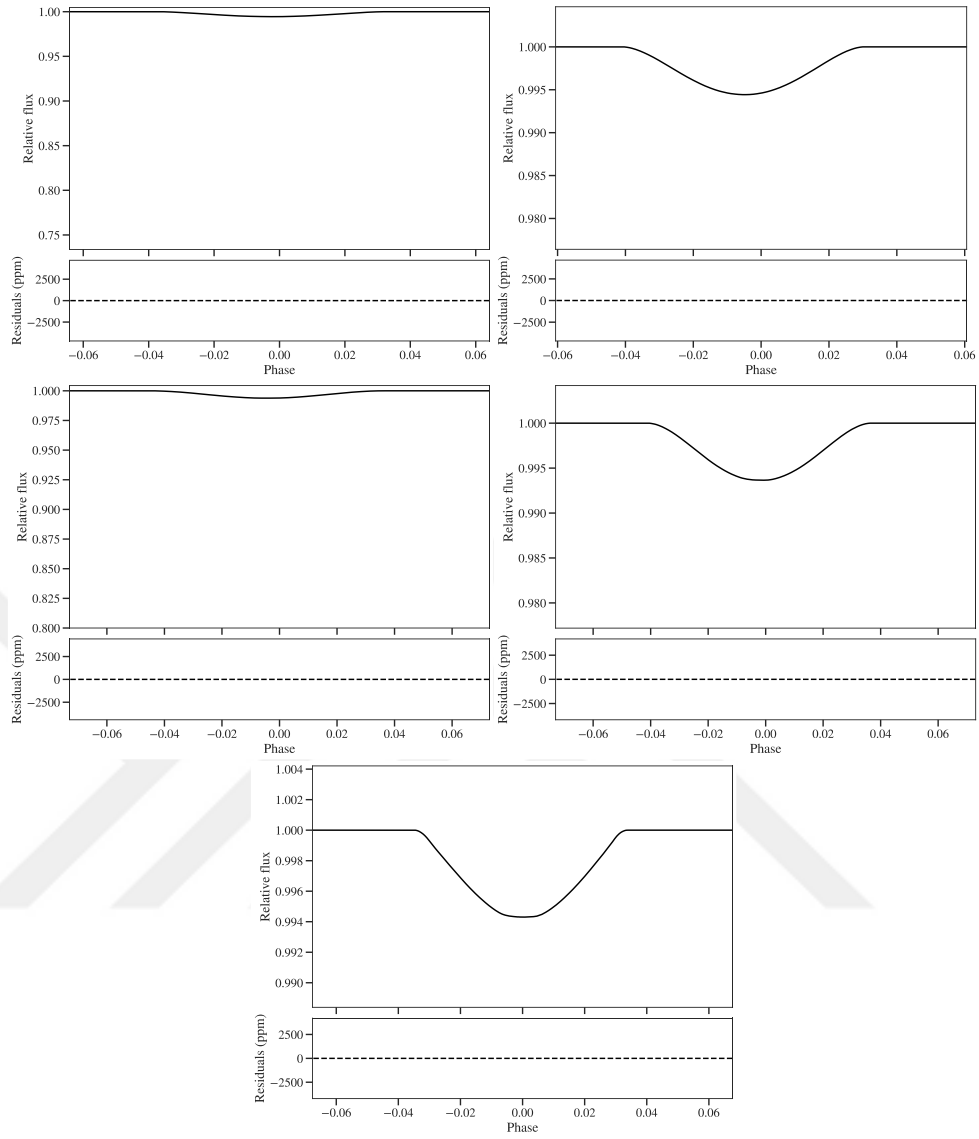
3.2.2. TOI-1425 Sisteminin Işık Eğrileri ve Analiz Sonuçları

TOI-1425 sistemine ait sektör-17, sektör-18, sektör-24, sektör-57 ve sektör-58 sektörlerinden alınan TESS ışık eğrilerinin juliet ile oluşturulmuş ışık eğrileri modelleri ile Şekil 27 ve Şekil 28’te gösterilmiştir. TESS gözlemleri olarak 120 sn poz süreli olan gözlemler seçilmiştir.





Şekil 27. TOI-1425 sistemine ait juliet tarafından elde edilen çözüm ışık eğrileri. Birinci panelde sektör-17, ikinci panelde sektör-18, 3. panelde sektör-54, 4. panelde sektör-57 ve 5. panelde sektör-58'e ait ışık eğrileri ve çözümleri gösterilmiştir.



Şekil 28. TOI-1425 sistemine ait juliet tarafından elde edilen birleştirilmiş ışık eğrileri. Sol üst panelde sektör-17, sağ üst panelde sektör-18, sol orta panelde sektör-24, sağ orta panelde sektör-57 ve alt panelde sektör-58’3 ait ışık eğrileri ve çözümleri gösterilmiştir

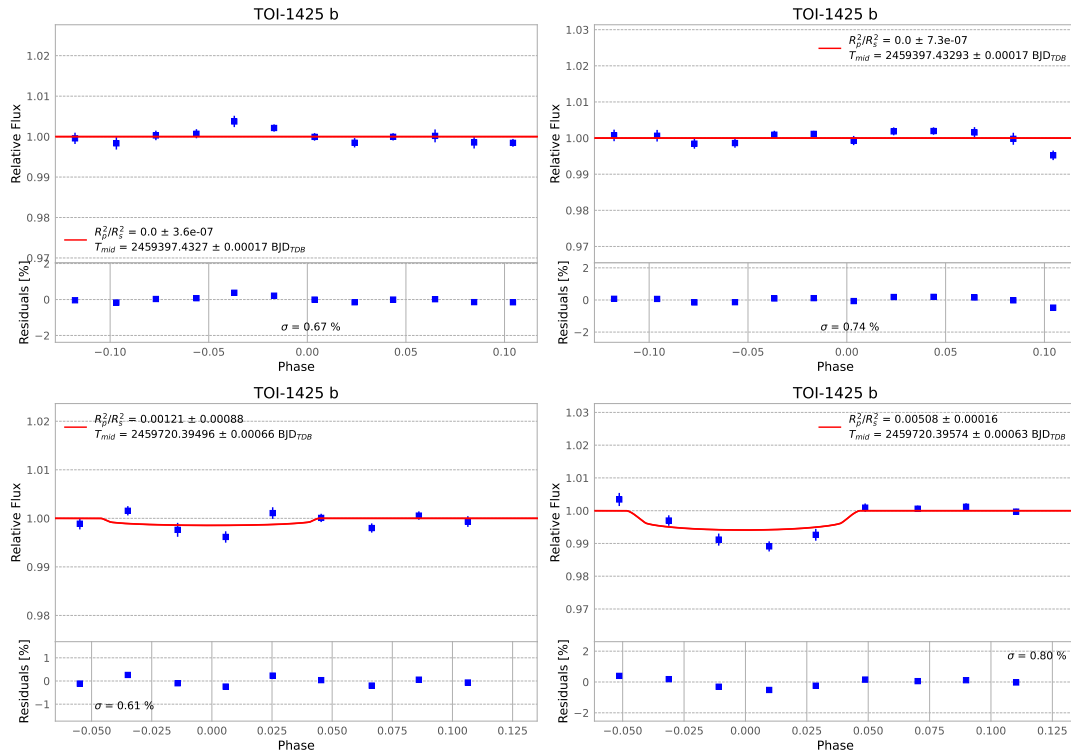
TOI-1425 sistemine ait TESS ışık eğrileri ile Juliet tarafından elde edilen analiz sonuçları Tablo 18’de gösterilmiştir.

Tablo 18. TOI-1425 sisteminin TESS ışıık eğrileri analiz sonuçları

<i>Parametreler</i>	<i>Birim</i>	<i>Analiz sonuçları</i>
<i>P</i>	Gün	$1.03181967 \pm 5.3483\text{E-}06$
<i>T₀</i>	Gün	$2458739.134 \pm 0.00747985$
<i>a/R_y</i>	-	2.422 ± 0.023
<i>R_g/R_y</i>	-	0.057 ± 0.001
<i>b</i>	-	0.134 ± 0.090
<i>i</i>	derece	77.957 ± 13.84
<i>w</i>	derece	88.187 ± 1.556
<i>e</i>	-	0.739 ± 0.013

Tablo 18’de gösterilen *P* ötegezegenin periodunu, *T₀* Transit Geçiş Zamanı, *a/R_y* yarı büyük eksen uzunluğunun yıldız çapına oranını, *R_g/R_y* gezegen çapının yıldız çapına oranını, *b* etki parametresini, *i* eğim açısını, ω periaston açısını ve *e* dış merkezliliğini ifade etmektedir.

TOI-1425 sisteminin ait TUG T100 teleskobu ile 01.07.2021 ve 20.05.2022 tarihlerinde yapılan V ve R filtrelerinde yapılmış gözlemlerine ait EXOTIC ile elde edilen ışıık eğrileri ve modelleri Şekil 29’ da verilmiştir.

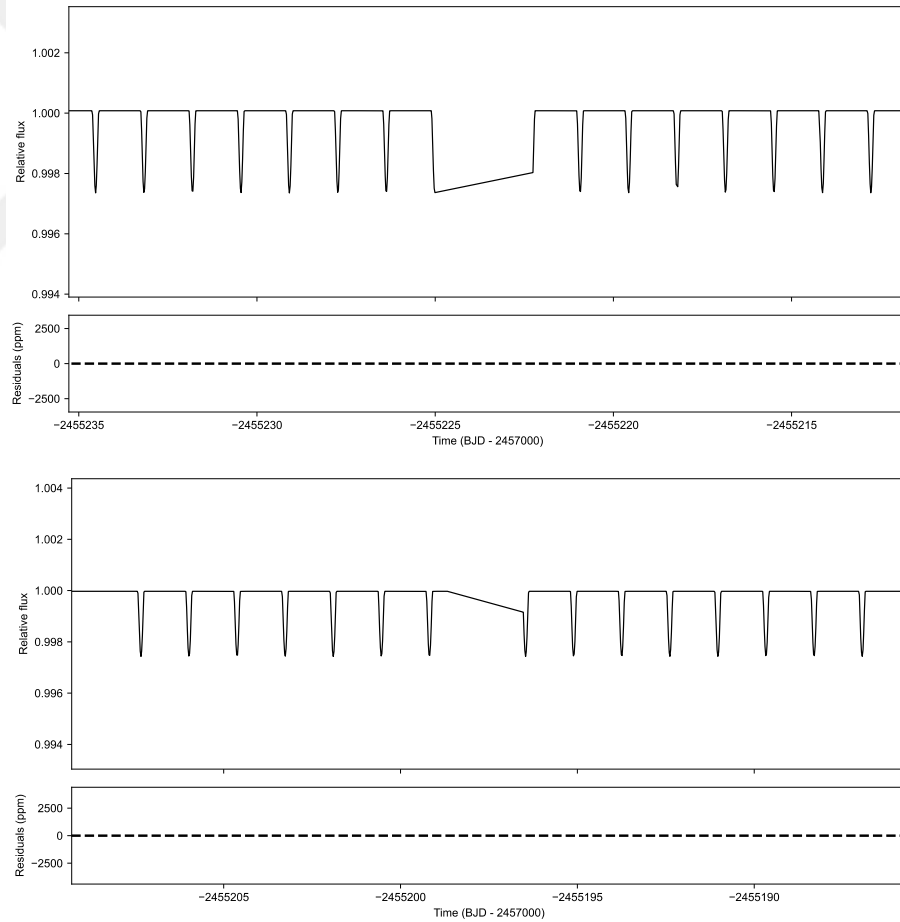


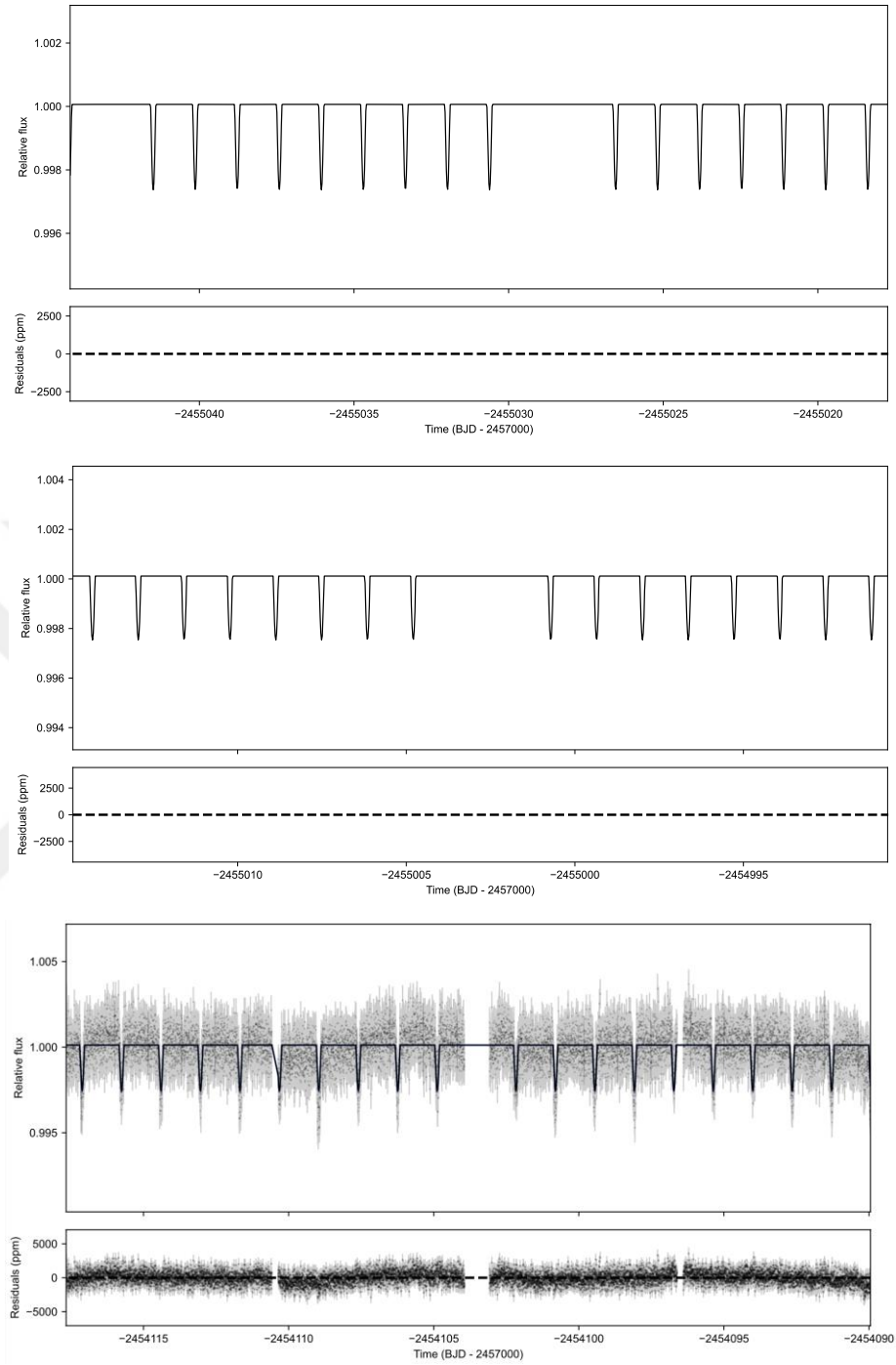
Şekil 29. TOI-1425 sisteminin EXOTIC tarafından oluşturulmuş ışıık eğrileri ve modelleri

TESS aday ötegezegenleri içerisinde bulunan TOI-1425' ait NASA exoplanet archive'de bulunan bilgilerde yaklaşık 1.359 gün periyotlu ve yarıçapı $1.128 R_j$ olan bir ötegezegen olduğu düşünülmektedir fakat TUG T100 teleskobu ile yaptığımız gözlemlerde herhangi bir minimuma rastlanamamıştır.

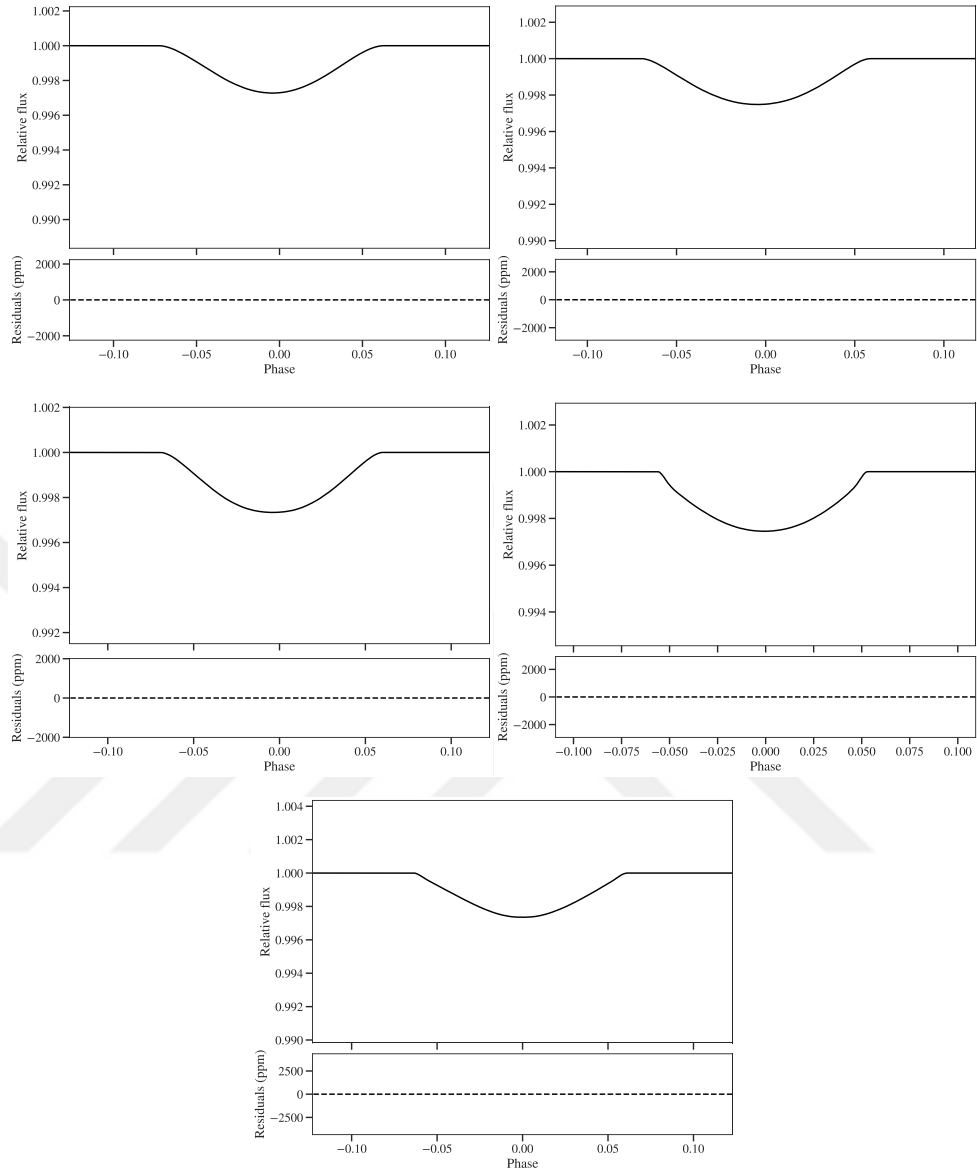
3.2.3. TOI-1568 Sisteminin Işık Eğrileri ve Analiz Sonuçları

TOI-1568 sistemine ait sektör-17, sektör-18, sektör-24, sektör-25 ve sektör-58 sektörlerinden alınan TESS ışık eğrilerinin juliet ile oluşturulmuş ışık eğrileri modelleri ile Şekil 30 ve Şekil 31'de gösterilmiştir. TOI-2046 sistemine ait TESS gözlemlerinden sektör 18, sektör 19, sektör 24 ve sektör 25 için 1800 saniye poz süreli, sektör 58 için 200 saniye poz süreli ışık eğrileri kullanılmıştır.





Şekil 30. TOI-1568 sistemine ait juliet tarafından elde edilen çözüm ışık eğrileri. Birinci panelde sektör-17, ikinci panelde sektör-18, 3. panelde sektör-24, 4. panelde sektör-57 ve 5. panelde sektör-58'e ait ışık eğrileri ve çözümleri gösterilmiştir.



Şekil 31. TOI-1568 sistemine ait juliet tarafından elde edilen birleştirilmiş ışık eğrileri. Sol üst panelde sektör-17, sağ üst panelde sektör-18, sol orta panelde sektör-24, sağ orta panelde sektör-57 ve alt panelde sektör-58'3 ait ışık eğrileri ve çözümleri gösterilmiştir.

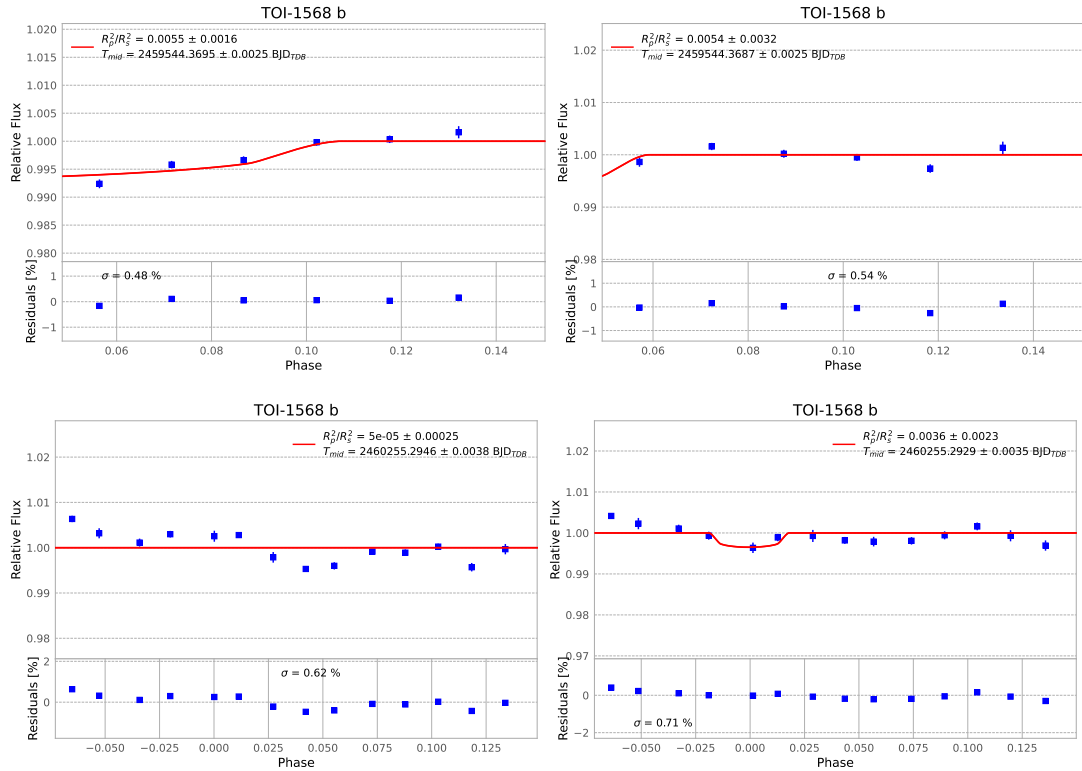
TOI-1568 sistemine ait TESS ışık eğrileri ile Juliet tarafından elde edilen analiz sonuçları Tablo 19'da gösterilmiştir.

Tablo 19. TOI-1568 sisteminin TESS ışıık eğrileri analiz sonuçları

<i>Parametreler</i>	<i>Birim</i>	<i>Analiz sonuçları</i>
<i>P</i>	Gün	$1.35944621 \pm 0.00011406$
<i>T₀</i>	Gün	$2458765.476 \pm 0.00747985$
<i>a/R_y</i>	-	1.736 ± 0.308
<i>R_g/R_y</i>	-	0.766 ± 0.058
<i>b</i>	-	0.649 ± 0.087
<i>i</i>	derece	61.267 ± 13.84
<i>w</i>	derece	58.833 ± 20.518
<i>e</i>	-	0.258 ± 0.133

Tablo 19’te gösterilen *P* ötegezegenin periodunu, *T₀* Transit Geçiş Zamanı, *a/R_y* yarı büyük eksen uzunluğunun yıldız çapına oranını, *R_g/R_y* gezegen çapının yıldız çapına oranını, *b* etki parametresini, *i* eğim açısını, *ω* periaston açısını ve *e* dış merkezliliğini ifade etmektedir.

TOI-1568 sisteminin ait TUG T100 teleskobu ile 25.11.2021 ve 06.11.2023 tarihlerinde yapılan V ve R filtrelerinde yapılmış gözlemlerine ait EXOTIC ile elde edilen ışıık eğrileri ve modelleri Şekil 32’ de verilmiştir.



Şekil 32. TOI-1568 sisteminin EXOTIC tarafından oluşturulmuş ışıık eğrileri ve modelleri

TESS aday ötegezegenleri içerisinde bulunan TOI-1425' ait NASA exoplanet archive'de bulunan bilgilerde yaklaşık 1.03 gün periyotlu ve yarıçapı $0.924 R_j$ olan bir ötegezegen olduğu düşünülmektedir fakat TUG T100 teleskobu ile yaptığımız gözlemlerde herhangi bir minimuma rastlanamamıştır.



4. BÖLÜM

TARTIŞMA-SONUÇ ve ÖNERİLER

4.1. Tartışma-Sonuç ve Öneriler

Bu tez çalışmasında KELT-16, Wasp-33, Tres-3, Wasp-114 ötegezegen sistemleri ve onaylanmamış sistemler TOI-1425, TOI-1568, TOI-2046 sistemlerinin TESS ışık eğrileri ve TUG T100 teleskopları ile yapılan gözlemlere ait ışık eğrileri analiz edilerek sistemlere ait parametreler elde edilmiştir.

Tez çalışması kapsamında TESS ışık eğrileri JULIET programı ile TUG T100 teleskobu ile yapılan gözlemler EXOTIC programı ile analiz edilmiştir. TESS ışık eğrileri analizleri ve TUG T100 gözlemlerinin analizleri filtre farklılıkları dolayısıyla farklı programlarla gerçekleştirilmiştir. Analizi yapılan TESS ışık eğriler JULIET programında TESS filtresi seçilerek, TUG T100 gözlemlerinin analizi EXOTIC programı ile V ve R filtrelerinde yapılmıştır.

Tez çalışmasının esas amaçlarından birisi TESS tarafından aday ötegezegen olarak belirlenen ötegezegenlerin yer tabanlı gözlemlerle desteklenerek onaylanmış ötegezegen olarak kabul edilmesini sağlamak olduğu için ışık eğrisi çözümlerinde sadece geçiş gözlemleri analiz edilmiştir.

Onaylanmış ötegezegen sistemleri olan KELT-16, Wasp-33, Tres-3, Wasp-114 sistemleri JULIET ve EXOTIC programları ile analiz edilerek literatüre uygun çözümler elde edilmiştir. Onaylanmış ötegezegen sistemlerinin elde edilen parametreleriyle literatür değerleri karşılaştırılması Tablo 20’te gösterilmiştir.

Tablo 20. Onaylanmış Ötegezegen Sistemlerinin Parametrelerinin Literatürle Karşılaştırılması

	Oransal yarı büyük eksen uzunluğu (a/R_y)	Oransal yarıçap (R_p/R_y)	Geçiş süresi	Gezegenin Yarıçapı (R_p)	Etki Parametresi (b)	Eksen Eğikliği (i)	Yarı büyük eksen uzunluğu (a)
KELT-16 b	Bu Çalışma	2.858 ± 0.84	0.109 ± 0.0031	1.528 ± 0.02	0.311 ± 0.109	82.71 ± 3.569	
	Oberst vd. (2017)	3.23 ± 0.12	-	1.415	0.32 ± 0.12	84.4 ± 3.0	
	Maciejewski vd. (2018a)	3.238 ± 0.084	-	-	-	84.5 ± 2.0	
	L. Mancini (2022)	-	0.10814 ± 0.00087	-	-	89.72 ± 0.25	
WASP-33 b	Bu Çalışma	3.506 ± 0.368	0.1050 ± 0.011	1.610 ± 0.022	0.364 ± 0.07	84.032 ± 4.336	
	Collier Cameron vd. (2010)	3.7879 ± 0.0836	0.1066 ± 0.0009	1.497 ± 0.045	0.155 ± 0.100	87.67 ± 1.81	0.02555 ± 0.00017
	Turner vd. (2016)	-	0.1143 ± 0.0002	1.679 ± 0.019	-	86.2 ± 0.2	0.0259 ± 0.0005
	Stassun vd (2017)	3.81 ± 0.11	-	1.60 ± 0.06	-	87.67 ± 1.81	-
TRES-3 b	Chakrabarty & Sengupta (2019)	3.571 ± 0.010	0.118 ± 0.012	1.593 ± 0.074	0.210 ± 0.002	86.63 ± 0.03	0.02390 ± 0.00063
	Bu Çalışma	6.254 ± 0.232	0.148 ± 0.0597	1.225 ± 0.198	0.674 ± 0.044	83.812 ± 5.587	
	O'Donovan vd. (2007)	6.06 ± 0.10	0.1660 ± 0.0024	1.295 ± 0.081	0.8277 ± 0.0097	82.15 ± 0.21	0.0226 ± 0.0013
	Sozzetti vd (2009)	5.926 ± 0.056	0.1655 ± 0.0020	1.336 ± 0.031	0.840 ± 0.010	81.85 ± 0.16	0.02282 ± 0.00023
WASP-114 b	Southworth (2010)	6.0024 ± 0.0545	-	1.305 ± 0.028	-	82.07 ± 0.17	0.02283 ± 0.00017
	Christiansen vd (2011)	6.0096 ± 0.8397	0.1661 ± 0.0343	1.320 ± 0.057	-	81.99 ± 0.30	-
	Southworth 2011	5.9453 ± 0.0499	-	1.310 ± 0.020	-	81.93 ± 0.13	0.02276 ± 0.00016
	Vaňko vd (2013)	5.896 ± 0.082	0.1669 ± 0.0027	-	-	81.76 ± 0.14	0.02282 ± 0.00023
WASP-114 b	Bonomo vd (2017)	-	-	1.336 ± 0.031	-	81.85 ± 0.16	0.02284 ± 0.00024
	Bu Çalışma	2.870 ± 2.862	0.118 ± 0.126	1.695 ± 0.16	0.796 ± 0.29	79.812 ± 5.238	$0.0191 \pm 5.08953E-05$
	Barros vd (2016)	-	-	1.339 ± 0.064	0.457 ± 0.052	83.96 ± 0.90	0.02851 ± 0.00039

Bu çözüm methodu ile literatürde herhangi bir parametresi olmayan aday sistemler TOI-1425, TOI-1568, TOI-2046 sistemlerinin analiz sonuçlarının da doğru bir şekilde hesaplanabileceği görülmüştür.

Tez çalışması kapsamında seçilen ve gözlemlerine başlanan aday ötegezegenlerden TOI-2046 sisteminin tez çalışması sırasında Kabath vd. (2022) tarafından bir çalışması yapılmıştır. Elde ettiğimiz sonuçlar bu çalışma ile uyumluluk göstermektedir.

Seçilmiş olan diğer aday ötegezegenler TOI-1425, TOI-1568 sistemlerinin analizleri sonucunda yer tabanlı gözlemlerinden elde edilen ışıık eğrilerinde herhangi bir minimuma rastlanamamış ve false positive (ötegezegen bulundurma ihtimali düşük) sistem olarak nitelendirilmesi gerektiği anlaşılmıştır.

KAYNAKÇA

1. Agol, E., Steffen, J., Sari, R., Clarkson, W., 2005. On detecting terrestrial planets with timing of giant planet transits. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society** **359**, 567–579.
2. Barros, S.C.C., Brown, D.J.A., vd, 2016a. WASP-113b and WASP- 114b, two inflated hot Jupiters with contrasting densities. **Astronomy and Astro- physics** **593**, A113. 1607.02341.
3. Barros, S.C.C., Demangeon, O., Deleuil, M., 2016b. New planetary and eclipsing bi- nary candidates from campaigns 1-6 of the K2 mission. **Astronomy and Astrophysics** **594**, A100. 1607.02339.
4. Beaulieu, J.P., Bennett, D.P., Fouque´, vd, 2006. Discovery of a cool planet of 5.5 Earth masses through gravitational mi- crolensing. **Nature** **439**, 437–440. astro-ph/0601563.
5. Bonomo, A.S., Desidera, S., Benatti, vd, G., 2017. The GAPS Programme with HARPS-N at TNG . XIV. Investigating giant planet migration history via improved eccentricity and mass determination for 231 transiting planets. **Astronomy and Astrophysics** **602**, A107. 1704.00373.
6. Brown, T.M., 2003. Expected Detection and False Alarm Rates for Transiting Jovian Planets. **The Astrophysical Journal Letters** **593**, L125–L128. astro-ph/0307256.
7. Butler, R.P., Marcy, G.W., 1996. A Planet Orbiting 47 Ursae Majoris. **The Astrophys- ical Journal** **464**, L153.
8. Cameron, A., Guenther, E., Matthews, vd, MOST Science Team, 2011. Stellar Pulsations Excited by Planetary Tides in WASP-33, in: AAS/Division for Extreme Solar Systems Abstracts, p. 10.01.
9. Campbell, B., Walker, G.A.H., Yang, S., 1988. A Search for Substellar Companions to Solar-type Stars. **The Astrophysical Journal** **331**, 902.
10. Chakrabarty, A., Sengupta, S., 2019. Precise Photometric Transit Follow-up Observa- tions of Five Close-in Exoplanets: Update on Their Physical Properties. **The Astro- physical Journal** **158**, 39. 1905.11258.
11. Charbonneau, D., Brown, T.M., Latham, D.W., Mayor, M., 2000. Detection of Plan- etary Transits Across a Sun-like Star. **The Astrophysical Journal Letters** **529**, L45– L48. astro-ph/9911436.

12. Chauvin, G., Lagrange, A.M., Dumas, C., Zuckerman, B., Mouillet, D., Song, I., Beuzit, J.L., Lowrance, P., 2004. A giant planet candidate near a young brown dwarf. Direct VLT/NACO observations using IR wavefront sensing. *Astronomy and Astrophysics* 425, L29–L32. astro-ph/0409323.
13. Christian, D.J., Pollacco, D.L., Skillen, I., vd., 2006. The SuperWASP wide-field exoplanetary transit survey: candidates from fields 23 h ; RA ; 03 h. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society** 372, 1117–1128.
14. Christiansen, J.L., Ballard, S., Charbonneau, D., vd., 2011. System Parameters, Transit Times, and Secondary Eclipse Constraints of the Exoplanet Systems HAT-P-4, TrES-2, TrES-3, and WASP-3 from the NASA EPOXI Mission of Opportunity. **The Astrophysical Journal** 726, 94. 1011.2229.
15. Collier Cameron, A., Guenther, E., Smalley, vd., 2010. Line-profile tomography of exoplanet transits - II. A gas- giant planet transiting a rapidly rotating A5 star. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society** 407, 507–514. 1004.4551.
16. Deming, D., Fraine, J.D., Sada, P.V., vd., 2012. Infrared Eclipses of the Strongly Irradiated Planet WASP-33b, and Oscillations of Its Host Star. **The Astrophysical Journal** 754, 106. 1206.0774.
17. Duquennoy, A., Mayor, M., 1991. Multiplicity among Solar Type Stars in the Solar Neighbourhood - Part Two - Distribution of the Orbital Elements in an Unbiased Sample. **Astronomy and Astrophysics** 248, 485.
18. Fressin, F., Guillot, T., Nesta, L., 2009. Interpreting the yield of transit surveys: are there groups in the known transiting planets population? **Astronomy and Astrophysics** 504, 605–615. 0901.3083.
19. Giménez, A., 2006. Equations for the Analysis of the Rossiter-McLaughlin Effect in Extrasolar Planetary Transits. **The Astrophysical Journal** 650, 408–413.
20. Gimenez, A., Garcia-Pelayo, J.M., 1983. A New Method for the Analysis of Apical Motions in Eclipsing Binaries. **Astrophysics and Space Science** 92, 203–222.
21. Günther, M.N., Queloz, D., Gillen, vd., 2017. Centroid vetting of transiting planet candidates from the Next Generation Transit Survey. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society** 472, 295–307. 1707.07978.

22. Henry, G.W., Marcy, G.W., Butler, R.P., Vogt, S.S., 2000. A Transiting “51 Peg-like” Planet. **The Astrophysical Journal Letters** **529**, L41–L44.
23. Herrero, E., Morales, J.C., Ribas, I., Naves, R., 2011. WASP-33: the first δ Scuti exoplanet host star. **Astronomy and Astrophysics** **526**, L10. 1010.1173.
24. Ivshina, E.S., Winn, J.N., 2022. TESS Transit Timing of Hundreds of Hot Jupiters. **The Astrophysical Journal Supplement Series** **259**, 62. 2202.03401.
25. Johnson, M.C., Cochran, W.D., Collier Cameron, A., Bayliss, D., 2015. Measurement of the Nodal Precession of WASP-33 b via Doppler Tomography. **The Astrophysical Journal Letters** **810**, L23. 1508.02398.
26. Kreidberg, L., 2015. batman: BAsic Transit Model cAlculationN in Python. **Publications of the Astronomical Society of the Pacific** **127**, 1161. 1507.08285.
27. Latham, D.W., Mazeh, T., Stefanik, R.P., Mayor, M., Burki, G., 1989. The unseen companion of HD114762: a probable brown dwarf. **Nature** **339**, 38–40.
28. Lightkurve Collaboration, Cardoso, J.V.d.M., Hedges, C., Gully-Santiago, M., Saunders, N., vd., 2018. Lightkurve: Kepler and TESS time series analysis in Python. **Astrophysics Source Code Library**, record ascl:1812.013.
29. Lissauer, J.J., Marcy, G.W., Rowe, J.F., vd., 2012. Almost All of Kepler’s Multiple-planet Candidates Are Planets. **The Astrophysical Journal** **750**, 112. 1201.5424.
30. Maciejewski, G., Fernández, M., Aceituno, F., vd., 2018. Planet-Star Interactions with Precise Transit Timing. I. The Refined Orbital Decay Rate for WASP-12 b and Initial Constraints for HAT-P-23 b, KELT-1 b, KELT-16 b, WASP-33 b and WASP-103 b. **Acta Astronomica** **68**, 371–401. 1812.02438.
31. Mancini, L., Southworth, J., Naponiello, L., vd., 2022. The ultra-hot-Jupiter KELT-16 b: dynamical evolution and atmospheric properties. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society** **509**, 1447–1464. 2105.00889.
32. Marcy, G.W., Benitz, K.J., 1989. A Search for Substellar Companions to Low-Mass Stars. **The Astrophysical Journal** **344**, 441.
33. Marcy, G.W., Butler, R.P., 1996. A Planetary Companion to 70 Virginis. **The Astrophysical Journal Letters** **464**, L147.
34. Mayor, M., Queloz, D., 1995. A Jupiter-mass companion to a solar-type star. **Nature** **378**, 355–359.

35. Moya, A., Bouy, H., Marchis, F., Vicente, B., Barrado, D., 2011. High spatial resolution imaging of the star with a transiting planet WASP-33. **The Astrophysical Journal** **535**, A110. 1110.3160.
36. Nesvorný, D., Kipping, D., Terrell, D., 2014. Detection and Characterization of Non-Transiting Planets from Transit Timing Variations, in: AAS/Division for Planetary Sciences Meeting Abstracts #46, p. 201.04.
37. Oberst, T.E., Rodríguez, J.E., Colón, K.D., vd., 2017. KELT-16b: A Highly Irradiated, Ultra-short Period Hot Jupiter Nearing Tidal Disruption. **The Astrophysical Journal** **153**, 97. 1608.00618.
38. O'Donovan, F.T., Charbonneau, D., Bakos, G.A., vd., 2007. TrES-3: A Nearby, Massive, Transiting Hot Jupiter in a 31 Hour Orbit. **The Astrophysical Journal Letters** **663**, L37–L40. 0705.2004.
39. Paczyński, B., 1986. Gravitational Microlensing by the Galactic Halo. **The Astrophysical Journal** **304**, 1.
40. Patra, K.C., Winn, J.N., Holman, M.J., vd., 2020. The Continuing Search for Evidence of Tidal Orbital Decay of Hot Jupiters. **The Astrophysical Journal** **159**, 150. 2002.02606.
41. Perryman, M.A.C., 2000. Extra-solar planets. Reports on Progress in Physics 63, 1209–1272. astro-ph/0005602.
42. Pourbaix, D., Jorissen, A., 2000. Re-processing the Hipparcos Transit Data and Intermediate Astrometric Data of spectroscopic binaries. I. Ba, CH and Tc- poor S stars. **Astronomy and Astrophysics Supplement Series** **145**, 161–183. astro-ph/0006175.
43. Santos, N.C., 2008. Extra-solar planets: Detection methods and results. New Astronomy Reviews 52, 154–166.
44. Seager, S., Maller, G., 2003. A Unique Solution of Planet and Star Parameters from an Extrasolar Planet Transit Light Curve. **The Astrophysical Journal** **585**, 1038–1055. astro-ph/0206228.
45. Southworth, J., 2010. Homogeneous studies of transiting extrasolar planets - III. Additional planets and stellar models. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society** **408**, 1689–1713. 1006.4443.

46. Sozzetti, A., 2005. Astrometric Methods and Instrumentation to Identify and Characterize Extrasolar Planets: A Review. **Publications of the Astronomical Society of the Pacific** **117**, 1021–1048. astro-ph/0507115.
47. Sozzetti, A., Torres, G., Charbonneau, D., vd., 2009. A New Spectroscopic and Photometric Analysis of the Transiting Planet Systems TrES-3 and TrES-4. **The Astrophysical Journal** **691**, 1145–1158. 0809.4589.
48. Stassun, K.G., Collins, K.A., Gaudi, B.S., 2017. Accurate Empirical Radii and Masses of Planets and Their Host Stars with Gaia Parallaxes. **The Astrophysical Journal** **153**, 136. 1609.04389.
49. Steffen, J.H., Agol, E., 2005. An analysis of the transit times of TrES-1b. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society** **364**, L96–L100. astro-ph/0509656.
50. Sumi, T., Kamiya, K., Bennett, D.P., vd., Microlensing Observations in Astrophysics (MOA) Collaboration, 2011. Unbound or distant planetary mass population detected by gravitational microlensing. **Nature** **473**, 349–352. 1105.3544.
51. Turner, J.D., Pearson, K.A., Biddle, L.I., vd., 2016. Ground-based near-UV observations of 15 transiting exoplanets: constraints on their atmospheres and no evidence for asymmetrical transits. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society** **459**, 789–819. 1603.02587.
52. Van ěko, M., Maciejewski, G., Jakub ěk, M., vd., 2013. Photometric follow-up of the transiting planetary system TrES-3: transit timing variation and long-term stability of the system. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society** **432**, 944–953. 1303.4535.
53. von Essen, C., Mallonn, M., Albrecht, S., vd., 2015. A temperature inversion in WASP-33b? Large Binocular Telescope occultation data confirm significant thermal flux at short wavelengths. **Astronomy and Astrophysics** **584**, A75. 1507.05963.
54. WEB_1. (2024). Exoplanet Archive. exoplanetarchive.ipac.caltech.edu (18.12.2023)
55. Winn, J.N., 2010. Exoplanet Transits and Occultations, in: Seager, S. (Ed.), *Exoplanets*, pp. 55–77.

56. Winn, J.N., Holman, M.J., Shporer, A., vd., 2008. The Transit Light Curve Project. VIII. Six Occultations of the Exoplanet TrES-3. **The Astronomical Journal** **136**, 267–271. 0804.2479.
57. Wolszczan, A., 2012. Discovery of pulsar planets. *New Astronomy Reviews* **56**, 2–8.
58. Wolszczan, A., Frail, D.A., 1992. A planetary system around the millisecond pulsar PSR1257 + 12. *Nature* **355**, 145–147.
59. Wong, I., Kitzmann, D., Shporer, A., vd., 2021. Visible-light Phase Curves from the Second Year of the TESS Primary Mission. **The Astronomical Journal** **162**, 127. 2106.02610.
60. Zellem, R.T., Pearson, K.A., Blaser, E., vd., 2020. Utilizing Small Telescopes Operated by Citi-zen Scientists for Transiting Exoplanet Follow-up. **Publications of the Astronomical Society of the Pacific** **132**, 054401. 2003.09046.

EKLER

EK 1 KELT-16 b Minimum Zamanları

	Çevrim	Minimum Zaman	Minimum Zaman Hatası	Kalite	Referans
1	-1002	2457165.851790	0.000490	1	Oberst et al. (2016)
2	-506	2457646.471180	0.001290	3	Juan Lozano de Haro
3	-478	2457673.604150	0.000600	2	Michael Fleenor
4	-217	2457926.516500	0.001400	3	Manfred Raetz
5	-195	2457947.828740	0.000730	3	Joe Garlitz
6	-192	2457950.736280	0.000610	2	Michael Fleenor
7	-185	2457957.517460	0.001290	3	Lorenzo Barbieri
8	-153	2457988.527130	0.000690	2	Jacques Vallee
9	-151	2457990.465630	0.000530	2	Jean Louis Fayard
10	-149	2457992.404230	0.000790	3	František Lomoz
11	-149	2457992.405010	0.000810	3	František Lomoz
12	-149	2457992.405920	0.000760	2	Marc Bretton
13	-125	2458015.657310	0.000720	3	Cliff Kotnik
14	-116	2458024.379490	0.000420	1	Marc Bretton
15	-84	2458055.384490	0.000770	3	Fran Campos
16	-81	2458058.295860	0.001270	3	JOSEP GAITAN
17	170	2458301.509260	0.000960	3	Yves Jongen
18	172	2458303.449000	0.000820	3	F. Lomoz
19	172	2458303.450720	0.001310	3	Manfred Raetz
20	202	2458332.521380	0.001420	3	F. Lomoz
21	203	2458333.483060	0.000940	3	David Molina
22	204	2458334.461120	0.000920	3	lionel rousselot
23	205	2458335.424690	0.001480	3	Yves Jongen
24	205	2458335.426560	0.001340	3	David Molina
25	236	2458365.465630	0.000950	3	Yves Jongen
26	237	2458366.433200	0.001500	1	Bu çalışma
27	237	2458366.433230	0.000850	3	Yves Jongen
28	238	2458367.403570	0.000380	1	Anael Wunsche
29	269	2458397.439480	0.000920	3	F. Lomoz
30	269	2458397.448080	0.001170	3	F. Lomoz
31	274	2458402.286600	0.000850	3	Veli-Pekka Hentunen
32	558	2458677.481770	0.000620	2	Anael Wunsche
33	559	2458678.446800	0.000760	2	Riccardo Papini
34	559	2458678.449430	0.000790	3	Anaël Wunsche
35	560	2458679.423180	0.000680	2	Luis Tremosa
36	590	2458708.489700	0.000650	2	Yves Jongen
37	591	2458709.457730	0.000580	2	Yves Jongen

38	592	2458710.423980	0.001000	3	Alberto Garcia Sanchez
39	592	2458710.426040	0.000750	3	Pedro Martorell
40	593	2458711.403381	0.003329	1	S15
41	594	2458712.363857	0.001947	1	S15
42	595	2458713.333919	0.001816	1	S15
43	596	2458714.304000	0.001726	1	S15
44	597	2458715.273046	0.001929	1	S15
45	598	2458716.240495	0.001867	1	S15
46	599	2458717.210626	0.001584	1	S15
47	600	2458718.181268	0.001720	1	S15
48	601	2458719.149067	0.001709	1	S15
49	602	2458720.119047	0.001562	1	S15
50	607	2458724.967959	0.002312	1	S15
51	608	2458725.930916	0.001982	1	S15
52	609	2458726.897657	0.001980	1	S15
53	610	2458727.867865	0.001807	1	S15
54	611	2458728.838313	0.001721	1	S15
55	612	2458729.806183	0.001803	1	S15
56	613	2458730.777109	0.001661	1	S15
57	614	2458731.746040	0.001969	1	S15
58	615	2458732.715572	0.001649	1	S15
59	616	2458733.684019	0.002113	1	S15
60	620	2458737.560330	0.001430	3	Manfred Raetz
61	621	2458738.526520	0.000720	3	Pere Guerra
62	621	2458738.528530	0.000910	3	Pau Bosch
63	624	2458741.434600	0.000620	2	Mark Salisbury
64	625	2458742.403020	0.000650	3	Francesco Scaggianti
65	626	2458743.372370	0.000830	2	Anael Wunsche
66	627	2458744.341440	0.000900	3	Yves Jongen
67	911	2459019.540350	0.000890	3	jean plazas
68	912	2459020.505030	0.000590	2	Anaël Wünsche
69	946	2459053.451890	0.001310	3	Arena Claudio
70	976	2459082.522250	0.000630	2	F. Lomoz
71	978	2459084.458330	0.000740	2	Stephane Ferratfiat
72	981	2459087.364750	0.000690	3	Petr Pokorný
73	981	2459087.367100	0.001100	1	Bu çalışma
74	1046	2459150.354560	0.001520	3	JOSEP GAITAN
75	1047	2459151.321650	0.001280	3	Francesco Scaggianti
76	1300	2459396.473110	0.000440	2	Anaël Wünsche
77	1325	2459420.700252	0.001665	1	S41
78	1326	2459421.670948	0.001725	1	S41

79	1327	2459422.637883	0.001322	1	S41
80	1328	2459423.610007	0.001420	1	S41
81	1329	2459424.576675	0.001188	1	S41
82	1330	2459425.548193	0.001680	1	S41
83	1331	2459426.513490	0.000970	3	Samuel Diaz Lopez
84	1332	2459427.483359	0.001639	1	S41
85	1333	2459428.453750	0.001439	1	S41
86	1334	2459429.423506	0.001651	1	S41
87	1335	2459430.388760	0.001432	1	S41
88	1336	2459431.359892	0.001561	1	S41
89	1337	2459432.329852	0.001275	1	S41
90	1339	2459434.265042	0.001292	1	S41
91	1340	2459435.231923	0.001624	1	S41
92	1341	2459436.204678	0.001377	1	S41
93	1342	2459437.171667	0.001483	1	S41
94	1343	2459438.140781	0.001670	1	S41
95	1344	2459439.111345	0.001437	1	S41
96	1345	2459440.080246	0.001431	1	S41
97	1346	2459441.051784	0.001533	1	S41
98	1347	2459442.017371	0.001862	1	S41
99	1348	2459442.990639	0.001485	1	S41
100	1349	2459443.957159	0.001781	1	S41
101	1350	2459444.926307	0.001734	1	S41
102	1351	2459445.892066	0.001366	1	S41
103	1364	2459458.481580	0.001080	3	Blois Sologne Astronomie
104	1365	2459459.457200	0.000870	3	Yves Jongen
105	1366	2459460.423570	0.000940	3	F. Lomoz
106	1685	2459769.535800	0.000480	2	Matthieu BACHSCHMIDT
107	1685	2459769.536230	0.000500	2	Miguel Angel Alava
108	1686	2459770.508310	0.000940	3	Anaël Wünsche
109	1688	2459772.443920	0.000530	2	Anaël Wünsche
110	1689	2459773.407100	0.003300	1	Bu çalışma
111	1689	2459773.414970	0.001370	3	Luis Tremosa Espasa
112	1714	2459797.639555	0.002145	1	S55
113	1715	2459798.605958	0.001626	1	S55
114	1716	2459799.573394	0.001622	1	S55
115	1717	2459800.541901	0.001622	1	S55
116	1718	2459801.509558	0.001553	1	S55
117	1719	2459802.479441	0.001760	1	S55
118	1719	2459802.482690	0.001240	3	F. Lomoz
119	1719	2459802.485960	0.001110	3	Samuel Diaz Lopez

120	1720	2459803.451720	0.000680	3	Gabriel Murawski
121	1720	2459803.452239	0.001460	1	S55
122	1721	2459804.421674	0.001726	1	S55
123	1722	2459805.389373	0.001500	1	S55
124	1726	2459809.264571	0.001931	1	S55
125	1728	2459811.205672	0.001152	1	S55
126	1729	2459812.172697	0.001487	1	S55
127	1730	2459813.139936	0.001418	1	S55
128	1731	2459814.109568	0.001525	1	S55
129	1732	2459815.073946	0.001681	1	S55
130	1733	2459816.045954	0.001493	1	S55
131	1734	2459817.017409	0.001309	1	S55
132	1735	2459817.984907	0.001472	1	S55
133	1736	2459818.955322	0.001393	1	S55
134	1737	2459819.927823	0.001603	1	S55
135	1741	2459823.802796	0.001706	1	S55
136	1752	2459834.456500	0.000850	3	Rene Roy
137	2104	2460175.545080	0.001100	3	Alberto García Sánchez
138	2104	2460175.551380	0.001910	3	Filip Walter
139	2105	2460176.514390	0.001370	3	F. Lomoz
140	2106	2460177.480710	0.001630	3	Martin Tylšar
141	2106	2460177.483170	0.000970	3	Vojtěch Školník
142	2109	2460180.387200	0.001500	3	Martin Tylšar
143	2111	2460182.326680	0.000490	2	Yenal Ogmen

EK 2 WASP-33 b Minimum Zamanları

	Çevri m	Minimum Zaman	Minimum Zaman Hatası	Kalite	Referans
1	0	2454163.223730	0.000260	1	A. Collier Cameron et al.
2	1038	2455429.452850	0.001220	3	Manfred Rätz
3	1040	2455431.890440	0.000600	3	Hose K.
4	1043	2455435.548010	0.000480	2	Hormuth F.
5	1061	2455457.508390	0.000540	2	Scarmato T.
6	1065	2455462.383410	0.001170	3	Uhlaş R.
7	1070	2455468.484700	0.000350	1	Herrero E.
8	1080	2455480.685640	0.000330	2	Dauberman W.
9	1084	2455485.557860	0.000770	3	Naves R.
10	1088	2455490.442300	0.000670	3	Lopresti C.
11	1092	2455495.322240	0.000950	3	Korotkiy S.
12	1093	2455496.544530	0.000690	3	Gajdoš Š.
13	1102	2455507.517550	0.000810	3	Marrero L. A.
14	1106	2455512.402390	0.000930	3	Ruocco N.
15	1112	2455519.715460	0.001180	3	Garlitz I.
16	1119	2455528.261460	0.000820	3	Brát L.
17	1124	2455534.357160	0.001120	3	Husar D.
18	1133	2455545.334510	0.001330	3	Nello Ruocco
19	1142	2455556.314520	0.001010	3	Maurice A.
20	1151	2455567.295720	0.000600	3	Wiedemair Ch.
21	1157	2455574.612460	0.000510	3	Dvorak S.
22	1160	2455578.270850	0.000880	3	Gajdoš Š
23	1165	2455584.376780	0.000840	3	Fafet R.
24	1180	2455602.671540	0.000700	2	Shadic S.
25	1192	2455617.309090	0.000810	3	Hentunen V.
26	1206	2455634.379450	0.001560	3	Hawkins C
27	1343	2455801.509220	0.000970	3	Kouprianov V.V.
28	1363	2455825.908770	0.000570	2	Shadic S.
29	1366	2455829.565660	0.000740	3	Trnka J.
30	1367	2455830.785260	0.000900	3	Shadic S.
31	1370	2455834.448130	0.000760	3	Sergison D.
32	1370	2455834.448770	0.001260	3	Gillier Ch.
33	1371	2455835.665490	0.000730	3	Shadic S.
34	1375	2455840.547920	0.000890	3	Naves R.
35	1389	2455857.621170	0.001290	3	Tremosa L.
36	1395	2455864.944600	0.000680	3	Shadic S.
37	1406	2455878.361270	0.000770	2	Corfini G.
38	1415	2455889.340890	0.000850	3	Naves R.
39	1416	2455890.565670	0.000600	2	Naves R.
40	1421	2455896.660300	0.000400	2	Dax T.
41	1426	2455902.755840	0.000590	2	Joe Garlitz

42	1429	2455906.414470	0.000860	3	Garcia F.
43	1429	2455906.417590	0.000710	3	Trnka J.
44	1433	2455911.297350	0.000520	2	Gaitan J.
45	1437	2455916.178110	0.000290	1	Gorshanov D. L.
46	1438	2455917.395850	0.001100	3	Naves R.
47	1443	2455923.495860	0.000710	3	Lopesino J.
48	1447	2455928.371800	0.000510	2	Lopesino J.
49	1452	2455934.478400	0.001700	3	Tremosa L.
50	1453	2455935.696650	0.000710	3	Shadic S.
51	1456	2455939.353010	0.000380	1	Naves R.
52	1462	2455946.676340	0.000630	3	Shadic S.
53	1480	2455968.633330	0.000590	3	Shadic S.
54	1648	2456173.576410	0.001510	3	Mravik J.
55	1657	2456184.550160	0.000610	2	Trnka J.
56	1684	2456217.478300	0.001170	3	Engin Bahar
57	1697	2456233.342520	0.000990	3	Naves R.
58	1706	2456244.320750	0.001120	3	Ruocco N.
59	1743	2456289.458730	0.000550	2	Garcia F.
60	1752	2456300.434910	0.000560	2	Garcia F.
61	1939	2456528.554980	0.000760	3	Naves R.
62	1948	2456539.527170	0.000520	2	Naves R.
63	1948	2456539.530890	0.000810	3	Lopesino J.
64	1988	2456588.329980	0.000750	3	Marino G.
65	1993	2456594.423580	0.000600	2	Ayiomamitis A.
66	1999	2456601.745180	0.000740	3	Benni P.
67	2004	2456607.842050	0.000790	2	Guvnenen B.
68	2012	2456617.607840	0.000630	3	Shadic S.
69	2025	2456633.463640	0.000520	2	Naves R.
70	2029	2456638.340610	0.000420	3	Salisbury M.
71	2030	2456639.560930	0.000280	1	Benni P.
72	2038	2456649.320200	0.000410	2	Salisbury M.
73	2053	2456667.618930	0.000560	2	Benni P.
74	2053	2456667.618930	0.000560	2	Paul Benni
75	2262	2456922.562970	0.001380	3	Albiréo 78
76	2266	2456927.453650	0.001300	3	Rossi G.
77	2289	2456955.504580	0.000610	2	Salto J. L.
78	2289	2456955.504600	0.000870	3	Bretton M.
79	2325	2456999.423830	0.000400	3	Mark Salisbury
80	2338	2457015.279600	0.000420	1	Marc Bretton
81	2348	2457027.472340	0.000670	1	Centro Astronomico del Alto Turia
82	2553	2457277.556460	0.000370	1	M. Monaci
83	2594	2457327.560660	0.000690	3	Raetz
84	2594	2457327.569730	0.000610	2	Matthieu BACHSCHMIDT

85	2602	2457337.326890	0.000650	2	Marc Bretton
86	2616	2457354.401680	0.000810	3	Christof Wiedemair
87	2634	2457376.356030	0.000760	3	Matthieu BACHSCHMIDT
88	2639	2457382.461760	0.000700	2	Marc Bretton
89	2821	2457604.482340	0.002380	3	Gianluca Rossi
90	2839	2457626.435460	0.000720	2	Vrašćák M
91	2853	2457643.515300	0.000520	2	Manfred Raetz
92	2853	2457643.516480	0.000650	2	Ramon Naves
93	2871	2457665.472240	0.000820	3	Marc DELDEM
94	2917	2457721.586750	0.000940	3	Pierre Le Cam
95	2920	2457725.247940	0.001520	3	Technische Universität Braunschweig
96	2921	2457726.464040	0.000510	2	Manfred Raetz
97	3180	2458042.409600	0.001530	3	Jean PLAZAS
98	3200	2458066.806270	0.000590	2	Adam Campbell and Samuel Beiler
99	3207	2458075.349000	0.001590	3	Ulisse Quadri
100	3216	2458086.328030	0.000710	2	Pere Guerra
101	3235	2458109.502010	0.000590	2	Rafael Benavides
102	3254	2458132.675360	0.001230	3	Robert Majewski
103	3426	2458342.501210	0.001370	3	Gianluca Rossi
104	3494	2458425.453550	0.000850	3	Didier Laloum
105	3516	2458452.286900	0.000590	2	Anael Wunsche
106	3525	2458463.267170	0.000890	3	Francesco Scaggianti
107	3545	2458487.663920	0.001470	3	Gerald Persha
108	3740	2458725.534400	0.001060	3	Yves Jongen
109	3754	2458742.624990	0.001370	3	Yves Jongen
110	3772	2458764.578290	0.000690	3	Yves Jongen
111	3776	2458769.453500	0.000490	2	Giuseppe Marino
112	3790	2458786.534780	0.000530	2	Manfred Raetz
113	3794	2458791.409983	0.000359	1	S18
114	3795	2458792.626668	0.000281	1	S18
115	3796	2458793.852638	0.000233	1	S18
116	3797	2458795.072959	0.000231	1	S18
117	3798	2458796.287333	0.000266	1	S18
118	3799	2458797.513140	0.000255	1	S18
119	3800	2458798.729151	0.000241	1	S18
120	3801	2458799.951583	0.000188	1	S18
121	3804	2458803.610007	0.000215	1	S18
122	3805	2458804.827908	0.000402	1	S18
123	3806	2458806.050663	0.000212	1	S18
124	3807	2458807.272438	0.000225	1	S18
125	3808	2458808.489483	0.000223	1	S18
126	3809	2458809.711626	0.000244	1	S18

127	3810	2458810.930459	0.000253	1	S18
128	3811	2458812.151709	0.000268	1	S18
129	3812	2458813.373540	0.001130	3	Snaevarr Gudmundsson
130	3839	2458846.309710	0.000360	1	Manfred Raetz
131	3844	2458852.408730	0.000950	3	Yves Jongen
132	3853	2458863.389690	0.000870	3	Francesco Scaggianti
133	3862	2458874.365560	0.000650	3	Pavel Pintr
134	3871	2458885.341840	0.000780	2	Mario Morales
135	4045	2459097.604330	0.000490	3	JuanJo Salamero
136	4095	2459158.592300	0.000640	2	Manfred Raetz
137	4140	2459213.487870	0.000650	2	Snaevarr Gudmundsson
138	4400	2459530.655810	0.002270	3	Robert Majewski
139	4636	2459818.547220	0.000720	3	Vojtěch Školník
140	4636	2459818.547360	0.000730	3	Vojtěch Školník
141	4658	2459845.383820	0.001030	3	Yves Jongen
142	4672	2459862.460040	0.001310	3	Stéphane Montchaud
143	4689	2459883.203625	0.000213	1	S58
144	4690	2459884.418708	0.000265	1	S58
145	4691	2459885.637846	0.000203	1	S58
146	4692	2459886.857369	0.000241	1	S58
147	4694	2459889.298270	0.000195	1	S58
148	4695	2459890.517947	0.000192	1	S58
149	4696	2459891.737699	0.000160	1	S58
150	4697	2459892.955643	0.000281	1	S58
151	4698	2459894.176560	0.000230	1	S58
152	4699	2459895.397129	0.000255	1	S58
153	4701	2459897.840387	0.000148	1	S58
154	4702	2459899.056174	0.000223	1	S58
155	4703	2459900.274762	0.000215	1	S58
156	4704	2459901.498679	0.000214	1	S58
157	4705	2459902.719510	0.000175	1	S58
158	4706	2459903.938183	0.000173	1	S58
159	4707	2459905.158464	0.000186	1	S58
160	4708	2459906.375169	0.000174	1	S58
161	4709	2459907.593454	0.000213	1	S58
162	4710	2459908.818008	0.000206	1	S58
163	4767	2459978.351060	0.001380	3	Davide Pica
164	4950	2460201.582300	0.000610	1	Miguel Angel Alava
165	5004	2460267.455920	0.000650	2	Yves Jongen

EK 3 TRES-3 b Minimum Zamanları

	Çevrim	Minimum Zaman	Minimum Zaman Hatası	Kalite	Referans
1	-270	2454185.911171	0.000198	1	Sozzetti et al 2009
2	-260	2454198.973888	0.000223	1	Sozzetti et al 2009
3	-248	2454214.647039	0.000280	1	Sozzetti et al 2009
4	-247	2454215.952821	0.000214	1	Sozzetti et al 2009
5	-229	2454239.462401	0.000470	2	Fabjan T. et al.
6	-13	2454521.598450	0.001310	3	Brát L.
7	-3	2454534.663170	0.000170	1	RISE telescope
8	-2	2454535.968986	0.000166	1	Sozzetti et al 2009
9	11	2454552.949711	0.000147	1	Sozzetti et al 2009
10	24	2454569.929829	0.000153	1	Sozzetti et al 2009
11	43	2454594.746683	0.000253	1	Sozzetti et al 2009
12	59	2454615.646270	0.000170	1	RISE telescope
13	68	2454627.403341	0.001500	3	Srdoc
14	72	2454632.626871	0.000110	1	RISE telescope
15	78	2454640.464541	0.000900	3	Naves
16	79	2454641.769741	0.000800	3	Foote
17	85	2454649.607081	0.000130	1	RISE telescope
18	86	2454650.912741	0.000800	2	Moon
19	88	2454653.525441	0.001800	3	Mendez
20	88	2454653.525781	0.000370	1	RISE telescope
21	95	2454662.669701	0.000340	1	RISE telescope
22	101	2454670.497941	0.001200	3	Naves
23	101	2454670.507041	0.000330	1	RISE telescope
24	104	2454674.424971	0.000520	1	RISE telescope
25	111	2454683.568081	0.000180	1	RISE telescope
26	114	2454687.488541	0.001600	3	Mendez
27	294	2454922.599485	0.000790	3	Brát L.
28	294	2454922.600265	0.000540	2	Trnka J.
29	297	2454926.518825	0.000750	3	Přibík V.
30	306	2454938.274125	0.000380	1	Cao Ch.
31	310	2454943.499855	0.001200	3	Wardak
32	311	2454944.805575	0.001360	3	Tieman B.
33	311	2454944.806155	0.001300	3	Dvorak
34	313	2454947.416365	0.000710	2	Trnka J.
35	313	2454947.416965	0.000890	3	Fabjan T.
36	313	2454947.417435	0.001580	3	Marek P.
37	313	2454947.417495	0.000780	3	Brát L.
38	319	2454955.255045	0.000630	2	Cao Ch.
39	333	2454973.541655	0.000800	2	Gregorio
40	336	2454977.460565	0.000890	3	Brát L.
41	336	2454977.460655	0.001000	2	Gregorio
42	336	2454977.460665	0.000290	1	Gajdoš Š.
43	336	2454977.461085	0.000670	3	Trnka J.
44	340	2454982.683955	0.000700	2	Norby

45	349	2454994.439955	0.000700	2	Naves
46	363	2455012.726156	0.000500	2	Norby
47	372	2455024.488056	0.001000	3	Srdoc
48	372	2455024.488956	0.000900	2	Naves
49	385	2455041.463856	0.001000	3	Naves
50	385	2455041.464216	0.001120	3	Benishek V.
51	388	2455045.382336	0.000620	3	Hynek T.
52	389	2455046.689446	0.001000	3	Tieman B.
53	389	2455046.689976	0.000580	2	Vander Haagen G.
54	411	2455075.422317	0.000600	2	Gajdoš Š.
55	428	2455097.629507	0.001080	3	Shadick S.
56	578	2455293.556860	0.000600	3	Dangl G.
57	579	2455294.864590	0.000380	1	Jae Woo Lee et al. 2010
58	591	2455310.538160	0.000680	3	Trnka J.
59	591	2455310.538200	0.000670	3	Brát L.
60	595	2455315.762000	0.000610	2	Westall K.
61	598	2455319.681441	0.000370	2	Vanhuyse M.
62	604	2455327.516651	0.000540	3	Saral G.
63	628	2455358.867121	0.000180	1	Jae Woo Lee et al. 2010
64	631	2455362.786151	0.000450	2	Garlitz I.
65	633	2455365.396041	0.000700	3	Saral G.
66	654	2455392.827442	0.000420	2	Ken Hose
67	695	2455446.381413	0.000370	1	Scarmato T.
68	709	2455464.668413	0.000590	2	Shadick S.
69	834	2455627.941186	0.000450	2	Shadic S.
70	837	2455631.858356	0.000270	1	Tanya Dax
71	847	2455644.919696	0.000930	3	Shadic S.
72	862	2455664.514336	0.000650	3	Jánov R.
73	876	2455682.800477	0.000320	1	Garlitz J.
74	886	2455695.862017	0.000600	2	Shadic S.
75	891	2455702.393577	0.000650	3	Ayiomamitis A.
76	924	2455745.497958	0.000430	2	Gillier Ch.
77	940	2455766.396618	0.001180	3	Ruocco N.
78	993	2455835.626249	0.000460	2	Shadic S.
79	1005	2455851.298649	0.000450	1	Sauer T.
80	1127	2456010.653301	0.000340	1	Horta F. G.
81	1130	2456014.571691	0.000520	2	Horta F. G.
82	1130	2456014.572581	0.000440	1	Martineli F.
83	1159	2456052.453452	0.000730	3	Lomoz F.
84	1169	2456065.513042	0.000430	2	Polák J.
85	1173	2456070.738332	0.000840	3	Carroll J. G.
86	1209	2456117.761624	0.000310	1	Hutcheson M.
87	1218	2456129.516004	0.000330	1	Marino G.
88	1218	2456129.516674	0.000600	3	Arena C.
89	1219	2456130.823134	0.000640	2	Curry S.
90	1221	2456133.433114	0.000610	2	Romanyuk Y.

91	1221	2456133.434854	0.001040	3	Emering F.
92	1222	2456134.741054	0.000620	2	L. Shannon
93	1245	2456164.783844	0.000510	2	Connall J.
94	1260	2456184.373704	0.000790	3	Flechsigg G.
95	1415	2456386.834895	0.000610	3	Kehusmaa P.
96	1427	2456402.509925	0.000470	2	Romanyuk Y.
97	1427	2456402.510435	0.000680	2	Horta F. G.
98	1438	2456416.877085	0.000310	1	Shadic S.
99	1441	2456420.796115	0.000620	3	Shadic S.
100	1443	2456423.408565	0.000710	2	Carreñ
101	1464	2456450.837804	0.000660	2	Shadic S.
102	1464	2456450.838564	0.000470	2	Kehusmaa P.
103	1479	2456470.430404	0.000520	2	Marino G.
104	1489	2456483.492974	0.000390	1	Salisbury M.
105	1489	2456483.496254	0.000620	2	Naves R.
106	1515	2456517.455024	0.000570	2	Marino G.
107	1518	2456521.371814	0.000300	1	Marino G.
108	1518	2456521.372074	0.000390	2	Scaggiante F.
109	1531	2456538.352504	0.000840	3	Mollica M.
110	1532	2456539.658284	0.000470	2	Benni P.
111	1541	2456551.412894	0.000500	2	Garcia F.
112	1554	2456568.393454	0.000500	2	Pagel L.
113	1570	2456589.294274	0.000330	1	Salisbury M.
114	1685	2456739.506593	0.000580	2	Kleschonok V.
115	1725	2456791.751252	0.000910	3	Shadic S.
116	1728	2456795.671452	0.000760	3	Benni P.
117	1734	2456803.508122	0.000510	2	Zibar M.
118	1773	2456854.452751	0.000460	2	Gonzalez J.
119	1838	2456939.349960	0.000490	1	Bretton M.
120	1950	2457085.644848	0.000850	2	David Molina Alonso
121	1980	2457124.828627	0.000570	2	Drew Nikirk
122	1980	2457124.829207	0.000610	3	Tatiana Kopchuk
123	1980	2457124.829897	0.000590	3	Matt B
124	1980	2457124.830997	0.000730	2	Kirsti Long
125	1980	2457124.831517	0.000450	2	Sara Wisk
126	2002	2457153.566777	0.000420	1	Marc DELDEM
127	2008	2457161.401377	0.000460	2	Marc Bretton
128	2008	2457161.401697	0.000750	3	Francesco Scaggiante
129	2016	2457171.853566	0.000410	2	Stan Shadick and Ashley Stock
130	2031	2457191.446516	0.000460	1	Faustino Garcia
131	2041	2457204.509407	0.000860	3	David Molina
132	2042	2457205.813447	0.000230	1	Oleg Mazurenko
133	2044	2457208.426267	0.000690	2	Marc Bretton
134	2044	2457208.429097	0.000280	1	Marc Bretton
135	2051	2457217.570577	0.000490	2	Marc Bretton
136	2052	2457218.874897	0.000540	2	Duane Lee

137	2055	2457222.793577	0.000320	1	Oleg Mazurenko
138	2074	2457247.611346	0.000570	3	Dennis Conti
139	2093	2457272.429326	0.000240	1	Marc Bretton
140	2093	2457272.429506	0.000400	1	Mark Salisbury
141	2135	2457327.289705	0.000270	1	Marc Bretton
142	2260	2457490.562962	0.000680	3	Marcos Michel
143	2276	2457511.461581	0.000510	2	Marc Bretton
144	2290	2457529.747891	0.000440	2	Oleg Mazurenko
145	2315	2457562.402610	0.000650	3	Francesco Scaggianti
146	2315	2457562.405060	0.000410	1	Marc Bretton
147	2327	2457578.075260	0.000330	1	Wonseok Kang
148	2351	2457609.426030	0.000310	1	Marc Bretton
149	2351	2457609.429140	0.000720	3	Ramon Naves
150	2547	2457865.438036	0.000240	1	Marc Bretton
151	2555	2457875.886136	0.000620	2	Martin Fowler
152	2570	2457895.479236	0.000850	3	FERRATFIAT STEPHANE
153	2570	2457895.480486	0.000180	1	Marc Bretton
154	2583	2457912.460326	0.000420	2	Jean-Luc MARTIN
155	2596	2457929.440315	0.000420	1	Mario Morales Aimar
156	2603	2457938.583985	0.000390	1	David Molina
157	2609	2457946.422665	0.000170	1	Marc Bretton
158	2609	2457946.423585	0.000480	1	David Molina
159	2621	2457962.095455	0.000180	1	Wonseok Kang
160	2623	2457964.708825	0.000750	3	Serge Bergeron
161	2642	2457989.525624	0.000840	3	Rafael Castillo
162	2658	2458010.424194	0.000410	1	Mark Salisbury
163	2802	2458198.515702	0.000450	2	Roman Ponča
164	2825	2458228.556611	0.000720	2	Derek OKeefe
165	2825	2458228.557881	0.000650	2	Matthieu BACHSCHMIDT
166	2838	2458245.530411	0.000930	3	Adam Nowak
167	2841	2458249.459101	0.000440	2	Yves Jongen
168	2863	2458278.192341	0.000300	1	Wonseok Kang
169	2864	2458279.499	0.00092	1	Bu Çalışma
170	2864	2458279.502241	0.000380	1	Yves Jongen
171	2867	2458283.417451	0.000480	1	David Molina
172	2867	2458283.420141	0.000400	1	Yves Jongen
173	2877	2458296.483641	0.000400	1	Yves Jongen
174	2887	2458309.541	0.0013	1	Bu Çalışma
175	2887	2458309.541321	0.000220	1	Marc Bretton
176	2887	2458309.544751	0.000340	1	Yves Jongen
177	2890	2458313.462191	0.000460	1	Yves Jongen
178	2892	2458316.071991	0.000220	1	Wonseok Kang
179	2897	2458322.603671	0.000860	3	David Molina
180	2899	2458325.215281	0.000280	1	Wonseok Kang
181	2903	2458330.439741	0.001090	3	F. Lomoz
182	2914	2458344.809140	0.000760	3	Ram Goel

183	2929	2458364.400890	0.000190	1	Marc Bretton
184	2929	2458364.401270	0.000420	1	Yves Jongen
185	2942	2458381.381820	0.000500	2	Yves Jongen
186	3054	2458527.674460	0.000290	1	Yves Jongen
187	3057	2458531.594300	0.000560	2	Yves Jongen
188	3083	2458565.554030	0.000420	1	Pere Guerra
189	3083	2458565.554310	0.000390	1	Yves Jongen
190	3122	2458616.493020	0.000630	2	Anael Wunsche
191	3132	2458629.557220	0.000350	1	Yves Jongen
192	3135	2458633.476210	0.000360	1	Yves Jongen
193	3138	2458637.394660	0.000380	1	Yves Jongen
194	3146	2458647.842840	0.000160	1	Brennan Rodgers and Rina Rast
195	3158	2458663.517590	0.000600	2	Alessandro Marchini
196	3158	2458663.518160	0.000670	3	Bruno Christmann
197	3174	2458684.415410	0.000510	2	F. Salvaggio
198	3174	2458684.416350	0.000330	1	Yves Jongen
199	3174	2458684.417550	0.000340	1	Anael Wunsche
200	3187	2458701.396890	0.000320	1	Yves Jongen
201	3187	2458701.400300	0.001020	3	Juan Martínez Sánchez
202	3197	2458714.459790	0.000390	1	Yves Jongen
203	3210	2458731.437520	0.000740	2	JOSEP GAITAN
204	3210	2458731.439280	0.000590	2	Alberto Tomatis
205	3213	2458735.357600	0.000390	1	Alberto García Sánchez
206	3213	2458735.357860	0.000390	1	Yves Jongen
207	3240	2458770.623610	0.000720	2	N. Thomas
208	3252	2458786.300070	0.000910	3	Jens Jacobsen
209	3252	2458786.300100	0.000460	2	Anael Wunsche
210	3252	2458786.300140	0.000390	1	Manfred Raetz
211	3377	2458949.571822	0.000270	1	Manfred Raetz
212	3377	2458949.573212	0.000390	1	Yves Jongen
213	3377	2458949.573312	0.000680	3	etienne bertrand
214	3378	2458950.878932	0.000570	2	Yves Jongen
215	3390	2458966.552272	0.000280	1	Manfred Raetz
216	3404	2458984.839198	0.000642	1	S25
217	3405	2458986.145902	0.000702	1	S25
218	3406	2458987.450572	0.000630	3	Francois Regembal
219	3406	2458987.450882	0.001040	3	Jens Hennig
220	3406	2458987.451741	0.000523	1	S25
221	3406	2458987.452052	0.000890	3	Guy Brabant
222	3407	2458988.758032	0.000670	2	N. Thomas & S. Dahlke
223	3407	2458988.758214	0.000658	1	S25
224	3408	2458990.064660	0.000551	1	S25
225	3409	2458991.370003	0.000545	1	S25
226	3410	2458992.677154	0.000525	1	S25
227	3411	2458993.982830	0.000568	1	S25
228	3412	2458995.289011	0.000670	1	S25

229	3414	2458997.901821	0.000504	1	S25
230	3415	2458999.207041	0.000621	1	S25
231	3416	2459000.514234	0.000503	1	S25
232	3417	2459001.819069	0.000614	1	S25
233	3418	2459003.125495	0.000570	1	S25
234	3419	2459004.432260	0.000599	1	S25
235	3420	2459005.737632	0.000668	1	S25
236	3421	2459007.044423	0.000491	1	S25
237	3422	2459008.350660	0.000488	1	S25
238	3424	2459010.963586	0.000590	1	S26
239	3425	2459012.269655	0.000647	1	S26
240	3426	2459013.576723	0.000483	1	S26
241	3427	2459014.882426	0.000601	1	S26
242	3428	2459016.188029	0.000746	1	S26
243	3429	2459017.494499	0.000588	1	S26
244	3430	2459018.799785	0.000669	1	S26
245	3431	2459020.107362	0.000476	1	S26
246	3432	2459021.413096	0.000666	1	S26
247	3434	2459024.024906	0.000623	1	S26
248	3435	2459025.331841	0.000736	1	S26
249	3436	2459026.637466	0.000664	1	S26
250	3437	2459027.943627	0.000647	1	S26
251	3438	2459029.249649	0.000654	1	S26
252	3439	2459030.556006	0.000593	1	S26
253	3440	2459031.861690	0.000725	1	S26
254	3441	2459033.167802	0.000640	1	S26
255	3442	2459034.474656	0.000570	1	S26
256	3468	2459068.431483	0.001050	3	Ehrenberger R.
257	3468	2459068.435843	0.000540	2	Alberto García Sánchez
258	3478	2459081.498203	0.000240	1	Marc Bretton
259	3494	2459102.396354	0.001400	3	Martin Tylšar
260	3632	2459282.649047	0.000400	2	etienne bertrand
261	3632	2459282.650337	0.000350	1	Yves Jongen
262	3635	2459286.565337	0.000620	2	Serguei Jourba
263	3635	2459286.569527	0.000570	2	Yves Jongen
264	3648	2459303.550437	0.000530	2	Yves Jongen
265	3664	2459324.448088	0.000420	2	Veli-Pekka Hentunen
266	3690	2459358.408368	0.000470	2	Giuseppe Marino
267	3710	2459384.533929	0.000850	3	Alessandro Marchini
268	3715	2459391.063797	0.000483	1	S40
269	3716	2459392.369271	0.000557	1	S40
270	3717	2459393.675705	0.000506	1	S40
271	3718	2459394.981825	0.000512	1	S40
272	3719	2459396.288469	0.000542	1	S40
273	3721	2459398.900459	0.000524	1	S40
274	3722	2459400.206754	0.000517	1	S40

275	3723	2459401.513109	0.000510	2	Samuel Diaz Lopez
276	3723	2459401.513592	0.000497	1	S40
277	3724	2459402.819649	0.000446	1	S40
278	3725	2459404.124759	0.000451	1	S40
279	3726	2459405.430477	0.000555	1	S40
280	3727	2459406.738761	0.000538	1	S40
281	3728	2459408.043141	0.000569	1	S40
282	3729	2459409.349884	0.000484	1	S40
283	3730	2459410.656581	0.000461	1	S40
284	3731	2459411.962304	0.000567	1	S40
285	3732	2459413.268394	0.000497	1	S40
286	3733	2459414.575237	0.000487	1	S40
287	3734	2459415.881425	0.000504	1	S40
288	3735	2459417.187379	0.000450	1	S40
289	3736	2459418.492406	0.000521	1	S40
290	3742	2459426.330090	0.002300	3	Solomakha M., Nahurna A., Lobodenko M.
291	3749	2459435.473790	0.001360	3	Bernhard Wenzel
292	3762	2459452.456540	0.000910	2	Bernhard Wenzel & Markus Rockenbauer
293	3765	2459456.372320	0.000350	1	Giorgio Baj, Maurizio Bosetti
294	3765	2459456.373730	0.000610	2	Dominique DANIEL
295	3788	2459486.416000	0.001800	3	Rafael G. Farfán
296	3926	2459666.668340	0.001380	3	Miguel Angel Alava
297	3930	2459671.893730	0.001330	3	Andre Kovacs
298	3958	2459708.464860	0.000990	3	Miguel Angel Alava
299	3958	2459708.465990	0.000560	2	etienne bertrand
300	3958	2459708.468340	0.000780	3	Stéphane Montchaud
301	3965	2459717.611180	0.000570	2	Samuel Diaz Lopez
302	3966	2459718.916579	0.000542	1	S52
303	3967	2459720.222916	0.000940	1	S52
304	3968	2459721.528310	0.000730	3	Francesco Scaggianti, Danilo Zardin,Marco Fiaschi
305	3968	2459721.528765	0.000603	1	S52
306	3969	2459722.834250	0.001120	3	Andre Kovacs
307	3969	2459722.834918	0.000776	1	S52
308	3972	2459726.753692	0.000584	1	S52
309	3973	2459728.059536	0.000443	1	S52
310	3974	2459729.365488	0.000489	1	S52
311	3976	2459731.978980	0.000504	1	S52
312	3977	2459733.284139	0.000779	1	S52
313	3978	2459734.590421	0.000508	1	S52
314	3979	2459735.897050	0.000411	1	S52
315	3979	2459735.900130	0.001490	3	Andre Kovacs
316	3980	2459737.203153	0.000481	1	S52
317	3981	2459738.509189	0.000663	1	S52
318	3982	2459739.814064	0.001438	1	S52
319	3983	2459741.121039	0.000415	1	S52

320	3984	2459742.427761	0.000439	1	S52
321	3986	2459745.040114	0.000419	1	S53
322	3987	2459746.346044	0.000489	1	S53
323	3988	2459747.652230	0.000619	1	S53
324	3989	2459748.958871	0.000458	1	S53
325	3990	2459750.264589	0.000500	1	S53
326	3991	2459751.570772	0.000475	1	S53
327	3992	2459752.876964	0.000408	1	S53
328	3992	2459752.877940	0.001330	3	Andre Kovacs
329	3993	2459754.183455	0.000426	1	S53
330	3994	2459755.489349	0.000366	1	S53
331	3996	2459758.101255	0.000503	1	S53
332	3997	2459759.407674	0.000514	1	S53
333	3998	2459760.713813	0.000477	1	S53
334	3999	2459762.019938	0.000492	1	S53
335	4000	2459763.326499	0.000505	1	S53
336	4001	2459764.631962	0.000568	1	S53
337	4002	2459765.938858	0.000444	1	S53
338	4003	2459767.244768	0.000426	1	S53
339	4004	2459768.551307	0.000346	1	S53
340	4007	2459772.470550	0.001570	3	proust jerome
341	4007	2459772.470590	0.001930	3	Samuel Diaz Lopez
342	4010	2459776.388870	0.000280	1	Anaël Wünsche
343	4033	2459806.430060	0.001260	3	Samuel Diaz Lopez
344	4171	2459986.682670	0.000810	2	Miguel Angel Alava
345	4219	2460049.380530	0.000530	2	Veli-Pekka Hentunen
346	4224	2460055.909430	0.001390	3	Andre Kovacs
347	4227	2460059.828690	0.000810	3	Andre Kovacs
348	4237	2460072.890980	0.001400	3	Andre Kovacs
349	4250	2460089.871260	0.001160	3	Andre Kovacs
350	4252	2460092.485640	0.000890	3	Gerold Holtkamp
351	4265	2460109.463290	0.000660	3	Dr. Horst Braunwarth
352	4266	2460110.769200	0.001420	3	Andre Kovacs
353	4273	2460119.913660	0.001380	3	Andre Kovacs
354	4275	2460122.527120	0.000370	1	Nico Montigiani, Massimiliano Mannucci
355	4276	2460123.833300	0.001550	3	Andre Kovacs
356	4285	2460135.589800	0.000440	2	Alberto García Sánchez
357	4288	2460139.505290	0.000680	3	Mario Morales
358	4288	2460139.507980	0.000610	2	Sara Drapkin Junyent
359	4305	2460161.711060	0.001180	3	Andre Kovacs
360	4307	2460164.325460	0.000770	3	Mohammad Odeh
361	4314	2460173.468480	0.000490	2	Alberto García Sánchez
362	4330	2460194.365400	0.000810	3	Mario Morales
363	4330	2460194.366640	0.000370	2	Matthieu BACHSCHMIDT
364	4330	2460194.367720	0.000630	2	Stéphane Montchaud
365	4333	2460198.285230	0.000390	2	Yenal Ogmen

EK 4 WASP-114 b Minimum Zamanları					
	Çevrim	Minimum Zaman	Minimum Zaman Hatası	Kalite	Referans
1	0	2456667.735820	0.000210	1	Barros et al. (2016)
2	619	2457626.421720	0.001280	3	František Lomoz
3	628	2457640.358450	0.001410	3	Trnka J.
4	876	2458024.458830	0.001840	3	Faustino Garcia
5	1102	2458374.473490	0.001650	3	F. Lomoz
6	1111	2458388.427640	0.001560	3	Pere Guerra
7	1120	2458402.362590	0.001170	3	F. Lomoz
8	1149	2458447.275880	0.001770	3	Bruno FONTAINE
9	1308	2458693.534970	0.000830	3	Pere Guerra
10	1326	2458721.405440	0.000880	3	Yves Jongen
11	1337	2458738.437790	0.001450	3	Anael Wunsche
12	1366	2458783.357660	0.001390	3	Matthieu BACHSCHMIDT
13	1366	2458783.359630	0.001560	3	Alberto García Sánchez
14	1366	2458783.359740	0.001850	3	JOSEP GAITAN
15	1543	2459057.487710	0.001150	3	Anaël Wünsche
16	1547	2459063.683540	0.001050	3	Yves Jongen
17	1563	2459088.464970	0.000490	1	Stephane Ferratfiat
18	1572	2459102.404120	0.001110	3	F. Lomoz
19	1607	2459156.612860	0.006090	3	Jillian Rankin
20	1766	2459402.853650	0.000390	2	Eduardo Fernández, Romina P. Di Sisto
21	1766	2459402.867310	0.000810	3	Yves Jongen
22	1789	2459438.486530	0.000960	3	Yves Jongen
23	1789	2459438.490650	0.000720	3	Bernhard Wenzel
24	1798	2459452.381800	0.004800	1	Bu çalışma
25	1809	2459469.457730	0.000790	3	Yves Jongen
26	1816	2459480.259000	0.001300	2	Bu çalışma
27	1827	2459497.341660	0.000960	3	Mark salisbury
28	2015	2459788.509650	0.000690	2	Yves Jongen
29	2015	2459788.510660	0.000590	2	Manfred Raetz
30	2021	2459797.810415	0.001926	1	S55
31	2022	2459799.361300	0.002010	1	S55
32	2023	2459800.907759	0.002015	1	S55
33	2024	2459802.447127	0.002675	1	S55
34	2030	2459811.751816	0.001631	1	S55
35	2031	2459813.297102	0.001889	1	S55
36	2032	2459814.846310	0.001735	1	S55
37	2033	2459816.395422	0.001844	1	S55
38	2034	2459817.949221	0.001869	1	S55
39	2035	2459819.482890	0.000950	3	Rene Roy
40	2038	2459824.137399	0.002098	1	S55
41	2290	2460214.429620	0.002400	3	Thomas MOLLIER

EK 5 TOI-2046 b Minimum Zamanları					
	Çevrim	Minimum Zaman	Minimum Zaman Hatası	Kalite	Referans
1	667	2458790.899233	0.000606	1	S18
2	668	2458792.396002	0.000654	1	S18
3	669	2458793.893364	0.000709	1	S18
4	670	2458795.390340	0.000745	1	S18
5	671	2458796.885970	0.000908	1	S18
6	672	2458798.383267	0.000614	1	S18
7	673	2458799.882237	0.000606	1	S18
8	676	2458804.372930	0.000738	1	S18
9	677	2458805.869776	0.000826	1	S18
10	678	2458807.368126	0.000906	1	S18
11	679	2458808.863823	0.000902	1	S18
12	680	2458810.360614	0.000581	1	S18
13	681	2458811.858113	0.000590	1	S18
14	684	2458816.349840	0.000884	1	S19
15	685	2458817.847189	0.000784	1	S19
16	686	2458819.345337	0.000806	1	S19
17	687	2458820.842972	0.000771	1	S19
18	688	2458822.339010	0.000695	1	S19
19	689	2458823.836913	0.000664	1	S19
20	690	2458825.333146	0.000758	1	S19
21	691	2458826.830279	0.000867	1	S19
22	693	2458829.826216	0.000724	1	S19
23	694	2458831.318245	0.001360	1	S19
24	695	2458832.821357	0.000866	1	S19
25	696	2458834.312896	0.000977	1	S19
26	697	2458835.813974	0.000735	1	S19
27	698	2458837.311478	0.000774	1	S19
28	699	2458838.809161	0.000862	1	S19
29	700	2458840.306145	0.000768	1	S19
30	778	2458957.086074	0.000728	1	S24
31	779	2458958.582947	0.000661	1	S24
32	780	2458960.080687	0.000730	1	S24
33	781	2458961.574354	0.000700	1	S24
34	782	2458963.075284	0.000754	1	S24
35	783	2458964.574137	0.000812	1	S24
36	784	2458966.067224	0.000624	1	S24
37	787	2458970.560071	0.000732	1	S24
38	788	2458972.056277	0.000778	1	S24
39	789	2458973.555497	0.000812	1	S24
40	790	2458975.051480	0.000707	1	S24
41	791	2458976.549507	0.000807	1	S24
42	792	2458978.044976	0.000673	1	S24
43	793	2458979.543428	0.000780	1	S24
44	794	2458981.040957	0.000710	1	S24

45	1185	2459566.446300	0.001600	1	Bu Çalışma
46	1185	2459566.446300	0.001600	1	Bu Çalışma
47	1396	2459882.340757	0.002545	1	S58
48	1397	2459883.844103	0.001144	1	S58
49	1398	2459885.340880	0.001210	3	Thomas MOLLIER
50	1398	2459885.342724	0.001475	1	S58
51	1399	2459886.839312	0.001044	1	S58
52	1400	2459888.338035	0.001202	1	S58
53	1401	2459889.834960	0.001245	1	S58
54	1402	2459891.331436	0.001400	1	S58
55	1403	2459892.827056	0.001161	1	S58
56	1404	2459894.325485	0.001207	1	S58
57	1405	2459895.822573	0.001374	1	S58
58	1406	2459897.315612	0.001670	1	S58
59	1407	2459898.817247	0.001495	1	S58
60	1408	2459900.315737	0.001410	1	S58
61	1409	2459901.810228	0.001218	1	S58
62	1410	2459903.307393	0.001231	1	S58
63	1411	2459904.803793	0.001271	1	S58
64	1412	2459906.301592	0.001178	1	S58
65	1413	2459907.800647	0.001106	1	S58
66	1414	2459909.296670	0.001170	1	S58
67	1416	2459912.292752	0.001898	1	S59
68	1417	2459913.788972	0.001210	1	S59
69	1418	2459915.286771	0.001373	1	S59
70	1421	2459919.778057	0.001441	1	S59
71	1422	2459921.273139	0.001521	1	S59
72	1423	2459922.766846	0.001441	1	S59
73	1425	2459925.762627	0.001528	1	S59
74	1426	2459927.260798	0.001609	1	S59
75	1427	2459928.758414	0.001235	1	S59
76	1429	2459931.753999	0.001162	1	S59
77	1430	2459933.251165	0.001301	1	S59
78	1431	2459934.748989	0.001294	1	S59
79	1432	2459936.248116	0.001402	1	S59
80	1461	2459979.664760	0.000850	3	Ganesh
81	1467	2459988.647670	0.000800	3	Yves Jongen
82	1479	2460006.611460	0.000860	3	Yves Jongen
83	1501	2460039.552270	0.001000	3	Yannic Delisle
84	1521	2460069.498620	0.000770	3	Yves Jongen
85	1537	2460093.448030	0.001540	3	Martin Tylšar
86	1539	2460096.440710	0.000480	2	Manfred Raetz
87	1561	2460129.386500	0.001000	1	Bu Çalışma
88	1583	2460162.321980	0.000710	1	Bu Çalışma
89	1583	2460162.321980	0.000710	1	Bu Çalışma
90	1599	2460186.265300	0.001100	1	Bu Çalışma

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Ahmet KESKİN
Uyruğu: Türkiye (T.C)
Doğum Tarihi ve Yeri:
Medeni Durum:
e-mail:
Yazışma Adresi:

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	Erciyes Üniversitesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri	2017
Lisans	Erciyes Üniversitesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri	2012
Lise	Kalaba Lisesi ANKARA	2005

YABANCI DİL

İngilizce

YAYINLAR

1. Tanriver M., Poro A., Bulut A., **Keskin A.**, Blackford M. G., The First Multiband Photometric Light Curve Solutions of the V Gru Binary System from the Southern Hemisphere, RESEARCH IN ASTRONOMY AND ASTROPHYSICS , cilt.23, ss.1-10, 2023 (SCI-Expanded)