ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

UZ LYR VE FL LYR ÖRTEN ÇİFT YILDIZLARININ ETV ANALİZLERİ

Anıl TEMELCİ

ASTRONOMİ VE UZAY BİLİMLERİ ANABİLİM DALI

ANKARA
2025

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

UZ LYR VE FL LYR ÖRTEN ÇİFT YILDIZLARININ ETV ANALİZLERİ

Anıl TEMELCİ

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Selim Osman SELAM

Bu tez çalışmasında, belirli kriterlere göre seçilmiş UZ Lyr ve FL Lyr örten çift yıldız sistemlerinin güncel gözlemler ışığında dönem değişimi gösterip göstermediği ve olası değişimlerin temel nedenleri araştırılmıştır. Sistemlere ait *Kepler, TESS* ve yer tabanlı gözlemlerin minimum zamanı verilerine ek olarak, Ankara Üniversitesi Kreiken Rasathanesi'nde elde edilen fotometrik gözlemlerden hesaplanan yeni minimum zamanları da analizlere dahil edilmiştir. Her iki sistemin (O-C) diyagramlarında gösterdikleri karakter farklılıkları nedeniyle, incelemeler sistem özelinde farklı yöntemlerle gerçekleştirilmiştir. FL Lyr sisteminin *Kepler* minimumlarından oluşturulan (O-C) diyagramına iki farklı frekans analiz yöntemi uygulanmış, elde edilen frekansların anlamlılığı değerlendirilmiştir. Bu analizler sonucunda, literatürde önerilmiş olan FL Lyr b ötegezegeninin varlığı sorgulanmış ve geçerli/kuvvetli bir kanıt bulunamamıştır. UZ Lyr sistemi için ise yeni bir ışık eğrisi çözümü yapılarak sistemin mutlak parametreleri hassas bir şekilde tespit edilmiştir. UZ Lyr için gerçekleştirilen ETV analizinde, ilave bileşen(ler)e sahip olduğu varsayımı altında, ilave cisimlerin parametreleri hesaplanmış ve daha önce literatürde önerilmiş olanlarla karşılaştırılmıştır. Ayrıca, ilave cisimler için yörünge kararlılık analizleri de gerçekleştirilmiştir. Buna ek olarak, ışık eğrisi çözümünden elde edilen parametreler temel alınarak ve ETV analizinde ortaya konan çevrimsel değişimlerin zamanlama genliği ve dönem değerleri kullanılarak sistemdeki soğuk bileşenin olası manyetik aktivite çevrimi etkisinin parametreleri hesaplanmış ve bu mekanizmanın geçerliliği denetlenmiştir.

Ağustos 2025, 141 sayfa

Anahtar Kelimeler: Yıldızlar: Örten Değişen Yıldızlar, Tutulma Zamanlaması Değişimi (TZD), Yörünge Dönemi Değişimi Analizi

ABSTRACT

Master Thesis

ETV ANALYSIS OF ECLIPSING BINARY STARS UZ LYR AND FL LYR

Anıl TEMELCİ

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Astronomy and Space Sciences

Supervisor: Prof. Dr. Selim Osman SELAM

In this thesis, two selected eclipsing binary systems, FL Lyr and UZ Lyr, were investigated to determine whether they exhibit orbital period variations based on recent observations, and to explore the possible physical mechanisms behind such variations. In addition to the minimum time data from Kepler, TESS and ground-based observations of the systems, new minimum times calculated from photometric observations obtained at Ankara University Kreiken Observatory were also included in the analysis. Due to the different characteristics in their (O-C) diagrams, the investigations were carried out with different methods specific to the system. Two different frequency analysis methods were applied to the (O-C) diagram created from the Kepler minima of the FL Lyr system and the significance of the obtained frequencies was evaluated. As a result of these analyses, the existence of the FL Lyr b exoplanet proposed in the literature was questioned and no valid/strong evidence was found. In the ETV analysis performed for UZ Lyr, under the assumption that it has additional component(s), the parameters of the additional objects were calculated and compared with those previously proposed in the literature. Additionally, orbital stability analyses for additional objects were also performed. Furthermore, based on the parameters obtained from the light curve solution and using the timing amplitude and period values of the cyclical changes revealed in the ETV analysis, the parameters of the possible magnetic activity cycle effect of the cooler component in the system were calculated and the validity of this mechanism was checked.

August 2025, 141 pages

Key Words: Stars, Eclipsing Binaries, Eclipse Timing Variation (ETV), Orbital Period Variation Analysis

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimimin başından itibaren bana yalnızca bilimsel değil, hayata dair de farklı bir bakış açısı kazandıran; bu tez süreci boyunca desteğini her zaman yanımda hissettiğim danışman hocam Prof. Dr. Selim Osman SELAM'a, bilgi ve yol göstericiliği için en içten teşekkürlerimi sunarım.

Araştırmalarım süresince değerli katkılarıyla her zaman yanımda olan ve uzman görüşlerinden faydalandığım Ankara Üniversitesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı öğretim üyelerinden Prof. Dr. Hakan Volkan ŞENAVCI'ya, Arş. Gör. Dr. Ekrem Murat ESMER'e, Arş. Gör. Dr. Engin BAHAR'a, Arş. Gör. Selçuk YALÇINKAYA'ya ve Prof. Dr. Mesut YILMAZ'a teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitim sürecim boyunca 2210-A Yurt İçi Yüksek Lisans Burs Programı kapsamında sağladığı maddi destek nedeniyle TÜBİTAK Bilim İnsanı Destek Programları Başkanlığı'na (BİDEB) teşekkür ederim.

Bu süreçte her zaman yanımda olan babam Rauf TEMELCİ'ye, annem Safiye TEMELCİ'ye, abim Deniz TEMELCİ'ye ve aile kavramının yalnızca çekirdek aileyle sınırlı olmadığını bana gösteren tüm geniş aileme sevgi ve minnetle teşekkür ederim.

Son olarak, anlamı benim için birkaç cümleyle ifade edilemeyecek kadar derin olan Jannat ALAZZAWI'ye, her koşulda yanımda olduğu ve desteğini daima hissettirdiği için içtenlikle teşekkür ederim. Aynı şekilde, üniversite hayatım boyunca bana yoldaş olan arkadaşım Mehmet Alperen KUL'a da teşekkürlerimi sunarım.

Anıl TEMELCİ
Ankara, Ağustos 2025

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI
ETİK ..... **i**
ÖZET ..... **ii**
ABSTRACT ..... **iii**
TEŞEKKÜR ..... **iv**
SİMGELER DİZİNİ ..... **vi**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **viii**
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... **xii**
1. GİRİŞ **1**
2. TEZ YILDIZLARININ LİTERATÜR ÖZETLERİ **7**
2.1 FL Lyr **7**
2.2 UZ Lyr **18**
3. MATERYAL VE YÖNTEM **28**
3.1 Materyal **28**
3.2 Yöntem **32**
3.2.1 Minimum zamanı belirleme yöntemi **33**
3.2.2 Tutulma zamanlama değişimi (ETV) analizi yöntemi **35**
3.2.3 Fourier Analizi / Periodogram yöntemi **49**
3.2.4 Işık Eğrisi Analizi yöntemi **51**
3.2.5 N-Cisim yörünge ilerleticisi yöntemi **53**
4. ARAŞTIRMA BULGULARI **56**
4.1 FL Lyr Sistemin ETV Analizi **57**
4.2 UZ Lyr Sistemin ETV Analizi **64**
4.3 UZ Lyr Sistemin Işık Eğrisi Analizi **66**
5. SONUÇ VE TARTIŞMA **71**
5.1 FL Lyr **71**
5.2 UZ Lyr **74**
KAYNAKLAR **82**
EKLER **89**
ÖZGEÇMİŞ **141**

SİMGELER DİZİNİ

[Fe/H]	Demir Bolluğu
°	Derece
a	Yarı-Büyük Eksen Uzunluğu
$A_{1,2}$	Albedo
AB	Astronomi Birimi
BJD	Güneş Sistemi Kütle Merkezli Jülyen Günü
e	Dışmerkezlik
f (m)	Kütle Fonksiyonu
g	Çekim Kararması
HJD	Güneş Merkezli Jülyen Günü
i	Yörünge Eğim Açısı
JD	Jülyen Günü
K	Kelvin
$K_{1,2}$	Dikine Hız Eğrisi Genliği
L	Işınım Gücü
$L_\odot$	Güneş'in Toplam Işınım Gücü
log g	Yüzey Çekim İvmesi (cgs)
m	Metre
M	Kütle
$M_\odot$	Güneş'in Kütlesi
$M_{Jüp}$	Jüpiter'in Kütlesi
Mv	Mutlak Parlaklık
P	Yörünge Dönemi
pc	Parsek
q	Kütle Oranı
R	Yarıçap
$R_\odot$	Güneş'in Yarıçapı
sn	Saniye
T	Sıcaklık
T_0	Referans Tutulma Zamanı
$v\sin i$	İzdüşüm Dönme Hızı
Z	Metalisite
ω	Enberi Noktasının Boylamı

α	Sağ Açıklık
δ	Dik Açıklık
γ	Çift Yıldız Sisteminin Kütle Merkezinin Dikine Hızı

Kısaltmalar

2MASS	Two Micron All-Sky Survey
EA	Algol Türü Örten Çift Sistemler
ETV	Eclipsing Timing Variations
FAL	False Alarm Level
FAP	False Alarm Probability
LC	Long Cadence
LiTE	Işık-Zaman Etkisi
O-C	Gözlenen ve Hesaplanan Farkı
SC	Short Cadence
SDSS	Sloan Digital Sky Survey
SNR	Sinyal/Gürültü Oranı
TZD	Tutulma Zamanlaması Değişimi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 M_1 ve M_2 noktasal kütlelerinden oluşan bir yakın çift yıldız sisteminin Roche geometrisi ve yörünge özelliklerine göre P, S ve L türü olası ötegezegen konumları..... 4

Şekil 2.1 Solda, Struve vd. (1950)'nin FL Lyr'in baş bileşeni için elde ettikleri dikine hız eğrisi (noktalar) ve analiz sonucu uyumladıkları model (sürekli eğri)..... 7

Şekil 2.2 Popper vd.'nin (1986) FL Lyr için elde ettikleri R bandı ışık eğrilerinin baş ve yan minimum evreleri civarındaki kısımları ve renk eğrileri (soldaki iki grafik) ve her iki bileşene ait dikine hız eğrileri (sağdaki grafik). Tüm grafiklerdeki sürekli çizgiler, analizler sonucu elde edilen modelleri temsil etmektedir..... 9

Şekil 2.3 Solda, Molenda-Zakowicz vd.'nin (2007) FL Lyr'in her iki bileşeni için elde ettiklieri dikine hız eğrileri (noktalar), model uyumlaması (sürekli eğri) ile birlikte görülmektedir. Sağda dikine hız eğrisi analizinden elde ettikleri yörünge parametreleri listelenmiştir..... 10

Şekil 2.4 Kozyreva vd.'nin (2015) FL Lyr sistemi için önerdikleri 2 $M_{jüp}$ kütleli gezegen için hesapladıkları ~7 yıl süreli yörünge dönemi ile evrelendirdikleri (O-C) diyagramı. Noktalar, hesapladıkları tüm *Kepler* baş minimum zamanlarını, sürekli eğri ise gezegenin yarattığı ışık-zaman etkisi modelini temsil etmektedir..... 11

Şekil 2.5 Yoldaş ve Dal (2016) tarafından FL Lyr'in Kepler verilerinden elde edilen ışık eğrileri. Alt panelde bir yörünge evresini kapsayan tüm ışık eğrisi, üst panelde ise tutulma dışı sinüzoidal modülasyonlar ve flare olayları gösterilmektedir. 12

Şekil 2.6 Yoldaş ve Dal (2016) tarafından FL Lyr sistemi için oluşturulan (O–C) diyagramı. Birincil (mavi) ve ikincil (kırmızı) minimumların antikorele yapılar sergilediği görülmektedir. 12

Şekil 2.7 Helminiak vd.'nin (2019) FL Lyr sistemi için elde ettikleri *Kepler* ışık eğrisi (sağda) ve dikine hız eğrisi (solda) çözümleri. Kırmızı renkli noktalar gözlemsel değerleri, mavi sürekli eğriler modelleri temsil etmektedir. Her iki grafiğin altında modelden olan artıklar görülmektedir..... 13

Şekil 2.8 Helminiak vd.'nin (2017) FL Lyr'in *Kepler* fotometrik verisinden hesapladıkları minimum zamanları için oluşturdukları (O-C) diyagramı (üstte), (O-C) diyagramı verisine uyguladıkları Lomb-Scargle periodogram analizi ile elde ettikleri güç spektrumu (ortada) ve istatistik anlamlı P=103.2 gün dönem ile evrelendirdikleri (O-C) diyagramı (altta). 14

Şekil 2.9 Laos vd.'nin (2020) FL Lyr için Kitt Peak Gözlemevi 2.1 teleskobu ile elde ettikleri Robo-AO görüntüsü (solda) ve PSF çıkarılmış görüntüsü (sağda)..... 16

Şekil 2.10 Paki vd. (2022) tarafından *Kepler* ve TESS verilerinin minimum zamanlarının lineer düzeltmesinden elde edilen (O–C) diyagramı. 17

Şekil 2.11 Kozyreva vd.'nin (2023) *TESS* verilerinden hesapladıkları minimum zamanları (mor renkli noktalar, sadece baş minimumlar) ile güncelledikleri (O-C) diyagramı ve izlenen değişim için önerdikleri gezegen bileşenin yarattığı ışık-zaman etkisi modeli (mavi sürekli eğri). Kırmızı noktalar Kozyreva vd. (2015) çalışmasında *Kepler* verisinden hesapladıkları baş minimumlardır. 18

Şekil 2.12 Kepler verilerinden hesaplanmış birinci (+ sembolü) ve ikinci (x sembolü) minimum zamanları kullanılarak UZ Lyr için oluşturulan O-C diyagramları. Solda Gies vd. (2012), sağda Gies vd. (2015) çalışmasından. 21

Şekil 2.13 Borkovits vd. (2016) tarafından UZ Lyr için oluşturulan (O-C) diyagramı. Kırmızı renkli noktalar *Kepler* ve yer tabanlı gözlemlerden hesaplanan birinci ve ikinci minimum zamanlarını, siyah renkli eğri ise ışık-zaman etkisi modelini temsil etmektedir. 22

Şekil 2.14 Matson vd. (2017) tarafından incelenen 41 örten çift yıldız sisteminin en sıcak örneği olan UZ Lyr (KIC 2708156) ve daha soğuk yıldızlara doğru birkaç farklı örneğin gözlenen tayfları. UZ Lyr için baskın olan çizgiler, sırasıyla Hγ (4340 Å), Hδ (4102 Å) ve Hε (3970 Å) olmak üzere Hidrojen Balmer serisi çizgileridir. UZ Lyr geç B tayf türü bir yıldız olduğundan, tayfında diğer yıldızlara kıyasla daha az metal çizgisi görülmektedir. 23

Şekil 2.15 Matson vd. (2017)'nin kendi tayfsal gözlemlerinden UZ Lyr için oluşturdukları dikine hız eğrileri (üst panel). İçi dolu semboller birinci bileşen, boş olanlar ise ikinci bileşen için dikine hızları temsil etmektedir. Sürekli eğriler çözüm sonucu elde edilen modelleri ifade etmektedir. Alt panelde modelden olan artıklar görünmektedir. 23

Şekil 2.16 Roobiat ve Pazhouhesh (2022) tarafından UZ Lyr için gerçekleştirilen eş zamanlı dikine hız ve ışık eğrisi analizi sonucu model eğrileri, gözlemsel verilerle birlikte sunulmuştur. Solda ışık eğrisi sağda dikine hız eğrisi görülmektedir. Siyah sürekli eğriler modelleri temsil etmektedir. 25

Şekil 2.17 Roobiat ve Pazhouhesh (2022) tarafından UZ Lyr sistemi için oluşturulan (O-C) diyagramı. Mavi eğri, üçüncü ve dördüncü cisimlerin varlığı kabul edilerek ışık-zaman etkisi altında elde edilen çözüm modelini gösterirken, kırmızı kesikli çizgi yalnızca dördüncü cisim için uygulanan LiTE modelini temsil etmektedir. Grafiğin alt kısmında ise modelden olan artıklar gösterilmiştir. 26

Şekil 2.18 Inácio vd.'nin (2024) tarafından UZ Lyr sistemi için *Kepler* ve *TESS* verilerinden oluşturulan (O-C) diyagramı. Kırmızı eğri, lineer bir terim ile birlikte üçüncü cismin ışık-zaman etkisi altında uygulanan LiTE modelini temsil etmektedir. Siyah noktalar ise gözlemleri temsil etmektedir. 27

Şekil 3.1 a) FL Lyr'in *Kepler* Q14b çeyrekliği SC ışık eğrisi, tutulma dışı ışık değişimi dikkat çekicidir, b) FL Lyr'in *TESS* S82 sektörü ışık eğrisi, c) UZ Lyr'in *Kepler* Q6a çeyrekliği SC ışık eğrisi, d) UZ Lyr'in *TESS* S81 sektörü ışık eğrisi, maksimumlar arası asimetri dikkat çekicidir. 30

Şekil 3.2 FL Lyr için SuperWASP VesPA arşivinden indirilen gözlem verisinden elde edilen ışık eğrisi. Dikey eksen, SuperWASP gözlem sisteminin ölçtüğü akı değerlerinden üretilen ve kadir birimindeki "TAMMAG2" parlaklık değerleri cinsindendir. 31

Şekil 3.3 Xtrema yazılımının, FL Lyr'nin Kepler verisinden (Q14 çeyrekliğinin bir kısmı) tespit ettiği minimum zamanlarını işaretlediği görsel çıktılarına örnekler. Yeşil dikey çizgiler minimum zamanının yerini, mavi semboller baş, kırmızı semboller ise yan minimum profilini temsil eden noktaları göstermektedir. a) Q14b SC çeyrekliğine ait veri, b) Q14 LC çeyrekliğine ait veri, c) Q14 LC çeyrekliğine ait veride ardışık 5 adet minimum profili birleştirilerek normal minimum hesabı. 34

Şekil 3.4 Sol panel: eliptik yörüngeye sahip bir örten çift sistemin yörüngesine ilişkin temsili bir gösterim ve bazı temel doğrultular ve açılar. Sağ dörtlü panel**:** ω'nın farklı değerleri için çift sistem yörüngesinin konumlanması ve elde edilecek ışık eğrilerinin temsili gösterimi. Bu panellerde yoldaş bileşen için işaretlenen "1" konumları baş minimum, "2" ile işaretlenenler ise yan minimum ortası durumlarını temsil etmektedir. 37

Şekil 3.5 Eksen dönmesi gösteren bir örten çift sistemin Min I ve Min II verilerinin (O-C) diyagramında oluşturacağı ters fazlı sinüzoidal değişimlerin temsili gösterimi. 37

Şekil 3.6 Kütle aktarımı veya sistemden kaybı sonucu (O-C) diyagramlarında görülen kuadratik (parabolik) değişim karakterlerinin temsili gösterimi. (a) Parabol kolları yukarı doğru yönelmiş ve yörünge döneminin doğrusal bir şekilde arttığını göstermektedir. (b) Parabol kolları aşağı doğru yönelmiş ve yörünge döneminin doğrusal bir şekilde azaldığını göstermektedir. (c) küçük kütleli bileşenden büyük kütleliye korunumsuz kütle aktarımında, bileşen tarafından alınan madde miktarı ile uzaya kaybedilen madde miktarının dengelendiği özel bir durumda net etki bir dönem değişimine işaret etmeyecektir. 40

Şekil 3.7 Hem ışık-zaman etkisi kaynaklı hem de manyetik aktivite çevrimi kaynaklı O-C diyagramında görülen sinüzoidal değişimin temsili gösterimi. 44

Şekil 3.8 RR Lyr benzeri bir yıldızı temsil eden yapay ışık eğrisi (solda) ve buna uygulanan `LombScargle` analizi sonucu oluşturulan periodogram (sağda). Periodogramdaki kesikli çizgi, zirve değer (en yüksek pik) için hesaplanan %1'lik FAP değerine karşılık gelen FAL seviyesidir. 50

Şekil 4.1 FL Lyr (üstte) ve UZ Lyr (altta) için oluşturulan (O-C) diyagramları 56

Şekil 4.2 FL Lyr'in sadece Kepler ve TESS birinci minimum zamanları kullanılarak (O-C) diyagramı verisine yapılan doğru uyumlaması (kırmızı renkli doğru) 57

Şekil 4.3 FL Lyr'in sadece *Kepler* verisinden hesaplanan minimum zamanları için oluşturulan (O-C) diyagramı. Hata barları, minimum zamanı hesaplama hatalarını temsil etmektedir. Yeşil alanda yer alan minimumlar *Kepler* Long Cadence (LC) verisinden, diğerleri ise Short Cadence (SC) verisinden hesaplanmıştır. 58

Şekil 4.4 FL Lyr sisteminin (O-C) verisinden üretilen LS Periodogramları: solda, Min I, sağda Min II verisi için. Zirve güç değerine karşılık gelen frekans için (kırmızı kesikli çizgi ile işaretli) seçilmiş FAP olasılıklarına karşılık gelen FAL seviyeleri yatay kesikli çizgilerle belirtilmiştir. 60

Şekil 4.5 LS periodogramlarında en yüksek genlikle ortaya çıkan ilk beş frekans değeri için üretilen model eğrilerinin (sürekli çizgi) veri (noktalar) ile uyumu ve artıkları: sol panel Min I, sağ panel Min II verisi için. 60

Şekil 4.6 FL Lyr'in Kepler (O-C) verisi için `Period04` programı ile, en büyük genlik üreten ilk 5 frekans hesabında üretilen güç spektrumları: sol: Min I, sağ: Min II verisi. Güç spektrumlarında gürültü seviyesi (turuncu çizgi) ve SNR=4 eşik seviyesi (yeşil çizgi) de belirtilmiştir. 61

Şekil 4.7 FL Lyr 'in (O-C) diyagramı Min I verisi için `Period04` en küçük kareler yaklaşımı sonrası tespit edilen anlamlı sinyaller için üretilen model eğrilerinin (sürekli çizgi) veri (noktalar) ile uyumu ve artıkları. 63

Şekil 4.8 FL Lyr ’in (O-C) diyagramı Min II verisi için `Period04` en küçük kareler yaklaşımı sonrası tespit edilen anlamlı sinyaller için üretilen model eğrilerinin (sürekli çizgi) veri (noktalar) ile uyumu ve artıkları. 63

Şekil 4.9 a) UZ Lyr'in tüm minimum zamanları için oluşturulan (O-C) diyagramı. Mavi renkli eğri uyumlanan büyük genlikli ve dönemli çevrimsel değişimin lineer terimi le bileşkesini temsil etmektedir. Kırmızı renkli eğri ise lineer terim ve iki LiTE teriminin bileşkesinden oluşma en iyi ETV modelini temsil etmektedir. b) ETV modelinden olan artıklar..... 65

Şekil 4.10 UZ Lyr sistemine ait eşzamanlı çözüm sonuçlarına ilişkin kuramsal ve gözlemsel ışık eğrileri (üstte) ile modelden olan artıklar (altta)..... 68

Şekil 4.11 UZ sistemine ait eşzamanlı çözüm sonuçlarına ilişkin baş minimum (solda) ve yan minimum (sağda) bölgesindeki kuramsal (model) ve gözlemsel ışık eğrileri ile bu modellere ait artıklar. 68

Şekil 4.12 UZ Lyr sistemine ait eş-zamanlı çözüm sonuçlarına ilişkin kuramsal ve gözlemsel dikine hız eğrileri (üstte) ile modelden olan artıklar (altta) 69

Şekil 4.13 UZ Lyr çift yıldız sisteminin 0.75 evresine karşılık gelen Roche geometrisi 69

Şekil 5.1 FL Lyr için tarafımızdan hesaplanan Kepler ve TESS minimum zamanları için oluşturulan (O-C) diyagramı. Kozyreva vd. (2015, 2016, 2023)’nin Kepler verisinden hesapladıkları ve makalelerinde listeledikleri I. minimum zamanları da (kırmızı renkli noktalar) diyagrama yerleştirilmiştir. 73

Şekil 5.2 UZ Lyr sistemi için üç cisimli modelle a) bin yıl, b) bir milyon yıl, c) bir milyar yıl süreyle yürütülen simülasyon sonuçları. Soldan sağa: yarı-büyük eksen (a) değişimleri, ilave bileşenlerin dışmerkezlik (e) değişimleri ve üç boyutlu temsilî yörünge eğrileri gösterilmektedir. 78

Şekil 5.3 Roobiat ve Pazhouhesh (2022) parametreleriyle UZ Lyr sistemi için yürütülen üç cisimli simülasyon sonuçları: a) bin yıl, b) yüz bin yıl, c) bir milyon yıl. Soldan sağa: üçüncü ve dördüncü bileşenlerin yarı-büyük eksen (a) değişimleri, dışmerkezlik (e) değişimleri ve simülasyon süresince izlenen temsilî üç boyutlu yörünge eğrileri gösterilmektedir. 79

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 FL Lyr çift sisteminin Popper vd. (1986) tarafından hesaplanan fiziksel boyutları 9

Çizelge 2.2 Molenda-Zakowicz vd. (2007) tarafından FL Lyr için hesaplanan temel atmosferik parametreler ve *v sin i* izdüşüm ekvatoryal dönme hızı değerleri 10

Çizelge 2.3 FL Lyr çift sisteminin Helminiak vd. (2019) tarafından hesaplanan fiziksel boyutları 13

Çizelge 2.4 FL Lyr çift sisteminin Windemuth vd. (2019) tarafından hesaplanan fiziksel boyutları 15

Çizelge 2.5 Budding vd. (2004) tarafından derlenen UZ Lyr çift yıldız sisteminin mutlak parametreleri 20

Çizelge 2.6 UZ Lyr çift yıldız sisteminin Borkovits vd. (2016) tarafından gerçekleştirilen tutulma zamanlama değişimi analizi sonucunda üçüncü cisim için elde edilen fiziksel parametreler 22

Çizelge 2.7 Matson vd. (2017) tarafından UZ Lyr için gerçekleştirilen dikine hız eğrisi çözümünden elde edilen fiziksel parametreler. 24

Çizelge 2.8 Roobiat ve Pazhouhesh (2022) tarafından UZ Lyr için gerçekleştirilen eş zamanlı dikine hız ve ışık eğrisi analizi sonuçlarından hesapladıkları fiziksel parametreler 25

Çizelge 2.9 UZ Lyr çift yıldız sistemi için, Roobiat ve Pazhouhesh (2022) tarafından tespit edilen ilave bileşenlerin fiziksel parametreleri 26

Çizelge 2.10 Inácio vd.'nin (2024) UZ Lyr çift yıldız sisteminde tespit ettikleri ilave bileşen için hesapladıkları fiziksel parametreler 27

Çizelge 3.1 FL Lyr ve UZ Lyr örten çift sistemlerinin AÜKR teleskoplarıyla elde edilen gözlemlerinden hesaplanan minimum zamanları 29

Çizelge 3.2 FL Lyr ve UZ Lyr örten çift sistemlerinin minimum zamanlarının gözlem metodu ve türlerine göre sayıca dağılımları 32

Çizelge 4.1 Kepler minimum zamanlarından oluşturulan (O-C) diyagramı verisinin `LombScargle` ve `Period04` ile gerçekleştirilen analizlerinin sonuçları (en büyük genlik üreten ilk 5 frekans için) 62

Çizelge 4.2 Çizelge 4.1'de SNR değeri ≥4 ve ~4 olan sinyallerin, `Period04`'teki en küçük kareler yaklaşımı sonrası elde edilen en iyi değerleri ve Monte Carlo benzetimi ile hesaplanan belirsizlikleri 62

Çizelge 4.3 UZ Lyr'in (O-C) diyagramının, bir lineer terim ve iki LiTE terimi ile modellenmesi sonucunda elde edilen parametre değerleri. 64

Çizelge 4.4 `PyWD2015` ile yapılan eşzamanlı ışık ve dikine hız eğrisi çözümü sonucunda UZ Lyr sistemine ait elde edilen fiziksel parametrelerin ve hesaplanan mutlak boyutların literatürdeki değerlerle karşılaştırılması 70

Çizelge 5.1 UZ Lyr'in (O-C) diyagramının iki LiTE ile modellenmesi sonucunda elde edilen ilave cisim parametreleri ve literatürde yer alanlarla karşılaştırmaları 75

Çizelge 5.2 Lanza (2020) modeline göre UZ Lyr çift yıldız sisteminin (O-C) diyagramında görülen iki çevrimsel değişim için hesaplanan model parametreleri ve bu parametrelere ait hata değerleri (Yoldaş bileşenin manyetik aktivite çevrimi gösterdiği varsayılmıştır). 80

1. GİRİŞ

Çift veya çoklu yıldız sistemleri, çekim kuvvetleriyle birbirine bağlı ve ortak bir kütle merkezi etrafında Kepler yasalarına göre yörüngede hareket eden en az iki yıldızdan oluşan sistemlerdir. Bu sistemlerin arasında, yörünge düzlemleri geometrik olarak gözlemcinin bakış doğrultusu ile çakışık (veya çok yakın) olanlarda, kaçınılmaz olarak bileşen yıldızların birbirlerinin önünden geçmesi sonucu tutulmalar oluşur. Bu tür sistemler literatürde "Örten Çift Yıldızlar" olarak bilinirler ve astrofizik açısından, tek yıldızlara kıyasla daha fazla bilgi sundukları için büyük bir öneme sahiptirler. Kütle, yıldızların evrimini anlamada temel bir parametredir ve doğrudan ölçümü ancak örten çift sistem üyesi yıldızlar için mümkündür. Ayrıca, tutulma geometrisinden bileşen yıldızların yarıçapları ve dolayısıyla ışınım güçleri gibi temel parametrelerin de hassas olarak hesaplanmasına olanak tanırlar. Çift yıldızlar yardımıyla elde edilen temel fiziksel büyüklükler, tek yıldızların fiziksel özellikleri hakkında çıkarımda bulunabildiğimiz kalibrasyonların ve temel bağıntıların (kütle-yarıçap, kütle-ışınım ilişkileri) üretilmesinde kullanılır. Bu sayede, yıldız evriminin farklı safhalarında yer alan yıldızların fiziksel ve dinamik özelliklerinin açıklanmasında kritik bir rol oynarlar.

Çift yıldız sistemleri içinde, Algol türü örten çift sistemler (EA), bileşen yıldızların farklı evrim aşamalarını yansıtan özel bir sınıf oluşturur. Algol türü örten çift sistemler, erken tür bir anakol yıldızı (baş bileşen) ve geç tür bir anakol, altdev veya dev yıldızdan (yoldaş bileşen) oluşan yakın çift yıldızlardır. Yoldaş bileşeni anakol yıldızı (V) olan sistemlerin her iki bileşeni de küresel yapıda olup ayrık çift yıldız sistemleri olarak da bilinirler. Buna karşılık yoldaş bileşeni dev (III) veya altdev (IV) olanlar ise yarı ayrık çift yıldız sistemleri adını alırlar. Yarı-ayrık sistemlerde yoldaş bileşen, kritik Roche şişimini doldurmuş durumda olduğundan, baş bileşene doğru bir madde aktarımı meydana gelir. Ayrık sistemlerde ise, bileşenlerin her ikisi de Roche şişimini doldurmamış durumdadır ve bileşenler arasında herhangi bir madde aktarımı bulunmaz. Bu durum, ayrık sistemlerdeki yıldızların çift yıldız etkileşimlerinden bağımsız olarak, tek yıldızlar gibi davranmalarına olanak tanır. Bu özellikleri sayesinde, ayrık sistemler kütle-yarıçap ve kütle-ışınım ilişkileri gibi temel astrofiziksel bağıntılar yardımıyla yıldızların temel parametrelerini belirlemek için önemli bir araç olarak kullanılır.

Örten çift yıldızların doğası, ilk kez Mayıs 1783'te İngiliz amatör astronom John Goodricke tarafından doğru bir şekilde açıklanmıştır. Goodricke, Algol gibi değişen yıldızların, yörünge düzlemlerinin Dünya'ya göre bakış doğrultusunda bulunan çift yıldız sistemleri olduğunu öne süren ilk kişi olmuştur (Goodricke, 1784). Gezegenlerin de benzer şekilde, gözlemcinin bakış doğrultusunda yörüngede dolanabileceği ve bu sayede fotometrik gözlemlerle tespit edilebileceği fikri ise Alman astronom Otto Struve tarafından kuramsal olarak 1952'de dile getirilmiştir (Struve, 1952). Borucki ve Summers (1984) ile Schneider ve Chevreton (1990), bu iki öngörüden yola çıkarak, örten çift yıldızların yörünge düzlemlerinin gözlemcinin bakış doğrultusunda olması durumunda, bu sistemler etrafında dolanan gezegenlerin keşfedilme olasılığının artabileceğini öne sürmüşlerdir (bkz. Doyle ve Deeg 2018).

Algol türü örten çift yıldız sistemlerinin yörünge dönemleri, Bölüm 3.2'de ayrıntılı olarak açıklandığı üzere, zaman içinde değişim gösterebilir. Bu durumda, sistemin gözlenen minimum zamanı (O) ile yörünge dönemi (P) ve gözlenmiş bir referans minimum zamanına (T_0) dayalı olarak hesaplanan minimum zamanları (C) arasında bir fark oluşacaktır. Eğer arada bir fark yoksa, yörünge döneminde bir değişiklik olmadığı anlaşılır. Ancak arada bir fark varsa, bu (O-C) farkları, zamana göre grafiğe döküldüğünde bir (O-C) diyagramı elde edilir ve bu diyagramdaki değişim karakteristikleri incelenerek, sistemdeki dönem değişiminin olası nedenleri araştırılabilir. Örneğin, yeterli kütle sınırları içerisindeki gezegen veya kahverengi cüce ilave bileşenler bu yöntemle tespit edilebilir (Deeg vd., 2000). Bir ötegezegenin çift sistem yörüngesinde yarattığı tedirginlik kaynaklı (O-C) değişimleri çok küçük ölçekli olacağından yüksek zaman çözünürlüğüne sahip gözlemlerden hesaplanmış minimum zamanlarına ihtiyaç olacaktır. Bu koşul sağlandığı sürece ötegezegenin yarattığı küçük, ancak ölçülebilir değişimler tespit edilebilmektedir (Esmer, 2015). Algol türü çift sistemlerin büyük bir çoğunluğu yörünge dönemlerinde çoklu karaktere sahip karmaşık dönem değişimleri gösterebilmektedir (bkz. Kreiner 1971, Freiboes-Conde ve Herczeg 1973, Kreiner ve Ziolkowski 1978).

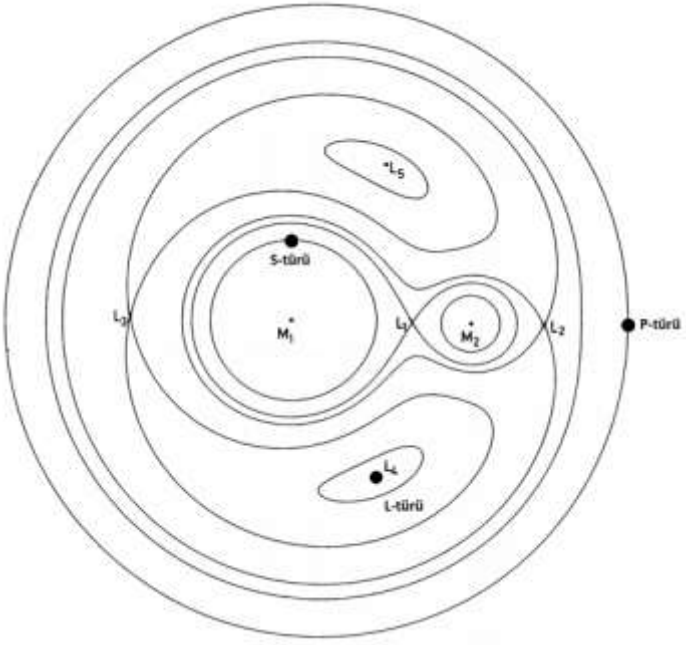
Bir örten çift yıldız sistemi etrafında, çift sistem ile oluşturduğu ortak kütle merkezi etrafında dolanan üçüncü bir cisim, örten çift yıldızın yörünge döneminde birtakım

sapmalara yol açabilir. Işık hızının sonlu olması nedeniyle, örten çift sistem gözlemciden uzaklaştığında veya yaklaştığında meydana gelen tutulmalara ait minimum ışık zamanlarıyla hesaplanan zamanlar arasında bir fark ortaya çıkar. Bu olaya "ışık-zaman etkisi" (*ing.* Light-Time Effect, LiTE) adı verilir. Bu sapmalar, çift sistemin yörünge döneminde dönemli bir değişim olarak gözlenir ve üçüncü bir cismin varlığına dair delil olarak gösterilebilir. Sinyallerin gözlemciye varış sıklığındaki bu değişim, ötegezegen keşif yöntemlerinden zamanlama yöntemlerinin de temelini oluşturmaktadır.

Çevrimli manyetik alan olgusu da çift sistemin yörünge döneminde çevrimsel değişimler yaratabilir ve bu değişim üçüncü cisim kaynaklı dönem değişimi olarak algılanabilir (Applegate ve Patterson 1987, Applegate 1992, Applegate ve Shaham 1994). Ancak, manyetik aktivite ve bunun çevrimli karakterine dayalı bu değişimler, ilave cisimlerin yarattığı ışık-zaman etkisi kadar düzenli ve kararlı olmayıp daha kaotik ve yarı-dönemli "çevrimsel" değişimlere neden olur. Bu sayede, manyetik aktivite kaynaklı değişimler, üçüncü bir cismin varlığından kaynaklanan "periyodik" değişimlerden ayırt edilebilir (Baştürk, 2012). Ayrıca, çift sistemin bileşenlerinde zonklama kaynaklı çapsal veya çapsal olmayan değişiklikler de yörünge periyodunda periyodik değişimlere yol açabilir. Bu etkiler, üçüncü bir cismin neden olduğu değişimlerle karıştırılabilir (Doyle vd., 1998).

Çift veya çoklu sistemler etrafında ötegezegen oluşumuna yönelik ilk çalışmalar, üç cisim probleminin yörüngesel kararlılığına dair teorilerden türetilmiştir (Pendleton ve Black, 1983). Dvorak (1986), bu bağlamda çift sistemler etrafındaki ötegezegenler için kullanılan "P-tipi" (gezegen-tipi) yörüngeler, "S-tipi" (uydu-tipi) yörüngeler ve "L-tipi" yörüngeler kavramlarını ilk kez ortaya koymuştur. "P-tipi" yörüngeler, gezegenin çift sistemin her iki bileşeni etrafında dolandığı durumları tanımlarken, "S-tipi" yörüngeler gezegenin yalnızca çift bileşenlerden birinin etrafında dolandığı durumları ifade eder. "L-tipi" yörüngeler ise gezegenin çift sistemin Lagrange noktalarından L4 ya da L5'te dengede olduğu durumlar için tarif edilir (bkz. Şekil 1.1). Bu yörünge türleri, ötegezegenlerin dinamik kararlılığı ve oluşum süreçlerine ilişkin önemli bir çerçeve sunmuş olsa da, çift yıldız sistemleri çevresindeki ötegezegenlerin varlığı 1990'lı yılların başlarına kadar yalnızca teorik bir öngörü olarak kalmıştır. Ancak, kısa dönemli evrimleşmiş çift yıldız sistemleri etrafındaki çevresel toz disklerin varlığı, bu tür

sistemlerde gezegen oluşumunun gerçekleşebileceğine dair ipuçları sunmuştur (Castelli, 1977). Bu tür sistemlerde gezegen oluşumuna elverişli disk yapıları çokça gözlenmiş ve bu durum, çift yıldız sistemlerinin gezegen barındırma potansiyelini daha da güçlendirmiştir (Trilling vd., 2007).



Şekil 1.1 M_1 ve M_2 noktasal kütlelerinden oluşan bir yakın çift yıldız sisteminin Roche geometrisi ve yörünge özelliklerine göre P, S ve L türü olası ötegezegen konumları

Çift sistemlerde zamanlama yöntemi ile gezegen keşif yöntemi minimum zamanlarının saniye mertebesinde bir duyarlılıkla belirlenmesini gerektirmektedir (Schneider ve Doyle 1995). Son yıllarda, geliştirilen yeni teknolojilerle donatılmış uzay teleskopları sayesinde önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. *TESS* (Ricker vd., 2015) ve *Kepler* (Borucki vd., 2010) uzay teleskopları, bu gelişmelerin en başarılı örnekleri arasında yer almakta olup, yüksek hassasiyetli ve kesintisiz veri toplama kapasiteleri ile öne çıkmaktadır. Bu teleskoplar, parlaklık ölçümleri ve zamanlama konusunda sundukları yüksek hassasiyet sayesinde, ötegezegenlerin farklı yöntemlerle keşfini mümkün kılmaktadır. Bu yöntemlerden biri olan Tutulma Zamanlama Değişimi (*ing.* Eclipse Timing Variation – ETV) yöntemi, örten değişen çift yıldızların tutulma ortası zamanlarının belirlenip ve bu zamanlardaki değişimlerin sistemde bulunabilecek yıldız ve yıldızaltı ilave cisimlerin (kahverengi cüceler veya gezegenler) yaratacağı ışık-zaman etkisi ve/veya tedirginlik etkisi analizleri ile tespit edilmesine dayanır. Yöntemin detayları Bölüm 3.2'de ele alınmıştır.

İlk ötegezegen keşfi, PSR1257+12 atarcasının etrafında, atarcadan alınan düzenli atım sinyallerdeki zamanlama değişimlerinin analizi ile yapılmıştır (Wolszczan ve Frail, 1992). Bunu takiben, PSR B1620-26 sistemi bir pulsar ve bir beyaz cüceden oluşan bir çift yıldız sistemi olup, bu sistemin etrafında bir gezegenin varlığı ilk kez Thorsett vd. (1993) tarafından kuramsal olarak öne sürülmüştür. Bu sistemde bulunan gezegen, doğrulanan ilk çift yıldızlar etrafındaki gezegenlerden birisidir. Kesin keşif, 2003 yılında yapılmış olup (bkz. Sigurdsson vd. 2003), bu bulgular Hubble Uzay Teleskobu'ndan elde edilen gözlemlerle desteklenmiştir. Böylelikle, bir çift sistemin etrafında keşfedilen (P-tipi) ilk gezegen PSR B1620-26 b olmuştur. Marcy ve Butler (1996) tarafından Doppler yöntemi kullanılarak 70 Virginis yıldızı etrafında keşfedilen 70 Vir b ötegezegeni, başlangıçta tek yıldız etrafında bir ötegezegen olarak düşünülmüşse de daha sonraki çalışmalar (Fontanive vd., 2019), bu yıldızın büyük ayrıklığa sahip bir çift yıldız sistemi olduğunu ortaya koymuştur. Butler vd. (1997), Lick Gözlemevi'nden elde ettikleri verilerle yaptıkları dikine hız analizleri sonucunda 55 Cnc sisteminde bir gezegenin varlığını öne sürmüşlerdir. Böylece, çift sistem üyelerinden birinin etrafında dolanan (S-tipi) ilk gezegen olan 55 Cnc b ötegezegeni keşfedilmiştir. Bu gezegenin varlığı, daha sonra Bourrier vd. (2018) tarafından yapılan çalışmalarla da desteklenmiştir. Deeg vd. (2000), CM Dra çift sistemi etrafında aday bir ötegezegenin varlığını öne sürmüşlerdir. Daha sonra, Deeg vd. (2008) tarafından gerçekleştirilen minimum zamanı gözlemlerine dayalı (O-C) analizi ile bu aday cisim, sistemin etrafında dolanan bir ötegezegen olarak doğrulanmıştır. *Kepler* görevinin sağladığı veriler, özellikle örten çift yıldız sistemlerinde ötegezegen keşiflerinin artmasına olanak tanımıştır. Doyle vd. (2011) yaptığı çalışmayla, Kepler-16, Kepler-34 ve Kepler-35 sistemlerinin etrafında keşfedilen ötegezegenler, Kepler uzay teleskobuyla tespit edilen çift yıldızlar etrafında dolanan ilk gezegenler olarak bu tür gezegenlerin varlığının doğrulanmasını sağlamıştır (Doyle ve Deeg, 2018).

Bugüne kadar literatürdeki çıkan ötegezegen keşiflerini arşivleyen iki önemli organizasyon bulunmaktadır. Bunlardan ilki, yayınlanmış her bir ötegezegen çalışmasını ötegezegen listelerine dahil eden "Encyclopaedia of Exoplanetary Systems[1]"

[1] https://exoplanet.eu/home/

(exoplanet.eu), diğeri ise her bir ötegezegenin keşfini en az birden fazla yayınlanmış yöntemle doğrulayıp listelerine dahil eden "NASA Exoplanet Archive[2]"dır. Bu sebeple her iki arşiv verisindeki ötegezegen sayıları bazı farklılıklar göstermektedir. Encyclopaedia of Exoplanetary Systems verilerine göre bugüne kadar toplam 7.334 gezegen keşfedilmiştir; bunların 5.029'u tek gezegen barındıran sistemlerde, 1.019'u birden fazla gezegene sahip sistemlerde bulunurken, 891'i herhangi bir yıldız sistemine bağlı olmayıp serbest dolanan gezegenlerdir. Bu gezegenlerin 256'sı çift veya çoklu sistemlerin etrafında keşfedilmiştir ve bunların 229'u S-tipi, 27'si ise P-tipi yörüngelerde dolanmaktadır. Çoğunlukla geçiş yöntemi (4.093 sistemde 4.461 gezegen) ve dikine hız yöntemi (1.175 sistemde 1.276 gezegen) kullanılarak keşifler yapılmış olup, zamanlama yöntemiyle de önemli sayıda keşfe imza atılmıştır (167 sistemde 177 gezegen). Burada verilen keşif sayıları 19 Eylül 2024 itibariyle literatürden alınmıştır.

Bu tez çalışmasında, iki Algol türü örten çift yıldız FL Lyr ve UZ Lyr sistemlerinin detaylı ETV analizleri, yeni verilerin eklenmesiyle gerçekleştirilmiştir. Çift yıldızlar ve onların yörünge dönemi değişimleri hakkında öz bilgi içeren bu "Giriş" bölümünden sonra, 2. Bölüm'de tez çalışmasına konu olan FL Lyr ve UZ Lyr örten çift yıldız sistemleri için farklı araştırmacılar tarafından daha önceden gerçekleştirilmiş çalışmalara ait literatür özetlerine yer verilmiştir. 3. Bölüm'de tezde kullanılan veri (literatür ve tarafımızdan elde edilen materyal), miktarı ve niteliği hakkında bilginin yanı sıra ETV analizleri sırasında kullanılan yöntemler hakkında bilgiler yer almaktadır. 4. Bölüm'de ağırlıklı olarak analizler sonucu elde edilen bulgular yer almaktadır. 5. ve son bölümde ise bu bulgulardan hareketle ulaşılan sonuçlara ve çıkarımlara yer verilmiştir.

[2] https://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/

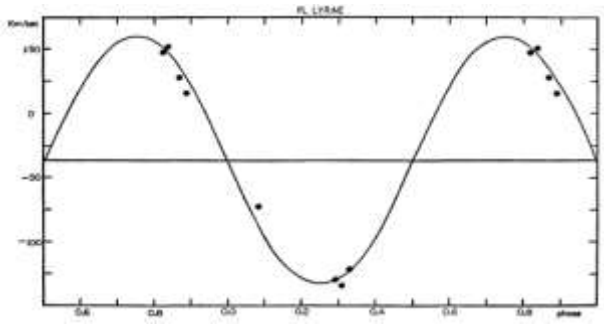
2. TEZ YILDIZLARININ LİTERATÜR ÖZETLERİ

2.1 FL Lyr

FL Lyr (163.1935 Lyr, HD 179890, BD+46° 2641, HIP 94335, KIC 9641031, TIC 158660631, α_{2000} = 19^{sa} 12^{dk} 04.86^{sn}, δ_{2000} = +46° 19' 28.86") sistemi Algol türü bir örten değişen çift yıldız olup aynı zamanda ayrık bir çift yıldız sistemidir. Yörünge dönemi $P_{yör}$ = 2.1781544 gündür. Sistemin her iki bileşeni de anakol yıldızı olup baş bileşeni F8V, yoldaş bileşeni ise G8V tayf türündendir (Popper vd., 1986).

FL Lyr'in ışık değişimi gösterdiği, Berlin-Babelsberg Gözlemevi'nde yeni değişen yıldızları keşfetmek için sürdürülen fotoğrafik tarama gözlemleri sırasında, Morgenroth (1935) tarafından belirlenmiştir. Bu keşif duyurusunda yıldızın G5 tayf türüne sahip Algol türü bir örten değişen çift yıldız olduğu belirtilmiş ve bir adet baş minimum zamanı da verilmiştir. Bunu takiben, Woodward (1943) Harvard Gözlemevi'nin fotoğrafik tüm gökyüzü tarama plakları arşivinden sistemin parlaklıklarını ölçmüş, bunlardan yeni bir baş minimum zamanı hesaplamış ve sistemin yörünge dönemi değerini güncellemiştir.

Sistemin, tek çizgili bir tayfsal çift olarak ilk tayfsal gözlemleri ve dikine hız eğrisi analizi Struve vd. (1950) tarafından gerçekleştirilmiştir. McDonald Gözlemevi tayfçekeri ile elde ettikleri tayflardan sistemin baş bileşeni için ölçtükleri dikine hız değerlerini analiz ederek bazı yörünge parametrelerini ilk kez elde etmişlerdir (bkz. Şekil 2.1).



e [°]	0
γ [km/sn]	-38
K_1 [km/sn]	98
$f(m)$ [M⊙]	0.21
$a_1 \sin i$ [km]	2.9x10^6

Şekil 2.1 Solda, Struve vd. (1950)'nin FL Lyr'in baş bileşeni için elde ettikleri dikine hız eğrisi (noktalar) ve analiz sonucu uyumladıkları model (sürekli eğri).

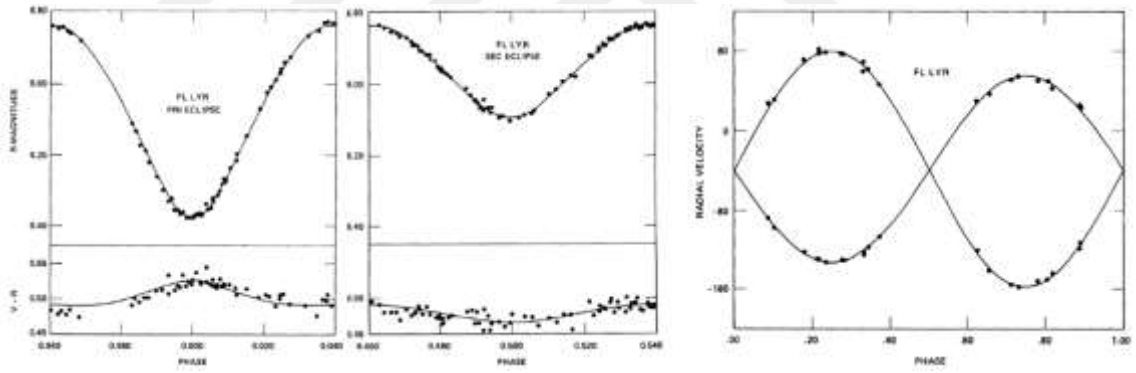
Cristaldi (1965) sistemin V bandı fotoelektrik ışık ölçüm gözlemlerini gerçekleştirmiş ve elde ettiği ışık eğrisini basit küresel model yaklaşımı kullanan Russel-Merrill yöntemi (Russel ve Merrill, 1952) ile çözümlemiştir. Analiz sonucu elde ettiği parametreleri, Struve vd. (1950)'nin dikine hız eğrisi analiz sonuçlarını ve kuramsal kütle-ışınım gücü bağıntısını kullanarak bileşenlerin kütlelerini M_1 = 1.0 $M_\odot$ ve M_2 = 1.1$M_\odot$ olarak tahmin etmiştir. Ayrıca, sistemin toplam ışınımına L_3 = 0.335 düzeyinde, kayda değer bir 3. ışık katkısı olduğunu önermiştir.

Ahnert (1973), 1950 yılından 1973 yılına kadar FL Lyr'in literatürde yer alan tüm minimum zamanlarını derlemiş ve bunlarla oluşturduğu (O-C) diyagramını incelemiştir. Sistemin yörünge döneminde kayda değer bir değişim olmadığını belirtmiş ve ışık elemanlarını güncellemiştir.

Botsula (1978), Cristaldi (1965)'in elde ettiği V bandı fotoelektrik ışık eğrisini kullanarak, sistemin tutulmalar dışında kalan ışık değişimini ve ikinci minimum civarında görülen değişken yapılı asimetrileri yorumlamaya çalışmıştır. Tutulmalar dışında kalan ışık değişimi için, sistemin bileşenlerini birbirine bağlayan doğrultu üzerinde ve ikinci bileşen yüzeyine daha yakın bir bölgede yaygın bir madde bulutunun varlığını önermiştir. Ancak, ikinci minimum civarında görülen değişken yapılı asimetriler için herhangi bir açıklama getirememiştir. Cristaldi (1965)'nin ışık eğrisi ve dikine hız eğrisi analiz sonuçları ile kuramsal kütle-ışınım gücü bağıntısını da kullanarak bileşenlerin kütlelerini M_1 = 1.26 $M_\odot$ ve M_2 = 0.85 $M_\odot$ olarak tahmin etmiştir. Ancak, analizlerinin herhangi bir üçüncü ışık katkısı gerektirmediğini ifade etmiştir.

Cester vd. (1979), 166 adet örten çift yıldızın ışık eğrilerinin modern ışık eğrisi analiz yöntemleri ile çözümlenmesi sonucu elde edilen sistem parametrelerini derledikleri bu katalog çalışmasında, FL Lyr için Cristaldi'nin (1965) V bandında elde ettiği fotoelektrik ışık eğrisinin analiz sonuçlarını bir tablo halinde sunmuşlardır. Analizler sırasında, Wood (1972, 1973-1978)'un ayrık örten çiftlerin ışık eğrilerinin analizi için geliştirdiği modern WINK kodunu kullanmışlardır.

Popper vd. (1986), 1979-1982 yılları arasında McDonald Gözlemevi'nde bulunan 36" ve 30" ayna çaplı iki teleskopla Johnson V ve R bandlarında yeni fotoelektrik ışıkölçüm gözlemleri yapmışlar ve yine aynı gözlemevinde 1978-1982 yılları arasında, odak düzleminde Coudé reticon tayfçekeri bulunan 2.7m ayna çaplı teleskop ile tayfsal gözlemlerini elde etmişlerdir. Işıkölçüm gözlemlerinden ürettikleri B ve R bandı ışık eğrilerini, gözledikleri tayflardaki temiz Fe I ve Ca I çizgilerinden her iki bileşen için ölçtükleri dikine hızlarla birlikte, Nelson-Davis-Etzel programını (Etzel 1981, Popper ve Etzel 1981) kullanarak analiz etmişlerdir. Şekil 2.2'de soldaki iki grafikte R bandında elde ettikleri ışık eğrisinin baş ve yan minimum evreleri civarındaki kısımları ve V-R renk eğrileri yer almakta, sağda ise her iki bileşen için elde ettikleri dikine hız eğrileri görülmektedir. Analiz sonucu sistemin bileşenleri ve yörüngesi için hesapladıkları hassas fiziksel parametreler ise Çizelge 2.1'de verilmiştir. Popper vd. (1986), bu çalışmalarında kullandıkları gözlemsel veride herhangi bir üçüncü ışık katkısının varlığından bahsetmemişlerdir.

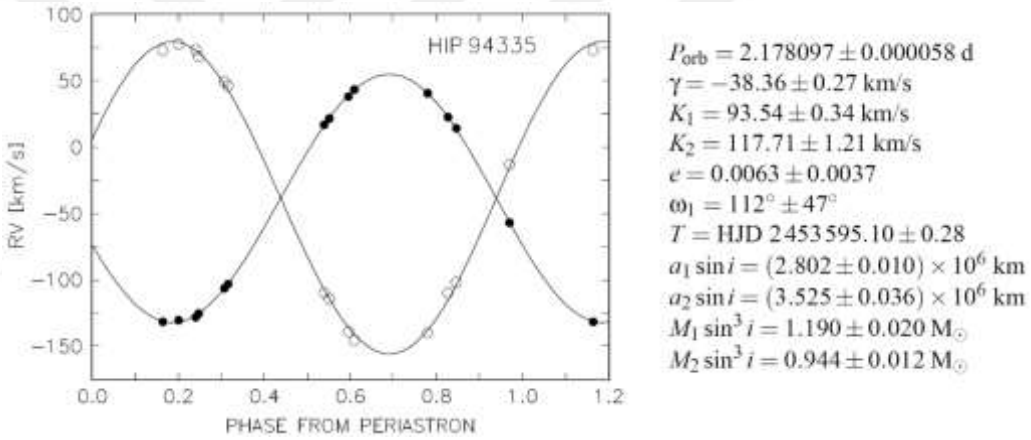


Şekil 2.2 Popper vd.'nin (1986) FL Lyr için elde ettikleri R bandı ışık eğrilerinin baş ve yan minimum evreleri civarındaki kısımları ve renk eğrileri (soldaki iki grafik) ve her iki bileşene ait dikine hız eğrileri (sağdaki grafik). Tüm grafiklerdeki sürekli çizgiler, analizler sonucu elde edilen modelleri temsil etmektedir.

Çizelge 2.1 FL Lyr çift sisteminin Popper vd. (1986) tarafından hesaplanan fiziksel boyutları

Parametre	**Baş Bileşen**	**Yoldaş Bileşen**	**Parametre**	**Baş Bileşen**	**Yoldaş Bileşen**
Kütle M [M$_\odot$]	1.218 ± 0.016	0.958 ± 0.011	**Işınım gücü** $\log L$ [L$_\odot$]	0.336 ± 0.035	-0.185 ± 0.042
Yarıçap R [R$_\odot$]	1.283 ± 0.030	0.963 ± 0.030	**Mutlak Parl.** M_V [kadir]	3.84 ± 0.08	5.30 ± 0.16
Çekim ivmesi $\log g$ [cgs]	4.31 ± 0.02	4.45 ± 0.03	**Tayf Türü**	G8V	K0V
Sıcaklık $\log T_e$ [K]	3.789 ± 0.007	3.724 ± 0.008	**Uzaklık** [pc]	140±5	

Molenda-Zakowicz vd. (2007) seçmiş oldukları 29 adet *Kepler* asterosismoloji hedef nesneleri için gerçekleştirdikleri çalışmada yer alan FL Lyr'in hassas tayfsal gözlemlerini elde etmişler ve bunlardan bileşenlerin dikine hız değerlerini ölçmüşleridir. Şekil 2.3'te oluşturdukları dikine hız eğrileri ile bunlara uyumladıkları model ve parametreleri görülmektedir. Elde ettikleri yörünge parametreleri değerlerinin Popper vd.'nin (1986) değerleri ile büyük ölçüde (hata sınırları içinde) benzer olduğunu ifade etmişlerdir. Bunun yanı sıra, iki farklı standart tayf kütüphanelerinin (ELODIE ve FRESCO) yıldızlarıyla ROTFIT tayfsal benzetim kodu (Frasca vd. 2003, 2006) ve ayrıca Kurucz'un model atmosfer kodunu (Kurucz, 1993) kullanarak sistemin temel atmosferik parametrelerini (yani T_e, *log g*, *[Fe/H]*) ve bileşenlerin *v sin i* izdüşüm ekvatoryal dönme hızlarını hesaplamışlardır. Bu çalışmaya ait sonuçlar ise Çizelge 2.2'de listelenmiştir.

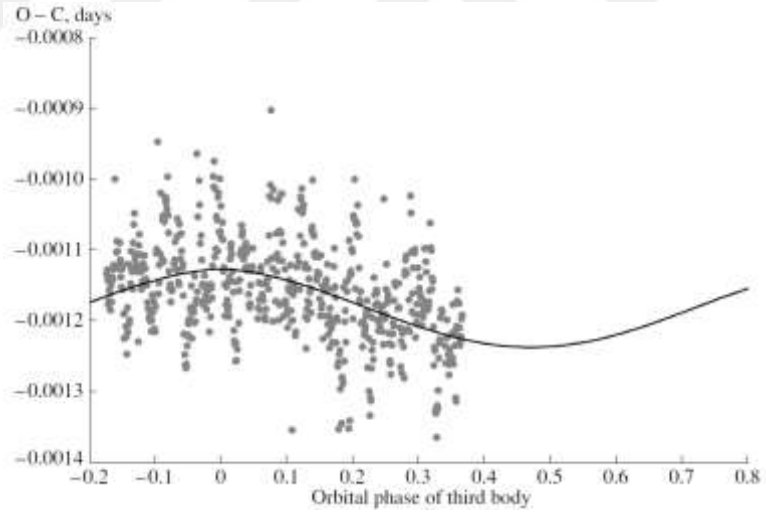


Şekil 2.3 Solda, Molenda-Zakowicz vd.'nin (2007) FL Lyr'in her iki bileşeni için elde ettiklieri dikine hız eğrileri (noktalar), model uyumlaması (sürekli eğri) ile birlikte görülmektedir. Sağda dikine hız eğrisi analizinden elde ettikleri yörünge parametreleri listelenmiştir.

Çizelge 2.2 Molenda-Zakowicz vd. (2007) tarafından FL Lyr için hesaplanan temel atmosferik parametreler ve *v sin i* izdüşüm ekvatoryal dönme hızı değerleri

Temel Atmosferik Parametreler				
Tayf Kütüphanesi	**T_e [K]**	***log g***	***[Fe/H]***	***Tayf Türü***
ELODIE	6152 ± 195	3.99 ± 0.14	-0.20 ± 0.14	F8V
FRESCO	6113 ± 136	4.13 ± 0.17	-0.23 ± 0.17	-
KURUCZ Model Atm.	1. Bil: 6060 2. Bil: 5390	1. Bil: 4.0 2. Bil: 4.5	1. Bil: 0.0 2. Bil: 0.0	-
***v sin i* [km/sn] İzdüşüm Ekvatoryal Dönme Hızı**				
	FWHM metodu		**KURUCZ Model Atm.**	
Baş Bileşen	32.7 ± 1.2		29.5	
Yoldaş Bileşen	28.0 ± 2.0		25.0	

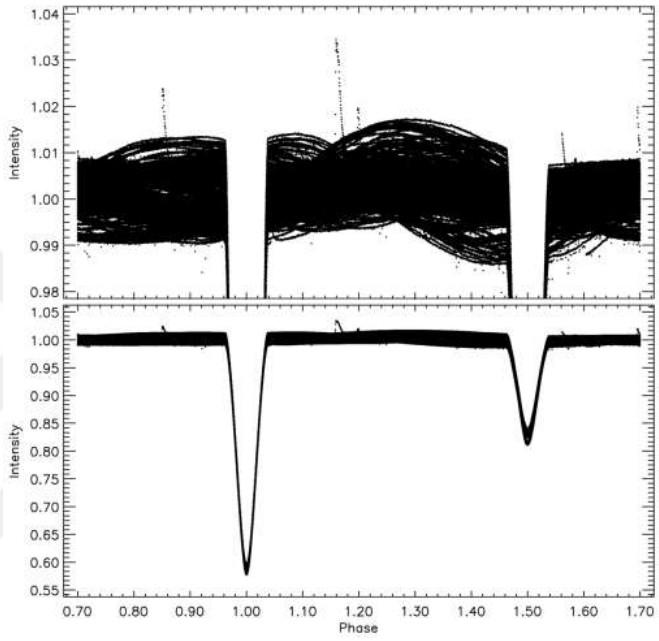
Kozyreva vd. (2015), bu çalışmalarında, Tutukov ve Bogomazov'un (2012) gezegen barındırmaya uygun yakın çift yıldız sistemleri listesinden seçtikleri FL Lyr sisteminin yörünge dönemi değişimi analizini gerçekleştirmişlerdir. Öncelikle *Kepler* uydusu verilerinden tüm minimum zamanlarını hesaplamışlardır. *Kepler* SC (Short Cadance) verilerinden detaylı bir fotometrik yörünge çözümü ile elde ettikleri şablon ışık eğrisini tüm *Kepler* ışık eğrilerine uyumlayarak minimum zamanlarını elde etmişlerdir. Sadece baş minimum zamanları için oluşturdukları (O-C) diyagramı verilerini frekans analizinden geçirerek olası gezegen bileşenin yarattığı ışık-zaman etkisinin dönemini belirlemeye çalışmışlardır. Frekans analizi sonucu elde ettikleri dönemler arasından tercih ettikleri ~7 yıl dönem ile evrelendirdikleri (O-C) diyagramı Şekil 2.4'de görülmektedir. Bu değişime karşılık gelen gezegen kütlesini 2 $M_{jüp}$ olarak hesaplamışlardır. Ancak, bu çalışmalarından kısa bir süre sonra bir düzeltme makalesi yayınlayarak (Kozyreva vd., 2016) yaptıkları bir hesap hatasını rapor etmişler ve önerdikleri gezegen kütlesinin doğru hesaplanmış değerinin 4 $M_{jüp}$ olduğunu bildirmişlerdir.



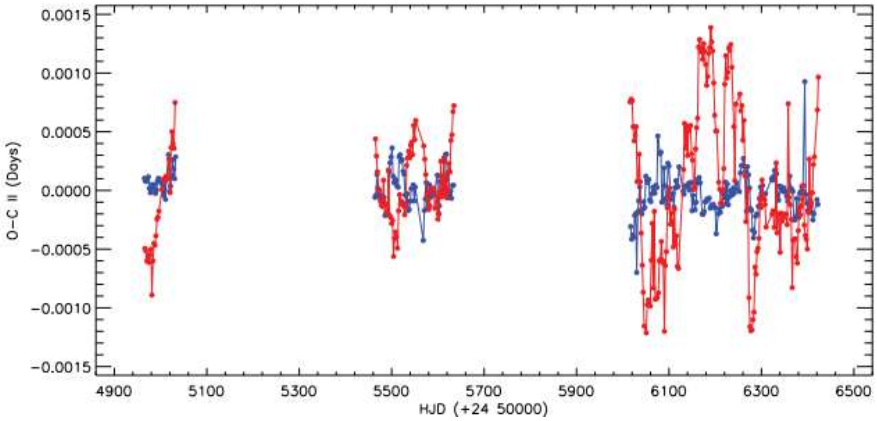
Şekil 2.4 Kozyreva vd.'nin (2015) FL Lyr sistemi için önerdikleri 2 $M_{jüp}$ kütleli gezegen için hesapladıkları ~7 yıl süreli yörünge dönemi ile evrelendirdikleri (O-C) diyagramı. Noktalar, hesapladıkları tüm *Kepler* baş minimum zamanlarını, sürekli eğri ise gezegenin yarattığı ışık-zaman etkisi modelini temsil etmektedir.

Yoldaş ve Dal (2016), FL Lyr sistemini *Kepler*'in kısa pozlu (SC - Short Cadence) fotometrik verilerini kullanarak ayrıntılı bir kromosferik aktivite analizi ile birlikte dönem analizine tabi tutmuşlardır. Işık eğrisinde tutulmalar dışında gözlenen sinüzoidal değişimlerin, bileşenlerden birinin yüzeyinde bulunan soğuk lekelerden kaynaklandığını

göstermişlerdir. Yaptıkları modellemeler sonucunda, yaklaşık 180° boylam farkıyla ayrılmış ve +50° ile +100° enlemleri arasında konumlanmış iki aktif bölgenin varlığını ortaya koymuşlardır. Ayrıca sistemde toplam 240 flare olayı tespit edilmiş (bkz. Şekil 2.5) ve bu parlamaların temel parametreleri hesaplanmıştır. Dönem analizi sonucunda ise elde edilen (O–C) diyagramlarında (bkz. Şekil 2.6) görülen antikorele yapıların leke göçü ve manyetik etkinlik ile ilişkili olabileceği sonucuna ulaşmışlardır.

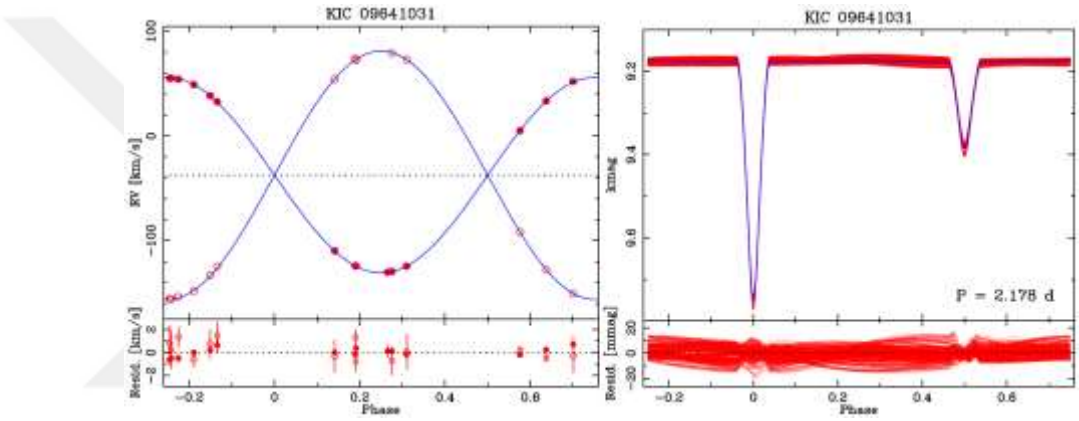


Şekil 2.5 Yoldaş ve Dal (2016) tarafından FL Lyr'in Kepler verilerinden elde edilen ışık eğrileri. Alt panelde bir yörünge evresini kapsayan tüm ışık eğrisi, üst panelde ise tutulma dışı sinüzoidal modülasyonlar ve flare olayları gösterilmektedir.



Şekil 2.6 Yoldaş ve Dal (2016) tarafından FL Lyr sistemi için oluşturulan (O–C) diyagramı. Birincil (mavi) ve ikincil (kırmızı) minimumların antikorele yapılar sergilediği görülmektedir.

Hełminiak vd. (2017, 2019), *Kepler Örten Çift Kataloğu*'ndan (KEBC; Prsa vd. 2011, Slawson vd. 2011, Kirk vd. 2016) belirli kriterler doğrultusunda seçtikleri bazı ayrık örten çift yıldızların detaylı yörünge analizlerini yaptıkları bir dizi çalışmalarına FL Lyr'i de dahil etmişlerdir. HIDES tayfçekerini kullanarak elde ettikleri tayflardan her iki bileşene ait dikine hız değerlerini hesaplamışlar ve *Kepler* uydusu fotometrik verileriyle oluşturdukları ışık eğrileri ile birlikte, JKTEBOP kodunu (Southworth vd. 2004a, 2004b) kullanarak analiz etmişlerdir (bkz. Şekil 2.7). 2017 yılındaki çalışmalarını, ek dikine hız gözlemleri ile güncelleyerek 2019 yılında yayınlamışlardır. Analizler sonucu FL Lyr için elde ettikleri mutlak parametreler Çizelge 2.3'te verilmiştir.



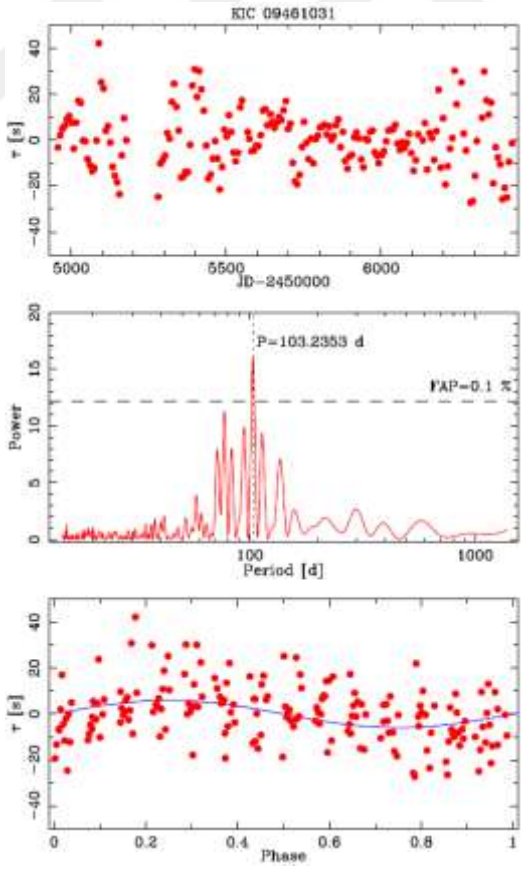
Şekil 2.7 Helminiak vd.'nin (2019) FL Lyr sistemi için elde ettikleri *Kepler* ışık eğrisi (sağda) ve dikine hız eğrisi (solda) çözümleri. Kırmızı renkli noktalar gözlemsel değerleri, mavi sürekli eğriler modelleri temsil etmektedir. Her iki grafiğin altında modelden olan artıklar görülmektedir.

Çizelge 2.3 FL Lyr çift sisteminin Helminiak vd. (2019) tarafından hesaplanan fiziksel boyutları

Parametre	**Baş Bileşen**	**Yoldaş Bileşen**	**Parametre**	**Baş Bileşen**	**Yoldaş Bileşen**
Kütle M [$M_\odot$]	1.2102(76)	0.9512(39)	**Işınım gücü** $\log L$ [$L_\odot$]	0.330(35)	-0.180(80)
Yarıçap R [$R_\odot$]	1.244(23)	0.900(24)	**Dik. Hız Gen.** K [km/sn]	93.34(10)	118.75(35)
Çekim ivmesi $\log g$ [cgs]	4.331(16)	4.508(23)	**Yör. Eğimi** i [°]	87.13(71)	
Sıcaklık T_e [K]	6264(112)	5490(247)	**Uzaklık** [pc]	130(5)	

Hełminiak vd. (2017), *Kepler* fotometrik verilerinden hesaplamış oldukları minimum zamanları için oluşturdukları (O-C) eğrisine Lomb-Scargle periodogram analizi yaparak, Kozyreva vd.'nin (2015, 2016) önerdiği gezegen bileşenin varlığını da denetlemişlerdir.

Şekil 2.8'de, oluşturdukları (O-C) eğrisi, periodogram analizi sonucunda elde ettikleri güç spektrumu ve elde ettikleri en olası dönem değeri (P=103.2 gün, genliği 6.0±1.2 sn) ile evrelendirilmiş (O-C) diyagramı görülmektedir. (O-C) diyagramında Kozyreva vd.'nin (2015) tespit ettiği dönemliliklerin izine rastlamadıklarını ifade etmişlerdir. Tespit etmiş oldukları P=103.2 gün dönemli değişimin, sisteme bağlı ilave bir cismin yarattığı ışık-zaman etkisinden kaynaklanması halinde ilave cismin kütlesinin $m \sin i \sim 50$ $M_{jüp}$ civarında olması gerektiğini ve dikine hızlarda 1.26 km/sn genliğe sahip çevrimsel bir dikine hız katkısı getirmesi gerektiğini hesaplamışlardır. Dolayısıyla, bu katkının dikine hızlarda etkisinin görülmesi gerektiğini, ancak dikine hız ölçümlerinde böyle bir etkinin varlığını kanıtlayamadıklarını ifade etmişlerdir. Bu değişimin olası nedenini, ışık eğrilerinin tutulmalar dışında kalan kısımlarında izlerine rastlanan, karanlık yıldız lekelerinin zaman içerisinde gösterdikleri modülasyonlara ve yapısal değişiklik etkilerine bağlamışlardır.



Şekil 2.8 Helminiak vd.'nin (2017) FL Lyr'in *Kepler* fotometrik verisinden hesapladıkları minimum zamanları için oluşturdukları (O-C) diyagramı (üstte), (O-C) diyagramı verisine uyguladıkları Lomb-Scargle periodogram analizi ile elde ettikleri güç spektrumu (ortada) ve istatistik anlamlı P=103.2 gün dönem ile evrelendirdikleri (O-C) diyagramı (altta).

Windemuth vd. (2019), dikine hız ölçümleri olmaksızın fotometrik ışık eğrilerini, bileşen yıldızların sürekli enerji dağılımlarını ve teorik yıldız evrim modellerini kullanarak, ayrık örten çift yıldızların mutlak fiziksel parametrelerini elde etmek için geliştirdikleri ve çıkarıma (*ing.* inference) dayalı bir analiz yöntemi ile *Kepler Örten Çift Kataloğu*'ndan (KEBC; Prsa vd. 2011, Slawson vd. 2011, Kirk vd. 2016) belirli kriterler doğrultusunda seçtikleri bazı ayrık örten çift yıldızların analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Bu kapsamda, FL Lyr için elde ettikleri mutlak fiziksel boyutlar Çizelge 2.4'te listelenmiştir. Windemuth vd. (2019), seçtikleri 728 sistem için tutulma zamanlama değişimi (*ing.* Eclipse Timing Variation – ETV) gösterip göstermediklerini de gözden geçirmişler ve FL Lyr'in tutulma zamanlamasında kayda değer bir değişim tespit edememişlerdir.

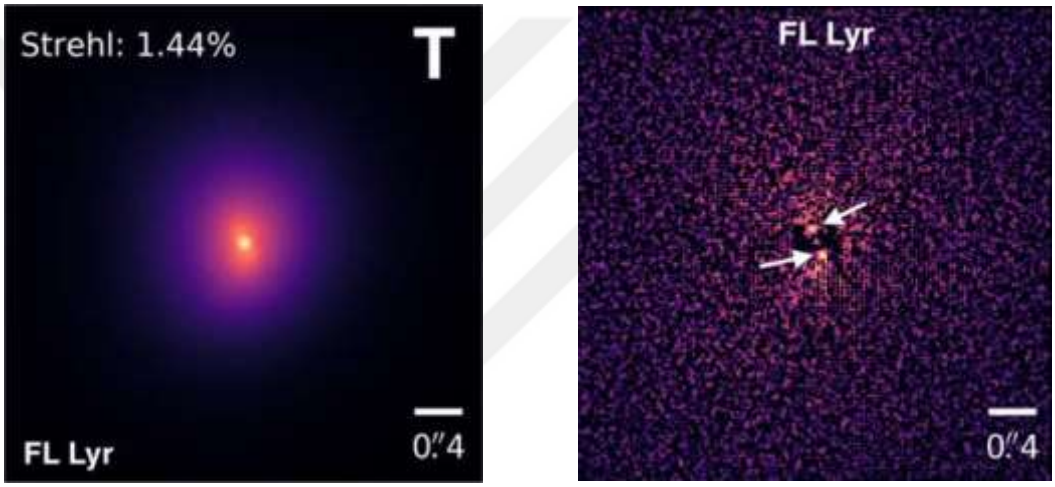
Çizelge 2.4 FL Lyr çift sisteminin Windemuth vd. (2019) tarafından hesaplanan fiziksel boyutları

Parametre	**Baş Bileşen**	**Yoldaş Bileşen**	**Parametre**	**Sistem**
Kütle M [M⊙]	$1.326^{+0,003}_{-0,004}$	$0.987^{+0,006}_{-0,006}$	**Metalisite** Z [$Z_{\odot}$=0.015]	$0.019^{+0,002}_{-0,002}$
Yarıçap R [R⊙]	$1.286^{+0,004}_{-0,004}$	$1.003^{+0,006}_{-0,007}$	**Yaş** $log\ t$ [yıl]	$7.432^{+0,012}_{-0,012}$
Yör. Eğimi i [°]	$86.11^{+0,05}_{-0,06}$		**Uzaklık** [pc]	$137.4^{+1,0}_{-1,1}$

Stolle-McAllister vd. (2020), bu çalışmalarında *Kepler* ve *TESS* fotometrik verilerinin yanı sıra yer tabanlı gözlemevlerinden elde ettikleri ilave gözlem verilerini de kullanarak FL Lyr'in ışık eğrisinde izlenen değişimleri detaylı olarak çalışmışlardır. *Kepler* verisinde uzun zaman ölçekli olarak baş minimum derinliğinin arttığını, yan minimum derinliğinin ise azaldığını not etmişlerdir. *Kepler* verisinde izlenen bu durumun sistemdeki aktivite çevriminden kaynaklandığı sonucuna varmışlardır. Bu yorumlarını destekler nitelikte, tutulmalar dışı ışık değişiminde de benzer nitelikte bir karakterin izlendiğini bildirmişlerdir.

Laos vd. (2020), Kitt Peak Gözlemevi'nin 2.1m çaplı teleskobuna bağlı Robotik Lazer Adaptif Optik (Robo-AO) görüntüleme sistemini kullanarak seçilmiş bazı tayfsal çiftlerin etrafında olası ilave bileşenleri tespit etmişler ve gözledikleri örnek grubu için çift

sistemlerin yörünge dönemleri ile üçüncü bileşen yörünge dönemi arasındaki oranın bir sistematik (bağıntı) gösterip göstermediğini denetlemişlerdir. Teknik olarak, çok yüksek uzaysal ayırma güçlü görüntülerden, gözlem sistemini tanımlayan sentetik Nokta Ayrışma Fonksiyonu'nun (*ing.* Point Spread Function – PSF) çıkarılması sonucu kalan artık görüntü desenlerinde ilave bileşenleri tespit eden yazılımsal bir metodla, bu çalışmaya konu olan FL Lyr için 0.20" açısal ayrıklık gösteren (135 pc *Gaia* uzaklığı için 26.5 AB karşılık gelen) ve 31.6 yıl yörünge dönemine sahip olması gereken bir üçüncü bileşen tespit etmişlerdir. FL Lyr için elde edilen Robo-AO görüntüsü ve PSF çıkarılmış görüntü Şekil 2.9'da görülmektedir.

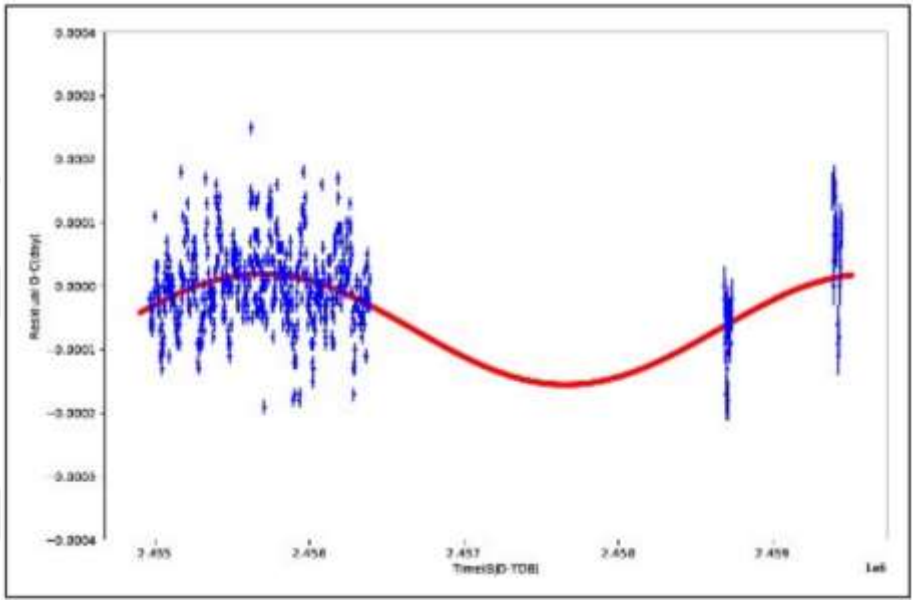


Şekil 2.9 Laos vd.'nin (2020) FL Lyr için Kitt Peak Gözlemevi 2.1 teleskobu ile elde ettikleri Robo-AO görüntüsü (solda) ve PSF çıkarılmış görüntüsü (sağda).

Paki vd. (2022), FL Lyr sisteminin TESS uzay teleskobu verilerini, Kozyreva'nın (2015) *Kepler* minimum zaman listesini ve başlangıç parametreleri için Hełminiak vd. (2017, 2019)'un tayfsal sonuçlarını kullanarak güncel bir ışık eğrisi ve dönem değişim analizi gerçekleştirmişlerdir. Işık eğrisi çözümünde PHOEBE[3] ve MCMC[4] yöntemi uygulanmış, çözüme herhangi bir leke dahil edilmemiştir. TESS verilerinden elde edilen 93 yeni minimum zaman ile Kozyreva'nın listesi birleştirilerek oluşturulan (O–C) diyagramında, Kozyreva'nın öne sürdüğü üçüncü bileşenin varlığı test edilmiştir. Bu (O–C) diyagramına yapılan lineer düzeltme sonrasında elde edilen artıklar üzerine uygulanan sinüzoidal

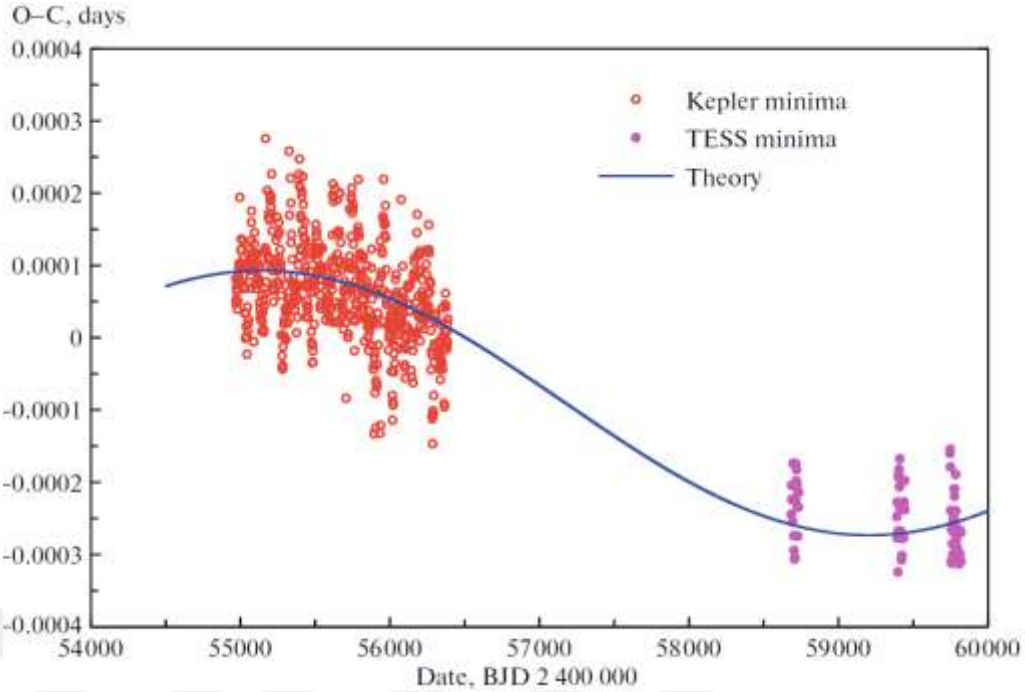
[3] https://phoebe-project.org/
[4] https://en.wikipedia.org/wiki/Markov_chain_Monte_Carlo

uyum sonucunda, yaklaşık $P_{yör}$ ~ 10.8 yıl yörünge periyoduna ve 5.6 $M_{Jüp}$ kütleye sahip olası bir üçüncü bileşenin varlığı ileri sürülmüştür (bkz. Şekil 2.10). Ancak *Kepler* ve TESS gözlemleri arasındaki uzun zaman aralığı, tayfsal olarak doğrudan bir teyidin bulunmaması ve yıldız lekelerinin kısa dönemli modülasyonlarının etkisi dikkate alındığında, bu üçüncü bileşenin varlığının kesinleşmesi için ileride daha fazla fotometrik ve tayfsal gözleme ihtiyaç olduğu belirtilmiştir.



Şekil 2.10 Paki vd. (2022) tarafından *Kepler* ve TESS verilerinin minimum zamanlarının lineer düzeltmesinden elde edilen (O–C) diyagramı.

Kozyreva vd. (2023), daha önce *Kepler* verisinden hesapladıkları minimum zamanları (sadece baş minimumlar) ile yaptıkları ETV çalışmalarını (Kozyreva vd., 2015, 2016), *TESS* verisinden hesapladıkları minimum zamanlarını ekleyerek güncellemişlerdir. Bu çalışma ile önerilen gezegen bileşen için minimum kütle değerini M ~ 6 $M_{jüp}$ ve çift sistem etrafındaki yörüngesinin dönemini ise $P_{yör}$ ~ 22±0.5 yıl olarak bulmuşlardır. Sadece *Kepler* ve TESS verilerinden (sadece baş minimumlarla) oluşturdukları (O-C) diyagramı Şekil 2.11'de yer almaktadır. Ayrıca, sistemin tutulmalar dışında kalan ışık değişiminin bileşenlerden biri üzerinde yer alan soğuk bir lekeden kaynaklandığını belirtmişlerdir.



Şekil 2.11 Kozyreva vd.'nin (2023) *TESS* verilerinden hesapladıkları minimum zamanları (mor renkli noktalar, sadece baş minimumlar) ile güncelledikleri (O-C) diyagramı ve izlenen değişim için önerdikleri gezegen bileşenin yarattığı ışık-zaman etkisi modeli (mavi sürekli eğri). Kırmızı noktalar Kozyreva vd. (2015) çalışmasında *Kepler* verisinden hesapladıkları baş minimumlardır.

2.2 UZ Lyr

UZ Lyr (4.1920 Lyr, BD+37 3424, GSC 03134-01093, KIC 2708156, TIC 122375269, α_{2000} = 19^{sa} 21^{dk} 08.90^{sn}, δ_{2000} = +37° 56' 11.46") sistemi Algol türü bir örten değişen yıldız olup, yörünge dönemi 1.89127270 gündür. Sistemin birinci bileşeni A0 türü bir anakol yıldızı olup, ikinci bileşeni de Roche şişimini doldurmuş bir alt dev yıldızdır (K1 IV) (Budding vd., 2004).

Amerikan Değişen Yıldız Gözlemcileri Derneği'nin (American Association of Variable Star Observers - AAVSO) Kasım 1919 tarihli raporunda, U Lyr'nin fotometrik gözlemleri için mukayese yıldızı olarak kullanılan UZ Lyr'in Algol türü bir örten değişen çift yıldız olduğunun Miss J. C. Mackie tarafından fark edildiği rapor edilmiştir (bkz. Eaton, 1920). Bu keşfin ardından, sistem uzun bir süre detaylı bir çalışma konusu olmamış; *Kepler* verileri literatüre kazandırılana dek birçok fotometrik gözlem yapılmasına rağmen, bunlar genellikle amatör ve profesyonel gözlemciler tarafından gerçekleştirilen, minimum

zamanı belirlemeye yönelik görsel ve fotoğrafik gözlemlerle sınırlı kalmıştır (bkz. Leiner 1921, 1922, 1926, Nijland 1931, Lause 1938, BAV minimum listeleri[5], ORION ve BBSAG minimum listeleri[6], BRNO minimum listeleri (Contributions of the Public Observatory and Planetarium in Brno ve Open Europen Journal on Varible Stars[7], AAVSO minimum listeleri[8], Kreiner vd. 2001). Bu nedenle, Koch vd. (1979) tarafından yeterince çalışılmamış örten çift yıldız sistemlerini içeren bir çalışma listesine dahil edilmiştir.

Rafert (1982), 49 adet örten çift yıldızın ışık elemanlarını güncellemeye yönelik çalışmasında, UZ Lyr çift yıldız sisteminin minimum zamanlarına ilişkin (O-C) diyagramındaki değişimin, kuadratik bir terim ile sinüsel bir terimin bileşkesi olarak tanımlanan ışık elemanlarıyla temsil edilebileceğini göstermiştir. Bu analiz sonucunda yörünge döneminde çevrimsel yapılı bir değişimin varlığına dair ilk kanıtları sunmuş, ancak bu değişimin eksen dönmesiyle ilgili olduğuna dair herhangi bir bulgu elde edememiştir.

Vesper vd. (2001), US Naval Gözlemevi'nin Flagstaff İstasyonu'ndaki 1.02 m çapındaki teleskop ile 37 Algol türü çift yıldız için yaklaşık beş yıl boyunca Hα bölgesini kapsayan tayfsal gözlemlerini elde etmişlerdir. Bu tayfsal veri, klasik Algol'lerde izlenen bileşenler arası kütle aktarımı yapısının, tayflarındaki Hα salma profillerindeki değişimlerle izlendiği çalışmada kullanılmıştır. Çalışma, kütle transferi aktivitesinin yaygınlığı, disk varlığı ve belirli kütle transfer yapılarıyla ilişkili sistem durumları hakkında önemli bilgiler sağlamıştır. UZ Lyr çift yıldız sistemi üzerinde yapılan incelemeler sonucunda, sınırlı veri olmasına rağmen sistemin kütle transferi gerçekleştirdiği, ancak hızlı dönen kalıcı bir diske sahip olmadığı belirlenmiştir.

Budding (1984), Algol türü örten çift yıldız sistemleri üzerine literatürde yer alan fotometrik ve tayfsal çalışmaların sonuçlarından derlediği bir katalog çalışmasını 411

[5] https://www.bav-astro.eu/index.php/veroeffentlichungen/service-for-scientists/bav-mitteilungen
[6] http://www.variables.ch/observations_BBSAG.html
[7] https://oejv.physics.muni.cz/?lang=en
[8] https://www.aavso.org/observed-minima-timings-eclipsing-binaries

sistem için yayınlamıştır. Budding vd. (2004) bu çalışmayı temel alarak, yeni eklenen sistemler ve bazı sistemler için yenilenen çalışma sonuçları ile söz konusu kataloğu güncellemişlerdir. Tüm kataloglanan yıldızlar için, mutlak parametreler farklı kaynaklardan elde edilerek bir araya getirilmiş ve bu veriler, CDS[9] veri tabanında bir bütün halinde erişime açılmıştır. Katalog kayıtlarında UZ Lyr için listelenen mutlak parametreler Çizelge 2.5'te yer almaktadır.

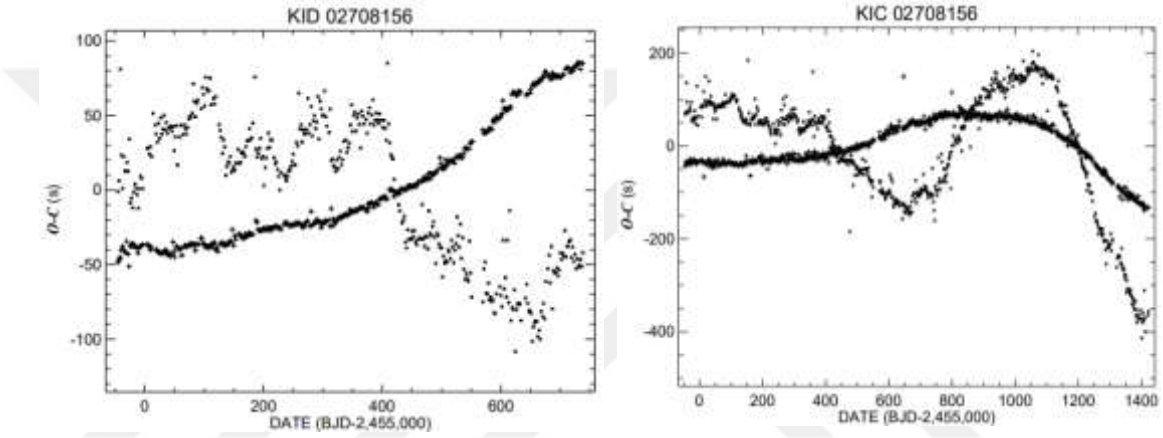
Çizelge 2.5 Budding vd. (2004) tarafından derlenen UZ Lyr çift yıldız sisteminin mutlak parametreleri

Parametre	**Baş Bileşen**	**Yoldaş Bileşen**	**Parametre**	**Sistem**	
Kütle M [$M_\odot$]	3.170	0.630	**Yör. Eğimi** i [°]	82.00	
Yarıçap R [$R_\odot$]	10.040	2.810	**Renk Ölçeği** (B-V)	0.013	
Işınım Gücü L [$L_\odot$]	58.710	2.760	**Tayf Türü**	A0 V	K1 IV

*Kepler'*in ilk 44 günlük operasyon süresinde gözlemlenen 947 örten çift yıldızın (UZ Lyr dahil) detaylı incelemesi ve analizine dayanan kapsamlı bir çalışma, "*Kepler Örten Çiftler Kataloğu" (Kepler Eclipsing Binary Catalogue - KEBC)* adıyla yayımlanmıştır (Prsa, 2011). Bu katalogda, UZ Lyr çift yıldız sistemine ilişkin yeni ışık elemanları (BJD_0, P), temel astrofiziksel parametreler ve üçüncü ışık katkısına dair olası değerler sunulmuştur. KEBC'nin üç farklı sürümüne yönelik yayınlar da literatürde yer almış olup, bunlar Slawson vd. (2011), Kirk vd. (2016) ve ilgili diğer çalışmaları içermektedir. Toplamda 2920 adet örten değişen sistemin *Kepler* ışık eğrileri, yapay zekâ destekli bir yöntemle analiz edilerek sonuçları bu kataloglarda paylaşılmıştır. Bununla birlikte, KEBC kataloglarında yer alan çift yıldızların bileşenlerine ait sıcaklık değerleri (T_1, T_2), HESS (Howell-Everett Survey), KIS (Kepler INT Survey) ve 2MASS görevlerinden elde edilen fotometrik gözlemlerden türetilen sürekli enerji dağılımı (SED) verileri kullanılarak Armstrong vd. (2014) tarafından revize edilmiştir.

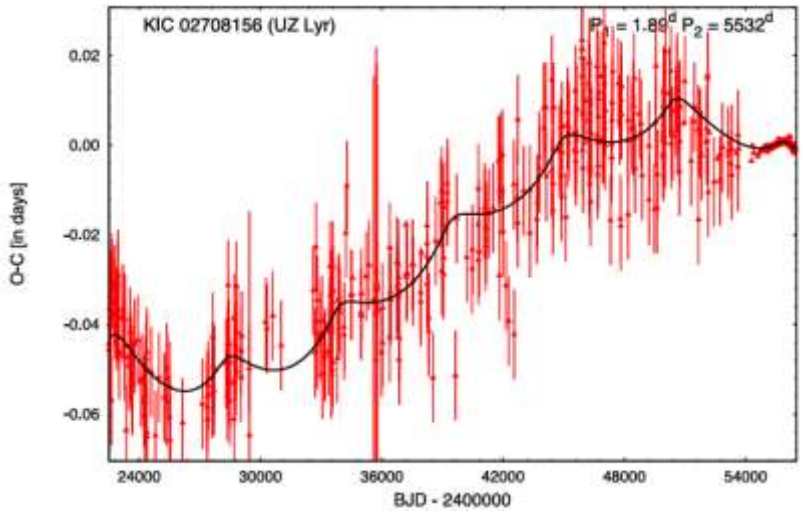
[9] https://cdsarc.cds.unistra.fr/viz-bin/qcat?J/A+A/417/263

Gies vd. (2012), UZ Lyr ile birlikte 41 adet ayrık ve yarı-ayrık örten çift sistemin *Kepler* fotometrik verilerini kullanarak hesapladıkları tutulma zamanlarını kullanarak oluşturdukları (O-C) diyagramlarında (bkz. Şekil 2.12) ilave bir bileşenin varlığına dair izler aramışlardır. Ancak UZ Lyr için üçüncü bir bileşen varlığına dair ikna edici bir sonuca ulaşamamışlardır. Ancak, bu çalışmalarından üç yıl sonra ilave verilerin eklenmesiyle yayınladıkları benzer bir çalışmada (O-C) diyagramında görülen dönemli değişimin üçüncü bir cisimden veya hareketli yıldız lekelerinden kaynaklanabileceğini bildirmişleridir (Gies vd. 2015).



Şekil 2.12 Kepler verilerinden hesaplanmış birinci (+ sembolü) ve ikinci (x sembolü) minimum zamanları kullanılarak UZ Lyr için oluşturulan O-C diyagramları. Solda Gies vd. (2012), sağda Gies vd. (2015) çalışmasından.

Borkovits vd. (2016), *Kepler* fotometrik gözlemlerinden hesapladıkları minimum zamanlarına yer tabanlı fotometrik gözlemlerden hesaplanan minimum zamanlarını da ekleyerek, yaklaşık 2600 örten çift yıldız sistemi için ETV analizlerini gerçekleştirmişlerdir. UZ Lyr sisteminin de dahil olduğu 222 çift sistemde dinamik etkilerin neden olduğu tutulma zamanlama değişimlerini anlamak amacıyla (O-C) diyagramlarında ışık-zaman etkisi (LiTE) çözümlemesi yapmış (bkz. Şekil 2.13) ve ilave cisimlerin varlığına dair net kanıtlar elde etmişlerdir. UZ Lyr çift sistemi etrafında yaklaşık 15 yıllık periyoda sahip bir yörüngede dolanan ve 0.17 $M_{\odot}$ minimum kütleye sahip üçüncü bir cisim varlığına işaret etmişlerdir. Üçüncü cisme ait hesapladıkları diğer parametreler Çizelge 2.6'da listelenmiştir.

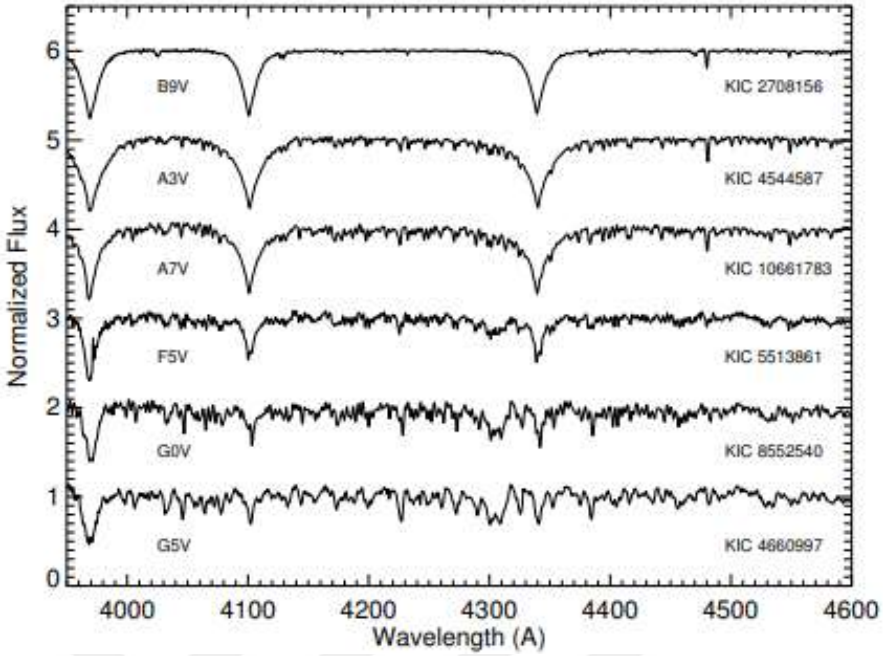


Şekil 2.13 Borkovits vd. (2016) tarafından UZ Lyr için oluşturulan (O-C) diyagramı. Kırmızı renkli noktalar *Kepler* ve yer tabanlı gözlemlerden hesaplanan birinci ve ikinci minimum zamanlarını, siyah renkli eğri ise ışık-zaman etkisi modelini temsil etmektedir.

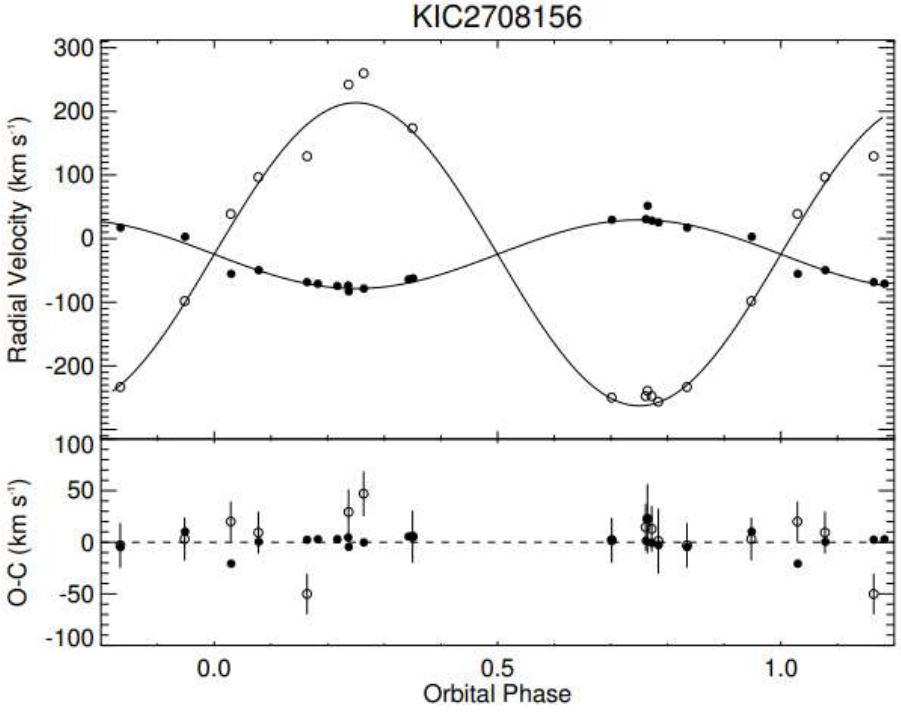
Çizelge 2.6 UZ Lyr çift yıldız sisteminin Borkovits vd. (2016) tarafından gerçekleştirilen tutulma zamanlama değişimi analizi sonucunda üçüncü cisim için elde edilen fiziksel parametreler

P_1 [gün]	1.8912615 (2)
P_3 [yıl]	15.14 (26)
asini [AB]	0.637 (32)
e	0.46 (3)
ω [°]	242 (9)
T_3 [MBJD]	2455955 (153)
***f* (m_3)** [$M_\odot$]	0.0011 (2)
msini [$M_\odot$]	0.17

Matson vd. (2017), Gies vd. (2012, 2015) tarafından ETV analizleri yapılan ve ilave cisim barındırma potansiyeli yüksek 41 örten çift sistem için (UZ Lyr dahil) hassas tayfsal gözlemler elde etmişler (bkz. Şekil 2.14) ve dikine hızlarını ölçmüşlerdir. UZ Lyr çift sistemi için bu gözlemler, Haziran 2010 - Ağustos 2013 arasında Kitt Peak National Gözlemevi'nde 4 metre ayna çapına sahip Mayall teleskobu ve *R-C (BL380)* tayf çekeriyle, Temmuz 2010 - Kasım 2012 arasında ise Lowell Gözlemevi'nde 1.8 metre ayna çapına sahip Perkins teleskobu ve *DeVeny* tayf çekeri ile yapılmıştır.



Şekil 2.14 Matson vd. (2017) tarafından incelenen 41 örten çift yıldız sisteminin en sıcak örneği olan UZ Lyr (KIC 2708156) ve daha soğuk yıldızlara doğru birkaç farklı örneğin gözlenen tayfları. UZ Lyr için baskın olan çizgiler, sırasıyla Hγ (4340 Å), Hδ (4102 Å) ve Hε (3970 Å) olmak üzere Hidrojen Balmer serisi çizgileridir. UZ Lyr geç B tayf türü bir yıldız olduğundan, tayfında diğer yıldızlara kıyasla daha az metal çizgisi görülmektedir.



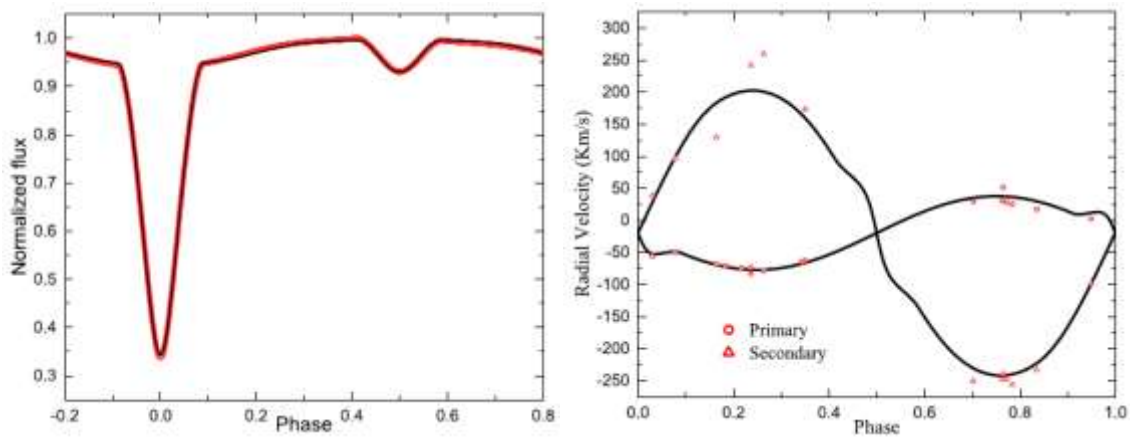
Şekil 2.15 Matson vd. (2017)'nin kendi tayfsal gözlemlerinden UZ Lyr için oluşturdukları dikine hız eğrileri (üst panel). İçi dolu semboller birinci bileşen, boş olanlar ise ikinci bileşen için dikine hızları temsil etmektedir. Sürekli eğriler çözüm sonucu elde edilen modelleri ifade etmektedir. Alt panelde modelden olan artıklar görünmektedir.

Matson vd. (2017), UZ Lyr çift yıldız sistemi için dikine hız eğrilerinin çözümünü elde ederken, başlangıç parametreleri olarak Slawson vd. (2011) tarafından belirlenen parametreleri kullanmışlar ve sistemin güncel tayfsal yörünge parametrelerini elde etmişlerdir (bkz. Çizelge 2.7). Şekil 2.15'te elde ettikleri dikine hız eğrileri ve çözümlerine ilişkin model eğrileri görülmektedir. UZ Lyr'in tayflarında üçüncü bir bileşenin varlığına dair herhangi bir ize rastlamamışlardır.

Çizelge 2.7 Matson vd. (2017) tarafından UZ Lyr için gerçekleştirilen dikine hız eğrisi çözümünden elde edilen fiziksel parametreler.

Parametre	**Baş Bileşen**	**Yoldaş Bileşen**	**Parametre**	**Sistem**
Kütle M [M$_\odot$]	4.05 ± 0.3	0.92 ± 0.07	**Kütle Merkezinin Dikine Hızı** γ [km/sn]	-25 ± 2
Dik. Hız Gen. K [km/sn]	54 ± 2	238 ± 8	**Kütle oranı** q	0.23 ± 0.01
			Yarı-Büyük Eksen Uzunluğu a [R$_\odot$]	11.0 ± 0.3

Roobiat ve Pazhouhesh (2022), UZ Lyr'in ilk kez eş zamanlı dikine hız ve ışık eğrisi (*Kepler* ışık eğrileri) analizini gerçekleştirmişler ve bu yolla sistemin bileşenleri ve yörüngesinin fiziksel parametrelerini belirlemenin yanı sıra (O-C) diyagramı analizi ile sistemin göstermekte olduğu dönem değişimini de detaylı olarak çalışmışlardır. Eş zamanlı dikine hız ve ışık eğrisi analizi sırasında veri olarak Matson vd. (2017)'nin dikine hız değerlerini ve *Kepler* kısa pozlu (SC - Short Cadence) fotometrik gözlemlerinden üretilen ışık eğrisini kullanmışlardır. Analiz sırasında PHOEBE bilgisayar yazılımını (Prsa ve Zwitter 2005) kullanmışlardır. Analize öncelikle "ayrık" modda başlamışlar, ancak ilerleyen adımlarda fiziksel olarak anlamı sonuçlara "yarı-ayrık" modda erişilebildiğini vurgulamışlardır. Buna göre, sistemin ikinci bileşeninin 1. kritik Roche şişimini doldurmuş, görece evrimde daha ileri safhada bir yıldız olduğunu vurgulamışlardır. Analiz sırasında kayda değer bir 3. ışık katkısının olmadığı ve bileşenler üzerinde herhangi bir leke yapısına ihtiyaç duyulmadığını rapor etmişlerdir. Analiz sonucu elde ettikleri ışık eğrisi ve dikine hız eğrisi modelleri Şekil 2.16'te, sistem ve bileşenleri için hesapladıkları mutlak parametreler ise Çizelge 2.8'de yer almaktadır.



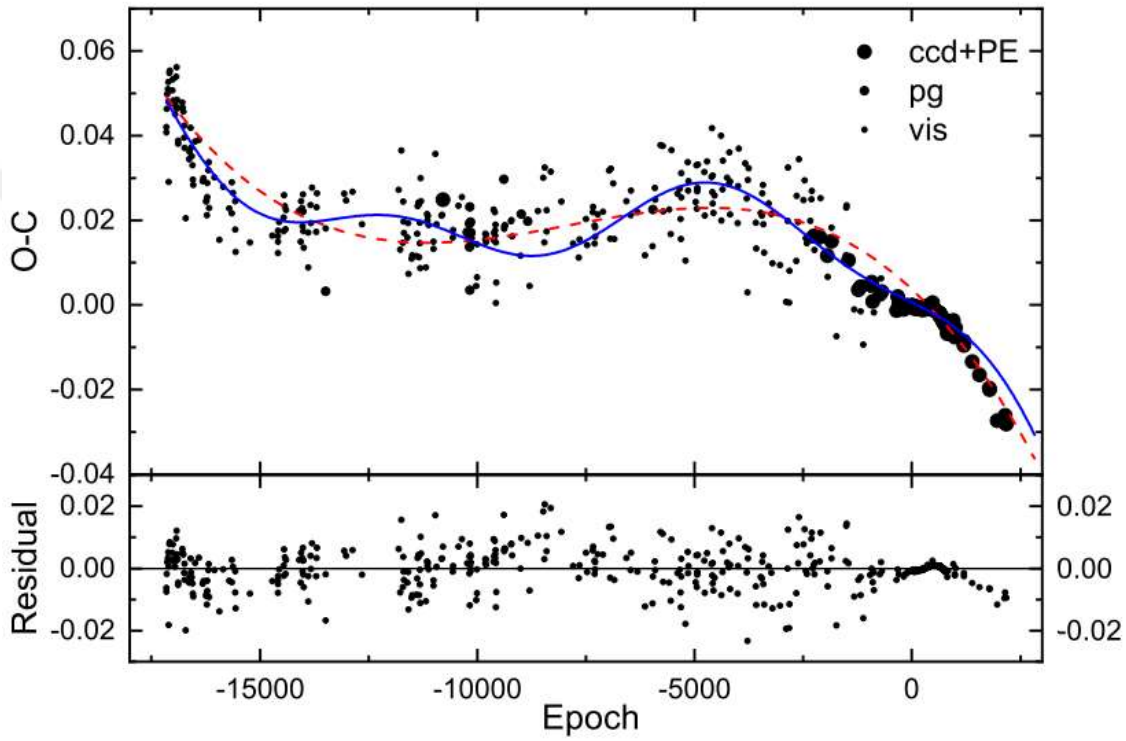
Şekil 2.16 Roobiat ve Pazhouhesh (2022) tarafından UZ Lyr için gerçekleştirilen eş zamanlı dikine hız ve ışık eğrisi analizi sonucu model eğrileri, gözlemsel verilerle birlikte sunulmuştur. Solda ışık eğrisi sağda dikine hız eğrisi görülmektedir. Siyah sürekli eğriler modelleri temsil etmektedir.

Çizelge 2.8 Roobiat ve Pazhouhesh (2022) tarafından UZ Lyr için gerçekleştirilen eş zamanlı dikine hız ve ışık eğrisi analizi sonuçlarından hesapladıkları fiziksel parametreler

Parametre	**Baş Bileşen**	**Yoldaş Bileşen**	**Parametre**	**Sistem**
Kütle M [$M_\odot$]	3.52 ± 0.12	0.91 ± 0.18	**Kütle Merkezinin Dikine Hızı** γ [km/sn]	-19 ± 3
Yarıçap R [$R_\odot$]	1.74 ± 0.53	1.75 ± 0.81	**Yörünge eğimi** i [°]	81.485 ± 0.008
Işınım Gücü L [$L_\odot$]	47.5 ± 28.9	0.99 ± 0.92	**Yarı-Büyük Eksen Uzunluğu** a [$R_\odot$]	10.56 ± 0.57
Sıcaklık T_{eff} [K]	11461	4259 ± 7	**Kütle oranı** q	0.2242 ± 0.0003

Roobiat ve Pazhouhesh (2022), UZ Lyr'in *Kepler* gözlemlerinden elde edilen ışık eğrilerinden belirlenen birinci minimum zamanlarını, "Kepler Örten Çift Kataloğu'ndan (Kepler Eclipsing Binary Catalog (KEBC)) almışlar ve literatürde yer alan tüm birinci minimum zamanları ile birleştirerek (968 adet birinci minimum zamanı) bir O-C diyagramı oluşturmuşlardır (bkz. Şekil 2.17). (O-C) diyagramında görünen değişimi bir doğrusal ve 2 sinüzoidal terimden oluşan bir modelle uyumlamışlardır. Sinüzoidal terimleri Irwin (1959)'in ışık-zaman etkisi (LiTE) formülasyonunu temel alan yapıdadır. Kurguladıkları modelde, bileşenler arası kütle aktarımını temsil eden kuadratik bir terime

ihtiyaç bulunmadığını rapor etmişlerdir. Böylelikle, sisteme çekimsel olarak bağlı iki ilave cismin varlığını önermişler ve ilave bileşenlerin minimum kütle değerlerini 0.31 $M_\odot$ ve 0.55 $M_\odot$, yörünge dönemlerini de sırasıyla, 23 yıl ve 360 yıl olarak tespit etmişlerdir. İki ilave bileşen için (O-C) analizi sonucu elde ettikleri tüm parametreler Çizelge 2.9'da yer almaktadır. Elde ettikleri bulgular neticesinde üçüncü ve dördüncü bileşenlerin büyük olasılıkla beyaz cüce veya kahverengi cüce olabileceği sonucuna varmışlardır.

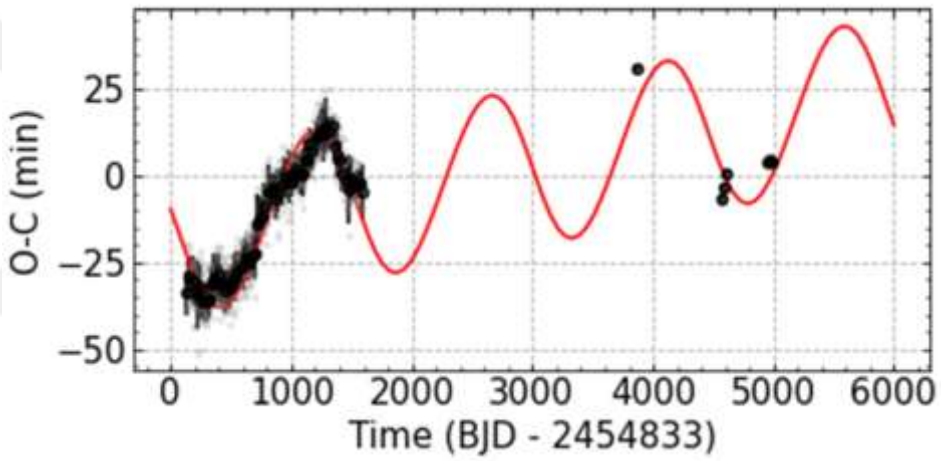


Şekil 2.17 Roobiat ve Pazhouhesh (2022) tarafından UZ Lyr sistemi için oluşturulan (O-C) diyagramı. Mavi eğri, üçüncü ve dördüncü cisimlerin varlığı kabul edilerek ışık-zaman etkisi altında elde edilen çözüm modelini gösterirken, kırmızı kesikli çizgi yalnızca dördüncü cisim için uygulanan LiTE modelini temsil etmektedir. Grafiğin alt kısmında ise modelden olan artıklar gösterilmiştir.

Çizelge 2.9 UZ Lyr çift yıldız sistemi için, Roobiat ve Pazhouhesh (2022) tarafından tespit edilen ilave bileşenlerin fiziksel parametreleri

3. Bileşen		**4. Bileşen**	
$\mathbf{P_3}$ [yıl]	23.140 (20)	$\mathbf{P_4}$ [yıl]	360 (85)
$\mathbf{a_3 sini}$ [AB]	13.645 (17)	$\mathbf{a_4 sini}$ [AB]	88.344 (21)
$\mathbf{e_3}$	0.06 (2)	$\mathbf{e_4}$	0.60 (11)
$\boldsymbol{\omega_3}$ [°]	63 (2)	$\boldsymbol{\omega_4}$ [°]	56 (6)
$\mathbf{(T_0)_3}$ [HJD]	2447473 (2524)	$\mathbf{(T_0)_4}$ [HJD]	2446644 (874)
$\boldsymbol{f}$ **(m3)** [$M_\odot$]	0.00138751 (2)	$\boldsymbol{f}$ **(m4)** [$M_\odot$]	0.005990 (9)
$\mathbf{M_3 sini}$ [$M_\odot$]	0.31494 (13)	$\mathbf{M_4 sini}$ [$M_\odot$]	0.55187 (29)

Inácio vd. (2024), Conroy vd.'nin (2014) ilave bileşen içerme olasılığı yüksek çift yıldız sistemleri listesinden, hem *Kepler* hem de *TESS* gözlemleri mevcut olan 253 çift sistem (UZ Lyr dahil) seçmişler ve bu sistemler için üçüncü cisimlerin varlığının doğrulanması ve karakterize edilmesi yönünde bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada, UZ Lyr 'in de dahil olduğu 75 çift yıldız sisteminin (O-C) diaygramlarında periyodik bir değişimin var olduğunu tespit ederek potansiyel üçüncü cisim adayları olarak sınıflandırmışlar ve çift sisteme bağlı üçüncü cismin yörünge parametrelerini hesaplanmışlardır. Şekil 2.18'te Inácio vd.'nin (2024) oluşturdukları (O-C) diyagramı ve model uyumlaması, Çizelge 2.10'da ise LiTE çözümlemesi ile hesapladıkları üçüncü bileşene ait fiziksel parametreler görülmektedir.



Şekil 2.18 Inácio vd.'nin (2024) tarafından UZ Lyr sistemi için *Kepler* ve *TESS* verilerinden oluşturulan (O-C) diyagramı. Kırmızı eğri, lineer bir terim ile birlikte üçüncü cismin ışık-zaman etkisi altında uygulanan LiTE modelini temsil etmektedir. Siyah noktalar ise gözlemleri temsil etmektedir.

Çizelge 2.10 Inácio vd.'nin (2024) UZ Lyr çift yıldız sisteminde tespit ettikleri ilave bileşen için hesapladıkları fiziksel parametreler

Parametre	**Değer**
$\mathbf{P_3}$ [gün]	$1437.2^{+13.9}_{-7.6}$
$\mathbf{a_{12,3}sini}$ [AB]	$2.777^{+0.078}_{-0.136}$
e	$0.087^{+0.167}_{-0,065}$
ω [°]	$186.6^{+7.7}_{-4.4}$
$\mathbf{(T_0)_3}$ [BJD]	$2454936.0^{+5.0}_{-3.6}$

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

FL Lyr ve UZ Lyr sistemlerinin yeni minimum zamanlarını belirlemek amacıyla Ankara Üniversitesi Kreiken Rasathanesi (AÜKR) bünyesindeki T35 ve T80 teleskopları kullanılarak CCD fotometrik gözlemleri gerçekleştirilmiştir. T35 teleskobunda, 2758 x 2208 piksel çözünürlüğe ve 4.54 μm piksel boyutuna sahip önden aydınlatmalı QSI 660WS CCD kamerası kullanılmıştır. T80 teleskobunda ise, 1024 x 1024 piksel çözünürlüğe ve 13 μm piksel boyutuna sahip arkadan aydınlatmalı APOGEE ALTA-U47+ CCD kamerası kullanılmıştır. 2023 yılında gerçekleştirilen gözlemlerde, T80 teleskobunda SDSS g ve r filtreleri, T35 teleskobunda ise Johnson-Cousins V ve R filtreleri kullanılmıştır. Her iki teleskoptan elde edilen CCD görüntülerine Bias, Dark ve Flat düzeltmeleri uygulanmış ve açıklık fotometrisi `MaxIM-DL`[10] yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. 2024 yılında ise yalnızca T80 teleskobundan gözlemler alınmış olup, bu gözlemler SDSS g, r ve i filtreleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu veriler üzerinde Bias, Dark ve Flat düzeltmeleri ile açıklık fotometrisi, `C-Munipack`[11] yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Gözlem zamanları, Güneş merkezine indirgenmiş HJD birimindedir. Elde edilen tutulma profilleri, Kwee-van Woerden yöntemini (Kwee ve van Woerden 1956) temel alan `Xtrema` yazılımı (Bahar vd. 2015) ile analiz edilerek minimum zamanları hesaplanmış ve hatalarıyla birlikte Çizelge 3.1'de sunulmuştur.

Her iki sistemin de literatürde yayınlamış çok sayıda minimum zamanı bulunmaktadır. Sistemlerin bu verileri, örten çift yıldızların minimum zamanlarının topluca derlendiği VarAstro[12] (eski O-C Gateway) ve Lichtenknecker DataBase (LkDB)[13] veritabanlarından alınmış ve ilgili orijinal kaynakları üzerinden hepsinin HJD biriminde olup olmadığı ve yazım hatalarının bulunup bulunmadığı kontrol edilmiştir.

[10] https://diffractionlimited.com/product/maxim-dl/

[11] https://c-munipack.sourceforge.net/

[12] https://var.astro.cz/en

[13] https://www.bav-astro.eu/index.php/veroeffentlichungen/lichtenknecker-database

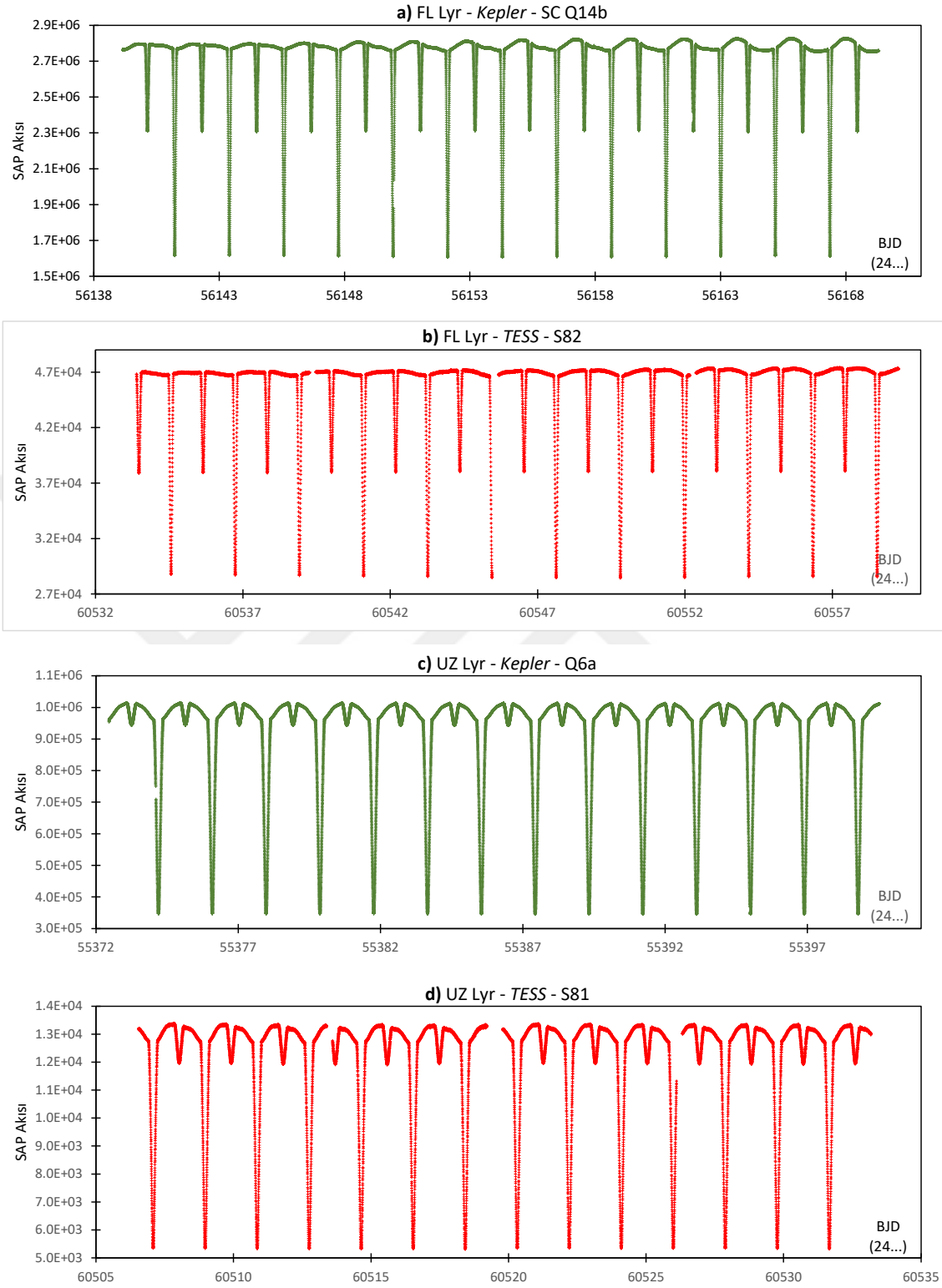
Çizelge 3.1 FL Lyr ve UZ Lyr örten çift sistemlerinin AÜKR teleskoplarıyla elde edilen gözlemlerinden hesaplanan minimum zamanları

Sistem	Tarih	Min [HJD]	Tür [I/II]	Filtre	Teleskop
FL Lyr	14/07/2023	2460140.31685(21)	I	V	T35
		2460140.31695(27)	I	R	T35
	28/07/2024	2460520.40553(10)	II	g	T80
		2460520.40576(9)	II	r	T80
		2460520.40599(8)	II	i	T80
UZ Lyr	25/07/2023	2460151.51980(8)	I	r	T80
		2460151.52027(1)	I	g	T80
	18/09/2023	2460206.36723(11)	I	R	T35
		2460206.36725(10)	I	V	T35

Her iki sistem de *Kepler* ve *TESS* uzay teleskoplarıyla gözlenmiştir. FL Lyr'in tüm *Kepler* gözlem çeyrekliklerinde (Q0-Q17) 30 dk. poz süreli "Long Cadence (LC)" ışık ölçüm verisi mevcuttur. Bunun yanında, 1 dk. poz süreli "Short Cadence (SC)" verisi sadece Q1, Q2a, Q7, Q8, Q13-Q17 çeyrekliklerinde bulunmaktadır. *TESS* verisi ise S14, S15, S40, S41, S53, S54, S55, S80 ve S82 sektörlerinde mevcuttur. UZ Lyr'in de tüm *Kepler* gözlem çeyrekliklerinde (Q0-Q17) "LC" ışık ölçüm verisi mevcuttur. Bunun yanı sıra sadece Q2a, Q6a, Q10a, ve Q14a çeyrekliklerinde "SC" verisi bulunmaktadır. *TESS* verisi ise S14, S40, S41, S54, S55, S74 ve S81 sektörlerinde bulunmaktadır. Tüm TESS verileri 120 sn. poz süreli ölçümlerden oluşmaktadır. Her iki sistemin *Kepler* ve TESS gözlemlerine dayalı ışık eğrilerinden örnekler Şekil 3.1'de verilmiştir.

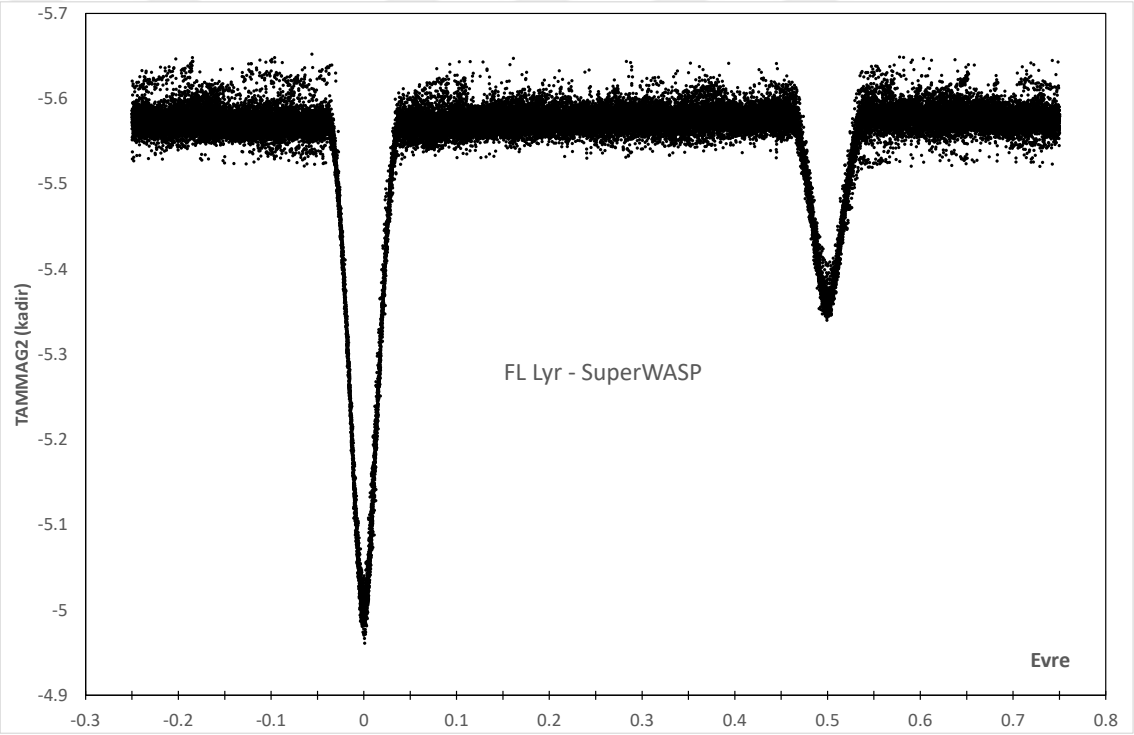
Her iki sistemin yukarıda sözü edilen *Kepler* ve *TESS* ışık ölçüm verileri (Simple Aperture Photometry (SAP) akı değerleri) MAST[14] veri tabanı aracılığı ile indirilmiş ve minimum zamanları `Xtrema` yazılımı (Bahar vd., 2015) kullanılarak hatalarıyla birlikte hesaplanmıştır. *Kepler* minimum zamanları, mevcut olduğu sürece SC verisinden, aksi takdirde LC verisinde 5 yörünge çevriminde bir birleştirilmiş minimum profillerinden (normal minimum), BJD biriminde hesaplanmıştır. Tüm *Kepler* ve *TESS* minimum zamanları HJD birimine çevirilerek minimum zamanı listelerimize eklenmiştir.

[14] https://archive.stsci.edu/



Şekil 3.1 a) FL Lyr'in *Kepler* Q14b çeyrekliği SC ışık eğrisi, tutulma dışı ışık değişimi dikkat çekicidir, b) FL Lyr'in *TESS* S82 sektörü ışık eğrisi, c) UZ Lyr'in *Kepler* Q6a çeyrekliği SC ışık eğrisi, d) UZ Lyr'in *TESS* S81 sektörü ışık eğrisi, maksimumlar arası asimetri dikkat çekicidir.

FL Lyr çift yıldız sisteminin *SuperWASP*[15] robotik tüm gökyüzü tarama teleskoplarından (kuzey yarım küre için "*SuperWASP-North*", güney yarım küre için "*SuperWASP-South*") 2004-2008 yıllarında alınmış fotometrik gözlem verisi de bulunmaktadır. *SuperWASP-North* teleskobuyla elde edilen gözlemleri, VeSPA[16] Arşivi'nden (The SuperWASP Variable Star Photometry Archive) indirilmiş ve minimum zamanları yine *Xtrema* yazılımı (Bahar vd., 2015) kullanılarak hatalarıyla birlikte hesaplanmıştır. 2004-2008 yıllarında elde edilen fotometrik gözlemlerden üretilen ışık eğrisi Şekil 3.2'de yer almaktadır. Bu yolla, *SuperWASP* verisinden 30 adet minimum zamanı (14 birinci minimum ve 16 ikinci minimum zamanı) FL Lyr için ilk kez elde edilmiştir. Elde edilen minimum zamanları HJD biriminde, yıldızın minimum zamanı listesine eklenmiştir.



Şekil 3.2 FL Lyr için SuperWASP VesPA arşivinden indirilen gözlem verisinden elde edilen ışık eğrisi. Dikey eksen, SuperWASP gözlem sisteminin ölçtüğü akı değerlerinden üretilen ve kadir birimindeki "TAMMAG2" parlaklık değerleri cinsindendir.

Çizelge 3.2'de her iki sistem için mevcut minimum zamanlarının gözlem metodlarına ve türlerine (baş minimum: Min I ve yan minimum: Min II) göre sayıca dağılımları

[15] https://www.superwasp.org/
[16] https://www.superwasp.org/vespa/

verilmiştir. FL Lyr'in toplamda 1800 adet minimum zamanı 1934-2024 arasında 90 yıl zaman aralığına dağılmışken, UZ Lyr'in 2095 adet minimum zamanı 1920-2024 arasında 104 yıllık bir zaman aralığını kapsamaktadır.

Çizelge 3.2 FL Lyr ve UZ Lyr örten çift sistemlerinin minimum zamanlarının gözlem metodu ve türlerine göre sayıca dağılımları

Min. metodu	**FL Lyr**		**UZ Lyr**	
	Min I	**Min II**	**Min I**	**Min II**
Görsel (vis)	218	4	412	-
Fotoğrafik (pg)	6	-	11	-
Fotoelektrik (pe)	22	1	2	-
CCD (ccd)	64	11	53	1
Kepler (kpl)	620	614	713	720
TESS (tss)	105	105	92	91
SuperWASP (wsp)	14	16	-	-
TOPLAM	**1800**		**2095**	

Bu çalışmada hesaplanan ve literatürden toplanan tüm minimum zamanları ve bunlara ilişkin referans listeleri, FL Lyr ve UZ Lyr için sırasıyla EK-1 ve EK-2'de verilmiştir.

3.2 Yöntem

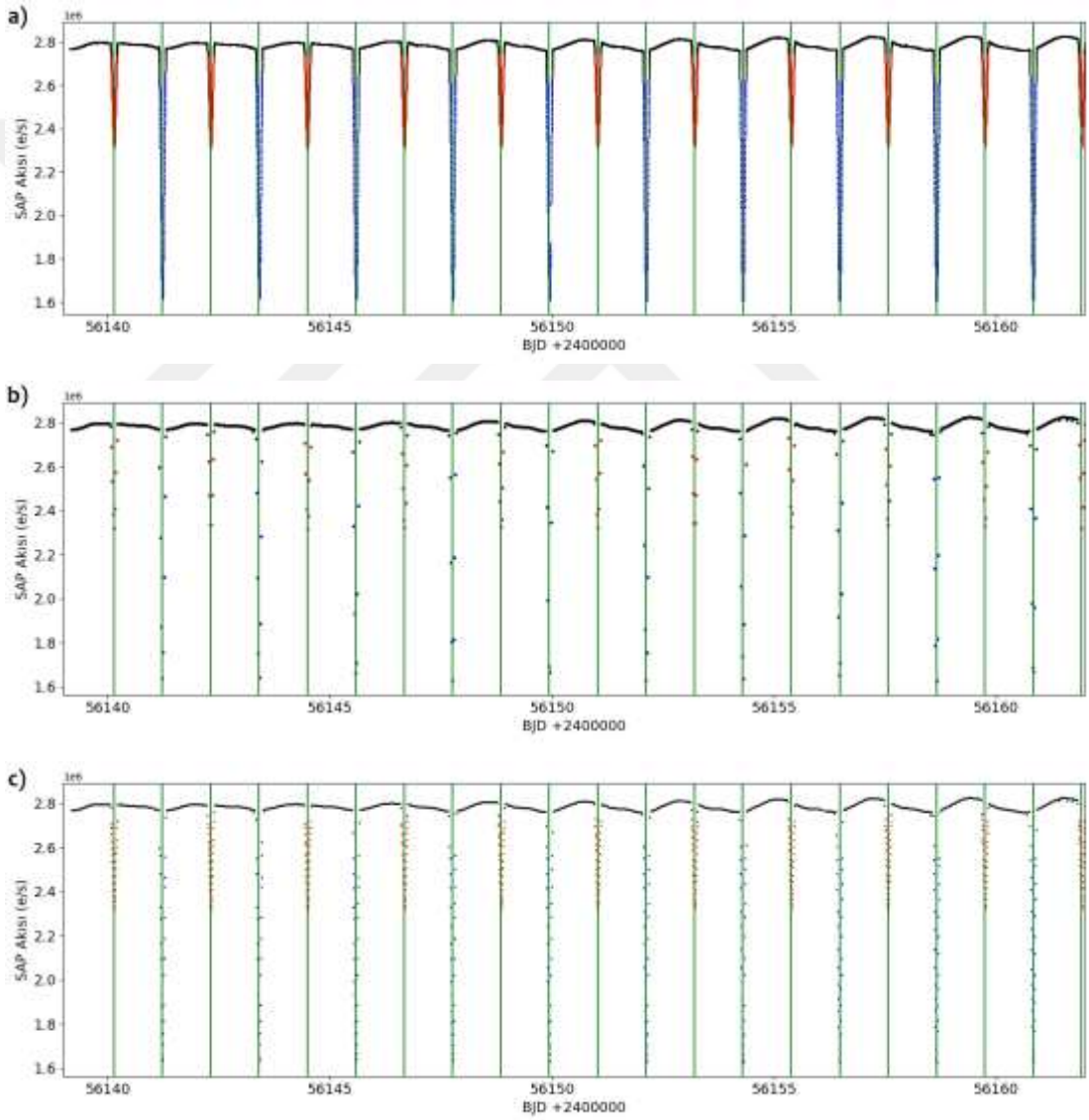
Bu tez çalışması sırasında, farklı amaçlara yönelik 4 adet analiz yöntemi kullanılmıştır. Bunlardan biri örten çift yıldızların ışık eğrilerinin minimum profillerinden minimum zamanı tespit eden teknikleri kapsar. Bir diğeri ise, örten çift yıldızların minimum zamanlarının gözlenen değerleri (O) ile kuramsal olarak hesaplanan değerleri (C) arasındaki farkların zamana göre gösterdikleri dağılım olan (O-C) diyagramlarını analiz eden tekniklerdir. Günümüzde bu teknikler "Tutulma Zamanlama Değişimi Analizi (*ing.* Eclipse Timing Variation Analysis - ETV)" veya kısaca "ETV Analizi" olarak anılmaktadır. Bu iki yöntem de özünde "eğri uyumlama (*ing.* curve fit)" algortimalarına sahip bilgisayar kodları formundadır. Algoritmalar, kullanıcının eğri uyumlaması uygulayacağı değişimleri doğurduğu düşünülen fiziksel mekanizmaları/olguları temsil eden matematiksel bağıntıları içeren "en küçük kareler optimizasyonu (*ing.* least-squares

optimisation)" yöntemleri üzerine kurgulanmıştır. Bu çalışmada kullanılan bir diğer yöntem, çoğul dönemlilik gösteren bir zaman serisi verisindeki her bir dönem değerini çözümlemeyi sağlayan "Fourier Analizi" veya "Periodogram" tekniğidir. Dördüncü ve son olarak, kütleçekim etkisi ile birbirlerine bağlı ve ortak kütle merkezi etrafında yörünge hareketi yapan çoklu bileşenli dinamik sistemlerin yörünge kararlılıklarını test etmekte kullanılan bir N-cisim simülatörü (N-cisim yörünge ilerleticisi) de bu çalışmada kullanılmıştır.

3.2.1 Minimum zamanı belirleme yöntemi

Örten çift yıldızların ışık eğrilerinin minimum profillerinden minimum zamanı tespit eden yöntemler temel olarak "V" biçimindeki tutulma profilinin alanını eşit iki parçaya bölen profil "ortay"ını (*ing.* bisector) tespit etmeye yöneliktir. Bu teknik, zaman serisi olarak ele alınan gözlemsel minimum profilini eşit zaman aralıklı normal noktalara dönüştürülüp, başlangıçta varsayılan bir ortay etrafında sayısal olarak birbiri üzerine katlar. Profilin iniş ve çıkış kollarındaki karşılıklı noktaların ne kadar iyi eşleştiğini kontrol eder. Algoritma bu işlevi ardışık tekrarla birçok varsayılan ortay için yaparak iki kol arasındaki uyumsuzluğun en aza indiği durumu çözüm olarak seçer. Bu tekniğin kökeni, Hertzsprung (1928), Oosterhoff (1929) ve De Kort (1941)'un çalışmalarına dayanmaktadır. Kwee ve van Woerden (1956), söz konusu bu yöntemle minimum zamanı ile ortalama hatasını belirleyen ve hesaplamaya daha yatkın matematiksel ifadelerini oluşturmuş ve problemi tanımlayan denklemleri en küçük kareler yöntemi ile çözen bir algoritma önermiştir. Literatürde "Kwee – van Woerden Yöntemi" olarak bilinen bu yöntem zaman içerisinde birçok araştırmacı tarafından bazı geliştirmeler yapılarak (özellikle hata hesabında) ve ötegezegen geçiş zamanlarının tespitine de uyarlanarak bilgisayar kodlarına dönüştürülmüştür (bkz. Deeg ve Tingley 2017, Deeg 2020 ve bunlarda verilen kaynaklar). Bu tez çalışmasında, yıldızların *Kepler, TESS, SuperWASP* ve *AÜKR* verilerinden minimum zamanlarını belirlemek için, Kwee-van Woerden yöntemini temel alan ve Bahar vd. (2015) tarafından `Pyhton` programlama dilinde geliştirilen `Xtrema` yazılımı kullanılmıştır. Literatürdeki benzerlerinden `Xtrema` yazılımını ayıran en önemli özellik, *Kepler* ve *TESS* gibi kesintisiz ve oldukça uzun zaman aralığına dağılmış çok sayıda minimum profili içeren gözlem verisinden, ortalama

bir dönem değeri kullanarak, zaman serisi içindeki tüm minimum zamanlarının tek seferde kodu çalıştırmakla hesaplanabilmesidir. Ayrıca kod, kullanıcının belirlediği sayıda ardışık minimum profillerini birleştirerek "normal minimum" zamanı hesaplama özelliğine de sahiptir. Kodun bu özelliği, her iki yıldızın *Kepler* LC verisinden hesaplanan minimum zamanları için kullanılmıştır. Şekil 3.3'de, FL Lyr'in tez çalışmasında kullanılan Q14 çeyrekliğindeki SC ve LC verisinin bir kısmı için tespit edilen minimum zamanlarını işaretleyen `Xtrema` yazılımı görsel çıktıları örnek olarak verilmiştir.



Şekil 3.3 Xtrema yazılımının, FL Lyr'nin Kepler verisinden (Q14 çeyrekliğinin bir kısmı) tespit ettiği minimum zamanlarını işaretlediği görsel çıktılarına örnekler. Yeşil dikey çizgiler minimum zamanının yerini, mavi semboller baş, kırmızı semboller ise yan minimum profilini temsil eden noktaları göstermektedir. a) Q14b SC çeyrekliğine ait veri, b) Q14 LC çeyrekliğine ait veri, c) Q14 LC çeyrekliğine ait veride ardışık 5 adet minimum profili birleştirilerek normal minimum hesabı.

3.2.2 Tutulma zamanlama değişimi (ETV) analizi yöntemi

Çift yıldız sistemlerinde dönem değişimi, bileşen yıldızların evrimleşmelerinin, birbirleri ve çevreleri ile etkileşmelerinin doğal sonuçlarıdır. Bu değişimlerin nedenleri dört temel grupta sınıflandırılmaktadır:

(i) Eksen dönmesi,
(ii) Bileşenler arası korunumlu kütle aktarımı veya sistemden korunumsuz kütle kaybı,
(iii) Manyetik aktivite etkisi (uzun dönemli manyetik aktivite çevrim etkisi ve/veya soğuk yıldızların yüzeyinde görünen güneş benzeri lekelerin minimum profillerinde neden olduğu zamanla değişken asimetriler),
(iv) Çift sisteme fiziksel olarak bağlı bir ek cismin varlığı.

Örten çift yıldız sistemlerinde bu olguların en kolay belirlenebildiği ve incelenebildiği teknik ETV analizi yöntemidir. ETV analizi, örten bir çift sistemin minimum zamanları için oluşturulan (O-C) diyagramlarında, yukarıda söz edilen olguların karakteristiklerini tespit ederek ve bunları tanımlayan matematiksel ilişkilerden oluşma bir modeli (O-C) değişimine uyumlayarak yapılmaktadır.

Bir örten çift yıldızın HJD (veya BJD) biriminde olmak üzere gözlenmiş "O" minimum zamanları,

$$(O\text{-}C) = O - (T_0 + P_s \times E) \tag{3.1}$$

şeklindeki bağıntıda kullanılarak (O-C) değerleri hesaplanmaktadır. Burada "T_0" referans olarak seçilen bir başlangıç baş minimum zamanı (HJD veya BJD biriminde) olup örten çift yıldızın doğrusal ışık elemanlarından biridir. "P_s" ise doğrusal ışık elemanlarının ikincisi olup örten çift yıldızın gün biriminde yörünge dönemini ifade eder. "E" kuramsal çevrim sayısı değeri olup, "T_0"dan "O" zamanına kadar geçen tam veya yarım yörünge turu sayısını belirtir ve baş minimumlar için onda birler basamağı 0, yan minimumlar için onda birler basamağı 5 olacak şekilde aşağıda verilen koşullara göre hesaplanır:

$$E_p = (O - T_0) / P_s \tag{3.2}$$

olmak üzere,

$$E = \begin{cases} \text{ROUND}(E_p;0) & \text{Eğer “O” baş minimum ise} \\ \text{TRUNC}(E_p) - 0.5 & \text{Eğer “O” yan minimum ve } E_p \text{ değeri negatif ise} \\ \text{TRUNC}(E_p) + 0.5 & \text{Eğer “O” yan minimum ve } E_p \text{ değeri pozitif ise} \end{cases}$$

Bu şekilde her bir “O” gözlenen minimum zamanı için hesaplanan E değerleri (3.1) bağıntısında yerine konarak (O-C) değeri hesaplanır ve E değerlerine karşılık bir grafiğe aktarılırsa (O-C) diyagramı elde edilmiş olur.

(O-C) diyagramında bir dönem değişiminin varlığından bahsedebilmek için, diyagrama uyumlanan C_M model bağıntısının E’ye göre

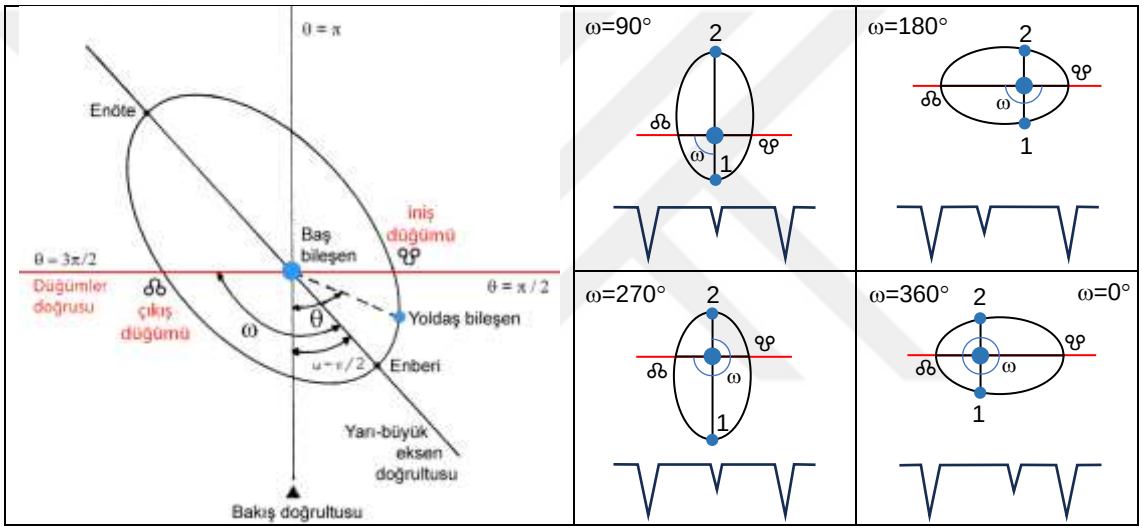
$$\delta P = dC_M / dE \tag{3.3}$$

türevi, yine E’ye bağımlı bir fonksiyon vermelidir. Burada δP, dönem değişimi fonksiyonu adını alır. (O-C) diyagramındaki veri bir doğru boyunca dağılım gösteriyorsa, en küçük kareler yöntemi ile uyumlayacağımız C_M model bağıntısı

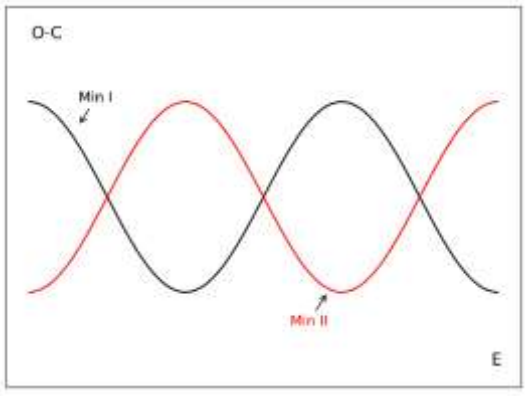
$$C_M = \Delta T_0 + \Delta P_s \times E \tag{3.4}$$

şeklinde olacaktır. (3.4) bağıntısınn E’ye göre türevi, δP=sabit olacağından, (O-C) diyagramlarında bir doğru boyunca görülen dağılımlar, yörünge dönemi değişimi anlamına gelmemektedir. Bu yolla elde edilen ΔT_0 ve ΔP_s düzeltme değerleri uyumlama öncesi kullandığımız T_0 ve P_s değerlerine eklenerek, referans baş minimum zamanı ve yörünge dönemi için daha doğru değerler elde edilmiş olur. Bu işleve, “doğrusal ışık elemanları düzeltmesi” adı verilir. Yukarıda i-iv maddelerinde tanımlanan dönem değişimi mekanizmaları kendilerini (O-C) diyagramında farklı karaktere sahip sistematik yapılar olarak gösterirler. Dolayısıyla C_M modeli bu karakterleri temsil eden ve (3.4) bağıntısına eklenen ek terimlerle kurgulanır.

Bir dönem değişim mekanizması olarak "eksen dönmesi", örten çift sistemin yörüngesinin eliptik olması ve buna bağlı olarak yörünge yarı-büyük eksen doğrultusunun uzaydaki sabit bir referans doğrultusuna göre, yörünge düzleminde dönme hareketi (presesyon) yapmasından kaynaklanır. Böylesi bir çift sistemin yörüngesinin enberi noktasının durum açısı, ω (enberi noktasının boylamı) zamanla değişim göstereceğinden, birbirini takip eden baş ve yan minimumlar arası süreler çevrimsel bir değişkenlik gösterecektir (bkz. Şekil 3.4). Bu olgu (O-C) diyagramında, Min I ve Min II verilerinin, aynı döneme sahip ancak aralarında tam olarak 180° faz farkı olan iki çevrimsel karakterli dağılım göstermesine neden olur (bkz. Şekil 3.5).



Şekil 3.4 Sol panel: eliptik yörüngeye sahip bir örten çift sistemin yörüngesine ilişkin temsili bir gösterim ve bazı temel doğrultular ve açılar. Sağ dörtlü panel**:** ω'nın farklı değerleri için çift sistem yörüngesinin konumlanması ve elde edilecek ışık eğrilerinin temsili gösterimi. Bu panellerde yoldaş bileşen için işaretlenen "1" konumları baş minimum, "2" ile işaretlenenler ise yan minimum ortası durumlarını temsil etmektedir.



Şekil 3.5 Eksen dönmesi gösteren bir örten çift sistemin Min I ve Min II verilerinin (O-C) diyagramında oluşturacağı ters fazlı sinüzoidal değişimlerin temsili gösterimi.

Bu durumda, en basit anlamda C_M model bağıntısı Min I ve Min II verileri için iki ayrı bağıntı olmak üzere

Baş minimumlar için (Min I) : $C_M = \Delta T_0 + \Delta P_s \times E - A \cos(\omega_0 + \dot{\omega} \times E)$ (3.5)

Yan minimumlar için (Min II) : $C_M = \Delta T_0 + \Delta P_s \times E + A \cos(\omega_0 + \dot{\omega} \times E)$ (3.6)

şeklinde verilmektedir. Burada A, her iki minimum türünün gösterdiği sinüzoidal dağılımın yarı-genliği (birimi gün); ω_0, E=0 iken (yani T_0 anında) yörüngenin enberi noktasının durum (pozisyon) açısı (birimi derece); $\dot{\omega}$ ise bir yörünge dönemi başına enberi noktasının durum açısının değişim miktarıdır (birimi derece/çevrim). Eğer (O-C) verisi için doğrusal ışık elemanları düzeltmesi baştan yapılmış ise (3.5) ve (3.6) model bağıntılarından ilk iki terimin çıkarılarak en küçük kareler uyumlaması yapılması gerekir. Uyumlama sonucu tespit edilen A, ω_0 ve $\dot{\omega}$ değerleri ile,

$$A = [P_s\, e\, (1+\mathrm{cosec}(i)] / 2\pi \quad (3.7)$$

eşitliğinden yörünge dışmerkezlik değeri, e hesaplanır. Burada i, yörünge eğim açısı olup örten çift yıldızın ışık eğrisi analizi ile değeri bulunabilir. Ayrıca,

$$U = (360^\circ \cdot P_a / \dot{\omega}) / 365.25 \quad (3.8)$$

eşitliği kullanılarak, yıl biriminde sistemin eksen dönme dönemi U elde edilir. Burada P_a gün biriminde anomalistik dönem olup değeri,

$$P_a = P_s / [1 - (\dot{\omega} / 360^\circ)] \quad (3.9)$$

eşitliğinden hesaplanır. Eksen dönmesi olgusunun modellenmesinde, bilgisayar hesaplamaları için alternatif bağıntılar ve eksen dönmesindeki relativistik katkının dikkate alındığı durumlar için Gimenez ve Garcia-Pelayo (1983) ve Gimenez (1985) çalışmalarına bakılabilir. Eksen dönmesi gösteren örten çift yıldızların yukarıda belirtilen şekilde ETV analizi ile elde edilen parametreleri ve mutlak boyutları (kütle, yarıçap) kullanılarak, bileşenlerin evrim durumu hakkında önemli çıkarımlarda bulunmaya olanak

sağlayan ve ortalama yoğunluk dağılımı hakkında fikir veren k_2 iç yapı sabitleri elde edilebilmektedir (detayları için bkz. Claret ve Gimenez 1992).

Astronomların kullandığı formdaki Kepler'in 3. yasası ($m_{1,2}$ bileşen kütleleri $M_\odot$, a yarı büyük eksen uzunluğu AB ve P_s yörünge dönemi yıl biriminde olmak üzere),

$$m_1+m_2 = a^3 / P_s^2 = \text{sabit} \tag{3.10}$$

şeklindedir ve a^3/P_s^2 oranının sabit olması, sistemdeki toplam madde miktarının korunumlu (değişmez) olduğunu ifade eder. Bileşenler arası korunumlu kütle transferinin var olması durumunda m_1+m_2 kütleler toplamında bir değişim olmaz. Ancak, $q=m_2/m_1$ kütle oranı değişim gösterecektir. Kütle aktarımı nedeniyle kütlelerinde bu şekilde bir değişim olan çift sistemde, bileşenler a^3/P_s^2 oranını sabit tutarak tekrar kepleryan bir yörüngede organize olmak adına (yani açısal momentumun korunumu ilkesi gereği) P_s ve a değerlerini değiştirecektir. Eğer yörünge dönemi artarsa, yarı büyük eksen uzunluğu da a^3/P_s^2 oranını sabit tutacak şekilde bir artış gösterecektir. Tersi durumda ise, P_s ve a azalacaktır.

Bileşenler arası kütle aktarımı veya sistemden kütle kaybının yaşandığı örten çift yıldızların (O-C) diyagramları genellikle polinomlarla ifade edilen bir değişim karakteri sergiler. Polinomun derecesi çoğunlukla ikinci dereceden (parabol) olup en küçük kareler yöntemi ile (O-C) verisine uyumlayacağımız C_M model bağıntısı

$$C_M = \Delta T_0 + \Delta P_s \times E + (\tfrac{1}{2}\, dP/dE) \times E^2 \tag{3.11}$$

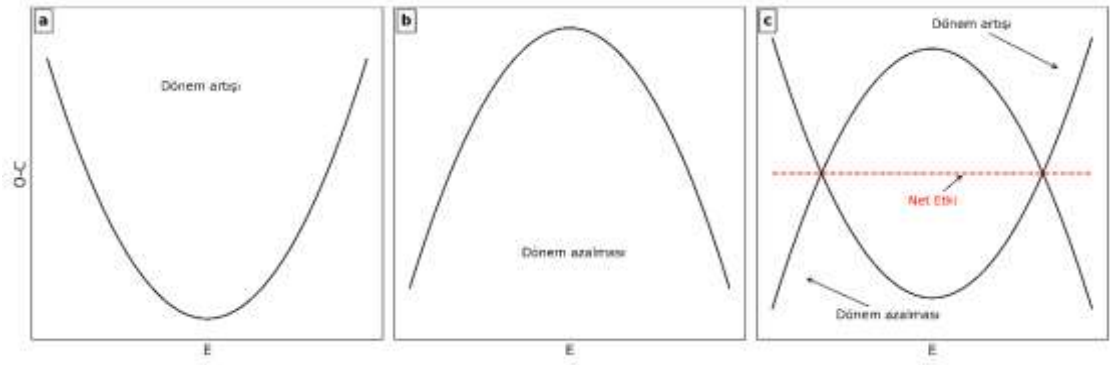
şeklinde ifade edilir. (3.3) formülüne göre türev alınırsa, dönem değişim fonksiyonu,

$$\delta P = dC_M/dE = \Delta P_s + (dP/dE) \times E \tag{3.12}$$

şeklinde E'ye bağlı doğrusal bir bağıntı olarak elde edilir.

Doğru denklemi formundaki bu bağıntının eğim değeri dP/dE'dir. Bu durumda dönem değişimi, dP/dE'nin işaretine bağlı olarak monoton artan (eğer işaret pozitif ise) veya azalan (eğer işaret negatif ise) bir karaktere sahip olacaktır. Eğer (O-C) verisi için doğrusal ışık elemanları düzeltmesi baştan yapılmış ise (3.11) ile verilen model bağıntısından ilk iki terimin çıkarılarak en küçük kareler uyumlaması yapılması gerekir. Uyumlama sonucu elde edilen dP/dE değeri, kütle aktarımı nedeniyle çift sistemin yörünge döneminde görülen dönem değişimi miktarıdır ve birimi gün/çevrim, yani yörünge dönemi başına gün cinsindendir.

dP/dE'nin işareti pozitifse, (O-C) diyagramında görülen parabolik yapının kolları yukarı doğru yönelmiş demektir (bkz. Şekil 3.6.a) ve bu karakter bileşenler arası korunumlu bir kütle aktarımından kaynaklanıyorsa, maddenin akış yönü küçük kütleli bileşenden büyük kütleliye doğrudur. Sonuç olarak sistemin P_s yörünge dönemi monoton bir artış gösterecektir. Bu durum, Roche şişimini doldurmuş düşük kütleli alt dev bileşenden, henüz evrimleşmemiş (ve Roche şişimini doldurmamış) anakol baş bileşene doğru kütle transferinin yaşandığı klasik Algol türü örten çift yıldızlarda sıkça görülen bir durumdur. dP/dE'nin işareti negatifse, (O-C) diyagramında görülen parabolik yapının kolları aşağı doğru yönelmiş demektir (bkz. Şekil 3.6.b) ve kütle aktarımı korunumlu ise madde akış yönü büyük kütleli bileşenden küçük kütleliye doğrudur ve P_s yörünge dönemi monoton bir azalış gösteriyor demektir.



Şekil 3.6 Kütle aktarımı veya sistemden kaybı sonucu (O-C) diyagramlarında görülen kuadratik (parabolik) değişim karakterlerinin temsili gösterimi. (a) Parabol kolları yukarı doğru yönelmiş ve yörünge döneminin doğrusal bir şekilde arttığını göstermektedir. (b) Parabol kolları aşağı doğru yönelmiş ve yörünge döneminin doğrusal bir şekilde azaldığını göstermektedir. (c) küçük kütleli bileşenden büyük kütleliye korunumsuz kütle aktarımında, bileşen tarafından alınan madde miktarı ile uzaya kaybedilen madde miktarının dengelendiği özel bir durumda net etki bir dönem değişimine işaret etmeyecektir.

Sistemden kütle kaybedilmesi halinde, (3.10) bağıntısı ile verilen Kepler'in 3. yasasında M_1+M_2 toplamı (yani a^3/P_s^2 oranı) artık bir sabit değildir ve kaybedilen kütle arttıkça azalan bir değer gösterecektir. Yalın olarak bir çift sistemden kütle kaybı (O-C) diyagramlarında Şekil 3.6.b'deki gibi azalan P_s etkisi yaratmaktadır. Ancak, küçük kütleliden büyük kütleliye doğru bileşenler arası korunumsuz bir kütle transferi sırasında uzaya kaybedilen madde miktarı, karşı bileşen tarafından alınan madde miktarı ile daima eş seviyede ise Şekil 3.6.c'de gösterildiği gibi sıra dışı bir sonuç ortaya çıkabilir ve net bir dönem değişimi yokmuş gibi görünebilir ya da karşı bileşen tarafından alınan madde miktarı kaybedilene oranla daha büyükse net etki kolları yukarı doğru, ancak kollar arası daha açık bir parabole dönüşür ve uyumlama sonucu elde edilen dP/dE dönem değişimi miktarına ancak bir alt limit gözüyle bakılması gerekir (Selam ve Demircan, 1999).

Uyumlama sonucu elde edilen ve gün/çevrim birimindeki dP/dE dönem değişimi miktarının birimini gün/gün ve gün/yıl olarak,

$$\Delta P_{(g)} = (dP/dE)/P_s \text{ [gün/gün]} \Rightarrow \Delta P_{(y)} = 365.25(dP/dE)/P_s \text{ [gün/yıl]}$$

şeklinde dönüştürdükten sonra dönem değişim oranı (*ing.* rate of period change),

$$\frac{\Delta P}{P} = \frac{\Delta P_{(y)}}{P_s} = 365.25 \frac{dP}{dE} \frac{1}{P_s^2} \tag{3.13}$$

bağıntısı ile hesaplanır ve birimi $yıl^{-1}$ dir. Yılda Güneş kütlesi cinsinden ($M_\odot$/yıl) madde aktarımının hızı (*ing.* mass transfer rate) ise

$$\Delta M_1 = \frac{1}{3} \frac{\Delta P}{P} \frac{M_1 M_2}{M_1 - M_2} \tag{3.14}$$

bağıntısı ile hesaplanır[17].

[17] Şenavcı H.V., AST404 Gözlemsel Astronomi Ders Notları.
https://acikders.ankara.edu.tr/course/index.php?categoryid=261

Yakın çift yıldızlarda, geç tayf türünden bileşen yıldızların yüzeyinde oluşan güneş benzeri karanlık lekeler, ışık eğrisinde geçici düzensizliklere yol açabilir. Karanlık lekelerin sayısı ve boyutlarının Güneş'dekine benzer kısa vadeli artış ve azalışlar göstermesi, örten çift sistemde minimum zamanlarında bazı düzensizlikler yaratmaktadır. Bu tür etkiler asıl olarak sistemin yörünge döneminde fiziki bir değişim yaratmazken; ışık eğrisinde görece kısa süreli dalgalanmalar şeklinde kendilerini gösterirler. Bu dalgalanmalar ışık eğrisi minimum profillerinde, özellike soğuk bileşenin örtüldüğü yan minimumun ışık eğrisi profillerinde değişken yapılı asimetriler yaratır ve (O-C) diyagramlarında çok küçük ölçekli dönem sapmaları gibi görünürler (Tran vd. 2013). Çok küçük ölçekli olan bu değişimler, ancak *Kepler* ve *TESS* uydu gözlemevlerinin sağladığı düzeyde zamanlama hassasiyetine sahip gözlem verisinde tespit edilebilmektedir. Güzel bir örneğine, bu tez çalışmasında ele alınan FL Lyr sisteminde şahit olacağız (bkz. Bölüm 4.1)

Yakın çift yıldız sisteminin soğuk bileşeninin manyetik etkinliği, Güneş'dekine benzer uzun vadeli bir çevrimsel değişim gösteriyorsa yörünge döneminde aynı çevrim süresiyle bir değişim ortaya çıkabilmektedir (Applegate 1992). Bu dönem değişim mekanizması, yakın çift yıldız bileşenlerinin eksenleri etrafındaki dönme dönemleri ile yörünge dönemi arasında "dönme-dolanma kilitlenmesi (*ing.* spin-orbit coupling)" olarak adlandırılan olgunun varlığına dayanmaktadır. Bu olgu bileşenlerin eşdönme özelliğine sahip olarak yörünge hareketi boyunca birbirlerine daima aynı yüzlerini göstermesine neden olmaktadır. Applegate (1992), bu durumdaki sistemlerin bileşenlerinden birinin dönme rejimindeki herhangi bir değişikliğin doğrudan yörünge dönemine yansıtıldığını göstermiştir. Soğuk ve manyetik aktif bileşenin manyetik çevrim olgusu nedeniyle dönme döneminde görülen çevrimsel değişimler, aynı çevrim süresi ile çiftin yörünge döneminin de çevrimsel değişim göstermesine neden olur. Dolayısıyla, bir örten çift sistemin uzun süreli gözlemlerinden hesaplanan minimum zamanları, (O-C) diyagramlarında, sinüs eğrileri ile temsil edilebilen bir değişim karakteri gösterecektir (bkz. Şekil 3.7). Applegate'e (1992) göre (O-C) diyagramına uyumlanacak model bağıntısı,

$$C_M = \Delta T_0 + \Delta P_s \times E + A_{sin} \sin[(2\pi\,(E - T_{sin}) / P_{sin}) - (\pi/2)] \qquad (3.15)$$

şekildedir. Burada P_{sin} çevrim sayısı biriminde manyetik çevrim süresi, A_{sin} gün biriminde sinüs eğrisinin yarı genliği ve T_{sin} ise çevrim sayısı biriminde sinüs eğrisinin minimumuna denk gelen referans başvuru zamanıdır. Eğer (O-C) verisi için doğrusal ışık elemanları düzeltmesi baştan yapılmış ise (3.15) ile verilen model bağıntısından ilk iki terimin çıkarılarak en küçük kareler uyumlaması yapılması gerekir. (O-C) diyagramına uyumlama sonrası değerleri tespit edilen A_{sin}, P_{sin} ve T_{sin} parametreleriyle, manyetik etkinlik çevrimi gösteren bileşen hakkında şu bilgilere ulaşmak mümkün olmaktadır (P_{sin} P_s ve T_{sin} değerleri saniye birimine dönüştürülerek):

Çevrim başına dönem değişimi miktarı,

$$\Delta P = 2\pi \frac{A_{sin}}{P_{sin}} P_s \tag{3.16}$$

şeklinde çevrim başına saniye cinsinden bulunur. ΔP'lik bu dönem değişimini yaratmak için gerekli momentum transferi,

$$\Delta J = -\frac{GM^2}{R}\left(\frac{a}{R}\right)^2 \frac{\Delta P}{6\pi} \tag{3.17}$$

bağıntısından gr cm^2 sn^{-1} biriminde elde edilir. Burada M ve R sırasıyla, gr ve cm birimlerinde olmak üzere manyetik aktif bileşenin kütlesi ve yarıçapıdır. a ise cm biriminde yörünge yarı-büyük eksen uzunluğudur. ΔJ düzeyindeki bu momentum transferi için gereken enerji ($M_s = M/10$ konvektif dış katman kütlesi kabulü altında),

$$\Delta E = \frac{3\,\Delta J^2}{M_s\,R^2} \tag{3.18}$$

bağıntısından erg biriminde elde edilir. Aktif yıldızın manyetik çevrim başına toplam ışınım gücündeki değişim,

$$\Delta L = \frac{\pi\,\Delta E}{P_{sin}} \tag{3.19}$$

eşitliği ile erg sn^{-1} biriminde hesaplanır. Aktif yıldızın Gauss biriminde yüzey manyetik alan şiddeti ise,

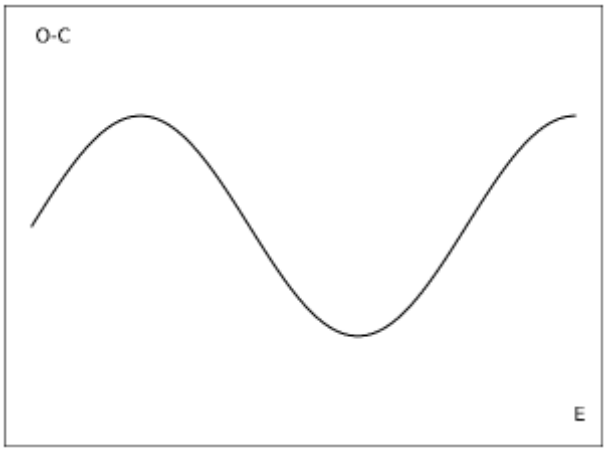
$$B = \sqrt{\frac{10\ \mathrm{G}\ M^2}{R^4}\left(\frac{a}{R}\right)^2 \frac{\Delta P}{P_{sin}}} \tag{3.20}$$

eşitliği ile bulunur. Çift sistemin ortalama parlaklığında, manyetik çevrim başına, kadir cinsinden değişim miktarı,

$$\Delta m = -2.5.\log\left(\frac{L_{toplam}}{L_{toplam}+\Delta L}\right) \tag{3.21}$$

bağıntısını ile hesaplanabilir ve çift sistemin uzun zaman aralığına dağılmış fotometrik gözlemlerinde varlığı denetlenebilir (burada $L_{toplam} = L_1 + L_2$ sistemin toplam ışınım gücüdür).

Yakın çift yıldızların yörünge dönemi değişim nedenlerinden biri olan ilave cisim kaynaklı ışık-zaman etkisi, ilk kez Chandler (1888) tarafından ele alınmış, bu etkinin tam formülasyonu ise Irwin (1959) tarafından geliştirilmiştir. Irwin'in formülasyonuna göre, örten bir çift sisteme fiziksel olarak bağlı bir üçüncü cismin etkisiyle oluşan dönem değişimi karakteri (ve dolayısıyla (O-C) diyagramında izlenecek değişim), düzenli bir dönem ve genlikle tekrar eden periyodik bir yapı gösterir (bkz. Şekil 3.7).



Şekil 3.7 Hem ışık-zaman etkisi kaynaklı hem de manyetik aktivite çevrimi kaynaklı O-C diyagramında görülen sinüzoidal değişimin temsili gösterimi.

Bu durumda, en küçük kareler yöntemi ile (O-C) verisine uyumlayacağımız C_M model bağıntısı ise,

$$C_M = \Delta T_0 + \Delta P_s \times E + \frac{A}{\sqrt{1-e^2 cos^2 \omega}} \left[\frac{1-e^2}{1+ecosv} \sin(v+\omega) + esin\omega \right] \quad (3.22)$$

şeklindedir. Burada;

$A = [a_{12} \sin i_3 (1-e^2 \cos^2 \omega)^{1/2}] / 173.15$: (O-C) eğrisinin yarı genliği (birimi gün)

a_{12} : yakın çift sistemin, ilave cisim ile ortak kütle merkezi etrafında oluşturduğu yörüngesinin yarı-büyük eksen uzunluğu (birimi AB)

i_3 : İlave cisimin yörünge eğim açısı (birimi derece)

e : ilave cisim yörüngesinin dış merkezliği

ω : enberi noktasının boylamı, yani ilave cisim yörüngesinin enberi noktasının, düğümler doğrusundan olan açısal uzaklığı (birimi derece)

υ : Gerçel anomali (birimi derece)

dir. Bu model bağıntısının (O-C) diyagramına uyumlanabilmesi için her minimum zamanına karşılık gelen υ gerçel anomali açısının hesaplanması gerekmektedir. Bunun için, T_{sin} ve P_{sin} çevrim sayısı biriminde, ışık-zaman etkisinin (O-C) diyagramında gösterdiği sinüs benzeri değişimin başlangıç referans zamanı ve dönemi olmak üzere öncelikle;

$$M = 360° (E - T_{sin}) / P_{sin} \quad (3.23)$$

eşitliğinden, her minimum zamanı için derece biriminde M ortalama anomali değeri hesaplanır. Ardından,

$$M = U - e \sin U \quad (3.24)$$

şekindeki "Kepler Denklemi" kullanılarak, derece cinsinden U dışmerkezli anomali açısının değerinin hesaplanması gerekir. Pratikte bu hesaplama için Newton – Raphson basit iterasyon tekniği yaygın olarak kullanılmaktadır[18]. Newton – Raphson basit

[18] https://en.wikipedia.org/wiki/Newton%27s_method

iterasyon işlevi, $y = f(x)$ şeklinde analitik olarak türevlenebilir bir fonksiyonun kökünü bulmak için en genel anlamda

$$x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)}{f'(x_n)}, \ (n = 0,1,2,3,...) \tag{3.25}$$

şeklinde bir ardışık tekrar formülü ile ifade edilmektedir. İterasyona, x_0 için olası bir başlangıç değeri verilerek başlanır ve $\Delta = |f(x_n)| \leq 10^{-\varepsilon}$ şartı sağlanana kadar devam edilir. Burada ε hassasiyet parametresi olup kullanıcı tercihine göre tanımlanır ve elde edilen çözüm değeri gerçek değerinden en fazla $10^{-\varepsilon}$ kadar bir sapma gösterecektir. Bu işleve ait ardışık tekrar formülünü,

$$U - e \sin U - M = 0 \tag{3.26}$$

şekline getirdiğimiz Kepler Denklemi için yazarsak[19],

$$U_{n+1} = U_n - \frac{U_n - e \sin U_n - M}{1 - e \cos U_n}, \ (n=0,1,2,3,...) \tag{3.27}$$

elde edilir ve $U_0 = M$ başlangıç değeri ile basit iterasyon yapılarak U belirlenir. Pratikteki uygulamalar, U'nun gerçek değerine çok yakın bir değerde tespit edilebilmesi için ε'nun 5 alınmasının yeterli olacağını göstermektedir.

U için hesaplanan bu değer,

$$\tan\frac{\upsilon}{2} = \left[\sqrt{\frac{1+e}{1-e}}\right] \tan\frac{U}{2} \tag{3.28}$$

eşitliğinde kullanılarak υ gerçel anomali değeri derece biriminde belirlenir ve (3.22) bağıntısında yerine konarak, her minimum zamanına karşılık gelen kuramsal model değeri elde edilir. Eğer (O-C) verisi için doğrusal ışık elemanları düzeltmesi baştan yapılmış ise (3.22) ile verilen model bağıntısından ilk iki terimin çıkarılarak en küçük

[19] Şenavcı H.V., AST404 Gözlemsel Astronomi Ders Notları.
https://acikders.ankara.edu.tr/course/index.php?categoryid=261

kareler uyumlaması yapılması gerekir. En küçük kareler uyumlaması sonucu *A*, P_{sin}, T_{sin}, *e* ve ω parametrelerinin en iyi değerleri elde edilmiş olur. Böylece, *A* yarı genlik ifadesinin açılımından elde edilen

$$a_{12} = \frac{173.15\ A}{\sin i_3 \sqrt{1-e^2\cos^2\omega}} \tag{3.29}$$

eşitliği ile çift sistemin, ilave cisim ile ortak kütle merkezi etrafında oluşturduğu yörüngesinin yarı-büyük eksen uzunluğu a_{12} parametresi AB biriminde hesaplanabilir. Burada i_3 açısı, iyi bir yaklaşımla çift sistemin yörünge eğim açısı *i*'ye eşit alınabilir. Aksi takdirde, AB biriminde olmak üzere sadece $a_{12} \sin i_3$ şeklinde ilgili yarı-büyük eksen uzunluğunun izdüşüm uzaklığı bulunabilir. Bu aşamadan sonra,

$$f(m_3) = \frac{(a_{12}\ sin\ i_3)^3}{P_{sin}^2} \tag{3.30}$$

bağıntısı ile "Kütle Fonksiyonu" değeri, Güneş kütlesi cinsinden elde edilir. Burada m_3 ilave cismin kütlesini simgelemektedir. $f(m_3)$ kütle fonksiyonu aynı zamanda,

$$f(m_3) = \frac{(m_3\ \sin i_3)^3}{(m_1+m_2+m_3)^2} \tag{3.31}$$

şeklinde de ifade edilmektedir.

Kütle fonksiyonun bu ifadesi,

$$f(m_3)(m_1 + m_2 + m_3)^2 - (m_3 \sin i_3)^3 = 0 \tag{3.32}$$

şekline getirilip, (3.25) bağıntısına uygun olarak,

$$m_{3,n+1} = m_{3,n} - \frac{f(m_3)(m_1+m_2+m_{3,n})^2-(m_{3,n}\sin i_3)^3}{2f(m_3)(m_1+m_2+m_{3,n})-3m_{3,n}^2\sin^3 i_3)}\text{ , (n=0, 1,2,3,..)} \tag{3.33}$$

biçiminde ardışık tekrar formülünde kullanılarak ve $m_{3,0} = m_2$ başlangıç değeri ile Newton – Raphson basit iterasyon işlevi sonucunda ilave bileşen kütlesi m_3 için bir değer

hesaplanabilir. Burada $f(m_3)$ için (3.30) bağıntısından hesaplanmış değeri kullanılır. i_3 için, ilave cisim yörünge düzleminin çift sistem yörünge düzlemiyle çakışık olduğu varsayımı ($i_3 = i$) genelde iyi bir yaklaşım olarak kabul görmektedir. Eğer i_3 değeri hakkında herhangi bir bilgimiz yoksa (3.30) bağıntısında $i_3 = 90°$ alınarak hesaplanan $f(m_3)$ değerini (3.33) bağıntısında yerine koyup, yine (3.33)'de i_3 için 90° değeriyle basit iterasyon uygulanırsa m_3 için olası en küçük değer elde edilebilir.

İlave cismin çift sistemle ortak kütle merkezi etrafında oluşturduğu yörüngesinin yarı-büyük eksen uzunluğu, kütle merkezi tanımından türetilen

$$a_3 = \frac{a_{12}(m_1+m_2)}{m_3} \tag{3.34}$$

eşitliği ile AB cinsinden hesaplanabilir.

Bu tez çalışmasına konu olan yıldızlarımızın (O-C) diyagramında eksen dönmesi etkisi görülmediğinden, (O-C) diyagramlarına gerçekleştirilen en küçük kareler model uyumlamalarında eksen dönmesi terimleri dikkate alınmamıştır. FL Lyr'in (O-C) diyagramında sadece doğrusal bir eğilim görünmektedir ve doğrusal model uyumlaması MS EXCEL yaygın sayfa programının `LINEST` fonksiyonu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. UZ Lyr'in (O-C) diyagramlarında görülen çevrimsel değişimleri temsil edecek model uyumlamasında ise Dr. Engin Bahar ve Prof. Dr. Hakan V. ŞENAVCI tarafından geliştirilen bir `Pyhton` kodu kullanılmıştır (Bahar ve Şenavcı, 2024, özel iletişim). Bu kod çözümleyici (*ing.* solver) olarak `LMFIT`[20] Python kütüphanesini kullanmaktadır. `LMFIT`, doğrusal olmayan en küçük kareler minimizasyonu ile "Eğri Uyumlaması" (*ing.* Curve Fitting) yapan iteratif bir algoritmaya sahiptir ve uyumlanan model için hesapladığı parametrelerin belirsizlikleri (hatalarını) ko-variyans matrisi üzerinden hesaplamaktadır.

[20] https://lmfit.github.io/lmfit-py/model.html

3.2.3 Fourier Analizi / Periodogram yöntemi

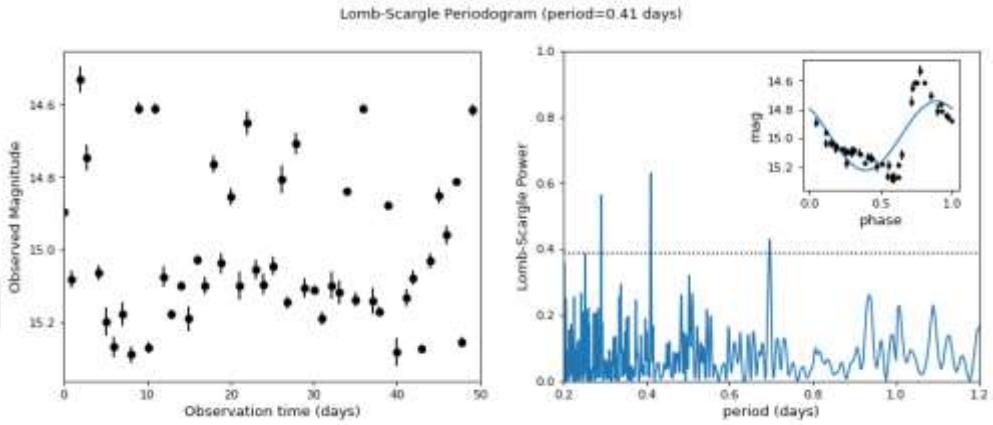
Bu başlık altında tanımlanan yöntemler, genel olarak "Fourier Frekans Analizi" veya "Periodogram" olarak adlandırılan ve çoğul dönemlilik gösterdiği düşünülen düzensiz aralıklı zaman serisi verisindeki periyodik sinyalleri tespit etmeye yönelik araçlardır. Bu yöntem, zaman serisi biçimindeki veriye (eşit zaman aralıklı olmayan), "Kesikli Fourier Dönüşümü (*ing*. Discrete Fourier Transform)" uygulayarak, veriyi bir trigonometrik fonksiyon (veya bir dizi trigonometrik fonksiyonun toplamı) olarak ifade eder ve böylece frekans uzayında sürekli bir fonksiyona dönüştürmüş olur. Daha sonra, bu temsil fonksiyonu kullanılarak, seçilmiş bir frekans aralığı boyunca yine seçilmiş frekans artımları ile "frekans spektrumu" oluşturur. Frekans spektrumu, deneme frekanslarına karşılık sinyal genliklerinin (veya bu genliği temsil eden bir parametrenin) çizildiği bir diyagramdır. Verinin içinde barındırdığı anlamlı sinyaller (çevrimsel karakterli bir sinyalin frekans ve genlik değerleri), verinin gürültü seviyesi ve/veya sinyal gürültü oranından (S/N) hareketle hesaplanan eşik değerlere göre istatistiksel yöntemler kullanılarak frekans spektrumunda ayıklanır (formülasyon ve detayları için bkz. Lomb 1976, Scargle 1982, Horne ve Baliunas 1986, Press vd. 2007).

Bu tez çalışmasında, yukarıda ifade edilen biçimde dönemlilik tespiti yapan bir yöntem olan Lomb-Scargle dönem bulma algoritması (*Lomb-Scargle Periodogram (LS)*, Lomb 1976, Scargle 1982) kullanılmıştır. Bu algoritma için ***astro**py*[21] kütüphanesinde (Astropy Collaboration vd., 2013) yer alan ve `Pyhton` programlama dilinde yazılmış `LombScargle`[22] yazılımı (VanderPlas, 2018) kullanılmıştır. Periodogramlarda (LS güç spektrumlarında) zirveler olarak oraya çıkan olası frekansların çevrimsel karakterli bir sinyalden kaynaklanıp kaynaklanmadığı, yazılımda hesaplanan "Yanlış Alarm Olasılığı (*ing.* False Alarm Probability - FAP)" değeri ile kontrol edilebilmektedir. FAP değeri her periodogramda en yüksek pik değeri için, yazılımda öntanımlı (*ing.* default) "*baluev*" (bkz. Baluev, 2008) seçeneği ile hesaplatılmıştır. Ayrıca, belirli FAP yüzdeliklerine karşılık gelen "Yanlış Alarm Seviyesi (*ing.* False Alarm Level - FAL)" değerleri, LS güç

[21] https://docs.astropy.org/en/stable/index.html

[22] https://docs.astropy.org/en/stable/api/astropy.timeseries.LombScargle.html

değeri cinsinden hesaplanıp periodogramlarda çizdirilmiştir. Şekil 3.8'de, ***astro**py* kütüphanesinde yer alan `LombScargle` yazılımının kullanımına ilişkin kılavuzda yer alan bir uygulama çıktısına yer verilmiştir. Gözlemsel veri olarak, RR Lyrae benzeri bir zonklayan yıldız için 50 gecelik yapay bir gözlem verisi, belirli düzeyde rastgele gürültü eklenerek (simülasyon) üretilmiş (P=0.41 gün) ve ilgili yazılımla analiz edilmiştir.



Şekil 3.8 RR Lyr benzeri bir yıldızı temsil eden yapay ışık eğrisi (solda) ve buna uygulanan `LombScargle` analizi sonucu oluşturulan periodogram (sağda). Periodogramdaki kesikli çizgi, zirve değer (en yüksek pik) için hesaplanan %1'lik FAP değerine karşılık gelen FAL seviyesidir.

Ayrıca, özünde aynı yönteme dayalı ancak uygulamada bazı farklılıklara sahip olan `Period04`[23] (Lenz ve Breger 2005) programı da bazı işlevleri test etmek ve gerçek/sahte sinyal ayrımını yapabilmek amacıyla kullanılmıştır. `Period04` programında Frekans Spektrumu, LS periodogramlarından farklı olarak, tespit edilen olası frekanslar için hesaplanan sinyal genliği veya sinyal genliğinin karesi (güç) ile oluşturulmaktadır. Güç spektrumlarında anlamlı (gerçek) sinyal seviyesi eşik değeri, yazılımı geliştirenlerin önerisi ile, tüm veri için hesaplanan ortalama gürültü seviyesinin 4 katı olarak belirtilmektedir (bkz. Breger vd. 1993, Kuschnig vd. 1997). Başka bir deyişle, frekans analizi sonucu tespit edilen bir frekansın güvenilir olabilmesi için frekans başına hesaplanan "Sinyal/Gürültü Oranı (*ing.* Signal to Noise Ratio – SNR)" değerinin 4'ten küçük olmaması gerekmektedir. Böylece istatistiksel anlamlı sinyaller (gerçek frekanslar) güç spektrumlarında ayıklanabilmektedir. `Period04` programı, yapısal olarak öncelikle

[23] https://www.period04.net/

Fourier dönüşümü uygulaması ile olası frekansları (genlik ve evre bilgisi ile birlikte) tespit eder. Daha sonra,

$$Z + \sum_{i=1}^{n} A_i \sin\left(2\pi(\mathrm{f}_i\, t + \Phi_i)\right) \tag{3.35}$$

biçimindeki bir trigonometrik fonksiyonu, daha önce belirlenmiş frekanslar arasından kullanıcının seçmiş olduğu olası n adet f_i frekansını, A_i genlikleri ve Φ_i evreleri ile birlikte başlangıç parametreleri olarak kullanarak en küçük kareler yöntemi ile veriye uyumlar. Fonksiyondaki Z değeri bir "sıfır noktası" ayar sabiti olup teorik eğrinin veri noktalarına dikey eksen boyunca ortalanmasını sağlar. Böylece, tespit edilen sinyallere ilişkin frekans, genlik ve evre parametrelerinin "en iyi" değerleri hesaplanmış olur.

3.2.4 Işık Eğrisi Analizi yöntemi

Bu çalışmada, UZ Lyr sisteminin güncel mutlak boyutlarının elde edilebilmesi için, eş-zamanlı ışık ve dikine hız eğrisi analizi yapma ihtiyacı doğmuştur. Bu kapsamda her iki bileşen için analizde kullanılan dikine hız verileri, ölçüm hataları ile birlikte Matson vd.'nin (2017) çalışmasından temin edilmiştir. Dikine hız ölçümleriyle eşzamanlı analiz yapabilmek amacıyla, bu ölçümlere en yakın tarihlerde alınmış *Kepler* kısa pozlu (SC - Short Cadence) Q10 çeyrekliğindeki fotometrik ölçüm verisi kullanılmıştır. Elde edilen akı-zaman verileri, `AstroImageJ`[24] yazılımı kullanılarak Kepler parlaklığı-zaman verisine dönüştürülmüş ve analiz için uygun hale getirilmiştir.

Kepler parlaklığına dönüştürülmüş *Kepler* kısa pozlu (SC - Short Cadence) Q10 çeyreklik verisi öncelikle (O-C) analizinde elde edilen ışık elemanlarının doğrusal kısmı kullanılarak yörünge evresine göre katlanmış, ardından her bir veri noktasının ölçüm hatası da dikkate alınarak eşit evre aralığında 1000 adet normal nokta (binning) içeren

[24] https://www.astro.louisville.edu/software/astroimagej/

ortalama ışık eğrisine dönüştürülmüştür. Işık eğrisi analizi sırasında tüm normal noktaların ağırlığı eşit kabul edilmiştir. Dikine hız ölçümlerinde ise ağırlıklandırma, ölçüm hatalarından (σ) üretilen $1/\sigma^2$ ağırlıklarının sayısal değerlerinin 0-1 aralığında olacak şekilde normalize edilmesi ile belirlenmiştir (normalize ağırlık). Böylece, modelleme sırasında gözlem veri kalitesinin dikkate alınması ve sistem parametrelerinin daha hassas biçimde belirlenmesi sağlanmıştır.

Işık eğrisi ve dikine hız eğrilerinin eşzamanlı çözümünde Wilson-Devinney (WD) yöntemi kullanılmıştır. WD yöntemi, çeşitli türdeki örten çift yıldızların ışık ve dikine hız eğrilerinin eş-zamanlı analizinde ayrıntılı çözüm olanağı sunması nedeniyle alanda bir standart haline gelmiştir (Wilson ve Devinney, 1971). WD kodu, daha sonra yapılan geliştirmeler sayesinde dışmerkezli yörüngeler, senkronize olmayan dönme durumları ve üçüncü ışık katkısı gibi karmaşık durumları da modelleyebilecek şekilde genişletilmiştir (bkz. Wilson, 1979; Wilson, 1990; Van Hamme ve Wilson, 2007; Wilson, 2008; Wilson ve Van Hamme, 2014).

Bu çalışmada WD kodunun kullanımı, Güzel ve Özdarcan (2020) tarafından geliştirilen `PyWD2015-Qt5` arayüz programı aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. `PyWD2015`, temelinde WD koduna grafiksel arayüz (GUI) sağlayan bir "arayüz katmanı" olup, kullanıcıların parametre girişi yapmasını ve LC (ışık eğrisi) ile DC (diferansiyel düzeltme) programlarını kolayca çalıştırmasını amaçlamaktadır. Böylece çözüm süreci, kullanıcı hatalarını en aza indirecek şekilde kontrollü yürütülmüş ve parametre taramaları daha sistematik bir biçimde gerçekleştirilmiştir.

Bu yöntem ve araçlar kullanılarak, UZ Lyr sisteminin temel fiziksel ve geometrik parametreleri; ışık eğrisi ve dikine hız eğrisi verileri ile bu verilere ait hata değerleri birlikte dikkate alınarak eşzamanlı olarak belirlenmiştir. Böylece, UZ Lyr çift yıldız sisteminin fiziksel özellikleri ayrıntılı bir biçimde analiz edilebilmiştir. Analiz sırasında gerçekleştirilen uygulama pratikleri ve elde edilen sonuçlar bölüm 4.3'te yer almaktadır.

3.2.5 N-Cisim yörünge ilerleticisi yöntemi

Gök cisimlerinin hareketlerini, özellikle de birden fazla cismin birbirine kütleçekimiyle etki ettiği sistemleri matematiksel olarak kesin biçimde çözmek çoğu zaman mümkün değildir. Bu gibi durumlarda çözüm aracı olarak sayısal simülasyonlar devreye girer. Özellikle çift yıldız sistemlerine ilave bileşenlerin eklendiği senaryolarda, sistemin uzun vadeli davranışını değerlendirmek amacıyla yörünge kararlılığı testlerinin uygulanması önem kazanır. İlave bileşenlerin yörüngeleri çembersel kabul edilse ya da dışmerkezliği göz önüne alınmasa dahi, eğer bu cisimlerin kütleleri görece büyükse ve aralarındaki mesafe sınırlıysa, sistemin zamanla nasıl evrileceğini test etmek gerekir. Bu tür durumlarda, en azından bir simülasyon ile sistemin kararlı davranış sergileyip sergilemediği gösterilmelidir.

Bu bağlamda, gökcisimlerinin birbirleriyle kütleçekimsel etkileşimlerini modelleyen klasik N-cisim yöntemi, simülasyonların temel teorik dayanaklarından birini oluşturur. N-cisim yöntemi, kütleçekim etkisi altındaki çok sayıda cismin konum ve hızlarının zaman içinde nasıl değişeceğini belirlemek amacıyla, Newton'un hareket ve evrensel çekim yasalarının çözümüne dayanır. Bu yaklaşımda cisimler noktasal parçacıklar olarak modellenir ve yalnızca klasik kütleçekimi dikkate alınır. Yıldız kümeleri, gezegen sistemleri ve çoklu yıldız yapıları gibi birçok fiziksel sistemin dinamik evrimini modellemede temel bir çerçeve sunar. Ancak bu yaklaşım, karmaşık fiziksel süreçleri tam olarak kapsamaz. Gözlemsel gelişmeler ve genel görelilik gibi modern fiziksel yaklaşımlar, klasik modelin bazı sınırlamalarını ortaya koymuştur. Özellikle kütleçekimsel tedirginlikler, görelilik düzeltmeleri ve çarpışmalar gibi ek süreçler bu modelin dışında kalır. Bu nedenle günümüzde, klasik modele ek fiziksel etkileşimleri de içerebilen veya klasik modele yüksek hassasiyetle çözüm sunan gelişmiş sayısal simülasyon yöntemleri tercih edilmektedir. Bu tür modern simülasyonlarda, gök cisimlerinin hareketleri, zaman içinde adım adım hesaplanarak izlenir. Bu işlemleri gerçekleştiren sayısal yöntemler "entegratör" olarak adlandırılır.

Entegratörler, sistemin başlangıç koşullarını temel alarak bir sonraki zaman adımındaki konum ve hızları tahmin eder. Her entegratörün çalışma prensibi ve sağladığı doğruluk

seviyesi farklıdır; bu nedenle seçilecek entegratör, simülasyonun fiziksel kapsamına ve çözümün hassasiyet gereksinimine göre dikkatle belirlenmelidir. Bu alanda yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biri, Wisdom & Holman (1991) tarafından geliştirilmiş ve gezegen sistemlerinin uzun vadeli evrimini modellemek amacıyla tasarlanmış özel sayısal entegratörlerdir. Bu tür yöntemlerin temel özelliği, hesaplamalar sırasında sistemin toplam enerjisini ve genel yapısını uzun süre boyunca koruyabilmesidir. Böylece, gezegenlerin veya diğer gök cisimlerinin yörüngelerindeki küçük değişimlerin zamanla birikerek sistemi bozmasının önüne geçilmiş olur. Bu yöntemler genellikle sabit zaman adımıyla çalışır. Bu, hesaplama sürecinde verimlilik sağlar; ancak yörünge dışmerkezliğinin yüksek olduğu veya gökcisimlerinin birbirine çok yaklaştığı durumlarda, sabit zaman adımı yeterli ayrıntıyı sağlayamayabilir. Bu tür senaryolarda, çözümün doğruluğu azalabilir çünkü yöntem bu ani değişimlere uyum sağlayamayabilir.

Bu çalışmada yörünge hesaplamaları için, `rebound`[25] adlı açık kaynaklı N-cisim simülasyon paketi kullanılmıştır (Rein & Liu, 2012). `Rebound`, hem çarpışmalı dinamikler hem de klasik N-cisim problemlerinin çözümüne olanak tanıyan esnek ve modüler bir altyapı sunar. Paket içerisinde, farklı fiziksel koşullara göre seçilebilecek çeşitli entegratörler yer almaktadır. Bunlar arasında, sistemin enerjisini ve genel yapısını uzun süre boyunca koruyabilen sabit zaman adımlı yöntemler (örneğin leap-frog, SEI (symplectic epicycle integrator), WH (Wisdom-Holman) gibi) ile daha yüksek hassasiyet sağlayan ve zaman adımını sistemin gereksinimlerine göre dinamik biçimde ayarlayabilen gelişmiş yöntemler (örneğin IAS15) bulunmaktadır.

Bu bağlamda, bu çalışmada tercih edilen IAS15 entegratörü, sabit zaman adımlı yöntemlerin sınırlamalarını aşmak üzere geliştirilmiş, modern ve yüksek doğruluk sağlayan bir seçenektir (Rein & Spiegel, 2015). Sabit zaman adımıyla çalışan yöntemler, IAS15 gibi adaptif zaman adımlı entegratörlere göre genellikle daha hızlıdır; ancak, özellikle dışmerkezliği yüksek yörüngelerde ya da cisimlerin birbirine çok yaklaştığı etkileşimli anlarda yeterli hassasiyeti sağlayamayabilir ve bu da hesaplamalarda doğruluk

[25] https://rebound.readthedocs.io/

kaybına yol açabilir. IAS15 ise, başlangıç koşullarına yüksek duyarlılığı ve küçük yörünge değişimlerini hassas biçimde takip edebilme yeteneği sayesinde, adaptif zaman adımı özelliğiyle bu tür dinamik yapıların güvenilir şekilde izlenmesini mümkün kılar.

Simülasyon süresince sistemin karmaşıklığına bağlı olarak zaman adımını kendiliğinden ayarlayabilir; etkileşimlerin yoğunlaştığı anlarda zaman adımını küçülterek hesaplama hatasını azaltır, etkileşimlerin zayıf olduğu dönemlerde ise zaman adımını büyüterek hem işlem verimliliğini artırır hem de hesaplamaların daha kesin sonuç vermesini sağlar. Bu çalışmada ele alınan ilave bileşenlerin dışmerkezlik değerlerinin görece yüksek olması ve sistemin uzun vadeli evriminin analiz edilmesi gerektiği göz önünde bulundurulduğunda, IAS15 entegratörünün sunduğu bu esneklik ve yüksek hassasiyet kapasitesi, güvenilir bir kararlılık testi gerçekleştirmek adına önemli bir avantaj sağlamıştır.

Tez kapsamında, gözlemlerden elde edilen zamanlama (O-C) analizine dayanarak oluşturulan üç cisimli bir model kullanılmıştır. Model; çift yıldız sisteminin toplam kütlesine karşılık gelen merkezi bileşen ile bu sistemin çevresinde dolanan iki farklı kütleli bileşenden oluşmaktadır. Merkezi yıldız sistemine ait toplam kütle ve yörünge eğim açısı, bölüm 3.2.4'te açıklanan yöntemle hesaplanan ve bölüm 4.3'te sunulan bulgular temel alınarak belirlenmiş ve modele dâhil edilmiştir. Üçüncü ve dördüncü bileşenlerin yörünge parametreleri de aynı analiz sonuçlarına dayanarak belirlenmiş, dinamik simülasyonlar `rebound` yazılımı kullanılarak yürütülmüştür.

Tüm simülasyonlar, söz konusu bileşenlerin sistem üzerindeki uzun vadeli dinamik etkilerini değerlendirmek ve yörünge kararlılıklarını test etmek amacıyla yapılmıştır. Entegrasyon süresi, bin yıldan milyar yıla kadar uzanan farklı zaman ölçeklerini kapsamaktadır.

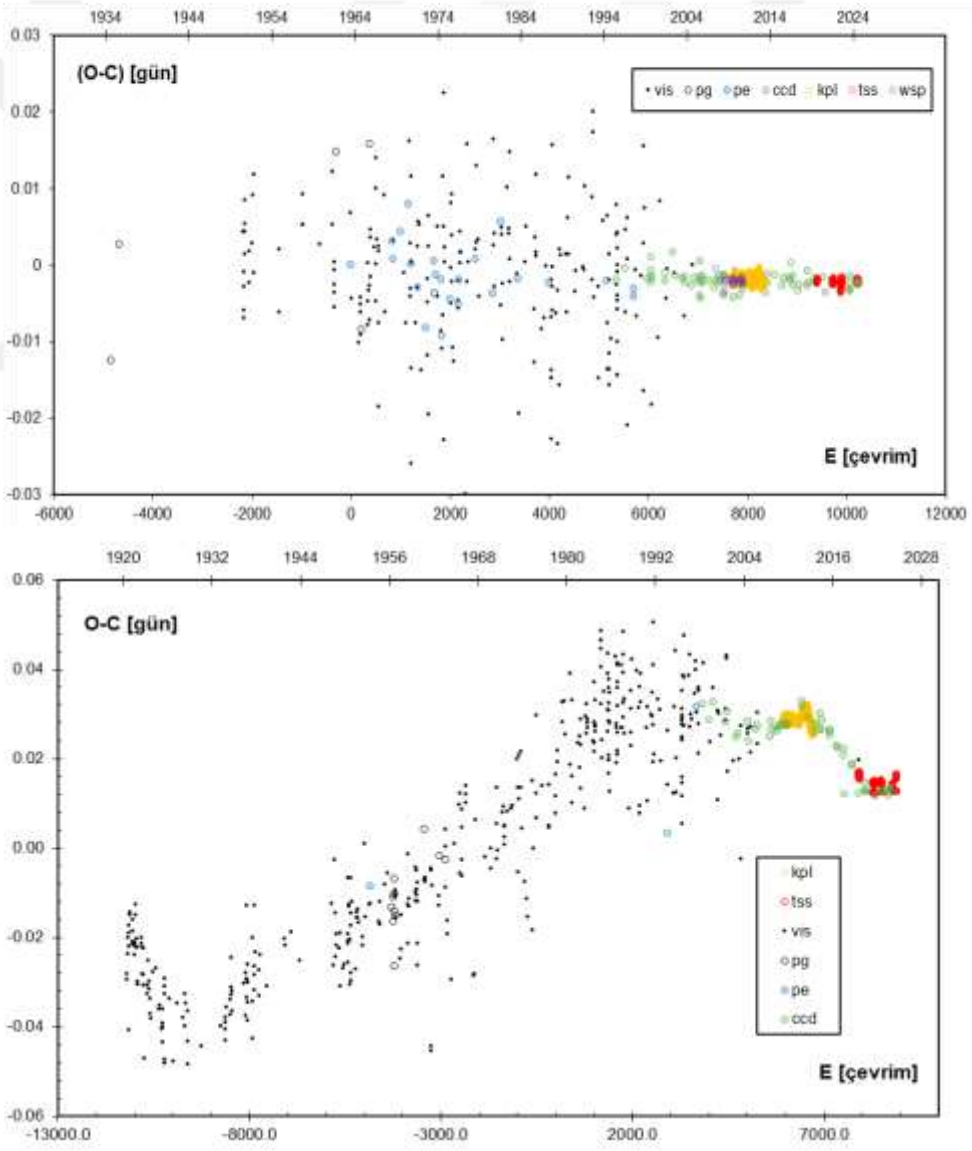
4. ARAŞTIRMA BULGULARI

FL Lyr ve UZ Lyr için VarAstro (eski O-C Gateway) veri tabanından alınan;

FL Lyr: MinI = HJD 2438221.5516 + 2.1781543 x E

UZ Lyr: MinI = HJD 2443689.9260 + 1.8912668 x E

ışık elemanları kullanılarak, EK-1 ve EK-2'de listelenen tüm minimum zamanları için (O-C) diyagramları oluşturulmuştur (bkz. Şekil 4.1).



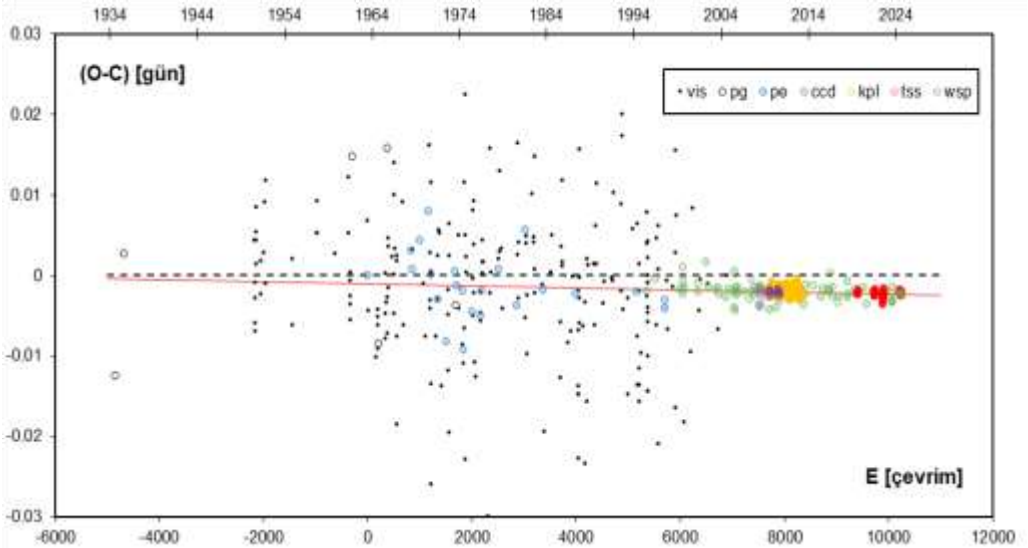
Şekil 4.1 FL Lyr (üstte) ve UZ Lyr (altta) için oluşturulan (O-C) diyagramları

Bu diyagramlarda farklı gözlem metotları ile elde edilen minimumlar farklı renkli sembollerle belirtilmiştir. Görsel (vis) ve fotografik (pg) minimum zamanlarının belirleme hataları diğerlerine oranla çok yüksek olduğundan, her iki (O-C) diyagramında oldukça saçılmış olarak görünmektedirler. İlk bakışta, FL Lyr'in (O-C) diyagramında kayda değer bir değişim görülmezken, UZ Lyr'in (O-C) diyagramında biri büyük diğeri ise küçük ölçekli (genlikli ve dönemli) olmak üzere iki ayrı çevrimsel yapılı değişim karakterinin var olduğu görülmektedir. Her iki yıldızın (O-C) diyagramında eksen dönmesini işaret eden bir ize rastlanmadığından (aynı dönemli ancak zıt fazda iki çevrim karakteri), I. ve II. minimumlar için ayrı sembol kullanma ihtiyacı hissedilmemiştir.

4.1 FL Lyr Sistemin ETV Analizi

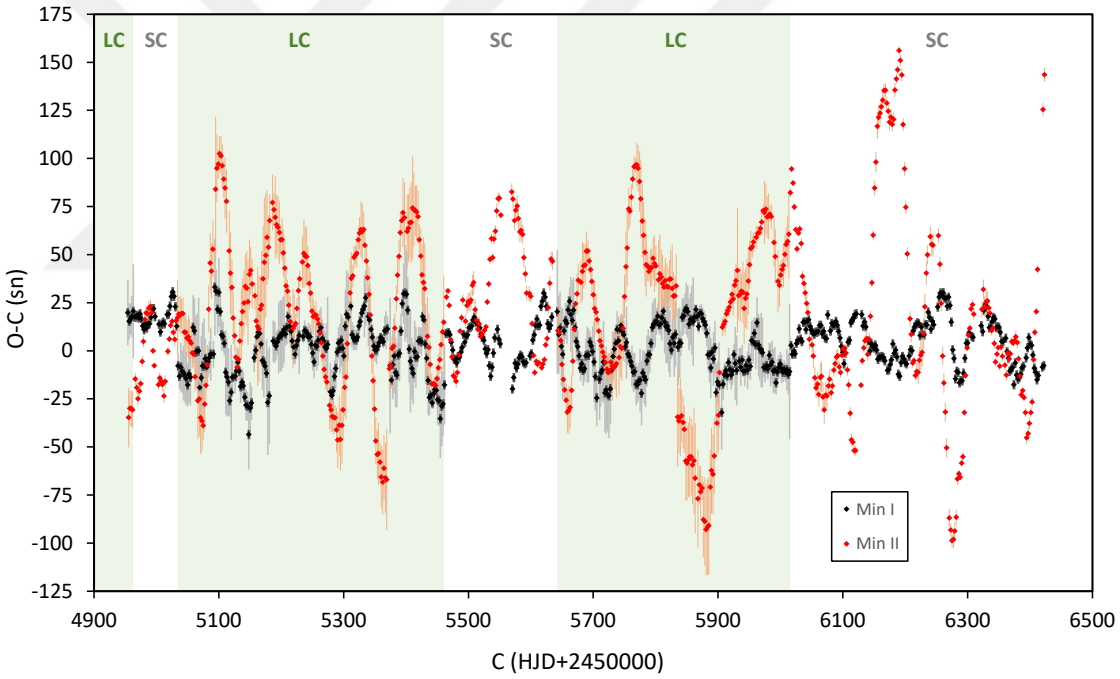
FL Lyr sisteminin (O-C) diyagramında belirgin bir değişim bulunmadığından, en yüksek belirleme hassasiyetine sahip *Kepler* ve *TESS* birinci minimum zamanları verisine doğrusal düzeltme yaklaşımı altında en iyi doğru uyumlaması yapılmıştır (bkz. Şekil 4.2). En küçük kareler tekniği ile doğru uyumlaması, MS EXCEL yaygın sayfa programının `LINEST` fonksiyonu kullanılarak gerçekleştirilmiş ve başlangıç minimum zamanı için ΔT_0 ve yörünge dönemi için ΔP_s düzeltme miktarları, hataları ile birlikte elde edilerek sistemin doğrusal ışık elemanları aşağıdaki şekilde güncellenmiştir:

$$Min\ I = \text{HJD } 2438221.55161(8) + 2.178154258(10) \times E$$



Şekil 4.2 FL Lyr'in sadece Kepler ve TESS birinci minimum zamanları kullanılarak (O-C) diyagramı verisine yapılan doğru uyumlaması (kırmızı renkli doğru)

FL Lyr sisteminin, kesintisiz yaklaşık 4 yıllık bir zaman aralığına dağılan hassas *Kepler* minimum zamanlarından oluşturulan (O-C) diyagramı Şekil 4.3'de verilmiştir. Bu diyagramda yer alan minimum zamanları, mevcut olduğu sürece SC verisinden, aksi takdirde LC verisinde 5 yörünge çevriminde bir birleştirilmiş minimum profillerinden hesaplanmıştır. Diyagramda hem baş (Min I) hem de yan (Min II) minimumların gösterdiği dağılım ilgi çekicidir. Çok düzenli olmamakla birlikte her iki minimum türünün dağılımda (özellikle Min II verilerinde), her artışı bir azalışın takip ettiği çevrimsel yapılı bir karakter (sistematik) görülmektedir. Bu dağılımların verideki gürültüden mi kaynaklandığı yoksa gerçek (periyodik) bir sinyal mi olduğunu anlamak üzere, Fourier dönüşüm tekniklerine dayalı dönemlilik analizi uygulamaları gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.3 FL Lyr'in sadece *Kepler* verisinden hesaplanan minimum zamanları için oluşturulan (O-C) diyagramı. Hata barları, minimum zamanı hesaplama hatalarını temsil etmektedir. Yeşil alanda yer alan minimumlar *Kepler* Long Cadence (LC) verisinden, diğerleri ise Short Cadence (SC) verisinden hesaplanmıştır.

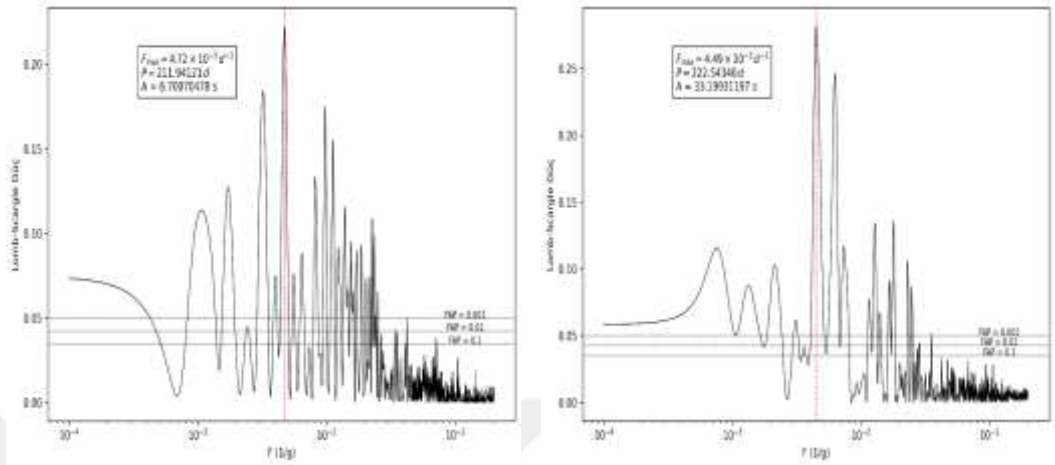
Öncelikle, Bölüm 3.2.3'de tanıtılan `LombScargle` periodogram yazılımı, Şekil 4.3'de tanımlanan (O-C) veri setinin Min I ve Min II verilerine ayrı ayrı uygulanmıştır. Oluşturulan periodogramlardaki en yüksek pik veren frekans için FAP değeri, yazılımda öntanımlı olan *"baluev"* (Baluev, 2008) seçeneği kullanılarak hesaplanmıştır.

Her iki minimum türünü temsil eden periodogram hesaplarında en yüksek piklerin FAP değerleri, veri setlerindeki minimum sayısının çok fazla olması ve minimum belirleme hatalarının görece düşük olması nedeniyle son derece düşük değerler çıkmıştır: Min I verisinde en yüksek piki veren frekans için hesaplanan FAP değeri 2.64×10^{-30}, Min II verisinde ise en yüksek piki veren frekans için hesaplanan FAP değeri 1.75×10^{-40}'dır. Diğer frekanslar için hesaplanan FAP değerleri de oldukça düşük değerlerdir (bkz. Çizelge 4.1). Dolayısıyla, periodogramlarımızda olası frekansları işaret eden piklerin büyük bir olasılıkla çevrimsel karaktere sahip sinyallerden türediğini rahatlıkla söyleyebiliriz.

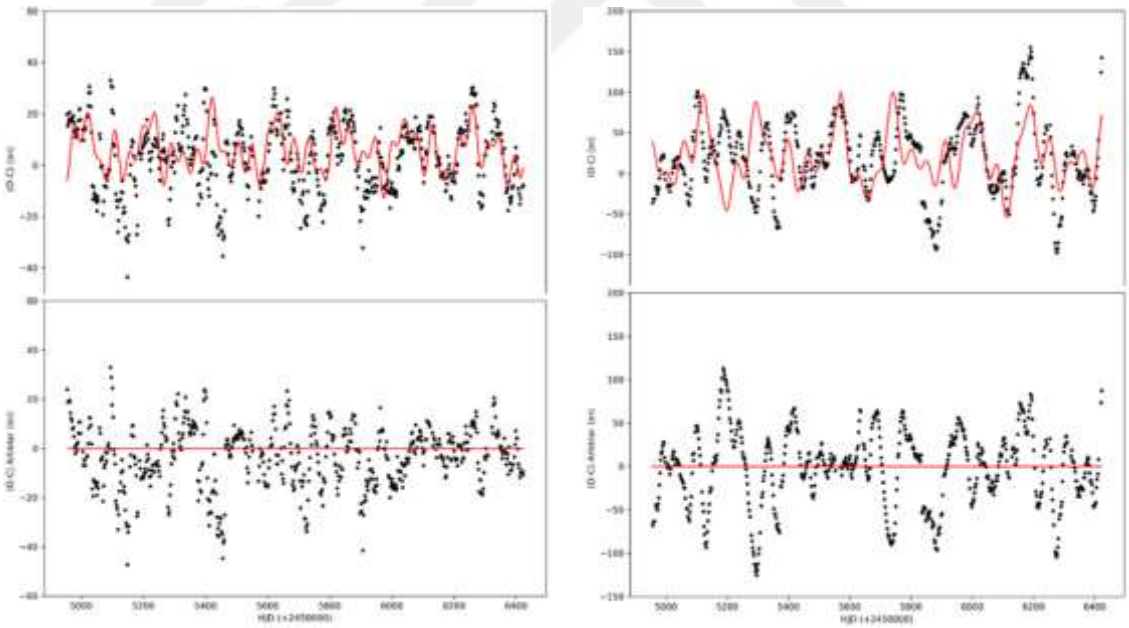
İkinci bir dönem bulma uygulaması olarak, Bölüm 3.2.3'de tanıtılan `Period04` yazılımı, LS periodogram analiz bulgularını teyit etmek ve bu sinyallerin güvenirlik düzeylerini belirlemek için kullanılmıştır. Bu analizlerde veri noktaları, minimum zamanı belirleme hataları ile ağırlıklandırılmıştır. Öncelikle, `Period04` programının Fourier analizini yapan "Fourier" bölümü, en yüksek genlik üreten ilk beş frekansın tespiti için kullanılmıştır. İkinci ve daha sonraki frekansların tespit işlemlerinde, bir önceki tespit edilen frekans değerinden (3.35) bağıntısı ile türetilen teorik fonksiyon veriden çıkarılarak (yani pre-whitenning işlemi uygulanarak) yeni frekans değeri hesaplanmıştır. Her aşamada güç spektrumları kaydedilmiş ve tespit edilen her frekans değeri için gürültü seviyesi ve SNR değeri hesaplanmıştır. Daha sonra SNR değeri 4'den büyük olan frekanslar için tanımlanan ve frekans sayısı kadar sinüs eğrisinin bileşkesi olarak temsil edilen model eğrisi, yine `Period04` programının "Fit" bölümü kullanılarak veriye en küçük kareler yöntemi ile uyumlanmıştır. Böylelikle, frekans (SNR değeri ile birlikte), genlik ve her bir periyodik fonksiyonun "referans evre" değeri hassas olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, her uyumlamada parametreler için tespit edilen değerlerin belirsizlikleri, `Period04` programına entegre edilmiş Monte Carlo benzetimi ile daha gerçekçi değerler olarak hesaplanmıştır.

Şekil 4.4'te, FL Lyr'in Min I ve Min II (O-C) verilerine ayrı ayrı uygulanan Lomb-Scargle yöntemi sonucunda, en yüksek genlik üreten ilk frekansların tespit edildiği periodogramlar görülmektedir. Şekil 4.5'te ise her iki minimum türü için LS

periodogramlarında en yüksek genlikle ortaya çıkan ilk beş frekans değeriyle oluşturulan model eğrilerinin veri ile uyumu görülmektedir.



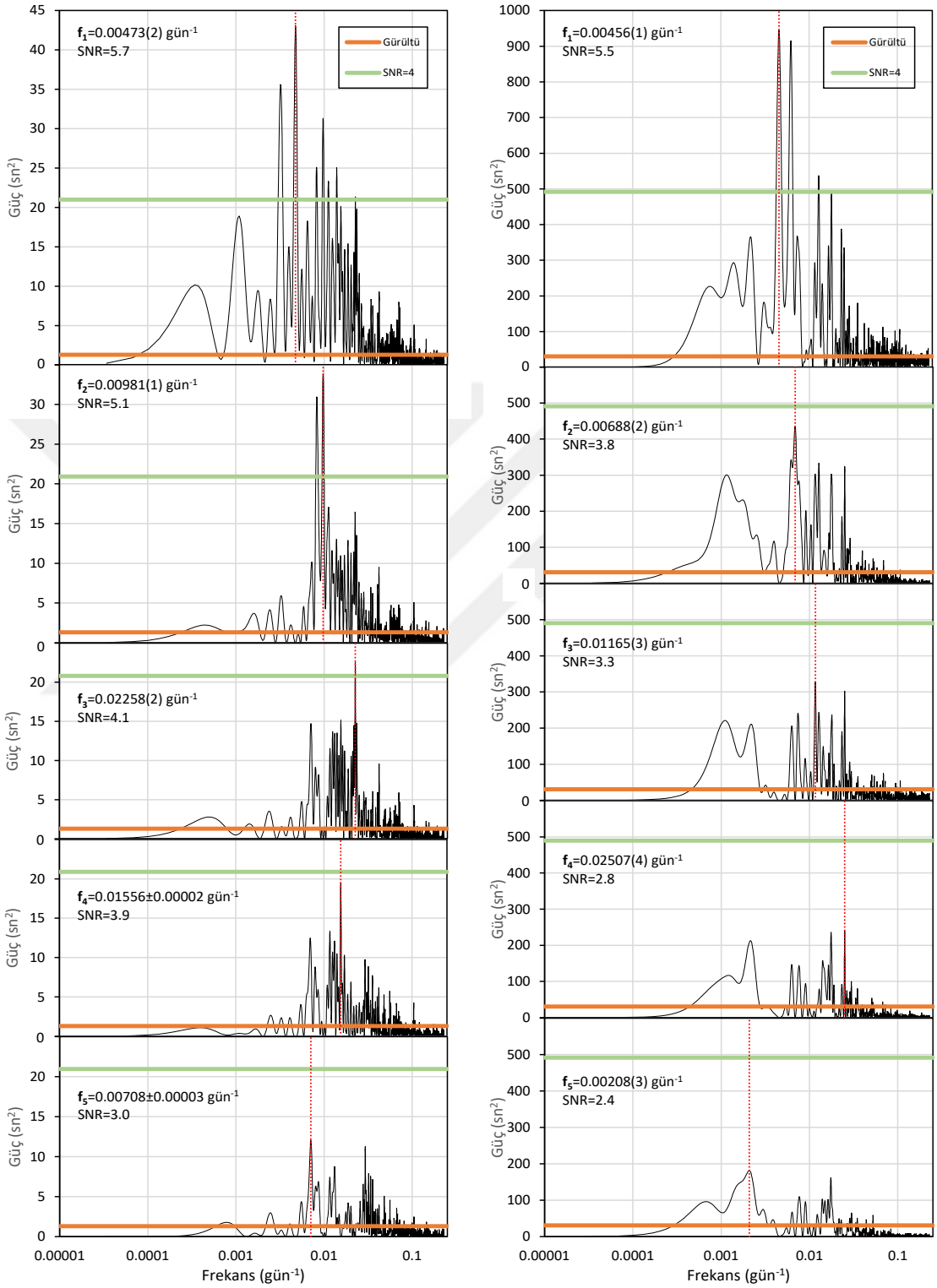
Şekil 4.4 FL Lyr sisteminin (O-C) verisinden üretilen LS Periodogramları: solda, Min I, sağda Min II verisi için. Zirve güç değerine karşılık gelen frekans için (kırmızı kesikli çizgi ile işaretli) seçilmiş FAP olasılıklarına karşılık gelen FAL seviyeleri yatay kesikli çizgilerle belirtilmiştir.



Şekil 4.5 LS periodogramlarında en yüksek genlikle ortaya çıkan ilk beş frekans değeri için üretilen model eğrilerinin (sürekli çizgi) veri (noktalar) ile uyumu ve artıkları: sol panel Min I, sağ panel Min II verisi için.

Şekil 4.6'da, `Period04` programı ile FL Lyr'in Min I ve Min II (O-C) verilerine ayrı ayrı uygulanan Fourier analizleri sonucunda, en yüksek genlik üreten ilk beş frekansın tespiti sırasında oluşturulan güç spektrumları görülmektedir. Bunlardan, Min I verisi için

f_1, f_2, f_3 ve f_4, Min II verisi için f_1 ve f_2 frekansları en küçük kareler uyumlamasında dikkate alınmıştır (uyumlama sonucu SNR ≥ 4 olanlar).



Şekil 4.6 FL Lyr'in Kepler (O-C) verisi için `Period04` programı ile, en büyük genlik üreten ilk 5 frekans hesabında üretilen güç spektrumları: sol: Min I, sağ: Min II verisi. Güç spektrumlarında gürültü seviyesi (turuncu çizgi) ve SNR=4 eşik seviyesi (yeşil çizgi) de belirtilmiştir.

Her iki yöntemden Fourier analizi ile elde edilen ve en büyük genlik üreten ilk 5 frekans için, frekans (1/gün), genlik (saniye) ve bu frekanslardan hesaplanan dönem değerleri (gün), hatalarıyla birlikte karşılaştırmalı olarak Çizelge 4.1'de sunulmuştur.

Çizelge 4.1 Kepler minimum zamanlarından oluşturulan (O-C) diyagramı verisinin `LombScargle` ve `Period04` ile gerçekleştirilen analizlerinin sonuçları (en büyük genlik üreten ilk 5 frekans için)

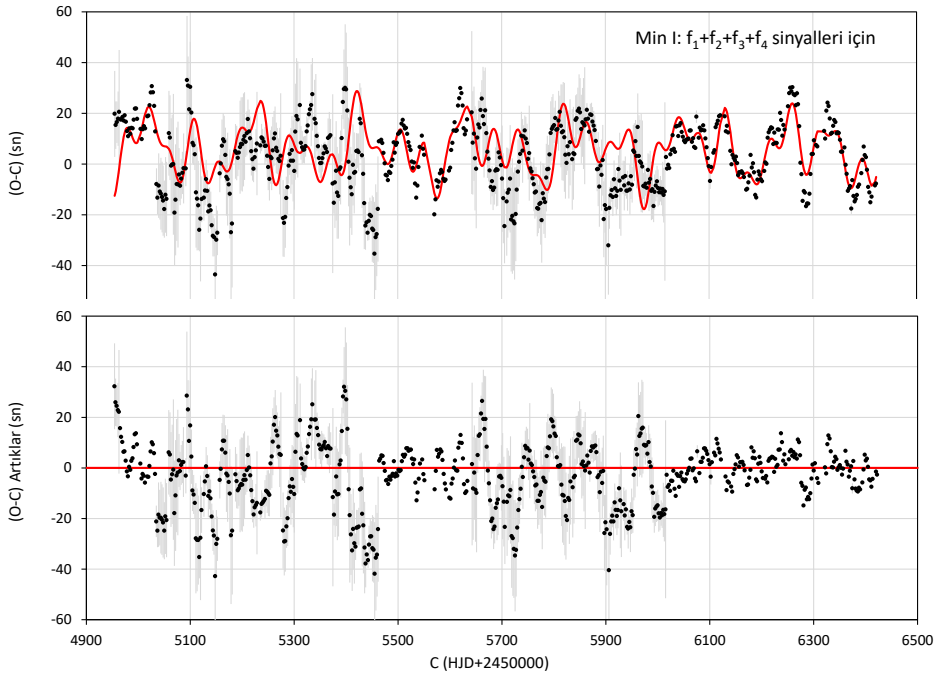
		LombScargle				**Period04**			
	f_i	frekans (1/gün)	genlik (sn)	dönem (gün)	FAP	frekans (1/gün)	genlik (sn)	dönem (gün)	SNR
Min I	f_1	0.004718(3)	6.70±0.35	211.94±0.14	2.64×10^{-30}	0.004734(16)	6.56±0.31	211.23±1.44	5.7
	f_2	0.009786(2)	6.16±0.36	102.19±0.02	8.41×10^{-34}	0.009809(14)	5.82±0.31	101.95±0.30	5.1
	f_3	0.022572(2)	4.83±0.38	44.30±0.01	3.61×10^{-26}	0.022581(23)	4.75±0.31	44.29±0.09	4.2
	f_4	0.015515(2)	3.99±0.39	64.45±0.01	3.94×10^{-22}	0.015565(25)	4.42±0.31	64.25±0.20	3.9
	f_5	0.008472(2)	3.63±0.38	118.04±0.03	1.05×10^{-19}	0.007084(33)	3.47±0.31	141.16±1.30	3.0
Min II	f_1	0.004494(4)	33.20±1.20	222.54±0.20	1.75×10^{-40}	0.004564(14)	30.73±1.42	219.12±1.31	5.5
	f_2	0.006673(3)	22.84±1.32	149.85±0.08	1.06×10^{-23}	0.006880(25)	20.88±1.42	145.35±1.04	3.8
	f_3	0.011537(3)	18.26±1.30	86.68±0.03	2.50×10^{-20}	0.011648(31)	18.12±1.42	85.85±0.45	3.3
	f_4	0.017572(3)	16.45±1.29	56.91±0.01	4.51×10^{-18}	0.025067(38)	15.47±1.42	39.89±0.12	2.8
	f_5	0.014037(3)	14.61±1.25	71.24±0.02	4.11×10^{-16}	0.002078(34)	13.45±1.42	481.34±15.89	2.4

Çizelge 4.2'de ise, Çizelge 4.1'deki `Period04` Fourier analizi sonucu SNR ≥ 4 (çizelgede yeşil renkle işaretlenenler) ve SNR~4 olan (çizelgede sarı renkle işaretlenenler) sinyallerin değerlerinin girdi verisi olarak dikkate alındığı en küçük kareler uyumlaması sonucu frekans, genlik ve dönem için elde edilen en iyi değerler listelenmiştir. Dikkat edilecek olursa en küçük kareler uyumlaması sonrasında Min I için f_4 ve Min II için f_2 sinyallerinin SNR değeri 4'ten büyük değerlere ulaşmıştır.

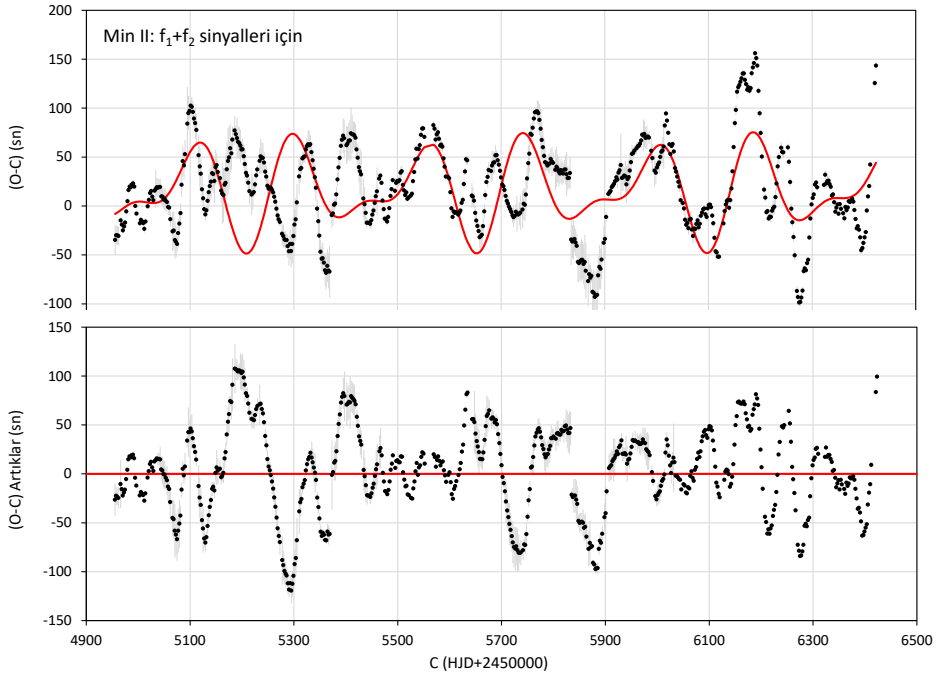
Çizelge 4.2 Çizelge 4.1'de SNR değeri ≥4 ve ~4 olan sinyallerin, `Period04`'teki en küçük kareler yaklaşımı sonrası elde edilen en iyi değerleri ve Monte Carlo benzetimi ile hesaplanan belirsizlikleri

	Min I				**Min II**			
f_i	frekans (1/gün)	genlik (sn)	dönem (gün)	SNR	frekans (1/gün)	genlik (sn)	dönem (gün)	SNR
f_1	0.004763(43)	6.87±0.72	209.95±3.77	6.0	0.004511(35)	39.67±3.58	221.67±3.49	7.2
f_2	0.009776(48)	7.52±0.72	102.29±0.99	5.1	0.006744(53)	25.84±4.58	148.29±2.32	4.7
f_3	0.022501(46)	5.88±0.77	44.44±0.18	5.2	-	-	-	-
f_4	0.015571(74)	4.98±0.83	64.22±0.61	4.4	-	-	-	-

Şekil 4.7'de ise en küçük kareler uyumlamasında SNR ≥ 4 değerine ulaşan sinyal değerleriyle oluşturulan model eğrilerinin (O-C) verisi ile uyumu görülmektedir.



Şekil 4.7 FL Lyr 'in (O-C) diyagramı Min I verisi için `Period04` en küçük kareler yaklaşımı sonrası tespit edilen anlamlı sinyaller için üretilen model eğrilerinin (sürekli çizgi) veri (noktalar) ile uyumu ve artıkları.



Şekil 4.8 FL Lyr 'in (O-C) diyagramı Min II verisi için `Period04` en küçük kareler yaklaşımı sonrası tespit edilen anlamlı sinyaller için üretilen model eğrilerinin (sürekli çizgi) veri (noktalar) ile uyumu ve artıkları.

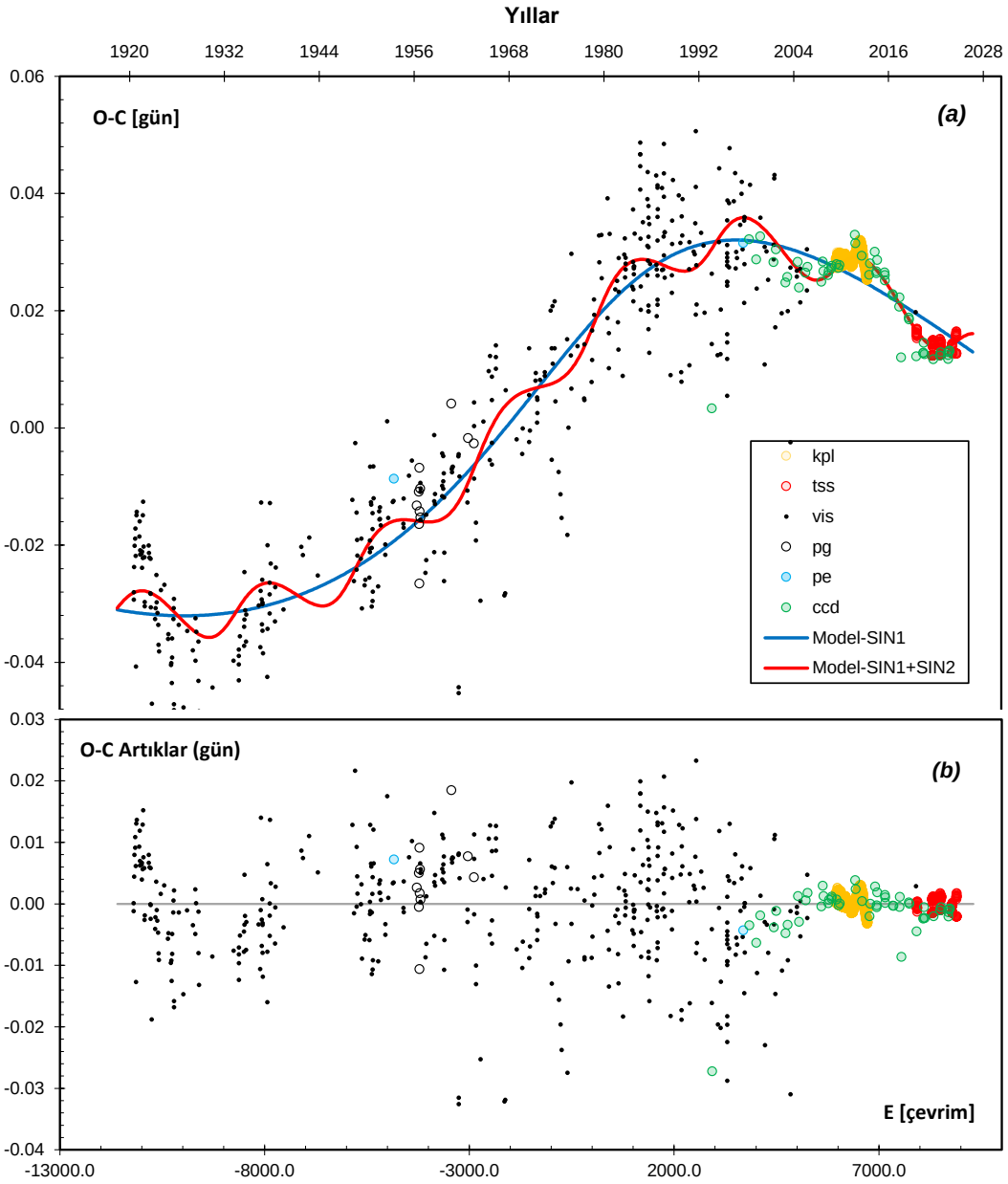
4.2 UZ Lyr Sistemin ETV Analizi

UZ Lyr sisteminin Şekil 4.1'de yer alan (O-C) diyagramında göze çarpan değişim karakteri, biri diğerine oranla daha büyük genlik ve çevrim süresi gösteren iki farklı çevrimsel yapılı değişimin bileşkesi biçimindedir. (O-C) diyagramında tam bir çevrimi tamamlanmamış büyük genlik ve döneme sahip değişim karakteri yerine alternatif olarak kolları aşağıya yönelmiş bir parabolik değişim olup olamayacağı da denetlenmiştir. Ancak, bu kabul altında yapılan uyumlama denemelerinde, (O-C) modelinden olan artıklar daima sistematik artıklar vermiş ve büyük ölçekli bu değişim karakterinin parabolik yapılı olamayacağını göstermiştir.

UZ Lyr'in (O-C) diyagramında görülen değişime, (3.22) bağıntısı ile verilen Irwin (1959) formülasyonuna dayalı bir lineer terim ve iki çevrimsel (LiTE) değişimden oluşan model bağıntısı, Dr. Engin Bahar ve Prof. Dr. Hakan V. ŞENAVCI tarafından geliştirilen ve detayları bölüm 3.2.2'de verilen yazılım ile uyumlanmıştır. Uyumlama için parametrelerin girdi değerleri ve uyumlama sonrası elde edilen en uygun modele ilişkin sonuç parametre değerleri, hataları ile birlikte Çizelge 4.3'te yer almaktadır. Çizelgede "3" alt indisi büyük genlikli, "4" alt indisi ise küçük genlikli çevrimsel değişime ait parametreleri belirtmek için kullanılmıştır. Şekil 4.8'de ise, UZ Lyr'in (O-C) diyagramı ve veriye uyumlanan model eğrilerinin yanı sıra modelden olan artıklar da görülmektedir.

Çizelge 4.3 UZ Lyr'in (O-C) diyagramının, bir lineer terim ve iki LiTE terimi ile modellenmesi sonucunda elde edilen parametre değerleri.

Parametre	Girdi değerleri	Sonuç değerleri
T_0 [HJD]	2443689.926	2443689.925(5)
P_s [gün]	1.8912668	1.8912664(9)
A_3 [gün]	0.0292	0.0321(3)
$P_{sin,3}$ [E]	38900	32563.5(1107.0)
$T_{sin,3}$ [E]	2440391	2432823(1252.0)
e_3	0.55	0.34(4)
ω_3 [°]	54.4	36.8(3.6)
A_4 [gün]	0.0051	0.0039(2)
$P_{sin,4}$ [E]	3514.92	2935(15)
$T_{sin,4}$ [E]	2452909.2	2411742(197)
e_4	0.16	0.17(0.16)
ω_4 [°]	150.36	344(27)



Şekil 4.9 a) UZ Lyr'in tüm minimum zamanları için oluşturulan (O-C) diyagramı. Mavi renkli eğri uyumlanan büyük genlikli ve dönemli çevrimsel değişimin lineer terimi le bileşkesini temsil etmektedir. Kırmızı renkli eğri ise lineer terim ve iki LiTE teriminin bileşkesinden oluşma en iyi ETV modelini temsil etmektedir. b) ETV modelinden olan artıklar.

(O-C) diyagramında izlenen iki çevrimsel değişimin, UZ Lyr'in yoldaş bileşeninin manyetik aktivite çevriminden kaynaklanabileceği ihtimali üzerine, iki LiTE modelinden hesaplanan A yarı-genlikler ve $P_{\sin}$ dönemleri, Lanza (2020) kuramına ait parametrelerin hesabında da kullanılmış ve elde edilen sonuçlarına bölüm 5.3'te yer verilmiştir.

4.3 UZ Lyr Sistemin Işık Eğrisi Analizi

UZ Lyr çift sisteminin (O-C) diyagramında görülen çevrimsel yapılı değişimlerin ilave cisimlerden kaynaklanan ışık-zaman etkisi altında oluştukları varsayımı altında yapılacak analizlerde, yakın çift sistemin bileşenlerine ve yörüngesine ilişkin hassas olarak belirlenmiş mutlak boyutlara ihtiyaç vardır. Bu kapsamda, sistemin mutlak boyutlarını hesaplayan literatürde yapılmış tek çalışma Roobiat ve Pazhouhesh (2022) tarafından gerçekleştirilmiştir. Ancak, söz konusu bu çalışma dikkatle incelendiğinde çok sayıda belirsizlik ve hata içermektedir. Uygulamada doğru yapılmış bir analizin sonuçlarını ve mutlak boyutlarını listeleyen çizelgeleri çok sayıda hatalı değer içermekte ve parametre hatalarının gösterimlerinin yanlış olduğu görülmektedir. Bu nedenle söz konusu analizin yenilenmesine ihtiyaç duyulmuştur.

UZ Lyr sisteminin en güncel dikine hız eğrisi Matson vd. (2017) tarafından elde edilmiştir. Bu dikine hız eğrisi, 16 adet tam yörünge çevrimi içeren *Kepler* Q10 SC fotometrik verisinden üretilen ışık eğrisi ile birlikte eş-zamanlı olarak çözülmüştür. *Kepler* Q10 çeyekliği verisinin gözlem zamanı, Matson vd. (2017) tarafından elde edilen dikine hız ölçümlerinin zamanları ile çakışmaktadır. Böylelikle, çözüm sırasında kullanılan fotometrik ve tayfsal gözlem verilerinin de eş-zamanlı olması sağlanmıştır. Çözüm, Wilson-Devinney (1971) ışık eğrisi analiz programının 2015 yılı sürümünü temel alan ve kullanışlı bir arayüz sağlayan `PyWD2015` yazılımı (Güzel ve Özdarcan 2020) ile gerçekleştirilmiştir.

Kepler Q10 SC-SAP verisi, Bölüm 3.2.4'de açıklandığı şekilde Kepler parlaklıklarına dönüştürülmüş, yörünge dönemine göre evrelendirilmiş ve 1000 adet normal noktadan oluşan bir ışık eğrisine dönüştürülmüştür. Kepler parlaklıklarına dönüşüm sayesinde ayrıca bir normalizasyon işlemine gerek duyulmamıştır. Analiz sırasında baş bileşenin sıcaklığı Frasca vd. (2016) çalışmasından T_1 = 11461±397 K olarak alınmış ve sabit tutulmuştur. Baş bileşen için albedo katsayısı $A_1 = 1$ ve çekim kararması katsayısı $g_1 = 1$ (Milne, 1926; Zeipel, 1924) alınarak sabit kabul edilmiştir. Yoldaş bileşenin A_2 albedo katsayısı serbest bırakılmış, çekim kararması katsayısı ise tayf türüne uygun olarak $g_2 = 0.32$ değerinde sabit tutulmuştur. Kenar kararma katsayıları lineer yasa ile

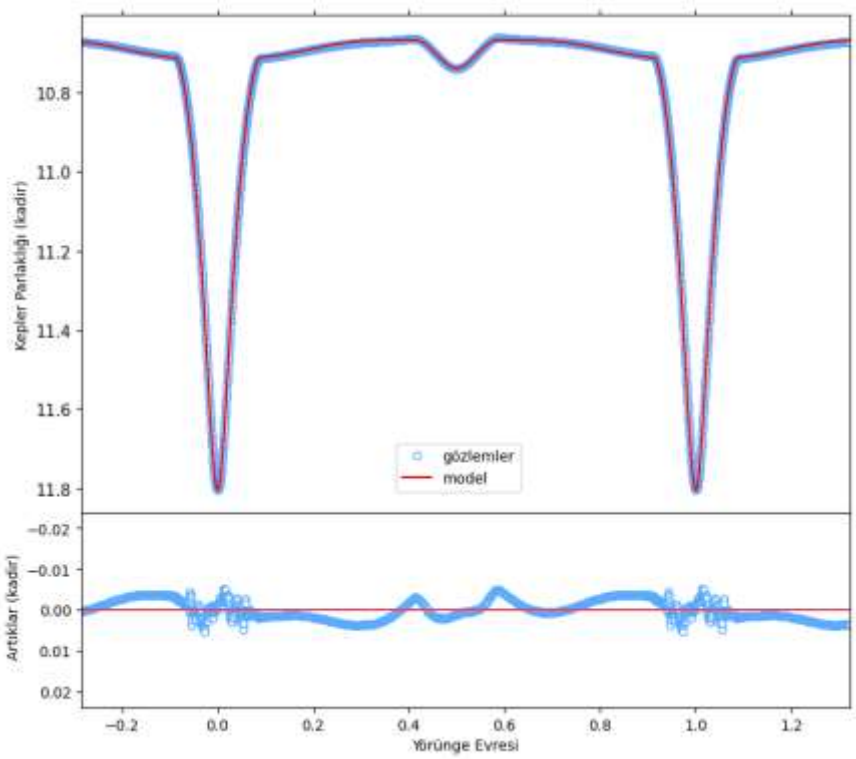
değerlendirilmiş ve PyWD2015 programı tarafından her diferansiyel düzeltme iterasyonunda otomatik olarak hesaplanacak şekilde düzenlenmiştir.

Ayrıca, bileşenlerin yörünge hareketi ile senkronize dönmeye (eş-dönme) sahip oldukları varsayılmıştır. Baş bileşene ait dikine hız verisinde Rossiter-McLaughlin etkisi altında olduğu görülen iki ölçüm noktası (gözlem zamanları HJD2456077.8059 ve HJD2456234.6275) veri setinden çıkarılmış ve analiz sürecine dahil edilmemiştir. Dolayısıyla, dikine hız çözümü sırasında, her iki bileşen için de Rossiter-McLaughlin etkisi modellemeye dahil edilmemiştir.

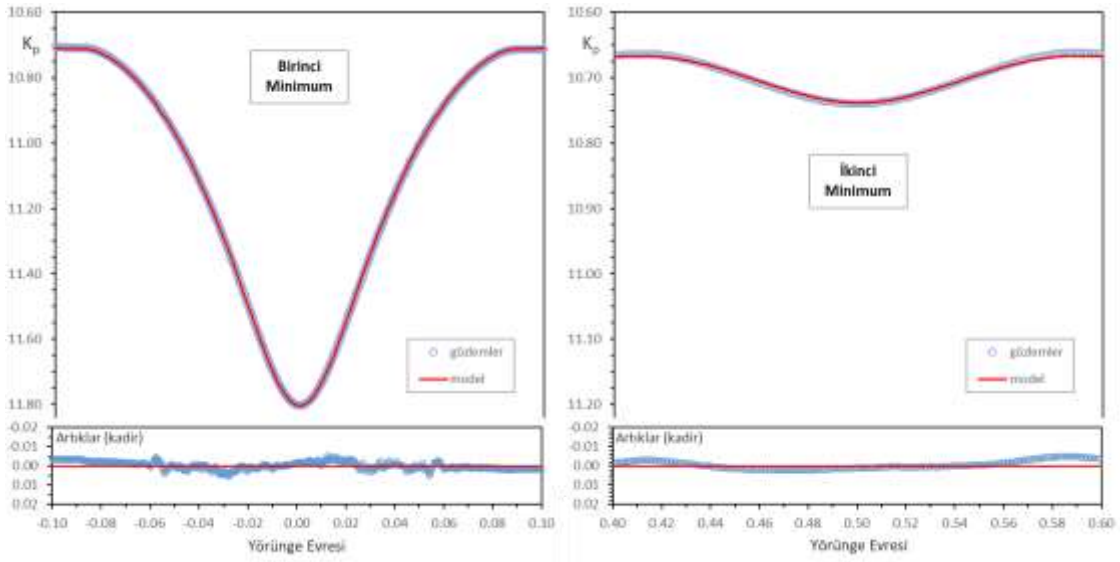
Sistemin gözlemsel ışık eğrilerinin tüm karakteristik özelliklerini ortaya koyabilmek amacıyla farklı modlarda çözüm denemeleri gerçekleştirilmiş ve en uygun analiz modunun, yarı-ayrık sistemleri temsil eden MODE-5 olduğu tespit edilmiştir. Eşzamanlı çözüm sırasında serbest bırakılan parametreler; ikincil bileşenin yüzey sıcaklığı (T_2), sistemin yörünge eğimi (i), birincil bileşenin Roche eşpotansiyeli (Ω_1), yörüngenin yarı-büyük eksen uzunluğu (a), birincil bileşenin ışınım gücü (L_1), sistemin kütle oranı ($q = M_1/M_2$), ikincil bileşenin albedo katsayısı (A_2), sistemin kütle merkezinin dikine hızı (γ) ve evre kayması (phase-shift) değeridir. Bu parametrelerin dışındaki tüm diğer parametreler sabit tutulmuştur. Sistemin tutulmalar dışı ışık değişiminde kayda değer bir modülasyon yapısı izlenmediğinden, bileşenler için herhangi bir sıcak/soğuk leke tanımlaması yapılmamıştır.

Analiz sonucunda, UZ Lyr sisteminin bileşenleri ve yörüngesine ait fiziksel parametrelerin elde edilen sonuç değerleri ve bunlardan hesaplanan mutlak boyutları, hata değerleri ile birlikte Çizelge 4.4'te, literatür sonuçları ile birlikte karşılaştırmalı olarak sunulmuştur. Bu çözüm sonuçlarını temsil eden sentetik (model) ışık eğrisi, gözlemsel verilerle birlikte Şekil 4.10'da gösterilmiştir. Işık eğrisinin baş ve yan minimumlarında model ile gözlem arasındaki uyumu daha net ortaya koymak amacıyla, bu bölgeler ayrıntılı şekilde Şekil 4.11'de sunulmuştur. Ayrıca sistemin tayfsal verilerinden elde edilen dikine hız eğrileri ile bunlara uyumlanan model eğriler ise Şekil 4.12'de verilmiştir. Her iki şekilde alt panelde modelden olan artıklar da gösterilmiştir. Ayrıca, UZ Lyr sisteminin 0.75 evresine karşılık gelen anda, yoldaş bileşenin birinci kritik Roche

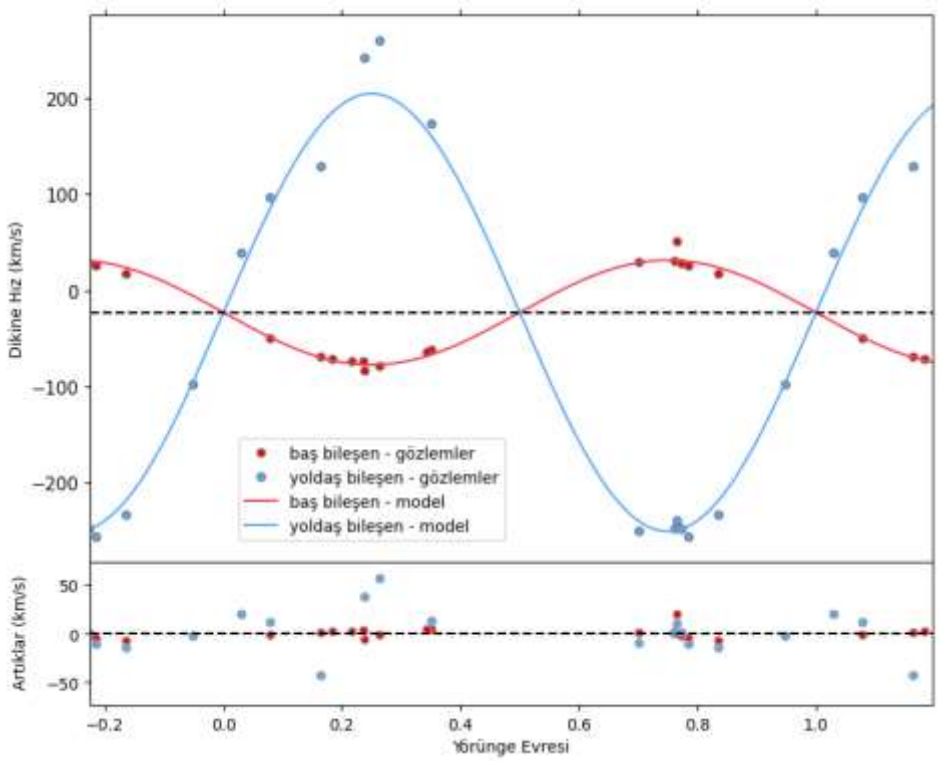
şişimini doldurduğunu ve baş bileşenin ise hâlâ küresel bir yapıya sahip olduğunu gösteren üç boyutlu Roche geometrisi Şekil 4.13'te verilmiştir.



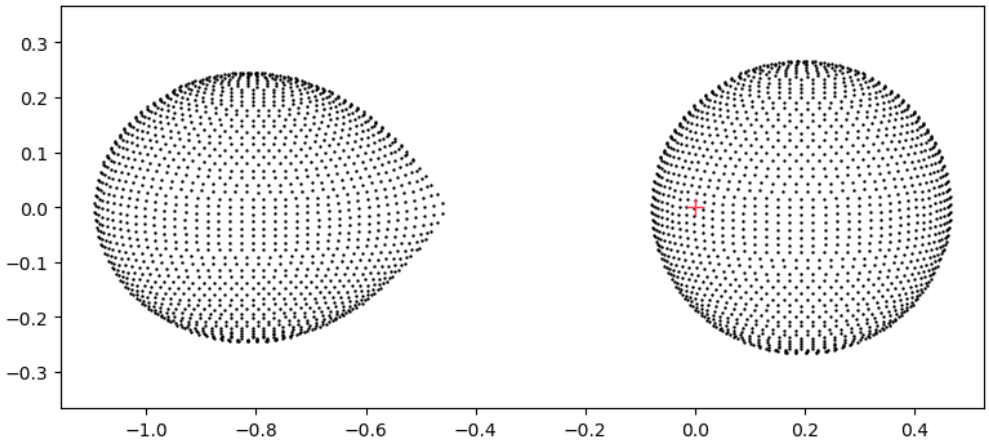
Şekil 4.10 UZ Lyr sistemine ait eşzamanlı çözüm sonuçlarına ilişkin kuramsal ve gözlemsel ışık eğrileri (üstte) ile modelden olan artıklar (altta).



Şekil 4.11 UZ sistemine ait eşzamanlı çözüm sonuçlarına ilişkin baş minimum (solda) ve yan minimum (sağda) bölgesindeki kuramsal (model) ve gözlemsel ışık eğrileri ile bu modellere ait artıklar.



Şekil 4.12 UZ Lyr sistemine ait eş-zamanlı çözüm sonuçlarına ilişkin kuramsal ve gözlemsel dikine hız eğrileri (üstte) ile modelden olan artıklar (altta)



Şekil 4.13 UZ Lyr çift yıldız sisteminin 0.75 evresine karşılık gelen Roche geometrisi

Çizelge 4.4 `PyWD2015` ile yapılan eşzamanlı ışık ve dikine hız eğrisi çözümü sonucunda UZ Lyr sistemine ait elde edilen fiziksel parametrelerin ve hesaplanan mutlak boyutların literatürdeki değerlerle karşılaştırılması

Parametre [birim]	Matson vd. (2017)	Roobiat ve Pazhouhesh (2022)	Bu Çalışma
EŞ-ZAMANLI IŞIK ve DİKİNE HIZ EĞRİSİ ANALİZ SONUÇLARI			
γ [km/sn]	-25 (2)	-19 (3)	-23.18 ± 1.18
K_1 [km/sn]	54 (2)	57.4 (4.5)	54.409 ± 1.0
K_2 [km/sn]	238 (8)	222 (7)	227.794 ± 4.5
i [°]	84.2	81.485 (8)	82.639 ± 0.026
q	0.23 (0.01)	0.2242 (3)	0.2393 ± 0.0065
Ω_1	-	3.851 (2)	3.976 ± 0.004
Ω_2	-	-	2.328
evre kayması	-	-	$1.228 \pm 0.115 \times 10^{-4}$
T_1 [K]	-	11461	11461
T_2 [K]	-	4259 (7)	4653 ± 8.8
A_1	-	1	1
A_2	-	0.59 (1)	0.598 ± 0.004
g_1	-	1	1
g_2	-	0.33 (2)	0.32
x_1	-	-	0.355
x_2	-	-	0.700
$r_{pole,1}$	-	0.27 (7)	0.2670 ± 0.0003
$r_{point,1}$	-	0.28 (8)	0.2727 ± 0.0003
$r_{1side,1}$	-	0.28 (8)	0.2702 ± 0.0003
$r_{back,1}$	-	0.28 (8)	0.2719 ± 0.0003
$r_{pole,2}$	-	0.24 (24)	0.2451 ± 0.0002
$r_{point,2}$	-	0.35	0.3578 ± 0.0002
$r_{side,2}$	-	0.25 (28)	0.2551 ± 0.0002
$r_{back,2}$	-	0.28 (48)	0.2876 ± 0.0002
RMSE	-	0.0025	0.0022
HESAPLANAN MUTLAK BOYUTLAR			
a [R⊙]	11.0 (0.3)	10.56 (57)	10.618 ± 0.174
M_1 [M⊙]	4.05 (0.3)	3.52 (12)	3.628 ± 0.277
M_2 [M⊙]	0.92 (0.07)	0.91 (18)	0.868 ± 0.070
R_1 [R⊙]	-	1.74 (53)	2.864 ± 0.047
R_2 [R⊙]	-	1.75 (81)	2.782 ± 0.046
L_1 [L⊙]	-	47.5 (28.9)	126.77 ± 18.05
L_2 [L⊙]	-	0.99 (92)	3.25 ± 0.11

5. SONUÇ VE TARTIŞMA

5.1 FL Lyr

FL Lyr'in 1934-2024 yılları arasında 90 yıl zaman aralığına dağılmış, toplamda 1800 adet minimum zamanı verisinden oluşma (O-C) diyagramında (bkz. Şekil 4.2) ilk bakışta kayda değer bir değişim görülmemektedir. VarAstro'dan alınan ışık elemanlarıyla çizilen (O-C) diyagramında izlenen lineer yapılı trend için en küçük kareler yaklaşımı ile doğru uyumlaması yapılmış ve doğrusal ışık elemanları güncellenmiştir (bkz. Bölüm 4.1).

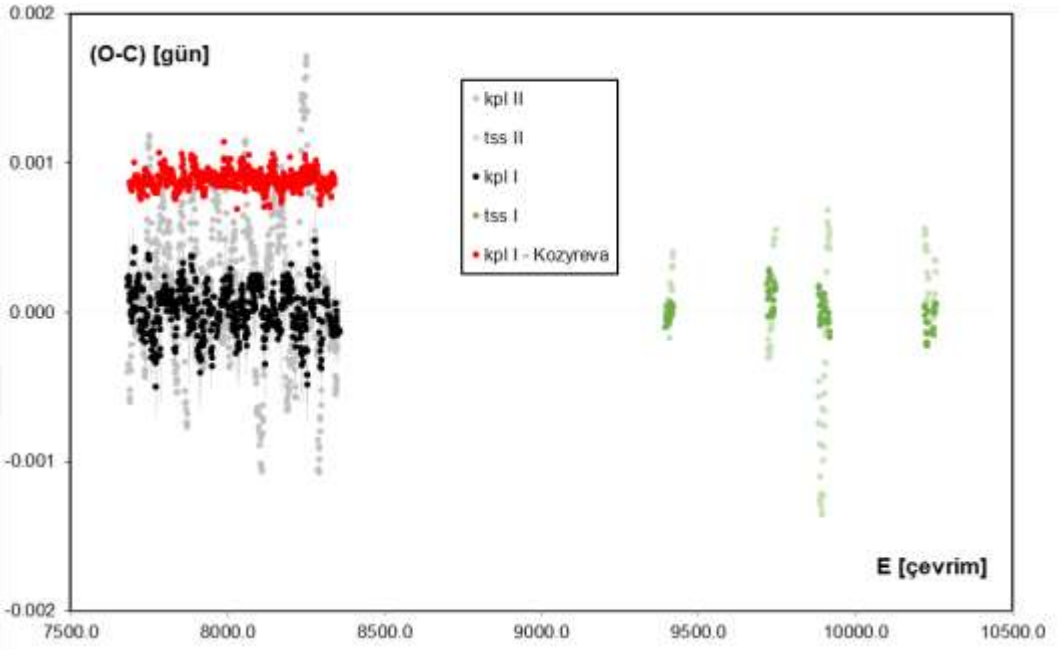
FL Lyr'in sadece *Kepler* verisi minimumlarından oluşturulan ve kesintisiz yaklaşık 4 yıllık bir zaman aralığını kapsayan (O-C) diyagramında (Şekil 4.3) ilgi çeken bir sistematikle karşılaşılmıştır. Baş (Min I) ve yan (Min II) minimum verilerinin dağılımları ayrı ayrı incelendiğinde, her artışın bir azalışı takip ettiği çevrimsel karakterli bir değişim yapısı sergiledikleri görülmüştür. Yan minimum verisinin gösterdiği genlikler, baş minimum verisine nazaran daha büyük ölçeklidir. Yapısal olarak her iki veri türünde (Min I ve Min II) de birbirini takip eden çevrimlerin genlikleri ve süreleri sabit olmayıp değişkenlik göstermektedir. Ayrıca, baş ve yan minimum verilerinin göstermekte olduğu bu çevrimsel karakterli değişimin genlik ekstremumları neredeyse zıt fazdadır. Yani birinde izlenen bir maksimum diğerindeki bir minimum evresine denk gelmektedir. (O-C) diyagramlarında gözlenen bu türden yapılar, *Kepler* ve *TESS* gibi uzay-tabanlı fotometrik verilerinin parlaklık ve zamanda sahip oldukları yüksek hassasiyet ve veri sıklığı sayesinde görünür olabilmektedir ve Tran vd. (2013) tarafından detaylı olarak çalışılmıştır. Tran vd. (2013) bu türden (O-C) değişimlerinin, bazı örten çift sistemlerdeki soğuk bileşenin yüzeyinde oluşan karanlık yıldız lekelerinden kaynaklandığını kanıtlanmıştır. Baş ve yan minimumların (O-C) diyagramında gösterdikleri bu çevrimsel değişimlerin çevrim sürelerini hesaplamak ve varsa çoğul dönemlilik karakterini ortaya çıkarmak amacıyla, verilere Fourier dönüşümü tabanlı dönemlilik analizleri uygulanmıştır. Uygulama detaylarına bölüm 4'te yer verilen bu analizler sonucunda hem baş minimum hem de yan minimum verisinde yaklaşık 211 gün ve 101 gün süreli dönemlilikler tespit edilmiştir. Ayrıca, baş minimum verisi analizinde SNR≥4 anlamlılık

kriterini sağlayan, ancak yan minimum verisi analizinde bu kriteri sağlamayan yaklaşık 40 gün dönemli bir sinyalin daha var olabileceği tespit edilmiştir.

Çevrimden çevrime genlikte ve sürelerde görülen değişimler, lekelerin farklı bölgelerde (enlem ve boylamlarda) anlık ortaya çıkışları ve kaybolmalarının, başka bir deyişle lekelerin yaşam süresinin etkisi olarak yorumlanmıştır. Sonuç olarak, FL Lyr'in sadece *Kepler* verisi minimumlarından oluşturulan (O-C) diyagramında baş ve yan minimum verilerinin gösterdiği değişimlerin, soğuk yoldaş bileşen üzerindeki Güneş benzeri karanlık leke(ler)den kaynaklanan tipik bir manyetik etkinlik olgusunu işaret ettiğini düşünülmektedir.

Kozyreva vd. (2023), daha önce *Kepler* verisinden hesapladıkları minimum zamanlarını (sadece baş minimumlar) kullanarak gerçekleştirdikleri ETV analizi çalışmalarını (Kozyreva vd., 2015, 2016), *TESS* verisinden hesapladıkları baş minimum zamanlarını da ekleyerek güncellemişlerdir (oluşturdukları (O-C) diyagramı için bkz. Şekil 2.8). Bu çalışmaları sonucunda, minimum kütle değeri M ~ 6 $M_{jüp}$ ve FL Lyr çift sistemi etrafındaki yörüngesinin dönemi $P_{yör}$ ~ 22±0.5 yıl olan bir ötegezegen bileşen önermişlerdir. Doğrulama amacıyla, yalnızca *Kepler* ve *TESS* verisinden hesapladığımız baş ve yan minimumlarımızla bir (O-C) diyagramı oluşturulmuştur (bkz. Şekil 5.1). Bu diyagrama Kozyreva vd.'nin (2023) *Kepler* verisinden hesapladıkları birinci minimum zamanları da yerleştirilmiş (diyagramda kırmızı noktalar) ve çalışmamızda hesapladığımız *Kepler* minimum zamanları ile belirgin bir seviye farkı gösterdikleri tespit edilmiştir. *TESS* verisi de denetlendiğinde böyle bir seviye farkının olmadığı görülmüştür. *Kepler* verisine dayalı iki veri seti arasındaki seviye farkı için yapılan inceleme sonucunda aradaki fark değerinin tam olarak BJD-HJD dönüşümü için gereken değer kadar olduğu tespit edilmiştir. Kozyreva vd. (2023), hesapladıkları *Kepler* minimum zamanları için makalelerinde BJD-HJD dönüşümünü uyguladıklarını belirtmiş olmalarına rağmen, dönüşümü yapılmamış *Kepler* minimum zamanlarını listelemişler ve (O-C) diyagramlarını da BJD birimindeki *Kepler* minimumlarıyla çizmişlerdir. Bu hata, oluşturdukları (O-C) diyagramında (bkz. Şekil2.8) *Kepler* verisi ile *TESS* verisi arasında belirgin bir seviye farkı olarak yansımış ve kendileri tarafından çevrimsel bir değişim olarak algılanmıştır. Sonuç olarak, Kozyreva vd.'nin (2023) önerdikleri dev gezegen

aslında mevcut değildir. Dolayısıyla, literatüre geçen FL Lyr b kayıtlarının ilgili veri kaynaklarından (exoplanet.eu, openexoplanetcatalogue.com) çıkarılması gerektiği sonucuna varılmıştır.



Şekil 5.1 FL Lyr için tarafımızdan hesaplanan Kepler ve TESS minimum zamanları için oluşturulan (O-C) diyagramı. Kozyreva vd. (2015, 2016, 2023)'nin Kepler verisinden hesapladıkları ve makalelerinde listeledikleri I. minimum zamanları da (kırmızı renkli noktalar) diyagrama yerleştirilmiştir.

5.2 UZ Lyr

UZ Lyr sistemine ait 1920–2024 yılları arasındaki yaklaşık 100 yıllık zaman aralığına yayılan toplam 2095 minimum zaman verisinin analizinden elde edilen (O–C) diyagramı (bkz. Şekil 4.1), ilk bakışta dikkat çeken büyük ölçekli çevrimsel bir yapıya sahiptir. Özellikle son yıllarda *Kepler* ve *TESS* gibi uzay teleskoplarından elde edilen yüksek hassasiyetli fotometrik veriler sayesinde (O–C) diyagramındaki veri yoğunluğu belirgin şekilde artmıştır.

(O–C) diyagramı üzerinde gözlenen iki belirgin çevrimsel yapının, sistemde bulunan bir lineer terim ve iki ilave bileşenin ışık-zaman etkisinden kaynaklandığı varsayımıyla modelleme yapılmıştır (Bölüm 4.2). Yapılan modelleme sonucunda elde edilen parametre değerleri ile uyumlandırılan çevrimsel değişimlerden birincisi için yarı-genlik A_3 = 0.0321 gün ve dönem $P_{sin,3}$ = 168.614 yıl olarak tespit edilirken, diğer çevrimsel değişim için yarı-genlik A_4 = 0.0039 gün ve dönem $P_{sin,4}$ = 15.195 yıl olarak hesaplanmıştır. Bu çevrimlerin, UZ Lyr çift yıldızı ile oluşturdukları ortak kütle merkezi etrafında yörüngelerde dolanan iki ilave bileşenin yarattığı ışık-zaman etkisinden kaynaklanabileceği değerlendirilmektedir.

Çizelge 4.3'te sunulan sonuç parametre değerleri kullanılarak, Bölüm 3.2.2'de açıklanan yöntem doğrultusunda yapılan hesaplamalar, birinci ilave bileşenin yaklaşık 0.56 $M_\odot$ ve ikinci ilave bileşen için 0.32 $M_\odot$ limit kütleye sahip olabileceğini göstermektedir. Bu bileşenlere ilişkin detaylı parametreler, ETV analizinden elde edilen sonuçlarla birlikte Çizelge 5.1'de sunulmuştur. Aynı çizelgede, bu çalışmada elde edilen sonuçlar, literatürde yer alan Borkovits (2016) ile Roobiat & Pazhouhesh (2022) tarafından sunulan farklı veri kümelerine dayanan çözümlerle karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

İlgili çizelgede, (j = 3,4 ilave bileşenleri nitelemek üzere) P_j ilave bileşenin yörünge dönemini, e_j ilave bileşenin yörünge basıklığını, ω_j ilave bileşen yörüngesinin enberi noktasının argümanını, $T_{0,j}$ ilave bileşenin yörüngesinin enberi noktasından herhangi bir geçiş zamanını, $a_{12,j} \sin i$ örten çiftin ilave cisim ile oluşturduğu ortak kütle merkezine olan izdüşüm uzaklığını, $f(m_j)$ ilave cismin kütle fonksiyonunu, $m_{j,min}$ ilave cisim için

hesaplanan en düşük kütle değerini ve Δm_j ise ilave bileşen ile yakın çift sistem arasındaki bolometrik parlaklık farkını (negatif ise çift sistem daha parlak) temsil etmektedir.

Çizelge 5.1 UZ Lyr'in (O-C) diyagramının iki LiTE ile modellenmesi sonucunda elde edilen ilave cisim parametreleri ve literatürde yer alanlarla karşılaştırmaları

Parametre [birim]	Borkovits vd. (2016)	Roobiat ve Pazhouhesh (2022)	Bu Çalışma
P_3 [yıl]	-	360 (85)	168.614 ± 5.732
e_3	-	0.60 (11)	0.347 ± 0.038
ω_3 [°]	-	56 (6)	36.77 ± 3.58
$a_{12,3}\sin i$ [AB]	-	88.344 (21)	5.778 ± 0.076
$f(m_3)$ [M⊙]	-	0.005990 (9)	0.0068 ± 0.0005
$m_{3,\min}$ [M⊙]	-	0.55187 (29)	0.557 ± 0.159
Δm_3 [kadir]	-	-	-7.661 ± 1.225
P_4 [yıl]	15.14	23.140 (20)	15.195 ± 0.005
e_4	0.46 (3)	0.06 (2)	0.173 ± 0.162
ω_4 [°]	242 (9)	63 (2)	344.24 ± 27.20
$a_{12,4}\sin i$ [ab]	0.637 (32)	13.645 (17)	0.678 ± 0.038
$f(m_4)$ [M⊙]	0.0011 (2)	0.00138751 (2)	0.0013 ± 0.0002
$m_{4,\min}$ [M⊙]	0.17	0.31494 (13)	0.315 ± 0.090
Δm_4 [kadir]	-	-	-10.093 ± 1.225

UZ Lyr sisteminin zamana bağlı dinamik evrimini incelemek amacıyla, Bölüm 3.2.5'te açıklanan ve Çizelge 5.1'de sunulan (O–C) diyagramının iki ayrı ışık-zaman etkisi (LiTE) ile modellenmesi sonucunda elde edilen üçüncü ve dördüncü bileşene ait parametreler kullanılarak uzun vadeli yörünge simülasyonları gerçekleştirilmiştir.

İlk olarak, bu çalışmada yapılan O–C analizine dayanarak elde edilen parametrelerle, hem merkezi ikili sistem hem de üçüncü ve dördüncü bileşenler için yörünge eğim açısı i = 90° kabul edilerek simülasyonlar yürütülmüştür. Bu senaryoda, yarı-büyük eksen (a) ve dışmerkezlik (e) değerlerinde zaman içinde yalnızca küçük salınımlar gözlenmiş; bunun dışında sistemin genel yörünge yapısı korunmuş ve belirgin bir değişiklik meydana gelmemiştir.

Aynı parametreler, bölüm 4.3' de detaylı olan anlatılan eş-zamanlı çözüm sonucunda elde edilen ve çizelge 4.4' de verilen kütle değerleri (M_1 = 3.628 M⊙, M_2 = 0.868 M⊙) ile

yörünge eğim açısı (i = 82.639°) kullanılarak, yani sistemin eş-düzlemsel (coplanar) olduğu varsayımıyla yeniden modellenmiştir. yarı-büyük eksen (a) ve dışmerkezlik (e) değerleri, önceki senaryoyla benzer düzeyde salınımlar göstermiştir. Her iki durumda da simülasyon süresince belirgin bir yapısal değişim gözlenmemiştir (bkz. Şekil 5.2).

Tüm senaryolar için entegrasyon süresi bin yıldan milyar yıla kadar geniş bir zaman aralığını kapsamaktadır. Her iki durumda da sistem, hiyerarşik yapısını korumuş; rezonans, yörünge kesişimi veya kaotik evrim belirtileri göstermemiştir.

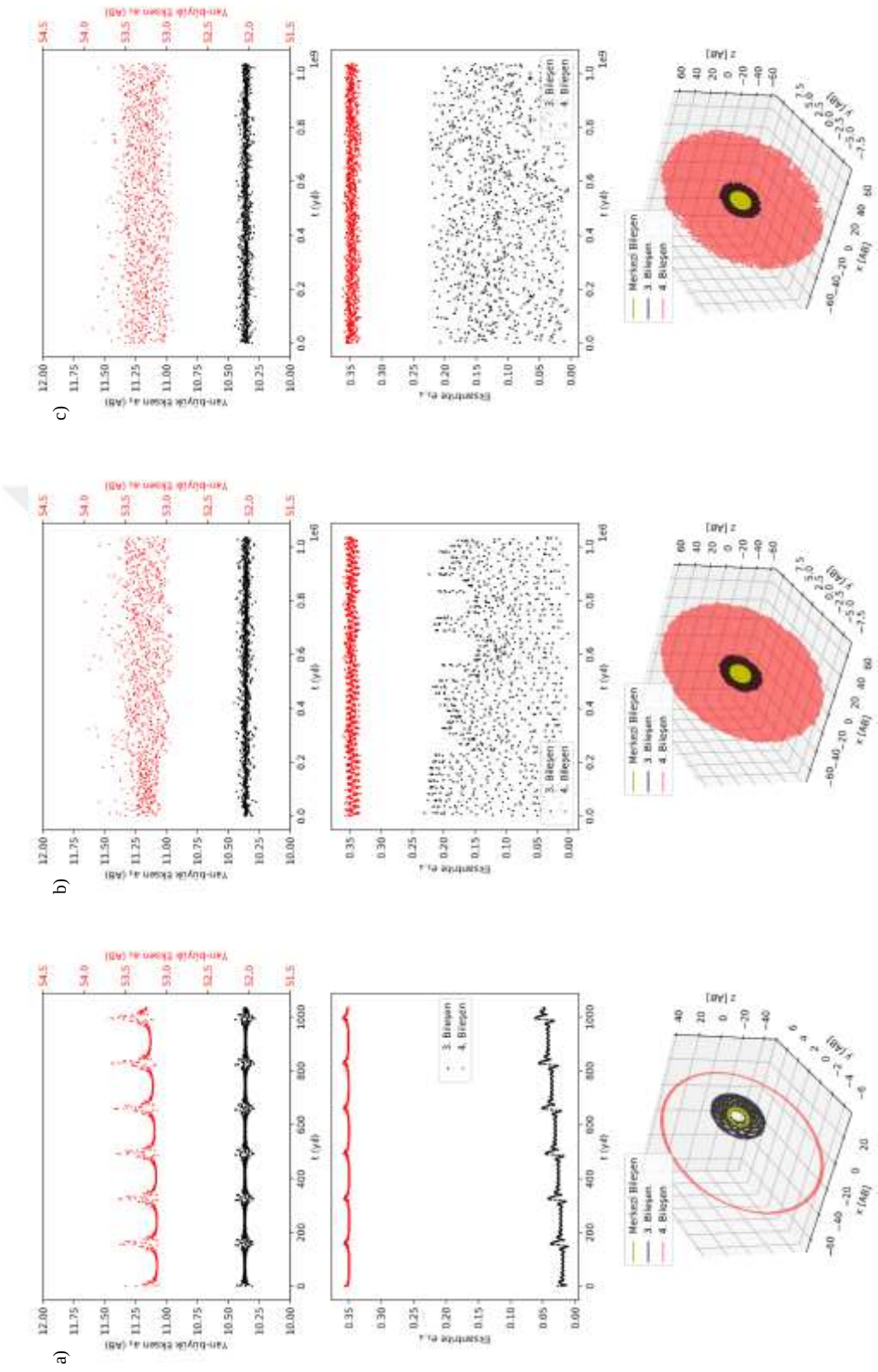
Özellikle her iki bileşenin yarı-büyük eksenleri tüm simülasyon süresi boyunca sayısal olarak sabit kalmış, anlamlı bir sapma veya kayma gözlenmemiştir. Bununla birlikte, içteki (dördüncü) bileşenin dışmerkezlik değeri yaklaşık e ~ 0.20 düzeyine kadar ulaşan sınırlı salınımlar sergilemiştir. Dıştaki (üçüncü) bileşenin dışmerkezliği ise yalnızca dar bir aralıkta küçük değişiklikler göstermiştir.

Bu sonuçlar, ETV analizine dayalı olarak yapılan yörünge simülasyonlarının, her iki eğim açısı varsayımı altında da sistemin milyar yıl mertebesinde kararlı kaldığını ortaya koymaktadır. Bu doğrultuda, bu çalışmada önerilen parametre setlerinin uzun vadeli kararlılığını test etmek açısından simülasyonların yeterli olduğu değerlendirilmiş; dolayısıyla ek bir kararlılık haritası oluşturulmasına ihtiyaç duyulmamıştır.

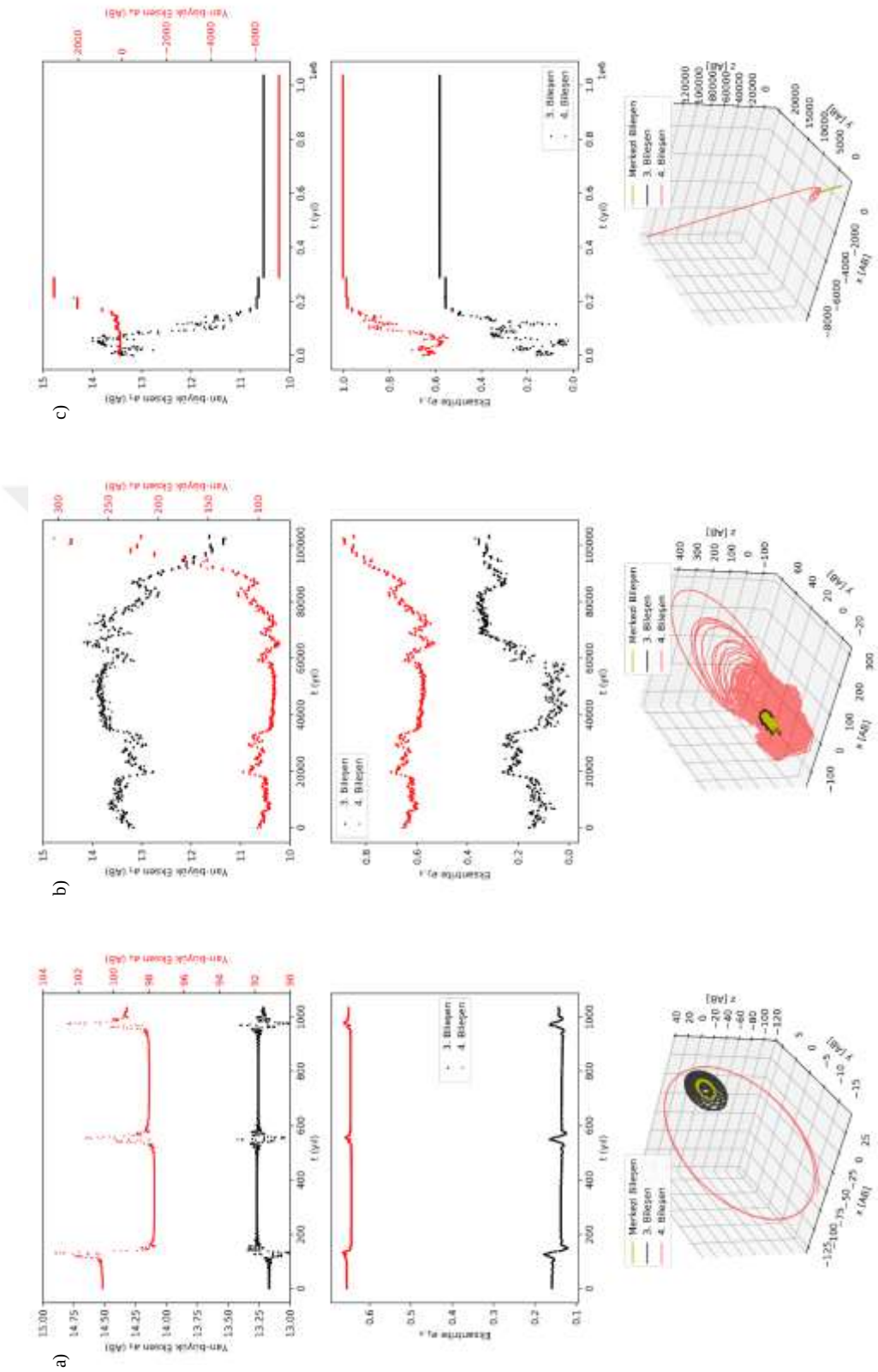
Eş-düzlemsel yapı (i = 82.639°) varsayımı ile karşılaştırıldığında, i = 90° senaryosunda ilave bileşenlerin kütleleri daha düşük hesaplanmaktadır. Bu da bileşenler arasındaki kütleçekimsel etkileşimlerin daha zayıf olmasına neden olur. Kararsızlık çoğunlukla bu tür etkileşimlerden kaynaklandığı için, eş-düzlemsel senaryo kararlıysa, i = 90° varsayımında da kararlılık beklenebilir. Ayrıca, tüm bileşenlerin aynı yörünge düzleminde yer aldığı eş-düzlemsel yapı fiziksel olarak daha olası kabul edilirken, i = 90° varsayımı gözlem doğrultusuna tam hizalanmayı öngörür. Bu durum yalnızca rastlantısal bir hizalanma ile mümkün olabileceğinden, fiziksel olarak özel bir gerekçeye dayanmamaktadır.

Öte yandan, Roobiat ve Pazhouhesh (2022) tarafından önerilen ve sistemde iki ayrı ışık-zaman etkisi kaynağının varlığını esas alan parametrelerle yapılan simülasyonlarda, sistem milyon yıl mertebesine ulaşmadan kararsız hale gelmiştir. Bu durum, literatürde sunulan çözüm setinin dinamik olarak sürdürülebilir olmadığını ve önerilen yapıların uzun vadeli kararlılık sergilemediğini göstermektedir (bkz. Şekil 5.3).

Çizelge 5.1'den görüleceği üzere üçüncü (daha büyük kütleli) ilave bileşenin normal bir anakol yıldızı olması halinde hesaplanan bolometrik parlaklığı, UZ Lyr örten çift sisteminden yaklaşık 7.7 kadir daha sönük çıkmaktadır. Bu ilave bileşen için UZ Lyr çiftinden olan en büyük açısal ayrıklık hesabı $a_3 = 0.027 \pm 0.007$ yay saniyesi değerini vermekte ve hesaplanan dikine hız genliği $V_{R_max,3} = 1.088 \pm 0.047$ km/s olmaktadır. Aynı şekilde dördüncü (daha düşük kütleli) ilave bileşenin de normal bir anakol yıldızı olması halinde hesaplanan bolometrik parlaklığı. UZ Lyr örten çift sisteminini bütünleşik bolometrik parlaklığından yaklaşık 10.093 kadir daha sönük olduğu hesaplanmaktadır. Bu ilave bileşen için UZ Lyr çiftinden olan en büyük açısal ayrıklık hesabı $a_4 = 0.005 \pm 0.002$ yay saniyesi değerini vermekte ve dikine hız genliği $V_{R_max,4} = 1.348 \pm 0.100$ km/s olarak hesaplanmaktadır. Hesaplanan bu değerlerle, üçüncü ve dördüncü bileşenlerin, eğer mevcut iseler, UZ Lyr'in fotometrik ve/veya dikine hız gözlemlerinde ayırt edilmesi mümkün görünmemektedir.



Şekil 5.2 UZ Lyr sistemi için üç cisimli modelle a) bin yıl, b) bir milyon yıl, c) bir milyar yıl süreyle yürütülen simülasyon sonuçları. Soldan sağa: yarı-büyük eksen (a) değişimleri, ilave bileşenlerin dışmerkezlik (e) değişimleri ve üç boyutlu temsilî yörünge eğrileri gösterilmektedir.



Şekil 5.3 Roobiat ve Pazhouhesh (2022) parametreleriyle UZ Lyr sistemi için yürütülen üç cisimli simülasyon sonuçları: a) bin yıl, b) yüz bin yıl, c) bir milyon yıl. Soldan sağa: üçüncü ve dördüncü bileşenlerin yarı-büyük eksen (a) değişimleri, dışmerkezlik (e) değişimleri ve simülasyon süresince izlenen temsilî üç boyutlu yörünge eğrileri gösterilmektedir.

İlave bir bileşenin neden olduğu ışık-zaman etkisi, genlik ve periyot bakımından manyetik aktivite çevrimlerinin yol açtığı dönemsel değişimlerle karıştırılabilir. Bu nedenle, sisteme uygulanan modelleme sonucunda elde edilen çevrimsel değişimin yarı-genlik (A) ve periyot (P) değerleri esas alınarak, sistemin düşük kütleli geç tayf türünden yoldaş bileşeninden kaynaklanabilecek manyetik çevrim etkinin olası katkısı da değerlendirilmiştir. Bu tür analizlerde klasik olarak Applegate (1992) mekanizması sıkça kullanılmakla birlikte, yüksek enerji gereksinimi gibi kısıtlamalar nedeniyle manyetik çevrim etkisinin güncel teorik yaklaşımlar çerçevesinde değerlendirilmesi amacıyla, aktif bileşenin dönme hareketi ile çift sistemin yörünge hareketi arasındaki etkileşimi esas alan alternatif bir model olan Lanza (2020) yaklaşımı tercih edilmiştir.

Bu modelin Applegate (1992) mekanizmasından temel farkı, çevrimsel değişimleri açıklamak için çok daha düşük bir enerji gereksinimi öngörmesidir. Lanza (2020) modeline göre, çift yıldız sistemlerinde manyetik katkıyı sağlayan bileşenin sönük, yani ikincil bileşen olduğu kabul edilmektedir. Bu doğrultuda, UZ Lyr çift yıldız sistemine ait fiziksel parametreler, Çizelge 5.2'te verilen Tutulma Zamanlaması Değişimi (ETV) analizi ve ışık eğrisi çözümüne dayalı veriler kullanılarak değerlendirilmiştir. Sönük (ikincil) bileşen esas alınarak hem kısa dönemli hem de uzun dönemli çevrimsel yapılar için Lanza (2020) modeline dayalı hesaplamalar yapılmış ve bu hesaplamalarda belirsizlikler, Gaussian hata yayılımı yöntemi kullanılarak belirlenmiştir.

Çizelge 5.2 Lanza (2020) modeline göre UZ Lyr çift yıldız sisteminin (O-C) diyagramında görülen iki çevrimsel değişim için hesaplanan model parametreleri ve bu parametrelere ait hata değerleri (Yoldaş bileşenin manyetik aktivite çevrimi gösterdiği varsayılmıştır).

	Kısa dönemli çevrim		**Uzun dönemli çevrim**	
Parametre	**Değer**	**Hata**	**Değer**	**Hata**
a_2	5963358995	73302466.1	5963358995	73302466.1
m (indirgenmiş kütle)	1.394E+30	9.339E+28	1.394E+30	9.339E+28
Δt / 3T	1.456E-06	7.149E-08	1.092E-06	1.020E-08
ΔE [kg m^2 s^{-2}]	-1.067E+35	9.2447E+33	-8.000E+34	5.7585E+33
ΔE / ∟ [sn]	-8.581E+07	3.67E+05	-6.433E+07	2.63E+05
ΔE / E	0.178946	0.000765	0.012089	0.000049

Lanza (2020) modeline dayanarak yapılan hesaplamalar kullanılan a_2 parametresi, yörüngedeki sönük (manyetik olarak aktif) bileşenin sistemin kütle merkezine olan

ortalama uzaklığını ifade etmekte olup moment kolu olarak değerlendirilmiştir. İndirgenmiş kütle (m), sistemin kütle dağılımı göz önünde bulundurularak hesaplanmış ve dönme momenti ile ilgili hesaplamalarda kullanılmıştır. $\Delta t / 3T$ oranı ise, çevrimsel salınımın genliği ve periyoduna bağlı olarak tanımlanan $\Delta P / P$ oranının yaklaşık bir temsilcisi olup, model hesaplamalarında bu büyüklüğün yerine kullanılmıştır. Tüm bu parametreler dikkate alınarak, aktif bileşenin dönme hızındaki değişim sonucunda ortaya çıkan dönme enerjisi farkı (ΔE) ve bu enerjinin, yıldızın manyetik çevrim başına toplam ışınım gücündeki değişime oranı ($\Delta E / L$) hesaplanmıştır.

Öte yandan, üretilen toplam enerjiye kıyasla bu çevrimsel değişim için gerekli enerji oranları, Çizelge 5.2'te de gösterildiği üzere, kısa dönemli çevrim için $\Delta E / E$ = 0.179 ve uzun dönemli çevrim için $\Delta E / E$ = 0.012 olarak elde edilmiştir. Lanza (2020) modeline göre, eğer $\Delta E / E$ oranı 1'den küçükse, sistemin yörünge döneminde görülen çevrimsel değişimlerin manyetik aktivite çevrimi etkisi ile açıklanabilir olduğu kabul edilebilir. Bu bağlamda, UZ Lyr sistemi için (O-C) diyagramında görülen her iki çevrimsel yapılı değişim de bu koşulu sağlamakta olup, gözlemlenen çevrimsel yapıların kaynağında manyetik çevrim etkisinin önemli bir rol oynamış olabileceği söylenebilmektedir. Dolayısıyla, sistemin (O-C) diyagramına uygulanan ışık-zaman etkisi modeli fiziksel olarak tutarlı bir açıklama sunsa da, sistemin soğuk bileşeninin çevrimli manyetik aktivitesinin katkısının da dışlanmaması ve bu etkinin gelecekte yapılacak daha hassas gözlemlerle yeniden değerlendirilmesi gerektiği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Ahnert P., 1973, FL Lyrae, Mitteilungen Über Veränderliche Sterne, 6, 112

Applegate J.H., 1992, A Mechanism for Orbital Period Modulation in Close Binaries, ApJ, 385, 621

Applegate J.H., Patterson J., 1987, Magnetic Activity, Tides, and Orbital Period Changes in Close Binaries, ApJ, 322, 99

Applegate J.H., Shaham J., 1994, Orbital Period Variability in PSR B1957+20: Evidence for a Tidally Powered Star, AAS, 184th Meeting, id.21.02

Armstrong D.J., Gómez M.C.Y., Faedi F., Pollacco D., 2014, A catalogue of temperatures for Kepler eclipsing binary stars, MNRAS, 437, 3473

Astropy Collaboration, Robitaille T.P., Tollerud E.J., vd., 2013, Astropy: A community Python package for astronomy, A&A, 558, A33

Bahar E., Şenavcı H.V., Baştürk Ö., 2015, A Python-based GUI Software to Calculate Times of Maximum and Minimum: Xtrema, ASP Conference Series, vol:496, pp.288-289

Baluev R.V., 2008, Assessing Statistical Significance of Periodogram Peaks MNRAS 385, 1279

Baştürk Ö., 2012, Soğuk Yıldızlarda Farklı Hız Alanlarının Ayıklanması: Ötegezegen Keşfindeki Zorlukların Aşılması, Ankara

Borkovits T., Hajdu T., Sztakovics J., Rappaport S., Levine A., Biro I.B., Klagyivik P., 2016, A Comprehensive Study of the Kepler Triples Via Eclipse Timing, MNRAS, 4136, 4165

Borucki W.J., 2010, Kepler Planet Detection Mission: Introduction and First Results, AAS, 42, 215

Borucki W.J., Summers A.L., 1984, The Photometric Method of Detecting Other Planetary Systems, Icarus, 58, 121

Botsula R.A., 1978, Instability in detached binary systems of the main sequence with solar-type components. III. FL Lyrae, Peremennye Zvezdy, 20, 588

Bourrier V., Dumusque X., Dorn C., Henry G.W., Astudillo-Defru N., Rey J., Benneke B., Hebrard G., Lovis C., Demory B.O., Moutou C., Ehrenreich D., 2018, The 55 Cancri system reassessed, A&A, 619, 1

Breger M., Stich J., Garrido R., Martin B., Jiang S.-Y., Li Z.-P., Hube D.P., Ostermann W., Paparo M., Scheck M., 1993, Nonradial pulsation of the delta Scuti star BU CANCRI in the Praesepe cluster, A&A, 271, 482

Budding E., 1984, Bull. d'Information Centre des Données Stellaires, Strasbourg, 27, 91

Budding E., Erdem A., Çiçek C., Bulut I., Soydugan F., Soydugan E., Bakiş V., Demircan O., 2004, Catalogue of Algol type binary stars, A&A, 417, 263

Castelli F., 1977, The Spectrum of ε Aurigae Outside Eclipse, Ap&SS, 49, 179

Cester B., Fedel B., Giuricin G., Mardirossian F., Mezzetti M., Predolin F., 1979, A Catalogue of Modern Lightcurve Synthesis Photometric Solutions of Close Binary Systems, Memorie della Societa Astronomica Italiana, 50, 553

Chandler S.C., 1888, On Some Remarkable Anomalies in the Period of Y Cygni, The Astronomical Journal 8, 130-132

Claret A., Gimenez A., 1992, Evolutionary stellar models using Rogers & Iglesias opacities, with particular attention to internal structure constants, A&ApS, 96, 255

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

Cristaldi S., 1965, Curva Di Luce Ed Elementi Della Binaria Fotometrica FL Lyr, Memorie della Societa Astronomica Italiana, 36, 77

De Kort J., 1941, Estimates of fifteen variable stars in Vela and Puppis, BAN, 9, 245

Deeg H.J., 2020, A Modified Kwee–Van Woerden Method for Eclipse Minimum Timing with Reliable Error Estimates, Galaxi, 9, 1

Deeg H.J., Doyle L.R., Kozhevnikov V.P., Blue J.E., Martín E.L., Schneider J., 2000, A Search for Jovian-Mass Planets Around CM Draconis Using Eclipse Minima Timing, A&A, 358, 5

Deeg H.J., Ocaña B., Kozhevnikov V.P., Charbonneau D., O'Donovan F.T., Doyle, L.R., 2008, Extrasolar Planet Detection by Binary Stellar Eclipse Timing: Evidence for a Third Body Around CM Draconis, A&A, 480, 563

Deeg H.J., Tingley B., 2017, TEE, an estimator for the precision of eclipse and transit minimum times, A&A, 599, A93

Doyle L.R., Carter J.A., Fabrycky D.C., Slawson R.W., Howell S.B., Winn J.N., Torres G., 2011, Kepler-16: A Transiting Circumbinary Planet, Science, 333, 1602

Doyle L.R., Deeg H., Jenkins J.M., Schneider J., Ninkov Z., Stone R., Doyle M.F., 1998, Detectability of Jupiter-To-Brown-Dwarf-Mass Companions Around Small Eclipsing Binary Systems, 1997 Pacific Rim Conference on Stellar Astrophysics, pp. 134, 224D, ASPC

Doyle L.R., Deeg H.J., 2018, The Way to Circumbinary Planets, in Handbook of Exoplanets, Deeg H., Belmonte J. (eds), Springer, Cham. pp.65–84

Dvorak R., 1986, Critical Orbits in the Elliptic Restricted Three-Body Problem, A&A, 167, 379

Eaton H.O., 1920, Notes for Observers, Popular Astronomy, 28, 62

Esmer E.M., 2015, Çoklu Yıldız Sitemlerinde Zamanlama Yöntemi ile Ötegezegen Keşfi, Ankara

Etzel P.B., 1981, In Photometric and Spectroscopic Binary Systems, eds. E.B. Carling and Z. Kopal (Reidel, Dordrecht), p.111

Fontanive C., Rice K., Bonavita M., Lopez E., Mužić K., Biller B., 2019, A High Binary Fraction for the Most Massive Close-In Giant Planets and Brown Dwarf Desert Members, MNRAS, 485, 4967

Frasca A., Alcalà J.M., Covino E., Catalano S., Marilli E., Paladino R. 2003, Further identification of ROSAT all-sky survey sources in Orion, A&A, 405, 149

Frasca A., Guillout P., Marilli E., Freire-Ferrero R., Biazzo K., Klutsch, A. 2006, Newly discovered active binaries in the RasTyc sample of stellar X-ray sources. I. Orbital and physical parameters of six new binaries, A&A, 454, 301

Frasca A., Molenda-Zakowicz J., De Cat P., et al., 2016, Spectroscopic characterization of Kepler asteroseismic targets, A&A, 594, A39.

Freiboes-Conde H., Herczeg T., 1973, Period variations of fourteen eclipsing binaries with possible light-time effect, A&AS, 12, 1

Gies D.R., Matson R.A., Guo Z., Lester K.V., Orosz J.A., Peters G.J., 2015, Kepler Eclipsing Binaries with Stellar Companions, AJ, 150, 178

Gies D.R., Williams S.J., Matson R.A., Guo Z., Thomas S.M., Orosz J.A., Peters G.J., 2012, A Search for Hierarchical Triples Using Kepler Eclipse Timing, AJ, 143, 137

Gimenez A., 1985, General-relativistic periastron advances in eclipsing binary systems, ApJ, 297, 405

Gimenez A., Garcia-Pelayo J.M., 1983, A New Method for the Analysis of Apsidal Motions in Eclipsing Binaries, Ap&SS, 92, 203

Goodricke J., 1784, On the Periods of the Changes of Light in the Star Algol* Esq. to the Rev. Anthony Shepherd, D. D. F. R. S. Professor of Astronomy at Cambridge. RSPT, 74, 287

Güzel O., Özdarcan O., 2020, PyWD2015 – A new GUI for the Wilson-Devinney code, Contributions of the Astronomical Observatory Skalnate Pleso, 50, 535.

Hełminiak K.G., Konacki M., Maehara H., Kambe E., Ukita N., Ratajczak M., Pigulski A., Kozłowski S.K., 2019, HIDES Spectroscopy of Bright Detached Eclipsing Binaries from the Kepler Field - III. Spectral Analysis, Updated Parameters and New Systems, MNRAS, 484, 451

Hełminiak K.G., Ukita N., Kambe E., Kozłowski S.K., Sybilski P., Maehara H., Ratajczak M., Konacki M., Pawłaszek R.K., 2017, HIDES Spectroscopy of Bright Detached Eclipsing Binaries from the Kepler Field - II. Double- And Triple-Lined Objects, MNRAS, 468, 1726

Hertzsprung E., 1928, On the character of the variation of SX Aurigae, BAN, 4, 178

Horne J.H., Baliunas S.L., 1986, A Prescription for Period Analysis of Unevenly Sampled Time Series, ApJ, 302, 757

Inácio J.R., Macêdo I.M., Ferreira É.V., Lisboa R., Mendes T.N., Pereira M.G., Almeida L.A., 2024, Search and Characterization of Third-Body Candidates Around Short-Period Binaries Using Kepler and TESS Data, MNRAS, 529, 2967

Irwin J.B., 1959, Standard light-time curves, The Astronomical Journal 64, 149

Kirk B., Conroy K., Prsa A., Abdul-Masih M., Kochoska A., Matijevič G., Hambleton K., Barclay T., Bloemen S., Boyajian T., vd. (50 yazar), 2016, Kepler Eclipsing Binary Stars. VII. The Catalog of Eclipsing Binaries Found in the Entire Kepler Data Set, AJ, 151, 68

Koch R.H., Wood F.B., Florkowski D.R., Oliver J. P., 1979, Photoelectrically-Neglected Eclipsing Binaries, IBVS, 1709, 1

Kozyreva V.S., Bogomazov A.I., Demkov B.P., Zotov L.V., Tutukov A.V., 2015, An Exo-Jupiter Candidate in the Eclipsing Binary FL Lyr, ARep, 59, 1036

Kozyreva V.S., Bogomazov A.I., Demkov B.P., Zotov L.V., Tutukov A.V., 2016, Erratum: Erratum to: "An Exo-Jupiter Candidate in the Eclipsing Binary FL Lyr", ARep, 60, 534

Kozyreva V.S., Bogomazov A.I., Demkov B.P., Zotov L.V., Tutukov A.V., 2023, The Exo-Jupiter Candidate FL Lyr b in Data of Kepler and TESS Space Missions, ARep, 67, 483

Kreiner J.M., 1971, Investigation of Changes in Periods of Eclipsing Variables, Acta Astron., 21, 365

Kreiner J.M., Kim C.-H., Nha I.-S., 2001, An Atlas of O-C Diagrams of Eclipsing Binary Stars

Kreiner J.M., Ziolkowski J., 1978, Period changes and evolutionary status of 18 Algoltype systems, Acta Astron., 28, 497

Kurucz, R. 1993. ATLAS9 Stellar Atmosphere Programs and 2 km/s grid. Smithsonian Astrophysical Observatory, 13.

Kuschnig R., Weiss W.W., Gruber R., Bely P.Y., Jenkner H., 1997, Microvariability survey with the Hubble Space Telescope Fine Guidance Sensors. Exploring the instrumental properties, A&A, 328, 544

Kwee K.K., Van Woerden H., 1956, A method for computing accurately the epoch of minimum of an eclipsing variable, Bull.Astron. Inst.Netherlands, 12, 327

Lanza A.F., 2020, Internal magnetic fields, spin-orbit coupling, and orbital period modulation in close binary systems, MNRAS, 491, 1820

Laos S., Stassun K.G., Mathieu R.D., 2020, Assessing Spectroscopic Binary Multiplicity Properties Using Robo-AO Imaging, ApJ, 902, 107

Lause F., 1938, Beobachtungen Von Bedeckungsveränderlichen XI, AN, 266, 17

Leiner E., 1921, Beobachtungen des Veränderlichen UZ (4.1920) Lyrae, AN, 213, 289

Leiner E., 1922, Der Algolstern UZ Lyrae, AN, 216, 153

Leiner E., 1925, Der Lichtwechsel von UZ Lyrae, AN, 226, 97

Lenz P., Breger M., 2005, Period04 User Guide, CoAst, 146, 53

Lomb N. R., 1976, Least-squares frequency analysis of unequally spaced data. Ap&SS, 39, 447

Marcy G.W., Butler R.P., 1996, A Planetary Companion to 70 Virginis, ApJ, 464, L147

Matson R.A., Gies D.R., Guo Z., Williams S.J., 2017, Radial Velocities of 41 Kepler Eclipsing Binaries, AJ, 154, 216

Milne E.A., 1926, Radiative Equilibrium in the Outer Layers of a Star, MNRAS, 87, 1

Molenda-Zakowicz, Frasca A., Latham D.W., Jerzykiewicz M., 2007, A Spectroscopic Study of Kepler Asteroseismic Targets, AcA, 57, 301

Morgenroth O., 1935, 23 Neue Veränderliche, AN, 255, 425

Nijland A.A., 1931, Beobachtungen Von Bedeckungsveränderlichen, AN, 242, 65

Oosterhoff P. Th., 1929, Epochs of minimum of AB Andromedae, BAN, 5, 37

Paki E., Sabbaghian G., Madani M., Jahediparizi F., Nasrollahzadeh F., 2022, FL Lyr: Light curve solutions and orbital period analysis by using TESS data, Recent Advances in Science and Engineering, 2(2), 49–57, Yıldız Technical University

Pendleton Y.J., Black D.C., 1983, Further Studies on Criteria for the Onset of Dynamical Instability in General Three-Body Systems, AJ, 88, 1415

Popper D.M., Etzel P.B., 1981, Properties of Main-Sequence Eclipsing Binaries, AJ, 86, 102

Popper D.M., Lacy C.H., Frueh M.L., Turner A.E., 1986, Properties of Main-Sequence Eclipsing Binaries: Into the G Stars with HS Aurigae, FL Lyrae and EW Orionis, AJ, 91, 383

Press W.H., Teukolsky S.A., Vetterling W.T., Flannery B.P., 2007, "Numerical Recipes (3rd Edition), Cambridge Univ. Press, ISBN: 9780521880688

Prsa A., Batalha N., Slawson R.W., Doyle L.R., Welsh W.F., Orosz J.A., Seager S., Rucker M., Mjaseth K., Engle S.G., Conroy K., Jenkins J., Caldwell D., Koch D., Borucki W., 2011, Kepler Eclipsing Binary Stars: Understanding their Nature and Evolution, AJ, 141, 83

Prsa A., Zwitter T., 2005, A Computational Guide to Physics of Eclipsing Binaries. I. Demonstrations and Perspectives, ApJ, 628, 426

Rafert J.B., 1982, Periodic Ephemerides for 49 Eclipsing Binary-Star Systems, PASP, 94, 485

Rein H., Liu S.F., 2012, REBOUND: An open-source multi-purpose N-body code for collisional dynamics. A&A, 537, A128

Rein H., Spiegel D.S., 2015, IAS15: A fast, adaptive, high-order integrator. MNRAS, 446, 1424

Ricker R.G., 2015, Transiting Exoplanet Survey Satellite (TESS), JATIS, 1, 4003

Roobiat K.Y., Pazhouhesh R., 2022, Light Curve Analysis and Period Study of Two Eclipsing Binaries UZ Lyr and BR Cyg, Res. Astron. Astrophys, 22, 025013

Russel H.N., Merrill J.E., 1952, The determination of the elements of eclipsing binaries, Princeton Contrib., No: 26, 41

Scargle J. D., 1982, Studies in astronomical time series analysis. II - Statistical aspects of spectral analysis of unevenly spaced data. ApJ, 263, 835S

Schneider J., Chevreton M., 1990, The Photometric Search for Earth-Sized Extrasolar Planets by Occultation in Binary Systems, A&A, 232, 251

Schneider J., Doyle L.R., 1995, Ground-Based Detection of Terrestrial Extrasolar Planets by Photometry: The Case for CM Draconis, EM&P, 71, 153

Selam S.O., Demircan O., 1999, Cyclic nature of the orbital period variations of some Algol-type binaries, TJPh, 23, 301

Sigurdsson S., Richer H.B., Hansen B.M., Stairs I.H., Thorsett S.E., 2003, A Young White Dwarf Companion to Pulsar B1620-26: Evidence for Early Planet Formation, Science, 301, 193

Slawson R.W., Prsa A., Welsh W.F., Orosz J.A., Rucker M., Batalha N., Doyle L.R., Engle S.G., Conroy K., Coughlin J., Gregg T.A., Fetherolf T., Short D.R., Windmiller G., Fabrycky D.C., Howell S.B., Jenkins J.M., Uddin K., Mullally F., Seader S.E., Thompson S.E., Sanderfer D.T., Borucki W., Koch D., 2011, Kepler Eclipsing Binary Stars: Comprehensive Light Curve Solutions and Characterization of Detected Stellar Companions, AJ, 142, 160

Slawson R.W., Prsa A., Welsh W.F., vd., 2011, Kepler Eclipsing Binary Stars. II. 2165 Eclipsing Binaries in the Second Data Release, AJ, 142, 5

Southworth J., Maxted P.F.L., Smalley B., 2004a, Eclipsing Binary Systems in Open Clusters: Physical Properties and Light Curves, MNRAS, 351, 1277

Southworth J., Zucker S., Maxted P.F.L., Smalley B., 2004b, New Insights into Close Binary Star Evolution, MNRAS, 355, 986

Stolle-McAllister G., Muirhead P., Walker G., Han E., 2020, Exploring Short-Period M Dwarf Binary Systems Using Photometric Techniques, Bulletin of the American Astronomical Society, Vol.52, No.1, p.185

Struve O., 1952, Proposal for a Project of High Precision Radial Velocity Work, Obs, 72, 199

Struve O., Horak H.G., Canavaggia R., Kourganoff V., Colacevich A., 1950, Occasional Spectrographic Observations of Eclipsing Binaries, ApJ, 111, 658

Thorsett S.E., Arzoumanian Z., Taylor J.H., 1993, PSR B1620-26: A Binary Radio Pulsar with a Planetary Companion, ApJ, 412, 33

Tran K., Levine A., Rappaport S., Borkovits T., Csizmadia Sz., Kalomeni B., 2013, The anticorrelated nature of the primary and secondary eclipse timing variations for the kepler contact binaries. ApJ, 774, 81

Tutukov A.V., Bogomazov A.I., 2012, Formation and Evolution of Compact Stars in Close Binary Systems, ARep, 56, 775

Van Hamme W., Wilson R.E., 2007, Third-Body Parameters from Whole Light and Velocity Curves, ApJ, 661, 1129.

VanderPlas J.T., 2018, Understanding the Lomb-Scargle Periodogram. The Astrophysical Journal Supplement Series, 236, Issue 1, article id. 16, 28 pp. (2018), 236, 16.

Vesper D., Honeycutt K., Hunt T., 2001, Survey of Hα Mass Transfer Structures in Classical Algol-Type Binaries, AJ, 121, 2723

Wilson R.E., 1979, Eccentric Orbit Generalization and Simultaneous Solution of Binary Star Light and Velocity Curves, ApJ, 234, 1054.

Wilson R.E., 1990, Accuracy and Efficiency in the Binary Star Reflection Effect, ApJ, 356, 613.

Wilson R.E., 2008, Eclipsing Binary Solutions in Physical Units and Direct Distance Estimation, ApJ, 672, 575.

Wilson R.E., Devinney E.J., 1971, Realization of Accurate Close-Binary Light Curves: Application to MR Cygni, ApJ, 166, 605.

Wilson R.E., Van Hamme W., 2014, Unification of Binary Star Ephemeris Solutions, ApJ, 780, 151.

Windemuth D., Agol E., Ali A., Kiefer F., 2019, Modelling Kepler eclipsing binaries: homogeneous inference of orbital and stellar properties, MNRAS, 489, 1644

Wisdom J., Holman M., 1991, Symplectic maps for the N-body problem. The Astronomical Journal, 102, 1528

Wolszczan A., Frail D.A., 1992, A Planetary System Around the Millisecond Pulsar PSR1257+12, Nature, 355, 145

Wood D.B., 1972, A Computer Program for Modelling Non-Spherical Eclipsing Binary Systems, Goddard Space Flight Center, Geenbelt, Maryland, USA

Wood D.B., 1973-1978, WINK Status Report, No. 1-9

Woodward E.J., 1943, Note on the Periods of Twenty Eclipsing Binaries, Harvard Obs. Bull., No: 917, 7

Yoldaş E., Dal H.A., 2016, Detailed Chromospheric Activity Nature of KIC 9641031, Publications of the Astronomical Society of Australia (PASA), 33, e016, Cambridge University Press

Zeipel H., 1924, The Radiative Equilibrium of a Rotating System of Gaseous Masses, MNRAS, 84, 9.

EKLER

EK 1 FL LYR SİSTEMİ İÇİN MİNİMUM ZAMANLARI TABLOSU VE KAYNAKLAR LİSTESİ

EK 2 UZ LYR SİSTEMİ İÇİN MİNİMUM ZAMANLARI TABLOSU VE KAYNAKLAR LİSTESİ

EK 1 FL Lyr sistemi için minimum zamanları tablosu ve kaynaklar listesi

HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref
27668.38200		1	pg	1
28034.32700		1	vis	45
28034.32700		1	pg	2
33440.50800		1	vis	4
33514.55400		1	vis	4
33514.55500		1	vis	3
33514.55800		1	vis	4
33514.56000		1	vis	4
33538.52200		1	vis	4
33538.52500		1	vis	3
33538.52600		1	vis	4
33538.52900		1	vis	4
33745.44300		1	vis	4
33745.44700		1	vis	4
33856.53400		1	vis	4
33880.50000		1	vis	4
33928.42200		1	vis	4
33939.30000		1	vis	4
35028.37200		1	vis	5
35052.34000		1	vis	5
36080.43200		1	vis	5
36080.43200		1	vis	5
36080.43600		1	vis	5
36849.31800		1	vis	6
37378.61200		1	vis	8
37378.61900		1	vis	8
37474.44000		1	vis	7
37474.44200		1	vis	7
37474.44300		1	vis	7
37474.44500		1	vis	7
37474.44600		1	vis	7
37583.36800		1	pg	23
38173.64000		1	vis	9
38221.55250	0.00005	1	pe	12
38232.43900		1	vis	15
38539.55300		1	vis	13
38611.43300		1	vis	13
38611.43600		1	vis	13
38611.43700		1	vis	13
38611.43800		1	vis	13
38672.42200		1	pg	23
38931.62300		1	vis	10
38957.76400		1	vis	10
38957.76900		1	vis	10
38966.47800		1	vis	15
39005.68100		1	vis	10
39027.46700		1	vis	16
39049.26700		1	pg	23
39051.43300		1	vis	11
39051.43400		1	vis	15
39053.60600		1	vis	11
39238.75300		1	vis	14
39284.49200		1	vis	14
39299.74900		1	vis	14
39299.75300		1	vis	14
39310.62500		1	vis	14
39323.70200		1	vis	14
39406.45000		1	vis	19
39406.46100		1	vis	19
39406.47100		1	vis	19
39430.43000		1	vis	19
39678.74700		1	vis	17
39698.33500		1	vis	18
40038.13630	0.01500	1	pe	54
40044.67100		1	vis	38
40079.51900		1	pe	20
40395.35500		1	pe	20
40541.28600		1	vis	21
40619.69300		1	vis	21
40765.65300		1	vis	42
40770.00110	0.01500	1	pe	54
40811.37400		1	vis	22
40811.37500		1	vis	27
40811.38100		1	vis	22
40836.40100		2	vis	22
40848.40700		1	vis	27
40859.29800		1	vis	27
40863.65390		1	pe	42
40872.35300		1	vis	24
40872.37800		1	vis	24
41057.50200		1	vis	25
41133.74190	0.01500	1	pe	54
41133.74200		1	vis	44
41142.46000		1	vis	26
41166.42300		1	vis	26
41214.34200		1	vis	31
41299.27100		1	vis	28
41499.66660	0.01500	1	pe	54
41569.37100		1	vis	29
41582.43300		1	vis	29

EK 1 FL Lyr sistemi için minimum zamanları tablosu ve kaynaklar listesi (Devamı)

HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref	HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref
41582.44300		1	vis	29	43701.79200		1	vis	75
41593.33800		1	vis	30	43701.80200		1	vis	75
41606.38500		1	vis	30	43795.45300		1	vis	49
41621.65800		1	vis	44	43830.29600		1	vis	50
41865.60530	0.01500	1	pe	54	44459.78300	0.00110	1	pe	58
41900.45150		1	pg	33	44470.69400		1	vis	75
41950.58600		1	vis	44	44483.74900		1	vis	75
41959.26410		1	pe	37	44503.34700		1	vis	51
41996.29000		1	vis	32	44518.60100		1	vis	75
42009.36800		1	vis	32	44790.86100		1	vis	75
42157.46900		1	vis	34	44821.36600		1	pe	55
42194.50420		1	pe	41	44845.32400		1	vis	55
42218.45500		1	vis	35	44845.32500		1	vis	55
42229.34730	0.01500	1	pe	54	44849.67400		1	vis	75
42255.48800		1	vis	35	44869.27000		1	vis	55
42255.50600		1	vis	35	45082.74900		1	vis	75
42270.76400		1	vis	47	45139.37500		1	vis	56
42290.35000		1	vis	36	45143.73200		1	vis	75
42303.39100		1	vis	36	45200.35700		1	vis	57
42329.55400		1	vis	47	45200.36000		1	vis	59
42342.62100		1	vis	47	45200.37400		1	vis	57
42586.56900		1	vis	39	45522.72500		1	vis	75
42595.28200	0.01500	1	pe	54	45568.44800		1	vis	59
42599.65100		1	vis	53	45572.82180	0.00100	1	pe	58
42621.42400		1	vis	39	45853.80600		1	vis	75
42625.79000		1	vis	53	45888.66100		1	vis	75
42645.38200		1	vis	39	46265.46400		1	vis	61
42660.63500		1	vis	53	46265.47100		1	vis	61
42669.33300		1	vis	40	46289.44000		1	vis	61
42721.60700		1	vis	53	46328.65500		1	vis	75
42906.75700		1	vis	75	46330.82300		1	vis	75
42906.75800	0.01000	1	vis	46	46337.35700		1	vis	60
42926.36400		1	vis	43	46570.41000		1	vis	60
42954.67700		1	pe	75	46705.45700		1	vis	62
42961.21450	0.01500	1	pe	54	46779.52100		1	vis	75
42991.71100		1	vis	75	46925.45510		1	pe	68
42991.71500		1	vis	75	46999.49200		1	vis	72
43015.67200		1	vis	75	46999.50000		1	vis	72
43028.74100		1	vis	75	46999.50000		1	vis	72
43248.70300	0.01300	1	vis	52	46999.50100		1	vis	72
43309.71900		1	vis	75	46999.50800		1	vis	72
43309.73700		1	vis	75	47001.69100		1	vis	75
43357.64100		1	vis	75	47049.62800		1	vis	75
43673.47500	0.01500	1	vis	48	47062.68100		1	vis	75
43690.89890		1	pe	54	47071.38800		1	vis	63

EK 1 FL Lyr sistemi için minimum zamanları tablosu ve kaynaklar listesi (Devamı)

HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref	HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref
47071.39100		1	vis	63	49920.42200		1	vis	77
47232.57100		1	vis	72	49933.47440		1	vis	87
47304.43300		1	vis	65	49933.47440		1	vis	87
47304.45300		1	vis	64	49933.48410		1	vis	87
47354.55600		1	vis	66	49933.48480		1	vis	87
47365.42900		1	vis	64	50253.67700		1	ccd	89
47393.76200		1	vis	75	50266.75100		1	vis	89
47659.49700		1	vis	67	50275.45280		1	vis	87
47696.51800		1	vis	69	50371.27690		1	vis	87
47720.49000		1	vis	69	50371.29850		1	vis	87
47757.52400		1	vis	69	50371.30400		1	vis	87
47772.76100		1	vis	75	50654.45470	0.00040	1	pe	90
48066.80700		1	vis	75	50655.54270	0.00020	2	pe	90
48099.48200		1	vis	77	50693.66400		1	vis	89
48417.49300		1	vis	76	50750.29000		1	vis	78
48465.41200		1	vis	77	50959.39800		1	vis	89
48480.67000		1	vis	75	51057.40000		1	vis	80
48796.50100		1	vis	73	51081.37900		1	vis	87
48807.38100	0.00600	1	vis	70	51085.74800		1	vis	89
48835.71900		1	vis	75	51129.30300		1	vis	87
48859.67600		1	vis	75	51266.51740	0.00090	1	ccd	84
48868.36700	0.00500	1	vis	71	51390.67320	0.00180	1	ccd	89
49101.41900		1	vis	76	51404.83300	0.00200	2	ccd	81
49101.43100		1	vis	76	51423.34400		1	ccd	79
49262.62300		1	vis	75	51436.39700		1	vis	82
49480.41900		1	vis	76	51438.59170	0.00030	1	ccd	89
49480.42500		1	vis	76	51440.77000	0.00200	1	ccd	81
49480.43050	0.00250	1	pe	74	51693.42800		1	vis	85
49480.43900		1	vis	76	51793.64100		1	vis	89
49541.41900		1	vis	76	52051.74277	0.00017	2	ccd	88
49565.36500		1	vis	76	52063.72170	0.00010	1	ccd	89
49578.43600		1	vis	76	52072.43200		1	vis	86
49578.43800		1	vis	76	52087.68300		1	vis	89
49578.45100		1	vis	76	52370.84510	0.00030	1	ccd	89
49650.31900		1	vis	77	52405.69300		1	vis	89
49874.67600		1	vis	89	52466.68080	0.00010	1	ccd	89
49883.39900		1	vis	77	52806.47250	0.00020	1	ccd	91
49895.37500		2	vis	77	52867.45600		1	vis	92
49908.44000		2	vis	77	52878.35194	0.00100	1	ccd	100
49909.52710	0.00290	1	ccd	83	52911.02350	0.00040	1	ccd	96
49919.33500		2	vis	77	53209.43020	0.00100	1	ccd	95
49920.40980		1	vis	87	53209.43300		1	vis	93
49920.41400		1	vis	87	53333.58600		1	ccd	99
49920.41890		1	vis	87	53531.79770	0.00060	1	ccd	94
49920.41890		1	vis	87	53542.69100		1	ccd	99

EK 1 FL Lyr sistemi için minimum zamanları tablosu ve kaynaklar listesi (Devamı)

HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref
53555.75550	0.00050	1	ccd	94
53590.60840	0.00020	1	ccd	99
53612.38710	0.00490	1	ccd	97
53616.74540	0.00010	1	ccd	99
53673.37770	0.00090	1	ccd	97
53684.26910	0.00010	1	ccd	98
53945.64710	0.00010	1	ccd	99
54201.57930	0.00200	2	ccd	103
54276.72660	0.00010	1	ccd	99
54286.52981	0.00036	2	wsp	132
54359.49600	0.00050	1	ccd	103
54381.27850	0.00030	1	ccd	103
54466.22610	0.00030	1	ccd	102
54583.84460	0.00020	1	ccd	101
54594.73760	0.00020	1	ccd	101
54630.67468	0.00022	2	wsp	132
54642.65720	0.00010	1	ccd	101
54664.43795	0.00009	1	wsp	132
54665.52561	0.00029	2	wsp	132
54666.61605	0.00008	1	wsp	132
54676.41730	0.00034	2	wsp	132
54689.48727	0.00024	2	wsp	132
54954.13283	0.00020	1	kpl	130
54955.22128	0.00018	2	kpl	130
54956.31093	0.00011	1	kpl	130
54957.39949	0.00011	2	kpl	130
54958.48910	0.00009	1	kpl	130
54959.57764	0.00011	2	kpl	130
54960.66727	0.00012	1	kpl	130
54961.75579	0.00011	2	kpl	130
54962.84546	0.00028	1	kpl	130
54965.02349	0.00017	1	kpl	130
54966.11185	0.00030	2	kpl	130
54967.20162	0.00011	1	kpl	130
54968.29003	0.00025	2	kpl	130
54969.37976	0.00007	1	kpl	130
54970.46824	0.00023	2	kpl	130
54971.55785	0.00006	1	kpl	130
54972.64652	0.00016	2	kpl	130
54973.73597	0.00006	1	kpl	130
54974.82477	0.00019	2	kpl	130
54975.91414	0.00007	1	kpl	130
54977.00300	0.00019	2	kpl	130
54978.09229	0.00007	1	kpl	130
54979.18137	0.00012	2	kpl	130
54980.27039	0.00004	1	kpl	130
54981.35960	0.00010	2	kpl	130
54982.44858	0.00005	1	kpl	130
54983.53783	0.00011	2	kpl	130
54984.62676	0.00007	1	kpl	130
54984.62693	0.00007	1	wsp	132
54985.71605	0.00012	2	kpl	130
54986.80495	0.00008	1	kpl	130
54987.89422	0.00012	2	kpl	130
54988.98317	0.00007	1	kpl	130
54990.07234	0.00009	2	kpl	130
54991.16138	0.00004	1	kpl	130
54992.25040	0.00011	2	kpl	130
54993.33970	0.00013	1	kpl	130
54994.42852	0.00014	2	kpl	130
54995.51794	0.00018	1	kpl	130
54996.60659	0.00016	2	wsp	132
54996.60662	0.00012	2	kpl	130
54997.69612	0.00005	1	kpl	130
55003.14110	0.00026	2	kpl	130
55004.23016	0.00023	1	kpl	130
55005.31908	0.00027	2	kpl	130
55006.40833	0.00017	1	kpl	130
55007.49726	0.00020	2	kpl	130
55008.58649	0.00014	1	kpl	130
55008.58657	0.00008	1	wsp	132
55009.67540	0.00012	2	kpl	130
55010.76472	0.00013	1	kpl	130
55011.85357	0.00003	2	kpl	130
55012.94290	0.00011	1	kpl	130
55014.03175	0.00011	2	kpl	130
55017.29923	0.00014	1	kpl	130
55018.38823	0.00009	2	kpl	130
55019.47740	0.00020	1	kpl	130
55020.56642	0.00007	2	kpl	130
55021.65559	0.00006	1	kpl	130
55022.74457	0.00019	2	kpl	130
55023.83373	0.00006	1	kpl	130
55024.92273	0.00018	2	kpl	130
55026.01191	0.00014	1	kpl	130
55027.10089	0.00018	2	kpl	130
55028.19010	0.00007	1	kpl	130
55029.27911	0.00019	2	kpl	130
55030.36819	0.00010	1	kpl	130
55031.45700	0.00021	2	wsp	132

EK 1 FL Lyr sistemi için minimum zamanları tablosu ve kaynaklar listesi (Devamı)

HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref	HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref
55031.45729	0.00022	2	kpl	130	55072.84160	0.00018	2	kpl	130
55032.54612	0.00005	1	wsp	132	55073.93101	0.00026	1	kpl	130
55032.54618	0.00008	1	kpl	130	55075.01973	0.00009	2	kpl	130
55033.63456	0.00035	2	wsp	132	55076.10916	0.00029	1	kpl	130
55033.63546	0.00023	2	kpl	130	55077.19801	0.00017	2	kpl	130
55034.72425	0.00007	1	kpl	130	55078.28736	0.00012	1	kpl	130
55035.81364	0.00011	2	kpl	130	55079.37628	0.00012	2	kpl	130
55036.90234	0.00008	1	kpl	130	55080.46543	0.00005	1	wsp	132
55037.99179	0.00011	2	kpl	130	55080.46546	0.00009	1	kpl	130
55039.08055	0.00015	1	kpl	130	55081.55455	0.00012	2	kpl	130
55040.16995	0.00009	2	kpl	130	55082.64365	0.00009	1	kpl	130
55041.25868	0.00013	1	kpl	130	55083.73304	0.00014	2	kpl	130
55042.34810	0.00010	2	kpl	130	55084.82183	0.00010	1	kpl	130
55043.43682	0.00016	1	kpl	130	55085.91147	0.00018	2	kpl	130
55044.52615	0.00010	2	kpl	130	55087.00000	0.00016	1	kpl	130
55045.61280	0.00020	1	ccd	104	55088.08957	0.00017	2	kpl	130
55045.61496	0.00016	1	kpl	130	55090.26786	0.00017	2	kpl	130
55046.70430	0.00010	2	kpl	130	55091.35630	0.00008	1	kpl	130
55047.79310	0.00016	1	kpl	130	55093.53486	0.00029	1	kpl	130
55048.88242	0.00011	2	kpl	130	55094.62453	0.00044	2	kpl	130
55049.97121	0.00013	1	kpl	130	55095.71299	0.00013	1	kpl	130
55051.06058	0.00013	2	kpl	130	55096.80281	0.00020	2	kpl	130
55052.14943	0.00017	1	kpl	130	55097.89103	0.00015	1	kpl	130
55053.23871	0.00013	2	kpl	130	55098.98098	0.00009	2	kpl	130
55054.32756	0.00017	1	kpl	130	55100.06929	0.00021	1	kpl	130
55055.41672	0.00025	2	wsp	132	55101.15920	0.00010	2	kpl	130
55055.41685	0.00009	2	kpl	130	55102.24733	0.00012	1	kpl	130
55056.50543	0.00047	1	wsp	132	55103.33734	0.00012	2	kpl	130
55057.59494	0.00009	2	kpl	130	55104.42534	0.00009	1	kpl	130
55058.68380	0.00020	1	ccd	104	55105.51543	0.00013	2	kpl	130
55058.68417	0.00019	1	kpl	130	55106.60348	0.00009	1	kpl	130
55059.77309	0.00009	2	kpl	130	55107.69351	0.00011	2	kpl	130
55060.86230	0.00019	1	kpl	130	55108.78160	0.00007	1	kpl	130
55061.95110	0.00009	2	kpl	130	55109.87161	0.00019	2	kpl	130
55063.04033	0.00022	1	kpl	130	55110.95958	0.00025	1	kpl	130
55065.21849	0.00023	1	kpl	130	55112.04968	0.00019	2	kpl	130
55066.30727	0.00023	2	kpl	130	55113.13770	0.00024	1	kpl	130
55067.39664	0.00032	1	kpl	130	55115.31583	0.00020	1	kpl	130
55067.39679	0.00009	1	wsp	132	55116.40569	0.00024	2	kpl	130
55068.48494	0.00038	2	wsp	132	55117.49387	0.00010	1	kpl	130
55068.48543	0.00023	2	kpl	130	55118.58371	0.00025	2	kpl	130
55068.48550	0.00010	2	ccd	105	55119.67207	0.00029	1	kpl	130
55069.57457	0.00024	1	kpl	130	55120.76178	0.00017	2	kpl	130
55070.66347	0.00022	2	kpl	130	55121.85032	0.00010	1	kpl	130
55071.75278	0.00025	1	kpl	130	55122.93975	0.00016	2	kpl	130

EK 1 FL Lyr sistemi için minimum zamanları tablosu ve kaynaklar listesi (Devamı)

HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref	HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref
55125.11780	0.00009	2	kpl	130	55176.30422	0.00020	1	kpl	130
55126.20663	0.00010	1	kpl	130	55177.39412	0.00029	2	kpl	130
55127.29582	0.00007	2	kpl	130	55178.48220	0.00031	1	kpl	130
55128.38482	0.00007	1	kpl	130	55179.57221	0.00019	2	kpl	130
55129.47392	0.00008	2	kpl	130	55180.66040	0.00029	1	kpl	130
55130.56303	0.00009	1	kpl	130	55181.75053	0.00016	2	kpl	130
55131.65212	0.00006	2	kpl	130	55186.10695	0.00017	2	kpl	130
55132.74113	0.00010	1	kpl	130	55187.19519	0.00012	1	kpl	130
55133.83039	0.00013	2	kpl	130	55188.28506	0.00010	2	kpl	130
55134.91919	0.00010	1	kpl	130	55189.37334	0.00012	1	kpl	130
55136.00864	0.00021	2	kpl	130	55190.46317	0.00025	2	kpl	130
55137.09737	0.00008	1	kpl	130	55191.55147	0.00008	1	kpl	130
55138.18687	0.00020	2	kpl	130	55192.64128	0.00018	2	kpl	130
55139.27550	0.00009	1	kpl	130	55193.72965	0.00008	1	kpl	130
55140.36508	0.00020	2	kpl	130	55194.81942	0.00019	2	kpl	130
55141.45359	0.00006	1	kpl	130	55195.90783	0.00021	1	kpl	130
55142.54333	0.00019	2	kpl	130	55196.99755	0.00019	2	kpl	130
55143.63170	0.00009	1	kpl	130	55198.08600	0.00021	1	kpl	130
55144.72148	0.00022	2	kpl	130	55199.17566	0.00009	2	kpl	130
55145.80985	0.00009	1	kpl	130	55200.26416	0.00021	1	kpl	130
55146.89955	0.00026	2	kpl	130	55201.35381	0.00013	2	kpl	130
55147.98783	0.00021	1	kpl	130	55202.44233	0.00021	1	kpl	130
55149.07787	0.00021	2	kpl	130	55203.53189	0.00014	2	kpl	130
55150.16615	0.00016	1	kpl	130	55204.62050	0.00020	1	kpl	130
55151.25605	0.00014	2	kpl	130	55205.70995	0.00017	2	kpl	130
55152.34433	0.00010	1	kpl	130	55206.79863	0.00007	1	kpl	130
55153.43413	0.00015	2	kpl	130	55207.88800	0.00012	2	kpl	130
55156.70091	0.00008	1	kpl	130	55208.97682	0.00010	1	kpl	130
55157.79037	0.00008	2	kpl	130	55210.06612	0.00007	2	kpl	130
55158.87912	0.00007	1	kpl	130	55211.15504	0.00009	1	kpl	130
55159.96837	0.00014	2	kpl	130	55212.24419	0.00011	2	kpl	130
55161.05735	0.00012	1	kpl	130	55213.33314	0.00010	1	kpl	130
55162.14649	0.00036	2	kpl	130	55214.42224	0.00016	2	kpl	130
55163.23554	0.00012	1	kpl	130	55215.51126	0.00010	1	kpl	130
55164.32463	0.00032	2	kpl	130	55217.68936	0.00011	1	kpl	130
55165.41368	0.00012	1	kpl	130	55218.77851	0.00024	2	kpl	130
55166.50291	0.00019	2	kpl	130	55219.86748	0.00010	1	kpl	130
55167.59178	0.00013	1	kpl	130	55220.95668	0.00019	2	kpl	130
55168.68109	0.00033	2	kpl	130	55222.04559	0.00006	1	kpl	130
55169.76983	0.00018	1	kpl	130	55223.13485	0.00006	2	kpl	130
55170.85940	0.00032	2	kpl	130	55224.22379	0.00005	1	kpl	130
55171.94798	0.00021	1	kpl	130	55225.31309	0.00006	2	kpl	130
55173.03766	0.00039	2	kpl	130	55226.40198	0.00010	1	kpl	130
55174.12611	0.00006	1	kpl	130	55227.49135	0.00006	2	kpl	130
55175.21585	0.00037	2	kpl	130	55228.58016	0.00024	1	kpl	130

EK 1 FL Lyr sistemi için minimum zamanları tablosu ve kaynaklar listesi (Devamı)

HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref	HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref
55229.66958	0.00005	2	kpl	130	55284.12257	0.00010	2	kpl	130
55234.02599	0.00015	2	kpl	130	55285.21189	0.00010	1	kpl	130
55235.11461	0.00004	1	kpl	130	55286.30072	0.00008	2	kpl	130
55236.20419	0.00021	2	kpl	130	55287.39010	0.00013	1	kpl	130
55237.29280	0.00006	1	kpl	130	55288.47880	0.00013	2	kpl	130
55238.38233	0.00018	2	kpl	130	55289.56835	0.00008	1	kpl	130
55239.47095	0.00004	1	kpl	130	55290.65690	0.00017	2	kpl	130
55240.56048	0.00018	2	kpl	130	55291.74656	0.00010	1	kpl	130
55241.64909	0.00003	1	kpl	130	55292.83514	0.00018	2	kpl	130
55242.73858	0.00012	2	kpl	130	55293.92468	0.00015	1	kpl	130
55243.82722	0.00009	1	kpl	130	55295.01321	0.00019	2	kpl	130
55244.91662	0.00011	2	kpl	130	55296.10288	0.00016	1	kpl	130
55246.00538	0.00007	1	kpl	130	55297.19144	0.00023	2	kpl	130
55247.09472	0.00013	2	kpl	130	55298.28099	0.00018	1	kpl	130
55248.18348	0.00010	1	kpl	130	55299.36969	0.00017	2	kpl	130
55249.27276	0.00013	2	kpl	130	55300.45909	0.00018	1	kpl	130
55250.36159	0.00010	1	kpl	130	55301.54798	0.00017	2	kpl	130
55251.45088	0.00011	2	kpl	130	55302.63743	0.00022	1	kpl	130
55252.53968	0.00010	1	kpl	130	55303.72620	0.00025	2	kpl	130
55253.62905	0.00005	2	kpl	130	55304.81350	0.00020	1	ccd	106
55254.71794	0.00012	1	kpl	130	55304.81565	0.00026	1	kpl	130
55255.80720	0.00009	2	kpl	130	55305.90455	0.00022	2	kpl	130
55256.89608	0.00015	1	kpl	130	55306.99379	0.00027	1	kpl	130
55257.98533	0.00003	2	kpl	130	55310.26117	0.00021	2	kpl	130
55259.07427	0.00015	1	kpl	130	55311.35017	0.00017	1	kpl	130
55260.16345	0.00006	2	kpl	130	55312.43941	0.00016	2	kpl	130
55261.25248	0.00013	1	kpl	130	55313.52815	0.00008	1	kpl	130
55262.34155	0.00008	2	kpl	130	55314.61758	0.00007	2	kpl	130
55263.43066	0.00012	1	kpl	130	55315.70628	0.00007	1	kpl	130
55264.51964	0.00012	2	kpl	130	55316.79585	0.00007	2	kpl	130
55265.60874	0.00012	1	kpl	130	55317.88443	0.00006	1	kpl	130
55266.69771	0.00012	2	kpl	130	55318.97402	0.00006	2	kpl	130
55267.78688	0.00011	1	kpl	130	55320.06258	0.00006	1	kpl	130
55268.87579	0.00007	2	kpl	130	55321.15218	0.00008	2	kpl	130
55269.96500	0.00009	1	kpl	130	55322.24075	0.00005	1	kpl	130
55271.05389	0.00007	2	kpl	130	55323.33042	0.00008	2	kpl	130
55272.14314	0.00015	1	kpl	130	55324.41898	0.00007	1	kpl	130
55273.23202	0.00005	2	kpl	130	55325.50861	0.00010	2	kpl	130
55274.32132	0.00029	1	kpl	130	55326.59716	0.00003	1	kpl	130
55277.58818	0.00014	2	kpl	130	55327.68679	0.00017	2	kpl	130
55278.67734	0.00017	1	kpl	130	55328.77536	0.00002	1	kpl	130
55279.76631	0.00014	2	kpl	130	55329.86493	0.00017	2	kpl	130
55280.85547	0.00015	1	kpl	130	55330.95354	0.00004	1	kpl	130
55281.94442	0.00009	2	kpl	130	55332.04310	0.00011	2	kpl	130
55283.03365	0.00014	1	kpl	130	55333.13172	0.00019	1	kpl	130

EK 1 FL Lyr sistemi için minimum zamanları tablosu ve kaynaklar listesi (Devamı)

HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref
55334.22116	0.00009	2	kpl	130
55335.30992	0.00017	1	kpl	130
55336.39922	0.00009	2	kpl	130
55338.57728	0.00011	2	kpl	130
55339.66612	0.00018	1	kpl	130
55340.75533	0.00017	2	kpl	130
55341.84426	0.00023	1	kpl	130
55342.93336	0.00016	2	kpl	130
55344.02235	0.00007	1	kpl	130
55345.11127	0.00010	2	kpl	130
55346.20046	0.00006	1	kpl	130
55347.28928	0.00018	2	kpl	130
55348.37857	0.00007	1	kpl	130
55349.46727	0.00020	2	kpl	130
55350.55670	0.00007	1	kpl	130
55351.64523	0.00014	2	kpl	130
55352.73485	0.00009	1	kpl	130
55353.82330	0.00015	2	kpl	130
55354.91303	0.00006	1	kpl	130
55356.00146	0.00019	2	kpl	130
55357.09121	0.00005	1	kpl	130
55358.17957	0.00012	2	kpl	130
55359.26940	0.00002	1	kpl	130
55360.35763	0.00019	2	kpl	130
55361.44754	0.00002	1	kpl	130
55362.53576	0.00019	2	kpl	130
55362.53620	0.00021	2	wsp	132
55363.62568	0.00004	1	kpl	130
55364.71400	0.00020	2	kpl	130
55365.80390	0.00009	1	kpl	130
55366.89209	0.00021	2	kpl	130
55367.98206	0.00011	1	kpl	130
55369.07024	0.00031	2	kpl	130
55370.16022	0.00007	1	kpl	130
55373.42722	0.00015	2	kpl	130
55374.51631	0.00041	1	kpl	130
55374.51638	0.00010	1	wsp	132
55375.60539	0.00014	2	kpl	130
55375.60562	0.00017	2	wsp	132
55376.69431	0.00007	1	wsp	132
55376.69438	0.00005	1	kpl	130
55377.78365	0.00008	2	kpl	130
55378.87263	0.00021	1	kpl	130
55379.96182	0.00006	2	kpl	130
55381.05084	0.00023	1	kpl	130
55382.14008	0.00009	2	kpl	130
55383.22889	0.00021	1	kpl	130
55384.31841	0.00008	2	kpl	130
55385.40703	0.00019	1	kpl	130
55386.49621	0.00021	2	wsp	132
55386.49671	0.00011	2	kpl	130
55387.58523	0.00015	1	wsp	132
55387.58531	0.00014	1	kpl	130
55388.67498	0.00010	2	kpl	130
55389.76347	0.00017	1	kpl	130
55390.85327	0.00012	2	kpl	130
55391.94176	0.00011	1	kpl	130
55393.03150	0.00006	2	kpl	130
55394.12008	0.00008	1	kpl	130
55395.20970	0.00021	2	kpl	130
55396.29829	0.00018	1	kpl	130
55397.38783	0.00021	2	kpl	130
55398.47637	0.00006	1	wsp	132
55398.47645	0.00029	1	kpl	130
55400.65460	0.00026	1	kpl	130
55401.74405	0.00022	2	kpl	130
55402.83266	0.00020	1	kpl	130
55403.92223	0.00020	2	kpl	130
55405.01058	0.00020	1	kpl	130
55406.10041	0.00021	2	kpl	130
55407.18866	0.00031	1	kpl	130
55408.27857	0.00024	2	kpl	130
55409.36677	0.00018	1	kpl	130
55410.45563	0.00021	2	wsp	132
55410.45681	0.00031	2	kpl	130
55411.54467	0.00007	1	wsp	132
55411.54489	0.00018	1	kpl	130
55412.63495	0.00022	2	kpl	130
55413.72318	0.00018	1	kpl	130
55414.81310	0.00015	2	kpl	130
55415.90129	0.00018	1	kpl	130
55416.99124	0.00016	2	kpl	130
55418.07945	0.00006	1	kpl	130
55419.16937	0.00016	2	kpl	130
55420.25770	0.00008	1	kpl	130
55421.34738	0.00009	2	kpl	130
55422.43585	0.00008	1	kpl	130
55423.52501	0.00028	2	wsp	132
55423.52544	0.00017	2	kpl	130
55424.61400	0.00009	1	kpl	130

EK 1 FL Lyr sistemi için minimum zamanları tablosu ve kaynaklar listesi (Devamı)

HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref	HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref
55425.70348	0.00018	2	kpl	130	55473.62235	0.00014	2	kpl	130
55426.79231	0.00016	1	kpl	130	55474.71134	0.00007	1	kpl	130
55427.88159	0.00027	2	kpl	130	55475.80023	0.00020	2	kpl	130
55428.97044	0.00016	1	kpl	130	55476.88946	0.00008	1	kpl	130
55430.05970	0.00027	2	kpl	130	55477.97833	0.00019	2	kpl	130
55431.14844	0.00024	1	kpl	130	55479.06755	0.00010	1	kpl	130
55433.32651	0.00022	1	kpl	130	55480.15648	0.00019	2	kpl	130
55434.41572	0.00023	2	kpl	130	55481.24573	0.00010	1	kpl	130
55435.50453	0.00021	1	kpl	130	55482.33400	0.00030	2	ccd	116
55436.59381	0.00021	2	kpl	130	55482.33467	0.00018	2	kpl	130
55437.68258	0.00011	1	kpl	130	55483.42389	0.00011	1	kpl	130
55437.68270	0.00020	1	ccd	106	55484.51288	0.00021	2	kpl	130
55438.77186	0.00013	2	kpl	130	55485.60218	0.00013	1	kpl	130
55439.86075	0.00001	1	kpl	130	55486.69122	0.00015	2	kpl	130
55440.94990	0.00006	2	kpl	130	55487.78046	0.00014	1	kpl	130
55442.03886	0.00004	1	kpl	130	55488.86945	0.00007	2	kpl	130
55443.12805	0.00001	2	kpl	130	55489.95875	0.00014	1	kpl	130
55444.21706	0.00009	1	kpl	130	55491.04765	0.00010	2	kpl	130
55445.30620	0.00004	2	kpl	130	55492.13684	0.00004	1	kpl	130
55446.39524	0.00008	1	kpl	130	55494.31498	0.00005	1	kpl	130
55447.48384	0.00037	2	wsp	132	55495.40389	0.00016	2	kpl	130
55447.48434	0.00006	2	kpl	130	55496.49308	0.00007	1	kpl	130
55448.57339	0.00007	1	kpl	130	55497.58204	0.00015	2	kpl	130
55449.66254	0.00008	2	kpl	130	55498.67124	0.00010	1	kpl	130
55450.75149	0.00015	1	kpl	130	55499.76023	0.00018	2	kpl	130
55451.84076	0.00008	2	kpl	130	55500.84939	0.00009	1	kpl	130
55452.92963	0.00015	1	kpl	130	55501.93842	0.00017	2	kpl	130
55454.01896	0.00009	2	kpl	130	55503.02764	0.00008	1	kpl	130
55455.10768	0.00024	1	kpl	130	55504.11670	0.00016	2	kpl	130
55456.19720	0.00008	2	kpl	130	55505.20585	0.00013	1	kpl	130
55457.28591	0.00024	1	kpl	130	55506.29475	0.00023	2	kpl	130
55458.37543	0.00008	2	kpl	130	55507.38401	0.00012	1	kpl	130
55459.46407	0.00019	1	kpl	130	55508.47284	0.00031	2	kpl	130
55459.46415	0.00007	1	wsp	132	55509.56209	0.00019	1	kpl	130
55460.55364	0.00028	2	kpl	130	55510.65104	0.00022	2	kpl	130
55461.64234	0.00024	1	kpl	130	55511.74016	0.00016	1	kpl	130
55463.82070	0.00010	1	kpl	130	55512.82909	0.00033	2	kpl	130
55464.91007	0.00037	2	kpl	130	55513.91831	0.00012	1	kpl	130
55465.99876	0.00018	1	kpl	130	55515.00714	0.00029	2	kpl	130
55467.08820	0.00013	2	kpl	130	55516.09639	0.00014	1	kpl	130
55468.17684	0.00016	1	kpl	130	55517.18536	0.00015	2	kpl	130
55469.26627	0.00007	2	kpl	130	55518.27456	0.00012	1	kpl	130
55470.35510	0.00014	1	kpl	130	55519.36352	0.00016	2	kpl	130
55471.44426	0.00017	2	kpl	130	55520.45275	0.00020	1	kpl	130
55472.53322	0.00017	1	kpl	130	55521.54169	0.00020	2	kpl	130

EK 1 FL Lyr sistemi için minimum zamanları tablosu ve kaynaklar listesi (Devamı)

HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref	HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref
55522.63085	0.00021	1	kpl	130	55590.15359	0.00010	1	kpl	130
55524.80901	0.00014	1	kpl	130	55591.24310	0.00022	2	kpl	130
55525.89825	0.00009	2	kpl	130	55592.33179	0.00011	1	kpl	130
55526.98716	0.00015	1	kpl	130	55593.42121	0.00019	2	kpl	130
55528.07646	0.00010	2	kpl	130	55597.77718	0.00022	2	kpl	130
55529.16521	0.00017	1	kpl	130	55598.86634	0.00007	1	kpl	130
55530.25460	0.00010	2	kpl	130	55599.95529	0.00024	2	kpl	130
55531.34323	0.00012	1	kpl	130	55601.04447	0.00010	1	kpl	130
55532.43287	0.00010	2	kpl	130	55602.13344	0.00011	2	kpl	130
55533.52137	0.00011	1	kpl	130	55603.22266	0.00009	1	kpl	130
55534.61104	0.00009	2	kpl	130	55604.31157	0.00018	2	kpl	130
55535.69949	0.00013	1	kpl	130	55605.40077	0.00007	1	kpl	130
55536.78921	0.00009	2	kpl	130	55606.48961	0.00011	2	kpl	130
55537.87758	0.00016	1	kpl	130	55607.57895	0.00003	1	kpl	130
55538.96751	0.00010	2	kpl	130	55608.66785	0.00008	2	kpl	130
55540.05586	0.00012	1	kpl	130	55609.75711	0.00003	1	kpl	130
55541.14573	0.00008	2	kpl	130	55610.84590	0.00019	2	kpl	130
55542.23418	0.00003	1	kpl	130	55611.93531	0.00004	1	kpl	130
55543.32395	0.00009	2	kpl	130	55613.02411	0.00015	2	kpl	130
55545.50224	0.00015	2	kpl	130	55614.11350	0.00007	1	kpl	130
55546.59058	0.00004	1	kpl	130	55615.20233	0.00011	2	kpl	130
55547.68053	0.00015	2	kpl	130	55616.29171	0.00005	1	kpl	130
55548.76882	0.00008	1	kpl	130	55617.38054	0.00006	2	kpl	130
55549.85861	0.00012	2	kpl	130	55618.46987	0.00012	1	kpl	130
55550.94697	0.00008	1	kpl	130	55619.55872	0.00008	2	kpl	130
55552.03686	0.00012	2	kpl	130	55620.64802	0.00012	1	kpl	130
55569.46189	0.00008	2	kpl	130	55621.73678	0.00020	2	kpl	130
55570.55010	0.00012	1	kpl	130	55622.82612	0.00013	1	kpl	130
55571.64004	0.00011	2	kpl	130	55623.91501	0.00019	2	kpl	130
55572.72828	0.00010	1	kpl	130	55625.00417	0.00009	1	kpl	130
55573.81828	0.00020	2	kpl	130	55626.09328	0.00018	2	kpl	130
55574.90647	0.00007	1	kpl	130	55627.18232	0.00018	1	kpl	130
55575.99639	0.00018	2	kpl	130	55628.27158	0.00018	2	kpl	130
55577.08468	0.00007	1	kpl	130	55629.36055	0.00010	1	kpl	130
55578.17455	0.00013	2	kpl	130	55630.44999	0.00034	2	kpl	130
55579.26286	0.00008	1	kpl	130	55631.53866	0.00007	1	kpl	130
55580.35269	0.00014	2	kpl	130	55632.62832	0.00012	2	kpl	130
55581.44101	0.00009	1	kpl	130	55633.71688	0.00037	1	kpl	130
55582.53078	0.00014	2	kpl	130	55634.80662	0.00023	2	kpl	130
55583.61918	0.00009	1	kpl	130	55642.42959	0.00037	1	kpl	130
55584.70887	0.00014	2	kpl	130	55643.51855	0.00014	2	kpl	130
55585.79730	0.00014	1	kpl	130	55644.60760	0.00024	1	kpl	130
55586.88695	0.00013	2	kpl	130	55645.69669	0.00011	2	kpl	130
55587.97544	0.00013	1	kpl	130	55646.78580	0.00022	1	kpl	130
55589.06506	0.00013	2	kpl	130	55647.87480	0.00009	2	kpl	130

EK 1 FL Lyr sistemi için minimum zamanları tablosu ve kaynaklar listesi (Devamı)

HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref	HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref
55648.96384	0.00024	1	kpl	130	55699.06136	0.00015	1	kpl	130
55650.05281	0.00008	2	kpl	130	55700.15078	0.00008	2	kpl	130
55651.14194	0.00027	1	kpl	130	55701.23946	0.00024	1	kpl	130
55652.23087	0.00008	2	kpl	130	55702.32885	0.00017	2	kpl	130
55653.32024	0.00008	1	kpl	130	55703.41752	0.00021	1	kpl	130
55654.40896	0.00005	2	kpl	130	55704.50699	0.00011	2	kpl	130
55655.49845	0.00011	1	kpl	130	55705.59555	0.00017	1	kpl	130
55656.58705	0.00010	2	kpl	130	55706.68510	0.00004	2	kpl	130
55657.67659	0.00012	1	kpl	130	55708.86318	0.00007	2	kpl	130
55658.76513	0.00012	2	kpl	130	55709.95197	0.00025	1	kpl	130
55659.85483	0.00008	1	kpl	130	55711.04128	0.00007	2	kpl	130
55660.94330	0.00014	2	kpl	130	55712.13017	0.00020	1	kpl	130
55662.03303	0.00008	1	kpl	130	55713.21941	0.00009	2	kpl	130
55663.12147	0.00013	2	kpl	130	55714.30834	0.00018	1	kpl	130
55664.21111	0.00023	1	kpl	130	55715.39753	0.00007	2	kpl	130
55665.29973	0.00009	2	kpl	130	55716.48654	0.00025	1	kpl	130
55666.38922	0.00024	1	kpl	130	55717.57565	0.00004	2	kpl	130
55667.47806	0.00009	2	kpl	130	55718.66451	0.00024	1	kpl	130
55668.56744	0.00020	1	kpl	130	55718.66480	0.00010	1	ccd	107
55669.65640	0.00006	2	kpl	130	55719.75377	0.00005	2	kpl	130
55670.74549	0.00012	1	kpl	130	55720.84268	0.00026	1	kpl	130
55671.83471	0.00002	2	kpl	130	55721.93189	0.00009	2	kpl	130
55672.92356	0.00012	1	kpl	130	55723.02082	0.00022	1	kpl	130
55674.01293	0.00012	2	kpl	130	55724.11002	0.00012	2	kpl	130
55675.10168	0.00010	1	kpl	130	55725.19896	0.00026	1	kpl	130
55676.19116	0.00010	2	kpl	130	55726.28819	0.00006	2	kpl	130
55677.27978	0.00009	1	kpl	130	55727.37716	0.00021	1	kpl	130
55679.45786	0.00008	1	kpl	130	55728.46640	0.00009	2	kpl	130
55680.54746	0.00013	2	kpl	130	55729.55543	0.00012	1	kpl	130
55681.63605	0.00007	1	kpl	130	55730.64453	0.00021	2	kpl	130
55682.72568	0.00018	2	kpl	130	55731.73366	0.00015	1	kpl	130
55683.81416	0.00009	1	kpl	130	55732.82267	0.00006	2	kpl	130
55684.90387	0.00014	2	kpl	130	55733.91186	0.00011	1	kpl	130
55685.99233	0.00008	1	kpl	130	55735.00084	0.00014	2	kpl	130
55687.08203	0.00012	2	kpl	130	55736.09006	0.00007	1	kpl	130
55688.17056	0.00011	1	kpl	130	55737.17901	0.00021	2	kpl	130
55689.26027	0.00012	2	kpl	130	55738.26829	0.00011	1	kpl	130
55690.34872	0.00017	1	kpl	130	55740.44638	0.00015	1	kpl	130
55691.43842	0.00006	2	kpl	130	55741.53536	0.00022	2	kpl	130
55692.52687	0.00016	1	kpl	130	55742.62460	0.00005	1	kpl	130
55693.61652	0.00007	2	kpl	130	55743.71358	0.00018	2	kpl	130
55694.70511	0.00006	1	kpl	130	55744.80278	0.00007	1	kpl	130
55695.79462	0.00008	2	kpl	130	55745.89172	0.00019	2	kpl	130
55696.88324	0.00006	1	kpl	130	55746.98090	0.00010	1	kpl	130
55697.97270	0.00009	2	kpl	130	55748.07000	0.00019	2	kpl	130

EK 1 FL Lyr sistemi için minimum zamanları tablosu ve kaynaklar listesi (Devamı)

HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref	HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref
55749.15904	0.00009	1	kpl	130	55798.16792	0.00017	2	kpl	130
55750.24834	0.00013	2	kpl	130	55799.25664	0.00015	1	kpl	130
55751.33712	0.00009	1	kpl	130	55800.34606	0.00012	2	kpl	130
55752.42668	0.00021	2	kpl	130	55801.43480	0.00008	1	kpl	130
55753.51530	0.00022	1	kpl	130	55803.61299	0.00008	1	kpl	130
55754.60494	0.00023	2	kpl	130	55804.70228	0.00024	2	kpl	130
55755.69338	0.00007	1	kpl	130	55805.79109	0.00005	1	kpl	130
55756.78333	0.00013	2	kpl	130	55806.88047	0.00024	2	kpl	130
55757.87152	0.00004	1	kpl	130	55807.96925	0.00007	1	kpl	130
55758.96147	0.00009	2	kpl	130	55809.05861	0.00017	2	kpl	130
55760.04965	0.00004	1	kpl	130	55810.14744	0.00014	1	kpl	130
55761.13971	0.00008	2	kpl	130	55811.23672	0.00017	2	kpl	130
55762.22777	0.00012	1	kpl	130	55812.32563	0.00007	1	kpl	130
55763.31798	0.00006	2	kpl	130	55813.41485	0.00012	2	kpl	130
55764.40589	0.00012	1	kpl	130	55814.50372	0.00019	1	kpl	130
55765.49620	0.00006	2	kpl	130	55815.59304	0.00014	2	kpl	130
55766.58405	0.00011	1	kpl	130	55816.68184	0.00022	1	kpl	130
55767.67437	0.00004	2	kpl	130	55817.77116	0.00014	2	kpl	130
55768.76213	0.00013	1	kpl	130	55818.86000	0.00023	1	kpl	130
55769.85252	0.00013	2	kpl	130	55819.94931	0.00011	2	kpl	130
55770.94028	0.00011	1	kpl	130	55821.03813	0.00025	1	kpl	130
55772.03066	0.00014	2	kpl	130	55822.12751	0.00012	2	kpl	130
55773.11845	0.00011	1	kpl	130	55823.21620	0.00020	1	kpl	130
55774.20873	0.00018	2	kpl	130	55824.30567	0.00018	2	kpl	130
55775.29661	0.00019	1	kpl	130	55825.39432	0.00005	1	kpl	130
55776.38678	0.00023	2	kpl	130	55826.48376	0.00026	2	kpl	130
55777.47469	0.00019	1	kpl	130	55827.57255	0.00011	1	kpl	130
55778.56480	0.00022	2	kpl	130	55828.66187	0.00014	2	kpl	130
55779.65296	0.00014	1	kpl	130	55829.75066	0.00020	1	kpl	130
55780.74287	0.00020	2	kpl	130	55830.84003	0.00012	2	kpl	130
55781.83109	0.00016	1	kpl	130	55831.92887	0.00020	1	kpl	130
55782.92092	0.00021	2	kpl	130	55833.01824	0.00019	2	kpl	130
55784.00923	0.00016	1	kpl	130	55835.19560	0.00030	2	kpl	130
55785.09900	0.00019	2	kpl	130	55836.28510	0.00023	1	kpl	130
55786.18749	0.00015	1	kpl	130	55837.37373	0.00020	2	kpl	130
55787.27714	0.00009	2	kpl	130	55838.46328	0.00021	1	kpl	130
55788.36569	0.00015	1	kpl	130	55839.55191	0.00023	2	kpl	130
55789.45526	0.00006	2	kpl	130	55840.64143	0.00008	1	kpl	130
55790.54384	0.00011	1	kpl	130	55840.64190	0.00030	1	ccd	108
55791.63343	0.00011	2	kpl	130	55841.73007	0.00016	2	kpl	130
55792.72206	0.00009	1	kpl	130	55842.81974	0.00011	1	kpl	130
55793.81159	0.00011	2	kpl	130	55843.90819	0.00015	2	kpl	130
55794.90031	0.00015	1	kpl	130	55844.99790	0.00011	1	kpl	130
55795.98980	0.00013	2	kpl	130	55846.08630	0.00014	2	kpl	130
55797.07848	0.00015	1	kpl	130	55847.17609	0.00011	1	kpl	130

EK 1 FL Lyr sistemi için minimum zamanları tablosu ve kaynaklar listesi (Devamı)

HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref	HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref
55848.26426	0.00024	2	kpl	130	55899.45138	0.00012	1	kpl	130
55849.35425	0.00016	1	kpl	130	55900.54026	0.00023	2	kpl	130
55850.44240	0.00023	2	kpl	130	55901.62952	0.00026	1	kpl	130
55851.53239	0.00016	1	kpl	130	55902.71867	0.00006	2	kpl	130
55852.62058	0.00022	2	kpl	130	55905.98567	0.00022	1	kpl	130
55853.71047	0.00016	1	kpl	130	55907.07526	0.00005	2	kpl	130
55854.79875	0.00025	2	kpl	130	55908.16399	0.00009	1	kpl	130
55855.88865	0.00016	1	kpl	130	55909.25343	0.00005	2	kpl	130
55856.97690	0.00023	2	kpl	130	55910.34221	0.00007	1	kpl	130
55858.06680	0.00021	1	kpl	130	55911.43160	0.00008	2	kpl	130
55859.15501	0.00024	2	kpl	130	55912.52038	0.00005	1	kpl	130
55860.24495	0.00027	1	kpl	130	55913.60980	0.00005	2	kpl	130
55861.33319	0.00032	2	kpl	130	55914.69851	0.00009	1	kpl	130
55862.42313	0.00003	1	kpl	130	55915.78798	0.00001	2	kpl	130
55863.51124	0.00033	2	kpl	130	55916.87674	0.00009	1	kpl	130
55864.60133	0.00003	1	kpl	130	55917.96615	0.00006	2	kpl	130
55866.77944	0.00004	1	kpl	130	55919.05486	0.00008	1	kpl	130
55867.86743	0.00029	2	kpl	130	55920.14434	0.00006	2	kpl	130
55868.95754	0.00004	1	kpl	130	55921.23298	0.00009	1	kpl	130
55870.04566	0.00011	2	kpl	130	55922.32254	0.00007	2	kpl	130
55871.13577	0.00005	1	kpl	130	55923.41116	0.00008	1	kpl	130
55872.22378	0.00016	2	kpl	130	55924.50067	0.00010	2	kpl	130
55873.31393	0.00006	1	kpl	130	55925.58941	0.00006	1	kpl	130
55874.40195	0.00007	2	kpl	130	55926.67891	0.00009	2	kpl	130
55875.49205	0.00007	1	kpl	130	55927.76751	0.00022	1	kpl	130
55876.57992	0.00023	2	kpl	130	55928.85709	0.00010	2	kpl	130
55877.67019	0.00007	1	kpl	130	55929.94563	0.00021	1	kpl	130
55878.75806	0.00027	2	kpl	130	55931.03531	0.00038	2	kpl	130
55879.84832	0.00007	1	kpl	130	55933.21331	0.00014	2	kpl	130
55880.93617	0.00028	2	kpl	130	55934.30199	0.00008	1	kpl	130
55882.02643	0.00008	1	kpl	130	55935.39147	0.00016	2	kpl	130
55883.11434	0.00029	2	kpl	130	55936.48011	0.00011	1	kpl	130
55884.20446	0.00010	1	kpl	130	55937.56964	0.00010	2	kpl	130
55885.29251	0.00030	2	kpl	130	55938.65831	0.00009	1	kpl	130
55886.38261	0.00017	1	kpl	130	55939.74779	0.00018	2	kpl	130
55887.47089	0.00022	2	kpl	130	55940.83640	0.00004	1	kpl	130
55888.56069	0.00018	1	kpl	130	55941.92585	0.00022	2	kpl	130
55889.64915	0.00026	2	kpl	130	55943.01455	0.00009	1	kpl	130
55890.73894	0.00005	1	kpl	130	55944.10406	0.00018	2	kpl	130
55891.82728	0.00024	2	kpl	130	55945.19274	0.00003	1	kpl	130
55892.91705	0.00016	1	kpl	130	55946.28224	0.00021	2	kpl	130
55894.00555	0.00023	2	kpl	130	55947.37086	0.00011	1	kpl	130
55895.09528	0.00016	1	kpl	130	55948.46048	0.00020	2	kpl	130
55897.27316	0.00017	1	kpl	130	55949.54908	0.00010	1	kpl	130
55898.36206	0.00020	2	kpl	130	55950.63873	0.00015	2	kpl	130

EK 1 FL Lyr sistemi için minimum zamanları tablosu ve kaynaklar listesi (Devamı)

HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref	HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref
55951.72719	0.00008	1	kpl	130	56004.00283	0.00006	1	kpl	130
55952.81698	0.00011	2	kpl	130	56005.09255	0.00013	2	kpl	130
55953.90550	0.00012	1	kpl	130	56006.18100	0.00006	1	kpl	130
55954.99514	0.00007	2	kpl	130	56007.27077	0.00012	2	kpl	130
55956.08365	0.00013	1	kpl	130	56008.35914	0.00006	1	kpl	130
55957.17333	0.00006	2	kpl	130	56009.44898	0.00010	2	kpl	130
55958.26185	0.00010	1	kpl	130	56010.53731	0.00012	1	kpl	130
55960.43994	0.00015	1	kpl	130	56011.62715	0.00016	2	kpl	130
55961.52966	0.00007	2	kpl	130	56012.71543	0.00012	1	kpl	130
55962.61822	0.00015	1	kpl	130	56013.80535	0.00027	2	kpl	130
55963.70784	0.00005	2	kpl	130	56014.89360	0.00041	1	kpl	130
55964.79624	0.00019	1	kpl	130	56015.98377	0.00024	2	kpl	130
55965.88600	0.00004	2	kpl	130	56017.07193	0.00007	1	kpl	130
55966.97437	0.00019	1	kpl	130	56018.16193	0.00020	2	kpl	130
55968.06417	0.00004	2	kpl	130	56019.25007	0.00007	1	kpl	130
55969.15252	0.00022	1	kpl	130	56020.34001	0.00016	2	kpl	130
55970.24237	0.00008	2	kpl	130	56021.42822	0.00006	1	kpl	130
55971.33066	0.00021	1	kpl	130	56022.51811	0.00005	2	kpl	130
55972.42059	0.00003	2	kpl	130	56023.60637	0.00007	1	kpl	130
55973.50872	0.00006	1	kpl	130	56024.69620	0.00012	2	kpl	130
55974.59873	0.00019	2	kpl	130	56025.78464	0.00015	1	kpl	130
55975.68687	0.00009	1	kpl	130	56026.87428	0.00009	2	kpl	130
55976.77690	0.00015	2	kpl	130	56027.96285	0.00015	1	kpl	130
55977.86504	0.00005	1	kpl	130	56029.05240	0.00009	2	kpl	130
55978.95501	0.00013	2	kpl	130	56030.14099	0.00027	1	kpl	130
55980.04317	0.00006	1	kpl	130	56031.23051	0.00009	2	kpl	130
55981.13317	0.00014	2	kpl	130	56032.31920	0.00020	1	kpl	130
55982.22140	0.00008	1	kpl	130	56033.40862	0.00007	2	kpl	130
55983.31133	0.00005	2	kpl	130	56034.49728	0.00017	1	kpl	130
55984.39950	0.00013	1	kpl	130	56035.58671	0.00009	2	kpl	130
55985.48947	0.00007	2	kpl	130	56036.67536	0.00017	1	kpl	130
55986.57767	0.00013	1	kpl	130	56037.76478	0.00014	2	kpl	130
55988.75577	0.00013	1	kpl	130	56038.85349	0.00017	1	kpl	130
55989.84562	0.00014	2	kpl	130	56039.94283	0.00013	2	kpl	130
55990.93393	0.00014	1	kpl	130	56041.03162	0.00014	1	kpl	130
55992.02369	0.00016	2	kpl	130	56042.12090	0.00018	2	kpl	130
55993.11200	0.00007	1	kpl	130	56043.20980	0.00023	1	kpl	130
55995.29022	0.00008	1	kpl	130	56044.29896	0.00019	2	kpl	130
55996.37984	0.00019	2	kpl	130	56045.38806	0.00025	1	kpl	130
55997.46840	0.00007	1	kpl	130	56046.47705	0.00021	2	kpl	130
55998.55797	0.00013	2	kpl	130	56047.56618	0.00023	1	kpl	130
55999.64658	0.00007	1	kpl	130	56049.74437	0.00026	1	kpl	130
56000.73619	0.00009	2	kpl	130	56050.83284	0.00027	2	kpl	130
56001.82470	0.00008	1	kpl	130	56051.92254	0.00022	1	kpl	130
56002.91437	0.00006	2	kpl	130	56053.01094	0.00028	2	kpl	130

EK 1 FL Lyr sistemi için minimum zamanları tablosu ve kaynaklar listesi (Devamı)

HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref	HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref
56054.10072	0.00014	1	kpl	130	56104.19798	0.00028	1	kpl	130
56055.18927	0.00023	2	kpl	130	56105.28704	0.00031	2	kpl	130
56056.27882	0.00017	1	kpl	130	56107.46497	0.00015	2	kpl	130
56057.36714	0.00016	2	kpl	130	56108.55430	0.00041	1	kpl	130
56058.45704	0.00016	1	kpl	130	56109.64311	0.00016	2	kpl	130
56059.54523	0.00018	2	kpl	130	56110.73248	0.00013	1	kpl	130
56060.63523	0.00011	1	kpl	130	56111.82121	0.00008	2	kpl	130
56061.72348	0.00014	2	kpl	130	56112.91059	0.00012	1	kpl	130
56062.81329	0.00010	1	kpl	130	56113.99925	0.00016	2	kpl	130
56063.90157	0.00027	2	kpl	130	56115.08859	0.00013	1	kpl	130
56064.99143	0.00013	1	kpl	130	56116.17734	0.00010	2	kpl	130
56066.07970	0.00026	2	kpl	130	56117.26695	0.00013	1	kpl	130
56067.16954	0.00011	1	kpl	130	56118.35548	0.00017	2	kpl	130
56068.25800	0.00022	2	kpl	130	56119.44502	0.00019	1	kpl	130
56069.34769	0.00009	1	kpl	130	56120.53364	0.00017	2	kpl	130
56070.43615	0.00023	2	kpl	130	56121.62310	0.00038	1	kpl	130
56071.52583	0.00010	1	kpl	130	56129.24678	0.00022	2	kpl	130
56072.61429	0.00021	2	kpl	130	56130.33600	0.00025	1	kpl	130
56073.70399	0.00004	1	kpl	130	56131.42496	0.00015	2	kpl	130
56074.79250	0.00009	2	kpl	130	56132.51408	0.00015	1	kpl	130
56075.88211	0.00003	1	kpl	130	56133.60309	0.00008	2	kpl	130
56076.97077	0.00014	2	kpl	130	56134.69223	0.00015	1	kpl	130
56079.14896	0.00018	2	kpl	130	56135.78127	0.00008	2	kpl	130
56080.23858	0.00019	1	kpl	130	56136.87034	0.00012	1	kpl	130
56081.32718	0.00015	2	kpl	130	56140.13762	0.00012	2	kpl	130
56082.41671	0.00019	1	kpl	130	56141.22657	0.00009	1	kpl	130
56083.50537	0.00012	2	kpl	130	56142.31582	0.00013	2	kpl	130
56084.59499	0.00013	1	kpl	130	56143.40484	0.00005	1	kpl	130
56085.68357	0.00012	2	kpl	130	56144.49416	0.00011	2	kpl	130
56086.77297	0.00011	1	kpl	130	56145.58294	0.00006	1	kpl	130
56087.86179	0.00012	2	kpl	130	56146.67252	0.00024	2	kpl	130
56088.95117	0.00013	1	kpl	130	56147.76105	0.00014	1	kpl	130
56090.03999	0.00006	2	kpl	130	56148.85082	0.00025	2	kpl	130
56091.12928	0.00002	1	kpl	130	56149.93916	0.00013	1	kpl	130
56092.21814	0.00010	2	kpl	130	56151.02927	0.00019	2	kpl	130
56093.30742	0.00005	1	kpl	130	56152.11728	0.00014	1	kpl	130
56094.39631	0.00011	2	kpl	130	56153.20761	0.00019	2	kpl	130
56095.48541	0.00008	1	kpl	130	56154.29536	0.00013	1	kpl	130
56096.57448	0.00011	2	kpl	130	56155.38590	0.00020	2	kpl	130
56097.66368	0.00006	1	kpl	130	56156.47348	0.00016	1	kpl	130
56098.75261	0.00011	2	kpl	130	56157.56419	0.00016	2	kpl	130
56099.84164	0.00016	1	kpl	130	56158.65156	0.00018	1	kpl	130
56100.93078	0.00009	2	kpl	130	56159.74240	0.00016	2	kpl	130
56102.01973	0.00015	1	kpl	130	56160.82971	0.00018	1	kpl	130
56103.10894	0.00015	2	kpl	130	56161.92056	0.00013	2	kpl	130

EK 1 FL Lyr sistemi için minimum zamanları tablosu ve kaynaklar listesi (Devamı)

HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref	HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref
56163.00793	0.00016	1	kpl	130	56215.28417	0.00011	1	kpl	130
56164.09875	0.00018	2	kpl	130	56216.37290	0.00011	2	kpl	130
56165.18604	0.00028	1	kpl	130	56217.46232	0.00008	1	kpl	130
56166.27691	0.00009	2	kpl	130	56218.55106	0.00014	2	kpl	130
56167.36425	0.00026	1	kpl	130	56219.64039	0.00009	1	kpl	130
56168.45504	0.00016	2	kpl	130	56220.72924	0.00016	2	kpl	130
56170.63316	0.00010	2	kpl	130	56221.81845	0.00016	1	kpl	130
56171.72092	0.00017	1	kpl	130	56222.90743	0.00019	2	kpl	130
56172.81127	0.00014	2	kpl	130	56223.99659	0.00019	1	kpl	130
56173.89905	0.00012	1	kpl	130	56225.08562	0.00023	2	kpl	130
56174.98943	0.00010	2	kpl	130	56226.17472	0.00014	1	kpl	130
56176.07705	0.00008	1	kpl	130	56227.26384	0.00024	2	kpl	130
56177.16753	0.00021	2	kpl	130	56228.35288	0.00012	1	kpl	130
56178.25526	0.00009	1	kpl	130	56229.44207	0.00026	2	kpl	130
56179.34567	0.00014	2	kpl	130	56230.53104	0.00011	1	kpl	130
56180.43344	0.00009	1	kpl	130	56231.62023	0.00036	2	kpl	130
56181.52389	0.00012	2	kpl	130	56232.70924	0.00008	1	kpl	130
56182.61155	0.00016	1	kpl	130	56233.79856	0.00029	2	kpl	130
56183.70213	0.00012	2	kpl	130	56234.88732	0.00020	1	kpl	130
56184.78967	0.00012	1	kpl	130	56235.97687	0.00029	2	kpl	130
56185.88040	0.00006	2	kpl	130	56237.06552	0.00021	1	kpl	130
56186.96782	0.00008	1	kpl	130	56239.24365	0.00021	1	kpl	130
56188.05865	0.00006	2	kpl	130	56240.33347	0.00018	2	kpl	130
56189.14595	0.00011	1	kpl	130	56241.42175	0.00013	1	kpl	130
56190.23686	0.00006	2	kpl	130	56242.51172	0.00016	2	kpl	130
56191.32398	0.00011	1	kpl	130	56243.59995	0.00013	1	kpl	130
56192.41498	0.00007	2	kpl	130	56244.68987	0.00016	2	kpl	130
56193.50212	0.00018	1	kpl	130	56252.31302	0.00020	1	kpl	130
56194.59303	0.00008	2	kpl	130	56253.40217	0.00019	2	kpl	130
56195.68028	0.00016	1	kpl	130	56254.49110	0.00013	1	kpl	130
56196.77096	0.00019	2	kpl	130	56255.58027	0.00016	2	kpl	130
56197.85827	0.00019	1	kpl	130	56256.66925	0.00012	1	kpl	130
56198.94888	0.00016	2	kpl	130	56257.75827	0.00016	2	kpl	130
56200.03636	0.00020	1	kpl	130	56258.84732	0.00014	1	kpl	130
56201.12691	0.00013	2	kpl	130	56259.93618	0.00017	2	kpl	130
56202.21457	0.00032	1	kpl	130	56261.02539	0.00015	1	kpl	130
56203.30487	0.00023	2	kpl	130	56262.11407	0.00020	2	kpl	130
56206.57149	0.00041	1	kpl	130	56263.20349	0.00015	1	kpl	130
56207.66048	0.00011	2	kpl	130	56264.29210	0.00018	2	kpl	130
56208.74974	0.00016	1	kpl	130	56265.38166	0.00016	1	kpl	130
56209.83862	0.00004	2	kpl	130	56266.47029	0.00014	2	kpl	130
56210.92790	0.00010	1	kpl	130	56267.55987	0.00017	1	kpl	130
56212.01673	0.00009	2	kpl	130	56269.73809	0.00016	1	kpl	130
56213.10602	0.00009	1	kpl	130	56270.82600	0.00017	2	kpl	130
56214.19480	0.00009	2	kpl	130	56271.91623	0.00012	1	kpl	130

EK 1 FL Lyr sistemi için minimum zamanları tablosu ve kaynaklar listesi (Devamı)

HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref	HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref
56273.00395	0.00010	2	kpl	130	56333.99352	0.00008	2	kpl	130
56274.09439	0.00012	1	kpl	130	56335.08252	0.00013	1	kpl	130
56275.18211	0.00010	2	kpl	130	56336.17153	0.00017	2	kpl	130
56276.27243	0.00014	1	kpl	130	56337.26064	0.00008	1	kpl	130
56277.36024	0.00006	2	kpl	130	56338.34966	0.00016	2	kpl	130
56278.45047	0.00012	1	kpl	130	56339.43876	0.00010	1	kpl	130
56279.53849	0.00012	2	kpl	130	56340.52778	0.00020	2	kpl	130
56280.62850	0.00013	1	kpl	130	56341.61691	0.00010	1	kpl	130
56281.71671	0.00010	2	kpl	130	56342.70588	0.00016	2	kpl	130
56282.80657	0.00014	1	kpl	130	56343.79500	0.00010	1	kpl	130
56283.89488	0.00009	2	kpl	130	56344.88402	0.00017	2	kpl	130
56284.98465	0.00014	1	kpl	130	56345.97315	0.00018	1	kpl	130
56286.07314	0.00006	2	kpl	130	56347.06211	0.00016	2	kpl	130
56287.16275	0.00010	1	kpl	130	56348.15130	0.00020	1	kpl	130
56288.25137	0.00010	2	kpl	130	56349.24028	0.00015	2	kpl	130
56289.34080	0.00019	1	kpl	130	56350.32945	0.00019	1	kpl	130
56290.42954	0.00017	2	kpl	130	56351.41845	0.00021	2	kpl	130
56291.51896	0.00022	1	kpl	130	56352.50760	0.00003	1	kpl	130
56292.60777	0.00019	2	kpl	130	56353.59649	0.00019	2	kpl	130
56293.69716	0.00020	1	kpl	130	56354.68574	0.00023	1	kpl	130
56294.78603	0.00018	2	kpl	130	56355.77463	0.00019	2	kpl	130
56295.87525	0.00021	1	kpl	130	56356.86392	0.00021	1	kpl	130
56296.96438	0.00016	2	kpl	130	56360.13104	0.00017	2	kpl	130
56298.05356	0.00021	1	kpl	130	56361.22018	0.00017	1	kpl	130
56299.14269	0.00018	2	kpl	130	56362.30920	0.00024	2	kpl	130
56300.23176	0.00020	1	kpl	130	56363.39831	0.00018	1	kpl	130
56301.32093	0.00017	2	kpl	130	56364.48737	0.00006	2	kpl	130
56302.41003	0.00026	1	kpl	130	56365.57649	0.00009	1	kpl	130
56303.49929	0.00034	2	kpl	130	56366.66556	0.00010	2	kpl	130
56305.67755	0.00016	2	kpl	130	56367.75459	0.00008	1	kpl	130
56306.76647	0.00023	1	kpl	130	56368.84377	0.00010	2	kpl	130
56307.85570	0.00016	2	kpl	130	56369.93273	0.00003	1	kpl	130
56308.94462	0.00023	1	kpl	130	56371.02198	0.00010	2	kpl	130
56310.03386	0.00016	2	kpl	130	56372.11088	0.00004	1	kpl	130
56322.01354	0.00025	1	kpl	130	56373.20017	0.00017	2	kpl	130
56323.10265	0.00031	2	kpl	130	56374.28904	0.00003	1	kpl	130
56324.19177	0.00020	1	kpl	130	56375.37834	0.00015	2	kpl	130
56325.28087	0.00011	2	kpl	130	56376.46719	0.00005	1	kpl	130
56326.36992	0.00011	1	kpl	130	56377.55647	0.00019	2	kpl	130
56327.45904	0.00006	2	kpl	130	56378.64536	0.00004	1	kpl	130
56328.54809	0.00010	1	kpl	130	56379.73457	0.00017	2	kpl	130
56329.63722	0.00006	2	kpl	130	56380.82349	0.00009	1	kpl	130
56330.72625	0.00012	1	kpl	130	56381.91268	0.00011	2	kpl	130
56331.81535	0.00007	2	kpl	130	56383.00165	0.00004	1	kpl	130
56332.90440	0.00013	1	kpl	130	56384.09077	0.00023	2	kpl	130

EK 1 FL Lyr sistemi için minimum zamanları tablosu ve kaynaklar listesi (Devamı)

HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref	HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref
56385.17981	0.00005	1	kpl	130	58685.31076	0.00002	1	tss	131
56386.26884	0.00014	2	kpl	130	58686.39999	0.00005	2	tss	131
56387.35799	0.00010	1	kpl	130	58687.48895	0.00002	1	tss	131
56388.44696	0.00019	2	kpl	130	58688.57809	0.00004	2	tss	131
56389.53615	0.00022	1	kpl	130	58689.66713	0.00002	1	tss	131
56390.62508	0.00020	2	kpl	130	58690.75616	0.00005	2	tss	131
56392.80307	0.00033	2	kpl	130	58691.84528	0.00004	1	tss	131
56394.98110	0.00016	2	kpl	130	58692.93444	0.00004	2	tss	131
56396.07078	0.00030	1	kpl	130	58694.02342	0.00002	1	tss	131
56397.15929	0.00014	2	kpl	130	58695.11264	0.00005	2	tss	131
56398.24889	0.00012	1	kpl	130	58696.20167	0.00003	1	tss	131
56399.33744	0.00015	2	kpl	130	58698.37978	0.00003	1	tss	131
56400.42700	0.00007	1	kpl	130	58699.46893	0.00005	2	tss	131
56401.51563	0.00014	2	kpl	130	58700.55798	0.00002	1	tss	131
56402.60513	0.00002	1	kpl	130	58701.64709	0.00005	2	tss	131
56403.69381	0.00015	2	kpl	130	58702.73603	0.00003	1	tss	131
56404.78325	0.00007	1	kpl	130	58703.82522	0.00005	2	tss	131
56405.87219	0.00016	2	kpl	130	58704.91420	0.00002	1	tss	131
56406.96139	0.00010	1	kpl	130	58706.00329	0.00005	2	tss	131
56408.05051	0.00015	2	kpl	130	58707.09232	0.00002	1	tss	131
56409.13950	0.00003	1	kpl	130	58708.18138	0.00004	2	tss	131
56410.22871	0.00013	2	kpl	130	58709.27050	0.00002	1	tss	131
56411.31766	0.00015	1	kpl	130	58711.44868	0.00002	1	tss	131
56412.40695	0.00011	2	kpl	130	58711.44880	0.00010	1	ccd	122
56413.49584	0.00023	1	kpl	130	58712.53762	0.00003	2	tss	131
56420.03029	0.00018	1	kpl	130	58713.62684	0.00002	1	tss	131
56422.20845	0.00018	1	kpl	130	58714.71592	0.00004	2	tss	131
56461.41380	0.00010	1	ccd	116	58715.80505	0.00002	1	tss	131
56535.47350	0.00180	1	ccd	111	58716.89411	0.00004	2	tss	131
56537.65050	0.00010	1	ccd	109	58717.98323	0.00002	1	tss	131
56841.50410	0.00480	2	ccd	110	58719.07228	0.00004	2	tss	131
57158.42420	0.00370	1	ccd	113	58720.16139	0.00003	1	tss	131
57234.66060	0.00010	1	ccd	112	58721.25058	0.00004	2	tss	131
57493.86090	0.00010	1	ccd	114	58722.33949	0.00001	1	tss	131
57530.88920	0.00010	1	ccd	114	58723.42875	0.00006	2	tss	131
57562.47470	0.00130	2	ccd	115	58725.60687	0.00008	2	tss	131
57637.61820	0.00010	1	ccd	117	58726.69579	0.00002	1	tss	131
57650.68830	0.00080	1	ccd	117	58727.78502	0.00007	2	tss	131
57891.37250	0.00120	2	ccd	118	58728.87393	0.00002	1	tss	131
57929.49090	0.00020	1	ccd	125	58729.96332	0.00008	2	tss	131
58271.46300	0.0050	1	ccd	120	58731.05213	0.00001	1	tss	131
58275.81740	0.00010	1	ccd	119	58732.14149	0.00009	2	tss	131
58332.44980	0.00010	1	ccd	119	58733.23028	0.00002	1	tss	131
58593.82890	0.00010	1	ccd	121	58734.31970	0.00009	2	tss	131
58684.22179	0.00004	2	tss	131	58735.40845	0.00002	1	tss	131

EK 1 FL Lyr sistemi için minimum zamanları tablosu ve kaynaklar listesi (Devamı)

HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref
58736.49788	0.00009	2	tss	131
58750.65580	0.00020	1	ccd	122
58972.82790	0.00020	1	ccd	123
59077.37730	0.00010	1	ccd	124
59360.53900	0.00100	1	ccd	126
59391.03303	0.00001	1	tss	131
59392.12162	0.00004	2	tss	131
59393.21113	0.00002	1	tss	131
59394.29982	0.00004	2	tss	131
59395.38924	0.00002	1	tss	131
59396.47798	0.00006	2	tss	131
59397.56727	0.00004	1	tss	131
59398.65620	0.00005	2	tss	131
59399.74556	0.00002	1	tss	131
59400.83423	0.00004	2	tss	131
59401.92384	0.00002	1	tss	131
59403.01239	0.00004	2	tss	131
59404.10205	0.00002	1	tss	131
59406.28019	0.00002	1	tss	131
59407.36875	0.00004	2	tss	131
59408.45833	0.00002	1	tss	131
59409.54689	0.00004	2	tss	131
59410.63645	0.00002	1	tss	131
59411.72508	0.00006	2	tss	131
59412.81454	0.00002	1	tss	131
59413.90334	0.00006	2	tss	131
59414.99268	0.00002	1	tss	131
59417.17084	0.00002	1	tss	131
59418.25966	0.00005	2	tss	131
59420.43785	0.00004	2	tss	131
59421.52700	0.00001	1	tss	131
59422.61610	0.00005	2	tss	131
59423.70513	0.00002	1	tss	131
59424.79428	0.00005	2	tss	131
59425.88328	0.00002	1	tss	131
59426.97248	0.00005	2	tss	131
59428.06145	0.00002	1	tss	131
59429.15069	0.00006	2	tss	131
59430.23961	0.00002	1	tss	131
59431.32893	0.00006	2	tss	131
59432.41780	0.00002	1	tss	131
59434.59601	0.00002	1	tss	131
59435.68545	0.00007	2	tss	131
59436.77423	0.00002	1	tss	131
59437.86365	0.00007	2	tss	131
59438.95238	0.00002	1	tss	131
59440.04181	0.00007	2	tss	131
59441.13056	0.00002	1	tss	131
59442.21996	0.00006	2	tss	131
59443.30874	0.00002	1	tss	131
59444.39817	0.00006	2	tss	131
59445.48640	0.00010	1	ccd	127
59445.48686	0.00003	1	tss	131
59519.54380	0.00010	1	ccd	127
59744.98245	0.00006	2	tss	131
59746.07216	0.00002	1	tss	131
59747.16050	0.00006	2	tss	131
59748.25030	0.00002	1	tss	131
59749.33848	0.00006	2	tss	131
59750.42841	0.00001	1	tss	131
59751.51662	0.00006	2	tss	131
59752.60649	0.00001	1	tss	131
59753.69464	0.00005	2	tss	131
59754.78456	0.00001	1	tss	131
59755.87258	0.00008	2	tss	131
59756.96267	0.00002	1	tss	131
59758.05057	0.00011	2	tss	131
59759.14087	0.00002	1	tss	131
59760.22875	0.00011	2	tss	131
59761.31901	0.00001	1	tss	131
59762.40692	0.00014	2	tss	131
59763.49716	0.00002	1	tss	131
59764.58505	0.00014	2	tss	131
59765.67537	0.00002	1	tss	131
59766.76315	0.00014	2	tss	131
59767.85357	0.00002	1	tss	131
59768.94196	0.00008	2	tss	131
59770.03172	0.00002	1	tss	131
59771.11940	0.00016	2	tss	131
59772.20993	0.00002	1	tss	131
59773.29757	0.00014	2	tss	131
59774.38812	0.00002	1	tss	131
59775.47584	0.00014	2	tss	131
59776.56626	0.00002	1	tss	131
59777.65423	0.00011	2	tss	131
59778.74442	0.00002	1	tss	131
59779.83248	0.00010	2	tss	131
59780.92252	0.00002	1	tss	131
59782.01077	0.00008	2	tss	131
59784.18903	0.00006	2	tss	131

EK 1 FL Lyr sistemi için minimum zamanları tablosu ve kaynaklar listesi (Devamı)

HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref	HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref
59785.27888	0.00002	1	tss	131	60485.55579	0.00004	2	tss	131
59786.36729	0.00004	2	tss	131	60487.73394	0.00003	2	tss	131
59787.45660	0.00010	1	ccd	127	60488.82253	0.00002	1	tss	131
59787.45699	0.00002	1	tss	131	60489.91212	0.00004	2	tss	131
59788.54557	0.00005	2	tss	131	60491.00061	0.00002	1	tss	131
59789.63509	0.00002	1	tss	131	60492.09036	0.00005	2	tss	131
59790.72381	0.00005	2	tss	131	60493.17869	0.00003	1	tss	131
59791.81310	0.00010	1	ccd	127	60494.26840	0.00003	2	tss	131
59791.81323	0.00002	1	tss	131	60495.35684	0.00002	1	tss	131
59792.90215	0.00005	2	tss	131	60496.44654	0.00003	2	tss	131
59793.99141	0.00002	1	tss	131	60497.53498	0.00002	1	tss	131
59795.08034	0.00006	2	tss	131	60498.62436	0.00004	2	tss	131
59797.25864	0.00006	2	tss	131	60499.71316	0.00002	1	tss	131
59798.34764	0.00002	1	tss	131	60500.80270	0.00004	2	tss	131
59799.43684	0.00005	2	tss	131	60501.89137	0.00002	1	tss	131
59800.52579	0.00001	1	tss	131	60502.98082	0.00004	2	tss	131
59801.61519	0.00006	2	tss	131	60504.06960	0.00001	1	tss	131
59802.70392	0.00002	1	tss	131	60505.15887	0.00004	2	tss	131
59803.79351	0.00006	2	tss	131	60506.24783	0.00001	1	tss	131
59804.88210	0.00002	1	tss	131	60520.40553	0.00010	2	ccd	129
59805.97183	0.00007	2	tss	131	60520.40577	0.00008	2	ccd	129
59807.06025	0.00002	1	tss	131	60520.40599	0.00008	2	ccd	129
59808.15006	0.00009	2	tss	131	60533.47461	0.00004	2	tss	131
59809.23841	0.00001	1	tss	131	60534.56369	0.00002	1	tss	131
59811.41656	0.00001	1	tss	131	60535.65288	0.00003	2	tss	131
59812.50626	0.00009	2	tss	131	60536.74185	0.00001	1	tss	131
59813.59476	0.00001	1	tss	131	60537.83103	0.00004	2	tss	131
59814.68429	0.00009	2	tss	131	60538.92002	0.00002	1	tss	131
59815.77287	0.00002	1	tss	131	60540.00917	0.00004	2	tss	131
59816.86249	0.00010	2	tss	131	60541.09814	0.00002	1	tss	131
59817.95100	0.00002	1	tss	131	60542.18737	0.00004	2	tss	131
59819.04067	0.00010	2	tss	131	60543.27634	0.00001	1	tss	131
59820.12907	0.00002	1	tss	131	60544.36560	0.00005	2	tss	131
59821.21884	0.00009	2	tss	131	60546.54371	0.00005	2	tss	131
59822.30725	0.00002	1	tss	131	60547.63275	0.00002	1	tss	131
59823.39689	0.00005	2	tss	131	60548.72196	0.00003	2	tss	131
60140.31685	0.00021	1	ccd	129	60549.81091	0.00002	1	tss	131
60140.31695	0.00027	1	ccd	129	60550.90011	0.00004	2	tss	131
60142.49700	0.00010	1	ccd	128	60551.98911	0.00002	1	tss	131
60144.67420	0.00020	1	ccd	128	60553.07849	0.00004	2	tss	131
60480.10996	0.00002	1	tss	131	60554.16725	0.00001	1	tss	131
60481.19961	0.00004	2	tss	131	60555.25657	0.00005	2	tss	131
60482.28816	0.00001	1	tss	131	60556.34542	0.00002	1	tss	131
60483.37772	0.00003	2	tss	131	60557.43479	0.00005	2	tss	131
60484.46633	0.00002	1	tss	131	60558.52359	0.00002	1	tss	131

EK 1 FL Lyr sistemi için minimum zamanları tablosu ve kaynaklar listesi (Devamı)

(*) FL Lyr sisteminin minimum zamanlarının referans listesi

Ref. No	ADS BibCode	Referans
1	1935AN....255..425M	Morgenroth O., 1935, AN, 255, 425
2	1943BHarO.917....7W	Woodward E. J., 1943, BHarO, 917, 7
3	-	Pohl E., 1951, MVS, 1, Nr.131
4	1953AN....281..113D	Domke K., Pohl E., 1953, AN, 281, 113
5	1960AN....285..161R	Rudolph R., 1960, AN, 285, 161
6	1962AN....286..209B	Braune W., Quester W., 1962, AN, 286, 209
7	1964AN....288...69P	Pohl E., Kızılırmak A., 1964, AN, 288, 69
8	1965AN....288..167D	Dueball J., Lehmann P. B., 1965, AN, 288, 167
9	1965IBVS..111....1R	Robinson L. J., 1965, IBVS, 111, 1
10	1965IBVS..114....1R	Robinson L. J., 1965, IBVS, 114, 1
11	1965IBVS..119....1R	Robinson L. J., 1965, IBVS, 119, 1
12	1965MmSAI..36...77C	Cristaldi S., 1965, MmSAI, 36, 77
13	1966AN....289..191P	Pohl E., Kızılırmak A., 1966, AN, 289, 191
14	1966IBVS..154....1R	Robinson, L. J., 1966, IBVS, 154, 1
15	1967AN....290..105B	Busch H., 1967, MVS, 4, 66
16	-	Robinson L. J., Ashbrook J. , 1968, IBVS, 247, 1
17	1968IBVS..247....1R	Pohl E., Kızılırmak A., 1969, AN, 291, 111
18	1969AN....291..111K	Braune W., Hübscher J., Mundry E., 1970, AN, 292, 185
19	1970AN....292..185B	Pohl E., Kızılırmak A., 1970, IBVS, 456, 1
20	1970IBVS..456....1P	Diethelm R., LocherK., 1970, Orion, 28 (No:117), 54
21	1970Orion..28...54D	Busch H., 1967, MVS, 4, 66
22	1970Orion..28..191D	Diethelm R., Locher K., 1970, Orion, 28 (No:121), 191
23	-	Haussler K., 1971, HarZi, 38
24	1971Orion..29...21D	Diethelm R., Locher K., 1971, Orion, 29 (No:122), 21
25	1971Orion..29..111D	Diethelm R., Locher K., 1971, Orion, 29 (No:125), 111
26	1971Orion..29..142D	Diethelm R., Isles J., Locher K., 1971, Orion, 29 (No:126), 142
27	1972AN....294..123B	Braune W., Hübscher J., Mundry E., 1972, AN, 294, 123
28	1972BBSAG...1....1D	Diethelm R., et al., 1972, BBSAG Bull., no: 1, 2
29	1972BBSAG...5....1D	Diethelm R., et al., 1972, BBSAG Bull., no: 5, 3
30	-	Diethelm R., et al., 1972, BBSAG Bull., no: 6, 3
31	1972Orion..30...60D	Diethelm R., Isles J., Locher K., 1972, Orion, 30 (No:129), 60
32	-	Diethelm R., et al., 1973, BBSAG Bull., no: 12, 3
33	1973IBVS..828....2A	Ahnert P., 1973, IBVS, 828, 2
34	-	Diethelm R., et al., 1974, BBSAG Bull., no: 15, 2
35	1974BBSAG..16....1D	Diethelm R., et al., 1974, BBSAG Bull., no: 16, 2
36	-	Carnevali P., et al., 1974, BBSAG Bull., no: 17, 4
37	1974IBVS..937....1K	Pohl E., Kızılırmak A., 1974, IBVS, 937, 1
38	1974JAVSO...3...60B	Baldwin M. E., 1974, JAAVSO, 3, 60
39	1975BBSAG..23....1B	Bonneville T., et al., 1975, BBSAG Bull., no: 23, 4
40	-	Baumann M., et al., 1975, BBSAG Bull., no: 24, 3
41	1975IBVS.1053....1P	Pohl E., Kızılırmak A., 1975, IBVS, 1053, 1
42	1976JAVSO...4...86B	Baldwin M. E., 1976, JAAVSO, 4, 86
43	-	Aresi P., et al., 1976, BBSAG Bull., no: 28, 3
44	1976JAVSO...5...29B	Baldwin M. E., 1976, JAAVSO, 5, 29
45	1977AcA....27..151D	Dworak T. Z., 1977, AcA, 27, 151
46	1977IBVS.1350....1S	Stephan, C. P., 1977, IBVS, 1350, 1
47	1977JAVSO...6...24B	Baldwin M.E., 1977, JAAVSO, 6, 24
48	1978BBSAG..36....1A	Benucci M., et al., 1978, BBSAG Bull., no: 37, 4
49	-	Andrakakou M., et al., 1978, BBSAG Bull., no: 39, 4
50	-	Agnesoni C., et al., 1978, BBSAG Bull., no: 40, 4

EK 1 FL Lyr sistemi için minimum zamanları tablosu ve kaynaklar listesi (Devamı)

(*) FL Lyr sisteminin minimum zamanlarının referans listesi

Ref. No	ADS BibCode	Referans
51	1980BBSAG..49....1A	Andrakakou M., et al., 1980, BBSAG Bull., no: 50, 4
52	1978IBVS.1502....1S	Stephan, C. P., 1978, IBVS, 1502, 1
53	1978JAVSO...7...28B	Baldwin M.E., 1978, JAAVSO, 7, 28
54	1980ApJS...44..241M	Mallama, A. D., 1980, ApJS, 44, 241
55	1981BBSAG..56....1A	Andrakakou M., et al., 1981, BBSAG Bull., no: 56, 5
56	1982BBSAG..61....1B	Boistel G., et al., 1982, BBSAG Bull., no: 61, 3
57	-	Boistel G., et al., 1982, BBSAG Bull., no: 62, 4
58	1984IBVS.2545....1S	Scarfe C. D. et al., 1984, IBVS, 2545, 1
59	1985CoBrn..26....4M	Mikulasek Z., 1985, CoBrn, 26, 4
60	1986BAVSM..43.....H	Hübscher J., Lichtenknecker D., Meyer J., 1986, BAVM, no: 43,
61	1986CoBrn..27....4M	Mikulasek Z., 1986, CoBrn, 27, 4
62	1987BAVSM..46.....B	Braune W., Hübscher J., 1987, BAVM, no: 46
63	1988BAVSM..50.....H	Hübscher J., Lichtenknecker D., 1988, BAVM, no: 50,
64	1988BBSAG..89....1.	Acerbi F., et al., 1988, BBSAG Bull., no: 89, 8
65	1989BAVSM..52.....H	Hübscher J., Lichtenknecker D., Wunder E., 1989, BAVM, no: 52,
66	1989BBSAG..91....2.	Andrakakou M., et al., 1989, BBSAG Bull., no: 91, 8
67	1989BBSAG..92.....	Acerbi F., et al., 1989, BBSAG Bull., no: 92, 4
68	1989IBVS.3355....1K	Keskin, V., Pohl, E., 1989, IBVS, 3355, 1
69	1990BBSAG..93....2.	Acerbi F., et al., 1990, BBSAG Bull., no: 93, 5
70	1992BBSAG.101....1.	Acerbi F., et al., 1992, BBSAG Bull., no: 101, 5
71	1992BBSAG.102....1.	Acerbi F., et al., 1992, BBSAG Bull., no: 102, 6
72	1992CoBrn..30....1.	Borovicka J., Griffith T., Novak P. (eds.), 1992, CoBrn, 30, 4
73	1993BAVSM..62....1H	Hübscher J., Agerer F., Wunder E., 1993, BAVM, no: 62, 1
74	1994BBSAG.106....1.	Acerbi F., et al., 1994, BBSAG Bull., no: 106, 5
75	1995omte.book.....B	Baldwin M.E., Samolyk G., 1995, AAVSO - EBM, No: 2
76	1995CoBrn..31....4.	Zejda M. (ed.), 1995, CoBrn, 31, 4
77	-	Dalmazio D., 1996, GEOSN, No: 802, 1
78	1998BAVSM.113....1H	Hübscher J., et al., 1998, BAVM, no: 113, 1
79	-	(Unpublished), 1999, (O-C) Gateway - from ROTSE data
70	1999BAVSM.122....1H	Hübscher J., Agerer F., Busch H., et al., 1999, BAVM, no: 122, 1
81	2000IBVS.4840....1N	Nelson R.H., 1999, IBVS, 4840, 1
82	-	Hübscher J., Agerer F., Busch H., et al., 2000, BAVM, no: 131,
83	2000IBVS.4887....1S	Safar J., Zejda M., 2000, IBVS, 4887, 1
84	2000IBVS.4912....1A	Agerer F., Hubscher J., 2000, IBVS, 4912, 1
85	2001BAVSM.143....1H	Hübscher J., Agerer F., Busch H., et al., 2001, BAVM, no: 143, 1
86	2002BAVSM.154....1H	Hübscher J., Agerer F., Busch H., et al., 2002, BAVM, no: 154, 1
87	-	Zejda M. (ed.), 2002, CoBrn, 32, 4
88	2002IBVS.5251....1L	Lacy, C. H. S. ; Straughn, A. ; Denger, F., 2002, IBVS, 5251, 1
89	2003omte.book.....B	Baldwin M.E., Samolyk G., 2003, AAVSO - EBM, No: 8
90	2003IBVS.5470....1D	Deeg H. J., Doyle L. R., Bejar V. J. S., et al., 2003, IBVS, 5470, 1
91	2003IBVS.5484....1A	Agerer F., Hubscher J., 2003, IBVS, 5484, 1
92	2004BAVSM.171....1H	Hübscher J., 2004, BAVM, no: 171, 1
93	2005BAVSM.174....1H	Hübscher J., Lange T., Paschke A., et al., 2005, BAVM, no: 174, 1
94	2005IBVS.5636....1C	Cook J. M., Divoky M., Hofstrand A., et al., 2005, IBVS, 5636, 1
95	2005IBVS.5657....1H	Hübscher J., Paschke A., Walter F., 2005, IBVS, 5657, 1
96	2006IBVS.5694....1K	Kim C.-H., et al., 2006, IBVS, 5694, 1
97	2006IBVS.5731....1H	Hübscher J., Paschke A., Walter F., 2006, IBVS, 5731, 16
98	2006IBVS.5741....1Z	Zejda M., Mikulasek Z., Wolf M., 2006, IBVS, 5741, 1
99	-	Baldwin M.E., Samolyk G., 2007, AAVSO - EBM, No: 12
100	2007OEJV...74....1B	Brát L., Zejda M., Svoboda P., 2007, OEJV, no: 74, 1

EK 1 FL Lyr sistemi için minimum zamanları tablosu ve kaynaklar listesi (Devamı)

(*) FL Lyr sisteminin minimum zamanlarının referans listesi

Ref. No	ADS BibCode	Referans
101	2008JAVSO..36..186S	Samolyk G., 2008, JAAVSO, 36, 186
102	2009IBVS.5889....1H	Hübscher J., Steinbach H.-M., Walter F., 2009, IBVS, 5889, 1
103	2010IBVS.5933....1L	Lampens P., et al., 2010, IBVS, 5933, 1
104	2010JAVSO..38...85S	Samolyk G., 2010, JAAVSO, 38, 85
105	2011IBVS.5959....1H	Hubscher J., Monninger G., 2011, IBVS, 5959, 1
106	2011JAVSO..39...94S	Samolyk G., 2011, JAAVSO, 39, 94
107	2012JAVSO..40..975S	Samolyk G., 2012, JAAVSO, 40, 975
108	2013JAVSO..41..122S	Samolyk G., 2013, JAAVSO, 41, 122
109	2013JAVSO..41..328S	Samolyk G., 2013, JAAVSO, 41, 328
110	2015IBVS.6149....1H	Hübscher J., Lehmann .P.B., 2015, IBVS, 6149, 1
111	2015IBVS.6152....1H	Hubscher J., 2015, IBVS, 6152, 1
112	2015JAVSO..43..238S	Samolyk G., 2015, JAAVSO, 43, 238
113	2016IBVS.6157....1H	Hübscher J., 2016, IBVS, 6157, 1
114	2016JAVSO..44..164S	Samolyk G., 2016, JAAVSO, 44, 164
115	2017IBVS.6196....1H	Hübscher J., 2017, IBVS, 6196, 1
116	2017IBVS.6230....1L	Lampens P., et al., 2017, IBVS, 6230, 1
117	2017JAVSO..45..121S	Samolyk G., 2017, JAAVSO, 45, 121
118	2018IBVS.6244....1P	Pagel L., 2018, IBVS, 6244, 1
119	2018JAVSO..46..184S	Samolyk G., 2018, JAAVSO, 46, 184
120	2018OEJV..191....1P	Pasche, A., 2018, OEJV, no:191, 1
121	2019JAVSO..47..265S	Samolyk G., 2019, JAAVSO, 47, 265
122	2020JAVSO..48...87S	Samolyk G., 2020, JAAVSO, 48, 87
123	2020JAVSO..48..256S	Samolyk G., 2020, JAAVSO, 48, 256
124	2021JAVSO..49..108S	Samolyk G., 2021, JAAVSO, 49, 108
125	2021OEJV..211....1L	Lehky M., et al., 2021, OEJV, no:211, 1
126	2022BAVJ...60....1P	Pagel L., 2022, BAVJ, no: 60, 1
127	2022JAVSO..50..133S	Samolyk G., 2022, JAAVSO, 50, 133
128	2023JAVSO..51..250S	Samolyk G., 2023, JAAVSO, 51, 250
129	-	Bu çalışma, *AÜKR*
130	-	*Kepler*
131	-	*TESS*
132	-	*SuperWASP*

EK 2 UZ Lyr sistemi için minimum zamanları tablosu ve kaynaklar listesi

HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref
22511.49600		1	vis	1
22513.38600		1	vis	1
22530.41300		1	vis	1
22547.43800		1	vis	1
22581.48200		1	vis	1
22583.37500		1	vis	1
22602.28300		1	vis	1
22615.50300		1	vis	4
22638.22400		1	vis	4
22655.24600		1	vis	1
22770.60900		1	vis	2
22787.63300		1	vis	2
22806.54000		1	vis	2
22808.43200		1	vis	2
22876.51700		1	vis	2
22893.53600		1	vis	2
22895.43000		1	vis	2
22929.47900		1	vis	2
22931.36300		1	vis	2
22948.39400		1	vis	2
22967.29900		1	vis	2
23001.34000		1	vis	2
23018.35300		1	vis	4
23020.24500		1	vis	4
23207.49000		1	vis	3
23209.38000		1	vis	3
23243.42200		1	vis	3
23279.35000		1	vis	3
23294.48000		1	vis	3
23294.48600		1	vis	4
23296.36900		1	vis	3
23349.30800		1	vis	4
23502.51500		1	vis	3
23517.64700		1	vis	4
23555.47800		1	vis	3
23574.38600		1	vis	3
23608.42700		1	vis	3
23644.35900		1	vis	3
23661.37700		1	vis	3
23676.50600		1	vis	4
23765.40600		1	vis	4
23922.38200		1	vis	4
24094.47800		1	vis	4
24117.17400		1	vis	4
24232.53600		1	vis	4
24251.44900		1	vis	18
24268.46700		1	vis	4
24285.49600		1	vis	3
24287.38400		1	vis	3
24340.34600		1	vis	3
24355.47800		1	vis	3
24372.48200		1	vis	18
24372.48300		1	vis	11
24372.50100		1	vis	3
24595.66600		1	vis	4
24809.36500		1	vis	4
24979.59200		1	vis	4
25244.36600		1	vis	4
25361.63000		1	vis	4
25363.51400		1	vis	4
25399.45300		1	vis	4
25501.57300		1	vis	4
25503.47100		1	vis	4
25524.26300		1	vis	4
26148.38500		1	vis	18
27124.28300		1	vis	18
27366.36590	0.00110	1	vis	5
27366.36700		1	vis	5
27368.25300		1	vis	5
27370.14700		1	vis	5
27421.21600		1	vis	5
27608.45300		1	vis	5
27610.34100		1	vis	5
27627.36690	0.00150	1	vis	5
27627.37500		1	vis	5
27659.52000		1	vis	5
27697.34000		1	vis	5
27714.36600	0.00200	1	vis	52
28285.53000		1	vis	6
28357.39100		1	vis	6
28374.42200		1	vis	6
28395.24100		1	vis	6
28427.37600		1	vis	6
28429.26300		1	vis	6
28446.29200		1	vis	6
28459.52700		1	vis	6
28461.41800		1	vis	6
28465.19600		1	vis	6
28478.43100		1	vis	6
28684.57500		1	vis	6

EK 2 UZ Lyr sistemi için minimum zamanları tablosu ve kaynaklar listesi (Devamı)

HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref	HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref
28688.38000		1	vis	6	33889.36700		1	vis	14
28690.25700		1	vis	6	33889.36900		1	vis	10
28790.50000	0.00900	1	vis	52	33925.30000		1	vis	14
28790.50200		1	vis	6	34131.44300		1	vis	14
28792.38800		1	vis	6	34133.33600		1	vis	9
28807.53700		1	vis	6	34218.46400		1	vis	14
28845.35200		1	vis	6	34271.40300		1	vis	9
29036.36000	0.00400	1	vis	52	34479.44500		1	vis	12
29051.49600	0.00600	1	vis	52	34513.48800		1	vis	12
29070.41200	0.00200	1	vis	52	34543.75200	0.00300	1	pe	22
29433.52800	0.00300	1	vis	52	34967.38800		1	vis	14
30252.45700	0.00300	1	vis	52	34986.30000		1	vis	12
30326.21500	0.00300	1	vis	52	34986.30500		1	vis	14
30617.47300	0.00500	1	vis	52	35228.39100		1	vis	14
31018.41500	0.00200	1	vis	52	35366.45600		1	vis	13
32616.54800	0.00600	1	vis	52	35591.50900		1	pg	14
32686.51100	0.00500	1	vis	52	35695.53100		1	pg	15
32739.49000		1	vis	14	35699.30800		1	pg	15
32807.55400	0.00500	1	vis	52	35714.42800		1	pg	15
32809.45500		1	vis	14	35716.33900		1	pg	15
32828.36300		1	vis	14	35733.35300		1	pg	15
32847.27300		1	vis	14	35748.48700		1	pg	15
33000.46500	0.01100	1	vis	52	35748.48800		1	vis	16
33032.62000	0.00800	1	vis	52	35750.37300		1	vis	15
33053.41200	0.00400	1	vis	52	35752.26900		1	vis	15
33174.45700	0.00400	1	vis	52	35769.28600		1	pg	15
33210.39200	0.00400	1	vis	52	35769.29100		1	vis	15
33399.51900	0.00400	1	vis	52	35992.44600		1	vis	19
33418.43600	0.00900	1	vis	52	36026.49100		1	vis	17
33418.43800	0.00600	1	vis	52	36028.39000		1	vis	19
33435.45800	0.00600	1	vis	52	36393.39800		1	vis	19
33435.47200		1	vis	7	36393.41800		1	vis	18
33471.40000		1	vis	7	36395.29800		1	vis	19
33488.42100		1	vis	14	36427.44900		1	vis	18
33505.42500	0.00900	1	vis	52	36429.34200		1	vis	18
33505.43500	0.00600	1	vis	52	36756.53800		1	vis	19
33539.48100	0.01100	1	vis	52	36758.42200		1	vis	19
33541.36000		1	vis	10	36760.31500		1	vis	19
33541.37500		1	vis	14	36809.49300		1	vis	19
33558.38300		1	vis	10	36811.38000		1	vis	19
33577.31700		1	vis	10	36813.27000		1	vis	19
33594.33300	0.00600	1	vis	52	36830.29400		1	vis	19
33800.46600		1	vis	8	36845.42000		1	vis	19
33851.54300		1	vis	14	36847.29700		1	vis	20
33868.56300		1	vis	14	36862.43200		1	vis	19

EK 2 UZ Lyr sistemi için minimum zamanları tablosu ve kaynaklar listesi (Devamı)

HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref	HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref
37193.42900		1	pg	25	41157.52400		1	vis	39
37208.54800		1	vis	21	41159.41300		1	vis	39
37212.33000		1	vis	21	41282.35100		1	vis	41
37227.46100		1	vis	21	41499.84730	0.00500	1	vis	63
37248.26500		1	vis	21	41507.41300		1	vis	42
37505.47900		1	vis	26	41766.52700	0.00300	1	vis	46
37522.46000	0.00400	1	vis	29	41819.45700		1	vis	45
37522.46100	0.00700	1	vis	29	41819.47600		1	vis	53
37524.39200		1	vis	21	41853.52600		1	vis	43
37558.43100		1	vis	21	41864.86380	0.00500	1	vis	63
37923.44100		1	vis	26	41961.32100		1	vis	44
37923.44300		1	vis	26	41961.32900		1	vis	44
37959.38600		1	pg	25	41997.24600		1	vis	44
38235.50400	0.00200	1	vis	24	42146.64400		1	vis	47
38235.51000		1	pg	25	42229.85590	0.00500	1	vis	63
38235.51300	0.00700	1	vis	24	42273.35100		1	vis	48
38235.51700	0.00600	1	vis	24	42532.48500		1	vis	59
38324.38300		1	vis	23	42549.47300		1	vis	50
38324.38600		1	vis	23	42594.88170	0.00500	1	vis	63
38532.41200	0.01000	1	vis	27	42708.37000		1	vis	51
38670.50500	0.00900	1	vis	28	42727.27700		1	vis	51
38914.48700		1	vis	30	42727.30000	0.00400	1	vis	62
38965.53600	0.00600	1	vis	31	43016.64800	0.00500	1	vis	62
38967.44500	0.00600	1	vis	31	43324.91550	0.00500	1	vis	63
39056.31600		1	vis	30	43326.81600		1	vis	120
39056.32700		1	vis	30	43330.58900		1	vis	54
39056.33100	0.00300	1	vis	55	43663.45500		1	vis	56
39058.21100	0.00700	1	vis	28	43689.94150	0.00500	1	vis	63
39245.45900		1	vis	35	43693.71900		1	vis	120
39245.46100		1	vis	35	43769.38000		1	vis	57
39245.46300		1	vis	35	43788.29000		1	vis	58
39640.69500		1	vis	49	44011.47300	0.00300	1	vis	62
39672.84690	0.00500	1	vis	63	44022.81600		1	vis	120
39697.46800	0.00600	1	vis	32	44117.38400		1	vis	60
40204.31900	0.00800	1	vis	33	44134.39800		1	vis	61
40463.42000		1	vis	34	44395.38600		1	vis	64
40482.33700		1	vis	34	44406.75400		1	vis	120
40775.48100		1	vis	36	44463.46300	0.01200	1	vis	71
40775.48900		1	vis	36	44463.46900	0.01100	1	vis	71
40775.49700		1	vis	36	44499.42000		1	vis	65
40811.41700		1	vis	40	44758.51400	0.00600	1	vis	80
41070.52900		1	vis	38	44847.40500		1	vis	66
41089.44300		1	vis	37	44883.33200		1	vis	67
41140.50300		1	vis	39	44902.24000		1	vis	67
41142.39000		1	vis	39	44917.38000		1	vis	67

EK 2 UZ Lyr sistemi için minimum zamanları tablosu ve kaynaklar listesi (Devamı)

HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref	HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref
44919.27700		1	vis	67	46672.47100	0.00400	1	vis	89
45104.60100		1	vis	68	46672.47900	0.00900	1	vis	89
45170.81600		1	vis	120	46708.40700	0.00500	1	vis	89
45193.51400		1	vis	69	46708.40790		1	vis	81
45212.42000		1	vis	69	46708.41200	0.00900	1	vis	89
45231.33400		1	vis	69	46708.41800		1	vis	82
45231.33500		1	vis	69	46708.42200		1	vis	84
45231.33600		1	vis	70	46708.42700	0.00900	1	vis	89
45543.39000		1	vis	72	46708.42740		1	vis	81
45577.43700		1	vis	76	46727.33600		1	vis	85
45577.44600	0.00500	1	vis	80	46914.56100		1	vis	87
45596.34300		1	vis	73	46914.57500		1	vis	86
45596.34500		1	vis	76	46963.73400		1	vis	120
45611.47900		1	vis	74	46986.43480		1	vis	81
45613.36900		1	vis	74	47003.45300		1	vis	97
45613.37000		1	vis	74	47003.46300		1	vis	97
45632.28300		1	vis	74	47003.46700		1	vis	97
45649.31000		1	vis	74	47003.47200		1	vis	97
45908.42100	0.00400	1	vis	83	47037.49200		1	vis	87
45908.42500	0.00600	1	vis	83	47039.39100		1	vis	87
45908.42700	0.00400	1	vis	83	47039.39100		1	vis	97
45908.42700	0.00600	1	vis	83	47311.70900		1	vis	120
45908.42900	0.00500	1	vis	83	47368.46100		1	vis	88
45925.43400		1	vis	77	47368.46400		1	vis	88
45940.55200	0.00800	1	vis	83	47387.38200		1	vis	88
45940.55600		1	vis	75	47387.38600		1	vis	88
46033.23900		1	vis	75	47423.32700		1	vis	88
46239.37800		1	vis	79	47697.55800		1	vis	90
46239.38300		1	vis	78	47769.41800		1	vis	90
46239.39100		1	vis	79	47805.33000		1	vis	91
46256.41700		1	vis	78	47816.67600		1	vis	120
46271.53200		1	vis	78	47822.37800		1	vis	91
46290.43300	0.00400	1	vis	83	47852.63500		1	vis	120
46290.43600	0.00700	1	vis	83	47858.31500		1	vis	91
46290.43600	0.00700	1	vis	83	48170.36200		1	vis	92
46290.43700	0.00700	1	vis	83	48187.36700		1	vis	103
46290.44700	0.00700	1	vis	83	48187.38800		1	vis	92
46290.45200	0.00700	1	vis	83	48376.51300	0.00300	1	vis	93
46290.45400	0.00500	1	vis	83	48429.46800	0.00200	1	vis	93
46292.34000		1	vis	79	48448.38600	0.00600	1	vis	93
46326.36300		1	vis	79	48482.41320		1	vis	81
46326.38500		1	vis	79	48482.43500		1	vis	103
46360.42100		1	vis	79	48482.44450		1	vis	81
46644.12600	0.00300	1	vis	138	48499.44300	0.00600	1	vis	93
46666.80600		1	vis	120	48518.34900	0.00500	1	vis	96

EK 2 UZ Lyr sistemi için minimum zamanları tablosu ve kaynaklar listesi (Devamı)

HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref	HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref
48722.61800	0.00300	1	vis	94	51275.82300		1	ccd	111
48830.41800	0.00500	1	vis	94	51296.62200	0.00400	1	vis	113
48883.36200	0.00400	1	vis	95	51457.38850	0.00280	1	ccd	119
49212.43700		1	vis	103	51459.28300	0.00500	1	vis	115
49212.44900	0.00500	1	vis	98	51657.86100		1	vis	120
49230.39300	0.00800	2	ccd	98	51665.40600	0.00900	1	vis	116
49488.56000	0.00500	1	vis	99	51748.64100		1	vis	120
49543.42600		1	vis	103	51818.61300		1	vis	120
49560.46000	0.00400	1	vis	100	52077.71950	0.00030	1	ccd	120
49615.27500	0.00500	1	vis	100	52077.72000		1	vis	120
49632.30400	0.00500	1	vis	101	52081.50500	0.00600	1	vis	118
49925.43560		1	vis	123	52100.42900		1	vis	121
49925.44190		1	vis	123	52117.45100		1	vis	121
49925.44470		1	vis	123	52145.79400		1	vis	120
49925.44610		1	vis	123	52189.30640	0.00090	1	ccd	124
49925.45440		1	vis	123	52448.39900	0.00700	1	vis	122
49925.45500		1	vis	123	52628.07450	0.00120	1	ccd	141
49925.45500		1	vis	123	52716.96500	0.00010	1	ccd	127
49925.45780		1	vis	123	52722.63300	0.00500	1	vis	125
49925.45850		1	vis	123	52847.43421		1	vis	135
49925.45920		1	vis	123	52847.46400		1	vis	126
49925.45990		1	vis	123	53142.50000	0.00500	1	vis	128
49925.46130		1	vis	123	53142.50100		1	vis	129
49925.46550		1	vis	123	53199.24050		1	ccd	132
49942.49030		1	vis	123	53250.30030	0.00090	1	ccd	130
50014.34700	0.00600	1	vis	102	53301.36200		1	vis	129
50014.35800	0.00600	1	vis	104	53303.25900	0.00700	1	vis	131
50033.28000	0.00500	1	vis	104	53556.68800		1	ccd	134
50239.41900	0.00400	1	vis	105	53613.42300		1	vis	133
50290.48800	0.00400	1	vis	105	53613.43000		1	vis	133
50320.73200		1	vis	120	53645.57850	0.00010	1	ccd	134
50343.43000	0.00300	1	vis	107	54284.82400	0.00010	1	ccd	134
50379.36300	0.00500	1	vis	106	54343.45670	0.00080	1	ccd	136
50530.67000	0.00800	1	vis	107	54381.28040	0.00010	1	ccd	139
50585.52200	0.00700	1	vis	108	54596.88410	0.00040	1	ccd	137
50604.43670		1	vis	123	54632.81880	0.00020	1	ccd	137
50638.46800	0.00400	1	vis	108	54744.40410	0.00020	1	ccd	140
50674.40310	0.00030	1	pe	117	54763.31710	0.00130	1	ccd	140
50710.32700	0.00400	1	vis	110	54954.33465	0.00002	1	kpl	170
50710.34100	0.00400	1	vis	110	54955.28181	0.00022	2	kpl	170
50727.35500	0.00400	1	vis	110	54956.22593	0.00006	1	kpl	170
50727.36300		1	vis	109	54957.17328	0.00017	2	kpl	170
50727.36300	0.00600	1	vis	110	54958.11721	0.00002	1	kpl	170
50952.41990	0.00140	1	ccd	114	54959.06438	0.00018	2	kpl	170
50986.47200		1	vis	112	54960.00848	0.00006	1	kpl	170

EK 2 UZ Lyr sistemi için minimum zamanları tablosu ve kaynaklar listesi (Devamı)

HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref	HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref
54960.95572	0.00016	2	kpl	170	55007.29022	0.00004	1	kpl	170
54961.89977	0.00014	1	kpl	170	55008.23753	0.00025	2	kpl	170
54962.84699	0.00026	2	kpl	170	55009.18141	0.00004	1	kpl	170
54964.73797	0.00025	2	kpl	170	55010.12900	0.00021	2	kpl	170
54965.68232	0.00014	1	kpl	170	55011.07268	0.00004	1	kpl	170
54966.62931	0.00016	2	kpl	170	55012.02016	0.00025	2	kpl	170
54967.57360	0.00009	1	kpl	170	55012.96389	0.00008	1	kpl	170
54968.52063	0.00017	2	kpl	170	55013.91187	0.00051	2	kpl	170
54969.46484	0.00004	1	kpl	170	55017.69472	0.00039	2	kpl	170
54970.41190	0.00017	2	kpl	170	55018.63768	0.00007	1	kpl	170
54971.35614	0.00004	1	kpl	170	55019.58516	0.00044	2	kpl	170
54972.30311	0.00017	2	kpl	170	55020.52896	0.00008	1	kpl	170
54973.24741	0.00002	1	kpl	170	55021.47671	0.00042	2	kpl	170
54974.19440	0.00016	2	kpl	170	55022.42026	0.00006	1	kpl	170
54975.13866	0.00002	1	kpl	170	55023.36790	0.00024	2	kpl	170
54976.08569	0.00017	2	kpl	170	55024.31156	0.00001	1	kpl	170
54977.02993	0.00004	1	kpl	170	55025.25927	0.00019	2	kpl	170
54977.97695	0.00019	2	kpl	170	55026.20281	0.00003	1	kpl	170
54978.92122	0.00005	1	kpl	170	55027.15056	0.00022	2	kpl	170
54979.86820	0.00017	2	kpl	170	55028.09408	0.00003	1	kpl	170
54980.81246	0.00005	1	kpl	170	55029.04182	0.00022	2	kpl	170
54981.75947	0.00021	2	kpl	170	55029.98536	0.00003	1	kpl	170
54982.70372	0.00005	1	kpl	170	55030.93311	0.00021	2	kpl	170
54982.70430	0.00020	1	ccd	143	55031.87663	0.00003	1	kpl	170
54983.65076	0.00020	2	kpl	170	55032.82441	0.00023	2	kpl	170
54984.59499	0.00008	1	kpl	170	55033.76790	0.00000	1	kpl	170
54985.54193	0.00019	2	kpl	170	55034.71586	0.00009	2	kpl	170
54986.48626	0.00002	1	kpl	170	55035.65917	0.00000	1	kpl	170
54987.43324	0.00016	2	kpl	170	55036.60713	0.00008	2	kpl	170
54988.37753	0.00004	1	kpl	170	55037.55041	0.00000	1	kpl	170
54989.32441	0.00021	2	kpl	170	55038.49834	0.00009	2	kpl	170
54990.26878	0.00001	1	kpl	170	55039.44167	0.00000	1	kpl	170
54991.21581	0.00018	2	kpl	170	55040.38958	0.00008	2	kpl	170
54992.16008	0.00003	1	kpl	170	55041.33295	0.00000	1	kpl	170
54993.10717	0.00018	2	kpl	170	55042.28083	0.00009	2	kpl	170
54994.05138	0.00004	1	kpl	170	55043.22420	0.00000	1	kpl	170
54994.99820	0.00017	2	kpl	170	55044.17212	0.00009	2	kpl	170
54995.94264	0.00007	1	kpl	170	55045.11549	0.00000	1	kpl	170
54996.88941	0.00037	2	kpl	170	55046.06334	0.00009	2	kpl	170
54997.83388	0.00024	1	kpl	170	55047.00681	0.00000	1	kpl	170
55002.56286	0.00114	2	kpl	170	55047.95464	0.00009	2	kpl	170
55003.50767	0.00021	1	kpl	170	55048.89804	0.00000	1	kpl	170
55004.45427	0.00071	2	kpl	170	55049.84571	0.00008	2	kpl	170
55005.39895	0.00008	1	kpl	170	55050.78928	0.00000	1	kpl	170
55006.34553	0.00052	2	kpl	170	55051.73717	0.00008	2	kpl	170

EK 2 UZ Lyr sistemi için minimum zamanları tablosu ve kaynaklar listesi (Devamı)

HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref	HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref
55052.68060	0.00000	1	kpl	170	55097.12776	0.00056	2	kpl	170
55053.62846	0.00009	2	kpl	170	55098.07105	0.00002	1	kpl	170
55054.57187	0.00000	1	kpl	170	55099.01894	0.00033	2	kpl	170
55055.51945	0.00007	2	kpl	170	55099.96231	0.00001	1	kpl	170
55056.46319	0.00001	1	kpl	170	55100.91027	0.00027	2	kpl	170
55057.41041	0.00021	2	kpl	170	55101.85356	0.00005	1	kpl	170
55058.35439	0.00000	1	kpl	170	55102.80160	0.00030	2	kpl	170
55059.30223	0.00008	2	kpl	170	55103.74483	0.00004	1	kpl	170
55060.24566	0.00000	1	kpl	170	55104.69288	0.00034	2	kpl	170
55061.19360	0.00009	2	kpl	170	55105.63609	0.00004	1	kpl	170
55062.13688	0.00001	1	kpl	170	55106.58405	0.00037	2	kpl	170
55063.08494	0.00008	2	kpl	170	55107.52735	0.00005	1	kpl	170
55064.97598	0.00022	2	kpl	170	55108.47510	0.00046	2	kpl	170
55065.91947	0.00006	1	kpl	170	55109.41862	0.00002	1	kpl	170
55066.86724	0.00029	2	kpl	170	55110.36672	0.00036	2	kpl	170
55067.81076	0.00003	1	kpl	170	55111.30991	0.00004	1	kpl	170
55068.75850	0.00031	2	kpl	170	55112.25762	0.00085	2	kpl	170
55069.70202	0.00002	1	kpl	170	55113.20117	0.00005	1	kpl	170
55070.64963	0.00019	2	kpl	170	55115.09245	0.00003	1	kpl	170
55071.59330	0.00003	1	kpl	170	55116.04006	0.00046	2	kpl	170
55072.54094	0.00017	2	kpl	170	55116.98371	0.00003	1	kpl	170
55073.48457	0.00003	1	kpl	170	55117.93166	0.00049	2	kpl	170
55074.43219	0.00019	2	kpl	170	55118.87497	0.00005	1	kpl	170
55075.37570	0.00030	1	ccd	142	55119.82293	0.00049	2	kpl	170
55075.37582	0.00003	1	kpl	170	55120.76625	0.00008	1	kpl	170
55076.32347	0.00022	2	kpl	170	55121.71398	0.00048	2	kpl	170
55077.26709	0.00003	1	kpl	170	55122.65751	0.00005	1	kpl	170
55078.21491	0.00024	2	kpl	170	55124.54879	0.00004	1	kpl	170
55079.15836	0.00003	1	kpl	170	55124.54910	0.00010	1	ccd	144
55080.10620	0.00023	2	kpl	170	55125.49670	0.00052	2	kpl	170
55081.04963	0.00003	1	kpl	170	55126.44004	0.00002	1	kpl	170
55081.99745	0.00023	2	kpl	170	55127.38743	0.00027	2	kpl	170
55082.94089	0.00006	1	kpl	170	55128.33133	0.00006	1	kpl	170
55083.88863	0.00019	2	kpl	170	55129.27874	0.00026	2	kpl	170
55084.83216	0.00001	1	kpl	170	55130.22259	0.00006	1	kpl	170
55085.78013	0.00020	2	kpl	170	55131.16971	0.00023	2	kpl	170
55086.72343	0.00001	1	kpl	170	55132.11387	0.00005	1	kpl	170
55087.67125	0.00021	2	kpl	170	55133.06097	0.00030	2	kpl	170
55089.56246	0.00022	2	kpl	170	55134.00514	0.00005	1	kpl	170
55090.50601	0.00018	1	kpl	170	55134.95227	0.00050	2	kpl	170
55091.45323	0.00051	2	kpl	170	55135.89640	0.00003	1	kpl	170
55093.34525	0.00071	2	kpl	170	55136.84334	0.00052	2	kpl	170
55094.28855	0.00009	1	kpl	170	55137.78767	0.00004	1	kpl	170
55095.23662	0.00040	2	kpl	170	55138.73522	0.00040	2	kpl	170
55096.17978	0.00002	1	kpl	170	55139.67893	0.00003	1	kpl	170

EK 2 UZ Lyr sistemi için minimum zamanları tablosu ve kaynaklar listesi (Devamı)

HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref	HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref
55140.62674	0.00095	2	kpl	170	55189.79927	0.00024	2	kpl	170
55141.57021	0.00008	1	kpl	170	55190.74332	0.00003	1	kpl	170
55142.51831	0.00101	2	kpl	170	55191.69046	0.00023	2	kpl	170
55143.46148	0.00005	1	kpl	170	55192.63455	0.00006	1	kpl	170
55145.35278	0.00006	1	kpl	170	55193.58148	0.00022	2	kpl	170
55146.30009	0.00119	2	kpl	170	55194.52579	0.00004	1	kpl	170
55147.24404	0.00005	1	kpl	170	55195.47288	0.00020	2	kpl	170
55148.19117	0.00099	2	kpl	170	55196.41707	0.00003	1	kpl	170
55149.13529	0.00001	1	kpl	170	55197.36412	0.00021	2	kpl	170
55150.08200	0.00077	2	kpl	170	55198.30831	0.00003	1	kpl	170
55151.02659	0.00002	1	kpl	170	55199.25542	0.00022	2	kpl	170
55151.97371	0.00031	2	kpl	170	55200.19958	0.00003	1	kpl	170
55152.91784	0.00002	1	kpl	170	55201.14666	0.00021	2	kpl	170
55153.86411	0.00093	2	kpl	170	55202.09085	0.00004	1	kpl	170
55156.70041	0.00004	1	kpl	170	55203.03795	0.00022	2	kpl	170
55158.59167	0.00002	1	kpl	170	55203.98211	0.00003	1	kpl	170
55159.53845	0.00055	2	kpl	170	55204.92922	0.00022	2	kpl	170
55160.48294	0.00004	1	kpl	170	55205.87338	0.00002	1	kpl	170
55161.43011	0.00095	2	kpl	170	55206.82048	0.00022	2	kpl	170
55162.37419	0.00005	1	kpl	170	55207.76466	0.00003	1	kpl	170
55163.32117	0.00095	2	kpl	170	55208.71178	0.00023	2	kpl	170
55164.26545	0.00002	1	kpl	170	55209.65591	0.00004	1	kpl	170
55165.21256	0.00075	2	kpl	170	55210.60302	0.00021	2	kpl	170
55166.15672	0.00002	1	kpl	170	55211.54718	0.00005	1	kpl	170
55167.10314	0.00078	2	kpl	170	55212.49416	0.00022	2	kpl	170
55168.04799	0.00002	1	kpl	170	55213.43846	0.00009	1	kpl	170
55168.99567	0.00051	2	kpl	170	55214.38539	0.00024	2	kpl	170
55169.93926	0.00002	1	kpl	170	55215.32972	0.00011	1	kpl	170
55170.88682	0.00117	2	kpl	170	55216.27676	0.00027	2	kpl	170
55171.83054	0.00004	1	kpl	170	55218.16801	0.00026	2	kpl	170
55172.77856	0.00103	2	kpl	170	55219.11228	0.00010	1	kpl	170
55173.72182	0.00005	1	kpl	170	55220.05919	0.00026	2	kpl	170
55174.66931	0.00156	2	kpl	170	55221.00354	0.00003	1	kpl	170
55175.61307	0.00002	1	kpl	170	55221.95041	0.00023	2	kpl	170
55176.55987	0.00117	2	kpl	170	55222.89481	0.00004	1	kpl	170
55177.50434	0.00006	1	kpl	170	55223.84163	0.00023	2	kpl	170
55178.45206	0.00102	2	kpl	170	55224.78606	0.00002	1	kpl	170
55179.39561	0.00007	1	kpl	170	55225.73283	0.00025	2	kpl	170
55180.34303	0.00056	2	kpl	170	55226.67734	0.00002	1	kpl	170
55181.28688	0.00020	1	kpl	170	55227.62402	0.00024	2	kpl	170
55182.23366	0.00071	2	kpl	170	55228.56859	0.00004	1	kpl	170
55186.01660	0.00033	2	kpl	170	55229.51503	0.00031	2	kpl	170
55186.96082	0.00018	1	kpl	170	55234.24241	0.00017	1	kpl	170
55187.90803	0.00022	2	kpl	170	55235.18895	0.00039	2	kpl	170
55188.85206	0.00010	1	kpl	170	55236.13369	0.00002	1	kpl	170

EK 2 UZ Lyr sistemi için minimum zamanları tablosu ve kaynaklar listesi (Devamı)

HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref	HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref
55237.08004	0.00037	2	kpl	170	55280.57999	0.00017	2	kpl	170
55238.02494	0.00004	1	kpl	170	55281.52412	0.00001	1	kpl	170
55238.97143	0.00033	2	kpl	170	55282.47131	0.00017	2	kpl	170
55239.91621	0.00003	1	kpl	170	55283.41540	0.00004	1	kpl	170
55240.86279	0.00035	2	kpl	170	55284.36256	0.00017	2	kpl	170
55241.80748	0.00002	1	kpl	170	55285.30665	0.00003	1	kpl	170
55242.75386	0.00028	2	kpl	170	55286.25384	0.00018	2	kpl	170
55243.69874	0.00005	1	kpl	170	55287.19792	0.00003	1	kpl	170
55244.64502	0.00031	2	kpl	170	55288.14523	0.00020	2	kpl	170
55245.58999	0.00005	1	kpl	170	55289.08920	0.00002	1	kpl	170
55246.53665	0.00033	2	kpl	170	55290.03645	0.00021	2	kpl	170
55247.48127	0.00002	1	kpl	170	55290.98046	0.00006	1	kpl	170
55248.42801	0.00031	2	kpl	170	55291.92773	0.00020	2	kpl	170
55249.37256	0.00002	1	kpl	170	55292.87172	0.00005	1	kpl	170
55250.31933	0.00039	2	kpl	170	55293.81908	0.00022	2	kpl	170
55251.26382	0.00003	1	kpl	170	55294.76298	0.00003	1	kpl	170
55252.21059	0.00038	2	kpl	170	55295.71035	0.00019	2	kpl	170
55253.15507	0.00004	1	kpl	170	55296.65425	0.00003	1	kpl	170
55254.10200	0.00027	2	kpl	170	55297.60154	0.00018	2	kpl	170
55255.04637	0.00005	1	kpl	170	55298.54551	0.00005	1	kpl	170
55255.99335	0.00030	2	kpl	170	55299.49289	0.00019	2	kpl	170
55256.93764	0.00002	1	kpl	170	55300.43678	0.00005	1	kpl	170
55257.88472	0.00027	2	kpl	170	55301.38416	0.00019	2	kpl	170
55258.82888	0.00002	1	kpl	170	55302.32805	0.00005	1	kpl	170
55259.77586	0.00020	2	kpl	170	55303.27541	0.00020	2	kpl	170
55260.72015	0.00005	1	kpl	170	55304.21933	0.00003	1	kpl	170
55261.66712	0.00020	2	kpl	170	55305.16665	0.00019	2	kpl	170
55262.61144	0.00003	1	kpl	170	55306.11060	0.00003	1	kpl	170
55263.55854	0.00021	2	kpl	170	55307.05784	0.00021	2	kpl	170
55264.50272	0.00003	1	kpl	170	55309.89316	0.00008	1	kpl	170
55265.44968	0.00019	2	kpl	170	55310.84011	0.00017	2	kpl	170
55266.39399	0.00003	1	kpl	170	55311.78442	0.00004	1	kpl	170
55267.34093	0.00021	2	kpl	170	55312.73130	0.00020	2	kpl	170
55268.28526	0.00002	1	kpl	170	55313.67569	0.00003	1	kpl	170
55269.23222	0.00018	2	kpl	170	55314.62285	0.00021	2	kpl	170
55270.17654	0.00003	1	kpl	170	55315.56696	0.00007	1	kpl	170
55271.12351	0.00017	2	kpl	170	55316.51389	0.00022	2	kpl	170
55272.06780	0.00008	1	kpl	170	55317.45822	0.00007	1	kpl	170
55273.01472	0.00023	2	kpl	170	55318.40519	0.00023	2	kpl	170
55273.95907	0.00011	1	kpl	170	55319.34947	0.00001	1	kpl	170
55274.90613	0.00020	2	kpl	170	55320.29644	0.00024	2	kpl	170
55276.79738	0.00026	2	kpl	170	55321.24074	0.00001	1	kpl	170
55277.74162	0.00016	1	kpl	170	55322.18762	0.00022	2	kpl	170
55278.68866	0.00022	2	kpl	170	55323.13201	0.00002	1	kpl	170
55279.63286	0.00009	1	kpl	170	55324.07870	0.00022	2	kpl	170

EK 2 UZ Lyr sistemi için minimum zamanları tablosu ve kaynaklar listesi (Devamı)

HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref	HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref
55325.02329	0.00004	1	kpl	170	55368.52253	0.00004	1	kpl	170
55325.97034	0.00027	2	kpl	170	55369.46959	0.00032	2	kpl	170
55326.91457	0.00003	1	kpl	170	55370.41381	0.00007	1	kpl	170
55327.86149	0.00024	2	kpl	170	55373.25250	0.00009	2	kpl	170
55328.80584	0.00003	1	kpl	170	55374.19631	0.00001	1	kpl	170
55329.75277	0.00026	2	kpl	170	55375.14364	0.00009	2	kpl	170
55330.69710	0.00003	1	kpl	170	55376.08762	0.00001	1	kpl	170
55331.64411	0.00034	2	kpl	170	55377.03513	0.00010	2	kpl	170
55332.58839	0.00005	1	kpl	170	55377.97886	0.00001	1	kpl	170
55333.53488	0.00029	2	kpl	170	55378.92636	0.00009	2	kpl	170
55334.47967	0.00005	1	kpl	170	55379.87015	0.00001	1	kpl	170
55335.42642	0.00030	2	kpl	170	55380.81748	0.00008	2	kpl	170
55336.37094	0.00002	1	kpl	170	55381.76142	0.00001	1	kpl	170
55338.26220	0.00002	1	kpl	170	55382.70875	0.00009	2	kpl	170
55339.20915	0.00035	2	kpl	170	55383.65268	0.00001	1	kpl	170
55340.15348	0.00003	1	kpl	170	55384.60014	0.00009	2	kpl	170
55341.10039	0.00026	2	kpl	170	55385.54393	0.00001	1	kpl	170
55342.04476	0.00002	1	kpl	170	55386.49125	0.00008	2	kpl	170
55342.99174	0.00024	2	kpl	170	55387.43522	0.00001	1	kpl	170
55343.93603	0.00002	1	kpl	170	55388.38265	0.00008	2	kpl	170
55344.88305	0.00026	2	kpl	170	55389.32650	0.00001	1	kpl	170
55345.82730	0.00004	1	kpl	170	55390.27395	0.00008	2	kpl	170
55346.77437	0.00024	2	kpl	170	55391.21776	0.00001	1	kpl	170
55347.71858	0.00004	1	kpl	170	55392.16521	0.00007	2	kpl	170
55348.66572	0.00026	2	kpl	170	55393.10902	0.00001	1	kpl	170
55349.60985	0.00004	1	kpl	170	55394.05645	0.00008	2	kpl	170
55350.55707	0.00024	2	kpl	170	55395.00032	0.00001	1	kpl	170
55351.50111	0.00005	1	kpl	170	55395.94781	0.00008	2	kpl	170
55352.44825	0.00023	2	kpl	170	55396.89158	0.00001	1	kpl	170
55353.39238	0.00002	1	kpl	170	55397.83903	0.00007	2	kpl	170
55354.33953	0.00023	2	kpl	170	55398.78285	0.00001	1	kpl	170
55355.28365	0.00001	1	kpl	170	55400.67413	0.00002	1	kpl	170
55356.23085	0.00023	2	kpl	170	55401.62151	0.00021	2	kpl	170
55357.17491	0.00003	1	kpl	170	55402.56540	0.00002	1	kpl	170
55358.12212	0.00024	2	kpl	170	55403.51259	0.00019	2	kpl	170
55359.06618	0.00003	1	kpl	170	55404.45669	0.00003	1	kpl	170
55360.01347	0.00024	2	kpl	170	55405.40393	0.00016	2	kpl	170
55360.95744	0.00003	1	kpl	170	55406.34792	0.00010	1	kpl	170
55361.90479	0.00025	2	kpl	170	55407.29523	0.00016	2	kpl	170
55362.84872	0.00005	1	kpl	170	55408.23920	0.00007	1	kpl	170
55363.79607	0.00029	2	kpl	170	55409.18645	0.00017	2	kpl	170
55364.73999	0.00005	1	kpl	170	55410.13049	0.00003	1	kpl	170
55365.68711	0.00024	2	kpl	170	55411.07765	0.00019	2	kpl	170
55366.63127	0.00002	1	kpl	170	55412.02174	0.00006	1	kpl	170
55367.57845	0.00023	2	kpl	170	55412.96888	0.00021	2	kpl	170

EK 2 UZ Lyr sistemi için minimum zamanları tablosu ve kaynaklar listesi (Devamı)

HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref	HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref
55413.91307	0.00004	1	kpl	170	55457.41225	0.00001	1	kpl	170
55414.86006	0.00016	2	kpl	170	55458.35852	0.00005	2	kpl	170
55415.80435	0.00004	1	kpl	170	55459.30355	0.00001	1	kpl	170
55416.75118	0.00015	2	kpl	170	55460.24982	0.00005	2	kpl	170
55417.69561	0.00003	1	kpl	170	55461.19481	0.00001	1	kpl	170
55418.64237	0.00016	2	kpl	170	55462.14113	0.00005	2	kpl	170
55419.58689	0.00003	1	kpl	170	55464.03220	0.00015	2	kpl	170
55420.53352	0.00017	2	kpl	170	55464.97737	0.00010	1	kpl	170
55421.47814	0.00002	1	kpl	170	55465.92358	0.00014	2	kpl	170
55422.42473	0.00016	2	kpl	170	55466.86864	0.00002	1	kpl	170
55423.36940	0.00002	1	kpl	170	55467.81484	0.00024	2	kpl	170
55424.31591	0.00015	2	kpl	170	55468.75992	0.00004	1	kpl	170
55425.26068	0.00002	1	kpl	170	55469.70612	0.00017	2	kpl	170
55426.20716	0.00016	2	kpl	170	55470.65119	0.00003	1	kpl	170
55427.15194	0.00004	1	kpl	170	55471.59742	0.00012	2	kpl	170
55428.09834	0.00016	2	kpl	170	55472.54245	0.00002	1	kpl	170
55429.04320	0.00001	1	kpl	170	55473.48862	0.00011	2	kpl	170
55429.98954	0.00019	2	kpl	170	55474.43372	0.00002	1	kpl	170
55430.93449	0.00007	1	kpl	170	55475.37995	0.00015	2	kpl	170
55432.82576	0.00001	1	kpl	170	55476.32499	0.00002	1	kpl	170
55433.77221	0.00007	2	kpl	170	55477.27123	0.00016	2	kpl	170
55434.71702	0.00001	1	kpl	170	55478.21626	0.00004	1	kpl	170
55435.66342	0.00007	2	kpl	170	55479.16252	0.00017	2	kpl	170
55436.60829	0.00001	1	kpl	170	55480.10753	0.00006	1	kpl	170
55437.55473	0.00007	2	kpl	170	55481.05380	0.00020	2	kpl	170
55438.49956	0.00001	1	kpl	170	55481.99879	0.00005	1	kpl	170
55439.44580	0.00006	2	kpl	170	55482.94510	0.00019	2	kpl	170
55440.39083	0.00001	1	kpl	170	55483.89007	0.00006	1	kpl	170
55441.33702	0.00006	2	kpl	170	55484.83642	0.00020	2	kpl	170
55442.28210	0.00001	1	kpl	170	55485.78135	0.00002	1	kpl	170
55443.22850	0.00007	2	kpl	170	55486.72769	0.00018	2	kpl	170
55444.17338	0.00001	1	kpl	170	55487.67262	0.00003	1	kpl	170
55445.11982	0.00006	2	kpl	170	55488.61899	0.00016	2	kpl	170
55446.06464	0.00001	1	kpl	170	55489.56388	0.00002	1	kpl	170
55447.01103	0.00006	2	kpl	170	55490.51021	0.00019	2	kpl	170
55447.95590	0.00001	1	kpl	170	55491.45516	0.00002	1	kpl	170
55448.90225	0.00006	2	kpl	170	55492.40157	0.00027	2	kpl	170
55449.84717	0.00001	1	kpl	170	55494.29270	0.00015	2	kpl	170
55450.79349	0.00006	2	kpl	170	55495.23776	0.00003	1	kpl	170
55451.73845	0.00001	1	kpl	170	55496.18387	0.00023	2	kpl	170
55452.68475	0.00006	2	kpl	170	55497.12902	0.00003	1	kpl	170
55453.62973	0.00001	1	kpl	170	55498.07509	0.00016	2	kpl	170
55454.57606	0.00013	2	kpl	170	55499.02028	0.00006	1	kpl	170
55455.52100	0.00001	1	kpl	170	55499.96626	0.00013	2	kpl	170
55456.46727	0.00006	2	kpl	170	55500.91155	0.00005	1	kpl	170

EK 2 UZ Lyr sistemi için minimum zamanları tablosu ve kaynaklar listesi (Devamı)

HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref	HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref
55501.85762	0.00012	2	kpl	170	55546.30214	0.00003	1	kpl	170
55502.80281	0.00002	1	kpl	170	55547.24767	0.00004	2	kpl	170
55503.74885	0.00011	2	kpl	170	55548.19342	0.00002	1	kpl	170
55504.69407	0.00001	1	kpl	170	55549.13892	0.00005	2	kpl	170
55505.64010	0.00014	2	kpl	170	55550.08469	0.00002	1	kpl	170
55506.58534	0.00001	1	kpl	170	55551.03020	0.00005	2	kpl	170
55507.53133	0.00015	2	kpl	170	55551.97597	0.00015	1	kpl	170
55508.47663	0.00004	1	kpl	170	55568.99746	0.00009	1	kpl	170
55509.42266	0.00023	2	kpl	170	55569.94281	0.00012	2	kpl	170
55510.36789	0.00005	1	kpl	170	55570.88872	0.00002	1	kpl	170
55511.31391	0.00025	2	kpl	170	55571.83406	0.00005	2	kpl	170
55512.25916	0.00005	1	kpl	170	55572.77998	0.00001	1	kpl	170
55513.20514	0.00022	2	kpl	170	55573.72527	0.00005	2	kpl	170
55514.15045	0.00004	1	kpl	170	55574.67124	0.00001	1	kpl	170
55515.09643	0.00022	2	kpl	170	55575.61655	0.00005	2	kpl	170
55516.04173	0.00002	1	kpl	170	55576.56252	0.00004	1	kpl	170
55516.98766	0.00017	2	kpl	170	55577.50782	0.00005	2	kpl	170
55517.93300	0.00002	1	kpl	170	55578.45379	0.00001	1	kpl	170
55518.87895	0.00011	2	kpl	170	55579.39903	0.00018	2	kpl	170
55519.82427	0.00002	1	kpl	170	55580.34506	0.00001	1	kpl	170
55520.77027	0.00010	2	kpl	170	55581.29024	0.00014	2	kpl	170
55521.71554	0.00003	1	kpl	170	55582.23634	0.00001	1	kpl	170
55522.66161	0.00009	2	kpl	170	55583.18160	0.00016	2	kpl	170
55524.55289	0.00009	2	kpl	170	55584.12761	0.00001	1	kpl	170
55525.49810	0.00002	1	kpl	170	55585.07281	0.00017	2	kpl	170
55526.44416	0.00010	2	kpl	170	55586.01889	0.00006	1	kpl	170
55527.38938	0.00002	1	kpl	170	55586.96410	0.00005	2	kpl	170
55528.33546	0.00009	2	kpl	170	55587.91021	0.00005	1	kpl	170
55529.28065	0.00005	1	kpl	170	55588.85538	0.00007	2	kpl	170
55530.22669	0.00009	2	kpl	170	55589.80150	0.00004	1	kpl	170
55531.17192	0.00004	1	kpl	170	55590.74667	0.00003	2	kpl	170
55532.11787	0.00008	2	kpl	170	55591.69276	0.00005	1	kpl	170
55533.06319	0.00004	1	kpl	170	55592.63794	0.00005	2	kpl	170
55534.00910	0.00006	2	kpl	170	55593.58406	0.00005	1	kpl	170
55534.95447	0.00004	1	kpl	170	55597.36656	0.00003	1	kpl	170
55535.90028	0.00008	2	kpl	170	55598.31183	0.00006	2	kpl	170
55536.84574	0.00003	1	kpl	170	55599.25784	0.00002	1	kpl	170
55537.79150	0.00009	2	kpl	170	55600.20328	0.00009	2	kpl	170
55538.73701	0.00004	1	kpl	170	55601.14913	0.00003	1	kpl	170
55539.68273	0.00006	2	kpl	170	55602.09446	0.00003	2	kpl	170
55540.62829	0.00005	1	kpl	170	55603.04040	0.00006	1	kpl	170
55541.57393	0.00005	2	kpl	170	55603.98573	0.00013	2	kpl	170
55542.51958	0.00010	1	kpl	170	55604.93167	0.00004	1	kpl	170
55543.46518	0.00005	2	kpl	170	55605.87698	0.00016	2	kpl	170
55545.35644	0.00006	2	kpl	170	55606.82294	0.00002	1	kpl	170

EK 2 UZ Lyr sistemi için minimum zamanları tablosu ve kaynaklar listesi (Devamı)

HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref	HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref
55607.76819	0.00040	2	kpl	170	55659.77860	0.00002	1	kpl	170
55608.71421	0.00002	1	kpl	170	55660.72288	0.00012	2	kpl	170
55609.65932	0.00015	2	kpl	170	55661.66989	0.00004	1	kpl	170
55610.60548	0.00003	1	kpl	170	55662.61410	0.00016	2	kpl	170
55611.55064	0.00013	2	kpl	170	55663.56117	0.00004	1	kpl	170
55612.49676	0.00005	1	kpl	170	55664.50533	0.00013	2	kpl	170
55613.44182	0.00012	2	kpl	170	55665.45245	0.00004	1	kpl	170
55614.38806	0.00005	1	kpl	170	55666.39665	0.00009	2	kpl	170
55615.33311	0.00011	2	kpl	170	55667.34372	0.00001	1	kpl	170
55616.27934	0.00004	1	kpl	170	55668.28790	0.00008	2	kpl	170
55617.22424	0.00010	2	kpl	170	55669.23499	0.00002	1	kpl	170
55618.17062	0.00002	1	kpl	170	55670.17915	0.00007	2	kpl	170
55619.11543	0.00015	2	kpl	170	55671.12625	0.00003	1	kpl	170
55620.06189	0.00005	1	kpl	170	55672.07052	0.00009	2	kpl	170
55621.00670	0.00018	2	kpl	170	55673.01752	0.00003	1	kpl	170
55621.95317	0.00004	1	kpl	170	55673.96192	0.00006	2	kpl	170
55622.89796	0.00022	2	kpl	170	55674.90880	0.00002	1	kpl	170
55623.84444	0.00002	1	kpl	170	55675.85323	0.00013	2	kpl	170
55624.78925	0.00025	2	kpl	170	55676.80007	0.00003	1	kpl	170
55625.73573	0.00003	1	kpl	170	55677.74454	0.00012	2	kpl	170
55626.68063	0.00023	2	kpl	170	55678.69134	0.00005	1	kpl	170
55627.62699	0.00003	1	kpl	170	55679.63591	0.00009	2	kpl	170
55628.57181	0.00015	2	kpl	170	55680.58260	0.00005	1	kpl	170
55629.51826	0.00002	1	kpl	170	55681.52716	0.00011	2	kpl	170
55630.46309	0.00015	2	kpl	170	55682.47387	0.00002	1	kpl	170
55631.40952	0.00002	1	kpl	170	55683.41850	0.00025	2	kpl	170
55632.35439	0.00011	2	kpl	170	55684.36514	0.00003	1	kpl	170
55633.30079	0.00004	1	kpl	170	55685.30973	0.00026	2	kpl	170
55634.24561	0.00010	2	kpl	170	55686.25641	0.00003	1	kpl	170
55635.19204	0.00006	1	kpl	170	55687.20076	0.00017	2	kpl	170
55641.81061	0.00003	2	kpl	170	55688.14769	0.00003	1	kpl	170
55643.70185	0.00006	2	kpl	170	55689.09225	0.00028	2	kpl	170
55645.59311	0.00003	2	kpl	170	55690.03896	0.00003	1	kpl	170
55646.53970	0.00007	1	kpl	170	55690.98335	0.00035	2	kpl	170
55647.48434	0.00010	2	kpl	170	55691.93021	0.00004	1	kpl	170
55649.37550	0.00011	2	kpl	170	55692.87461	0.00015	2	kpl	170
55651.26668	0.00007	2	kpl	170	55693.82148	0.00004	1	kpl	170
55652.21352	0.00000	1	kpl	170	55694.76576	0.00023	2	kpl	170
55653.15791	0.00007	2	kpl	170	55695.71274	0.00003	1	kpl	170
55654.10479	0.00004	1	kpl	170	55696.65701	0.00028	2	kpl	170
55655.04913	0.00007	2	kpl	170	55697.60401	0.00003	1	kpl	170
55655.99606	0.00005	1	kpl	170	55698.54830	0.00023	2	kpl	170
55656.94035	0.00010	2	kpl	170	55699.49529	0.00003	1	kpl	170
55657.88733	0.00002	1	kpl	170	55700.43957	0.00016	2	kpl	170
55658.83163	0.00007	2	kpl	170	55701.38656	0.00003	1	kpl	170

EK 2 UZ Lyr sistemi için minimum zamanları tablosu ve kaynaklar listesi (Devamı)

HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref
55702.33087	0.00015	2	kpl	170
55703.27783	0.00002	1	kpl	170
55704.22216	0.00014	2	kpl	170
55705.16911	0.00002	1	kpl	170
55706.11351	0.00013	2	kpl	170
55707.06038	0.00002	1	kpl	170
55708.00478	0.00014	2	kpl	170
55708.95164	0.00002	1	kpl	170
55709.89605	0.00014	2	kpl	170
55710.84287	0.00003	1	kpl	170
55711.78729	0.00024	2	kpl	170
55712.73414	0.00003	1	kpl	170
55713.67868	0.00016	2	kpl	170
55714.62543	0.00002	1	kpl	170
55715.56992	0.00020	2	kpl	170
55716.51666	0.00005	1	kpl	170
55717.46119	0.00017	2	kpl	170
55718.40793	0.00006	1	kpl	170
55719.35236	0.00019	2	kpl	170
55720.29926	0.00001	1	kpl	170
55721.24362	0.00017	2	kpl	170
55722.19054	0.00001	1	kpl	170
55723.13493	0.00016	2	kpl	170
55724.08180	0.00003	1	kpl	170
55725.02615	0.00016	2	kpl	170
55725.97307	0.00005	1	kpl	170
55726.91741	0.00018	2	kpl	170
55727.86435	0.00003	1	kpl	170
55728.80867	0.00022	2	kpl	170
55729.75562	0.00003	1	kpl	170
55730.69998	0.00018	2	kpl	170
55731.64689	0.00004	1	kpl	170
55732.59118	0.00018	2	kpl	170
55733.53817	0.00004	1	kpl	170
55734.48245	0.00018	2	kpl	170
55735.42942	0.00008	1	kpl	170
55736.37375	0.00005	2	kpl	170
55737.32071	0.00010	1	kpl	170
55738.26493	0.00010	2	kpl	170
55740.15620	0.00003	2	kpl	170
55741.10330	0.00001	1	kpl	170
55742.04764	0.00003	2	kpl	170
55742.99456	0.00001	1	kpl	170
55743.93887	0.00003	2	kpl	170
55744.88584	0.00001	1	kpl	170
55745.83026	0.00003	2	kpl	170
55746.77712	0.00001	1	kpl	170
55747.72159	0.00003	2	kpl	170
55748.66839	0.00001	1	kpl	170
55749.61281	0.00003	2	kpl	170
55750.55967	0.00001	1	kpl	170
55751.50406	0.00003	2	kpl	170
55752.45094	0.00001	1	kpl	170
55753.39539	0.00003	2	kpl	170
55754.34223	0.00001	1	kpl	170
55755.28666	0.00003	2	kpl	170
55756.23350	0.00001	1	kpl	170
55757.17787	0.00003	2	kpl	170
55758.12478	0.00001	1	kpl	170
55759.06923	0.00003	2	kpl	170
55760.01606	0.00001	1	kpl	170
55760.96060	0.00003	2	kpl	170
55761.90733	0.00001	1	kpl	170
55762.85193	0.00003	2	kpl	170
55763.79860	0.00001	1	kpl	170
55764.74315	0.00003	2	kpl	170
55765.68985	0.00001	1	kpl	170
55766.63460	0.00005	2	kpl	170
55767.58113	0.00001	1	kpl	170
55768.52579	0.00003	2	kpl	170
55769.47239	0.00001	1	kpl	170
55771.36361	0.00003	1	kpl	170
55772.30834	0.00004	2	kpl	170
55773.25488	0.00004	1	kpl	170
55774.19963	0.00006	2	kpl	170
55775.14616	0.00002	1	kpl	170
55776.09086	0.00007	2	kpl	170
55777.03744	0.00003	1	kpl	170
55777.98219	0.00003	2	kpl	170
55778.92872	0.00003	1	kpl	170
55779.87347	0.00004	2	kpl	170
55780.81998	0.00004	1	kpl	170
55781.76481	0.00005	2	kpl	170
55782.71127	0.00003	1	kpl	170
55783.65614	0.00006	2	kpl	170
55784.60254	0.00005	1	kpl	170
55785.54741	0.00005	2	kpl	170
55786.49380	0.00004	1	kpl	170
55787.43874	0.00007	2	kpl	170
55788.38508	0.00002	1	kpl	170

EK 2 UZ Lyr sistemi için minimum zamanları tablosu ve kaynaklar listesi (Devamı)

HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref	HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref
55789.33007	0.00006	2	kpl	170	55832.83004	0.00020	2	kpl	170
55790.27634	0.00002	1	kpl	170	55834.72128	0.00024	2	kpl	170
55791.22143	0.00005	2	kpl	170	55835.66682	0.00006	1	kpl	170
55792.16761	0.00002	1	kpl	170	55836.61253	0.00023	2	kpl	170
55793.11279	0.00008	2	kpl	170	55837.55807	0.00003	1	kpl	170
55794.05886	0.00004	1	kpl	170	55837.56170	0.00090	1	ccd	146
55795.00419	0.00006	2	kpl	170	55838.50380	0.00020	2	kpl	170
55795.95014	0.00003	1	kpl	170	55839.44934	0.00002	1	kpl	170
55796.89549	0.00007	2	kpl	170	55840.39515	0.00020	2	kpl	170
55797.84141	0.00002	1	kpl	170	55841.34061	0.00002	1	kpl	170
55798.78680	0.00013	2	kpl	170	55842.28649	0.00021	2	kpl	170
55799.73268	0.00007	1	kpl	170	55843.23188	0.00003	1	kpl	170
55800.67826	0.00017	2	kpl	170	55844.17784	0.00022	2	kpl	170
55801.62398	0.00004	1	kpl	170	55845.12314	0.00004	1	kpl	170
55803.51524	0.00002	1	kpl	170	55846.06922	0.00023	2	kpl	170
55804.46069	0.00013	2	kpl	170	55847.01441	0.00004	1	kpl	170
55805.40648	0.00004	1	kpl	170	55847.96045	0.00023	2	kpl	170
55806.35202	0.00017	2	kpl	170	55848.90567	0.00006	1	kpl	170
55807.29776	0.00003	1	kpl	170	55849.85170	0.00026	2	kpl	170
55808.24351	0.00024	2	kpl	170	55850.79694	0.00005	1	kpl	170
55809.18904	0.00002	1	kpl	170	55851.74295	0.00028	2	kpl	170
55810.13473	0.00015	2	kpl	170	55852.68822	0.00002	1	kpl	170
55811.08029	0.00005	1	kpl	170	55853.63421	0.00028	2	kpl	170
55812.02600	0.00011	2	kpl	170	55854.57948	0.00002	1	kpl	170
55812.97154	0.00006	1	kpl	170	55855.52548	0.00027	2	kpl	170
55813.91724	0.00014	2	kpl	170	55856.47074	0.00002	1	kpl	170
55814.86282	0.00002	1	kpl	170	55857.41676	0.00027	2	kpl	170
55815.80852	0.00012	2	kpl	170	55858.36200	0.00006	1	kpl	170
55816.75409	0.00002	1	kpl	170	55858.36420	0.00040	1	ccd	154
55817.69980	0.00014	2	kpl	170	55859.30821	0.00029	2	kpl	170
55818.64535	0.00003	1	kpl	170	55860.25326	0.00006	1	kpl	170
55819.59096	0.00013	2	kpl	170	55861.19944	0.00028	2	kpl	170
55820.53662	0.00003	1	kpl	170	55862.14451	0.00003	1	kpl	170
55821.48233	0.00013	2	kpl	170	55863.09071	0.00029	2	kpl	170
55822.42791	0.00002	1	kpl	170	55864.03577	0.00003	1	kpl	170
55823.37363	0.00013	2	kpl	170	55864.98203	0.00030	2	kpl	170
55824.31919	0.00002	1	kpl	170	55866.87289	0.00036	2	kpl	170
55825.26489	0.00013	2	kpl	170	55867.81833	0.00004	1	kpl	170
55826.21046	0.00002	1	kpl	170	55868.76448	0.00034	2	kpl	170
55827.15617	0.00014	2	kpl	170	55869.70960	0.00002	1	kpl	170
55828.10172	0.00004	1	kpl	170	55870.65576	0.00029	2	kpl	170
55829.04758	0.00015	2	kpl	170	55871.60087	0.00002	1	kpl	170
55829.99299	0.00009	1	kpl	170	55872.54705	0.00031	2	kpl	170
55830.93879	0.00018	2	kpl	170	55873.49213	0.00002	1	kpl	170
55831.88425	0.00003	1	kpl	170	55874.43843	0.00027	2	kpl	170

EK 2 UZ Lyr sistemi için minimum zamanları tablosu ve kaynaklar listesi (Devamı)

HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref	HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref
55875.38339	0.00006	1	kpl	170	55919.82929	0.00031	2	kpl	170
55876.32983	0.00029	2	kpl	170	55920.77379	0.00004	1	kpl	170
55877.27465	0.00006	1	kpl	170	55921.72061	0.00030	2	kpl	170
55878.22108	0.00028	2	kpl	170	55922.66508	0.00001	1	kpl	170
55879.16593	0.00004	1	kpl	170	55923.61193	0.00029	2	kpl	170
55880.11230	0.00031	2	kpl	170	55924.55634	0.00001	1	kpl	170
55881.05721	0.00006	1	kpl	170	55925.50324	0.00030	2	kpl	170
55882.00352	0.00033	2	kpl	170	55926.44761	0.00004	1	kpl	170
55882.94847	0.00002	1	kpl	170	55927.39462	0.00027	2	kpl	170
55883.89478	0.00032	2	kpl	170	55928.33889	0.00004	1	kpl	170
55884.83974	0.00002	1	kpl	170	55929.28565	0.00032	2	kpl	170
55885.78607	0.00030	2	kpl	170	55930.23015	0.00020	1	kpl	170
55886.73101	0.00004	1	kpl	170	55931.17688	0.00038	2	kpl	170
55887.67731	0.00031	2	kpl	170	55933.06794	0.00061	2	kpl	170
55888.62227	0.00007	1	kpl	170	55934.01268	0.00009	1	kpl	170
55889.56870	0.00030	2	kpl	170	55934.95972	0.00041	2	kpl	170
55890.51354	0.00006	1	kpl	170	55935.90397	0.00008	1	kpl	170
55891.46003	0.00029	2	kpl	170	55936.85115	0.00037	2	kpl	170
55892.40479	0.00002	1	kpl	170	55937.79524	0.00003	1	kpl	170
55893.35139	0.00031	2	kpl	170	55938.74247	0.00030	2	kpl	170
55894.29605	0.00003	1	kpl	170	55939.68650	0.00002	1	kpl	170
55895.24271	0.00032	2	kpl	170	55940.63388	0.00027	2	kpl	170
55896.18732	0.00004	1	kpl	170	55941.57775	0.00003	1	kpl	170
55897.13402	0.00033	2	kpl	170	55942.52495	0.00027	2	kpl	170
55898.07859	0.00005	1	kpl	170	55943.46900	0.00004	1	kpl	170
55899.02537	0.00031	2	kpl	170	55944.41620	0.00027	2	kpl	170
55899.96986	0.00003	1	kpl	170	55945.36027	0.00004	1	kpl	170
55900.91662	0.00034	2	kpl	170	55946.30737	0.00029	2	kpl	170
55901.86112	0.00006	1	kpl	170	55947.25155	0.00003	1	kpl	170
55902.80785	0.00033	2	kpl	170	55948.19866	0.00029	2	kpl	170
55905.64365	0.00001	1	kpl	170	55949.14282	0.00005	1	kpl	170
55906.59041	0.00033	2	kpl	170	55950.09003	0.00029	2	kpl	170
55907.53490	0.00001	1	kpl	170	55951.03408	0.00004	1	kpl	170
55908.48167	0.00033	2	kpl	170	55951.98130	0.00031	2	kpl	170
55909.42617	0.00005	1	kpl	170	55952.92538	0.00005	1	kpl	170
55910.37301	0.00029	2	kpl	170	55953.87261	0.00029	2	kpl	170
55911.31744	0.00003	1	kpl	170	55954.81665	0.00004	1	kpl	170
55912.26418	0.00029	2	kpl	170	55955.76380	0.00032	2	kpl	170
55913.20871	0.00002	1	kpl	170	55956.70787	0.00005	1	kpl	170
55914.15546	0.00029	2	kpl	170	55957.65506	0.00033	2	kpl	170
55915.09999	0.00002	1	kpl	170	55958.59914	0.00005	1	kpl	170
55916.04669	0.00028	2	kpl	170	55960.49042	0.00006	1	kpl	170
55916.99126	0.00002	1	kpl	170	55961.43726	0.00030	2	kpl	170
55917.93796	0.00029	2	kpl	170	55962.38166	0.00006	1	kpl	170
55918.88252	0.00003	1	kpl	170	55963.32878	0.00031	2	kpl	170

EK 2 UZ Lyr sistemi için minimum zamanları tablosu ve kaynaklar listesi (Devamı)

HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref	HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref
55964.27294	0.00002	1	kpl	170	56008.71992	0.00021	2	kpl	170
55965.22014	0.00028	2	kpl	170	56009.66329	0.00002	1	kpl	170
55966.16420	0.00002	1	kpl	170	56010.61111	0.00023	2	kpl	170
55967.11157	0.00025	2	kpl	170	56011.55454	0.00010	1	kpl	170
55968.05546	0.00002	1	kpl	170	56012.50231	0.00022	2	kpl	170
55969.00286	0.00028	2	kpl	170	56013.44578	0.00014	1	kpl	170
55969.94672	0.00003	1	kpl	170	56014.39350	0.00021	2	kpl	170
55970.89405	0.00029	2	kpl	170	56016.28444	0.00025	2	kpl	170
55971.83799	0.00003	1	kpl	170	56017.22834	0.00008	1	kpl	170
55972.78541	0.00030	2	kpl	170	56018.17579	0.00030	2	kpl	170
55973.72926	0.00004	1	kpl	170	56019.11959	0.00009	1	kpl	170
55974.67687	0.00027	2	kpl	170	56020.06737	0.00022	2	kpl	170
55975.62053	0.00004	1	kpl	170	56021.01092	0.00006	1	kpl	170
55976.56808	0.00028	2	kpl	170	56021.95866	0.00021	2	kpl	170
55977.51181	0.00004	1	kpl	170	56022.90218	0.00005	1	kpl	170
55978.45937	0.00028	2	kpl	170	56023.84996	0.00018	2	kpl	170
55979.40307	0.00003	1	kpl	170	56024.79343	0.00005	1	kpl	170
55980.35082	0.00032	2	kpl	170	56025.74126	0.00022	2	kpl	170
55981.29433	0.00004	1	kpl	170	56026.68469	0.00003	1	kpl	170
55982.24210	0.00031	2	kpl	170	56027.63252	0.00023	2	kpl	170
55983.18556	0.00003	1	kpl	170	56028.57594	0.00005	1	kpl	170
55984.13338	0.00027	2	kpl	170	56029.52378	0.00025	2	kpl	170
55985.07683	0.00002	1	kpl	170	56030.46721	0.00005	1	kpl	170
55986.02464	0.00033	2	kpl	170	56031.41506	0.00028	2	kpl	170
55986.96810	0.00005	1	kpl	170	56032.35849	0.00003	1	kpl	170
55988.85937	0.00007	1	kpl	170	56033.30640	0.00025	2	kpl	170
55989.80698	0.00024	2	kpl	170	56034.24974	0.00003	1	kpl	170
55990.75063	0.00002	1	kpl	170	56035.19782	0.00026	2	kpl	170
55991.69841	0.00038	2	kpl	170	56036.14101	0.00003	1	kpl	170
55992.64192	0.00012	1	kpl	170	56037.08909	0.00028	2	kpl	170
55993.58956	0.00041	2	kpl	170	56038.03225	0.00005	1	kpl	170
55995.48075	0.00042	2	kpl	170	56038.98040	0.00027	2	kpl	170
55996.42446	0.00005	1	kpl	170	56039.92352	0.00005	1	kpl	170
55997.37213	0.00032	2	kpl	170	56040.87165	0.00026	2	kpl	170
55998.31574	0.00004	1	kpl	170	56041.81479	0.00003	1	kpl	170
55999.26349	0.00025	2	kpl	170	56042.76291	0.00023	2	kpl	170
56000.20702	0.00005	1	kpl	170	56043.70605	0.00002	1	kpl	170
56001.15476	0.00025	2	kpl	170	56044.65399	0.00026	2	kpl	170
56002.09825	0.00004	1	kpl	170	56045.59730	0.00006	1	kpl	170
56003.04608	0.00026	2	kpl	170	56046.54534	0.00025	2	kpl	170
56003.98950	0.00005	1	kpl	170	56047.48857	0.00006	1	kpl	170
56004.93743	0.00024	2	kpl	170	56049.37987	0.00003	1	kpl	170
56005.88078	0.00003	1	kpl	170	56050.32772	0.00026	2	kpl	170
56006.82861	0.00030	2	kpl	170	56051.27112	0.00003	1	kpl	170
56007.77202	0.00003	1	kpl	170	56052.21944	0.00027	2	kpl	170

EK 2 UZ Lyr sistemi için minimum zamanları tablosu ve kaynaklar listesi (Devamı)

HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref	HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref
56053.16240	0.00003	1	kpl	170	56096.66144	0.00003	1	kpl	170
56054.11069	0.00023	2	kpl	170	56097.60981	0.00029	2	kpl	170
56055.05363	0.00003	1	kpl	170	56098.55270	0.00003	1	kpl	170
56056.00199	0.00024	2	kpl	170	56099.50094	0.00031	2	kpl	170
56056.94488	0.00004	1	kpl	170	56100.44395	0.00006	1	kpl	170
56057.89336	0.00024	2	kpl	170	56101.39216	0.00031	2	kpl	170
56058.83616	0.00003	1	kpl	170	56102.33523	0.00006	1	kpl	170
56059.78459	0.00024	2	kpl	170	56103.28338	0.00033	2	kpl	170
56060.72742	0.00003	1	kpl	170	56104.22649	0.00010	1	kpl	170
56061.67579	0.00029	2	kpl	170	56105.17450	0.00037	2	kpl	170
56062.61868	0.00004	1	kpl	170	56108.00897	0.00020	1	kpl	170
56063.56705	0.00024	2	kpl	170	56108.95680	0.00034	2	kpl	170
56064.50995	0.00006	1	kpl	170	56109.90025	0.00001	1	kpl	170
56065.45816	0.00029	2	kpl	170	56110.84853	0.00035	2	kpl	170
56066.40123	0.00003	1	kpl	170	56111.79151	0.00005	1	kpl	170
56067.34941	0.00029	2	kpl	170	56112.73986	0.00032	2	kpl	170
56068.29248	0.00003	1	kpl	170	56113.68278	0.00003	1	kpl	170
56069.24076	0.00027	2	kpl	170	56114.63118	0.00032	2	kpl	170
56070.18375	0.00003	1	kpl	170	56115.57404	0.00002	1	kpl	170
56071.13214	0.00025	2	kpl	170	56116.52231	0.00034	2	kpl	170
56072.07502	0.00003	1	kpl	170	56117.46530	0.00005	1	kpl	170
56073.02341	0.00027	2	kpl	170	56118.41355	0.00033	2	kpl	170
56073.96628	0.00004	1	kpl	170	56119.35659	0.00007	1	kpl	170
56074.91462	0.00027	2	kpl	170	56120.30482	0.00035	2	kpl	170
56075.85753	0.00005	1	kpl	170	56121.24783	0.00017	1	kpl	170
56076.80591	0.00033	2	kpl	170	56122.19596	0.00037	2	kpl	170
56077.74881	0.00005	1	kpl	170	56128.81284	0.00013	1	kpl	170
56079.64008	0.00004	1	kpl	170	56129.76066	0.00040	2	kpl	170
56080.58820	0.00032	2	kpl	170	56130.70411	0.00003	1	kpl	170
56081.53134	0.00005	1	kpl	170	56131.65215	0.00031	2	kpl	170
56082.47941	0.00031	2	kpl	170	56132.59539	0.00003	1	kpl	170
56083.42258	0.00004	1	kpl	170	56133.54343	0.00034	2	kpl	170
56084.37090	0.00027	2	kpl	170	56134.48665	0.00004	1	kpl	170
56085.31384	0.00005	1	kpl	170	56135.43459	0.00096	2	kpl	170
56086.26210	0.00027	2	kpl	170	56136.37787	0.00007	1	kpl	170
56087.20512	0.00004	1	kpl	170	56137.32584	0.00050	2	kpl	170
56088.15310	0.00028	2	kpl	170	56139.21674	0.00080	2	kpl	170
56089.09639	0.00003	1	kpl	170	56140.16039	0.00006	1	kpl	170
56090.04487	0.00030	2	kpl	170	56141.10773	0.00089	2	kpl	170
56090.98765	0.00003	1	kpl	170	56142.05164	0.00004	1	kpl	170
56091.93609	0.00038	2	kpl	170	56142.99919	0.00091	2	kpl	170
56092.87891	0.00004	1	kpl	170	56143.94293	0.00005	1	kpl	170
56093.82730	0.00030	2	kpl	170	56144.89060	0.00027	2	kpl	170
56094.77017	0.00003	1	kpl	170	56145.83419	0.00002	1	kpl	170
56095.71858	0.00034	2	kpl	170	56146.78190	0.00026	2	kpl	170

EK 2 UZ Lyr sistemi için minimum zamanları tablosu ve kaynaklar listesi (Devamı)

HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref	HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref
56147.72543	0.00003	1	kpl	170	56190.28048	0.00009	2	kpl	170
56148.67312	0.00027	2	kpl	170	56191.22437	0.00001	1	kpl	170
56149.61670	0.00003	1	kpl	170	56192.17181	0.00007	2	kpl	170
56150.56420	0.00027	2	kpl	170	56193.11565	0.00001	1	kpl	170
56151.50793	0.00004	1	kpl	170	56194.06298	0.00008	2	kpl	170
56152.45545	0.00027	2	kpl	170	56195.00691	0.00001	1	kpl	170
56153.39919	0.00004	1	kpl	170	56195.95407	0.00007	2	kpl	170
56153.39960	0.00030	1	ccd	145	56196.89817	0.00001	1	kpl	170
56154.34672	0.00026	2	kpl	170	56197.84530	0.00008	2	kpl	170
56155.29047	0.00003	1	kpl	170	56198.78941	0.00001	1	kpl	170
56156.23797	0.00026	2	kpl	170	56199.73654	0.00008	2	kpl	170
56157.18173	0.00003	1	kpl	170	56200.68067	0.00001	1	kpl	170
56158.12932	0.00027	2	kpl	170	56201.62758	0.00008	2	kpl	170
56159.07299	0.00003	1	kpl	170	56202.57194	0.00001	1	kpl	170
56160.02061	0.00028	2	kpl	170	56203.51904	0.00008	2	kpl	170
56160.96424	0.00002	1	kpl	170	56207.30074	0.00028	2	kpl	170
56161.91185	0.00027	2	kpl	170	56208.24567	0.00016	1	kpl	170
56162.85550	0.00003	1	kpl	170	56209.19221	0.00020	2	kpl	170
56163.80312	0.00026	2	kpl	170	56210.13693	0.00007	1	kpl	170
56164.74677	0.00002	1	kpl	170	56211.08350	0.00016	2	kpl	170
56165.69436	0.00027	2	kpl	170	56212.02818	0.00004	1	kpl	170
56166.63804	0.00004	1	kpl	170	56212.97476	0.00016	2	kpl	170
56167.58556	0.00032	2	kpl	170	56213.91944	0.00004	1	kpl	170
56168.52929	0.00006	1	kpl	170	56214.86597	0.00017	2	kpl	170
56170.42057	0.00001	1	kpl	170	56215.81069	0.00003	1	kpl	170
56171.36837	0.00011	2	kpl	170	56216.75718	0.00016	2	kpl	170
56172.31182	0.00001	1	kpl	170	56217.70195	0.00004	1	kpl	170
56173.25941	0.00009	2	kpl	170	56218.64832	0.00017	2	kpl	170
56174.20307	0.00001	1	kpl	170	56219.59322	0.00003	1	kpl	170
56175.15067	0.00009	2	kpl	170	56220.53956	0.00016	2	kpl	170
56176.09433	0.00001	1	kpl	170	56221.48447	0.00002	1	kpl	170
56177.04194	0.00009	2	kpl	170	56222.43080	0.00015	2	kpl	170
56177.98554	0.00001	1	kpl	170	56223.37573	0.00002	1	kpl	170
56178.93314	0.00009	2	kpl	170	56224.32202	0.00017	2	kpl	170
56179.87680	0.00001	1	kpl	170	56225.26698	0.00001	1	kpl	170
56180.82446	0.00008	2	kpl	170	56226.21330	0.00022	2	kpl	170
56181.76809	0.00001	1	kpl	170	56227.15823	0.00002	1	kpl	170
56182.71568	0.00009	2	kpl	170	56228.10448	0.00021	2	kpl	170
56183.65934	0.00001	1	kpl	170	56229.04948	0.00003	1	kpl	170
56184.60698	0.00008	2	kpl	170	56229.99565	0.00023	2	kpl	170
56185.55061	0.00001	1	kpl	170	56230.94074	0.00002	1	kpl	170
56186.49815	0.00008	2	kpl	170	56231.88687	0.00020	2	kpl	170
56187.44187	0.00001	1	kpl	170	56232.83199	0.00006	1	kpl	170
56188.38934	0.00007	2	kpl	170	56233.77797	0.00017	2	kpl	170
56189.33311	0.00001	1	kpl	170	56234.72326	0.00005	1	kpl	170

EK 2 UZ Lyr sistemi için minimum zamanları tablosu ve kaynaklar listesi (Devamı)

HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref	HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref
56235.66928	0.00034	2	kpl	170	56285.78705	0.00004	1	kpl	170
56236.61452	0.00002	1	kpl	170	56286.73211	0.00014	2	kpl	170
56238.50578	0.00002	1	kpl	170	56287.67831	0.00003	1	kpl	170
56239.45148	0.00052	2	kpl	170	56288.62332	0.00015	2	kpl	170
56240.39703	0.00002	1	kpl	170	56289.56956	0.00004	1	kpl	170
56241.34285	0.00019	2	kpl	170	56290.51461	0.00015	2	kpl	170
56242.28829	0.00006	1	kpl	170	56291.46081	0.00004	1	kpl	170
56243.23411	0.00019	2	kpl	170	56292.40589	0.00014	2	kpl	170
56244.17954	0.00018	1	kpl	170	56293.35205	0.00002	1	kpl	170
56245.12525	0.00026	2	kpl	170	56294.29707	0.00014	2	kpl	170
56251.74450	0.00014	1	kpl	170	56295.24331	0.00002	1	kpl	170
56252.68986	0.00015	2	kpl	170	56296.18830	0.00013	2	kpl	170
56253.63577	0.00002	1	kpl	170	56297.13457	0.00003	1	kpl	170
56254.58111	0.00018	2	kpl	170	56298.07955	0.00014	2	kpl	170
56255.52702	0.00005	1	kpl	170	56299.02583	0.00004	1	kpl	170
56256.47247	0.00029	2	kpl	170	56299.97069	0.00016	2	kpl	170
56257.41827	0.00002	1	kpl	170	56300.91709	0.00001	1	kpl	170
56258.36364	0.00034	2	kpl	170	56301.86190	0.00018	2	kpl	170
56259.30952	0.00007	1	kpl	170	56302.80837	0.00015	1	kpl	170
56260.25498	0.00027	2	kpl	170	56303.75287	0.00028	2	kpl	170
56261.20076	0.00006	1	kpl	170	56305.64434	0.00039	2	kpl	170
56262.14619	0.00026	2	kpl	170	56306.59080	0.00011	1	kpl	170
56263.09201	0.00004	1	kpl	170	56307.53561	0.00039	2	kpl	170
56264.03740	0.00021	2	kpl	170	56308.48207	0.00011	1	kpl	170
56264.98327	0.00006	1	kpl	170	56309.42687	0.00039	2	kpl	170
56265.92838	0.00022	2	kpl	170	56321.72086	0.00006	1	kpl	170
56266.87451	0.00003	1	kpl	170	56322.66521	0.00022	2	kpl	170
56267.81963	0.00025	2	kpl	170	56323.61210	0.00001	1	kpl	170
56269.71103	0.00026	2	kpl	170	56324.55664	0.00019	2	kpl	170
56270.65700	0.00003	1	kpl	170	56325.50336	0.00002	1	kpl	170
56271.60224	0.00029	2	kpl	170	56326.44796	0.00016	2	kpl	170
56272.54825	0.00003	1	kpl	170	56327.39462	0.00003	1	kpl	170
56273.49334	0.00026	2	kpl	170	56328.33920	0.00016	2	kpl	170
56274.43951	0.00005	1	kpl	170	56329.28589	0.00003	1	kpl	170
56275.38464	0.00015	2	kpl	170	56330.23022	0.00015	2	kpl	170
56276.33078	0.00002	1	kpl	170	56331.17716	0.00003	1	kpl	170
56277.27585	0.00014	2	kpl	170	56332.12145	0.00016	2	kpl	170
56278.22204	0.00002	1	kpl	170	56333.06841	0.00003	1	kpl	170
56279.16707	0.00013	2	kpl	170	56334.01272	0.00020	2	kpl	170
56280.11329	0.00005	1	kpl	170	56334.95966	0.00003	1	kpl	170
56281.05829	0.00014	2	kpl	170	56335.90393	0.00020	2	kpl	170
56282.00455	0.00004	1	kpl	170	56336.85092	0.00003	1	kpl	170
56282.94950	0.00013	2	kpl	170	56337.79517	0.00016	2	kpl	170
56283.89581	0.00004	1	kpl	170	56338.74217	0.00002	1	kpl	170
56284.84083	0.00015	2	kpl	170	56339.68638	0.00019	2	kpl	170

EK 2 UZ Lyr sistemi için minimum zamanları tablosu ve kaynaklar listesi (Devamı)

HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref	HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref
56340.63342	0.00003	1	kpl	170	56384.13231	0.00002	1	kpl	170
56341.57769	0.00016	2	kpl	170	56385.07574	0.00010	2	kpl	170
56342.52466	0.00003	1	kpl	170	56386.02357	0.00003	1	kpl	170
56343.46889	0.00017	2	kpl	170	56386.96702	0.00008	2	kpl	170
56344.41592	0.00004	1	kpl	170	56387.91483	0.00002	1	kpl	170
56345.36008	0.00015	2	kpl	170	56388.85820	0.00005	2	kpl	170
56346.30716	0.00006	1	kpl	170	56389.80607	0.00009	1	kpl	170
56347.25130	0.00020	2	kpl	170	56390.74947	0.00008	2	kpl	170
56348.19841	0.00002	1	kpl	170	56392.64070	0.00021	2	kpl	170
56349.14250	0.00016	2	kpl	170	56393.58859	0.00001	1	kpl	170
56350.08967	0.00001	1	kpl	170	56394.53198	0.00005	2	kpl	170
56351.03363	0.00015	2	kpl	170	56395.47987	0.00010	1	kpl	170
56351.98092	0.00002	1	kpl	170	56396.42321	0.00007	2	kpl	170
56352.92484	0.00014	2	kpl	170	56397.37113	0.00003	1	kpl	170
56353.87217	0.00004	1	kpl	170	56398.31445	0.00008	2	kpl	170
56354.81613	0.00012	2	kpl	170	56399.26239	0.00006	1	kpl	170
56355.76348	0.00003	1	kpl	170	56400.20573	0.00008	2	kpl	170
56356.70721	0.00023	2	kpl	170	56401.15366	0.00005	1	kpl	170
56357.65473	0.00004	1	kpl	170	56402.09705	0.00007	2	kpl	170
56359.54597	0.00004	1	kpl	170	56403.04491	0.00003	1	kpl	170
56360.48972	0.00021	2	kpl	170	56403.98831	0.00008	2	kpl	170
56361.43724	0.00005	1	kpl	170	56404.93617	0.00001	1	kpl	170
56362.38096	0.00006	2	kpl	170	56405.87968	0.00005	2	kpl	170
56363.32850	0.00004	1	kpl	170	56406.82743	0.00002	1	kpl	170
56364.27222	0.00013	2	kpl	170	56407.77099	0.00010	2	kpl	170
56365.21975	0.00001	1	kpl	170	56408.71869	0.00005	1	kpl	170
56366.16353	0.00007	2	kpl	170	56409.66217	0.00008	2	kpl	170
56367.11100	0.00001	1	kpl	170	56410.60994	0.00005	1	kpl	170
56368.05474	0.00009	2	kpl	170	56411.55347	0.00010	2	kpl	170
56369.00226	0.00002	1	kpl	170	56412.50121	0.00002	1	kpl	170
56369.94600	0.00005	2	kpl	170	56413.44481	0.00014	2	kpl	170
56370.89353	0.00002	1	kpl	170	56414.39247	0.00003	1	kpl	170
56371.83719	0.00013	2	kpl	170	56420.06625	0.00001	1	kpl	170
56372.78478	0.00002	1	kpl	170	56421.01042	0.00028	2	kpl	170
56373.72834	0.00017	2	kpl	170	56421.95752	0.00001	1	kpl	170
56374.67604	0.00000	1	kpl	170	56422.90169	0.00028	2	kpl	170
56375.61961	0.00011	2	kpl	170	56423.84879	0.00001	1	kpl	170
56376.56730	0.00000	1	kpl	170	56499.49810	0.00100	1	ccd	148
56377.51084	0.00009	2	kpl	170	56535.43410	0.00330	1	ccd	148
56378.45855	0.00005	1	kpl	170	56754.82300	0.00040	1	ccd	149
56379.40205	0.00011	2	kpl	170	56830.47000	0.00270	1	ccd	150
56380.34981	0.00005	1	kpl	170	56830.47030	0.00040	1	ccd	150
56381.29325	0.00014	2	kpl	170	56864.51503	0.00070	1	ccd	147
56382.24107	0.00002	1	kpl	170	57214.39720	0.00270	1	ccd	152
56383.18450	0.00013	2	kpl	170	57227.63470	0.00010	1	ccd	151

EK 2 UZ Lyr sistemi için minimum zamanları tablosu ve kaynaklar listesi (Devamı)

HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref	HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref
57227.63560	0.00020	1	ccd	151	59397.85226	0.00021	2	tss	171
57577.51660	0.00090	1	ccd	153	59398.79573	0.00004	1	tss	171
57609.66790	0.00010	1	ccd	155	59399.74342	0.00020	2	tss	171
57891.46470	0.00080	1	ccd	157	59400.68696	0.00003	1	tss	171
57902.81390	0.00010	1	ccd	156	59401.63478	0.00019	2	tss	171
57974.67180	0.00040	1	ccd	167	59402.57822	0.00003	1	tss	171
58322.67160	0.00010	1	ccd	158	59403.52631	0.00024	2	tss	171
58343.47520	0.00010	1	ccd	158	59405.41737	0.00017	2	tss	171
58638.51400		1	vis	162	59406.36076	0.00002	1	tss	171
58674.44050	0.00010	1	ccd	159	59407.30862	0.00021	2	tss	171
58683.90153	0.00003	1	tss	171	59408.25202	0.00003	1	tss	171
58684.84641	0.00029	2	tss	171	59409.20008	0.00020	2	tss	171
58685.79276	0.00004	1	tss	171	59410.14326	0.00003	1	tss	171
58686.73784	0.00021	2	tss	171	59411.09097	0.00018	2	tss	171
58687.68401	0.00004	1	tss	171	59412.03452	0.00003	1	tss	171
58688.62870	0.00027	2	tss	171	59412.98204	0.00022	2	tss	171
58689.57529	0.00004	1	tss	171	59413.92585	0.00003	1	tss	171
58690.51998	0.00020	2	tss	171	59414.87360	0.00017	2	tss	171
58691.46655	0.00005	1	tss	171	59415.81709	0.00002	1	tss	171
58694.30251	0.00029	2	tss	171	59416.76462	0.00020	2	tss	171
58695.24909	0.00004	1	tss	171	59417.70835	0.00003	1	tss	171
58696.19382	0.00022	2	tss	171	59418.65609	0.00023	2	tss	171
58698.08441	0.00019	2	tss	171	59420.54731	0.00018	2	tss	171
58699.03159	0.00004	1	tss	171	59421.49083	0.00003	1	tss	171
58699.97623	0.00022	2	tss	171	59422.43849	0.00019	2	tss	171
58700.92283	0.00003	1	tss	171	59423.38215	0.00003	1	tss	171
58701.86771	0.00024	2	tss	171	59424.32961	0.00021	2	tss	171
58702.81407	0.00004	1	tss	171	59425.27343	0.00003	1	tss	171
58703.75854	0.00025	2	tss	171	59426.22060	0.00015	2	tss	171
58704.70537	0.00004	1	tss	171	59427.16469	0.00003	1	tss	171
58705.65001	0.00022	2	tss	171	59428.11246	0.00019	2	tss	171
58706.59675	0.00010	1	tss	171	59429.05598	0.00003	1	tss	171
58708.48786	0.00004	1	tss	171	59430.00349	0.00021	2	tss	171
58709.43260	0.00019	2	tss	171	59430.94721	0.00003	1	tss	171
58988.39130	0.00110	1	ccd	160	59431.89497	0.00015	2	tss	171
59003.52150	0.00210	1	ccd	163	59433.78565	0.00020	2	tss	171
59018.65330	0.00020	1	ccd	161	59434.72975	0.00002	1	tss	171
59056.47670	0.00010	1	ccd	161	59435.67768	0.00023	2	tss	171
59391.23066	0.00003	1	tss	171	59436.62104	0.00003	1	tss	171
59392.17857	0.00018	2	tss	171	59437.56894	0.00019	2	tss	171
59393.12192	0.00003	1	tss	171	59438.51229	0.00003	1	tss	171
59394.06976	0.00021	2	tss	171	59439.46019	0.00020	2	tss	171
59395.01323	0.00003	1	tss	171	59440.40358	0.00003	1	tss	171
59395.96114	0.00021	2	tss	171	59441.35183	0.00020	2	tss	171
59396.90441	0.00004	1	tss	171	59442.29486	0.00002	1	tss	171

EK 2 UZ Lyr sistemi için minimum zamanları tablosu ve kaynaklar listesi (Devamı)

HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref	HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref
59443.24301	0.00016	2	tss	171	59808.25662	0.00027	2	tss	171
59444.18614	0.00003	1	tss	171	59809.20063	0.00003	1	tss	171
59445.13426	0.00019	2	tss	171	59811.09190	0.00003	1	tss	171
59446.07740	0.00002	1	tss	171	59812.03942	0.00020	2	tss	171
59457.42430	0.00010	1	ccd	164	59812.98318	0.00003	1	tss	171
59763.81010	0.00020	1	ccd	165	59813.93089	0.00017	2	tss	171
59770.43236	0.00025	2	tss	171	59814.87445	0.00002	1	tss	171
59771.37520	0.00003	1	tss	171	59815.82224	0.00016	2	tss	171
59772.32322	0.00017	2	tss	171	59816.76571	0.00003	1	tss	171
59773.26647	0.00003	1	tss	171	59817.71352	0.00022	2	tss	171
59774.21475	0.00023	2	tss	171	59818.65697	0.00003	1	tss	171
59775.15779	0.00003	1	tss	171	59819.60468	0.00020	2	tss	171
59776.10543	0.00026	2	tss	171	59820.54826	0.00003	1	tss	171
59777.04904	0.00003	1	tss	171	59822.43944	0.00003	1	tss	171
59777.99704	0.00024	2	tss	171	59823.38722	0.00020	2	tss	171
59778.94037	0.00003	1	tss	171	60151.51910	0.00010	1	ccd	168
59779.88815	0.00021	2	tss	171	60151.51980	0.00008	1	ccd	169
59780.83165	0.00003	1	tss	171	60151.52027	0.00001	1	ccd	169
59781.77944	0.00023	2	tss	171	60206.36723	0.00011	1	ccd	169
59783.67047	0.00022	2	tss	171	60206.36725	0.00010	1	ccd	169
59784.61416	0.00003	1	tss	171	60313.22472	0.00019	2	tss	171
59785.56187	0.00021	2	tss	171	60314.16910	0.00003	1	tss	171
59786.50543	0.00003	1	tss	171	60315.11600	0.00019	2	tss	171
59787.45315	0.00023	2	tss	171	60316.06036	0.00003	1	tss	171
59788.39665	0.00003	1	tss	171	60317.00700	0.00016	2	tss	171
59789.34432	0.00023	2	tss	171	60317.95165	0.00003	1	tss	171
59790.28797	0.00003	1	tss	171	60319.84291	0.00003	1	tss	171
59791.23572	0.00021	2	tss	171	60320.78989	0.00020	2	tss	171
59792.17921	0.00003	1	tss	171	60321.73413	0.00003	1	tss	171
59793.12674	0.00021	2	tss	171	60322.68114	0.00025	2	tss	171
59794.07046	0.00003	1	tss	171	60323.62544	0.00002	1	tss	171
59795.01776	0.00023	2	tss	171	60324.57248	0.00020	2	tss	171
59795.96175	0.00002	1	tss	171	60325.51664	0.00003	1	tss	171
59797.85303	0.00003	1	tss	171	60326.46367	0.00017	2	tss	171
59798.80096	0.00018	2	tss	171	60327.40792	0.00003	1	tss	171
59799.74430	0.00003	1	tss	171	60328.35469	0.00025	2	tss	171
59800.69182	0.00025	2	tss	171	60329.29923	0.00003	1	tss	171
59801.63559	0.00003	1	tss	171	60330.24610	0.00017	2	tss	171
59802.58309	0.00024	2	tss	171	60331.19044	0.00003	1	tss	171
59803.52685	0.00003	1	tss	171	60332.13726	0.00018	2	tss	171
59804.47431	0.00021	2	tss	171	60334.02862	0.00020	2	tss	171
59805.41808	0.00003	1	tss	171	60334.97294	0.00003	1	tss	171
59805.41850	0.00010	1	ccd	166	60335.92005	0.00018	2	tss	171
59806.36555	0.00021	2	tss	171	60336.86422	0.00002	1	tss	171
59807.30937	0.00003	1	tss	171	60337.81151	0.00019	2	tss	171

EK 2 UZ Lyr sistemi için minimum zamanları tablosu ve kaynaklar listesi (Devamı)

HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref
60338.75549	0.00003	1	tss	171
60507.07812	0.00003	1	tss	171
60508.02686	0.00022	2	tss	171
60508.96935	0.00003	1	tss	171
60509.91808	0.00019	2	tss	171
60510.86065	0.00002	1	tss	171
60511.80939	0.00023	2	tss	171
60512.75191	0.00003	1	tss	171
60513.70039	0.00021	2	tss	171
60514.64318	0.00003	1	tss	171
60515.59226	0.00027	2	tss	171
60516.53446	0.00003	1	tss	171

HJDMin 24...	Hata	Tür	Met.	*Ref
60520.31694	0.00002	1	tss	171
60521.26605	0.00023	2	tss	171
60522.20826	0.00003	1	tss	171
60523.15757	0.00019	2	tss	171
60524.09954	0.00003	1	tss	171
60525.04892	0.00016	2	tss	171
60525.99080	0.00003	1	tss	171
60526.93966	0.00027	2	tss	171
60527.88203	0.00003	1	tss	171
60528.83095	0.00022	2	tss	171
60529.77331	0.00003	1	tss	171
60530.72223	0.00020	2	tss	171

EK 2 UZ Lyr sistemi için minimum zamanları tablosu ve kaynaklar listesi (Devamı)

(*) UZ Lyr sisteminin minimum zamanlarının referans listesi

Ref. No	ADS BibCode	Referans
1	1921AN....213..289L	Leiner E., 1921, AN, 213, 289
2	1922AN....216..153L	Leiner E., 1922, AN, 216, 153
3	1925AN....226...97L	Leiner E., 1925, AN, 226, 97
4	1931AN....242...65N	Nijland A.A., 1931, AN, 242, 65
5	1935AN....254..373L	Lause F., 1935, AN, 254, 373
6	1938AN....266...17L	Lause F., 1938, AN, 266, 17
7	1951AN....279..178P	Pohl E., 1951, AN, 279, 178
8	1953AcA.....5c..10S	Szafraniec R., 1953, AcA Ser.C, 5, 10
9	1953AcA.....5c..51S	Szafraniec R., 1953, AcA Ser.C, 5, 51
10	1953AN....281..113D	Domke K., Pohl E., 1953, AN, 281, 113
11	-	Tsesevich V.P., 1954, IzOde, 4, 205
12	1955AcA.....5c.189S	Szafraniec R., 1955, AcA Ser.C, 5, 189
13	1955AcA.....5c.193S	Szafraniec R., 1955, AcA Ser.C, 5, 193
14	1956AcA.....6..141S	Szafraniec R., 1956, AcA, 6, 141
15	-	Chis G., 1956, BSSS, 8, 784
16	-	Todoran I., 1956, BSSS, 8, 784
17	-	Chis G., 1956, SCA, 4, 403
18	-	Todoran I., 1956, SCA, 4, 403
19	1957AcA.....7..188S	Szafraniec R., 1957, AcA, 7, 188
20	1958AcA.....8..189S	Szafraniec R., 1958, AcA, 8, 189
21	-	Lange G.A., 1959, ATsir, 200, 14
22	-	Todoran I., 1959, SCA, 5, 331
23	1960AcA....10...69S	Szafraniec R., 1960, AcA, 10, 69
24	-	Todoran I., 1961, SCA, 8, 245
25	1964AJ.....69..316F	Fitch W.S., 1964, AJ, 69, 316
26	1964AN....288...69P	Pohl E., Kızılırmak A., 1964, AN, 288, 69
27	1964BAICz..15..250O	Oburka O., 1964, BAICz, 15, 250
28	-	Scholz S., 1964, HarZi, 30, no: 30
29	1965AN....288..167D	Dueball J., Lehmann P.B., 1965, AN, 288, 167
30	1965BAICz..16..212O	Oburka O., 1965, BAICz, 16, 212
31	1966AcA....16..157S	Szafraniec R., 1966, AcA, 16, 157
32	1967AcA....17...59F	Flin P., Slowik A., 1967, AcA, 17, 59
33	1967AN....290..105B	Braune W., Hübscher J., 1967, AN, 290, 105
34	1968CoBrn...5.....O	Oburka O., 1968, CoBrn, 5,
35	1969AcA....19..173F	Flin P., 1969, AcA, 19, 173
36	1969IBVS..328....1F	Flin P., 1969, IAU-IBVS, 328, 1
37	1969Orion..14..159L	Locher K., 1969, Orion, 14 (No: 115), 159
38	1970AN....292..185B	Braune W., Hübscher J., Mundry E., 1970, AN, 292, 185
39	1971CoBrn..12....3S	Oburka O., 1971, CoBrn, 12, 3
40	1971IBVS..573....1K	Klimek Z., 1971, IAU-IBVS, 573, 1
41	1971Orion..29..111D	Diethelm R., Locher K., 1971, Orion, 29 (No:125), 111
42	1971Orion..29..142D	Diethelm R., Isles J., Locher K., 1971, Orion, 29 (No:126), 142
43	1972AN....294..123B	Braune W., Hübscher J., Mundry E., 1972, AN, 294, 123
44	1972BBSAG...1....1D	Diethelm R., et al., 1972, BBSAG Bull., no: 1, 2
45	-	Diethelm R., et al., 1972, BBSAG Bull., no: 4, 2
46	-	
47	1973BBSAG..10....1D	Diethelm R., et al., 1973, BBSAG Bull., no: 10, 2
48	1973, BBSAG, No: 12	Diethelm R., et al., 1973, BBSAG Bull., no: 12, 3
49	1973IBVS..779....1K	Klimek Z., 1973, IAU-IBVS, 779, 1
50	-	Diethelm R., et al., 1974, BBSAG Bull., no: 15, 2

EK 2 UZ Lyr sistemi için minimum zamanları tablosu ve kaynaklar listesi (Devamı)

(*) UZ Lyr sisteminin minimum zamanlarının referans listesi

Ref. No	ADS BibCode	Referans
51	-	Diethelm R., et al., 1975, BBSAG Bull., no: 22, 3
52	1977AcA....27..151D	Baumann M., et al., 1975, BBSAG Bull., no: 24, 3
53	1977AN....298..121B	Dworak T.Z., 1977, AcA, 27, 151
54	1977BBSAG..34....1A	Braune W., Hübscher J., Mundry E., 1977, AN, 298, 121
55	1977IBVS.1255....1K	Albert P., et al., 1977, BBSAG Bull., no: 34, 3
56	1978BBSAG..36....1A	Kreiner J.M., Winiarski M., 1977, IAU-IBVS, 1255, 1
57	-	Benucci M., et al., 1978, BBSAG Bull., no: 37, 4
58	-	Andrakakou M., et al., 1978, BBSAG Bull., no: 39, 4
59	1979AN....300..165B	Agnesoni C., et al., 1978, BBSAG Bull., no: 40, 4
60	1979BBSAG..44....1A	Braune W., Hübscher J., Mundry E., 1979, AN, 300, 165
61	1979BBSAG..44....1A	Andrakakou M., et al., 1979, BBSAG Bull., no: 44, 3
62	1980AN....301..327K	Andrakakou M., et al., 1979, BBSAG Bull., no: 45, 4
63	1980ApJS...44..241M	Kreiner J.M., Mistecka A., Winiarski M., 1980, AN, 301, 327
64	1980BBSAG..46....1A	Mallama A.D., 1980, ApJS, 44, 241
65	1980BBSAG..49....1A	Boninsegna R., et al., 1980, BBSAG Bull., no: 48, 2
66	1981BBSAG..56....1A	Andrakakou M., et al., 1980, BBSAG Bull., no: 50, 4
67	1981BBSAG..56....1A	Andrakakou M., et al., 1981, BBSAG Bull., no: 56, 5
68	1982BBSAG..58....1A	Andrakakou M., et al., 1981, BBSAG Bull., no: 57, 4
69	1982BBSAG..61....1B	Biedermann B., et al., 1982, BBSAG Bull., no: 60, 3
70	1982BBSAG..61....1B	Boistel G., et al., 1982, BBSAG Bull., no: 62, 4
71	1982CoBrn..23....4P	Andrakakou M., et al., 1982, BBSAG Bull., no: 63, 2
72	1983BBSAG..67....1.	Pokorny Z., 1982, CoBrn, 23, 4
73	1983BBSAG..68....1.	Andrakakou M., et al., 1983, BBSAG Bull., no: 67, 3
74	1983BBSAG..69....1.	Boistel G., et al., 1983, BBSAG Bull., no: 68, 4
75	1984BBSAG..74....1.	Boninsegna R., et al., 1983, BBSAG Bull., no: 69, 4
76	-	Boninsegna R., et al., 1984, BBSAG Bull., no: 74, 4
77	-	Isles J., 1985, BAAVC, 60, 15
78	1985BBSAG..77....1.	Isles J., 1985, BAAVC, 61, 14
79	1985BBSAG..78....1.	Acerbi F., et al., 1985, BBSAG Bull., no: 77, 4
70	1985CoBrn..26....4M	Acerbi F., et al., 1985, BBSAG Bull., no: 78, 5
81	-	Mikulasek Z., 1985, CoBrn, 26, 4
82	1986BBSAG..81....1.	Unpublished, 1986, 1987, 1991, (O-C) Gateway, ,
83	1986CoBrn..27....4M	Diethelm R., et al., 1986, BBSAG Bull., no: 81, 4
84	1987BAVSM..46.....B	Mikulasek Z., 1986, CoBrn, 27, 4
85	1987BBSAG..82....1.	Braune W., Hübscher J., 1987, BAVM, no: 46,
86	1987BBSAG..84....1.	Blattler E., et al., 1987, BBSAG Bull., no: 82, 4
87	1987BBSAG..85....1.	Blattler E., et al., 1987, BBSAG Bull., no: 84, 4
88	1988BBSAG..89....1.	Diethelm R., et al., 1987, BBSAG Bull., no: 85, 3
89	1988CoBrn..28....4.	Acerbi F., et al., 1988, BBSAG Bull., no: 89, 8
90	1989BBSAG..92.....	Borovicka J., et al., 1988, CoBrn, 28, 4
91	1990BBSAG..93....2.	Acerbi F., et al., 1989, BBSAG Bull., no: 92, 4
92	1990BBSAG..96....1.	Acerbi F., et al., 1990, BBSAG Bull., no: 93, 5
93	1991BBSAG..98....1.	Acerbi F., et al., 1990, BBSAG Bull., no: 96, 5
94	1992BBSAG.101....1.	Acerbi F., et al., 1991, BBSAG Bull., no: 98, 7
95	1992BBSAG.102....1.	Acerbi F., et al., 1992, BBSAG Bull., no: 101, 5
96	1992BBSAG..99....1.	Acerbi F., et al., 1992, BBSAG Bull., no: 102, 6
97	1992CoBrn..30....1.	Blatter E., et al., 1992, BBSAG Bull., no: 99, 6
98	1994BBSAG.105....1.	Borovicka J., Griffith T., Novak P. (eds.), 1992, CoBrn, 30, 4
99	1994BBSAG.106....1.	Blatter E., et al., 1994, BBSAG Bull., no: 105, 4
100	1994BBSAG.107....1.	Acerbi F., et al., 1994, BBSAG Bull., no: 106, 5

EK 2 UZ Lyr sistemi için minimum zamanları tablosu ve kaynaklar listesi (Devamı)

(*) UZ Lyr sisteminin minimum zamanlarının referans listesi

Ref. No	ADS BibCode	Referans
101	1995BBSAG.108....1.	Barani C., et al., 1995, BBSAG Bull., no: 108, 7
102	1995BBSAG.110....1.	Acerbi F., et al., 1995, BBSAG Bull., no: 110, 9
103	1995CoBrn..31....4.	Zejda M. (ed.), 1995, CoBrn, 31, 4
104	1996BBSAG.111....1.	Blatter E., et al., 1996, BBSAG Bull., no: 111, 6
105	1996BBSAG.112....1.	Acerbi F., et al., 1996, BBSAG Bull., no: 112, 7
106	1996BBSAG.113....1.	Blatter E., et al., 1996, BBSAG Bull., no: 113, 10
107	1997BBSAG.114....1.	Acerbi F., et al., 1997, BBSAG Bull., no: 114, 9
108	1997BBSAG.115....1.	Blatter E., et al., 1997, BBSAG Bull., no: 115, 12
109	1998BAVSM.113....1H	Hübscher J., et al., 1998, BAVM, no: 113, 1
110	1998BBSAG.116....1.	Blatter E., et al., 1998, BBSAG Bull., no: 116, 18
111	-	Unpublished, 1999, (O-C) Gateway - from ROTSE data
112	1999BAVSM.122....1H	Hübscher J., et al., 1999, BAVM, no: 122
113	1999BBSAG.120....1.	Blatter E., et al., 1999, BBSAG Bull., no: 120, 6
114	1999IBVS.4711....1A	Agerer F., Hübscher J., 1999, IAU-IBVS, 4711, 1
115	2000BBSAG.121....1.	Blatter E., et al., 2000, BBSAG Bull., no: 121, 8
116	-	Blatter E., et al., 2000, BBSAG Bull., no: 123, 6
117	2000IBVS.4877....1O	Ogloza W., Drozdz M., Zola, S., 2000, IAU-IBVS, 4877, 1
118	-	Blatter E., et al., 2001, BBSAG Bull., no: 125, 6
119	2001IBVS.5017....1A	Agerer F., Dahm M., Hübscher J., 2001, IAU-IBVS, 5017, 1
120	2002omte.book.....B	Baldwin M.E., Samolyk G., 2002, AAVSO - EBM, No: 7
121	2002BAVSM.154....1H	Hübscher J., Agerer F., Busch H., et al., 2002, BAVM, no: 154, 1
122	-	Blatter E., et al., 2002, BBSAG Bull., no: 128, 7
123	-	Zejda M. (ed.), 2002, CoBrn, 32, 4
124	2002IBVS.5296....1A	Agerer F., Hübscher J., 2002, IAU-IBVS, 5296, 1
125	2003IBVS.5438....1D	Diethelm R., 2003, IAU-IBVS, 5438, 1
126	2004BAVSM.171....1H	Hübscher J., 2004, BAVM, no: 171, 1
127	2004IBVS.5493....1N	Nelson R.H., 2004, IAU-IBVS, 5493, 1
128	2004IBVS.5543....1D	Diethelm R., 2004, IAU-IBVS, 5543, 1
129	2005BAVSM.174....1H	Hübscher J., et al., 2005, BAVM, no: 174, 1
130	2005IBVS.5657....1H	Hübscher J., Paschke A., Walter F., 2005, IAU-IBVS, 5657, 1
131	2005OEJV....3....1L	Locher K., 2005, OEJV, no: 3
132	2005, VSOLJ, No:43	Nagai K., 2005, VSOLJ, no: 43
133	2006BAVSM.179....1H	Hübscher J., et al., 2006, BAVM, no: 179, 2
134	AAVSO-EBM, No:12	Baldwin M.E., Samolyk G., 2007, AAVSO - EBM, No: 12
135	2007OEJV...74....1B	Brát L., Zejda M., Svoboda P., 2007, OEJV, no: 74, 1
136	2008IBVS.5830....1H	Hübscher J., et al., 2008, IAU-IBVS, 5830, 1
137	2008JAVSO..36..186S	Samolyk G., 2008, JAAVSO, 36, 186
138	2008, VSOLJ, No:47	Nagai K., 2008, VSOLJ, no: 47
139	2009IBVS.5874....1H	Hübscher J., et al., 2009, IAU-IBVS, 5874, 1
140	2010IBVS.5918....1H	Hübscher J., et al., 2010, IAU-IBVS, 5918, 1
141	2010IBVS.5931....1Z	Zasche P., 2010, IAU-IBVS, 5931, 1
142	2010IBVS.5941....1H	Hübscher J., et al., 2010, IAU-IBVS, 5941, 1
143	2010JAVSO..38...85S	Samolyk G., 2010, JAAVSO, 38, 85
144	2010JAVSO..38..183S	Samolyk G., 2010, JAAVSO, 38, 183
145	2013IBVS.6048....1H	Hübscher J., et al., 2013, IAU-IBVS, 6048, 1
146	2013JAVSO..41..122S	Samolyk G., 2013, JAAVSO, 41, 122
147	2014IBVS.6114....1Z	Zasche P., et al., 2014, IAU-IBVS, 6114, 1
148	2014IBVS.6118....1H	Hübscher J., 2014, IAU-IBVS, 6118, 1
149	2014JAVSO..42..426S	Samolyk G., 2014, JAAVSO, 42, 426
150	2015IBVS.6149....1H	Hübscher J., Lehmann .P.B., 2015, IAU-IBVS, 6149, 1

EK 2 UZ Lyr sistemi için minimum zamanları tablosu ve kaynaklar listesi (Devamı)

(*) UZ Lyr sisteminin minimum zamanlarının referans listesi

Ref. No	**ADS BibCode**	**Referans**
151	2015JAVSO..43..238S	Samolyk G., 2015, JAAVSO, 43, 238
152	2016IBVS.6157....1H	Hübscher J., 2016, IAU-IBVS, 6157, 1
153	2017IBVS.6196....1H	Hübscher J., 2017, IAU-IBVS, 6196, 1
154	2017IBVS.6230....1L	Lampens P., et al., 2017, IAU-IBVS, 6230, 1
155	2017JAVSO..45..121S	Samolyk G., 2017, JAAVSO, 45, 121
156	2017JAVSO..45..215S	Samolyk G., 2017, JAAVSO, 45, 215
157	2018IBVS.6244....1P	Leinhard P., 2018, IAU-IBVS, 6244, 1
158	2018JAVSO..46..184S	Samolyk G., 2018, JAAVSO, 46, 184
159	2019JAVSO..47..265S	Samolyk G., 2019, JAAVSO, 47, 265
160	2020BAVJ...40....1P	Paschke A., 2020, BAVJ, no: 40, 1
161	2020JAVSO..48..256S	Samolyk G., 2020, JAAVSO, 48, 256
162	-	Nagai K., 2020, VSOLJ, no: 67, 1
163	2022BAVJ...60....1P	Pagel L., 2022, BAVJ, no: 60, 1
164	2022JAVSO..50..133S	Samolyk G., 2022, JAAVSO, 50, 133
165	2022JAVSO..50..255S	Samolyk G., 2022, JAAVSO, 50, 255
166	2023JAVSO..51..134S	Samolyk G., 2023, JAAVSO, 51, 134
167	2023JAVSO..51..138C	Cook S.P., 2023, JAAVSO, 51, 138
168	2023JAVSO..51..250S	Samolyk G., 2023, JAAVSO, 51, 250
169	-	Bu çalışma, *AÜKR*
170	-	*Kepler*
171	-	*TESS*