

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

**SEÇİLEN BAZI ÖRTEN ÇİFT YILDIZ**  
**SİSTEMLERİNDE DÖNEM ANALİZİYLE**  
**ÖTEGEZEĞEN ARAŞTIRILMASI**

**Çağlayan NEHİR**

**Fizik Anabilim Dalı**

**Tezin Sunulduğu Tarih: 05/01/2015**

**Tez Danışmanı:**

**Doç. Dr. İbrahim BULUT**

**ÇANAKKALE**

Çağlayan NEHİR tarafından Doç. Dr. İbrahim BULUT yönetiminde hazırlanan ve 05/01/2015 tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan “**Seçilen Bazı Örtün Çift Yıldız Sistemlerinde Dönem Analiziyle Ötegezegen Araştırılması**” başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Fizik Anabilim Dalı**’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

**JÜRİ**

Prof. Dr. Osman DEMİRCAN

**Başkan**

.....

Prof. Dr. Caner ÇİÇEK

**Üye**

.....

Doç. Dr. İbrahim BULUT

**Üye**

.....

Sıra No:.....

## İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI

**Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.**

Çağlayan NEHİR

## TEŞEKKÜR

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

Tezimin hazırlanması sırasında vakitlerini ayırıp derdimi dinleyen, yorumları ve tavsiyeleri ile bana yardımcı olan Arş. Gör. Fahri ALIÇAVUŞ'a, Arş Gör. Efecan TUNÇ'a, Fen ve Teknoloji Öğr. Elif KARABACAK'a, doktora öğrencisi Tunç ŞENYÜZ'e ve yüksek lisans öğrencisi Okan BODUR'a teşekkür ederim.

En çekilmez olduğum anlarda bile bana tahammül eden eşim Gizem NEHİR'e, hayatımın her evresinde bana koşulsuz destek olan kardeşim Aycan NEHİR'e, gölgesine bile ihtiyaç duyduğum babam Aydoğan NEHİR'e ve fedakârlık kahramanı canım annem Nermin NEHİR'e sonsuz şükranlarımı sunarım.

Çağlayan NEHİR

Çanakkale, Ocak 2015

## SİMGELER VE KISALTMALAR

|            |                                                                                               |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| $A$ (gün)  | Sinüzoidal yapının yarı genliği                                                               |
| $a$        | Yörünge yarı-büyük eksen uzunluğu                                                             |
| $a_{12}$   | Çift sistemin, üçüncü bileşen ile olan ortak kütle merkezine uzaklığı                         |
| $a_3$      | Üçüncü bileşenin, üçlü sistemin ortak kütle merkezine uzaklığı                                |
| AB         | Astronomik birim                                                                              |
| O-C        | Gözlenen ve hesaplanan minimum zamanlarının farkı                                             |
| $i$ (°)    | Yörünge eğim açısı                                                                            |
| $c$        | Işık hızı                                                                                     |
| $R_\odot$  | Güneş yarıçapı                                                                                |
| $e$        | Dışmerkezlilik                                                                                |
| $E$        | Çevrim sayısı                                                                                 |
| $f(m_3)$   | Üçüncü cisim için kütle fonksiyonu                                                            |
| $M_3$      | Üçüncü cismin kütlesi                                                                         |
| $T_0$      | Tutulma başlangıç zamanı                                                                      |
| HJD        | Güneş merkezli Julien günü                                                                    |
| BJD        | Kütle merkezli Julien günü                                                                    |
| $M_\odot$  | Güneş kütlesi                                                                                 |
| $M_j$      | Jüpiter kütlesi                                                                               |
| $M_{1,2}$  | Bileşen yıldızların kütleleri                                                                 |
| $P$        | Çift yıldız sisteminin yörünge dönemi                                                         |
| $P_{3,4}$  | İlave cisimlerin ortak kütle merkezi etrafında dolanma dönemi                                 |
| $a \sin i$ | Çift sistemin ışık-zaman yörüngesinin gökyüzü düzlemine izdüşümünün yarı-büyük eksen uzunluğu |
| $\omega$   | Çift sistemin ışık-zaman yörüngesi üzerindeki enberi noktasının $T_0$ anındaki boylamı        |
| $v$        | Gerçek ayrıklık                                                                               |
| $T_s$      | Işık-zaman yörüngesi üzerinde bileşenlerin enberi noktasından geçiş zamanı                    |
| $G$        | Evrensel çekim sabiti                                                                         |
| $R_{1,2}$  | Bileşen yıldızların yarıçapları                                                               |
| K          | Kelvin                                                                                        |

|                |                                     |
|----------------|-------------------------------------|
| $T_{1,2}$      | Bileşen yıldızların sıcaklıkları    |
| $\dot{\omega}$ | Birim zamanda eksen dönmesi miktarı |
| $P_s$          | Yıldızıl yörünge dönemi             |
| $U$            | Eksen dönmesinin dönemi             |
| $P_a$          | Kavuşum dönemi                      |

## ÖZET

### SEÇİLEN BAZI ÖRTEN ÇİFT YILDIZ SİSTEMLERİNDE DÖNEM ANALİZİYLE ÖTEGEZEĞEN ARAŞTIRILMASI

Çağlayan NEHİR

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Fizik Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. İbrahim BULUT

05/01/2015, 54

Örten çift yıldızlarda yörünge döneminin zamanla değişiminin incelenmesi kütle aktarımı, manyetik etkinlik, eksen dönmesi gibi birçok fiziksel olayın açıklanmasında kullanılan önemli bir yöntemdir. Dönemin değişimine neden olan etkilerden birisi de ışık-zaman etkisi olarak adlandırılan çift sisteme çekimsel olarak bağlı bileşen veya bileşenlerin varlığıdır. Bu yöntemle sisteme bağlı bileşenin yörünge parametreleri bulunabildiği gibi kütlesi de tahmin edilebilmektedir.

Bu tez çalışmasında, O-C eğrileri çoklu sistem karakteristiği gösteren HW Vir, CM Dra, UZ Lyr, LT Her, V995 Cyg ve V404 Lyr örten çift yıldız sistemlerinin dönem analizleri yapılmıştır. Bunun için literatürden sistemlerin gözlenmiş tüm minimum zamanları toplanmış, bunlara ek olarak da çeşitli veri tabanlarından ve Kepler Uzay Teleskobu ile elde edilmiş fotometrik gözlemlerden Kwee-van Woerden (1956) yöntemi kullanılarak yeni minimum zamanları hesaplanmıştır.

Yapılan analizlere göre çalışılan sistemlerde ilave cisimlerin olduğu, ayrıca HW Vir, UZ Lyr, LT Her, V995 Cyg ve V404 Lyr sistemlerinde dördüncü bir bileşenin varlığı, CM Dra sisteminde eksen dönmesi olduğu görülmüştür. Analizlerden HW Vir'in 19 ve 28  $M_j$  kütleli, UZ Lyr'in 258 ve 317  $M_j$  kütleli, LT Her'in 327 ve 259  $M_j$  kütleli, V995 Cyg'nin 1 ve 5  $M_\odot$  kütleli ve V404 Lyr'in 477 ve 53  $M_j$  kütleli ilave bileşenlere sahip sistemler olduğu, CM Dra'nın üçüncü bileşeninin minimum kütlesinin ise 2  $M_j$  olduğu hesaplanmıştır.

Spiegel ve ark. (2010) verdiği kütle sınırları göz önüne alındığında HW Vir'in ilave bileşenlerinin kahverengi cüce olduğu, CM Dra'nın üçüncü bileşeninin ötegezegen olduğu, V404 Lyr'in ilave bileşenlerinden birinin kahverengi cüce olduğu fakat tüm sistemlerdeki diğer ilave bileşenlerin ise ötegezegen veya kahverengi cüce olamayacağı sonucuna varılmıştır.

**Anahtar sözcükler:** rten Çift Yıldızlar, tegezegen, O-C Analizi, çnc Cisim, çl Sistem, Dördüncü Cisim, Kahverengi Cce, Eksen Dönmesi, HW Vir, CM Dra, UZ Lyr, LT Her, V995 Cyg, V404 Lyr.

## **ABSTRACT**

### **INVESTIGATE OF EXOPLANETS AROUND SOME SELECTED ECLIPSING BINARY SYSTEMS BY PERIOD ANALYSES**

Çağlayan NEHİR

Çanakkale Onsekiz Mart University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Master of Science Thesis in Physics Science

Advisor: Assoc. Prof. Dr. İbrahim BULUT

05/01/2015, 54

Orbital period variation by time in eclipsing binary systems is an important method for explaining multiple physical phenomena such as mass transfer, magnetic activity and apsidal motion. The existence of additional body or bodies that bounded systems gravitationally is named light-time effect which is one of the effects that it causes period variation. Orbital parameters of the additional body of system can obtain besides mass can estimate by this method.

In this thesis, period analysis of HW Vir, CM Dra, UZ Lyr, LT Her, V995 Cyg and V404 Lyr eclipsing binaries which shows multiple system characteristics in their O-C diagrams were investigated. All observed minimum times were collected from literature and in addition to these, minimum times which were computed by using Kwee-van Woerden (1956) method were added from various databases and obtained photometric observations with Kepler Space Telescope.

According to the results of analyses, investigated systems have additional bodies, also HW Vir, UZ Lyr, LT Her, V995 Cyg and V404 Lyr have fourth component and it's seen apsidal motion in CM Dra system. From the results of analyses it's obtained HW Vir with 19 and 28  $M_J$  masses, UZ Lyr with 258 and 317  $M_J$  masses, LT Her with 329 and 259  $M_J$  masses, V995 Cyg with 1 and 5  $M_\odot$  masses and V404 Lyr with 477 and 53  $M_J$  masses have additional bodies, also CM Dra has third component with 2  $M_J$  mass.

It's considered mass limits that given by Spiegel et al. (2010), it's made inferences about that components of HW Vir are brown dwarfs, third component of CM Dra is an

exoplanet, one of the components of V404 Lyr is a brown dwarf but the rest of additional bodies of all systems are neither exoplanet nor brown dwarf.

**Keywords:** Eclipsing Binary Systems, Exoplanet, O-C Analysis, Third Body, Triple Systems, Fourth Body, Brown Dwarf, Apsidal Motion, HW Vir, CM Dra, UZ Lyr, LT Her, V995 Cyg, V404 Lyr.

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa No

|                                                                                 |     |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----|
| TEZ SINAVI SONUÇ BELGESİ.....                                                   | ii  |
| İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI.....                                             | iii |
| TEŞEKKÜR.....                                                                   | iv  |
| SİMGELER VE KISALTMALAR .....                                                   | v   |
| ÖZET .....                                                                      | vii |
| ABSTRACT.....                                                                   | ix  |
| BÖLÜM 1 - GİRİŞ .....                                                           | 1   |
| 1.1. Çift Yıldızlar.....                                                        | 2   |
| 1.1.1. Gözlemsel keşfedilme yöntemlerine göre sınıflandırma .....               | 3   |
| 1.1.1.1. Görsel çift yıldızlar .....                                            | 3   |
| 1.1.1.2. Tayfsal çift yıldızlar .....                                           | 4   |
| 1.1.1.3. Astrometrik çift yıldızlar.....                                        | 4   |
| 1.1.1.4. Örtünme çift yıldızlar.....                                            | 5   |
| 1.1.2. Roche modeline göre sınıflandırma.....                                   | 7   |
| 1.1.3. Işık eğrisine göre sınıflandırma .....                                   | 7   |
| 1.2. Örtünme Çift Yıldızlarda Dönem Değişiminin Nedenleri ve O-C Eğrileri ..... | 8   |
| 1.2.1. Korunumlu kütle aktarımı veya kütle kaybı .....                          | 9   |
| 1.2.2. Manyetik etkinlik.....                                                   | 10  |
| 1.2.3. Eksen dönmesi .....                                                      | 11  |
| 1.2.4. Üçüncü cisim etkisi .....                                                | 13  |
| BÖLÜM 2 - ÖTEGEZEĞENLER.....                                                    | 16  |
| 2.1. Ötegezegenlerin Keşif Yöntemleri .....                                     | 16  |
| 2.1.1. Doğrudan görüntüleme .....                                               | 17  |
| 2.1.2. Transit geçiş.....                                                       | 17  |
| 2.1.3. Dikine hız.....                                                          | 19  |
| 2.1.4. Astrometri .....                                                         | 20  |
| 2.1.5. Mikromerceklemeler.....                                                  | 20  |
| 2.1.6. Atarca zamanı (Pulsar zamanlaması).....                                  | 21  |
| 2.1.7. Geçiş zamanındaki değişim .....                                          | 22  |
| 2.1.8. Çiftleri çevreleyen gezegenler ve dönem analizi.....                     | 22  |
| 2.2. Keşfedilen Ötegezegenlerin Sayısı.....                                     | 24  |

|                                                      |       |
|------------------------------------------------------|-------|
| 2.3. Ötegezenlerin Sınıflandırılması .....           | 25    |
| BÖLÜM 3 - SEÇİLEN YILDIZLARIN DÖNEM ANALİZLERİ ..... | 28    |
| 3.1. Yıldızların Seçimi ve Genel Özellikleri .....   | 28    |
| 3.2. Dönem Analizleri .....                          | 28    |
| 3.2.1. HW Vir .....                                  | 29    |
| 3.2.2. CM Dra .....                                  | 32    |
| 3.2.3. UZ Lyr .....                                  | 35    |
| 3.2.4. LT Her .....                                  | 37    |
| 3.2.5. V995 Cyg.....                                 | 39    |
| 3.2.6. V404 Lyr.....                                 | 41    |
| BÖLÜM 4 - SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....                  | 45    |
| KAYNAKLAR .....                                      | 48    |
| EKLER.....                                           | I     |
| EK 1 .....                                           | I     |
| EK 2 .....                                           | IV    |
| ÖZGEÇMİŞ .....                                       | XXXII |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|                                                                                                                                                                         | Sayfa No |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Şekil 1.1. Mizar ve Alcor görsel çift yıldızları.....                                                                                                                   | 3        |
| Şekil 1.2. Tayfsal çift sistemin yörünge hareketi ile tayf çizgilerinde görülen kaymalar.....                                                                           | 4        |
| Şekil 1.3. Sirius yıldızının gökyüzündeki salınım hareketi.....                                                                                                         | 5        |
| Şekil 1.4. Çift sistemin yörünge düzlemi ile gökyüzü düzlemi arasındaki yörünge eğim açısı .....                                                                        | 5        |
| Şekil 1.5. Çift sistemin yörünge hareketi sırasında ışık eğrisindeki değişimler .....                                                                                   | 6        |
| Şekil 1.6. Kütle aktarımı nedeniyle meydana gelen dönem değişimini temsil eden k katsayısının sıfırdan büyük veya küçük olma durumuna göre O-C eğrisinin değişimi ..... | 10       |
| Şekil 1.7. Manyetik etkinlik sonucu meydana gelen dönem değişimi nedeniyle görülen düzensiz sinüzoidal yapı .....                                                       | 10       |
| Şekil 1.8. Eksen dönmesi nedeniyle değişen enberi noktasının boylamı (a) ve belirli boylamlarda yörünge konumu (b) .....                                                | 11       |
| Şekil 1.9. Üçlü sistemin ortak kütle merkezi (G) etrafında çift sistemin dolanma hareketi.....                                                                          | 13       |
| Şekil 1.10. Üçlü sistemin ortak kütle merkezi etrafında çember yörüngeye sahip çift sistemin O-C eğrisi .....                                                           | 14       |
| Şekil 2.1. 2M1207 b ötegezegenin görüntüsü .....                                                                                                                        | 17       |
| Şekil 2.2. Farklı minimum eğrilerine sahip transit geçiş gözlemleri .....                                                                                               | 18       |
| Şekil 2.3. Bir ötegezegenin ait ilk transit geçiş ışık eğrisi.....                                                                                                      | 18       |
| Şekil 2.4. Gezegenli sistemin kütle merkezi etrafında dolanımı sonucunda oluşan Doppler kayması.....                                                                    | 19       |
| Şekil 2.5. Ötegezegenin oluşturduğu tedirginlik nedeniyle yıldızın gökyüzünde yalpalama hareketi .....                                                                  | 20       |
| Şekil 2.6. Mikromerçekleme nedeniyle yıldızın parlaklığında oluşabilecek değişimler.....                                                                                | 21       |
| Şekil 2.7. KOI-872 sisteminde, ilave cisim etkisi nedeniyle ötegezegenin minimum zamanındaki değişim .....                                                              | 22       |
| Şekil 2.8. Çift yıldız sistemine ait ötegezegenin yörünge türleri .....                                                                                                 | 23       |
| Şekil 2.9. Yaşanabilir alanın barınak yıldızın uzaklığındaki değişim .....                                                                                              | 26       |

|                                                                                                            |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 2.10. Güneş sistemi ve ötegezegenler için kütleye göre sınıflandırma.....                            | 26 |
| Şekil 3.1. HW Vir sisteminin O-C eğrisi ve sentetik eğriler çıkarılmış artıklar .....                      | 30 |
| Şekil 3.2. HW Vir sisteminin O-C eğrisinde sadece dördüncü cismin etkisi .....                             | 31 |
| Şekil 3.3. CM Dra sisteminin O-C eğrisi ve sisteme ait sinüs eğrisi çıkarılmış<br>eksen dönmesi fiti ..... | 33 |
| Şekil 3.4. CM Dra sisteminin O-C eğrisinde üçüncü cisim etkisi .....                                       | 34 |
| Şekil 3.5. UZ Lyr sisteminin O-C eğrisi ve sentetik eğriler çıkarılmış artıklar .....                      | 36 |
| Şekil 3.6. UZ Lyr sisteminin O-C eğrisinde sadece dördüncü cismin etkisi .....                             | 36 |
| Şekil 3.7. LT Her sisteminin O-C eğrisi ve sentetik eğriler çıkarılmış artıklar .....                      | 38 |
| Şekil 3.8. LT Her sisteminin O-C eğrisinde sadece dördüncü cismin etkisi.....                              | 38 |
| Şekil 3.9. V995 Cyg sisteminin O-C eğrisi ve sentetik eğriler çıkarılmış artıklar.....                     | 40 |
| Şekil 3.10. V995 Cyg sisteminin O-C eğrisinde sadece dördüncü cismin etkisi.....                           | 40 |
| Şekil 3.11. V404 Lyr sisteminin O-C eğrisi ve sentetik eğriler çıkarılmış artıklar .....                   | 42 |
| Şekil 3.12. V404 Lyr sisteminin O-C eğrisinde sadece dördüncü cisim etkisi.....                            | 43 |

## ÇİZELGELER DİZİNİ

|                                                                                                  | Sayfa No |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Çizelge 2.1. Çeşitli kataloglara göre ötegezegen sayıları .....                                  | 24       |
| Çizelge 2.2. Keşif yöntemlerine göre ötegezegen sayıları.....                                    | 25       |
| Çizelge 2.3. Ötegezegene sahip çoklu yıldız sistemlerinin yörünge türlerine göre<br>sayısı ..... | 25       |
| Çizelge 2.4. Onaylanmış ötegezegenlerin türlerine göre sayıları ve oranları.....                 | 27       |
| Çizelge 3.1. Seçilen sistemlerin genel özellikleri.....                                          | 28       |
| Çizelge 3.2. Dönem analizleri için kullanılan minimum zamanlarının nitelikleri.....              | 29       |
| Çizelge 3.3. HW Vir'in ilave cisim parametreleri .....                                           | 32       |
| Çizelge 3.4. CM Dra'nın üçüncü cisim ve eksen dönmesi parametreleri.....                         | 35       |
| Çizelge 3.5. UZ Lyr'in ilave cisim parametreleri.....                                            | 37       |
| Çizelge 3.6. LT Her'in ilave cisim parametreleri .....                                           | 39       |
| Çizelge 3.7. V995 Cyg'nin ilave cisim parametreleri .....                                        | 41       |
| Çizelge 3.8. V404 Lyr'in ilave cisim parametreleri .....                                         | 44       |
| Çizelge 4.1. Dönem analizi yapılan sistemlere ait parametrelerin yaklaşık<br>değerleri.....      | 47       |

## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

“Dünya evrenin merkezinde değil, Güneş etrafında dolanıyor.” Belki de ilk kez Kopernik’in yaklaşık 500 yıl önce ileri sürdüğü bu düşünce ile evrendeki enerjinin kaynağı olan yıldızlara bakış açımız büyük ölçüde değişmiştir. Gökyüzünde milyarlarcasını gördüğümüz yıldızlar, ilerleyen teknoloji ile doğru orantılı olarak gelişen teleskoplar ve gözlem teknikleri sayesinde astrofizikçilerin temel çalışma alanı olmuştur. Evrenin büyüklüğü, yıldızların uzaklıkları göz önüne alındığında günümüz teknolojisi dahi yıldızların kütle, sıcaklık gibi temel parametrelerini doğrudan belirleyebilmek için imkânlarımız kısıtlıdır. Yer’den çok uzak olan yıldızların çoğu için tek bilgi kaynağı onlardan aldığımız ışıktır. Işık, yıldızların çekirdeklerinde meydana gelen nükleer tepkimelerle üretilir. Kütle 0.08 güneş kütle ve üzerinde olan cisimler çekirdeklerinde hidrojenin termonükleer tepkimeye girmesini sağlar.

Gözlediğimiz yıldızın ışığında değişimler meydana geliyorsa, bu gözlenen yıldızı tanımamız için iyi bir fırsattır. Yıldızın ışığında değişimlere neden olan ve gözlem açısından en pratik olanı ise örten çift yıldızlardır. Çift yıldızlar, kütle çekim etkisiyle birbirine bağlı ve ortak kütle merkezi etrafında yörünge hareketi yapan, iki yıldızdan oluşan yıldız sistemleridir. Bunun dışında ikiden fazla yıldızdan oluşan sistemler de vardır. Üçlü ya da dörtlü olabilen bu sistemlere kısaca çoklu yıldız sistemleri denir. Günümüzde bilinen yıldızların çoğunluğu çift ya da çoklu yıldız sistemidir. Bu sistemlerin tüm yıldızlara oranının yaklaşık; güneş türü yıldızlar için % 60 (Duquennoy ve Mayor, 1991), M-türü cüce yıldızlar için % 40 (Fischer ve Marcy, 1992; Lada, 2006), kahverengi cüceler için % 15 (Burgasser ve ark., 2007) olduğu tahmin edilmiştir.

Örten çift yıldızlarda ise çift sistem ortak kütle merkezi etrafında, gözlemcinin bakış doğrultusuna uygun yörünge açısıyla dolanımı sırasında tutulma dediğimiz örtme ve örtülme olayları meydana gelir. Tutulmalar, sistemin zamana bağlı ışık eğrisinde kendini minimum denilen çukurlar şeklinde gösterir. Sistemin dönemine göre bu çukurlar ışık eğrisinde özdeş aralıklarla oluşur. Ancak bazı durumlarda minimum zamanının, olması gereken hesaplanan zamana oluşmadığı görülür. Çift sistemin dönemindeki değişimler nedeniyle ortaya çıkan bu durum, ışık eğrisinde düzenli bir biçimde kendini yenileyen özdeş bir noktanın, hesaplanan ve gerçekte gözlenen zamanları arasındaki farkın analizi (dönem analizi) ile yorumlanabilir. Çiftin döneminde değişime neden olan

mekanizmalardan biri de çift sisteme kütlece bağlı ilave cisim veya cisimlerdir. İlave cismin çift sisteme olan etkisine kısaca üçüncü cisim etkisi denir.

Son yıllarda gelişen teknoloji ile birlikte atmosfer dışından yapılan gözlemler ötegezegen alanındaki çalışmalara büyük hız kazandırmıştır. Uzayda gözlem yapan teleskopların başlıcalarından 2006-2013 yılları arasında kullanılan CoRot (CONvection ROTation and planetary Transits) ve 2009 yılında fırlatılan Kepler uzay teleskopları, küçük kütleli yer benzeri ötegezegen keşiflerine büyük katkı sağlamıştır. Yirmi yıl öncesine kadar üçüncü cisim denildiğinde, üçüncü cismin yıldız olmayan küçük kütleli bir cisim olabileceği ihtimali üzerinde pek durulmamaktaydı ancak günümüzde, tek yıldızların etrafında keşfedilen ötegezegenlerle doğru orantılı olarak çift sistemlerin de ötegezegen veya ötegezegenlere sahip olabildiği görülmekte ve sayıları hızla artmaktadır.

### **1.1. Çift Yıldızlar**

Çekimsel olarak birbirine bağlı yıldız sistemleri olan çift yıldızlar, ortak kütle merkezi etrafında dolanım yaparlar. En az iki yıldızdan oluşan sistemlere üçüncü ve dördüncü cisim de çekimsel olarak bağlı ise bu sistemler üçlü sistem veya dördümlü sistem şeklinde adlandırılabilirdi gibi kısaca çoklu sistem de denebilir. Sistemde daha sıcak olan yıldız birinci bileşen, soğuk olan ise ikinci veya yoldaş bileşen olarak adlandırılır.

Çift yıldız ya da çoklu yıldız sistemleri astrofizikçiler için oldukça önemlidir. Bir gökcisminin kütlesini elde etmek için iki cisim arasında çekimsel bir kuvvetin varlığına ihtiyaç duyulur. Yıldız sistemlerinin yörüngelerinin incelenmesi, bileşenlerinin kütlelerinin hesaplanmasına olanak sağlar. Yıldızların evrimini anlamak için temel parametre olan kütlenin elde edilmesi, çift yıldız yörüngelerinin incelenmesini gerektirir. Kütleyle birlikte bileşenlerin yarıçap ve ısıtma gibi temel yıldız parametreleri hesaplanabilir. Yıldızların kütleleri ile tüm ışınlam parlaklıkları doğru orantılıdır. Yıldızların çoğunda Kütle-ışınım bağıntısı diye adlandırılan bu bağıntı yaklaşık olarak geçerlidir. Dolayısıyla bu bağıntı kullanılarak tek yıldızların kütleleri yaklaşık olarak tahmin edilebilir.

Çift yıldızlar gibi karmaşık ve gün geçtikçe var olan bilgilere bir yenisinin eklendiği, dahası yeni bilgilerin elde edildiği bir alanda sınıflandırma da konunun kendisi gibi biraz karmaşıktır.

Çift yıldızların sınıflandırılması üç farklı ölçütte yapılır.

- Gözlemsel keşfedilme yöntemlerine göre sınıflandırma
- Roche modeline göre sınıflandırma
- Işık eğrisine göre sınıflandırma

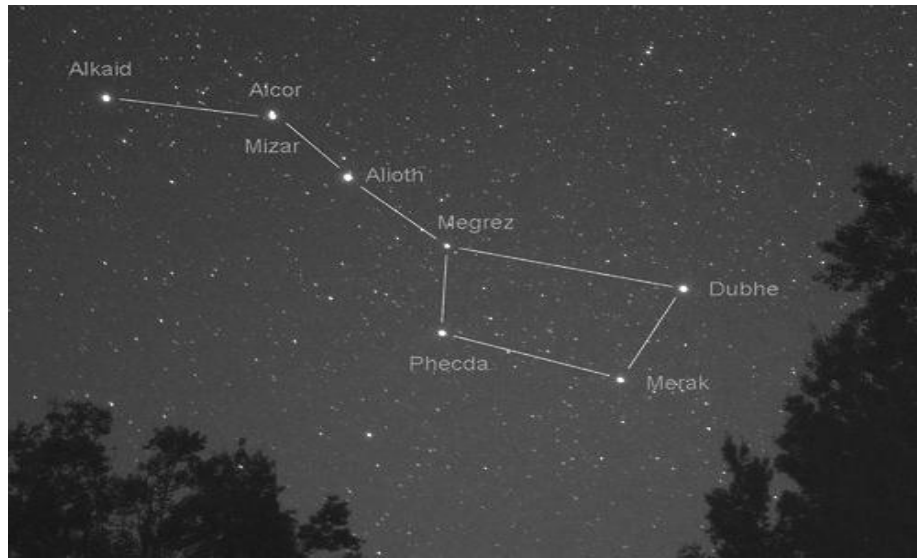
#### 1.1.1. Gözlemsel keşfedilme yöntemlerine göre sınıflandırma

Çift yıldızlar, yörünge durumlarına özgü farklı özellikler gösterir. Bu özellikler kullanılarak çift yıldızların keşifleri yapılır. Gözlemsel keşfedilme yöntemlerine göre sınıflandırma dört ana başlıkta yapılır.

- Görsel çift yıldızlar
- Tayfsal çift yıldızlar
- Astrometrik çift yıldızlar
- Örtünme çift yıldızlar

##### 1.1.1.1. Görsel çift yıldızlar

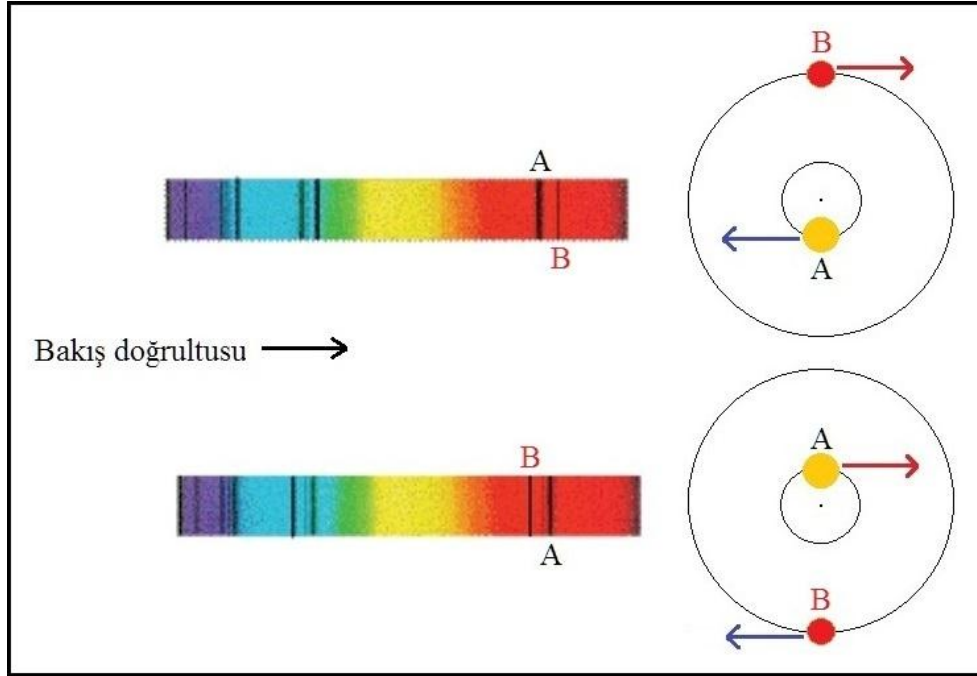
Uygun teleskoplar kullanıldığında çift olarak ayırt edilebilen çift yıldızlardır. Örnek olarak Şekil 1.1’de teleskop dahi kullanmaksızın gözle de ayrı ayrı görebildiğimiz Büyük Ayı takımyıldızına ait Mizar ve Alcor çifti verilmiştir. Bu çift sistem hakkında aralarında çekimsel bir kuvvetin olmadığı, sadece optik olarak çift görüldüğü ileri sürülse de genel kanı bu sistemin görsel bir çift sistem olduğudur.



Şekil 1.1. Mizar ve Alcor görsel çift yıldızları (<http://astrobob.areavoices.com>)

### 1.1.1.2. Tayfsal çift yıldızlar

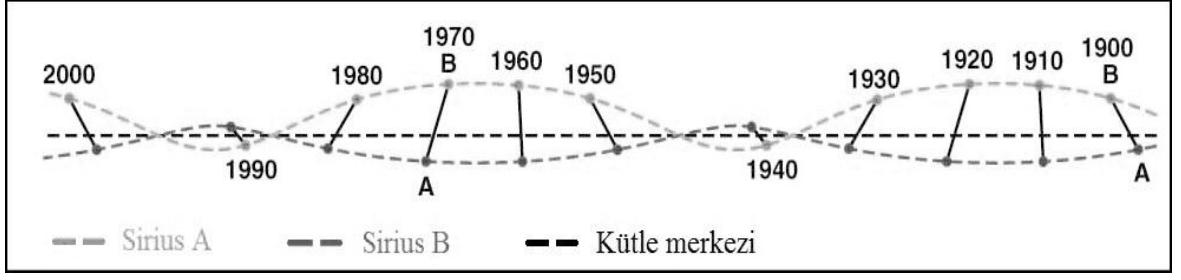
Çift yıldız sistemlerinden bazıları teleskopla bile tek yıldızmış gibi görülebilir. Bu yıldızlar birbirlerine çok yakındır ve dolayısıyla yörünge hızları büyüktür. Eğer sistemin yörünge düzlemi bakış doğrultumuza dik değilse yıldızların ortak kütle merkezi etrafında yaptığı yörünge hareketinde, hızlarının sıfırdan farklı dikine bir bileşeni vardır. Gözlemciye yaklaşma ve uzaklaşma hareketi nedeniyle Doppler etkisi olarak bilinen bu etki nedeniyle tayf çizgilerinde kaymalar olur. Bu çizgiler, bileşenler arasında parlaklık farkı fazla ise tek (parlak olan bileşene ait çizgiler), parlaklık farkı birbirine yakınsa çift çizgi olarak görünür. Her iki durumda da çizgiler kırmızı ya da mavi dalgaboyuna kayma şeklinde kendini gösterir. Ayrıca çift çizgiler uzaklaşma ve yaklaşma durumuna bağlı olarak yer değiştirirler. Şekil 1.2’de, üst kısımda sistemin yörünge hareketi nedeniyle A cismi gözlemciye yaklaşırken cisme ait tayf çizgileri maviye, B cismi gözlemciden uzaklaşırken de bu cismin tayf çizgileri kırmızıya kayıyor. Alt kısımda ise hareketin devamında tersi durum meydana geliyor.



Şekil 1.2. Tayfsal çift sistemin yörünge hareketi ile tayf çizgilerinde görülen kaymalar

### 1.1.1.3. Astrometrik çift yıldızlar

Yapılan gözlemlerde sistemin sadece bir bileşeninin görülebildiği ancak bu bileşenin gökyüzünde görülen sistematik hareketinden dolayı yoldaş bir yıldızla sahip olduğu anlaşılan sistemlerdir.

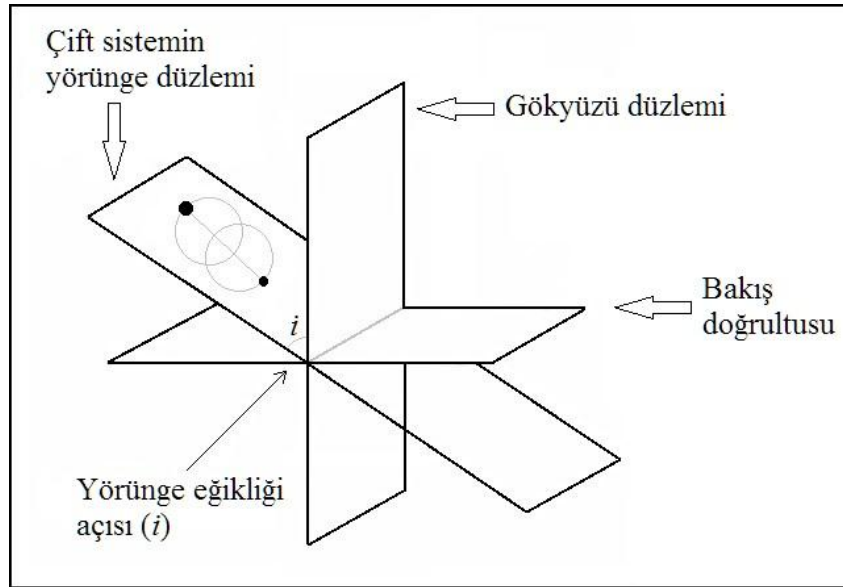


**Şekil 1.3.** Sirius yıldızının gökyüzündeki salınım hareketi (web.lancaster.k12.oh.us)

Sirius yıldızının gökyüzündeki konumunun değişiminden yola çıkılarak yoldaş bileşene sahip olduğu bulunmuştur. Şekil 1.3'te Sirius ( $\alpha$  CMa) yıldız sisteminin gökyüzündeki salınım hareketi yıllara göre gösterilmiştir.

#### 1.1.1.4. Örten çift yıldızlar

Bazı çift yıldızlarda, gözlemciye uygun açıyla ortak kütle merkezi etrafındaki yörüngelerinde dolanırken tutulmalar meydana gelir. Tutulmalar, gökyüzü düzlemi dediğimiz bakış doğrultusuna dik olan düzlem ile sistemin yörünge düzlemi arasındaki açıya bağlı olarak gerçekleşir. Şekil 1.4'te çift yıldız sisteminin yörünge düzlemi ile gökyüzü düzlemi arasındaki yörünge eğim açısı gösterilmiştir.



**Şekil 1.4.** Çift sistemin yörünge düzlemi ile gökyüzü düzlemi arasındaki yörünge eğim açısı

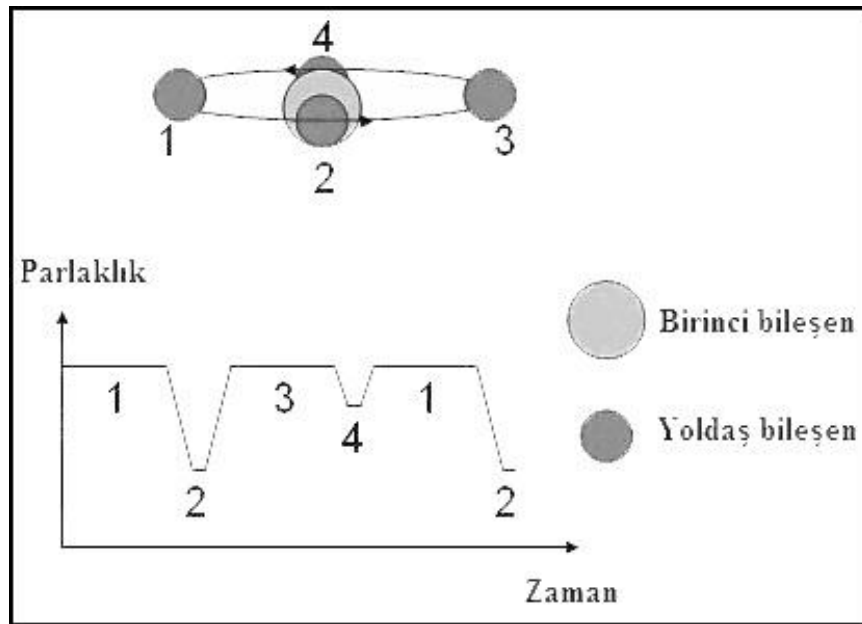
Tutulmaların gözlenebilmesi için yörünge eğiminin ( $i$ ) bakış doğrultusundaki gözlemci için uygun olması gerekir. Ancak bu şekilde tutulma gözlenebilir.  $R_1$  ve  $R_2$

bileşenlerin yarıçapları,  $i$  çift sistemin yörünge eğim açısı,  $a$  ise bileşenler arasındaki uzaklık (elips yörünge için yarı-büyük eksen uzunluğu) olmak üzere, tutulma koşulu;

$$|\sin(90 - i)| = |\cos(i)| \leq \frac{R_1 + R_2}{a} \quad (1.1)$$

eşitsizliği ile gösterilir. Bu koşulun sağlandığı durumlarda tutulmalar gözlenebilir.

Sıcak bileşenin soğuk bileşeni örtmesi veya sıcak bileşenin soğuk bileşen tarafından örtülmesi şeklinde gerçekleşen bu dönemli tutulma durumu, ışık eğrisinde kendini, minimum diye adlandırılan çukur bölgeler olarak gösterir. Işık eğrisinde, sıcak bileşenin örtülmesi birinci minimum, sıcak bileşenin soğuk olanı örtmesi durumu ikinci minimum olarak adlandırılır. Şekil 1.5'te yörünge hareketi sırasında bileşenlerin konumları numaralandırılarak ışık eğrisindeki değişime karşılık gelen kısımlar gösterilmiştir. Sıcak bileşenin örtülmesi olan 2 numaralı konumda ışık eğrisinde minimum parlaklık değeri görülür. Buna birinci minimum denir. Sıcak bileşenin daha soğuk olan yoldaş bileşeni örtmesi olan 4 numaralı konumda ışık eğrisinde daha sığ bir parlaklık farkı oluşur. Bu minimuma ikinci veya yan minimum denir. 1 ve 3 konumlarında ise herhangi bir örtme ve örtülme durumu olmadığından ışık kaybı söz konusu değildir. Bu nedenle sistem maksimum parlaklığında gözlenir.



**Şekil 1.5.** Çift sistemin yörünge hareketi sırasında ışık eğrisindeki değişimler

Işık eğrisindeki bu değişimlerle bileşenlerin kütle, sıcaklık gibi önemli parametreleri elde edilir. Çift yıldızlar sayesinde elde edilen fiziksel parametreler, tek yıldızların fiziksel özelliklerini belirlemede yardımcı olur.

### **1.1.2. Roche modeline göre sınıflandırma**

Roche modeli adını Fransız astronom ve matematikçi Édouard Roche'tan almıştır. İlk kez yerin basıklığını ifade etmek için kullanılan bu model daha sonra yıldız sistemlerinin geometrisini ve dinamiğini anlamak için uyarlanmıştır. Bu model dairesel yörüngelerde, ortak kütle merkezi etrafında dolanan iki kütlenin oluşturduğu toplam çekimsel potansiyeli temel almıştır. Roche modeline göre üç türlü sınıflandırma vardır.

- Ayrık çiftler: İki bileşen de Roche şişimlerini doldurmamıştır. Dolayısıyla bileşenler arasında kütle aktarımı yoktur.
- Yarı ayrık çiftler: Bileşenlerden biri Roche şişimini doldurmuşken diğeri doldurmamıştır. Roche şişimini doldurmuş olan bileşen doldurmamış olana kütle aktarımı yapar.
- Değen çiftler: İki bileşen de Roche şişimini doldurmuştur. Bileşenlerin her birinden akan maddeler zamanla bileşenlerin etrafını sarar. Bu durumda sistem aşırı değen çift olur.

### **1.1.3. Işık eğrisine göre sınıflandırma**

Tutulmalarını gözlemlediğimiz örten çift yıldız sistemlerinin ışık eğrilerinde, bileşenlerinin birbirinden olan uzaklıkları karakteristik yapılar gösterir. Bu kendine özgü biçimi olan yapılara bakılarak ışık eğrisine göre üç farklı sınıflandırma yapılır.

- Algol türü sistemler (EA): Işık eğrilerinde birinci (baş) minimumun başlangıç ve bitiş noktaları belirgin ve iki minimum arası parlaklıklar hemen hemen sabittir. Yan (ikinci) minimum bazen çok sık olduğundan fark edilemeyebilir.
- Beta Lyr türü sistemler (EB): Işık eğrilerinde minimumların başlangıç ve bitiş noktaları belirgin değildir. Minimumlar arasında, bileşenlerin farklı yüzey sıcaklıklarına sahip olmalarından dolayı değişimler vardır. Büyük çoğunluğunda yan minimum, baş minimuma göre daha sık olarak gözlenir.
- W Uma türü sistemler (EW): Işık eğrilerinden minimumların başlangıç ve bitiş noktaları tamamen belirsizdir. Yan minimum ile baş minimum neredeyse eşit görülür. Işık eğrilerinde sürekli bir parlaklık değişimi vardır.

## 1.2. Örten Çift Yıldızlarda Dönem Değişiminin Nedenleri ve O-C Eğrileri

Çift yıldız sistemi ortak kütle merkezi etrafında uygun yörünge eğikliğiyle dolanma hareketi yaparken, ışık eğrisinde minimumlar dediğimiz sıcak bileşenin örtme ve örtülmesinden kaynaklanan değişimler meydana gelir. Gözlenen sistemin ışık eğrisinde düzenli bir değişimin kendini tekrarlı olarak gösterdiği, ışık eğrisi üzerindeki özdeş iki nokta (örneğin yıldız ışığının minimum parlaklığa ulaştığı tekrarlı iki nokta) arasında geçen zamana dönem denir. Bilindiği gibi bir gökcisminin dolanma döneminden bahsettiğimiz zaman dönemin değişmediğini öngörürüz. Bu öngörü ile örten çift yıldızın sıralı özdeş tutulmaları arasında bir dönemlik süre farkı olacaktır. Böylece bir sonraki tutulmanın zamanı, bir önceki tutulma zamanına dönem eklenerek kolayca bulunabilir. Ancak bazı örten çift yıldız sistemlerinin dönemlerinde azalmalar veya artışlar gözlenmektedir. Bu durumda bir sonraki tutulma zamanını hesaplayabilmek için dönem değişimine neden olan mekanizmayı bilmek gerekir.

Sistemlerin döneminde değişimlere neden olduğu bilinen dört farklı mekanizma şunlardır:

- Korunumlu kütle aktarımı veya kütle kaybı,
- Manyetik etkinlik,
- Eksen dönmesi,
- Üçüncü cisim etkisi.

Bunlardan kütle aktarımı veya kaybı ile manyetik etkinlik gerçekten dönemi değiştirirken, eksen dönmesi ve üçüncü cisim etkisi gerçek bir dönem değişimine neden olmaz, sistemin döneminin değişiyormuş gibi algılanmasına neden olurlar.

Sistemlerin dönemindeki değişimi hesaplamak için O-C eğrisi kullanılır. Yapılan gözlemlerden elde edilen minimum zamanları O (observed), daha önceden sağlıklı bir şekilde elde edilmiş bir minimum zamanı olarak seçilen başlangıç zamanı  $T_0$ , istenilen çevrim için hesaplanan minimum zamanları ise C (computed veya calculated) ile temsil edilir. Sistemin minimum zamanını hesaplamak için aşağıdaki bağıntı kullanılır.

$$C = T_0 + E.P \quad (1.2)$$

$T_0$ , başlangıç zamanı olarak örten çift yıldız sistemlerinde baş minimum zamanları arasından, duyarlı gözlemlerle elde edilmiş, doğruluğuna güvenilir bir tanesi seçilir. Çift sistemin ortak kütle merkezi etrafındaki tam dolanımı ile ışık eğrisinde  $T_0$  olarak aldığımız

noktanın tekrarlı özdeşine kadar geçen dönem sayısına çevrim sayısı (E, epoch) denir. E tamsayı değerleri alır. Çift sistemin birbiri etrafında dolanma dönemi P, gün birimindedir. Böylece istenilen çevrim için minimum zamanı hesaplanır.

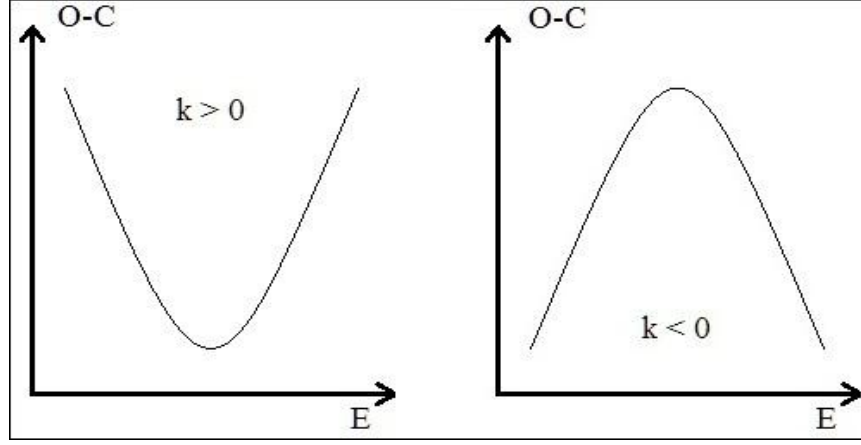
O-C eğrileri, gözlenen ve hesaplanan minimum zamanları arasındaki farkların zamana göre grafiği çizilerek elde edilir. Eğer sistemin döneminde herhangi bir değişim olmuyorsa hesaplanan minimum değerleri, gözlenen minimum değerlerine eşit olur ve O-C eğrisini sıfır noktası üzerinde bir doğru olarak görürüz. Dönemde bir değişim söz konusu ise değişime neden olan mekanizmaya bağlı olarak O-C eğrisinin yapısı farklılıklar gösterir.

### **1.2.1. Korunumlu kütle aktarımı veya kütle kaybı**

Bilindiği üzere yıldızlarda kütle ile evrimleşme hızı doğru orantılıdır. Yakın çift yıldızlarda daha büyük kütleli bileşen daha hızlı evrimleşip Roche şişimini doldurur. Bu aşamada Roche şişimini dolduran bileşenden diğerine madde aktarımı başlar. Madde aktarımı süresince bileşenler arası uzaklık ve dolayısıyla dönem (P) azalır. Bu azalma, başlangıçta küçük kütleli olan bileşenin diğer bileşene göre daha büyük kütleli olmasına kadar devam eder. Bu andan itibaren bileşenler arası uzaklık ve dönem tekrar artmaya başlar. Bu mekanizma, kütle alımı nedeniyle daha büyük kütleli hale gelen bileşenin Roche şişimini doldurup diğer bileşene kütle aktarmasıyla kendini tekrarlar.

Sistemin döneminde, 10-30 yıl gibi zaman aralıklarında artış ve azalışlar meydana geliyorsa bu durum sadece kütle aktarımı ile açıklanamaz. Dönemdeki bu kısa zamanlı değişimler kütle aktarımına ek olarak kütle kaybı ile açıklanmıştır. Yani, kütle aktarımının korunumlu olmadığı anlaşılmıştır.

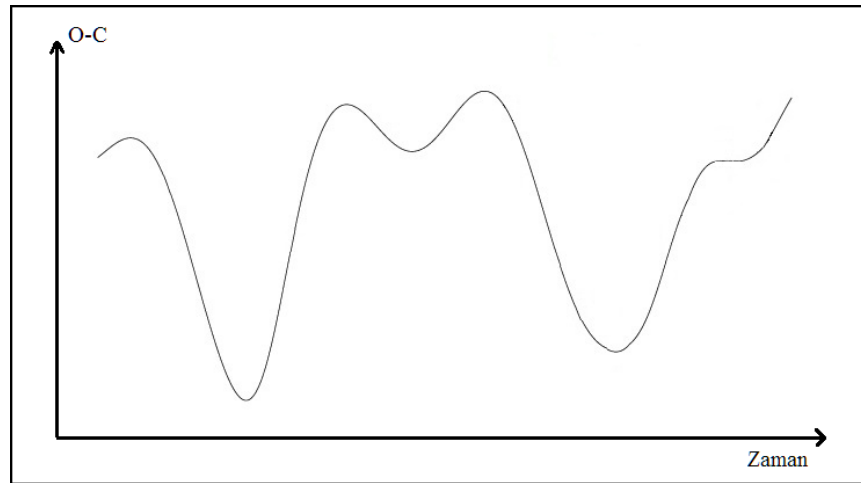
Şekil 1.6'da bu durum, dönem değişimini temsil eden katsayının sıfırdan büyük olduğu sol kısımda, kütle, kütlece küçük bileşenden büyük bileşene doğru aktığı ve düzgün bir dönem artışı olduğu şeklinde açıklanır. Katsayının sıfırdan küçük olduğu sağ kısım ise; kütle, kütlece büyük bileşenden küçük bileşene doğru aktığı ve dönemin düzgün azaldığı anlamına gelir.



**Şekil 1.6.** Kütle aktarımı nedeniyle meydana gelen dönem değişimini temsil eden  $k$  katsayısının sıfırdan büyük veya küçük olma durumuna göre O-C eğrisinin değişimi

### 1.2.2. Manyetik etkinlik

Maceroni ve ark. (1990) soğuk yıldızların, çevrimli değişimler gösteren manyetik etkinlikleri olduğunu sunmuştur. Applegate (1992), dönem değişimlerinde çevrimsel yapılar görülen yıldız sistemlerinde, bunun nedenini bileşenlerden birinin F0'dan daha geç tayf türü olması durumunu manyetik etkinliğe bağlamıştır. Yakın çift yıldızlarda manyetik etkinlik, açısal momentumunun değişmesine neden olur ve dolayısıyla yörünge döneminde değişimler meydana gelir.

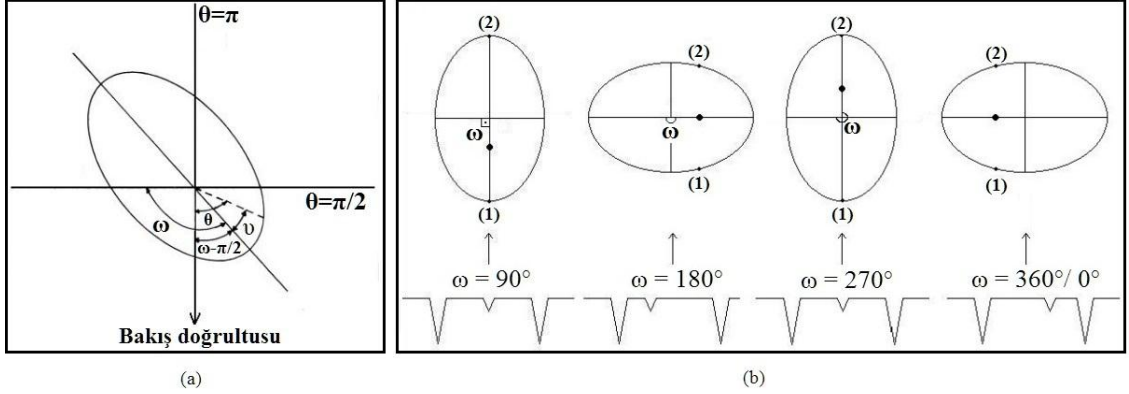


**Şekil 1.7.** Manyetik etkinlik sonucu meydana gelen dönem değişimi nedeniyle görülen düzensiz sinüzoidal yapı

Şekil 1.7'de O-C eğrisinde manyetik etkinlik nedeniyle meydana gelen düzensiz sinüzoidal değişimler gösterilmiştir.

### 1.2.3. Eksen dönmesi

Çift veya çoklu yıldız sistemlerinde, sistemin yarı-büyük eksen doğrultusunun gözlemcinin bakış doğrultusuna göre değişimi eksen dönmesi olarak açıklanır. Bu mekanizma gerçek bir değişime neden olmaz, sadece dönemin değişiyormuş gibi görünmesini sağlar. Eksen dönmesi olayının fark edilebilmesi için sistemin dışmerkezliliği (e) sıfırdan büyük olmalıdır.



**Şekil 1.8.** Eksen dönmesi nedeniyle değişen enberi noktasının boylamı (a) ve belirli boylamlarda yörüngenin konumu (b)

Şekil 1.8’de eksen dönmesi ve enberi noktasının belirli boylamlarındaki yörüngenin konumu verilmiştir. Büyük kütleli cisim elipsin odaklarından biri üzerinde bulunmaktadır. (a) kısmında sistemin yörüngesi gökyüzü düzlemine dik olarak gösterilmiştir. Burada  $\omega$  düğümler çizgisinin ( $\theta = \pi/2$  doğrusu) yörünge düzlemindeki doğrultusu,  $\theta$  bakış doğrultusuna göre enberi noktasının boylamı,  $v$  ise yarı-büyük eksene göre enberi noktasının boylamı olarak belirlenmiştir. (b) kısmında birinci minimum (1), ikinci minimum (2) konumunda oluşur. Yörüngenin konumunun zamanla değişimiyle ışık eğrisindeki değişimler şu şekilde oluşmaktadır:

- $\omega=90^\circ=270^\circ$  olduğu durumda, sisteme bakış doğrultusunda bakılıyor demektir. Minimumlar arası dönem eşittir.
- $\omega=180^\circ$  ise sisteme bakış doğrultusuna dik bakılması anlamına gelir ve ikinci minimum, iki birinci minimum arasında kendinden önce gelen birinci minimuma daha yakın durumdadır.
- $\omega=360^\circ/0^\circ$  durumunda yine sisteme bakış doğrultusuna dik bakılması söz konusudur. İkinci minimum iki birinci minimum arasında kendinden sonra gelene yakın durumda gözlenir.

Şekil 1.8’de meydana gelen O-C eğrisini tanımlayan birinci ve ikinci minimum için sırasıyla iki denklem şu şekildedir:

$$O - C = B - A \cdot \cos(\omega_0 + \dot{\omega} \cdot E) \quad (1.3)$$

$$O - C = B + A \cdot \cos(\omega_0 + \dot{\omega} \cdot E) \quad (1.4)$$

Denklemden adı geçen B, dikey eksen için olası bir kayma durumunda sıfır başlangıç koşulunu sağlaması için gerekli bir sayı değerini; A, sinüs eğrisinin yarı genliğini;  $\omega_0$ ,  $T_0$  anında enberi noktasının derece veya radyan biriminde boylamını;  $\dot{\omega}$ , birim zaman aralığında derece/çevrim veya radyan/çevrim biriminde eksen dönmesi miktarını, E ise çevrim sayısını ifade eder.

En küçük kareler yöntemi kullanılarak, gözlenen ve hesaplanan minimum değerleri arasındaki farkların kareleri toplamının en küçük olduğu durumda O-C eğrisini en iyi temsil eden eğri bulunur.

$$A = \frac{P_s \cdot e \cdot (1 + \csc i)}{2 \cdot \pi} \quad (1.5)$$

Denklem 1.5’te  $P_s$ , gün biriminde sistemin yıldızlı yörünge dönemini, e sistemin dışmerkezliliğini,  $i$  ise sistemin yörünge eğikliğini temsil eder. Buradan sistemin yörüngesinin dışmerkezliliği bulunur.

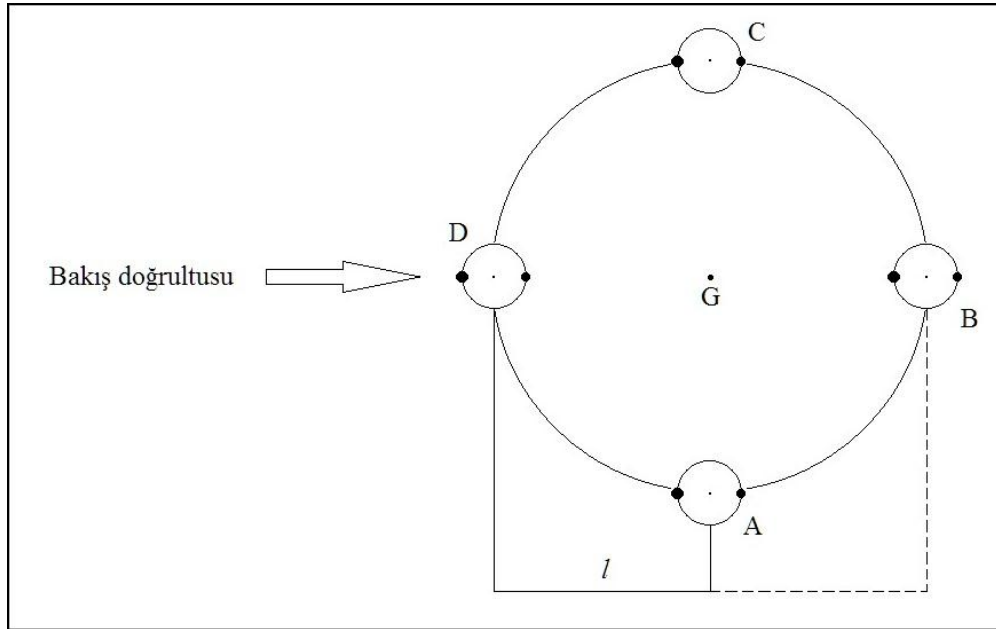
$$U = \frac{360 \cdot P_a}{\dot{\omega}} \cdot \frac{1}{365.25} \quad (1.6)$$

Denklem 1.6’da Eksen dönmesinin yıl biriminde dönemi U ile temsil edilir.  $P_a$ , gün biriminde kavuşum dönemidir (enberi noktasının dönemi). Eksen dönmesinin dönemini hesaplamak için gerekli  $P_a$  değeri için ise Denklem 1.7 kullanılır.

$$P_a = P_s \cdot \left( 1 - \frac{\dot{\omega}}{360} \right)^{-1} \quad (1.7)$$

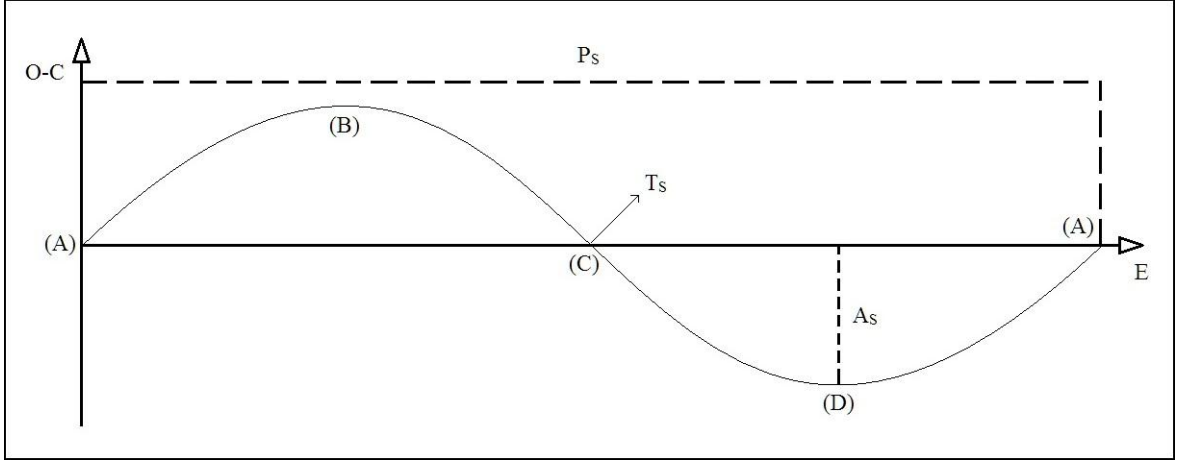
#### 1.2.4. Üçüncü cisim etkisi

Çift sistemlere dahil üçüncü bir cismin varlığında, çift sistem üçüncü bir cisim ile birlikte üçlü sistemin ortak kütle merkezi etrafında dolandır (Şekil 1.9). Çift sistem G ile gösterilen üçlü sistemin kütle merkezi etrafında dolanırken gözlemciye yaklaşma ve uzaklaşma hareketi yapar. Başlangıç konumumuzun zamanı  $T_0$ , A noktasında alınmış olsun, çift sistem A noktasından B noktasına kadar gözlemciden uzaklaşma hareketi yapar ve sistemin ışığının gözlemciye ulaşma zamanı B noktasına kadar artarak maksimum olur. A-B noktaları arasındaki süreçte ışık eğrisinde elde edilen her ölçüm, hesaplanan zamanlarından daha geç gerçekleşir. Benzer şekilde çift sistem, B noktasından D noktasına kadar yaklaşma hareketi yapar. D noktasında çift sistem gözlemciye en yakın konumuna ulaşır. Yaklaşma hareketi sırasında hesaplanan zamanların olması gerekenden daha erken olduğu görülür. Özetle; A-B, C-D konumları arasında gözlenen ve hesaplanan minimum zamanları arasındaki fark artarken, B-C, D-A konumları arasında azalır, A ve C noktalarında sıfır olur. Üçüncü cisim etkisiyle, gerçekte olmayan, çift sistemin gözlemci ile arasındaki uzaklığın değişmesi ve bunun sonucunda meydana gelen zaman gecikmesi nedeniyle oluyormuş gibi gözlenen bir dönem değişimi durumu söz konusudur.



Şekil 1.9. Üçlü sistemin ortak kütle merkezi (G) etrafında çift sistemin dolanma hareketi

Üçüncü cisim etkisi O-C eğrisinde kendini sinüzoidal bir değişim olarak gösterir. Şekil 1.10'da çift sistemin çember yörüngesi üzerinde dolanma hareketi sırasında konumlarının O-C eğrisi üzerindeki yerleri gösterilmiştir.



**Şekil 1.10.** Üçlü sistemin ortak kütle merkezi etrafında çember yörüngeye sahip çift sistemin O-C eğrisi

Şekil 1.9’da, hesaplanan dönemde meydana gelen zaman gecikmesini hesaplamak için basit bir yol denklemi kullanılır. Çift sistemin ortak kütle merkezine olan uzaklığı ( $l$ ), yörüngesindeki dikine hızı ( $v$ ), dolanma dönemi ( $P$ ) ve ışık hızı ( $c$ ) kullanılarak, meydana gelecek saniye biriminde zaman gecikmesi,

$$\Delta t = \frac{v \cdot P \cdot 86400}{c} \quad (1.8)$$

şeklinde hesaplanır. İstenilen çevrim için minimum zamanını hesaplarken bu farkı Denklem 1.2’ye ekleriz.

$$C = T_0 + E \cdot P + \Delta t \quad (1.9)$$

Üçlü sistemin kütle merkezi etrafında çember yörüngeye sahip çift sistemin O-C eğrisi düzgün bir sinüs eğrisi olacaktır. Yukarıdaki şekilde sinüs eğrisinin;  $P_s$  dönemini,  $A_s$  yarı genliğini ve  $T_s$  ise O-C eğrisinin negatif değerlere ulaştığı sıfır noktasının zamanını temsil eder. Parantez içinde gösterilen harfler, çift sistemin Şekil 1.9’da gösterilen konumlarının O-C eğrisi üzerindeki yerlerini temsil eder.

O-C eğrisinde, sinüs eğrisini en iyi temsil eden fit geçirilerek üçlü sistemin belirli parametre değerleri hesaplanabilir. Irwin (1952) tarafından elips yörüngede zaman gecikmesi şu şekilde ifade edilmiştir:

$$\Delta t = O - C = \frac{a \cdot \sin(i)}{c} \cdot \left\{ \frac{1-e^2}{1+e \cdot \cos(v)} \cdot \sin(\omega+v) + e \cdot \sin(\omega) \right\} \quad (1.10)$$

Çift sistemin; üçlü sistemin merkezine uzaklığı olan yarı-büyük eksen uzunluğu  $a$  (AB biriminde), yörünge eğikliği açısı  $i$ , dışmerkezliliği  $e$ , gerçek ayrıklığı  $v$  ve enberi noktasının boylamı  $\omega$  ile temsil edilmiştir. O halde elips yörüngede istenilen çevrim için, Denklem 1.9’u çift sisteme çekilsel olarak bağlı her ilave cisim için genişletirsek (Beuermann ve ark., 2012),

$$C = T_0 + E \cdot P + \sum_{m=1}^{N_p} \left( \frac{a_m \cdot \sin(i_m)}{c} \right) \cdot \left( \frac{1-e^2}{1+e_m \cdot \cos(v_{m,(E)})} \cdot \sin(v_{m,(E)} + \omega_m) + e_m \cdot \sin(\omega_m) \right) \quad (1.11)$$

Denklem 1.11 elde edilir.  $m=1 \dots N_p$  çift sisteme dahil cisim sayısını,  $v_{m,(E)}$  cismin istenilen çevrimdeki gerçek ayrıklığını ifade eder.

Çift sistemin bileşenlerinin kütleleri biliniyorsa üçüncü cismin kütlesi yaklaşık olarak Denklem 1.12 ile hesaplanabilir.

$$f(m_3) = \frac{(a_{12} \cdot \sin(i))^3}{P_3^2} = \frac{(m_3 \cdot \sin(i))^3}{(m_1 + m_2 + m_3)^2} \quad (1.12)$$

Bileşenlerin kütleleri güneş birimi kütesindedir.  $P_3$  üçüncü cismin yıl biriminde dönemini ve  $a_{12}$ , AB biriminde çift sistemin, üçlü sistemin merkezine olan yarı-büyük eksen uzunluğunu temsil eder.

## BÖLÜM 2

### ÖTEGEZEĞENLER

İnsanoğlunun binlerce yıldır “Evrende yalnız mıyız?”, “Yer benzeri başka gezegenler var mı?” vb. soruları 1995 yılında Güneş Sistem’i dışında bir gezegenin keşfedilmesiyle heyecanlı bir noktaya ulaşmıştır. Başka bir yıldızın etrafında dolanan bu gezegenlere “ötegezegen (exoplanet ya da extrasolar planet)”, ötegezegenine sahip olan yıldızla veya yıldızlara da “barınak yıldız (host star)” adı verilmiştir. 2014 yılı itibariyle 2000’e yaklaşan sayısıyla ötegezegenler gökbilimciler için önemli bir çalışma alanı olmuştur.

Bir gök cismini yıldız, gezegen, asteroid vb. şekilde adlandırabilmemiz için kendi türüne özgü belirli ölçütlere sahip olması gerekir. Uluslararası Astronomi Birliği (International Astronomy Union, IAU) 2006 yılında güneş sistemindeki gezegenler için yaptığı gezegen tanımı ölçütleri şunlardır:

- Ait oldukları sistemin yıldızı ve yıldızları etrafında dönemli bir yörüngeye sahip olmalı,
- Yörüngelerini süpürmüş ve küresel yapıya sahip olmalı.

Ötegezegen keşiflerinin artmasıyla bu tanımlamaya ek olarak gezegenlerin kütleleriyle ilgili bir ölçüt olması gerektiği düşünüldü. Bu tez çalışmasında, Burrows ve ark. (1997) ve Spiegel ve ark. (2010) tarafından kahverengi cücelerin kütle alt sınırı olarak belirlenen 13 Jüpiter kütlesi referans olarak alınmıştır. Bu, döteryumun termonükleer tepkimeye girmesine yeterli olan fakat hidrojen için yeterli olmayan alt sınır kütesidir. 13  $M_J$  ölçüt kütesinin altındaki cisimler gezegen olarak kabul edilebilir.

#### 2.1. Ötegezegenlerin Keşif Yöntemleri

Gezegenler ısıtma yapamaz sadece üzerine düşen ışığı yansıtırlar. Bu yüzden ötegezegen gözlemleri yıldız gözlemleri kadar kolay olmaz. Peki, bir yıldızla göre bu denli düşük kütleli ve ısıtma yapamayan cisimleri nasıl keşfedebiliriz? Bunun için çeşitli yöntemler vardır. Bunlar;

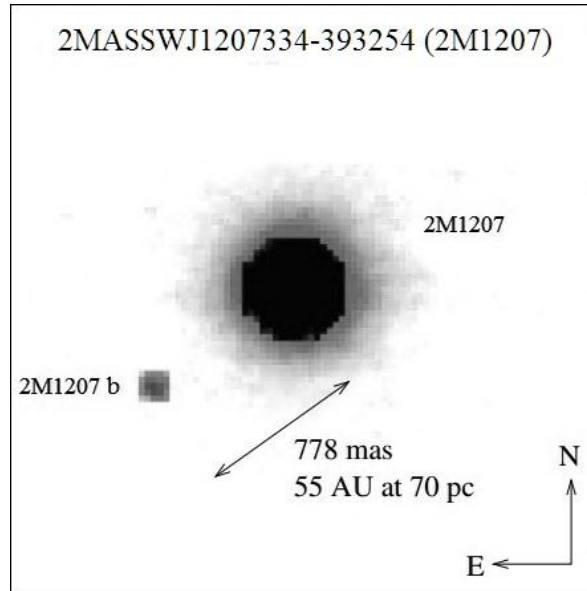
- Doğrudan görüntüleme
- Transit geçiş
- Dikine hız
- Astrometri

- Mikromerçekleme
- Atarca zamanı (Pulsar zamanlaması)
- Geçiş zamanındaki değişim
- Çiftleri çevreleyen gezegenler ve dönem analizi

şeklinde sıralanabilir. Günümüzde bu teknikler kendi içlerinde gelişme gösterdikleri gibi her geçen gün yeni teknikler de keşfedilmektedir.

### 2.1.1. Doğrudan görüntüleme

En zor tekniklerden biri doğrudan gözlemdir. Jüpiter kütleindeki bir cisim görünür parlaklıkta bir yıldızın parlaklığına oranla milyar kat daha sönüktür. Kızılötesinde bu fark binlerle ifade edilebilecek kadar azalır. Bu yöntemde yıldız gözlenirken, yıldızın görüntüsünde ışık yaydığı kısım maskelenir. Böylece etrafındaki bölge daha belirgin hale gelir. Günümüzde kullanılan en büyük teleskoplarla bile bu yöntem ile gezegen saptamak çok zordur. Şekil 2.1’de 2M1207 b, doğrudan görüntülenen ilk ötegezegen olmuştur (Chauvin ve ark., 2004).

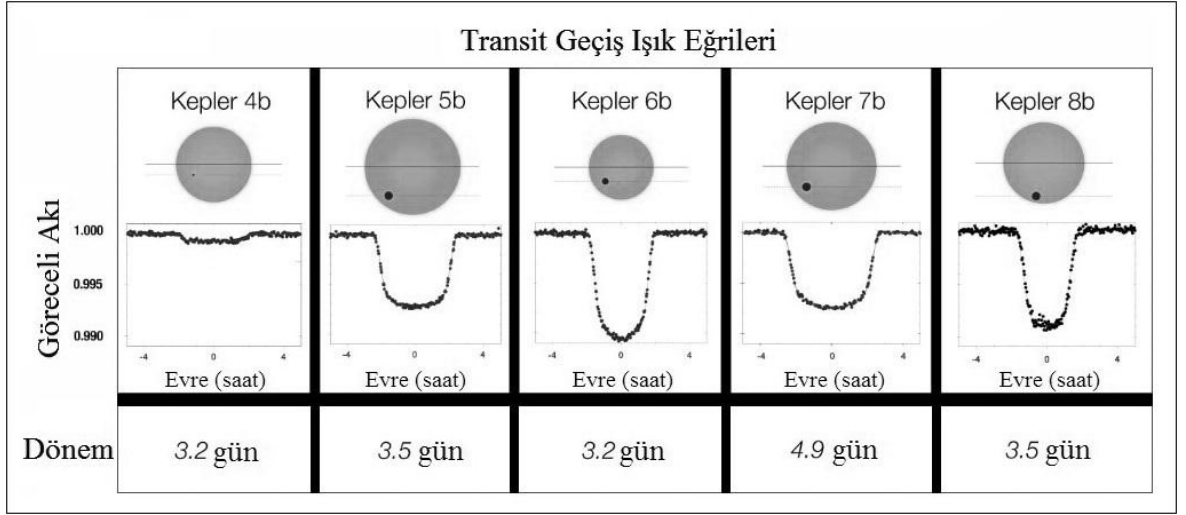


Şekil 2.1. 2M1207 b ötegezegenin görüntüsü (Chauvin ve ark., 2004)

### 2.1.2. Transit geçiş

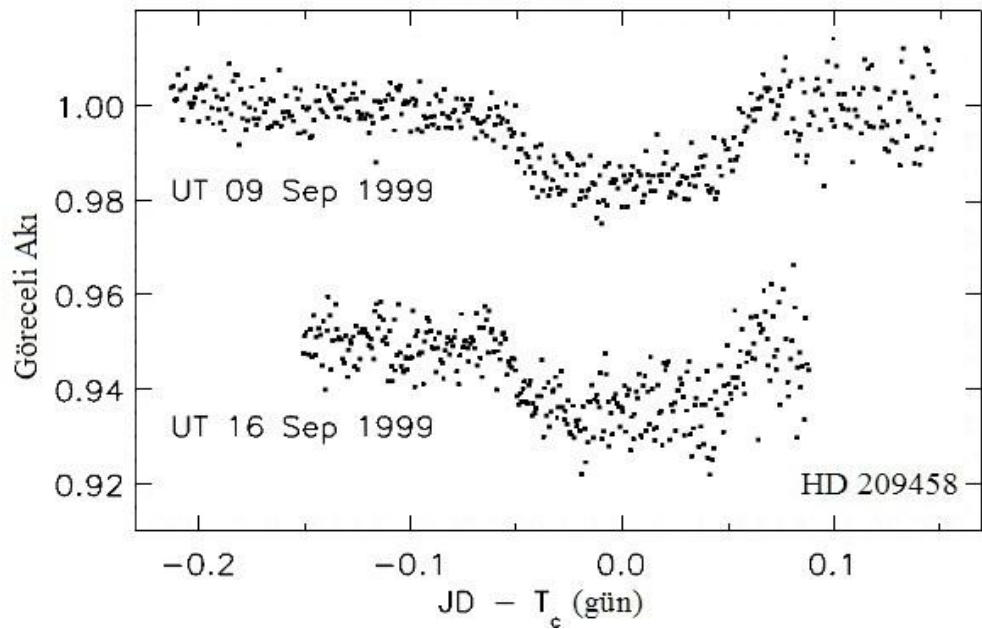
Bu yöntem çift yıldızlarda uygulanan yöntemle birçok açıdan benzerdir. Uygun yörünge eğikliğine sahip çift yıldızlarda sıcak bileşenin örtülmesi olayını görürüz. Gezegen yıldız çiftinde ise yıldızın gezegen tarafından örtülme etkisi çok küçüktür. Bu nedenle, bu

durum örtölme olarak değil, gezegenin barınak yıldızının önünden geçiş hareketi şeklinde açıklanır. Gezegenin transit geçişi sırasında barınak yıldızının ışığının azalmasına neden olur. Çift yıldızlardan farkı ise; ışık eğrisindeki minimum derinliğinin oldukça sık ve bariz şekilde geniş bir yapıda olmasıdır. Şekil 2.2’de transit geçiş sırasında farklı ışık eğrileri oluşturan ötegezegen örnekleri verilmiştir.



**Şekil 2.2.** Farklı minimum eğrilerine sahip transit geçiş gözlemleri (www.nasa.gov)

Şekil 2.3’te bir ötegezegene (HD209458) ait ilk transit geçiş ışık eğrisi gösterilmiştir (Charbonneau ve ark., 2000).

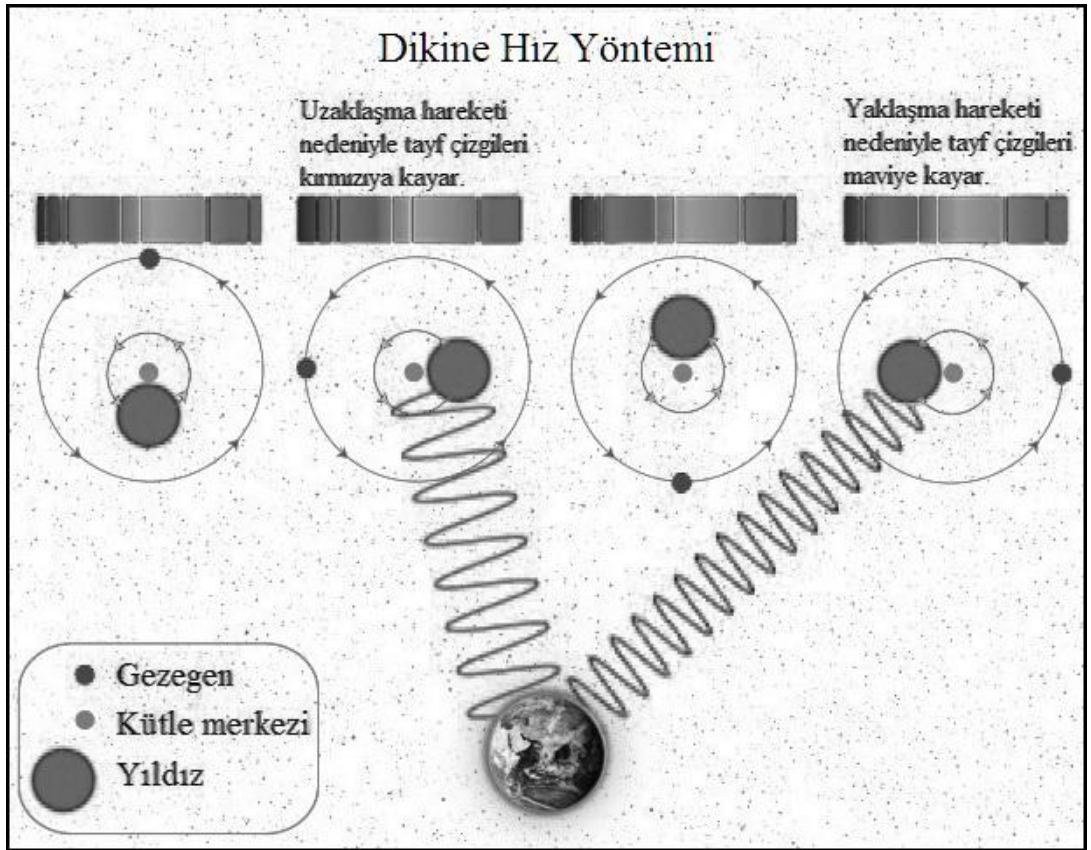


**Şekil 2.3.** Bir ötegezegene ait ilk transit geçiş ışık eğrisi (Charbonneau ve ark., 2000)

### 2.1.3. Dikine hız

Sistemler (gezegenli sistem veya çift yıldız sistemi olsun) ortak kütle merkezi etrafında dolanırlar. Gözlemcinin bakış doğrultusunda yapılan bu hareket nedeniyle yıldıza ait tayf çizgilerinde kaymalar meydana gelir. Eğer yıldız gözlemciye doğru yaklaşıyorsa tayf çizgileri maviye doğru, gözlemciden uzaklaşıyorsa kırmızıya doğru kayar. Buna “Doppler kayması” denir. Gezegenli sistemlerde çift yıldızlardan farklı olarak tayf çizgilerindeki kaymalar çok küçük şekilde kendini gösterir. Günümüzde m/s mertebesinde yapılan duyarlı gözlemlerle bu teknikteki gelişmeler görülmektedir.

Şekil 2.4’te gezegen yıldız çiftinin ortak kütle merkezi etrafında dolanım hareketi boyunca tayf çizgilerinin maviye ve kırmızıya kayma hareketi gösterilmiştir.

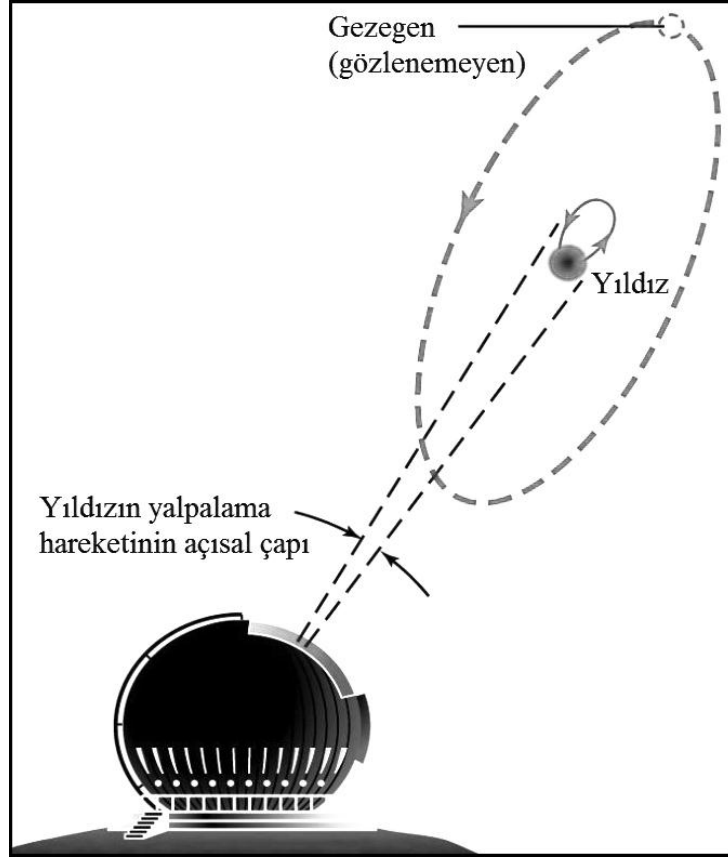


**Şekil 2.4.** Gezegenli sistemin kütle merkezi etrafında dolanımı sonucunda oluşan Doppler kayması (veya Doppler etkisi) (<http://lcogt.net/spacebook/radial-velocity-method>)

Bu yöntem kullanılarak 51 Pegasi b gezegeni Mayor ve Queloz (1995) tarafından bulunmuştur.

#### 2.1.4. Astrometri

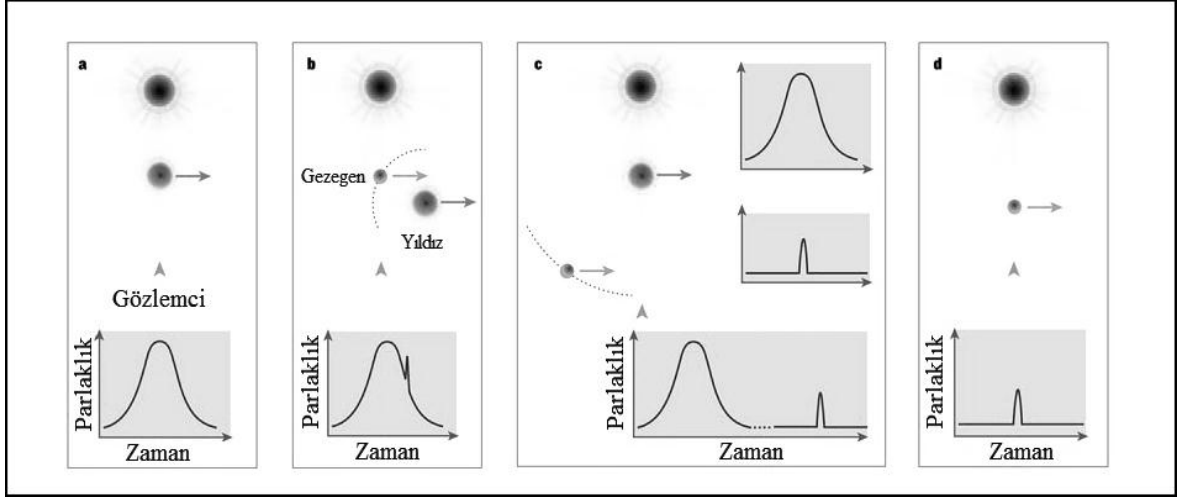
Bu yöntemle dikine hız yöntemi arasında büyük benzerlik vardır. Ortak kütle merkezi etrafında dolanan yıldızın yörüngesinde, gezegenin oluşturduğu tedirginlik nedeniyle küçük sapmalar gözlenir. Yıldızda meydana gelen yalpalama hareketi nedeniyle gezegenin varlığı tespit edilir. Sistemin gözlemciye olan uzaklığıyla doğru orantılı olarak bu değişimi algılamak zorlaşır. Şekil 2.5'te yıldızın yalpalama hareketinin açısal çap olarak ölçülmesi betimlenmiştir.



**Şekil 2.5.** Ötegezegenin oluşturduğu tedirginlik nedeniyle yıldızın gökyüzünde yalpalama hareketi (www.astro.wisc.edu)

#### 2.1.5. Mikromercekleme

Kütle çekimsel mikromercekleme olarak da bilinir. Einstein'ın Genel Görelilik İlkesi'ne göre fotonlar kütleli bir cisim yanından geçerken yolundan sapmaya uğrayabilir. Bu etki kendini, daha uzakta gözlenen bir cismin, gözlemciyle arasındaki başka bir cismin mercek görevi görüp, gözlenen cismin parlaklığını arttırmasıyla gösterir. Bu yöntemin olumsuz yanı, aynı ölçümün tekrar yapılabilmesinin çok düşük ihtimal olmasıdır.



**Şekil 2.6.** Mikromercekleme nedeniyle yıldızın parlaklığında oluşabilecek değişimler (Sumi ve ark., 2011)

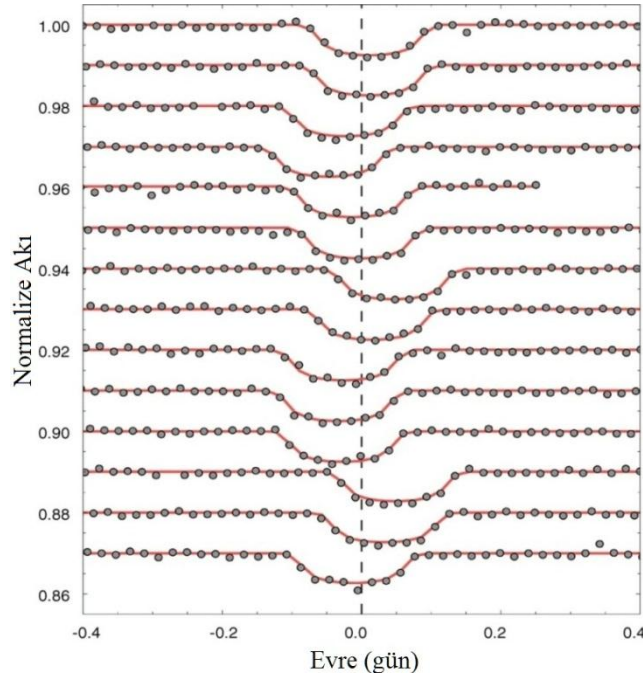
Şekil 2.6’da bakış açımıza göre parlak bir yıldızın önünden geçen daha sönük bir yıldız ve gezegeninin farklı durumlarda parlak yıldızın ışığına olan etkileri gösterilmiştir. (a) kısmında sönük yıldızın parlak yıldızın ışığını mercekleyerek daha parlak olduğunu, (b) kısmında sönük yıldızın ve gezegenin birlikte mercekleme yaptığını ve gezegenin merceklemesinin eğri üzerinde kendini ani bir parlaklık artışı olarak gösterdiğini, (c) kısmında barınak yıldızına uzaklığı nedeniyle gezegenin neden olduğu ani parlaklık artışının barınak yıldızındakinden farklı bir konumda olduğunu ve (d) kısmında sadece gezegenin neden olduğu mercekleme etkisini görüyoruz.

#### 2.1.6. Atarca zamanı (Pulsar zamanlaması)

Büyük kütleli yıldızlar yaşamları sonunda süpernova patlaması sonucu kendi üzerine çökerek nötron yıldızı oluşturabilirler. Nötron yıldızları oldukça yoğun kütleli, çok küçük çaplı, yüksek manyetik alana sahip ve kendi çevresinde muazzam hızlarda dönen gök cisimleridir. Kendi etrafında yüksek hızlarla dönen nötron yıldızı manyetik kutuplarından çok yüksek hızlarda parçacık saçır. Bu şekilde belli aralıklarla elektromanyetik ışıma yapan nötron yıldızlarına pulsar (atarca) adı verilir. Pulsarın manyetik kutbu gözlemci doğrultusunda ise bu cisimden çok düzenli aralıklarla elektromanyetik dalga atımları saptanır. Pulsar bir gezegene sahip ise; ortak kütle merkezi etrafında yaklaşan ve uzaklaşan yörünge hareketi nedeniyle atımlarında düzensizlik görülür. Keşfedilen ilk ötegezegen olan PSR B1257+12 b, Wolszczan (1994) tarafından bu teknikle bulunmuştur.

### 2.1.7. Geçiş zamanındaki değişim

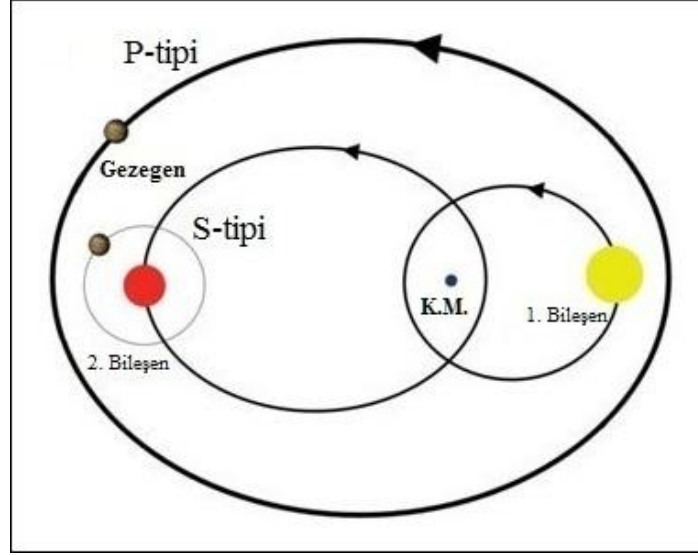
Literatürde transit timing variations olarak bilinen bu teknik, ötegezegenin barınak yıldızının önünden geçiş zamanındaki değişimlerini analiz eder. Transit geçiş yapan ötegezegenin, geçişini olması gerekenden erken veya geç yapmasına neden olan etki olarak sisteme ilave bir cisim gösterilir. Bu yöntemle, transit geçiş yapan bir ötegezegenin geçiş zamanındaki değişimden yola çıkarak gözlenemeyen diğer bir ötegezegenin keşfi yapılabilir. Şekil 2.7’de geçiş zamanındaki değişiminin barınak yıldızın ışık eğrisine olan etkisi gösterilmiştir.



**Şekil 2.7.** KOI-872 sisteminde, ilave cisim etkisi nedeniyle ötegezegenin minimum zamanındaki değişim (Nesvorný ve ark., 2012)

### 2.1.8. Çiftleri çevreleyen gezegenler ve dönem analizi

Gezegen denildiğinde akla ilk gelen tanım tek bir yıldızın etrafında dolanan gök cismi olsa da günümüzde çift yıldızların da gezegenlere sahip olabildiği görülmüştür. Çift yıldızları çevreleyen gezegenler (circumbinary planets) olarak isimlendirilen bu sistemlerin yörüngeleri güneş sistemimize göre daha karmaşıktır. Sistemin bileşenleri yeterince ayrık ise gezegen bileşenlerden birinin etrafında (S-tipi) ya da birbirine daha yakın bileşenlerin etrafında (P-tipi) dolanma hareketi yapar. Bu durum Şekil 2.8’de gösterilmiştir.



**Şekil 2.8.** Çift yıldız sistemine ait gezegenin yörünge türleri (www.univie.ac.at)

Bölüm 1.2.2’de çift sisteme dahil olan üçüncü bir cismin varlığında üçlü sistemin ortak kütle merkezi etrafında dolanımından ve üçüncü cismin çift sistemin yörünge hareketi sırasında gözlenen minimum zamanlarına olan etkisinden bahsetmiştik. Çift sisteme dahil üçüncü bir cismin varlığını tespit etme yöntemlerinden ikisi dikine hız ve transit geçiş yöntemidir. Dikine hız yönteminde bakış doğrultumuza yaklaşık olarak paralel doğrultuda dolanan cisim nedeniyle yıldızın tayfında kırmızıya ve maviye kaymalar görürüz. Transit geçiş yönteminde ise yıldızın, tutulma koşulunu sağlayan cisim tarafından örtülmesi nedeniyle ışığında azalma meydana gelir. Ancak ötegezegen keşifleri için dikine hız ve transit geçiş yöntemi, barınak yıldızına yakın ve büyük kütleli cisimler için uygundur. Örtün çift yıldız sistemine dahil olan ötegezegenler, çift sistemin tutulum zamanlarını etkileyeceğinden dönem analizi yöntemi, ötegezegenin keşfi için bize pratik bir yol sunar.

Çift yıldız sisteminin etrafında ilk gezegen, M4 küresel yıldız kümesinin bir üyesi olan PSR B1620-26 sisteminin yörüngesinde keşfedilmiştir. Sigurdsson ve ark. (2003) bir beyaz cüce ve milisaniye pulsardan oluşan PSR B1620-26 çiftinin etrafında, kütlesi 2.5  $M_J$ , yörünge yarı-büyük eksen uzunluğu ise 23 AB olan gezegeni belirlemişlerdir.

Lee ve ark. (2008) algol türü bir örtün çift sistemi olan HW Vir’de bir gezegen sistemini, dönem analiziyle keşfetmiştir. İki gezegenden oluşan bu sistemde iç ve dış gezegenlerin kütleleri sırasıyla 8.47 ve 19.23  $M_J$ , yörünge dönemleri ise 9 ve 16 yıl olarak hesaplanmıştır.

## 2.2. Keşfedilen Ötegezegenlerin Sayısı

Keşfedilen ötegezegenler makalelerle bilim dünyasına duyurulduğu gibi ötegezegenlere ait bilgiler çeşitli kataloglarda toplanmaktadır. Ancak kataloglara ait, cisimlerin ötegezegen olabilme ölçütleri kendi aralarında çeşitlilik gösterebilir. Bu nedenle ötegezegen sayılarında farklılıklar görülmektedir. Örneğin NASA Exoplanet Archive, 30  $M_j$  kütlesi üzerindeki cisimleri kataloglarında belirtmezken, The Extrasolar Planets Encyclopaedia bu ölçütü 20  $M_j$  olarak dikkate alır. Bahsedilen kataloglara şu örnekler verilebilir:

- The Extrasolar Planets Encyclopaedia (Schneider, 2014)
- NASA Exoplanet Archive (Akeson ve ark., 2013)
- Open Exoplanet Catalogue (Rein, 2012)
- The Habitable Exoplanets Catalog (Mendez, 2011)
- Exoplanet Orbit Data Explorer (Han ve ark., 2014)

**Çizelge 2.1.** Çeşitli kataloglara göre ötegezegen sayıları (Ocak, 2015)

| Ötegezegen Kataloğu                  | Ötegezegen Sayısı |
|--------------------------------------|-------------------|
| The Extrasolar Planets Encyclopaedia | 1876              |
| NASA Exoplanet Archive               | 1795              |
| Open Exoplanet Catalogue             | 1840              |
| The Habitable Exoplanets Catalog     | 1882              |
| Exoplanet Orbit Data Explorer        | 1523              |

Çizelge 2.1’de çeşitli kataloglara göre ötegezegen, Çizelge 2.2’de günümüze kadar keşfedilen ötegezegenlerin keşif yöntemlerine göre sayıları sunulmuştur. Çizelge 2.3’te ötegezegene sahip olan çift yıldız sistemlerinin yörünge türüne göre sayıları gösterilmiştir (The Extrasolar Planets Encyclopaedia, Aralık 2014). Bu sistemlerden bazılarının üçlü ve bir tanesinin (PH-1 sistemi) dördü sistem olduğu bilinmektedir. Eklerde çift yıldız sistemlerinin sahip olduğu ötegezegenlerin listesi verilmiştir.

**Çizelge 2.2.** Keşif yöntemlerine göre ötegezegen sayıları (Schneider, 2014)

| Yöntem\Sayı               | Gezegenli Sistem | Gezegen     | Çoklu Gezegenli Sistem |
|---------------------------|------------------|-------------|------------------------|
| Transit geçiş             | 656              | 1179        | 354                    |
| Dikine hız ve Astrometri  | 445              | 591         | 104                    |
| Mikromerçekleme           | 32               | 34          | 2                      |
| Doğrudan görüntüleme      | 47               | 51          | 2                      |
| Atarca zamanı             | 13               | 18          | 4                      |
| Geçiş zamanındaki değişim | 3                | 3           | 0                      |
| <b>Toplam</b>             | <b>1196</b>      | <b>1876</b> | <b>466</b>             |

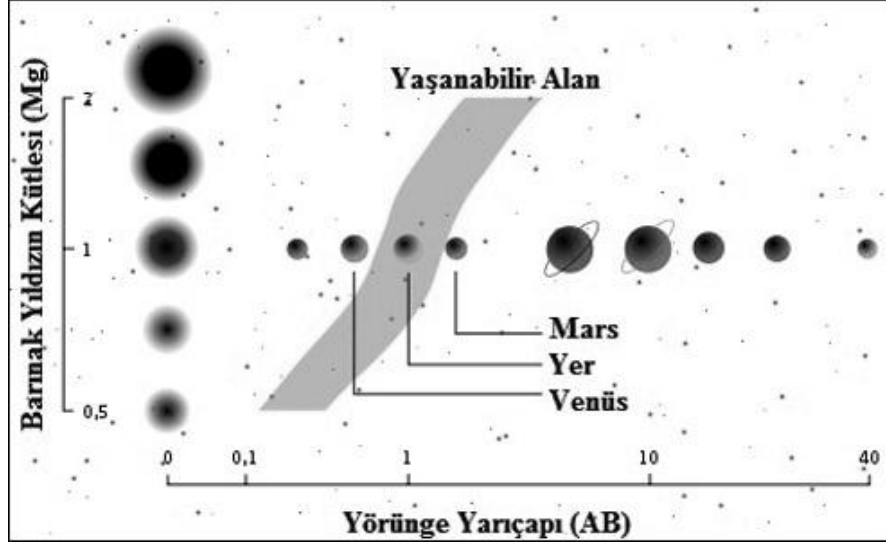
**Çizelge 2.3.** Ötegezegenlere sahip çoklu yıldız sistemlerinin yörünge türlerine göre sayısı (Rein, 2012)

| Tür\Sayı | Gezegenli Sistem | Gezegen | Çoklu Gezegenli Sistem |
|----------|------------------|---------|------------------------|
| P-türü   | 19               | 22      | 3                      |
| S-türü   | 58               | 85      | 13                     |
| Toplam   | 77               | 107     | 16                     |

### 2.3. Ötegezegenlerin Sınıflandırılması

Ötegezegenlerin sınıflandırılması için farklı tanımlamalar yapılmıştır. Bunlara, Sudarsky, Star Trek, Meghar Scale, Christopher Dybala gibi gezegen sınıflandırması örnekleri verilebilir. Biz burada Mendez (2011) tarafından kütle tabanlı yapılmış sınıflandırmayı ele alacağız.

Suyun sıvı halde bulunabileceği sıcaklığa sahip gezegenlerin dolanabileceği yörüngelerin bulunduğu bölgeye “yaşanabilir bölge (habitable zone)” adı verilir. Gezegenin ve barınak yıldızının türüne göre bölgenin barınak yıldızına yakınlığı değişebilir (Şekil 2.9). Barınak yıldızına göre yaşanabilir bölgenin arkasında kalan bölge “soğuk bölge (cold zone)”, önünde kalan bölge “sıcak bölge (hot zone)” adıyla anılır.



Şekil 2.9. Yaşanabilir alanın barınak yıldızına olan uzaklığındaki değişim (Mendez, 2011)

| Ötegezegenlerin Kütle Sınıflandırması   |             |                    |         |               |                    |                |      |
|-----------------------------------------|-------------|--------------------|---------|---------------|--------------------|----------------|------|
|                                         |             |                    | Dünya   | Süper Dünya   | Neptün             | Jüpiter        |      |
| Küçük Gezegen, Ay ve Kuyruklu Yıldızlar |             | Kayasal Gezegenler |         |               | Dev Gaz Gezegenler |                |      |
| Asterooid Türü                          | Merkür Türü | Alt Kayasal        | Kayasal | Süper Kayasal | Neptün Türü        | Dev Gezegenler |      |
| 0                                       | 0.00001     | 0.1                | 0.5     | 2             | 10                 | 50             | 5000 |
| Ötegezegen Kütlesi (Yer birimi)         |             |                    |         |               |                    |                |      |

Şekil 2.10. Güneş sistemi ve ötegezegenler için kütleyle göre sınıflandırma (Mendez, 2011)

Şekil 2.10'da, alt kısımda güneş sistemi ve ötegezegenler, orta kısımda sadece güneş sistemi ve üst kısımda sadece ötegezegenler için kütlelerine göre sınıflandırılma gösterilmiştir. Adı geçen türleri kısaca açıklamak gerekirse,

- Asteroid türü (Asteroidan): 0 - 0.03 yer yarıçaplı, hidrostatik dengeye ulaşamamış ve atmosferi olmayan düzensiz şekilli,
- Merkür türü (Mercurian): 0.03 - 0.7 yer yarıçaplı, sadece soğuk bölgede atmosfer tutabilen,
- Alt Kayasal (Subterran): 0.5 - 1.2 yer yarıçaplı, yaşanabilir bölgenin dış çeperinde atmosfer tutabilen (Mars gibi),
- Kayasal (Terran): 0.8 - 1.9 yer yarıçaplı, yaşanabilir bölgede suyun sıvı halde bulunabileceği bir atmosfer tutabilen,

- Süper kayasal (Superterran): 1.3 - 3.3 yer yarıçaplı, yaşanabilir bölgede suyun sıvı halde bulunabileceği yoğun bir atmosfer tutabilen,
- Neptün türü (Neptunian): 2.1 - 5.7 yer yarıçaplı, sıcak bölgede yoğun bir atmosfere sahip olabilen,
- Dev gezegenler (Jovian): 3.5 - 27 yer yarıçaplı, sıcak bölgede çok yoğun bir atmosfere sahip olabilen gök cisimleridir.

Çizelge 2.4'te onaylanmış ötegezegenlerin türlerine göre sayıları ve oranları verilmiştir. Ötegezegenlerin onaylanmasında kullanılan ölçütler kataloglara göre farklılık gösterebildiği için toplam ötegezegen sayılarında farklılıklar görülebilmektedir. Bununla birlikte, türünü belirleyebilmek için hakkında yeterli bilgi elde edilememiş ötegezegenler listelenmemiştir.

**Çizelge 2.4.** Onaylanmış ötegezegenlerin türlerine göre sayıları ve oranları (Mendez, 2011)

| <b>Gezegen Türü</b> | <b>Sayı</b> | <b>Oran (%)</b> |
|---------------------|-------------|-----------------|
| Merkür türü         | 3           | 0.2             |
| Alt kayasal         | 15          | 0.8             |
| Kaysal              | 249         | 13.2            |
| Süper kayasal       | 406         | 21.6            |
| Neptün türü         | 367         | 19.5            |
| Dev gaz türü        | 840         | 44.6            |
| Toplam              | 1878        | 100             |

## BÖLÜM 3

### SEÇİLEN YILDIZLARIN DÖNEM ANALİZLERİ

#### 3.1. Yıldızların Seçimi ve Genel Özellikleri

O-C eğrileri kullanılarak dönem analizi yapılacak yıldızların mümkün olduğunca geniş zaman aralığına yayılmış minimum zamanına sahip olmak, doğru sonuçlara ulaşmak için oldukça önemlidir. O-C eğrilerindeki değişimlerde üçüncü cisim etkisi gösterdiği görülen ve ötegezegen barındırma ihtimali olduğu belirtilen HW Vir, CM Dra ve LT Her ile Slawson ve ark. (2011), Gies ve ark. (2012), Pinsonneault ve ark. (2012) tarafından Kepler uzay aracı gözlemleri ile elde edilen ışık eğrilerinde yapılan çalışmalarda ilave cisme sahip olduğu düşünülen UZ Lyr, V995 Cyg ve V404 Lyr örten çift yıldız sistemleri bu tez çalışmasında dönem analizleri yapılmak üzere seçilmiştir. Bu sistemler seçilirken, sistemlerin önceki yıllarda yapılmış gözlemlerinin olmasının yanında mümkün olduğunca Kepler uzay aracı gözlemlerinin de olması dönem analizlerinin yapılabilmesi açısından önemli bir kriter olmuştur. LT Her, UZ Lyr ve V995 Cyg sistemlerinin dönem analizleri ilk defa bu tez çalışmasında yapılmıştır. Çizelge 3.1’de seçilen sistemler hakkında genel bilgiler sunulmuştur.

**Çizelge 3.1.** Seçilen sistemlerin genel özellikleri

| Yıldız Adı | Tayf Türü | Görsel<br>Parlaklık ( <sup>m</sup> ) | M <sub>1</sub> - M <sub>2</sub><br>(M <sub>☉</sub> ) | R <sub>1</sub> - R <sub>2</sub><br>(R <sub>☉</sub> ) | Kaynak* |
|------------|-----------|--------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------|
| HW Vir     | sdOB+dM   | 10.69                                | 0.49-0.14                                            | 0.20–0.18                                            | 1,2,3   |
| CM Dra     | M4.5V     | 12.87                                | 0.24-0.21                                            | 0.25-0.24                                            | 4,5     |
| UZ Lyr     | B9V+G2IV  | 10.4                                 | 2.69-0.70                                            | 2.39-2.52                                            | 6       |
| LT Her     | A2V+F3    | 10.55                                | 2.50-0.80                                            | 2.70-1.50                                            | 6,7     |
| V995 Cyg   | B8+G6IV   | 11.27                                | 3.25–0.90                                            | 2.65-4.20                                            | 8       |
| V404 Lyr   | F0+G2IV   | 11.77                                | 1.35–0.52                                            | 1.60-1.40                                            | 8,9     |

\* 1. Almeida ve ark. (2012), 2. İbanoğlu ve ark. (2004), 3. Lee ve ark. (2008), 4. Metcalfe ve ark. (1996), 5. Lacy (1977), 6. Surkova ve Svechnikov (2004), 7. Giuricin ve ark. (1979), 8. Svechnikov ve Kuznetsova (1990), 9. Lee ve ark. (2014)

#### 3.2. Dönem Analizleri

Seçim yıldızların tüm minimum zamanları literatürden toplanmıştır. Ayrıca Kepler uzay aracı gözlemleri ile elde edilen ışık eğrilerinden 1042 adet yeni minimum zamanı

Kwee-van Woerden (1956) yöntemi ile hesaplanmıştır. Bunlar literatürden toplanan yer tabanlı gözlemlerinden elde edilmiş minimum zamanlarına eklenmiştir. Bu işlem yapılırken literatürden toplanan HJD olarak hesaplanmış minimum zamanları Eastman (2012) tarafından hazırlanan makro ile BJD'ye dönüştürülmüştür. Çizelge 3.2'de yıldızların literatürden toplanan ve Kepler ışık eğrilerinden bu tezde hesaplanan minimum zamanlarının nitelikleri görülebilir. Sistemlere ait tüm minimum zamanları eklerde verilmiştir.

**Çizelge 3.2.** Dönem analizleri için kullanılan minimum zamanlarının nitelikleri

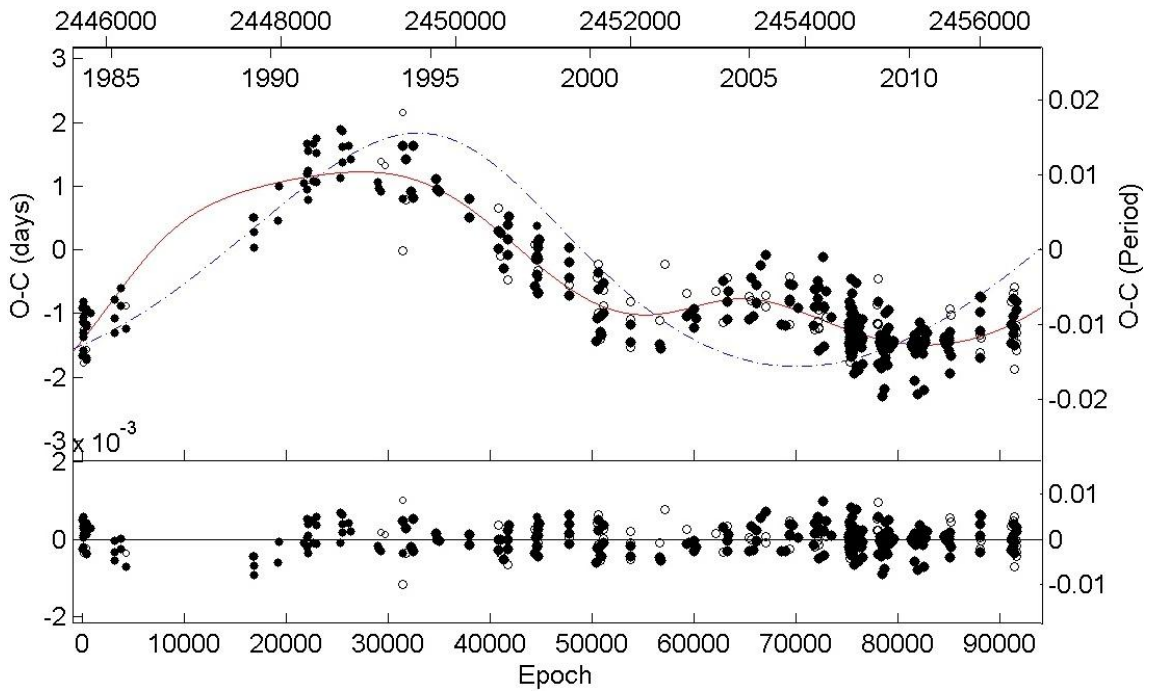
| <b>Yıldız<br/>Adı</b> | <b>Veri<br/>Aralığı</b> | <b>Görsel<br/>(Vis)</b> | <b>Fotografik<br/>(Pg)</b> | <b>Fotoelektrik<br/>(Pe)</b> | <b>CCD</b> | <b>Kepler<br/>Min</b> | <b>Toplam</b> |
|-----------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------------|------------------------------|------------|-----------------------|---------------|
| HW Vir                | 1984-2013               | -                       | -                          | 112                          | 455        | -                     | 567           |
| CM Dra                | 1973-2012               | -                       | -                          | 7                            | 78         | -                     | 85            |
| UZ Lyr                | 1920-2014               | 283                     | 12                         | 1                            | 18         | 600                   | 914           |
| LT Her                | 1943-2012               | 10                      | 1                          | 1                            | 32         | -                     | 44            |
| V995 Cyg              | 1928-2014               | 5                       | 16                         | -                            | 12         | 258                   | 291           |
| V404 Lyr              | 1951-2014               | -                       | 9                          | -                            | 35         | 184                   | 228           |
| Toplam                | -                       | 298                     | 38                         | 121                          | 630        | 1042                  | 2129          |

Sistemlerin dönem analizleri için, Zasche ve ark. (2009) tarafından MATLAB programı için yazılan, Bölüm 1.2.1 ve Bölüm 1.2.2'de anlatılan dönem analizi yöntemlerini temel alan paket programda yer verilen eksen dönmesi, üçüncü cisim ve dördüncü cisim makroları kullanılmıştır. Analizlerde kullanılan minimum zamanlarının gözlem türüne göre ağırlıkları, görsel için Vis=1, fotografik için Pg=3, fotoelektrik için Pe=5, UBVRİ filtrelerinde yapılan CCD gözlemleri ve hesaplanan Kepler minimum zamanları için CCD=10 verilmiştir.

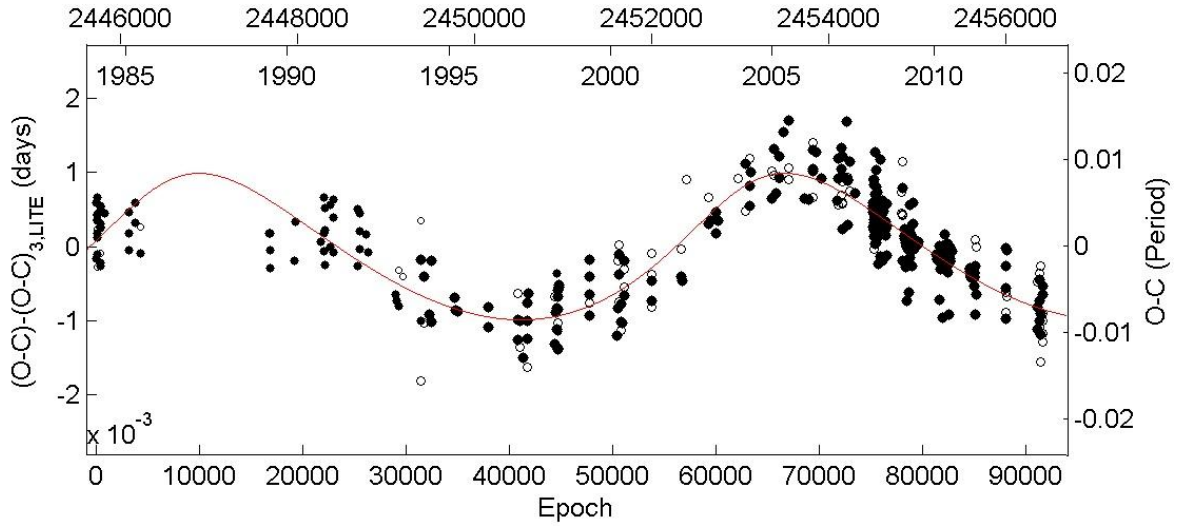
### 3.2.1. HW Vir

Algol türü ayrık örten çift yıldız sistemi olan HW Vir'in (BD-07 3477,  $\alpha = 12^{\text{s}} 44^{\text{dk}} 20^{\text{s}}.24$ ,  $\delta = -08^{\circ} 40' 16''.83$ ) ilk ışık eğrisi Menzies (1986) tarafından elde edilmiştir. Menzies ve Marang (1986) bu ışık eğrisini çözümleyip sistemin döneminin  $2^{\text{s}} 48^{\text{dk}} (P = 0.11667 \text{ gün})$  olduğunu açıklamıştır. Sistemin dönemindeki değişimin muhtemel nedenin üçüncü cisim etkisi olabileceği Kilkenney ve ark. (1994) tarafından önerilmiştir. Sistemin

ışık eğrisi çözümünün yapıldığı diğer çalışmalarda ikinci bileşenin sıcaklığının 3200 K ile 3700 K değerleri arasında olması anlamlı bulunmuş olup ikinci bileşenin M türü anakol yıldızı olduğu belirtilmiştir (Menzies ve Marang, 1986; Wood ve ark., 1993; Kiss ve ark., 2000). Birçok farklı çalışmada sistemin birinci bileşenin sıcaklığının 26000 K ile 36000 K arasında değişen değerlerde olduğu sunulmuştur. Wood ve Saffer (1999) çalışmasında sistemin etkin sıcaklığının  $T_e = 28488$  K olduğunu belirtmiştir. Kilkenny ve ark. (2003) tarafından üçüncü cismin yörünge eğiminin  $i \geq 20^\circ$  olması şartı ile üçüncü cismin yörünge dışmerkezliliğinin (e) en az 0, en çok 0.5 değerlerinde olabileceği öngörülüp üçüncü cismin kütesinin kahverengi cüce tanımına uygun olduğu belirlenmiştir. İbanoğlu ve ark. (2004) ise yaptıkları çalışmada üçüncü cismin yörünge dışmerkezliliğini  $e = 0.12$  ve üçüncü bileşenin kütesini  $M_3 = 0.022 M_\odot$  olarak hesaplamıştır. HW Vir'in çift sistemine dahil minimum kütesi  $M_4 = 0.0081 M_\odot$  olan bir dördüncü bileşenin varlığı Lee ve ark. (2008) tarafından belirlenmiştir. Ayrıca bu çalışmada bileşenlerin kütleleri  $M_1 = 0.485 \pm 0.013 M_\odot$  ve  $M_2 = 0.142 \pm 0.004 M_\odot$  olarak elde edilmiştir. Beuermann ve ark. (2012) iç yörüngedeki bileşenin kütesinin kahverengi cüce ile gezegen arasında olduğunu, dış yörüngedeki bileşenin ise kahverengi cüce olduğunu açıklamıştır. Skelton (2012) çalışmasında, SuperWASP ışık eğrilerinden elde edilen minimum zamanlarını, literatürde bulunan minimum zamanlarına ekleyerek yaptığı çözümde Lee ve ark. (2008) çözümünün hatalı olabileceğini belirtmiştir.



**Şekil 3.1.** HW Vir sisteminin O-C eğrisi ve sentetik eğriler çıkarılmış artıklar



**Şekil 3.2.** HW Vir sisteminin O-C eğrisinde sadece dördüncü cismin etkisi

HW Vir örten çift yıldız sisteminin dönem analizi için literatürden 500 tanesi birinci minimum zamanı olan toplam 567 tane minimum zamanı toplanmıştır. Minimum zamanları yaklaşık 30 yıllık gözlem verisini içermektedir. Çözümlerde tüm parametreler serbest bırakılmıştır. Dönem analizi yapmak için öncelikle O-C değişimine bir sinüs eğrisi fiti yapılmış ve bu sinüs eğrisinin artıklarına ise başka bir sinüs eğrisi fiti yapılmıştır. O-C eğrisinde üst üste binmiş iki sinüs eğrisi ve artıklar Şekil 3.1’de, sisteme dahil üçüncü ve dördüncü cismin neden olduğu varsayılan sinüs eğrileri birbirinden çıkarılıp sadece dördüncü cismin etkisi Şekil 3.2’de gösterilmiştir. Üçüncü ve dördüncü cisme ait fit eğrileri, O-C eğrisinde minimum zamanları ile uyumludur. Sistemin dönem analizi sonucunda elde edilen parametreler Çizelge 3.3’te sunulmuştur. Sinüzoidal değişimlere neden olduğu düşünülen üçüncü ve dördüncü cisimlerin dönemleri sırasıyla yaklaşık olarak  $18 \pm 1$  ve  $25 \pm 2$  yıl, minimum kütleleri yaklaşık olarak 19 ve 28  $M_J$  olarak elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre ilave cisimlerin birer kahverengi cüce olduğu söylenebilir.

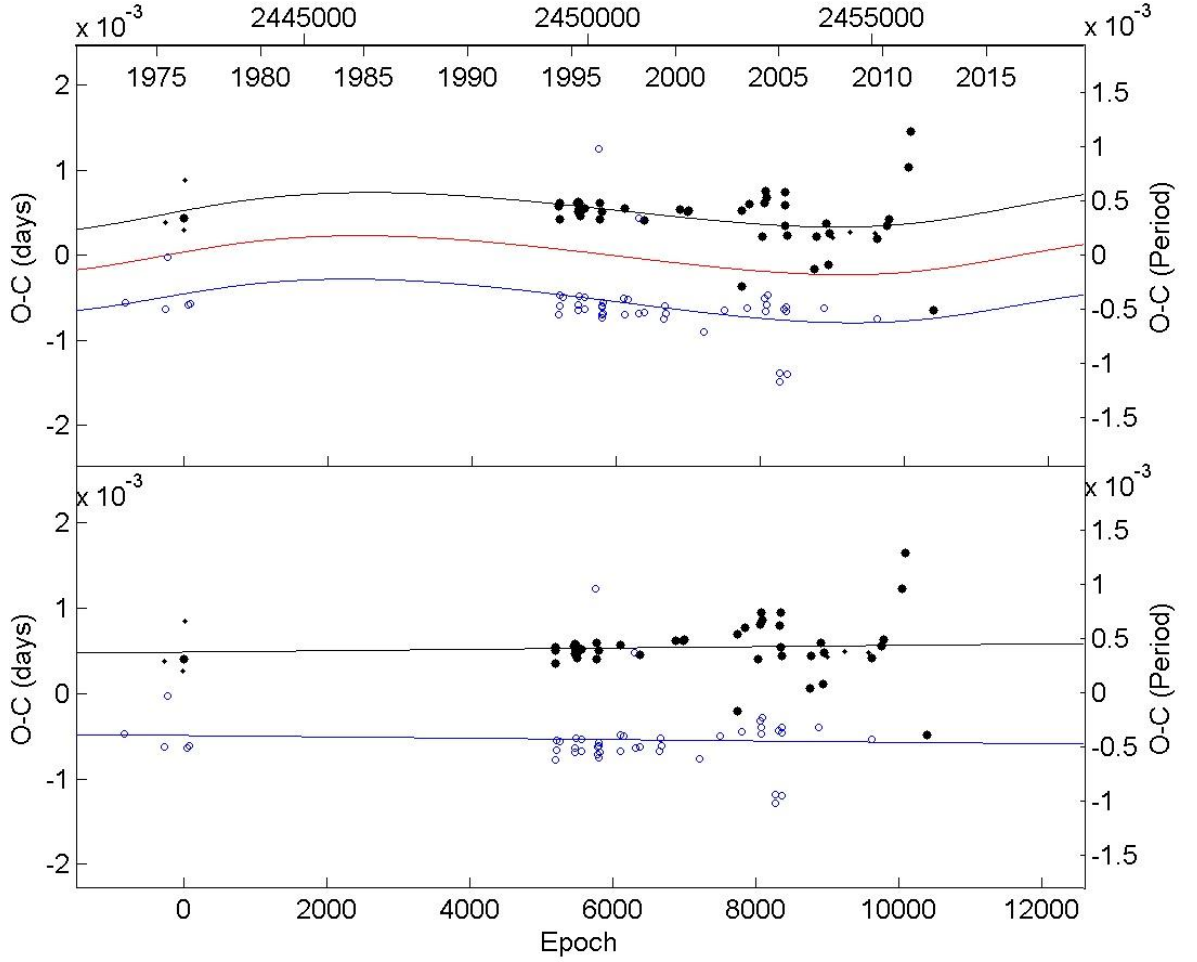
**Çizelge 3.3.** HW Vir'in ilave cisim parametreleri

| Parametre              | Birim     | Üçüncü Cisim<br>Değer ± Hata | Dördüncü Cisim<br>Değer ± Hata |
|------------------------|-----------|------------------------------|--------------------------------|
| $T_0$                  | HJD       | $2445730.5580 \pm 0.0001$    |                                |
| $P$                    | gün       | $0.11671952 \pm 0.00000001$  |                                |
| $P_{3,4}$              | yıl       | $18.13 \pm 0.98$             | $25.44 \pm 1.79$               |
| $T_{3,4}$              | HJD       | $2439835 \pm 890$            | $2459434 \pm 670$              |
| $A_{s(3,4)}$           | gün       | $0.0010 \pm 0.0003$          | $0.0018 \pm 0.0003$            |
| $\omega_{3,4}$         | °         | $56.2 \pm 22.2$              | $118.6 \pm 19.5$               |
| $e_{3,4}$              |           | $0.29 \pm 0.12$              | $0.22 \pm 0.13$                |
| $f(M_{3,4})$           | $M_\odot$ | $0.000016$                   | $0.00005$                      |
| $M_{3,4} (i=90^\circ)$ | $M_\odot$ | $0.0192$                     | $0.0276$                       |
| $M_{3,4} (i=60^\circ)$ | $M_\odot$ | $0.0224$                     | $0.0321$                       |
| $M_{3,4} (i=30^\circ)$ | $M_\odot$ | $0.0403$                     | $0.0569$                       |

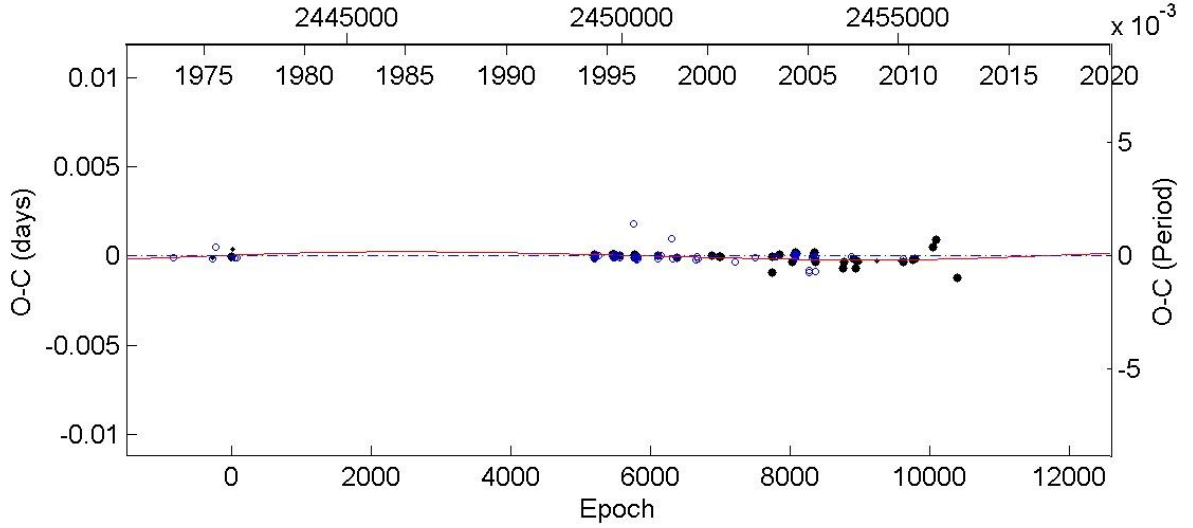
### 3.2.2. CM Dra

BY Dra türü örten çift yıldız sistemi olan CM Dra'nın ( $\alpha_{J2000} = 16^s 34^{dk} 20^s.41$ ,  $\delta_{J2000} = +57^\circ 09' 43''.94$ ) dönemi  $P = 1.26796$  gün ve bileşenlerinin kütleleri  $M_1 = 0.237 M_\odot$ ,  $M_2 = 0.207 M_\odot$  ve sistemin yörünge eğikliği  $i = 89^\circ.82$  olarak Lacy (1977) tarafından hesaplanmıştır. Ayrıca Lacy (1977) sistemin bileşenlerinin flare yıldızlar olduğunu ve benzer parlaklığa sahip klasik populasyon I yıldızlarından 20 kez daha seyrek fışkırma yaptığını, ek olarak dönel kutuplara yakın leke veya lekelerin olası varlığını belirtmiştir. Metcalfe ve ark. (1996) sistemin birinci ve ikinci bileşene ait yarıçapları,  $R_1 = 0.2516 \pm 0.002 R_\odot$ ,  $R_2 = 0.235 \pm 0.007 R_\odot$  ve Viti ve ark. (1997) sıcaklıkları,  $T_1 = 3073 \pm 57$  K,  $T_2 = 3076 \pm 57$  K olarak elde etmiştir. Guinan ve ark. (1998) sisteme ait üçüncü bir bileşenin varlığını tartışarak parametrelerini  $M_3 = 64 \pm 4 M_j$  ( $0.061 M_\odot$ ),  $P_3 = 70.3 \pm 3$  gün ve  $a_3 = 0.27$  AB şeklinde vermiş ve üçüncü bileşenin kahverengi cüce ya da büyük kütleli bir gezegen olabileceğini öngörmüştür. Deeg ve ark. (2000), sistemin güç spektrumu incelemesi yapmışlar ve sistemin genliğinin bu denli büyük kütleli bir bileşen için yeterli olmadığını ancak  $1.5 - 3 M_j$  kütleli ve  $1.1 - 1.45$  AB uzaklıktaki bir bileşenden söz edilebileceğini belirtmiştir. Morales ve ark. (2007) sistemde eksen dönmesi olduğunu öngörerek, eksen dönmesinin değişimini iki farklı çözümle  $-4 \times 10^{-4}$  derece/gün ve  $5 \times 10^{-4}$  derece/gün şeklinde vermiş ve bu negatif değer en iyi açıklamasının üçüncü cisim etkisi nedeniyle olduğunu belirtmiştir. Deeg ve ark. (2008) önceki açıklamalarına ek olarak

dönem analizlerinde görülen üçüncü cisim etkisinin nedeninin, sisteme yakın ( $\sim 380$  AB) olan beyaz cüceden (GJ 630.1B) kaynaklanmadığını açıklamıştır. Ayrıca üçüncü cismin  $1-2 M_J$  kütleli ve  $18.5 \pm 4.5$  yıl dönemli veya çok büyük kütleli dev bir ötegezegen ile çok düşük kütleli bir yıldız kütesine sahip, döneminin de yüzyıl ile binyıl olabileceğini öngörmüştür. Morales ve ark. (2009) ise yaptıkları çalışmada sistemin dışmerkezliliğini  $e = 0.0051$  ve eksen dönmesinin dönemini  $U = 5400 \pm 3200$  yıl olarak elde etmiştir.



**Şekil 3.3.** CM Dra sisteminin O-C eğrisi ve sisteme ait sinüs eğrisi çıkarılmış eksen dönmesi fiti



**Şekil 3.4.** CM Dra sisteminin O-C eğrisinde üçüncü cisim etkisi

CM Dra sisteminin dönem analizi için literatürden 41 tanesi birinci minimum zamanı olan toplam 85 tane minimum zamanı toplanmıştır. Minimum zamanları yaklaşık 35 yıllık zaman aralığına yayılmıştır. Sistemin dönem analizinde birinci ve ikinci minimumların net bir şekilde farklı eğilimlerde olduğu görülmektedir. Sistemin eksen dönmesinin döneminin büyük olması nedeniyle eğrilerin kesişim noktasının geçmesi gereken minimum zamanları henüz gözlenememiştir. Dönem analizi için minimum zamanlarının eğilimlerine ayrı ayrı yapılan birer sinüs fiti ve sistemi temsil eden bir sinüs fiti Şekil 3.3'te gösterilmiştir. Sisteme dahil üçüncü cismin neden olduğu varsayılan sinüs eğrisinin genel görünümü Şekil 3.4'te gösterilmiştir.

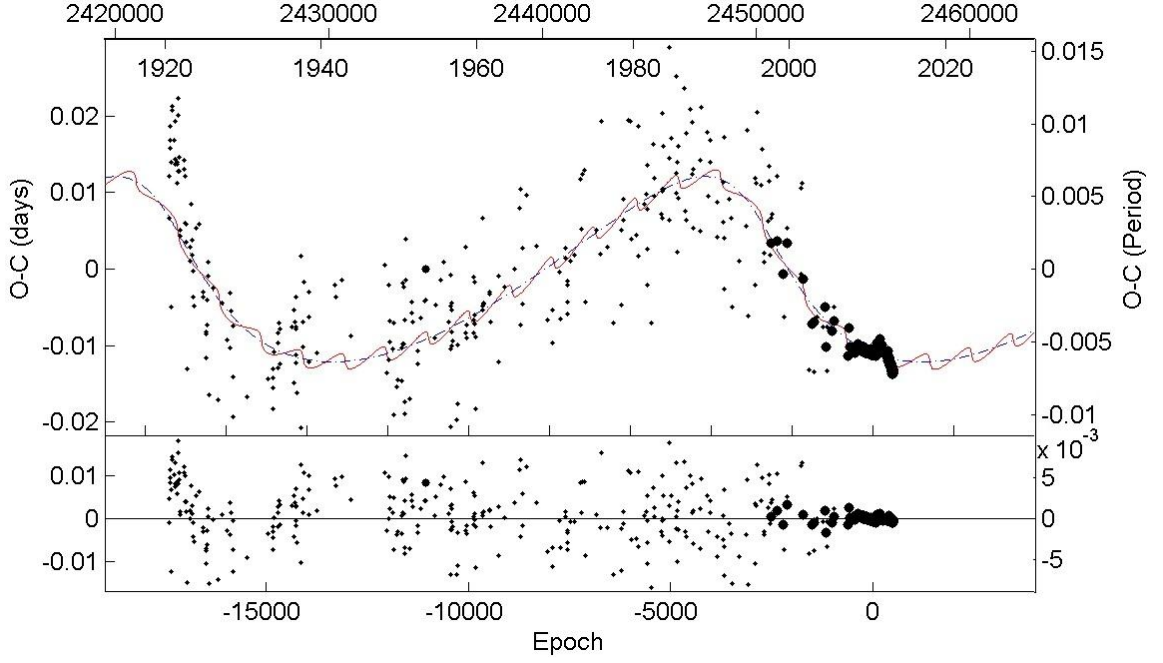
Yapılan analizlerde sistemin eksen dönmesinin dönemi 5435 yıl olarak hesaplanmıştır. Şekil 3.4'teki sinüzoidal değişime neden olduğu düşünülen üçüncü cismin dönemi yaklaşık olarak 41.1 yıl, minimum kütlesi yaklaşık olarak  $2 M_J$  olarak elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre sisteme ilave olduğu öngörülen cisim bir ötegezegendir. Sistemin dönem analizi sonucunda elde edilen parametreler Çizelge 3.4'te sunulmuştur.

**Çizelge 3.4.** CM Dra'nın üçüncü cisim ve eksen dönmesi parametreleri

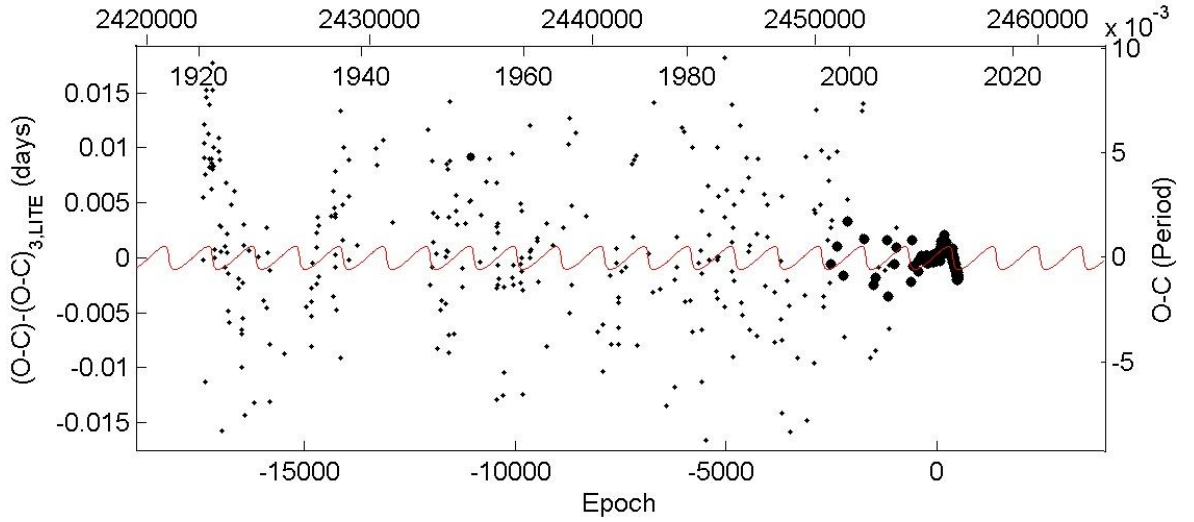
| Parametre          | Birim      | Üçüncü Cisim ve Eksen Dönmesi |
|--------------------|------------|-------------------------------|
|                    |            | Değer $\pm$ Hata              |
| $T_0$              | HJD        | $2442893.9320 \pm 0.0002$     |
| $P$                | gün        | $1.26838998 \pm 0.00000003$   |
| $P_3$              | yıl        | 41.1                          |
| $T_3$              | HJD        | 2442048.6                     |
| $A_{s(3)}$         | gün        | 0.0002                        |
| $\omega_3$         | °          | 343                           |
| $e_3$              |            | 0.23                          |
| $f(M_3)$           | $M_\odot$  | 0.00000004                    |
| $M_3 (i=90^\circ)$ | $M_\odot$  | 0.00198                       |
| $M_3 (i=60^\circ)$ | $M_\odot$  | 0.00229                       |
| $M_3 (i=30^\circ)$ | $M_\odot$  | 0.00398                       |
| $e$                |            | 0.0054                        |
| $\omega_0$         | der        | 103.72                        |
| $\dot{\omega}$     | der/çevrim | 0.00023                       |
| $U$                | yıl        | 5435                          |
| $P_a$              | gün        | $1.26839079 \pm 0.00000003$   |

### 3.2.3. UZ Lyr

UZ Lyr (KIC 2708156,  $\alpha = 19^s 21^{dk} 08^s.91$ ,  $\delta = +37^\circ 56' 11''.48$ ) algol türü örten çift sistemine ait gözlem verileri ve minimum zamanları 1920'li yıllara kadar uzanır. Fakat sistemin kapsamlı bir ışık eğrisi ya da dönem analizi çalışması literatürde bulunmamaktadır. Kreiner (2004) katalog çalışmasında sistemin döneminin  $P = 1.891267$  gün olduğunu sunmuştur. Sistemin bileşenlerinin tayf türleri, kütleleri ve yarıçapları sırasıyla birinci bileşen için B9V,  $M_1 = 2.69 M_\odot$ ,  $R_1 = 2.39 R_\odot$  ve ikinci bileşen için G2IV,  $M_2 = 0.7 M_\odot$ ,  $R_2 = 2.52 R_\odot$  olduğu Surkova ve Svechnikov (2004) tarafından verilmiştir.



**Şekil 3.5.** UZ Lyr sisteminin O-C eğrisi ve sentetik eğriler çıkarılmış artıklar



**Şekil 3.6.** UZ Lyr sisteminin O-C eğrisinde sadece dördüncü cismin etkisi

UZ Lyr örten çift yıldız sisteminin dönem analizi yapmak için literatürden 320 tane birinci minimum zamanı toplanmıştır. Bu minimum zamanlarına ek olarak Kepler gözlemlerine ait 4 yıllık ışık eğrisi veri tabanından alınıp 600 adet birinci minimum zamanı hesaplanmış ve literatürden toplananlara eklemiştir. Minimum zamanları yaklaşık 95 yıllık gözlem verisini içermektedir. Dönem analizi yapmak için öncelikle O-C değişimine bir sinüs eğrisi fiti yapılmıştır. Yapılan fit, CCD ve Kepler gözlemlerinin minimum zamanları ile uyumludur. Görsel gözlemlerin duyarlılığının az olması nedeniyle eğri fiti üzerine

saçılmalar görülmektedir. Ancak bu saçılmaların bant şeklindeki eğilimi sinüs fiti için uygundur. Gies ve ark. (2012) çalışmasında bu saçılmanın nedeninin bu sistemin sahip olduğu yıldız lekelerinin olduğunu sunmuştur. Buna ek olarak Vesper ve ark. (2001) bu tarz alkol türü sistemlerde  $H\alpha$  salınımlarının olduğunu söylemiştir. Ayrıca hesaplanan Kepler minimum zamanlarında oldukça belirgin olan düzenli sinüzoidal değişime ayrı bir sinüs fiti uygulanmıştır. Dördüncü cisim için yapılan çözümde görsel gözlemler geniş bir bant şeklinde ilerlediğinden sadece Kepler minimum zamanları kullanılarak parametreler elde edilmiştir. UZ Lyr örten çift yıldız sisteminin O-C eğrisinde üst üste binmiş iki sinüs fiti ve O-C artıkları Şekil 3.5'te gösterilmiştir. Sisteme dahil sadece dördüncü cismin oluşturduğu sinüs eğrisi Şekil 3.6'da gösterilmiştir. Çizelge 3.5'te sunulan dönem analizi sonucunda elde edilen parametrelerde yaklaşık olarak, üçüncü cismin dönemi ve minimum kütlesi  $5.35 \pm 0.02$  yıl ve  $0.26 M_{\odot}$ , dördüncü cismin dönemi ve minimum kütlesi  $75.5 \pm 0.9$  yıl ve  $0.32 M_{\odot}$  olarak bulunmuştur. Bu sonuca göre sisteme ait ilave cisimlerin ötegezegen olmadığı söylenebilir.

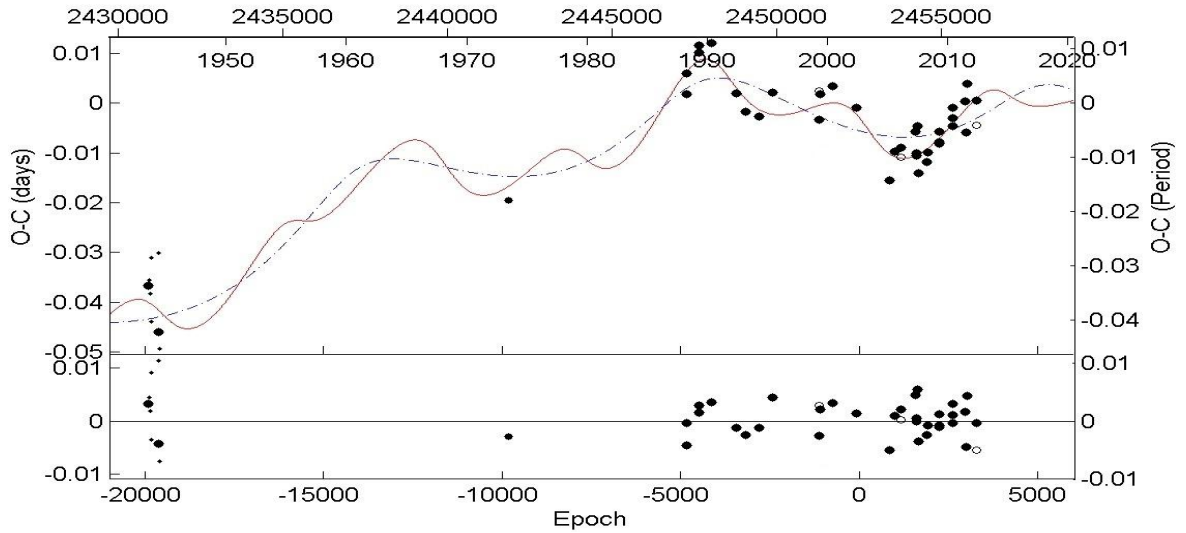
**Çizelge 3.5.** UZ Lyr'in ilave cisim parametreleri

| Parametre                | Birim       | Üçüncü Cisim<br>Değer $\pm$ Hata | Dördüncü Cisim<br>Değer $\pm$ Hata |
|--------------------------|-------------|----------------------------------|------------------------------------|
| $T_0$                    | HJD         | $2455438.5112 \pm 0.0004$        |                                    |
| P                        | gün         | $1.89127071 \pm 0.00000007$      |                                    |
| $P_{3,4}$                | yıl         | $5.35 \pm 0.02$                  | $75.54 \pm 0.88$                   |
| $T_{3,4}$                | HJD         | $2456163 \pm 62$                 | $2450120 \pm 319$                  |
| $A_s (3,4)$              | gün         | $0.0010 \pm 0.0002$              | $0.0121 \pm 0.0004$                |
| $\omega_{3,4}$           | $^{\circ}$  | $173.84 \pm 14.07$               | $149.96 \pm 5.17$                  |
| $e_{3,4}$                |             | $0.82 \pm 0.22$                  | $0.50 \pm 0.05$                    |
| $f (M_{3,4})$            | $M_{\odot}$ | 0.0010                           | 0.0021                             |
| $M_{3,4} (i=90^{\circ})$ | $M_{\odot}$ | 0.258                            | 0.317                              |
| $M_{3,4} (i=60^{\circ})$ | $M_{\odot}$ | 0.303                            | 0.369                              |
| $M_{3,4} (i=30^{\circ})$ | $M_{\odot}$ | 0.571                            | 0.672                              |

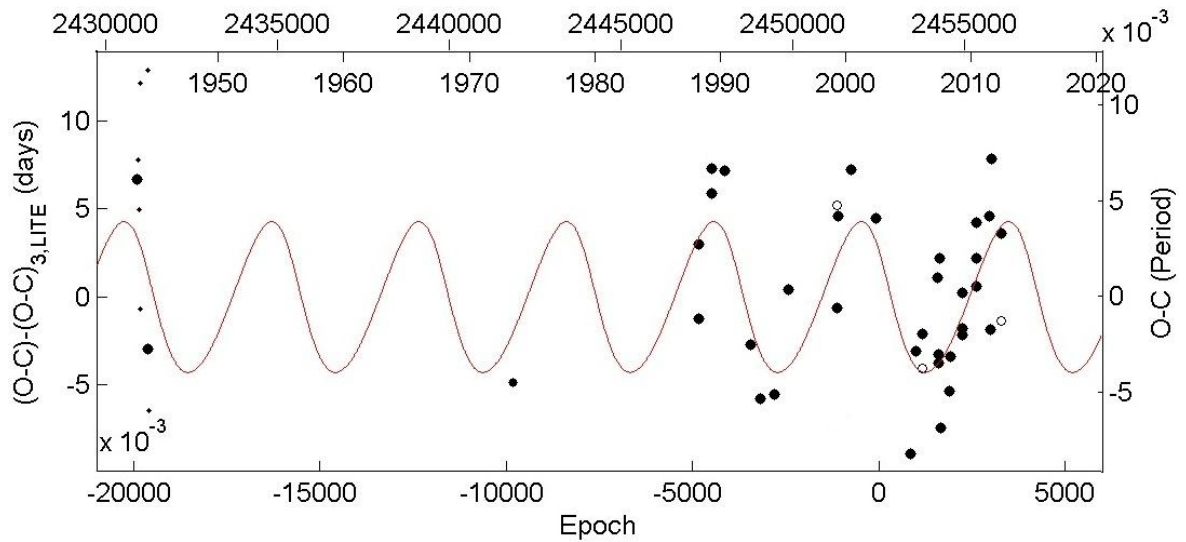
### 3.2.4. LT Her

Algol türü örten çift yıldız sistemi LT Her'in ( $\alpha = 16^s 50^{dk} 20^s.45$ ,  $\delta = +09^{\circ} 56' 51''.84$ ) Giuricin ve ark. (1979) tarafından yapılan ışık eğrisi çalışmasında, Wood (1971) modeli kullanılarak kabaca tahminlerle birinci ve ikinci bileşen için kütle, yarıçap ve

sıcaklık değerleri sırasıyla  $M_1 \cong 2.5 M_{\odot}$ ,  $R_1 = 2.7 R_{\odot}$ ,  $M_2 \cong 0.8 M_{\odot}$ ,  $R_2 = 1.5 R_{\odot}$ ,  $T_1 \cong 9000 \text{ K}$ ,  $T_2 \cong 4800 \text{ K}$ , ayrıca sistemin yörünge eğikliği  $i = 77^{\circ}.2$  olarak elde edilmiştir.



**Şekil 3.7.** LT Her sisteminin O-C eğrisi ve sentetik eğriler çıkarılmış artıklar



**Şekil 3.8.** LT Her sisteminin O-C eğrisinde sadece dördüncü cismin etkisi

LT Her örten çift yıldız sisteminin dönem analizi yapmak için literatürden 41 tanesi birinci minimum olan 44 tane minimum zamanı toplanmıştır. Minimum zamanları yaklaşık 70 yıllık bir zaman aralığına yayılmıştır. Çözümlerde tüm parametreler serbest bırakılmıştır. Dönem analizi yapmak için öncelikle O-C değişimine iki sinüs eğrisi fiti yapılmıştır. LT Her sisteminin O-C eğrisinde üst üste binmiş iki sinüs eğrisi ve artıklar Şekil 3.7’de, sisteme dahil ilave cisimlerin neden olduğu varsayılan sinüs eğrileri

birbirinden çıkarılıp sadece dördüncü cismin etkisi Şekil 3.8’de gösterilmiştir. Sinüs fitleri minimum zamanlarının gösterdiği eğilimlerle uyumludur. Ancak sistemin gözlem sayısının azlığı ve özellikle dördüncü cismin genliğinin düşük olması nedeniyle minimum zamanları sinüs fiti üzerinde saçılmalı olarak görülmektedir. Sistemin dönem analizi sonucunda elde edilen parametreler Çizelge 3.6’da sunulmuştur. Sinüzoidal değişimlere neden olduğu varsayılan üçüncü ve dördüncü cisimlerin dönemleri sırasıyla yaklaşık olarak  $11.75 \pm 0.9$  ve  $28.57 \pm 11.04$  yıl, minimum kütleleri yaklaşık olarak  $0.33$  ve  $0.26 M_{\odot}$  elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre sisteme ait ilave cisimlerin ötegezegen olmadığı söylenebilir. Bu sistemin daha önce yapılmış bir dönem analizi çalışması literatürde bulunmamaktadır.

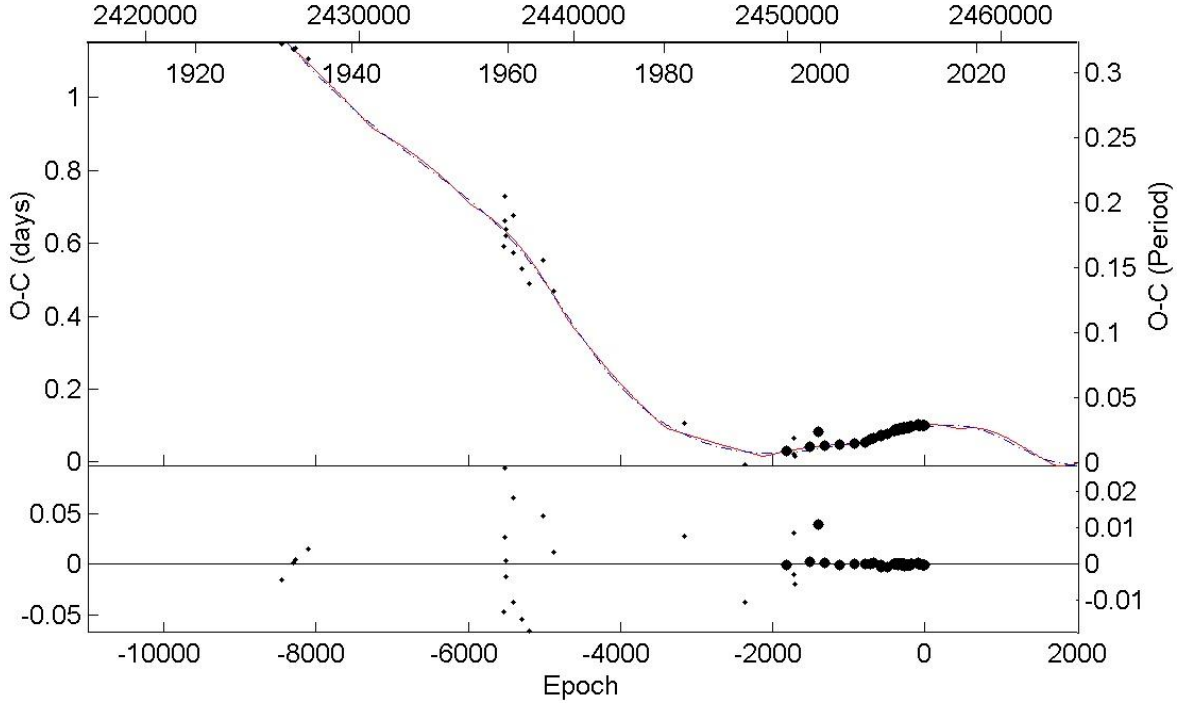
**Çizelge 3.6.** LT Her’in ilave cisim parametreleri

| Parametre              | Birim       | Üçüncü Cisim<br>Değer $\pm$ Hata | Dördüncü Cisim<br>Değer $\pm$ Hata |
|------------------------|-------------|----------------------------------|------------------------------------|
| $T_0$                  | HJD         | 2452500.2211 $\pm$ 0.0034        |                                    |
| $P$                    | gün         | 1.0840344 $\pm$ 0.0000004        |                                    |
| $P_{3,4}$              | yıl         | $11.75 \pm 0.86$                 | $28.57 \pm 11.04$                  |
| $T_{3,4}$              | HJD         | $2456907 \pm 1939$               | $2447411 \pm 6754$                 |
| $A_{s(3,4)}$           | gün         | $0.0043 \pm 0.0028$              | $0.0067 \pm 0.0026$                |
| $\omega_{3,4}$         | °           | $154.66 \pm 157.64$              | $58.46 \pm 179.65$                 |
| $e_{3,4}$              |             | $0.23 \pm 0.52$                  | $0.27 \pm 0.55$                    |
| $f(M_{3,4})$           | $M_{\odot}$ | 0.0032                           | 0.0019                             |
| $M_{3,4} (i=90^\circ)$ | $M_{\odot}$ | 0.3267                           | 0.2594                             |
| $M_{3,4} (i=60^\circ)$ | $M_{\odot}$ | 0.3848                           | 0.3023                             |
| $M_{3,4} (i=30^\circ)$ | $M_{\odot}$ | 0.7432                           | 0.5520                             |

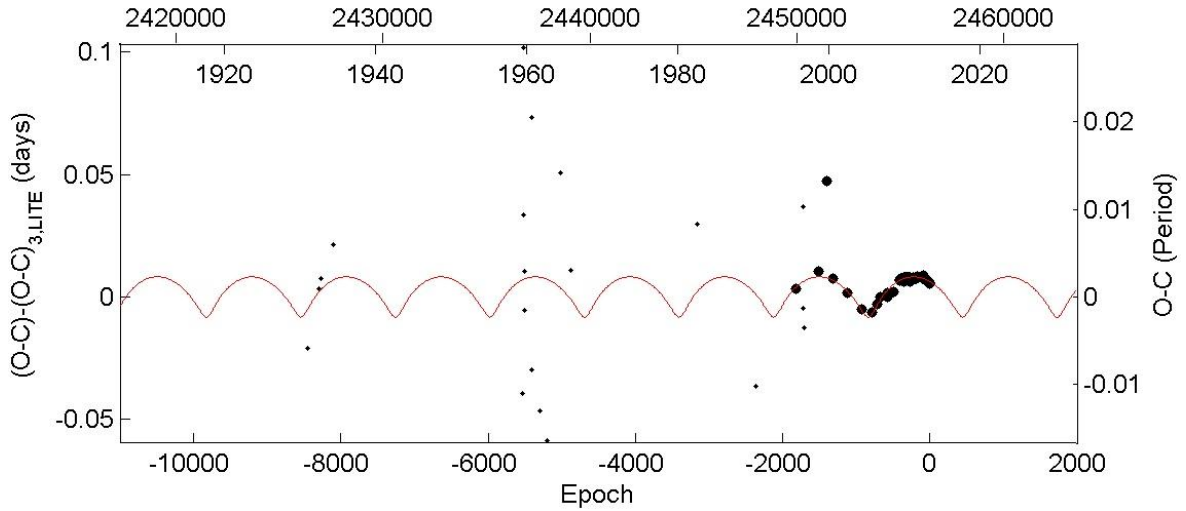
### 3.2.5. V995 Cyg

Algol türü örten çift yıldız sistemi olduğunu bildiğimiz V995 Cyg’nin (KIC 9602595,  $\alpha = 19^s 48^{dk} 34^s.21$ ,  $\delta = +46^\circ 13' 42''.45$ ) periyodu Strohmeier (1963) tarafından  $P = 3.556275$  gün olarak belirlendi. Svechnikov ve Kuznetsova (1990) sistemin bileşenlerinin tayf türü, kütle ve yarıçap değerlerini yaklaşık, sırasıyla B8, G6IV,  $M_1 = 3.25 M_{\odot}$ ,  $M_2 = 0.90 M_{\odot}$ ,  $R_1 = 2.65 R_{\odot}$ ,  $R_2 = 4.20 R_{\odot}$  olarak hesaplamıştır. Sistemin etkin sıcaklığı Pinsonneault ve ark. (2012) tarafından katalog çalışmasında  $T_e = 7847$  K olarak elde edildi. Gies ve ark. (2012) Kepler uzay aracı verilerinden yararlanarak yaptıkları çalışmada ikinci minimum zamanlarının geniş O-C genliği göstermesinin nedenini var olan

yıldız lekeleri olarak sunmuş ve tarihsel süreçte yapılan tüm gözlemlerden elde edilen minimumlar incelendiğinde O-C eğrisi artığında üçüncü cisim etkisi olabileceğini önermiştir.



**Şekil 3.9.** V995 Cyg sisteminin O-C eğrisi ve sentetik eğriler çıkarılmış artıklar



**Şekil 3.10.** V995 Cyg sisteminin O-C eğrisinde sadece dördüncü cismin etkisi

V995 Cyg örten çift yıldız sisteminin dönem analizi için literatürden tamamı birinci minimuma ait olan 33 tane minimum zamanı toplanmıştır. Bu minimum zamanlarına ek

olarak Kepler gözlemlerine ait 4 yıllık ışık eğrisi veri tabanından alınıp 258 tane birinci minimum zamanı hesaplanmış ve literatürden toplananlara eklemiştir. Minimum zamanları yaklaşık 85 yıllık zaman aralığına yayılmıştır. Dönem analizi yapmak için öncelikle O-C değişimine bir sinüs eğrisi fiti yapılmıştır. Buna ek olarak kendini Kepler ve yer tabanlı CCD gözlemlerinden elde edilen minimum zamanlarında gösteren, dördüncü cismin neden olduğu düşünülen sinüzoidal değişime ikinci bir sinüs eğrisi fiti yapılmıştır. V995 Cyg sisteminin O-C eğrisinde, sinüzoidal eğrilerin varlığı ve O-C artıkları Şekil 3.9’da, sisteme dahil dördüncü cismin oluşturduğu sinüs eğrisi Şekil 3.10’da gösterilmiştir. Sinüs fitleri, CCD ve Kepler minimum zamanları ile uyumludur. Çizelge 3.7’de sunulan dönem analizi sonucunda elde edilen parametrelerde iç ve dış yörüngelerdeki cisimlerin dönemleri ve minimum kütleleri yaklaşık olarak sırasıyla,  $13 \pm 1$  yıl,  $1.3 M_{\odot}$  ve  $58 \pm 3$  yıl,  $5.5 M_{\odot}$  bulunmuştur. Bu cisimlerin bir ötegezegen veya kahverengi cüce olmadığı söylenebilir.

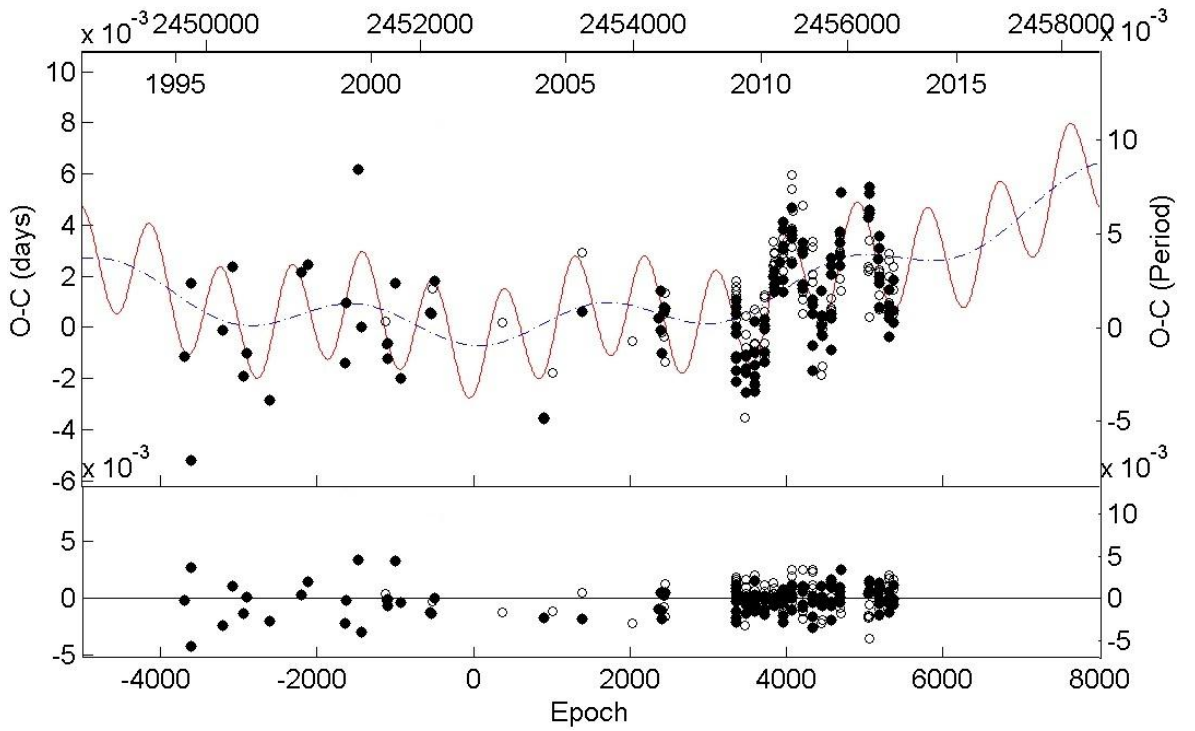
**Çizelge 3.7.** V995 Cyg’nin ilave cisim parametreleri

| Parametre                | Birim       | Üçüncü Cisim<br>Değer $\pm$ Hata | Dördüncü Cisim<br>Değer $\pm$ Hata |
|--------------------------|-------------|----------------------------------|------------------------------------|
| $T_0$                    | HJD         | $2456421.0309 \pm 0.0127$        |                                    |
| $P$                      | gün         | $3.556469 \pm 0.000009$          |                                    |
| $P_{3,4}$                | yıl         | $12.5 \pm 0.7$                   | $57.7 \pm 2.8$                     |
| $T_{3,4}$                | HJD         | $2453471 \pm 793$                | $2439199 \pm 1366$                 |
| $A_{s(3,4)}$             | gün         | $0.008 \pm 0.005$                | $0.099 \pm 0.007$                  |
| $\omega_{3,4}$           | $^{\circ}$  | $276.98 \pm 64.14$               | $159.2 \pm 23.5$                   |
| $e_{3,4}$                |             | $0.58 \pm 0.67$                  | $0.32 \pm 0.10$                    |
| $f(M_{3,4})$             | $M_{\odot}$ | $0.0187$                         | $1.7722$                           |
| $M_{3,4} (i=90^{\circ})$ | $M_{\odot}$ | $1.308$                          | $5.476$                            |
| $M_{3,4} (i=60^{\circ})$ | $M_{\odot}$ | $1.676$                          | $6.956$                            |
| $M_{3,4} (i=30^{\circ})$ | $M_{\odot}$ | $5.098$                          | $20.499$                           |

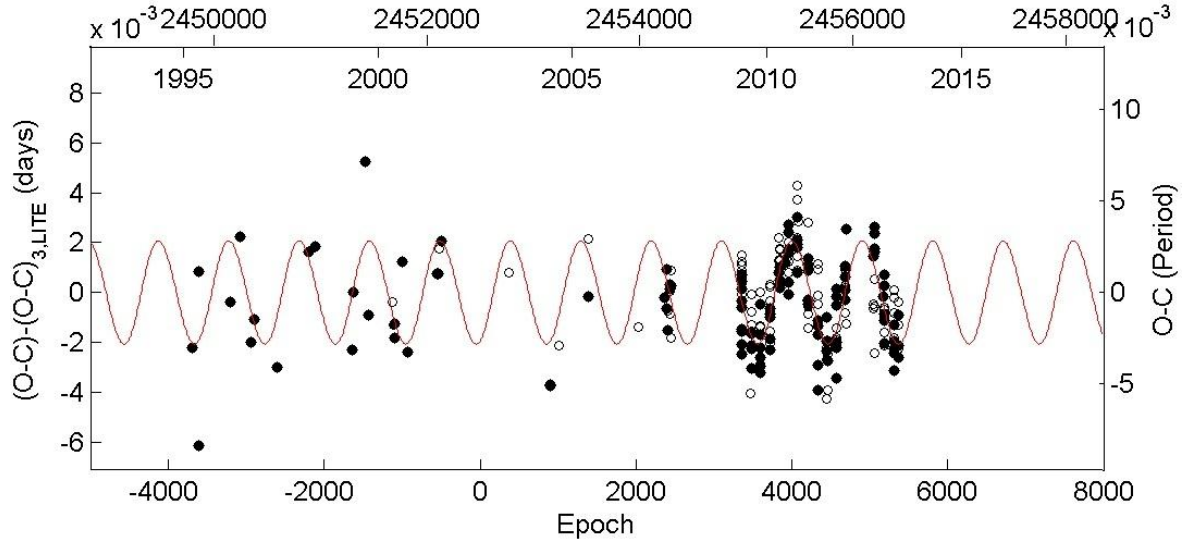
### 3.2.6. V404 Lyr

V404 Lyr’in (KIC 3228863,  $\alpha = 19^{\text{s}} 19^{\text{dk}} 05^{\text{s}}.95$ ,  $\delta = +38^{\circ} 22' 00''.52$ ) Popova ve Kraicheva (1984) tarafından  $P = 0.7309$  gün dönemli Beta Lyr türü bir sistem olduğu açıklanmıştır. Csizmadia ve Sandor (2001) sistemin ilk tam olmayan ışık eğrisini yayımlamış, daha sonrasında Somosvari ve Csizmadia (2006) ışık eğrisini tamamlayarak bileşenlerin sıcaklıklarını ve sistemin yörünge açısını sırasıyla  $T_{1e} = 8798$  K,  $T_{2e} = 6870$  K

ve  $i = 82^\circ.32$  olarak hesaplamıştır. Kepler verileri kullanılarak yapılan üçüncü cisim çalışmasında, Rappaport ve ark. (2013) tarafından sistemin sıcaklığı, dönemi, dışmerkezliliği sırasıyla  $T_e = 6561$  K,  $P = 0.730942$  gün,  $e = 0.008$  şeklinde hesaplanmıştır. Benzer bir çalışmada Conroy ve ark. (2013) tarafından üçüncü cismin dönemi  $P_3 = 644.1 \pm 15.7$  gün elde edilmiştir. Lee ve ark. (2014) ışık eğrisi analizi çalışması yaparak bileşenlerin kütlelerini  $M_1 = 1.35 M_\odot$  ve  $M_2 = 0.52 M_\odot$  şeklinde elde etmiş ayrıca Kepler ve literatür verilerini kullanarak yaptığı dönem analizi çalışmasında üçüncü ve dördüncü cismin dönemlerini ve kütlelerini hesaplamıştır. Bunlar sırasıyla:  $P_3 = 1.78$  yıl (649 gün),  $P_4 = 5.90$  yıl (2154 gün),  $M_3 = 0.47 M_\odot$ ,  $M_4 = 0.047 M_\odot$ .



**Şekil 3.11.** V404 Lyr sisteminin O-C eğrisi ve sentetik eğriler çıkarılmış artıklar



**Şekil 3.12.** V404 Lyr sisteminin O-C eğrisinde sadece dördüncü cisim etkisi

V404 Lyr örten çift yıldız sisteminin dönem analizi için literatürden 34 tanesi birinci minimum zamanı olan toplam 44 tane minimum zamanı toplanmıştır. Bu minimum zamanlarına ek olarak Kepler gözlemlerine ait 4 yıllık ışık eğrisi veri tabanından alınıp 91 tanesi birinci minimum zamanı olan 184 tane minimum zamanı hesaplanmış ve literatürden toplananlara eklemiştir. Minimum zamanları 18 yıllık bir zaman dilimine yayılmıştır. Çözümlerde tüm parametreler serbest bırakılmıştır. Dönem analizi yapmak için öncelikle O-C değişimine bir sinüs eğrisi fiti yapılmış ve bu sinüs eğrisinin artıklarına ise başka bir sinüs eğrisi fiti yapılmıştır. Sinüs fitleri minimum zamanlarının eğilimleri ile uyumludur. V404 Lyr örten çift yıldız sisteminin O-C eğrisinde üst üste binmiş iki sinüzoidal eğrinin varlığı ve O-C artıkları Şekil 3.11’de, sisteme dahil dördüncü cismin neden olduğu düşünülen sinüs eğrisi Şekil 3.12’de gösterilmiştir. Dönem analizi sonucunda elde edilen parametreler Çizelge 3.8’de sunulmuştur. Üçüncü ve dördüncü cisme ait parametreler yaklaşık olarak, dönemler sırasıyla 1.8 ve 6.2 yıl, minimum kütleler sırasıyla 477 ve 53  $M_J$  bulunmuştur. Bu sonuçlar için, sisteme ait ilave cisimlerin ötegezegen olmadığı öngörülmüştür. Ayrıca hesaplanan parametreler, bu tez çalışması sırasında Lee ve ark. (2014)’nın V404 Lyr için yaptıkları dönem analizi çalışmasında hesapladıkları sisteme ait parametrelerle uyumluluk göstermektedir.

**Çizelge 3.8.** V404 Lyr'in ilave cisim parametreleri

| Parametre              | Birim     | Üçüncü Cisim<br>Değer $\pm$ Hata | Dördüncü Cisim<br>Değer $\pm$ Hata |
|------------------------|-----------|----------------------------------|------------------------------------|
| $T_0$                  | HJD       | $2452500.4906 \pm 0.0002$        |                                    |
| P                      | gün       | $0.73094262 \pm 0.00000003$      |                                    |
| $P_{3,4}$              | yıl       | $1.801 \pm 0.004$                | $6.196 \pm 0.307$                  |
| $T_{3,4}$              | HJD       | $2456097 \pm 56$                 | $2459450 \pm 1196$                 |
| $A_{s(3,4)}$           | gün       | $0.00201 \pm 0.0002$             | $0.0007 \pm 0.0002$                |
| $\omega_{3,4}$         | °         | $0.02 \pm 32.22$                 | $60.26 \pm 92.59$                  |
| $e_{3,4}$              |           | $0.052 \pm 0.147$                | $0.007 \pm 0.042$                  |
| $f(M_{3,4})$           | $M_\odot$ | 0.0189                           | 0.00004                            |
| $M_{3,4} (i=90^\circ)$ | $M_\odot$ | 0.4771                           | 0.0527                             |
| $M_{3,4} (i=60^\circ)$ | $M_\odot$ | 0.5657                           | 0.0611                             |
| $M_{3,4} (i=30^\circ)$ | $M_\odot$ | 1.1349                           | 0.1074                             |

## BÖLÜM 4

### SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında HW Vir, CM Dra, UZ Lyr, LT Her, V995 Cyg ve V404 Lyr örten çift yıldız sistemlerinin dönem analizleri yapılmış ve dönem değişimlerinin nedeni olduğu düşünülen ilave cisimlerin olası bir ötegezegen olup olmadığı üzerinde durulmuştur. Bunun için sistemlere ait minimum zamanları literatürden toplanmıştır. Bunlara ek olarak, Kepler uzay teleskobu ile gözlemlerinden Kwee-van Woerden (1956) yöntemi ile UZ Lyr için 600, V995 Cyg için 258 ve V404 Lyr için 184 adet olmak üzere toplam 1042 adet yeni minimum zamanı hesaplanmıştır. UZ Lyr, LT Her ve V995 Cyg sistemlerinin dönem analizi ilk kez bu çalışmada yapılmıştır.

Çalışması yapılan sistemlerin (HW Vir, CM Dra, UZ Lyr, LT Her, V995 Cyg ve V404 Lyr) hepsi O-C eğrilerinde üçüncü cisim etkisi göstermektedir. Bunun yanında beş sistemde dördüncü bir cismin varlığı ve bir sistemde de eksen dönmesinin etkisi görülmüştür.

Bu çalışmasında üçüncü cismin kütlesi tartışılırken Spiegel ve ark. (2010) tarafından belirlenen 13  $M_J$  kahverengi cüce kütle alt sınırı esas alınmıştır. Ancak bu alt sınır çeşitli çalışmalarda farklılıklar gösterebilmektedir. Örneğin NASA Exoplanet Archive ötegezegen için üst kütle sınırını (kahverengi cüce alt sınırı) 30  $M_J$  olarak vermektedir.

HW Vir örten çift yıldız sistemin O-C eğrisinde birbiri üzerine binmiş iki farklı sinüzoidal eğrinin varlığı açıkça görülmüş ve yapılan dönem analizinde iç yörüngedeki cismin yaklaşık olarak, dönemi  $P_3 = 18$  yıl ve minimum kütlesi  $M_3 = 0.019 M_\odot (= 19 M_J)$  ve dış yörüngedeki cisim için sırasıyla dönemi  $P_4 = 25$  yıl ve minimum kütlesi ise  $M_4 = 0.028 M_\odot (= 28 M_J)$  elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre ilave cisimlerin birer kahverengi cüce olduğu öngörülmüştür.

CM Dra sisteminin O-C eğrisinde birinci ve ikinci minimum zamanlarının birbirinden ayrı eğriler oluşturduğu ve ayrıca ortak bir eğriyi takip ettikleri görülmektedir. Bu değişimlerin nedeni olarak eksen dönmesi ve üçüncü cisim etkisi öngörülmüştür. Eksen dönmesi için yapılan analizden eksen dönmesi döneminin  $U = 5435$  yıl, eksen dönmesi değişiminin hızı ise  $\dot{\omega} = 2.3 \times 10^{-4}$  derece/çevrim olduğu elde edilmiştir. Üçüncü cisim için yapılan analizlerden üçüncü cismin dönemi ve minimum kütlesi sırasıyla yaklaşık olarak  $P_3 = 41.3$  yıl ve  $M_3 = 0.002 M_\odot (= 2 M_J)$  bulunmuştur. Bu sonuca göre sisteme ait üçüncü

cismin bir ötegezegen olduğu söylenebilir.

UZ Lyr örten çift yıldız sisteminde üçüncü bir cismin varlığı sistemin O-C eğrisinde açıkça görülmektedir. Ayrıca hesaplanan Kepler minimum zamanlarında sisteme dahil dördüncü bir cismin etkisi kendini göstermektedir. Analizlerden üçüncü cismin dönemi yaklaşık olarak  $P_3 = 5.4$  yıl ve minimum kütlesi ise  $M_3 = 0.258 M_{\odot}$  ( $= 258 M_j$ ), dördüncü cismin dönemi  $P_4 = 75.5$  yıl ve minimum kütlesi ise  $M_4 = 0.317 M_{\odot}$  ( $= 317 M_j$ ) elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre sisteme ait ilave cisimlerin ötegezegen veya kahverengi cüce olmadığı söylenebilir.

LT Her örten çift yıldız sisteminin O-C eğrisine bakıldığında birbiri üzerine binmiş iki ayrı sinüs eğrisi görülmektedir. Yapılan dönem analizinde iç ve dış yörüngelerdeki cisimlerin dönemleri ve minimum kütleleri yaklaşık olarak sırasıyla,  $P_3 = 11.8$  yıl ve  $M_3 = 0.327 M_{\odot}$  ( $= 327 M_j$ ),  $P_4 = 28.6$  yıl ve  $M_4 = 0.259 M_{\odot}$  ( $= 259 M_j$ ) elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre sisteme ait ilave cisimlerin ötegezegen veya kahverengi cüce olmadığı sonucuna ulaşılabilir.

V995 Cyg çift yıldız sisteminin O-C eğrisinde bir sinüs eğrisinin varlığı görülmektedir. Ayrıca üçüncü cismin artıklarında bir başka sinüs eğrisinin varlığı kendini göstermektedir. Üçüncü cisme ait dönem ve minimum kütle parametreleri yaklaşık olarak  $P_3 = 12.5$  yıl ve  $M_3 = 1.3 M_{\odot}$  elde edilmiştir. Dördüncü cisme ait dönem ve minimum kütle parametreleri ise yaklaşık olarak  $P_4 = 57.7$  yıl ve  $M_4 = 5.5 M_{\odot}$  hesaplanmıştır. Bu sonuca göre ilave cisimlerin, ötegezegen veya kahverengi cüce olmayan büyük kütleli birer cisim olabileceği söylenebilir.

V404 Lyr örten çift yıldız sisteminin O-C eğrisinde üst üste binmiş iki sinüzoidal eğrinin varlığı görülmektedir. Yapılan dönem analizinde iç yörüngedeki cismin dönemi yaklaşık olarak  $P_3 = 1.8$  yıl ve minimum kütlesi  $M_3 = 0.477 M_{\odot}$  ( $= 477 M_j$ ) ve dış yörüngedeki cisim için ise bu değerler sırasıyla  $P_4 = 6.2$  yıl ve  $M_4 = 0.053 M_{\odot}$  ( $= 53 M_j$ ) elde edilmiştir. Bu sonuçlar için, dış yörüngedeki cismin bir kahverengi cüce olabileceği söylenebilir.

Çalışması yapılan sistemlerin dönem analizleriyle belirlenen ilave cisimlere ait minimum kütleler ve bazı yörünge parametrelerinin değerleri özet olarak Çizelge 4.1’de verilmiştir.

**Çizelge 4.1.** Dönem analizi yapılan çift sistemlere ait parametrelerin yaklaşık değerleri

|          | $M_1$<br>( $M_\odot$ ) | $M_2$<br>( $M_\odot$ ) | $P$<br>(gün) | $M_3$<br>( $M_j$ ) | $M_4$<br>( $M_j$ ) | $P_3$<br>(yıl) | $P_4$<br>(yıl) | $e_3$ | $e_4$ |
|----------|------------------------|------------------------|--------------|--------------------|--------------------|----------------|----------------|-------|-------|
| HW Vir   | 0.49                   | 0.14                   | 0.12         | 19                 | 28                 | 18             | 25             | 0.29  | 0.22  |
| CM Dra   | 0.24                   | 0.21                   | 1.27         | 2                  | -                  | 41             | -              | 0.23  | -     |
| UZ Lyr   | 2.69                   | 0.70                   | 1.89         | 258                | 317                | 5              | 76             | 0.82  | 0.50  |
| LT Her   | 2.50                   | 0.80                   | 1.08         | 327                | 259                | 12             | 29             | 0.23  | 0.27  |
| V995 Cyg | 3.25                   | 0.90                   | 3.56         | 1.3 $M_\odot$      | 5.5 $M_\odot$      | 13             | 58             | 0.58  | 0.32  |
| V404 Lyr | 1.35                   | 0.52                   | 0.73         | 477                | 53                 | 2              | 6              | 0.05  | 0.007 |

Bu çalışmada yapılan uygulamalarda görüldüğü gibi çift yıldız sistemlerinin etrafındaki ötegezegenlerin keşfi için dönem analizi yönteminin olumlu sonuçlar verdiği görülmektedir. Bunun için üçüncü cisim etkisi öngörülebilecek sistemlerin duyarlı gözlemlerinden elde edilen minimum zamanlarıyla hassas dönem analizlerinin yapılması çift yıldızlar etrafındaki ötegezegenlerin keşfi için önemli olacaktır. Bu yönde yapılacak çalışmaların arttırılması, yeni ötegezegenlerin keşfinin gerçekleştirilmesini sağlayabilecektir.

## KAYNAKLAR

- Akeson R. L., Chen X., Ciardi D., Crane M., Good J., Harbut M., Jackson E., Kane S. R., Laity A. C., Leifer S., Lynn M., McElroy D. L., Papin M., Plavchan P., Ramírez S. V., Rey R., von Braun K., Wittman M., Abajian M., Ali B., Beichman C., Beekley A., Berriman G. B., Berukoff S., Bryden G., Chan B., Groom S., Lau C., Payne A. N., Regelson M., Saucedo M., Schmitz M., Stauffer J., Wyatt P., Zhang A., 2013. The NASA Exoplanet Archive: Data and Tools for Exoplanet Research. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 125 (930): 989-999.
- Almeida L. A., Jablonski F., Tello J., Rodrigues C. V., 2012. A Photometric and Spectroscopic Study of NSVS 14256825: The Second sdOB+dM Eclipsing Binary. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 423 (1): 478-485.
- Applegate J. H., 1992. A Mechanism for Orbital Period Modulation in Close Binaries. *Astrophysical Journal*, 385 (1): 621-629.
- Beuermann K., Dreizler S., Hessman F. V., Deller J., 2012. The Quest for Companions to Post-Common Envelope Binaries. III. A Reexamination of HW Virginis. *Astronomy and Astrophysics*, 543: 6.
- Burgasser A. J., Reid I. N., Siegler N., Close L., Allen P., Lowrance P., Gizis J., 2007. Not Alone: Tracing the Origins of Very-Low-Mass Stars and Brown Dwarfs Through. *Multiplicity Studies. Protostars and Planets*. (V, B. Reipurth, D. Jewitt, and K. Keil eds.), University of Arizona Press, Tucson. 427-441.
- Burrows A., Marley M., Hubbard W. B., Lunine J. I., Guillot T., Saumon D., Freedman R., Sudarsky D., Sharp C., 1997. A Nongray Theory of Extrasolar Giant Planets and Brown Dwarfs. *The Astrophysical Journal*, 491 (2): 856-887.
- Charbonneau D., Brown T. M., Latham D. W., Mayor M., 2000. Detection of Planetary Transits Across a Sun-like Star. *The Astrophysical Journal*, 529 (1): 45-48.
- Chauvin G., Lagrange A. M., Dumas C., Zuckerman B., Mouillet D., Song I., Beuzit J. L., Lowrance P., 2004. A Giant Planet Candidate Near a Young Brown Dwarf. Direct VLT/NACO Observations Using IR Wavefront Sensing. *Astronomy and Astrophysics*, 425: 29-32.

- Conroy K. E., Prsa A., Stassun K. G., Orosz J. A., Fabrycky D. C., Welsh W. F., 2013. Kepler Eclipsing Binary Stars. IV. Precise Eclipse Times for Close Binaries and Identification of Candidate Three-body Systems. *The Astronomical Journal*, 147 (2): 45-76.
- Csizmadia S., Sandor Z., 2001. V404 Lyrae in the Field of the Very Old Galactic Cluster NGC 6791. *Information Bulletin on Variable Stars*, 5045: 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. *Astronomy and Astrophysics*, 358: 5-8.
- 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. *Astronomy and Astrophysics*, 480 (2): 563-571.
- Duquennoy A., Mayor M., 1991. *Bioastronomy The Search for Extraterrestrial Life*. The Exploration Broadens: Proceedings of the Third International Symposium on Bioastronomy Held at Val Cenis, Savoie, France. 390: 39-43.
- Dynamics and Observational Prospects of Co-orbital Planets in Double Stars*. (n.d.). Retrieved January 5, 2015, from <http://www.univie.ac.at/adg/schwarz/COORBIN/coorbin.html>.
- Eastman J., 2012. Time Utilities. *Astrophysics Source Code Library*, 1206:012.
- Fischer D. A., Marcy G. W., 1992. Multiplicity Among M Dwarfs. *Astrophysical Journal*, 396 (1): 178-194.
- Gies D. R., Williams S. J., Matson R. A., Z., Thomas S. M., Orosz J. A., Peters G. J., 2012. A Search for Hierarchical Triples Using Kepler Eclipse Timing. *The Astronomical Journal*, 143 (6): 9.
- Giuricin G., Mardirossian F., Mezzetti M., Predolin F., Cester B., 1979. Photometric Elements of the Eclipsing Binary LT HER. *Astronomy and Astrophysics*, 79 (3): 354-356.

- Guinan E. F., Bradstreet D. H., Ribas I., Wolf M., McCook G. P., 1998. Brown Dwarf Detected in the CM Dra Binary System. *Bulletin of the American Astronomical Society*, 30: 836.
- Han E., Wang S. X., Wright J. T., Feng Y. K., Zhao M., Fakhouri O., Brown J. I., Hancock C., 2014. Exoplanet Orbit Database. II. Updates to Exoplanets.org. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 126 (943): 827-837.
- Ibanoglu C., Çakirli Ö., Tas G., Evren S., 2004. High-Speed Photometry of the Pre-Cataclysmic Binary HW Virginis and Its Orbital Period Change. *Astronomy and Astrophysics*, 414: 1043-1048.
- Irwin J. B., 1952. The Determination of a Light-time Orbit. *Astrophysical Journal*, 116: 211.
- Kilkenny D., Marang F., Menzies J. W., 1994. A Period Decrease in the Sdb Eclipsing Binary System Hw-Virginis. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 267 (3): 535.
- Kilkenny D., van Wyk F., Marang F., 2003. The sdB Eclipsing System HW Vir: A Substellar Companion?. *The Observatory*, 123: 31-36.
- King B., (August 3, 2009). *Gathering Time for Lunatics*. Retrieved January 5, 2015, from <http://astrobob.areavoices.com/2009/08/03/gathering-time-for-lunatics/>.
- Kiss L. L., Csák B., Szatmáry K., Furész G., Sziládi K., 2000. Spectrophotometry and Period Analysis of the sdB Eclipsing Binary HW Virginis. *Astronomy and Astrophysics*, 364: 199-204.
- Kreiner J. M., 2004. Up-to-Date Linear Elements of Eclipsing Binaries. *Acta Astronomica*, 54: 207-210.
- Kwee K. K., van Woerden H., 1956. A Method for Computing Accurately the Epoch of Minimum of an Eclipsing Variable. *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands*, 12: 327.
- Lacy C. H., 1977. Absolute Dimensions and Masses of the Remarkable Spotted dM4e Eclipsing Binary Flare Star CM Draconis. *Astrophysical Journal*, 218 (1): 444-460.

- Lada C. J., 2006. Stellar Multiplicity and the Initial Mass Function: Most Stars Are Single. *The Astrophysical Journal*, 640 (1): 63-66.
- Lee J. W., Kim S. L., Kim C. H., Koch R. H., Lee C. U., Kim H. I., Park J. H., 2008. The sdB+M Eclipsing System HW Virginis and Its Circumbinary Planets. *The Astronomical Journal*, 137 (2): 3181-3190.
- Lee J. W., Kim S. L., Hong K.; Lee C. U., Koo J. R., 2014. The Eclipsing System V404 LYR: Light-travel Times and Gamma Doradus Pulsations. *The Astronomical Journal*, 148 (2): 37-65.
- Maceroni C., Bianchini A., Rodono M., van't Veer F., Vio R., 1990. Magnetic Cycles in Solar-type Single and Close Binary Stars. *Astronomy and Astrophysics*, 237 (2): 395-401.
- Mayor M., Queloz D., 1995. A Jupiter-Mass Companion to a Solar-type Star. *Nature*, 378 (6555): 355-359.
- Measuring the Masses of Stars*. (n.d.). Retrieved January 5, 2015, from [web.lancaster.k12.oh.us](http://web.lancaster.k12.oh.us).
- Mendez A., (Ekim 2, 2011). *A Mass Classification for both Solar and Extrasolar Planets*. Retrieved August 16, 2014, from <http://phl.upr.edu/library/notes>.
- Mendez A., (Aralık 5, 2011). *First Database of Potentially Habitable Exoplanets, the Habitable Exoplanets Catalog (HEC)*. Retrieved December 17, 2014, from <http://phl.upr.edu/projects/habitable-exoplanets-catalog>.
- Menzies J. W., Marang F., 1986. A New B-Subdwarf Eclipsing Binary with an Extremely Short Period. *Instrumentation and Research Programmes for Small Telescopes*. Proceedings of the 118th. Symposium of the International Astronomical Union, held in rch, New Zealand. 305.
- Metcalf T. S., Mathieu R. D., Latham D. W., Torres G., 1996. The Low-Mass Double-lined Eclipsing Binary CM Draconis: A Test of the Primordial Helium Abundance and the Mass-Radius Relation near the Bottom of the Main Sequence. *Astrophysical Journal*, 456: 356.

- Morales J. C., Ribas I., Jordi C., Torres G., Guinan E. F., Charbonneau D., 2007. CM Draconis: Masses and Radii of Very Low Mass Stars. *Binary Stars as Critical Tools & Tests in Contemporary Astrophysics*, Proceedings of IAU Symposium in Prague, Czech Republic (Edited by W.I. Hartkopf, E.F. Guinan and P. Harmanec). 628-630.
- Morales J. C., Ribas I., Jordi C., Torres G., Gallardo J., Guinan E. F., Charbonneau D., Wolf M., Latham D. W., Anglada-Escudé G., Bradstreet D. H., Everett M. E., O'Donovan F. T., Mandushev G., Mathieu R. D., 2009. Absolute Properties of the Low-Mass Eclipsing Binary CM Draconis. *The Astrophysical Journal*, 691 (2): 1400-1411.
- Nesvorný D., Kipping D. M., Buchhave L. A., Bakos G. Á., Hartman J., Schmitt A. R., 2012. The Detection and Characterization of a Nontransiting Planet by Transit Timing Variations. *Science*, 336 (6085): 1133.
- Pinsonneault M. H., An D., Molenda-Zakowicz J., Chaplin W. J., Metcalfe T. S., Bruntt H., 2012. A Revised Effective Temperature Scale for the Kepler Input Catalog. *American Astronomical Society*, 208: 12.
- Popova M., Kraicheva Z., 1984. Catalogue of Eclipsing and Spectroscopic Binary Stars in the Regions of Open Clusters. *Astrofizicheskie Issledovaniia Izvestiya Spetsial'noj Astrofizicheskoy Observatorii*, 18: 64.
- Radial Velocity Method*. (n.d.). Retrieved January 5, 2015, from <http://lcogt.net/spacebook/radial-velocity-method>.
- Rappaport S., Deck K., Levine A., Borkovits T., Carter J., El Mellah I., Sanchis O. R., Kalomeni B., 2013. Triple-star Candidates among the Kepler Binaries. *The Astrophysical Journal*, 768 (1): 33-52.
- Rein H., 2012. A Proposal for Community Driven and Decentralized Astronomical Databases and the Open Exoplanet Catalogue. *eprint arXiv*, 1211:7121.
- Schneider J., (2014). *Interactive Extra-solar Planets Catalog*. Retrieved November 30, 2014, from <http://www.exoplanet.eu/catalog>.

- 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 (5630): 193-196.
- Skelton P. L., 2012. HW Virginis: Period Analysis Using SuperWASP Data. *African Skies*, 16: 132.
- 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. II. 2165 Eclipsing Binaries in the Second Data Release. *The Astronomical Journal*, 142 (5): 14.
- Somosvári B. M., Csizmadia S., 2006. Light Curve Analysis of the Eclipsing Binary System V404 Lyrae. *ASP Conference Series*, 349: 331.
- Spiegel D. S., Burrows A., Milsom J. A., 2010. Planet or Brown Dwarf? Bringing the Deuterium-Burning Criterion into Focus. *American Astronomical Society, DPS meeting*, 42-27.
- Strohmeier W., 1963. The Elements of the Variable Star 435.1928. *Information Bulletin on Variable Stars*, 32: 1.
- Sumi T., Kamiya K., Bennett D. P., Bond I. A., Abe F., Botzler C. S., Fukui A., Furusawa K., Hearnshaw J. B., Itow Y., Kilmartin P. M., Korpela A., Lin W., Ling C. H., Masuda K., Matsubara Y., Miyake N., Motomura M., Muraki Y., Nagaya M., Nakamura S., Ohnishi K., Okumura T., Perrott Y. C., Rattenbury N., Saito To., Sako T., Sullivan D. J., Sweatman W. L., Tristram P. J., , Udalski A., Szymanski M. K., Kubiak M., Pietrzynski G., Poleski R., Soszynski I., Wyrzykowski L., Ulaczyk K., 2011. Unbound or Distant Planetary Mass Population Detected by Gravitational Microlensing. *Nature*, 473 (7347): 349-352.
- Surkova L. P., Svechnikov M. A., (2004). *VizieR Online Data Catalog: Semi-detached eclipsing binaries (Surkova+, 2004)*. Retrieved 2004, from [http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR-3?-source=V/115/algols&-out.max=20&-out.add=\\_r&-out.add=\\_RAJ,\\_DEJ&-sort=\\_r](http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR-3?-source=V/115/algols&-out.max=20&-out.add=_r&-out.add=_RAJ,_DEJ&-sort=_r).

- Svechnikov M. A., Kuznetsova E. F., 1990. Approximate Elements of Eclipsing Binaries. *Sverdlovsk: Izd-vo Ural'skogo Universiteta*, 1: 2.
- Transit Light Curves*. (n.d.). Retrieved January 5, 2015, from [http://www.nasa.gov/mission\\_pages/kepler/multimedia/images/aas\\_conference.html](http://www.nasa.gov/mission_pages/kepler/multimedia/images/aas_conference.html).
- Townsend R., (October 13, 2009). *Doppler Spectroscopy*. Retrieved January 5, 2015, from <http://www.astro.wisc.edu/~townsend/static.php?ref=diploma-2>.
- Viti S., Jones H. R. A., Schweitzer A., Allard F., Hauschildt P. H., Tennyson J., Miller S., Longmore A. J., 1997. The Effective Temperature and Metallicity of CM Draconis. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 291: 780.
- Wood D. B., 1971. An Analytic Model of Eclipsing Binary Star Systems. *Astronomical Journal*, 76: 701-710.
- Wood J. H., Zhang Er-Ho, Robinson E. L., 1993. HW Virginis - A Short Period Eclipsing Binary Containing an sdB Star. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 261 (1): 103-112.
- Wood J. H., Saffer R., 1999. Spectroscopy of the Post-Common Envelope Binary HW Virginis. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 305 (4): 820-828.
- Wolszczan A., 1994. Confirmation of Earth-mass Planets Orbiting the Millisecond Pulsar PSR B1257+12. *Science*, 264 (5158): 538-542.

## EKLER

### EK 1

**Ek Çizelge 1.** Çift yıldızların sahip olduğu ötegezegenler

| Ötegezegen Adı     | M (M <sub>J</sub> ) | Yarı-büyük Eksen Uzunluğu (AB) | Sistemdeki Yıldız Sayısı | Yörünge Türü |
|--------------------|---------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------|
| DP Leo b           | 6.05                | 8.19                           | 2                        | P            |
| FW Tau b           | 10±4                | -                              | 2                        | P            |
| HW Vir (AB) b      | 14.30               | 4.69                           | 3                        | P            |
| Kepler-16 (AB) b   | 0.333               | 0.705                          | 2                        | P            |
| Kepler-34(AB) b    | 0.220               | 1.090                          | 2                        | P            |
| Kepler-35 (AB) b   | 0.1270              | 0.603                          | 2                        | P            |
| Kepler-38 (AB) b   | -                   | 0.464                          | 2                        | P            |
| Kepler-413 AB b    | 0.21±0.07           | -                              | 2                        | P            |
| Kepler-47(AB) b    | -                   | 0.296±0.005                    | 2                        | P            |
| Kepler-47(AB) c    | -                   | 0.989±0.016                    | 2                        | P            |
| KIC 9632895 b      | 0.020±0.050         | 0.788±0.003                    | 2                        | P            |
| NN Ser (AB) c      | 6.96±0.12           | 5.39±0.04                      | 2                        | P            |
| NN Ser (AB) d      | 1.74±0.09           | 3.36±0.03                      | 2                        | P            |
| NSVS 14256825 c    | 2.80                | 1.900                          | 2                        | P            |
| NSVS 14256825 d    | 8.00                | 2.90                           | 2                        | P            |
| NY Virginis (AB) b | 2.30                | 3.30                           | 2                        | P            |
| PH-1 A(ab) b       | -                   | 0.634                          | 4                        | P            |
| PSR B1620-26 b     | 2.50                | 23.0                           | 2                        | P            |
| Ross 458 C         | 12.50               | -                              | 2                        | P            |
| ROXs 42 B b        | 10±4                | -                              | 2                        | P            |
| RR Cae (AB) b      | 4.20                | 5.30                           | 2                        | P            |
| SR 12 C            | 13.00               | -                              | 2                        | P            |
| 16 Cygni B b       | 1.680               | 1.680                          | 3                        | S            |
| 55 Cnc b           | 0.824               | 0.1148                         | 2                        | S            |
| 55 Cnc c           | 0.1690              | 0.240                          | 2                        | S            |
| 55 Cnc d           | 3.83                | 5.76                           | 2                        | S            |
| 55 Cnc e           | 0.0270              | 0.0155±0.0003                  | 2                        | S            |
| 55 Cnc f           | 0.1440              | 0.781                          | 2                        | S            |
| 83 Leonis B b      | 0.1090              | 0.1232                         | 2                        | S            |
| 83 Leonis B c      | 0.360               | 5.40                           | 2                        | S            |
| 91 Aquarii A b     | 3.20                | 0.700                          | 3                        | S            |
| Alpha Centauri B b | 0.0036              | 0.0400                         | 2                        | S            |
| Fomalhaut b        | 3.00                | 177±68                         | 3                        | S            |
| Gamma Cephei b     | 1.85±0.16           | 2.05±0.06                      | 2                        | S            |
| Gliese 15 A b      | 0.017±0.002         | 0.072±0.003                    | 2                        | S            |
| Gliese 3021 A b    | 3.37±0.09           | 0.490                          | 2                        | S            |
| Gliese 667 C b     | 0.018±0.004         | 0.051±0.005                    | 3                        | S            |
| Gliese 667 C h     | 0.003±0.003         | 0.089±0.009                    | 3                        | S            |
| Gliese 667 C c     | 0.012±0.005         | 0.125±0.013                    | 3                        | S            |
| Gliese 667 C f     | 0.008±0.004         | 0.156±0.017                    | 3                        | S            |
| Gliese 667 C e     | 0.008±0.005         | 0.213±0.022                    | 3                        | S            |
| Gliese 667 C d     | 0.016±0.006         | 0.28±0.03                      | 3                        | S            |
| Gliese 667 C g     | 0.014±0.008         | 0.55±0.06                      | 3                        | S            |

Ek Çizelge 1'in devamı

| Ötegezegen Adı | M (M <sub>J</sub> ) | Yarı-büyük Eksen Uzunluğu (AB) | Sistemdeki Yıldız Sayısı | Yörünge Türü |
|----------------|---------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------|
| Gliese 676 A d | 0.014±0.002         | 0.0413±0.0014                  | 2                        | S            |
| Gliese 676 A e | 0.036±0.005         | 0.187±0.007                    | 2                        | S            |
| Gliese 676 A b | 5.0±0.3             | 1.80±0.07                      | 2                        | S            |
| Gliese 676 A c | 3.00                | 5.20                           | 2                        | S            |
| Gliese 777 A b | 1.502               | 3.92                           | 2                        | S            |
| Gliese 777 A c | 0.0570              | 0.1280                         | 2                        | S            |
| Gliese 86 b    | 4.01                | 0.1100                         | 2                        | S            |
| HAT-P-8 b      | 1.275               | 0.0439                         | 3                        | S            |
| HD 109749 A b  | 0.280               | 0.0635                         | 2                        | S            |
| HD 114729 A b  | 0.840               | 2.08                           | 2                        | S            |
| HD 114762 b    | 10.98               | 0.353                          | 2                        | S            |
| HD 11964 A b   | 0.622               | 3.16                           | 2                        | S            |
| HD 11964 A c   | 0.0790              | 0.229                          | 2                        | S            |
| HD 126614 A b  | 0.380               | 2.35                           | 3                        | S            |
| HD 132563 B b  | 1.490               | 2.62                           | 3                        | S            |
| HD 142 A b     | 1.250               | 1.020                          | 2                        | S            |
| HD 142 A c     | 5.30                | 6.80                           | 2                        | S            |
| HD 142022 A b  | 5.10                | 3.03                           | 2                        | S            |
| HD 147513 A b  | 1.210               | 1.320                          | 2                        | S            |
| HD 156846 b    | 263                 | 1.10±0.02                      | 2                        | S            |
| HD 16141 A b   | 0.215               | 0.350                          | 2                        | S            |
| HD 177830 A b  | 1.490               | 1.222                          | 2                        | S            |
| HD 177830 A c  | 0.1500              | 0.514                          | 2                        | S            |
| HD 178911 B b  | 6.29                | 0.320                          | 3                        | S            |
| HD 188015 A b  | 1.260               | 1.190                          | 2                        | S            |
| HD 189733 A b  | 1.138               | 0.0314                         | 2                        | S            |
| HD 195019 A b  | 3.70                | 0.1388                         | 2                        | S            |
| HD 196050 A b  | 2.83                | 2.47                           | 3                        | S            |
| HD 196885 A b  | 2.98                | 2.60                           | 2                        | S            |
| HD 19994 A b   | 1.680               | 1.420                          | 2                        | S            |
| HD 20782 b     | 1.900               | 1.381                          | 2                        | S            |
| HD 20781 b     | 0.0379              | 0.1690                         | 2                        | S            |
| HD 20781 c     | 0.0496              | 0.346                          | 2                        | S            |
| HD 213240 A b  | 4.50                | 2.03                           | 2                        | S            |
| HD 222582 A b  | 7.75                | 1.350                          | 2                        | S            |
| HD 27442 A b   | 1.350               | 1.160                          | 2                        | S            |
| HD 38529 A b   | 0.780               | 0.1310                         | 2                        | S            |
| HD 38529 A c   | 17.70               | 3.69                           | 2                        | S            |
| HD 40979 A b   | 3.28                | 0.830                          | 3                        | S            |
| HD 41004 A b   | 2.54                | 1.700                          | 3                        | S            |
| HD 46375 A b   | 0.249               | 0.0410                         | 2                        | S            |
| HD 75289 A b   | 0.420               | 0.0460                         | 2                        | S            |
| HD 80606 b     | 3.94                | 0.449                          | 2                        | S            |
| HD 89744 A b   | 7.20                | 0.880                          | 2                        | S            |
| HIP 70849 b    | 9.00                | 10.00                          | 2                        | S            |
| Kepler-410 A b | -                   | 0.123±0.005                    | 2                        | S            |

**Ek Çizelge 1'in devamı**

| Ötegezegen Adı          | M (M <sub>J</sub> ) | Yarı-büyük Eksen Uzunluğu (AB) | Sistemdeki Yıldız Sayısı | Yörünge Türü |
|-------------------------|---------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------|
| KOI-1257 b              | 1.4±0.3             | 0.382±0.006                    | 2                        | S            |
| OGLE-2008-BLG-092L b    | 0.1235              | 13.00                          | 2                        | S            |
| OGLE-2013-BLG-0341L B b | 0.0052±0.0006       | 0.70±0.02                      | 2                        | S            |
| tau Boo A b             | 5.9±0.3             | 0.0460                         | 2                        | S            |
| TrES-4 A b              | 0.917               | 0.0508                         | 2                        | S            |
| Upsilon Andromedae A b  | 0.690               | 0.0590                         | 2                        | S            |
| Upsilon Andromedae A c  | 14.57               | 0.861                          | 2                        | S            |
| Upsilon Andromedae A d  | 10.19               | 2.55                           | 2                        | S            |
| Upsilon Andromedae A e  | 1.059               | 5.25                           | 2                        | S            |
| WASP-12 b               | 1.404               | 0.0229                         | 3                        | S            |
| WASP-2 A b              | 0.91±0.09           | 0.0314                         | 2                        | S            |
| WASP-70 A b             | 0.59±0.02           | 0.0485±0.0006                  | 2                        | S            |
| WASP-77 A b             | 1.760               | 0.0240                         | 2                        | S            |
| WASP-94 A b             | 0.45±0.04           | 0.0550±0.0010                  | 2                        | S            |
| WASP-94 B b             | 0.62±0.03           | 0.034±0.006                    | 2                        | S            |
| XO-2S b                 | 0.259±0.014         | 0.134±0.003                    | 2                        | S            |
| XO-2S c                 | 1.37±0.05           | 0.476±0.009                    | 2                        | S            |
| XO-2N b                 | 0.620               | 0.0369                         | 2                        | S            |

**Kaynak**

Rein H., 2012. A Proposal for Community Driven and Decentralized Astronomical Databases and the Open Exoplanet Catalogue. *eprint arXiv*, 1211:7121.

## EK 2

**Ek Çizelge 2.** HW Vir sisteminin minimum zamanları

| <b>BJD</b><br><b>2400000+</b> | <b>Min.</b><br><b>Türü</b> | <b>Yöntem</b> | <b>Kaynak</b> | <b>BJD</b><br><b>2400000+</b> | <b>Min.</b><br><b>Türü</b> | <b>Yöntem</b> | <b>Kaynak</b> |
|-------------------------------|----------------------------|---------------|---------------|-------------------------------|----------------------------|---------------|---------------|
| 45730.56                      | I                          | Pe            | 1             | 48803.32                      | I                          | Pe            | 1             |
| 45731.61                      | I                          | Pe            | 1             | 49104.45                      | I                          | Pe            | 1             |
| 45732.54                      | I                          | Pe            | 1             | 49122.31                      | I                          | Pe            | 1             |
| 45733.53                      | II                         | Pe            | 1             | 49189.25                      | II                         | Pe            | 1             |
| 45733.59                      | I                          | Pe            | 1             | 49190.24                      | I                          | Pe            | 1             |
| 45734.58                      | II                         | Pe            | 1             | 49393.57                      | I                          | Pe            | 1             |
| 45735.58                      | I                          | Pe            | 1             | 49400.57                      | I                          | CCD           | 1             |
| 45736.51                      | I                          | Pe            | 1             | 49418.55                      | I                          | Pe            | 1             |
| 45740.48                      | I                          | Pe            | 1             | 49427.47                      | II                         | CCD           | 1             |
| 45741.53                      | I                          | Pe            | 1             | 49427.53                      | I                          | CCD           | 1             |
| 45742.46                      | I                          | Pe            | 1             | 49437.57                      | I                          | Pe            | 1             |
| 45744.45                      | I                          | Pe            | 1             | 49450.64                      | I                          | Pe            | 1             |
| 45773.51                      | I                          | Pe            | 1             | 49476.32                      | I                          | Pe            | 1             |
| 45774.44                      | I                          | Pe            | 1             | 49480.41                      | I                          | Pe            | 1             |
| 45775.38                      | I                          | Pe            | 1             | 49485.31                      | I                          | Pe            | 1             |
| 45776.49                      | II                         | Pe            | 1             | 49496.40                      | I                          | CCD           | 1             |
| 45776.54                      | I                          | Pe            | 1             | 49511.34                      | I                          | CCD           | 1             |
| 45819.38                      | I                          | Pe            | 1             | 49518.34                      | I                          | CCD           | 1             |
| 46098.57                      | I                          | Pe            | 1             | 49519.27                      | I                          | Pe            | 1             |
| 46100.56                      | I                          | Pe            | 1             | 49728.55                      | I                          | Pe            | 1             |
| 46101.61                      | I                          | Pe            | 1             | 49733.57                      | I                          | Pe            | 1             |
| 46164.52                      | I                          | Pe            | 1             | 49778.62                      | I                          | CCD           | 1             |
| 46223.29                      | II                         | Pe            | 1             | 49785.63                      | I                          | CCD           | 1             |
| 46223.35                      | I                          | Pe            | 1             | 49808.50                      | I                          | CCD           | 1             |
| 47684.33                      | I                          | Pe            | 1             | 49833.48                      | I                          | Pe            | 1             |
| 47687.24                      | I                          | Pe            | 1             | 49880.29                      | I                          | Pe            | 1             |
| 47688.29                      | I                          | Pe            | 1             | 50142.56                      | I                          | Pe            | 1             |
| 47689.23                      | I                          | Pe            | 1             | 50144.54                      | I                          | Pe            | 1             |
| 47968.54                      | I                          | Pe            | 1             | 50147.57                      | I                          | Pe            | 1             |
| 47972.51                      | I                          | Pe            | 1             | 50155.39                      | I                          | CCD           | 1             |
| 48267.57                      | I                          | Pe            | 1             | 50155.51                      | I                          | CCD           | 1             |
| 48294.89                      | I                          | Pe            | 1             | 50185.39                      | I                          | Pe            | 1             |
| 48295.00                      | I                          | Pe            | 1             | 50186.44                      | I                          | Pe            | 1             |
| 48307.61                      | I                          | Pe            | 1             | 50201.38                      | I                          | Pe            | 1             |
| 48311.58                      | I                          | Pe            | 1             | 50202.43                      | I                          | Pe            | 1             |
| 48313.56                      | I                          | Pe            | 1             | 50216.67                      | I                          | Pe            | 1             |
| 48365.39                      | I                          | Pe            | 1             | 50218.42                      | I                          | Pe            | 1             |
| 48371.45                      | I                          | Pe            | 1             | 50222.51                      | I                          | Pe            | 1             |
| 48404.37                      | I                          | Pe            | 1             | 50280.28                      | I                          | Pe            | 1             |
| 48406.35                      | I                          | Pe            | 1             | 50491.43                      | I                          | CCD           | 1             |
| 48410.32                      | I                          | Pe            | 1             | 50491.49                      | II                         | CCD           | 1             |
| 48682.51                      | I                          | Pe            | 1             | 50491.55                      | I                          | CCD           | 1             |
| 48684.50                      | I                          | Pe            | 1             | 50506.49                      | I                          | Pe            | 1             |
| 48703.52                      | I                          | Pe            | 1             | 50509.52                      | I                          | Pe            | 1             |
| 48704.46                      | I                          | Pe            | 1             | 50510.57                      | I                          | Pe            | 1             |
| 48705.51                      | I                          | Pe            | 1             | 50511.51                      | I                          | CCD           | 1             |
| 49139.35                      | I                          | Pe            | 1             | 50511.56                      | II                         | CCD           | 1             |
| 49149.33                      | II                         | Pe            | 1             | 50543.72                      | I                          | Pe            | 1             |
| 48776.35                      | I                          | Pe            | 1             | 50547.46                      | I                          | Pe            | 1             |

Ek Çizelge 2'nin devamı

| BJD<br>2400000+ | Min.<br>Türü | Yöntem | Kaynak | BJD<br>2400000+ | Min.<br>Türü | Yöntem | Kaynak |
|-----------------|--------------|--------|--------|-----------------|--------------|--------|--------|
| 50552.47        | I            | CCD    | 1      | 51630.15        | I            | CCD    | 1      |
| 50575.47        | I            | Pe     | 1      | 51630.20        | II           | CCD    | 1      |
| 50594.38        | I            | CCD    | 1      | 51654.42        | I            | CCD    | 1      |
| 50595.43        | I            | CCD    | 1      | 51655.36        | I            | CCD    | 1      |
| 50596.30        | II           | CCD    | 1      | 51655.41        | II           | CCD    | 1      |
| 50596.36        | I            | CCD    | 1      | 51668.43        | I            | CCD    | 1      |
| 50597.29        | I            | Pe     | 1      | 51670.36        | II           | CCD    | 1      |
| 50599.28        | I            | Pe     | 1      | 51670.41        | I            | CCD    | 1      |
| 50600.33        | I            | Pe     | 1      | 51670.47        | II           | CCD    | 1      |
| 50604.41        | I            | CCD    | 1      | 51671.46        | I            | CCD    | 1      |
| 50631.26        | I            | Pe     | 1      | 51674.38        | I            | CCD    | 1      |
| 50883.49        | I            | Pe     | 1      | 51688.04        | I            | CCD    | 2      |
| 50885.47        | I            | Pe     | 1      | 51688.10        | II           | CCD    | 2      |
| 50910.45        | I            | Pe     | 1      | 51689.03        | II           | CCD    | 2      |
| 50912.32        | I            | CCD    | 1      | 51689.09        | I            | CCD    | 2      |
| 50912.38        | II           | CCD    | 1      | 51691.36        | II           | CCD    | 2      |
| 50912.55        | I            | Pe     | 1      | 51691.42        | I            | CCD    | 2      |
| 50925.39        | I            | CCD    | 1      | 51692.36        | I            | CCD    | 2      |
| 50927.38        | I            | CCD    | 1      | 51695.39        | I            | CCD    | 2      |
| 50927.49        | I            | CCD    | 1      | 51712.32        | I            | Pe     | 1      |
| 50931.35        | I            | Pe     | 1      | 52001.55        | I            | CCD    | 1      |
| 50943.37        | I            | CCD    | 1      | 52001.60        | II           | CCD    | 1      |
| 50943.48        | I            | CCD    | 1      | 52342.19        | II           | CCD    | 1      |
| 50944.42        | I            | Pe     | 1      | 52342.25        | I            | CCD    | 1      |
| 50946.40        | I            | CCD    | 1      | 52349.49        | I            | Pe     | 1      |
| 50947.45        | I            | CCD    | 1      | 52353.46        | I            | CCD    | 1      |
| 50948.39        | I            | CCD    | 1      | 52356.49        | I            | Pe     | 1      |
| 50950.49        | I            | CCD    | 1      | 52395.42        | II           | CCD    | 1      |
| 50953.41        | I            | CCD    | 1      | 52402.36        | I            | Pe     | 1      |
| 50955.39        | I            | Pe     | 1      | 52410.30        | I            | Pe     | 1      |
| 50959.24        | I            | Pe     | 1      | 52431.31        | I            | Pe     | 1      |
| 51021.22        | I            | Pe     | 1      | 52650.33        | II           | CCD    | 1      |
| 51183.58        | I            | Pe     | 1      | 52650.39        | I            | CCD    | 1      |
| 51190.58        | I            | Pe     | 1      | 52675.37        | I            | CCD    | 1      |
| 51216.49        | I            | Pe     | 1      | 52724.39        | I            | CCD    | 1      |
| 51236.57        | I            | Pe     | 1      | 52759.41        | I            | CCD    | 1      |
| 51300.41        | I            | CCD    | 1      | 52983.68        | II           | CCD    | 1      |
| 51301.35        | I            | CCD    | 1      | 53061.30        | II           | CCD    | 1      |
| 51301.46        | I            | CCD    | 1      | 53061.36        | I            | CCD    | 1      |
| 51302.40        | I            | CCD    | 1      | 53112.72        | I            | CCD    | 1      |
| 51302.45        | II           | CCD    | 1      | 53112.77        | II           | CCD    | 1      |
| 51326.32        | I            | Pe     | 1      | 53124.97        | I            | CCD    | 1      |
| 51368.23        | I            | Pe     | 1      | 53360.69        | II           | CCD    | 1      |
| 51578.55        | I            | Pe     | 1      | 53360.75        | I            | CCD    | 1      |
| 51582.52        | I            | Pe     | 1      | 53384.32        | I            | CCD    | 1      |
| 51608.55        | I            | Pe     | 1      | 53384.38        | II           | CCD    | 1      |
| 51616.49        | I            | CCD    | 1      | 53410.70        | I            | CCD    | 1      |
| 51627.46        | I            | CCD    | 1      | 53444.08        | I            | CCD    | 1      |
| 51627.52        | II           | CCD    | 1      | 53449.28        | II           | CCD    | 1      |
| 51629.27        | II           | CCD    | 1      | 53491.35        | I            | CCD    | 1      |

Ek Çizelge 2'nin devamı

| BJD<br>2400000+ | Min.<br>Türü | Yöntem | Kaynak | BJD<br>2400000+ | Min.<br>Türü | Yöntem | Kaynak |
|-----------------|--------------|--------|--------|-----------------|--------------|--------|--------|
| 53548.37        | II           | CCD    | 1      | 54535.23        | II           | CCD    | 1      |
| 53555.38        | II           | CCD    | 1      | 54536.11        | I            | CCD    | 1      |
| 53731.91        | I            | CCD    | 1      | 54536.17        | II           | CCD    | 1      |
| 53773.93        | I            | CCD    | 1      | 54536.58        | I            | CCD    | 3      |
| 53825.23        | II           | CCD    | 1      | 54541.48        | I            | CCD    | 3      |
| 53825.29        | I            | CCD    | 1      | 54543.58        | I            | CCD    | 3      |
| 53829.08        | II           | CCD    | 1      | 54544.51        | I            | CCD    | 3      |
| 53829.14        | I            | CCD    | 1      | 54545.57        | I            | CCD    | 3      |
| 53861.59        | I            | CCD    | 1      | 54553.50        | I            | CCD    | 3      |
| 54105.18        | I            | CCD    | 1      | 54554.90        | I            | CCD    | 1      |
| 54108.22        | I            | CCD    | 1      | 54555.49        | I            | CCD    | 3      |
| 54108.28        | II           | CCD    | 1      | 54556.54        | I            | CCD    | 3      |
| 54108.33        | I            | CCD    | 1      | 54558.52        | I            | CCD    | 3      |
| 54143.23        | I            | CCD    | 1      | 54569.49        | I            | CCD    | 3      |
| 54143.29        | II           | CCD    | 1      | 54570.54        | I            | CCD    | 3      |
| 54143.35        | I            | CCD    | 1      | 54571.48        | I            | CCD    | 3      |
| 54155.25        | I            | CCD    | 1      | 54578.48        | I            | CCD    | 3      |
| 54155.31        | II           | CCD    | 1      | 54579.53        | I            | CCD    | 3      |
| 54158.29        | I            | CCD    | 1      | 54580.58        | I            | CCD    | 3      |
| 54158.35        | II           | CCD    | 1      | 54581.51        | I            | CCD    | 3      |
| 54205.09        | I            | CCD    | 1      | 54584.55        | I            | CCD    | 3      |
| 54213.50        | I            | CCD    | 1      | 54585.48        | I            | CCD    | 3      |
| 54214.08        | I            | CCD    | 1      | 54586.53        | I            | CCD    | 3      |
| 54214.14        | II           | CCD    | 1      | 54587.58        | I            | CCD    | 3      |
| 54216.42        | I            | CCD    | 1      | 54588.40        | I            | CCD    | 4      |
| 54237.37        | II           | CCD    | 1      | 54591.55        | I            | CCD    | 3      |
| 54239.41        | I            | CCD    | 1      | 54593.54        | I            | CCD    | 3      |
| 54307.57        | I            | CCD    | 3      | 54596.57        | I            | CCD    | 3      |
| 54498.88        | I            | CCD    | 4      | 54597.51        | I            | CCD    | 3      |
| 54498.94        | II           | CCD    | 1      | 54598.56        | I            | CCD    | 3      |
| 54501.56        | I            | CCD    | 3      | 54599.49        | I            | CCD    | 3      |
| 54502.50        | I            | CCD    | 3      | 54600.54        | I            | CCD    | 3      |
| 54509.15        | I            | CCD    | 1      | 54601.71        | I            | CCD    | 4      |
| 54509.21        | II           | CCD    | 1      | 54605.56        | I            | CCD    | 3      |
| 54512.30        | I            | CCD    | 1      | 54606.49        | I            | CCD    | 3      |
| 54513.35        | I            | CCD    | 1      | 54607.08        | I            | CCD    | 3      |
| 54514.17        | I            | CCD    | 1      | 54607.54        | I            | CCD    | 1      |
| 54514.28        | I            | CCD    | 1      | 54608.59        | I            | CCD    | 4      |
| 54514.34        | II           | CCD    | 1      | 54611.63        | I            | CCD    | 4      |
| 54515.33        | I            | CCD    | 1      | 54623.53        | I            | CCD    | 3      |
| 54515.57        | I            | CCD    | 3      | 54624.58        | I            | CCD    | 3      |
| 54517.32        | I            | CCD    | 1      | 54626.57        | I            | CCD    | 3      |
| 54517.38        | II           | CCD    | 1      | 54627.50        | I            | CCD    | 3      |
| 54524.56        | I            | CCD    | 3      | 54628.55        | I            | CCD    | 3      |
| 54525.49        | I            | CCD    | 3      | 54633.57        | I            | CCD    | 1      |
| 54527.47        | I            | CCD    | 3      | 54640.58        | I            | CCD    | 3      |
| 54533.19        | I            | CCD    | 1      | 54641.51        | I            | CCD    | 3      |
| 54533.54        | I            | CCD    | 3      | 54642.56        | I            | CCD    | 3      |
| 54534.48        | I            | CCD    | 3      | 54643.49        | I            | CCD    | 3      |
| 54535.18        | I            | CCD    | 1      | 54644.54        | I            | CCD    | 3      |

Ek Çizelge 2'nin devamı

| BJD<br>2400000+ | Min.<br>Türü | Yöntem | Kaynak | BJD<br>2400000+ | Min.<br>Türü | Yöntem | Kaynak |
|-----------------|--------------|--------|--------|-----------------|--------------|--------|--------|
| 54646.53        | I            | CCD    | 3      | 54924.55        | I            | CCD    | 3      |
| 54660.53        | I            | CCD    | 3      | 54925.43        | II           | CCD    | 1      |
| 54661.58        | I            | CCD    | 3      | 54925.49        | I            | CCD    | 3      |
| 54662.52        | I            | CCD    | 3      | 54926.54        | I            | CCD    | 3      |
| 54828.67        | II           | CCD    | 1      | 54927.47        | I            | CCD    | 3      |
| 54831.70        | II           | CCD    | 1      | 54933.54        | I            | CCD    | 3      |
| 54835.26        | I            | CCD    | 1      | 54934.47        | I            | CCD    | 3      |
| 54835.32        | II           | CCD    | 1      | 54935.53        | I            | CCD    | 3      |
| 54841.92        | I            | CCD    | 4      | 54936.58        | I            | CCD    | 3      |
| 54841.97        | II           | CCD    | 1      | 54937.51        | I            | CCD    | 3      |
| 54857.56        | I            | CCD    | 3      | 54938.56        | I            | CCD    | 3      |
| 54859.54        | I            | CCD    | 3      | 54939.49        | I            | CCD    | 3      |
| 54860.47        | I            | CCD    | 3      | 54940.54        | I            | CCD    | 3      |
| 54862.58        | I            | CCD    | 3      | 54941.48        | I            | CCD    | 3      |
| 54867.48        | I            | CCD    | 3      | 54942.53        | I            | CCD    | 3      |
| 54871.56        | I            | CCD    | 3      | 54943.58        | I            | CCD    | 3      |
| 54872.50        | I            | CCD    | 3      | 54944.51        | I            | CCD    | 3      |
| 54878.57        | I            | CCD    | 3      | 54945.56        | I            | CCD    | 3      |
| 54879.50        | I            | CCD    | 3      | 54946.50        | I            | CCD    | 3      |
| 54881.48        | I            | CCD    | 3      | 54947.43        | I            | CCD    | 1      |
| 54882.53        | I            | CCD    | 3      | 54947.55        | I            | CCD    | 3      |
| 54884.52        | I            | CCD    | 3      | 54949.53        | I            | CCD    | 3      |
| 54885.57        | I            | CCD    | 3      | 54950.35        | I            | CCD    | 1      |
| 54886.50        | I            | CCD    | 3      | 54950.58        | I            | CCD    | 3      |
| 54889.54        | I            | CCD    | 3      | 54952.57        | I            | CCD    | 3      |
| 54890.47        | I            | CCD    | 3      | 54953.38        | I            | CCD    | 1      |
| 54892.57        | I            | CCD    | 3      | 54953.50        | I            | CCD    | 3      |
| 54893.51        | I            | CCD    | 3      | 54954.55        | I            | CCD    | 3      |
| 54894.56        | I            | CCD    | 3      | 54955.48        | I            | CCD    | 3      |
| 54895.49        | I            | CCD    | 3      | 54961.55        | I            | CCD    | 3      |
| 54896.54        | I            | CCD    | 3      | 54962.49        | I            | CCD    | 3      |
| 54905.53        | I            | CCD    | 3      | 54963.54        | I            | CCD    | 3      |
| 54906.58        | I            | CCD    | 3      | 54964.47        | I            | CCD    | 3      |
| 54907.51        | I            | CCD    | 3      | 54965.52        | I            | CCD    | 3      |
| 54908.56        | I            | CCD    | 3      | 54966.57        | I            | CCD    | 3      |
| 54909.50        | I            | CCD    | 3      | 54967.51        | I            | CCD    | 3      |
| 54910.55        | I            | CCD    | 3      | 54968.56        | I            | CCD    | 3      |
| 54911.48        | I            | CCD    | 3      | 54969.49        | I            | CCD    | 3      |
| 54912.53        | I            | CCD    | 3      | 54970.54        | I            | CCD    | 3      |
| 54913.58        | I            | CCD    | 3      | 54971.47        | I            | CCD    | 3      |
| 54914.52        | I            | CCD    | 3      | 54972.53        | I            | CCD    | 3      |
| 54915.57        | I            | CCD    | 3      | 54973.58        | I            | CCD    | 3      |
| 54916.50        | I            | CCD    | 3      | 54974.51        | I            | CCD    | 3      |
| 54917.55        | I            | CCD    | 3      | 54977.54        | I            | CCD    | 3      |
| 54918.48        | I            | CCD    | 3      | 54978.48        | I            | CCD    | 3      |
| 54919.53        | I            | CCD    | 3      | 54979.53        | I            | CCD    | 3      |
| 54920.47        | I            | CCD    | 3      | 54992.48        | I            | CCD    | 3      |
| 54921.52        | I            | CCD    | 3      | 54995.52        | I            | CCD    | 3      |
| 54922.57        | I            | CCD    | 3      | 55000.54        | I            | CCD    | 3      |
| 54923.50        | I            | CCD    | 3      | 55001.47        | I            | CCD    | 3      |

Ek Çizelge 2'nin devamı

| BJD<br>2400000+ | Min.<br>Türü | Yöntem | Kaynak | BJD<br>2400000+ | Min.<br>Türü | Yöntem | Kaynak |
|-----------------|--------------|--------|--------|-----------------|--------------|--------|--------|
| 55010.58        | I            | CCD    | 3      | 55296.54        | I            | CCD    | 3      |
| 55015.48        | I            | CCD    | 3      | 55297.47        | I            | CCD    | 3      |
| 55224.52        | I            | CCD    | 3      | 55298.52        | I            | CCD    | 3      |
| 55232.58        | I            | CCD    | 3      | 55299.57        | I            | CCD    | 3      |
| 55233.51        | I            | CCD    | 3      | 55300.51        | I            | CCD    | 3      |
| 55234.56        | I            | CCD    | 3      | 55304.48        | I            | CCD    | 3      |
| 55235.49        | I            | CCD    | 3      | 55307.51        | I            | CCD    | 3      |
| 55236.54        | I            | CCD    | 3      | 55308.56        | I            | CCD    | 3      |
| 55237.48        | I            | CCD    | 3      | 55309.49        | I            | CCD    | 3      |
| 55239.58        | I            | CCD    | 3      | 55310.54        | I            | CCD    | 3      |
| 55240.51        | I            | CCD    | 3      | 55315.56        | I            | CCD    | 3      |
| 55241.56        | I            | CCD    | 3      | 55316.50        | I            | CCD    | 3      |
| 55242.50        | I            | CCD    | 3      | 55317.55        | I            | CCD    | 3      |
| 55243.55        | I            | CCD    | 3      | 55318.48        | I            | CCD    | 3      |
| 55245.53        | I            | CCD    | 3      | 55319.53        | I            | CCD    | 3      |
| 55246.58        | I            | CCD    | 3      | 55320.58        | I            | CCD    | 3      |
| 55247.52        | I            | CCD    | 3      | 55321.52        | I            | CCD    | 3      |
| 55248.57        | I            | CCD    | 3      | 55322.57        | I            | CCD    | 3      |
| 55249.50        | I            | CCD    | 3      | 55324.55        | I            | CCD    | 3      |
| 55251.49        | I            | CCD    | 3      | 55325.49        | I            | CCD    | 3      |
| 55252.54        | I            | CCD    | 3      | 55329.57        | I            | CCD    | 3      |
| 55253.47        | I            | CCD    | 3      | 55330.50        | I            | CCD    | 3      |
| 55254.52        | I            | CCD    | 3      | 55331.55        | I            | CCD    | 3      |
| 55255.57        | I            | CCD    | 3      | 55332.49        | I            | CCD    | 3      |
| 55261.52        | I            | CCD    | 3      | 55333.54        | I            | CCD    | 3      |
| 55265.49        | I            | CCD    | 3      | 55334.47        | I            | CCD    | 3      |
| 55267.48        | I            | CCD    | 3      | 55335.52        | I            | CCD    | 3      |
| 55268.53        | I            | CCD    | 3      | 55336.57        | I            | CCD    | 3      |
| 55269.58        | I            | CCD    | 3      | 55337.51        | I            | CCD    | 3      |
| 55270.51        | I            | CCD    | 3      | 55338.56        | I            | CCD    | 3      |
| 55271.56        | I            | CCD    | 3      | 55346.49        | I            | CCD    | 3      |
| 55272.49        | I            | CCD    | 3      | 55347.55        | I            | CCD    | 3      |
| 55273.54        | I            | CCD    | 3      | 55348.48        | I            | CCD    | 3      |
| 55274.48        | I            | CCD    | 3      | 55349.53        | I            | CCD    | 3      |
| 55275.53        | I            | CCD    | 3      | 55351.51        | I            | CCD    | 3      |
| 55276.58        | I            | CCD    | 3      | 55352.33        | I            | CCD    | 1      |
| 55277.51        | I            | CCD    | 3      | 55352.56        | I            | CCD    | 3      |
| 55278.56        | I            | CCD    | 3      | 55353.50        | I            | CCD    | 3      |
| 55279.50        | I            | CCD    | 3      | 55355.48        | I            | CCD    | 3      |
| 55280.55        | I            | CCD    | 3      | 55359.57        | I            | CCD    | 3      |
| 55281.48        | I            | CCD    | 3      | 55360.50        | I            | CCD    | 3      |
| 55282.53        | I            | CCD    | 3      | 55365.52        | I            | CCD    | 3      |
| 55283.58        | I            | CCD    | 3      | 55366.57        | I            | CCD    | 3      |
| 55288.48        | I            | CCD    | 3      | 55371.47        | I            | CCD    | 3      |
| 55290.47        | I            | CCD    | 3      | 55372.52        | I            | CCD    | 3      |
| 55291.52        | I            | CCD    | 3      | 55373.57        | I            | CCD    | 3      |
| 55292.57        | I            | CCD    | 3      | 55374.51        | I            | CCD    | 3      |
| 55293.50        | I            | CCD    | 3      | 55375.56        | I            | CCD    | 3      |
| 55294.55        | I            | CCD    | 3      | 55376.49        | I            | CCD    | 3      |
| 55295.49        | I            | CCD    | 3      | 55398.55        | I            | CCD    | 3      |

Ek Çizelge 2'nin devamı

| BJD<br>2400000+ | Min.<br>Türü | Yöntem | Kaynak | BJD<br>2400000+ | Min.<br>Türü | Yöntem | Kaynak |
|-----------------|--------------|--------|--------|-----------------|--------------|--------|--------|
| 55543.98        | I            | CCD    | 4      | 56007.42        | II           | CCD    | 1      |
| 55549.00        | I            | CCD    | 4      | 56007.48        | I            | CCD    | 1      |
| 55556.01        | I            | CCD    | 4      | 56011.09        | I            | CCD    | 1      |
| 55582.97        | I            | CCD    | 4      | 56012.09        | II           | CCD    | 1      |
| 55584.95        | I            | CCD    | 4      | 56012.15        | I            | CCD    | 1      |
| 55591.96        | I            | CCD    | 4      | 56368.55        | II           | CCD    | 1      |
| 55593.01        | I            | CCD    | 4      | 56368.61        | I            | CCD    | 1      |
| 55596.51        | I            | CCD    | 3      | 56391.02        | I            | CCD    | 1      |
| 55598.49        | I            | CCD    | 3      | 56391.08        | II           | CCD    | 1      |
| 55599.54        | I            | CCD    | 3      | 56391.19        | II           | CCD    | 1      |
| 55600.48        | I            | CCD    | 3      | 56395.10        | I            | CCD    | 1      |
| 55605.03        | I            | CCD    | 1      | 56395.28        | II           | CCD    | 1      |
| 55605.96        | I            | CCD    | 4      | 56417.34        | II           | CCD    | 1      |
| 55609.58        | I            | CCD    | 3      | 56417.40        | I            | CCD    | 1      |
| 55610.51        | I            | CCD    | 3      | 56427.38        | II           | CCD    | 1      |
| 55611.56        | I            | CCD    | 3      | 56427.43        | I            | CCD    | 1      |
| 55615.53        | I            | CCD    | 3      |                 |              |        |        |
| 55615.88        | I            | CCD    | 4      |                 |              |        |        |
| 55616.58        | I            | CCD    | 3      |                 |              |        |        |
| 55616.93        | I            | CCD    | 1      |                 |              |        |        |
| 55617.52        | I            | CCD    | 3      |                 |              |        |        |
| 55618.57        | I            | CCD    | 3      |                 |              |        |        |
| 55619.50        | I            | CCD    | 3      |                 |              |        |        |
| 55620.55        | I            | CCD    | 3      |                 |              |        |        |
| 55621.49        | I            | CCD    | 3      |                 |              |        |        |
| 55622.54        | I            | CCD    | 3      |                 |              |        |        |
| 55623.47        | I            | CCD    | 3      |                 |              |        |        |
| 55635.73        | I            | CCD    | 4      |                 |              |        |        |
| 55643.55        | I            | CCD    | 3      |                 |              |        |        |
| 55644.48        | I            | CCD    | 3      |                 |              |        |        |
| 55646.58        | I            | CCD    | 3      |                 |              |        |        |
| 55647.51        | I            | CCD    | 3      |                 |              |        |        |
| 55647.86        | I            | CCD    | 4      |                 |              |        |        |
| 55648.56        | I            | CCD    | 3      |                 |              |        |        |
| 55648.91        | I            | CCD    | 4      |                 |              |        |        |
| 55649.50        | I            | CCD    | 3      |                 |              |        |        |
| 55654.75        | I            | CCD    | 4      |                 |              |        |        |
| 55657.08        | I            | CCD    | 1      |                 |              |        |        |
| 55657.14        | II           | CCD    | 1      |                 |              |        |        |
| 55661.46        | II           | CCD    | 1      |                 |              |        |        |
| 55661.52        | I            | CCD    | 1      |                 |              |        |        |
| 55676.34        | I            | CCD    | 1      |                 |              |        |        |
| 55676.40        | II           | CCD    | 1      |                 |              |        |        |
| 55680.78        | I            | CCD    | 4      |                 |              |        |        |
| 55682.76        | I            | CCD    | 4      |                 |              |        |        |
| 55896.01        | I            | CCD    | 4      |                 |              |        |        |
| 55953.90        | I            | CCD    | 4      |                 |              |        |        |
| 55957.99        | I            | CCD    | 4      |                 |              |        |        |
| 55977.01        | I            | CCD    | 4      |                 |              |        |        |
| 56005.49        | I            | CCD    | 1      |                 |              |        |        |

## Kaynaklar

1. Paschke A., Brat L., 2006. O-C Gateway, a Collection of Minima Timings. *Open European Journal on Variable Stars*, 23: 13.
2. Kilkenny D., van Wyk F., Marang F., 2003. The sdB Eclipsing System HW Vir: A Substellar Companion?. *The Observatory*, 123: 31-36.
3. Lohr M. E., Norton A. J., Anderson D. R., Collier Cameron A., Faedi F., Haswell C. A., Hellier C., Hodgkin S. T., Horne K., Kolb U. C., Maxted P. F. L., Pollacco D., Skillen I., Smalley B., West, R. G., Wheatley P. J., 2014. Period and Amplitude Variations in Post-common-envelope Eclipsing Binaries Observed with SuperWASP. *Astronomy and Astrophysics*, 566: 128.
4. Beuermann K., Dreizler S., Hessman F. V., Deller J., 2012. The Quest for Companions to Post-Common Envelope Binaries. III. A Reexamination of HW Virginis. *Astronomy and Astrophysics*, 543: 6.

**Ek Çizelge 3.** CM Dra sisteminin minimum zamanları

| <b>BJD<br/>2400000+</b> | <b>Min.<br/>Türü</b> | <b>Yöntem</b> | <b>Kaynak</b> | <b>BJD<br/>2400000+</b> | <b>Min.<br/>Türü</b> | <b>Yöntem</b> | <b>Kaynak</b> |
|-------------------------|----------------------|---------------|---------------|-------------------------|----------------------|---------------|---------------|
| 41855.7542              | II                   | Pe            | 1             | 51780.2727              | I                    | CCD           | 2             |
| 42555.9054              | II                   | Pe            | 1             | 52043.4622              | II                   | CCD           | 1             |
| 42557.8090              | I                    | Pe            | 1             | 52416.3691              | II                   | CCD           | 2             |
| 42607.9100              | II                   | Pe            | 1             | 52799.4229              | II                   | CCD           | 2             |
| 42888.8587              | I                    | Pe            | 1             | 52853.3307              | I                    | CCD           | 2             |
| 42893.9328              | I                    | CCD           | 2             | 53082.9089              | I                    | CCD           | 2             |
| 42912.9587              | I                    | Pe            | 1             | 53117.7889              | II                   | CCD           | 2             |
| 42966.8638              | II                   | Pe            | 1             | 53120.9610              | I                    | CCD           | 2             |
| 42994.7687              | II                   | CCD           | 2             | 53136.8146              | II                   | CCD           | 2             |
| 49494.6340              | I                    | CCD           | 2             | 53138.7186              | I                    | CCD           | 2             |
| 49497.8037              | II                   | CCD           | 2             | 53145.6934              | II                   | CCD           | 2             |
| 49499.7076              | I                    | CCD           | 2             | 53153.9392              | I                    | CCD           | 2             |
| 49500.9758              | I                    | CCD           | 2             | 53160.9142              | II                   | CCD           | 2             |
| 49501.6091              | II                   | CCD           | 2             | 53456.4489              | II                   | CCD           | 2             |
| 49511.7561              | II                   | CCD           | 2             | 53472.3050              | I                    | CCD           | 2             |
| 49562.4918              | II                   | CCD           | 2             | 53478.6471              | I                    | CCD           | 2             |
| 49815.5367              | I                    | CCD           | 2             | 53498.3058              | II                   | CCD           | 2             |
| 49828.8536              | II                   | CCD           | 2             | 53503.3793              | II                   | CCD           | 2             |
| 49830.7574              | I                    | CCD           | 2             | 53515.4299              | I                    | CCD           | 2             |
| 49833.9271              | II                   | CCD           | 2             | 54020.2491              | I                    | CCD           | 1             |
| 49840.9044              | I                    | CCD           | 2             | 54166.7473              | II                   | CCD           | 2             |
| 49853.5884              | I                    | CCD           | 2             | 54191.4819              | I                    | CCD           | 1             |
| 49855.4899              | II                   | CCD           | 2             | 54252.3645              | I                    | CCD           | 1             |
| 49858.6619              | I                    | CCD           | 2             | 54309.4420              | I                    | CCD           | 1             |
| 49872.6141              | I                    | CCD           | 2             | 54621.4660              | I                    | CCD           | 1             |
| 49881.4929              | I                    | CCD           | 2             | 55051.4502              | I                    | CCD           | 1             |
| 49947.4492              | I                    | CCD           | 2             | 55093.3070              | I                    | CCD           | 1             |
| 49949.3506              | II                   | CCD           | 2             | 55100.2822              | II                   | CCD           | 1             |
| 49954.4243              | II                   | CCD           | 2             | 55264.5398              | I                    | CCD           | 1             |
| 50221.4215              | I                    | CCD           | 2             | 55311.4703              | I                    | CCD           | 1             |
| 50222.6897              | I                    | CCD           | 2             |                         |                      |               |               |
| 50243.6171              | II                   | CCD           | 2             |                         |                      |               |               |
| 50244.8854              | II                   | CCD           | 2             |                         |                      |               |               |
| 50252.4957              | II                   | CCD           | 2             |                         |                      |               |               |
| 50257.5694              | II                   | CCD           | 2             |                         |                      |               |               |
| 50259.4731              | I                    | CCD           | 2             |                         |                      |               |               |
| 50262.6430              | II                   | CCD           | 2             |                         |                      |               |               |
| 50272.7900              | II                   | CCD           | 2             |                         |                      |               |               |
| 50636.8181              | II                   | CCD           | 2             |                         |                      |               |               |
| 50643.7953              | I                    | CCD           | 2             |                         |                      |               |               |
| 50650.7702              | II                   | CCD           | 2             |                         |                      |               |               |
| 50710.3847              | II                   | CCD           | 2             |                         |                      |               |               |
| 50905.7166              | II                   | CCD           | 1             |                         |                      |               |               |
| 50993.8708              | I                    | CCD           | 2             |                         |                      |               |               |
| 50995.7723              | II                   | CCD           | 2             |                         |                      |               |               |
| 51340.7743              | II                   | CCD           | 2             |                         |                      |               |               |
| 51359.8003              | II                   | CCD           | 2             |                         |                      |               |               |
| 51373.7525              | II                   | CCD           | 2             |                         |                      |               |               |
| 51616.6504              | I                    | CCD           | 2             |                         |                      |               |               |
| 51766.3204              | I                    | CCD           | 2             |                         |                      |               |               |

## **Kaynaklar**

1. Paschke A., Brat L., 2006. O-C Gateway, a Collection of Minima Timings. *Open European Journal on Variable Stars*, 23: 13.
2. 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. *Astronomy and Astrophysics*, 480 (2): 563-571.

**Ek Çizelge 4.** UZ Lyr sisteminin minimum zamanları

| <b>BJD<br/>2400000+</b> | <b>Min.<br/>Türü</b> | <b>Yöntem</b> | <b>Kaynak</b> | <b>BJD<br/>2400000+</b> | <b>Min.<br/>Türü</b> | <b>Yöntem</b> | <b>Kaynak</b> |
|-------------------------|----------------------|---------------|---------------|-------------------------|----------------------|---------------|---------------|
| 22511.50                | I                    | Vis           | 1             | 24372.48                | I                    | Vis           | 1             |
| 22513.39                | I                    | Vis           | 1             | 24595.67                | I                    | Vis           | 1             |
| 22530.41                | I                    | Vis           | 1             | 24809.37                | I                    | Vis           | 1             |
| 22547.44                | I                    | Vis           | 1             | 24979.59                | I                    | Vis           | 1             |
| 22581.48                | I                    | Vis           | 1             | 25244.37                | I                    | Vis           | 1             |
| 22583.38                | I                    | Vis           | 1             | 25361.63                | I                    | Vis           | 1             |
| 22602.28                | I                    | Vis           | 1             | 25363.51                | I                    | Vis           | 1             |
| 22615.50                | I                    | Vis           | 1             | 25399.45                | I                    | Vis           | 1             |
| 22638.22                | I                    | Vis           | 1             | 25501.57                | I                    | Vis           | 1             |
| 22655.25                | I                    | Vis           | 1             | 25503.47                | I                    | Vis           | 1             |
| 22770.61                | I                    | Vis           | 1             | 25524.26                | I                    | Vis           | 1             |
| 22787.63                | I                    | Vis           | 1             | 26148.39                | I                    | Vis           | 1             |
| 22806.54                | I                    | Vis           | 1             | 27124.28                | I                    | Vis           | 1             |
| 22808.43                | I                    | Vis           | 1             | 27360.69                | I                    | Vis           | 1             |
| 22876.52                | I                    | Vis           | 1             | 27366.37                | I                    | Vis           | 1             |
| 22893.54                | I                    | Vis           | 1             | 27368.25                | I                    | Vis           | 1             |
| 22895.43                | I                    | Vis           | 1             | 27370.15                | I                    | Vis           | 1             |
| 22929.48                | I                    | Vis           | 1             | 27421.22                | I                    | Vis           | 1             |
| 22931.36                | I                    | Vis           | 1             | 27608.45                | I                    | Vis           | 1             |
| 22948.39                | I                    | Vis           | 1             | 27610.34                | I                    | Vis           | 1             |
| 22967.30                | I                    | Vis           | 1             | 27627.37                | I                    | Vis           | 1             |
| 23001.34                | I                    | Vis           | 1             | 27659.52                | I                    | Vis           | 1             |
| 23018.35                | I                    | Vis           | 1             | 27697.34                | I                    | Vis           | 1             |
| 23020.25                | I                    | Vis           | 1             | 27714.37                | I                    | Vis           | 1             |
| 23207.49                | I                    | Vis           | 1             | 28285.53                | I                    | Vis           | 1             |
| 23209.38                | I                    | Vis           | 1             | 28357.39                | I                    | Vis           | 1             |
| 23243.42                | I                    | Vis           | 1             | 28374.42                | I                    | Vis           | 1             |
| 23279.35                | I                    | Vis           | 1             | 28427.38                | I                    | Vis           | 1             |
| 23294.48                | I                    | Vis           | 1             | 28429.26                | I                    | Vis           | 1             |
| 23296.37                | I                    | Vis           | 1             | 28446.29                | I                    | Vis           | 1             |
| 23349.31                | I                    | Vis           | 1             | 28459.53                | I                    | Vis           | 1             |
| 23502.52                | I                    | Vis           | 1             | 28461.42                | I                    | Vis           | 1             |
| 23517.65                | I                    | Vis           | 1             | 28465.20                | I                    | Vis           | 1             |
| 23555.48                | I                    | Vis           | 1             | 28478.43                | I                    | Vis           | 1             |
| 23574.39                | I                    | Vis           | 1             | 28684.58                | I                    | Vis           | 1             |
| 23608.43                | I                    | Vis           | 1             | 28688.38                | I                    | Vis           | 1             |
| 23644.36                | I                    | Vis           | 1             | 28790.50                | I                    | Vis           | 1             |
| 23661.38                | I                    | Vis           | 1             | 28792.39                | I                    | Vis           | 1             |
| 23676.51                | I                    | Vis           | 1             | 28845.35                | I                    | Vis           | 1             |
| 23765.41                | I                    | Vis           | 1             | 29036.36                | I                    | Vis           | 1             |
| 23922.38                | I                    | Vis           | 1             | 29051.50                | I                    | Vis           | 1             |
| 24094.48                | I                    | Vis           | 1             | 29070.41                | I                    | Vis           | 1             |
| 24117.17                | I                    | Vis           | 1             | 29433.53                | I                    | Vis           | 1             |
| 24232.54                | I                    | Vis           | 1             | 30252.46                | I                    | Vis           | 1             |
| 24251.45                | I                    | Vis           | 1             | 30326.22                | I                    | Vis           | 1             |
| 24268.47                | I                    | Vis           | 1             | 30617.47                | I                    | Vis           | 1             |
| 24285.50                | I                    | Vis           | 1             | 31018.42                | I                    | Vis           | 1             |
| 24287.38                | I                    | Vis           | 1             | 32616.55                | I                    | Vis           | 1             |
| 24340.35                | I                    | Vis           | 1             | 32686.51                | I                    | Vis           | 1             |
| 24355.48                | I                    | Vis           | 1             | 32807.55                | I                    | Vis           | 1             |

Ek Çizelge 4'ün devamı

| BJD<br>2400000+ | Min.<br>Türü | Yöntem | Kaynak | BJD<br>2400000+ | Min.<br>Türü | Yöntem | Kaynak |
|-----------------|--------------|--------|--------|-----------------|--------------|--------|--------|
| 32809.46        | I            | Vis    | 1      | 36429.34        | I            | Vis    | 1      |
| 32828.36        | I            | Vis    | 1      | 36756.54        | I            | Vis    | 1      |
| 32847.27        | I            | Vis    | 1      | 36758.42        | I            | Vis    | 1      |
| 33000.47        | I            | Vis    | 1      | 36760.32        | I            | Vis    | 1      |
| 33032.62        | I            | Vis    | 1      | 36809.49        | I            | Vis    | 1      |
| 33053.41        | I            | Vis    | 1      | 36811.38        | I            | Vis    | 1      |
| 33174.46        | I            | Vis    | 1      | 36813.27        | I            | Vis    | 1      |
| 33210.39        | I            | Vis    | 1      | 36845.42        | I            | Vis    | 1      |
| 33399.52        | I            | Vis    | 1      | 36862.43        | I            | Vis    | 1      |
| 33418.44        | I            | Vis    | 1      | 37193.43        | I            | Pg     | 1      |
| 33435.46        | I            | Vis    | 1      | 37208.55        | I            | Vis    | 1      |
| 33471.40        | I            | Vis    | 1      | 37212.33        | I            | Vis    | 1      |
| 33488.42        | I            | Vis    | 1      | 37227.46        | I            | Vis    | 1      |
| 33505.44        | I            | Vis    | 1      | 37248.27        | I            | Vis    | 1      |
| 33539.48        | I            | Vis    | 1      | 37505.48        | I            | Vis    | 1      |
| 33541.36        | I            | Vis    | 1      | 37524.39        | I            | Vis    | 1      |
| 33558.38        | I            | Vis    | 1      | 37558.43        | I            | Vis    | 1      |
| 33577.32        | I            | Vis    | 1      | 37923.44        | I            | Vis    | 1      |
| 33594.33        | I            | Vis    | 1      | 37959.39        | I            | Pg     | 1      |
| 33800.47        | I            | Vis    | 1      | 38235.51        | I            | Pg     | 1      |
| 33851.54        | I            | Vis    | 1      | 38670.51        | I            | Vis    | 1      |
| 33868.56        | I            | Vis    | 1      | 38914.49        | I            | Vis    | 1      |
| 33889.37        | I            | Vis    | 1      | 38965.54        | I            | Vis    | 1      |
| 33925.30        | I            | Vis    | 1      | 38967.45        | I            | Vis    | 1      |
| 34131.44        | I            | Vis    | 1      | 39056.33        | I            | Vis    | 1      |
| 34133.34        | I            | Vis    | 1      | 39058.21        | I            | Vis    | 1      |
| 34271.40        | I            | Vis    | 1      | 39245.46        | I            | Vis    | 1      |
| 34479.45        | I            | Vis    | 1      | 39697.47        | I            | Vis    | 1      |
| 34513.49        | I            | Vis    | 1      | 40204.32        | I            | Vis    | 1      |
| 34543.75        | I            | Pe     | 1      | 40463.42        | I            | Vis    | 1      |
| 34967.39        | I            | Vis    | 1      | 40482.34        | I            | Vis    | 1      |
| 34986.31        | I            | Vis    | 1      | 40775.49        | I            | Vis    | 1      |
| 35228.39        | I            | Vis    | 1      | 40811.42        | I            | Vis    | 1      |
| 35366.46        | I            | Vis    | 1      | 41070.53        | I            | Vis    | 1      |
| 35591.51        | I            | Pg     | 1      | 41089.44        | I            | Vis    | 1      |
| 35695.53        | I            | Pg     | 1      | 41140.50        | I            | Vis    | 1      |
| 35699.31        | I            | Pg     | 1      | 41142.39        | I            | Vis    | 1      |
| 35714.43        | I            | Pg     | 1      | 41157.52        | I            | Vis    | 1      |
| 35716.34        | I            | Pg     | 1      | 41159.41        | I            | Vis    | 1      |
| 35733.35        | I            | Pg     | 1      | 41282.35        | I            | Vis    | 1      |
| 35748.49        | I            | Pg     | 1      | 41507.41        | I            | Vis    | 1      |
| 35750.37        | I            | Vis    | 1      | 41766.53        | I            | Vis    | 1      |
| 35752.27        | I            | Vis    | 1      | 41819.48        | I            | Vis    | 1      |
| 35769.29        | I            | Pg     | 1      | 41853.53        | I            | Vis    | 1      |
| 35992.45        | I            | Vis    | 1      | 41961.33        | I            | Vis    | 1      |
| 36026.49        | I            | Vis    | 1      | 41997.25        | I            | Vis    | 1      |
| 36028.39        | I            | Vis    | 1      | 42532.49        | I            | Vis    | 1      |
| 36393.42        | I            | Vis    | 1      | 42708.37        | I            | Vis    | 1      |
| 36395.30        | I            | Vis    | 1      | 42727.30        | I            | Vis    | 1      |
| 36427.45        | I            | Vis    | 1      | 43016.65        | I            | Vis    | 1      |

Ek Çizelge 4'ün devamı

| BJD<br>2400000+ | Min.<br>Türü | Yöntem | Kaynak | BJD<br>2400000+ | Min.<br>Türü | Yöntem | Kaynak |
|-----------------|--------------|--------|--------|-----------------|--------------|--------|--------|
| 43330.59        | I            | Vis    | 1      | 47423.33        | I            | Vis    | 1      |
| 43663.46        | I            | Vis    | 1      | 47697.56        | I            | Vis    | 1      |
| 43689.94        | I            | Pg     | 1      | 47769.42        | I            | Vis    | 1      |
| 43769.38        | I            | Vis    | 1      | 47822.38        | I            | Vis    | 1      |
| 43788.29        | I            | Vis    | 1      | 47858.32        | I            | Vis    | 1      |
| 44011.47        | I            | Vis    | 1      | 48170.36        | I            | Vis    | 1      |
| 44117.38        | I            | Vis    | 1      | 48187.39        | I            | Vis    | 1      |
| 44134.39        | I            | Vis    | 1      | 48429.47        | I            | Vis    | 1      |
| 44395.39        | I            | Vis    | 1      | 48448.39        | I            | Vis    | 1      |
| 44463.47        | I            | Vis    | 1      | 48482.43        | I            | Vis    | 1      |
| 44499.42        | I            | Vis    | 1      | 48499.44        | I            | Vis    | 1      |
| 44758.51        | I            | Vis    | 1      | 48518.35        | I            | Vis    | 1      |
| 44847.41        | I            | Vis    | 1      | 48722.62        | I            | Vis    | 1      |
| 44883.33        | I            | Vis    | 1      | 48830.42        | I            | Vis    | 1      |
| 44902.24        | I            | Vis    | 1      | 48883.36        | I            | Vis    | 1      |
| 44917.38        | I            | Vis    | 1      | 49212.45        | I            | Vis    | 1      |
| 44919.28        | I            | Vis    | 1      | 49543.43        | I            | Vis    | 1      |
| 45104.60        | I            | Vis    | 1      | 49560.46        | I            | Vis    | 1      |
| 45193.51        | I            | Vis    | 1      | 49632.30        | I            | Vis    | 1      |
| 45212.42        | I            | Vis    | 1      | 49925.46        | I            | Vis    | 1      |
| 45231.34        | I            | Vis    | 1      | 49942.49        | I            | Vis    | 1      |
| 45543.39        | I            | Vis    | 1      | 50014.36        | I            | Vis    | 1      |
| 45577.45        | I            | Vis    | 1      | 50033.28        | I            | Vis    | 1      |
| 45596.35        | I            | Vis    | 1      | 50239.42        | I            | Vis    | 1      |
| 45611.48        | I            | Vis    | 1      | 50290.49        | I            | Vis    | 1      |
| 45613.37        | I            | Vis    | 1      | 50343.43        | I            | Vis    | 1      |
| 45632.28        | I            | Vis    | 1      | 50379.36        | I            | Vis    | 1      |
| 45649.31        | I            | Vis    | 1      | 50530.67        | I            | Vis    | 1      |
| 45908.43        | I            | Vis    | 1      | 50585.52        | I            | Vis    | 1      |
| 45925.43        | I            | Vis    | 1      | 50604.44        | I            | Vis    | 1      |
| 45940.56        | I            | Vis    | 1      | 50638.47        | I            | Vis    | 1      |
| 46033.24        | I            | Vis    | 1      | 50674.40        | I            | CCD    | 1      |
| 46239.38        | I            | Vis    | 1      | 50710.34        | I            | Vis    | 1      |
| 46256.42        | I            | Vis    | 1      | 50727.36        | I            | Vis    | 1      |
| 46271.53        | I            | Vis    | 1      | 50952.42        | I            | CCD    | 1      |
| 46290.44        | I            | Vis    | 1      | 50986.47        | I            | Vis    | 1      |
| 46292.34        | I            | Vis    | 1      | 51275.82        | I            | CCD    | 1      |
| 46326.39        | I            | Vis    | 1      | 51296.62        | I            | Vis    | 1      |
| 46360.42        | I            | Vis    | 1      | 51457.39        | I            | CCD    | 1      |
| 46644.13        | I            | Vis    | 1      | 51459.28        | I            | Vis    | 1      |
| 46672.48        | I            | Vis    | 1      | 52081.51        | I            | Vis    | 1      |
| 46708.41        | I            | Vis    | 1      | 52100.43        | I            | Vis    | 1      |
| 46727.34        | I            | Vis    | 1      | 52117.45        | I            | Vis    | 1      |
| 46914.58        | I            | Vis    | 1      | 52189.31        | I            | CCD    | 1      |
| 46986.43        | I            | Vis    | 1      | 52448.40        | I            | Vis    | 1      |
| 47003.46        | I            | Vis    | 1      | 52628.07        | I            | CCD    | 1      |
| 47037.49        | I            | Vis    | 1      | 52716.97        | I            | CCD    | 1      |
| 47039.39        | I            | Vis    | 1      | 52722.63        | I            | Vis    | 1      |
| 47368.46        | I            | Vis    | 1      | 52847.46        | I            | Vis    | 1      |
| 47387.39        | I            | Vis    | 1      | 53142.50        | I            | Vis    | 1      |

Ek Çizelge 4'ün devamı

| BJD<br>2400000+ | Min.<br>Türü | Yöntem | Kaynak | BJD<br>2400000+ | Min.<br>Türü | Yöntem | Kaynak |
|-----------------|--------------|--------|--------|-----------------|--------------|--------|--------|
| 53199.24        | I            | CCD    | 1      | 55031.88        | I            | CCD    | 2      |
| 53250.30        | I            | CCD    | 1      | 55033.77        | I            | CCD    | 2      |
| 53301.36        | I            | Vis    | 1      | 55035.66        | I            | CCD    | 2      |
| 53303.26        | I            | Vis    | 1      | 55037.55        | I            | CCD    | 2      |
| 53556.69        | I            | CCD    | 1      | 55039.44        | I            | CCD    | 2      |
| 53613.43        | I            | Vis    | 1      | 55041.33        | I            | CCD    | 2      |
| 53645.58        | I            | CCD    | 1      | 55043.22        | I            | CCD    | 2      |
| 54284.82        | I            | CCD    | 1      | 55045.12        | I            | CCD    | 2      |
| 54343.46        | I            | CCD    | 1      | 55047.01        | I            | CCD    | 2      |
| 54381.28        | I            | CCD    | 1      | 55048.90        | I            | CCD    | 2      |
| 54596.88        | I            | CCD    | 1      | 55050.79        | I            | CCD    | 2      |
| 54632.82        | I            | CCD    | 1      | 55052.68        | I            | CCD    | 2      |
| 54744.40        | I            | CCD    | 1      | 55054.57        | I            | CCD    | 2      |
| 54763.32        | I            | CCD    | 1      | 55058.36        | I            | CCD    | 2      |
| 54954.34        | I            | CCD    | 2      | 55060.25        | I            | CCD    | 2      |
| 54956.23        | I            | CCD    | 2      | 55062.14        | I            | CCD    | 2      |
| 54958.12        | I            | CCD    | 2      | 55065.92        | I            | CCD    | 2      |
| 54960.01        | I            | CCD    | 2      | 55067.81        | I            | CCD    | 2      |
| 54961.90        | I            | CCD    | 2      | 55069.70        | I            | CCD    | 2      |
| 54965.68        | I            | CCD    | 2      | 55071.59        | I            | CCD    | 2      |
| 54967.57        | I            | CCD    | 2      | 55073.49        | I            | CCD    | 2      |
| 54969.47        | I            | CCD    | 2      | 55075.38        | I            | CCD    | 2      |
| 54971.36        | I            | CCD    | 2      | 55077.27        | I            | CCD    | 2      |
| 54973.25        | I            | CCD    | 2      | 55079.16        | I            | CCD    | 2      |
| 54975.14        | I            | CCD    | 2      | 55081.05        | I            | CCD    | 2      |
| 54977.03        | I            | CCD    | 2      | 55082.94        | I            | CCD    | 2      |
| 54978.92        | I            | CCD    | 2      | 55084.83        | I            | CCD    | 2      |
| 54980.81        | I            | CCD    | 2      | 55086.72        | I            | CCD    | 2      |
| 54982.70        | I            | CCD    | 2      | 55090.51        | I            | CCD    | 2      |
| 54984.60        | I            | CCD    | 2      | 55094.29        | I            | CCD    | 2      |
| 54986.49        | I            | CCD    | 2      | 55096.18        | I            | CCD    | 2      |
| 54988.38        | I            | CCD    | 2      | 55098.07        | I            | CCD    | 2      |
| 54990.27        | I            | CCD    | 2      | 55099.96        | I            | CCD    | 2      |
| 54992.16        | I            | CCD    | 2      | 55101.85        | I            | CCD    | 2      |
| 54994.05        | I            | CCD    | 2      | 55103.75        | I            | CCD    | 2      |
| 54995.94        | I            | CCD    | 2      | 55105.64        | I            | CCD    | 2      |
| 54997.83        | I            | CCD    | 2      | 55107.53        | I            | CCD    | 2      |
| 55003.51        | I            | CCD    | 2      | 55109.42        | I            | CCD    | 2      |
| 55005.40        | I            | CCD    | 2      | 55111.31        | I            | CCD    | 2      |
| 55007.29        | I            | CCD    | 2      | 55113.20        | I            | CCD    | 2      |
| 55009.18        | I            | CCD    | 2      | 55115.09        | I            | CCD    | 2      |
| 55011.07        | I            | CCD    | 2      | 55116.98        | I            | CCD    | 2      |
| 55012.96        | I            | CCD    | 2      | 55118.88        | I            | CCD    | 2      |
| 55018.64        | I            | CCD    | 2      | 55120.77        | I            | CCD    | 2      |
| 55020.53        | I            | CCD    | 2      | 55122.66        | I            | CCD    | 2      |
| 55022.42        | I            | CCD    | 2      | 55124.55        | I            | CCD    | 2      |
| 55024.31        | I            | CCD    | 2      | 55126.44        | I            | CCD    | 2      |
| 55026.20        | I            | CCD    | 2      | 55128.33        | I            | CCD    | 2      |
| 55028.09        | I            | CCD    | 2      | 55130.22        | I            | CCD    | 2      |
| 55029.99        | I            | CCD    | 2      | 55132.11        | I            | CCD    | 2      |

Ek Çizelge 4'ün devamı

| BJD<br>2400000+ | Min.<br>Türü | Yöntem | Kaynak | BJD<br>2400000+ | Min.<br>Türü | Yöntem | Kaynak |
|-----------------|--------------|--------|--------|-----------------|--------------|--------|--------|
| 55134.01        | I            | CCD    | 2      | 55239.92        | I            | CCD    | 2      |
| 55135.90        | I            | CCD    | 2      | 55241.81        | I            | CCD    | 2      |
| 55137.79        | I            | CCD    | 2      | 55243.70        | I            | CCD    | 2      |
| 55139.68        | I            | CCD    | 2      | 55245.59        | I            | CCD    | 2      |
| 55141.57        | I            | CCD    | 2      | 55247.48        | I            | CCD    | 2      |
| 55143.46        | I            | CCD    | 2      | 55249.37        | I            | CCD    | 2      |
| 55145.35        | I            | CCD    | 2      | 55251.26        | I            | CCD    | 2      |
| 55147.24        | I            | CCD    | 2      | 55253.16        | I            | CCD    | 2      |
| 55149.14        | I            | CCD    | 2      | 55255.05        | I            | CCD    | 2      |
| 55151.03        | I            | CCD    | 2      | 55256.94        | I            | CCD    | 2      |
| 55152.92        | I            | CCD    | 2      | 55258.83        | I            | CCD    | 2      |
| 55156.70        | I            | CCD    | 2      | 55260.72        | I            | CCD    | 2      |
| 55158.59        | I            | CCD    | 2      | 55262.61        | I            | CCD    | 2      |
| 55160.48        | I            | CCD    | 2      | 55264.50        | I            | CCD    | 2      |
| 55162.37        | I            | CCD    | 2      | 55266.39        | I            | CCD    | 2      |
| 55164.27        | I            | CCD    | 2      | 55268.29        | I            | CCD    | 2      |
| 55166.16        | I            | CCD    | 2      | 55270.18        | I            | CCD    | 2      |
| 55168.05        | I            | CCD    | 2      | 55272.07        | I            | CCD    | 2      |
| 55169.94        | I            | CCD    | 2      | 55273.96        | I            | CCD    | 2      |
| 55171.83        | I            | CCD    | 2      | 55277.74        | I            | CCD    | 2      |
| 55173.72        | I            | CCD    | 2      | 55279.63        | I            | CCD    | 2      |
| 55175.61        | I            | CCD    | 2      | 55281.52        | I            | CCD    | 2      |
| 55177.51        | I            | CCD    | 2      | 55283.42        | I            | CCD    | 2      |
| 55179.40        | I            | CCD    | 2      | 55285.31        | I            | CCD    | 2      |
| 55181.29        | I            | CCD    | 2      | 55287.20        | I            | CCD    | 2      |
| 55186.96        | I            | CCD    | 2      | 55289.09        | I            | CCD    | 2      |
| 55188.85        | I            | CCD    | 2      | 55290.98        | I            | CCD    | 2      |
| 55190.74        | I            | CCD    | 2      | 55292.87        | I            | CCD    | 2      |
| 55192.64        | I            | CCD    | 2      | 55294.76        | I            | CCD    | 2      |
| 55194.53        | I            | CCD    | 2      | 55296.65        | I            | CCD    | 2      |
| 55196.42        | I            | CCD    | 2      | 55298.55        | I            | CCD    | 2      |
| 55198.31        | I            | CCD    | 2      | 55300.44        | I            | CCD    | 2      |
| 55200.20        | I            | CCD    | 2      | 55302.33        | I            | CCD    | 2      |
| 55202.09        | I            | CCD    | 2      | 55304.22        | I            | CCD    | 2      |
| 55203.98        | I            | CCD    | 2      | 55306.11        | I            | CCD    | 2      |
| 55205.87        | I            | CCD    | 2      | 55309.89        | I            | CCD    | 2      |
| 55207.77        | I            | CCD    | 2      | 55311.79        | I            | CCD    | 2      |
| 55209.66        | I            | CCD    | 2      | 55313.68        | I            | CCD    | 2      |
| 55211.55        | I            | CCD    | 2      | 55315.57        | I            | CCD    | 2      |
| 55213.44        | I            | CCD    | 2      | 55317.46        | I            | CCD    | 2      |
| 55215.33        | I            | CCD    | 2      | 55319.35        | I            | CCD    | 2      |
| 55219.11        | I            | CCD    | 2      | 55321.24        | I            | CCD    | 2      |
| 55221.00        | I            | CCD    | 2      | 55323.13        | I            | CCD    | 2      |
| 55222.90        | I            | CCD    | 2      | 55325.02        | I            | CCD    | 2      |
| 55224.79        | I            | CCD    | 2      | 55326.92        | I            | CCD    | 2      |
| 55226.68        | I            | CCD    | 2      | 55328.81        | I            | CCD    | 2      |
| 55228.57        | I            | CCD    | 2      | 55330.70        | I            | CCD    | 2      |
| 55234.24        | I            | CCD    | 2      | 55332.59        | I            | CCD    | 2      |
| 55236.13        | I            | CCD    | 2      | 55334.48        | I            | CCD    | 2      |
| 55238.03        | I            | CCD    | 2      | 55336.37        | I            | CCD    | 2      |

Ek Çizelge 4'ün devamı

| BJD<br>2400000+ | Min.<br>Türü | Yöntem | Kaynak | BJD<br>2400000+ | Min.<br>Türü | Yöntem | Kaynak |
|-----------------|--------------|--------|--------|-----------------|--------------|--------|--------|
| 55338.26        | I            | CCD    | 2      | 55434.72        | I            | CCD    | 2      |
| 55340.15        | I            | CCD    | 2      | 55436.61        | I            | CCD    | 2      |
| 55342.05        | I            | CCD    | 2      | 55438.50        | I            | CCD    | 2      |
| 55343.94        | I            | CCD    | 2      | 55440.39        | I            | CCD    | 2      |
| 55345.83        | I            | CCD    | 2      | 55442.28        | I            | CCD    | 2      |
| 55347.72        | I            | CCD    | 2      | 55444.17        | I            | CCD    | 2      |
| 55349.61        | I            | CCD    | 2      | 55446.07        | I            | CCD    | 2      |
| 55351.50        | I            | CCD    | 2      | 55447.96        | I            | CCD    | 2      |
| 55353.39        | I            | CCD    | 2      | 55449.85        | I            | CCD    | 2      |
| 55355.28        | I            | CCD    | 2      | 55451.74        | I            | CCD    | 2      |
| 55357.18        | I            | CCD    | 2      | 55453.63        | I            | CCD    | 2      |
| 55359.07        | I            | CCD    | 2      | 55455.52        | I            | CCD    | 2      |
| 55360.96        | I            | CCD    | 2      | 55457.41        | I            | CCD    | 2      |
| 55362.85        | I            | CCD    | 2      | 55459.30        | I            | CCD    | 2      |
| 55364.74        | I            | CCD    | 2      | 55461.20        | I            | CCD    | 2      |
| 55366.63        | I            | CCD    | 2      | 55464.98        | I            | CCD    | 2      |
| 55368.52        | I            | CCD    | 2      | 55466.87        | I            | CCD    | 2      |
| 55370.41        | I            | CCD    | 2      | 55468.76        | I            | CCD    | 2      |
| 55374.20        | I            | CCD    | 2      | 55470.65        | I            | CCD    | 2      |
| 55376.09        | I            | CCD    | 2      | 55472.54        | I            | CCD    | 2      |
| 55377.98        | I            | CCD    | 2      | 55474.43        | I            | CCD    | 2      |
| 55379.87        | I            | CCD    | 2      | 55476.33        | I            | CCD    | 2      |
| 55381.76        | I            | CCD    | 2      | 55478.22        | I            | CCD    | 2      |
| 55383.65        | I            | CCD    | 2      | 55480.11        | I            | CCD    | 2      |
| 55385.54        | I            | CCD    | 2      | 55482.00        | I            | CCD    | 2      |
| 55387.44        | I            | CCD    | 2      | 55483.89        | I            | CCD    | 2      |
| 55389.33        | I            | CCD    | 2      | 55485.78        | I            | CCD    | 2      |
| 55391.22        | I            | CCD    | 2      | 55487.67        | I            | CCD    | 2      |
| 55393.11        | I            | CCD    | 2      | 55489.56        | I            | CCD    | 2      |
| 55395.00        | I            | CCD    | 2      | 55491.46        | I            | CCD    | 2      |
| 55396.89        | I            | CCD    | 2      | 55495.24        | I            | CCD    | 2      |
| 55398.78        | I            | CCD    | 2      | 55497.13        | I            | CCD    | 2      |
| 55400.68        | I            | CCD    | 2      | 55499.02        | I            | CCD    | 2      |
| 55402.57        | I            | CCD    | 2      | 55500.91        | I            | CCD    | 2      |
| 55404.46        | I            | CCD    | 2      | 55502.80        | I            | CCD    | 2      |
| 55406.35        | I            | CCD    | 2      | 55504.69        | I            | CCD    | 2      |
| 55408.24        | I            | CCD    | 2      | 55506.59        | I            | CCD    | 2      |
| 55410.13        | I            | CCD    | 2      | 55508.48        | I            | CCD    | 2      |
| 55412.02        | I            | CCD    | 2      | 55510.37        | I            | CCD    | 2      |
| 55413.91        | I            | CCD    | 2      | 55512.26        | I            | CCD    | 2      |
| 55415.80        | I            | CCD    | 2      | 55514.15        | I            | CCD    | 2      |
| 55417.70        | I            | CCD    | 2      | 55516.04        | I            | CCD    | 2      |
| 55419.59        | I            | CCD    | 2      | 55517.93        | I            | CCD    | 2      |
| 55421.48        | I            | CCD    | 2      | 55519.83        | I            | CCD    | 2      |
| 55423.37        | I            | CCD    | 2      | 55521.72        | I            | CCD    | 2      |
| 55425.26        | I            | CCD    | 2      | 55525.50        | I            | CCD    | 2      |
| 55427.15        | I            | CCD    | 2      | 55527.39        | I            | CCD    | 2      |
| 55429.04        | I            | CCD    | 2      | 55529.28        | I            | CCD    | 2      |
| 55430.93        | I            | CCD    | 2      | 55531.17        | I            | CCD    | 2      |
| 55432.83        | I            | CCD    | 2      | 55533.06        | I            | CCD    | 2      |

Ek Çizelge 4'ün devamı

| BJD<br>2400000+ | Min.<br>Türü | Yöntem | Kaynak | BJD<br>2400000+ | Min.<br>Türü | Yöntem | Kaynak |
|-----------------|--------------|--------|--------|-----------------|--------------|--------|--------|
| 55534.95        | I            | CCD    | 2      | 55654.11        | I            | CCD    | 2      |
| 55536.85        | I            | CCD    | 2      | 55656.00        | I            | CCD    | 2      |
| 55538.74        | I            | CCD    | 2      | 55657.89        | I            | CCD    | 2      |
| 55540.63        | I            | CCD    | 2      | 55659.78        | I            | CCD    | 2      |
| 55542.52        | I            | CCD    | 2      | 55661.67        | I            | CCD    | 2      |
| 55546.30        | I            | CCD    | 2      | 55663.56        | I            | CCD    | 2      |
| 55548.19        | I            | CCD    | 2      | 55665.45        | I            | CCD    | 2      |
| 55550.09        | I            | CCD    | 2      | 55667.34        | I            | CCD    | 2      |
| 55551.98        | I            | CCD    | 2      | 55669.24        | I            | CCD    | 2      |
| 55569.00        | I            | CCD    | 2      | 55671.13        | I            | CCD    | 2      |
| 55570.89        | I            | CCD    | 2      | 55673.02        | I            | CCD    | 2      |
| 55572.78        | I            | CCD    | 2      | 55674.91        | I            | CCD    | 2      |
| 55574.67        | I            | CCD    | 2      | 55676.80        | I            | CCD    | 2      |
| 55576.56        | I            | CCD    | 2      | 55678.69        | I            | CCD    | 2      |
| 55578.45        | I            | CCD    | 2      | 55680.58        | I            | CCD    | 2      |
| 55580.35        | I            | CCD    | 2      | 55682.47        | I            | CCD    | 2      |
| 55582.24        | I            | CCD    | 2      | 55684.37        | I            | CCD    | 2      |
| 55584.13        | I            | CCD    | 2      | 55686.26        | I            | CCD    | 2      |
| 55586.02        | I            | CCD    | 2      | 55688.15        | I            | CCD    | 2      |
| 55587.91        | I            | CCD    | 2      | 55690.04        | I            | CCD    | 2      |
| 55589.80        | I            | CCD    | 2      | 55691.93        | I            | CCD    | 2      |
| 55591.69        | I            | CCD    | 2      | 55693.82        | I            | CCD    | 2      |
| 55593.58        | I            | CCD    | 2      | 55695.71        | I            | CCD    | 2      |
| 55597.37        | I            | CCD    | 2      | 55697.60        | I            | CCD    | 2      |
| 55599.26        | I            | CCD    | 2      | 55699.50        | I            | CCD    | 2      |
| 55601.15        | I            | CCD    | 2      | 55701.39        | I            | CCD    | 2      |
| 55603.04        | I            | CCD    | 2      | 55703.28        | I            | CCD    | 2      |
| 55604.93        | I            | CCD    | 2      | 55705.17        | I            | CCD    | 2      |
| 55606.82        | I            | CCD    | 2      | 55708.95        | I            | CCD    | 2      |
| 55608.71        | I            | CCD    | 2      | 55710.84        | I            | CCD    | 2      |
| 55610.61        | I            | CCD    | 2      | 55712.73        | I            | CCD    | 2      |
| 55612.50        | I            | CCD    | 2      | 55714.63        | I            | CCD    | 2      |
| 55614.39        | I            | CCD    | 2      | 55716.52        | I            | CCD    | 2      |
| 55616.28        | I            | CCD    | 2      | 55718.41        | I            | CCD    | 2      |
| 55618.17        | I            | CCD    | 2      | 55720.30        | I            | CCD    | 2      |
| 55620.06        | I            | CCD    | 2      | 55722.19        | I            | CCD    | 2      |
| 55621.95        | I            | CCD    | 2      | 55724.08        | I            | CCD    | 2      |
| 55623.85        | I            | CCD    | 2      | 55725.97        | I            | CCD    | 2      |
| 55625.74        | I            | CCD    | 2      | 55727.86        | I            | CCD    | 2      |
| 55627.63        | I            | CCD    | 2      | 55729.76        | I            | CCD    | 2      |
| 55629.52        | I            | CCD    | 2      | 55731.65        | I            | CCD    | 2      |
| 55631.41        | I            | CCD    | 2      | 55733.54        | I            | CCD    | 2      |
| 55633.30        | I            | CCD    | 2      | 55735.43        | I            | CCD    | 2      |
| 55635.19        | I            | CCD    | 2      | 55737.32        | I            | CCD    | 2      |
| 55642.76        | I            | CCD    | 2      | 55741.10        | I            | CCD    | 2      |
| 55644.65        | I            | CCD    | 2      | 55743.00        | I            | CCD    | 2      |
| 55646.54        | I            | CCD    | 2      | 55744.89        | I            | CCD    | 2      |
| 55648.43        | I            | CCD    | 2      | 55746.78        | I            | CCD    | 2      |
| 55650.32        | I            | CCD    | 2      | 55748.67        | I            | CCD    | 2      |
| 55652.21        | I            | CCD    | 2      | 55750.56        | I            | CCD    | 2      |

Ek Çizelge 4'ün devamı

| BJD<br>2400000+ | Min.<br>Türü | Yöntem | Kaynak | BJD<br>2400000+ | Min.<br>Türü | Yöntem | Kaynak |
|-----------------|--------------|--------|--------|-----------------|--------------|--------|--------|
| 55752.45        | I            | CCD    | 2      | 55848.91        | I            | CCD    | 2      |
| 55754.34        | I            | CCD    | 2      | 55850.80        | I            | CCD    | 2      |
| 55756.23        | I            | CCD    | 2      | 55852.69        | I            | CCD    | 2      |
| 55758.13        | I            | CCD    | 2      | 55854.58        | I            | CCD    | 2      |
| 55760.02        | I            | CCD    | 2      | 55856.47        | I            | CCD    | 2      |
| 55761.91        | I            | CCD    | 2      | 55858.36        | I            | CCD    | 2      |
| 55763.80        | I            | CCD    | 2      | 55860.25        | I            | CCD    | 2      |
| 55765.69        | I            | CCD    | 2      | 55862.15        | I            | CCD    | 2      |
| 55767.58        | I            | CCD    | 2      | 55864.04        | I            | CCD    | 2      |
| 55769.47        | I            | CCD    | 2      | 55867.82        | I            | CCD    | 2      |
| 55771.36        | I            | CCD    | 2      | 55869.71        | I            | CCD    | 2      |
| 55773.26        | I            | CCD    | 2      | 55871.60        | I            | CCD    | 2      |
| 55775.15        | I            | CCD    | 2      | 55873.49        | I            | CCD    | 2      |
| 55777.04        | I            | CCD    | 2      | 55875.38        | I            | CCD    | 2      |
| 55778.93        | I            | CCD    | 2      | 55877.28        | I            | CCD    | 2      |
| 55780.82        | I            | CCD    | 2      | 55879.17        | I            | CCD    | 2      |
| 55782.71        | I            | CCD    | 2      | 55881.06        | I            | CCD    | 2      |
| 55784.60        | I            | CCD    | 2      | 55882.95        | I            | CCD    | 2      |
| 55786.49        | I            | CCD    | 2      | 55884.84        | I            | CCD    | 2      |
| 55788.39        | I            | CCD    | 2      | 55886.73        | I            | CCD    | 2      |
| 55790.28        | I            | CCD    | 2      | 55888.62        | I            | CCD    | 2      |
| 55792.17        | I            | CCD    | 2      | 55890.51        | I            | CCD    | 2      |
| 55794.06        | I            | CCD    | 2      | 55892.41        | I            | CCD    | 2      |
| 55795.95        | I            | CCD    | 2      | 55894.30        | I            | CCD    | 2      |
| 55797.84        | I            | CCD    | 2      | 55898.08        | I            | CCD    | 2      |
| 55799.73        | I            | CCD    | 2      | 55899.97        | I            | CCD    | 2      |
| 55801.62        | I            | CCD    | 2      | 55901.86        | I            | CCD    | 2      |
| 55803.52        | I            | CCD    | 2      | 55905.64        | I            | CCD    | 2      |
| 55805.41        | I            | CCD    | 2      | 55907.54        | I            | CCD    | 2      |
| 55807.30        | I            | CCD    | 2      | 55909.43        | I            | CCD    | 2      |
| 55809.19        | I            | CCD    | 2      | 55911.32        | I            | CCD    | 2      |
| 55811.08        | I            | CCD    | 2      | 55913.21        | I            | CCD    | 2      |
| 55812.97        | I            | CCD    | 2      | 55915.10        | I            | CCD    | 2      |
| 55814.86        | I            | CCD    | 2      | 55916.99        | I            | CCD    | 2      |
| 55816.75        | I            | CCD    | 2      | 55918.88        | I            | CCD    | 2      |
| 55818.65        | I            | CCD    | 2      | 56134.49        | I            | CCD    | 2      |
| 55820.54        | I            | CCD    | 2      | 56136.38        | I            | CCD    | 2      |
| 55822.43        | I            | CCD    | 2      | 56140.16        | I            | CCD    | 2      |
| 55824.32        | I            | CCD    | 2      | 56142.05        | I            | CCD    | 2      |
| 55826.21        | I            | CCD    | 2      | 56143.94        | I            | CCD    | 2      |
| 55828.10        | I            | CCD    | 2      | 56145.84        | I            | CCD    | 2      |
| 55829.99        | I            | CCD    | 2      | 56147.73        | I            | CCD    | 2      |
| 55831.89        | I            | CCD    | 2      | 56149.62        | I            | CCD    | 2      |
| 55835.67        | I            | CCD    | 2      | 56151.51        | I            | CCD    | 2      |
| 55837.56        | I            | CCD    | 2      | 56153.40        | I            | CCD    | 2      |
| 55839.45        | I            | CCD    | 2      | 56155.29        | I            | CCD    | 2      |
| 55841.34        | I            | CCD    | 2      | 56157.18        | I            | CCD    | 2      |
| 55843.23        | I            | CCD    | 2      | 56159.07        | I            | CCD    | 2      |
| 55845.12        | I            | CCD    | 2      | 56160.97        | I            | CCD    | 2      |
| 55847.02        | I            | CCD    | 2      | 56162.86        | I            | CCD    | 2      |

Ek Çizelge 4'ün devamı

| BJD<br>2400000+ | Min.<br>Türü | Yöntem | Kaynak | BJD<br>2400000+ | Min.<br>Türü | Yöntem | Kaynak |
|-----------------|--------------|--------|--------|-----------------|--------------|--------|--------|
| 56164.75        | I            | CCD    | 2      | 56270.66        | I            | CCD    | 2      |
| 56166.64        | I            | CCD    | 2      | 56272.55        | I            | CCD    | 2      |
| 56168.53        | I            | CCD    | 2      | 56274.44        | I            | CCD    | 2      |
| 56170.42        | I            | CCD    | 2      | 56276.33        | I            | CCD    | 2      |
| 56172.31        | I            | CCD    | 2      | 56278.22        | I            | CCD    | 2      |
| 56174.20        | I            | CCD    | 2      | 56280.11        | I            | CCD    | 2      |
| 56176.10        | I            | CCD    | 2      | 56282.01        | I            | CCD    | 2      |
| 56177.99        | I            | CCD    | 2      | 56283.90        | I            | CCD    | 2      |
| 56179.88        | I            | CCD    | 2      | 56285.79        | I            | CCD    | 2      |
| 56181.77        | I            | CCD    | 2      | 56287.68        | I            | CCD    | 2      |
| 56183.66        | I            | CCD    | 2      | 56289.57        | I            | CCD    | 2      |
| 56185.55        | I            | CCD    | 2      | 56291.46        | I            | CCD    | 2      |
| 56187.44        | I            | CCD    | 2      | 56293.35        | I            | CCD    | 2      |
| 56189.33        | I            | CCD    | 2      | 56295.24        | I            | CCD    | 2      |
| 56191.23        | I            | CCD    | 2      | 56297.14        | I            | CCD    | 2      |
| 56193.12        | I            | CCD    | 2      | 56299.03        | I            | CCD    | 2      |
| 56195.01        | I            | CCD    | 2      | 56300.92        | I            | CCD    | 2      |
| 56196.90        | I            | CCD    | 2      | 56302.81        | I            | CCD    | 2      |
| 56198.79        | I            | CCD    | 2      | 56306.59        | I            | CCD    | 2      |
| 56200.68        | I            | CCD    | 2      | 56308.48        | I            | CCD    | 2      |
| 56202.57        | I            | CCD    | 2      | 56323.61        | I            | CCD    | 2      |
| 56208.25        | I            | CCD    | 2      | 56325.50        | I            | CCD    | 2      |
| 56210.14        | I            | CCD    | 2      | 56327.40        | I            | CCD    | 2      |
| 56212.03        | I            | CCD    | 2      | 56329.29        | I            | CCD    | 2      |
| 56213.92        | I            | CCD    | 2      | 56331.18        | I            | CCD    | 2      |
| 56215.81        | I            | CCD    | 2      | 56333.07        | I            | CCD    | 2      |
| 56217.70        | I            | CCD    | 2      | 56334.96        | I            | CCD    | 2      |
| 56219.59        | I            | CCD    | 2      | 56336.85        | I            | CCD    | 2      |
| 56221.49        | I            | CCD    | 2      | 56338.74        | I            | CCD    | 2      |
| 56223.38        | I            | CCD    | 2      | 56340.63        | I            | CCD    | 2      |
| 56225.27        | I            | CCD    | 2      | 56342.53        | I            | CCD    | 2      |
| 56227.16        | I            | CCD    | 2      | 56344.42        | I            | CCD    | 2      |
| 56229.05        | I            | CCD    | 2      | 56346.31        | I            | CCD    | 2      |
| 56230.94        | I            | CCD    | 2      | 56348.20        | I            | CCD    | 2      |
| 56232.83        | I            | CCD    | 2      | 56350.09        | I            | CCD    | 2      |
| 56234.72        | I            | CCD    | 2      | 56351.98        | I            | CCD    | 2      |
| 56236.62        | I            | CCD    | 2      | 56353.87        | I            | CCD    | 2      |
| 56238.51        | I            | CCD    | 2      | 56355.76        | I            | CCD    | 2      |
| 56240.40        | I            | CCD    | 2      | 56357.66        | I            | CCD    | 2      |
| 56242.29        | I            | CCD    | 2      | 56359.55        | I            | CCD    | 2      |
| 56244.18        | I            | CCD    | 2      | 56361.44        | I            | CCD    | 2      |
| 56251.75        | I            | CCD    | 2      | 56363.33        | I            | CCD    | 2      |
| 56253.64        | I            | CCD    | 2      | 56365.22        | I            | CCD    | 2      |
| 56255.53        | I            | CCD    | 2      | 56367.11        | I            | CCD    | 2      |
| 56257.42        | I            | CCD    | 2      | 56369.00        | I            | CCD    | 2      |
| 56259.31        | I            | CCD    | 2      | 56370.89        | I            | CCD    | 2      |
| 56261.20        | I            | CCD    | 2      | 56372.79        | I            | CCD    | 2      |
| 56263.09        | I            | CCD    | 2      | 56374.68        | I            | CCD    | 2      |
| 56264.98        | I            | CCD    | 2      | 56376.57        | I            | CCD    | 2      |
| 56266.88        | I            | CCD    | 2      | 56378.46        | I            | CCD    | 2      |

**Ek Çizelge 4'ün devamı**

| <b>BJD<br/>2400000+</b> | <b>Min.<br/>Türü</b> | <b>Yöntem</b> | <b>Kaynak</b> | <b>BJD<br/>2400000+</b> | <b>Min.<br/>Türü</b> | <b>Yöntem</b> | <b>Kaynak</b> |
|-------------------------|----------------------|---------------|---------------|-------------------------|----------------------|---------------|---------------|
| 56380.35                | I                    | CCD           | 2             |                         |                      |               |               |
| 56382.24                | I                    | CCD           | 2             |                         |                      |               |               |
| 56384.13                | I                    | CCD           | 2             |                         |                      |               |               |
| 56386.02                | I                    | CCD           | 2             |                         |                      |               |               |
| 56387.92                | I                    | CCD           | 2             |                         |                      |               |               |
| 56389.81                | I                    | CCD           | 2             |                         |                      |               |               |
| 56393.59                | I                    | CCD           | 2             |                         |                      |               |               |
| 56395.48                | I                    | CCD           | 2             |                         |                      |               |               |
| 56397.37                | I                    | CCD           | 2             |                         |                      |               |               |
| 56399.26                | I                    | CCD           | 2             |                         |                      |               |               |
| 56401.15                | I                    | CCD           | 2             |                         |                      |               |               |
| 56403.05                | I                    | CCD           | 2             |                         |                      |               |               |
| 56404.94                | I                    | CCD           | 2             |                         |                      |               |               |
| 56406.83                | I                    | CCD           | 2             |                         |                      |               |               |

**Kaynaklar**

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

**Ek Çizelge 5.** LT Her sisteminin minimum zamanları

| <b>BJD<br/>2400000+</b> | <b>Min.<br/>Türü</b> | <b>Yöntem</b> | <b>Kaynak</b> | <b>BJD<br/>2400000+</b> | <b>Min.<br/>Türü</b> | <b>Yöntem</b> | <b>Kaynak</b> |
|-------------------------|----------------------|---------------|---------------|-------------------------|----------------------|---------------|---------------|
| 30893.21                | I                    | Vis           | 1             | 52426.51                | I                    | CCD           | 1             |
| 30919.23                | I                    | CCD           | 1             | 53408.63                | I                    | CCD           | 1             |
| 30946.33                | I                    | Vis           | 1             | 53589.67                | I                    | CCD           | 2             |
| 30971.26                | I                    | Vis           | 1             | 53774.49                | II                   | CCD           | 1             |
| 30996.20                | I                    | Vis           | 1             | 53775.04                | I                    | CCD           | 1             |
| 31021.12                | I                    | Vis           | 1             | 54218.41                | I                    | CCD           | 1             |
| 31216.26                | I                    | Vis           | 1             | 54235.75                | I                    | CCD           | 2             |
| 31242.26                | I                    | CCD           | 1             | 54244.42                | I                    | CCD           | 1             |
| 31256.35                | I                    | Vis           | 1             | 54261.77                | I                    | CCD           | 2             |
| 41864.74                | I                    | Pe            | 1             | 54296.45                | I                    | CCD           | 1             |
| 47266.50                | I                    | CCD           | 1             | 54555.54                | I                    | CCD           | 1             |
| 47653.51                | I                    | CCD           | 1             | 54596.73                | I                    | CCD           | 2             |
| 48014.50                | I                    | CCD           | 1             | 54941.46                | I                    | CCD           | 1             |
| 48762.47                | I                    | CCD           | 1             | 54945.79                | I                    | CCD           | 1             |
| 49060.58                | I                    | CCD           | 1             | 55340.39                | I                    | CCD           | 1             |
| 49472.51                | I                    | CCD           | 1             | 55345.81                | I                    | CCD           | 1             |
| 49859.52                | I                    | CCD           | 1             | 55353.40                | I                    | CCD           | 1             |
| 51275.26                | I                    | CCD           | 1             | 55707.88                | I                    | CCD           | 1             |
| 51287.73                | II                   | CCD           | 1             | 55752.32                | I                    | CCD           | 1             |
| 51308.87                | I                    | CCD           | 1             | 55778.35                | I                    | CCD           | 1             |
| 51386.91                | I                    | CCD           | 1             | 56050.43                | I                    | CCD           | 1             |
| 51703.46                | I                    | CCD           | 1             | 56070.48                | II                   | CCD           | 1             |

#### **Kaynaklar**

1. Paschke A., Brat L., 2006. O-C Gateway, a Collection of Minima Timings. *Open European Journal on Variable Stars*, 23: 13.
2. Samolyk G., 2009. Recent Minima of 144 Eclipsing Binary Stars. *The Journal of the American Association of Variable Star Observers*, 39 (1): 94.

**Ek Çizelge 6.** V995 Cyg sisteminin minimum zamanları

| <b>BJD<br/>2400000+</b> | <b>Min.<br/>Türü</b> | <b>Yöntem</b> | <b>Kaynak</b> | <b>BJD<br/>2400000+</b> | <b>Min.<br/>Türü</b> | <b>Yöntem</b> | <b>Kaynak</b> |
|-------------------------|----------------------|---------------|---------------|-------------------------|----------------------|---------------|---------------|
| 25591.22                | I                    | Pg            | 1             | 55026.98                | I                    | CCD           | 2             |
| 26352.23                | I                    | Pg            | 1             | 55030.54                | I                    | CCD           | 2             |
| 26928.37                | I                    | Pg            | 1             | 55034.10                | I                    | CCD           | 2             |
| 26985.27                | I                    | Pg            | 1             | 55037.65                | I                    | CCD           | 2             |
| 27625.41                | I                    | Pg            | 1             | 55041.21                | I                    | CCD           | 2             |
| 36761.46                | I                    | Pg            | 1             | 55044.76                | I                    | CCD           | 2             |
| 36786.43                | I                    | Pg            | 1             | 55048.32                | I                    | CCD           | 2             |
| 36811.39                | I                    | Pg            | 1             | 55051.88                | I                    | CCD           | 2             |
| 36818.41                | I                    | Pg            | 1             | 55055.43                | I                    | CCD           | 2             |
| 36843.29                | I                    | Pg            | 1             | 55058.99                | I                    | CCD           | 2             |
| 37188.32                | I                    | Pg            | 1             | 55062.55                | I                    | CCD           | 2             |
| 37202.44                | I                    | Pg            | 1             | 55066.10                | I                    | CCD           | 2             |
| 37579.39                | I                    | Pg            | 1             | 55069.66                | I                    | CCD           | 2             |
| 37956.33                | I                    | Pg            | 1             | 55073.22                | I                    | CCD           | 2             |
| 38557.44                | I                    | Pg            | 1             | 55076.77                | I                    | CCD           | 2             |
| 39055.26                | I                    | Pg            | 1             | 55080.33                | I                    | CCD           | 2             |
| 45200.48                | I                    | Vis           | 1             | 55083.89                | I                    | CCD           | 2             |
| 48013.53                | I                    | Vis           | 1             | 55087.44                | I                    | CCD           | 2             |
| 49930.50                | I                    | CCD           | 1             | 55091.00                | I                    | CCD           | 2             |
| 50282.59                | I                    | Vis           | 1             | 55094.56                | I                    | CCD           | 2             |
| 50300.41                | I                    | Vis           | 1             | 55098.11                | I                    | CCD           | 2             |
| 50364.38                | I                    | Vis           | 1             | 55101.67                | I                    | CCD           | 2             |
| 51036.58                | I                    | CCD           | 1             | 55105.23                | I                    | CCD           | 2             |
| 51420.72                | I                    | CCD           | 1             | 55108.78                | I                    | CCD           | 2             |
| 51751.43                | I                    | CCD           | 1             | 55112.34                | I                    | CCD           | 2             |
| 52448.50                | I                    | CCD           | 1             | 55115.90                | I                    | CCD           | 2             |
| 53145.57                | I                    | CCD           | 1             | 55119.45                | I                    | CCD           | 2             |
| 53636.37                | I                    | CCD           | 1             | 55123.01                | I                    | CCD           | 2             |
| 53867.55                | I                    | CCD           | 1             | 55126.56                | I                    | CCD           | 2             |
| 54020.48                | I                    | CCD           | 1             | 55130.12                | I                    | CCD           | 2             |
| 54365.46                | I                    | CCD           | 1             | 55133.68                | I                    | CCD           | 2             |
| 54390.36                | I                    | CCD           | 1             | 55137.23                | I                    | CCD           | 2             |
| 54678.44                | I                    | CCD           | 1             | 55140.79                | I                    | CCD           | 2             |
| 54955.85                | I                    | CCD           | 2             | 55144.35                | I                    | CCD           | 2             |
| 54959.41                | I                    | CCD           | 2             | 55147.90                | I                    | CCD           | 2             |
| 54962.96                | I                    | CCD           | 2             | 55151.46                | I                    | CCD           | 2             |
| 54966.52                | I                    | CCD           | 2             | 55158.57                | I                    | CCD           | 2             |
| 54970.08                | I                    | CCD           | 2             | 55162.13                | I                    | CCD           | 2             |
| 54973.63                | I                    | CCD           | 2             | 55165.69                | I                    | CCD           | 2             |
| 54977.19                | I                    | CCD           | 2             | 55169.24                | I                    | CCD           | 2             |
| 54980.75                | I                    | CCD           | 2             | 55172.80                | I                    | CCD           | 2             |
| 54984.30                | I                    | CCD           | 2             | 55179.91                | I                    | CCD           | 2             |
| 54987.86                | I                    | CCD           | 2             | 55187.03                | I                    | CCD           | 2             |
| 54991.42                | I                    | CCD           | 2             | 55190.58                | I                    | CCD           | 2             |
| 54994.97                | I                    | CCD           | 2             | 55194.14                | I                    | CCD           | 2             |
| 55005.64                | I                    | CCD           | 2             | 55197.70                | I                    | CCD           | 2             |
| 55009.20                | I                    | CCD           | 2             | 55201.25                | I                    | CCD           | 2             |
| 55012.76                | I                    | CCD           | 2             | 55204.81                | I                    | CCD           | 2             |
| 55019.87                | I                    | CCD           | 2             | 55208.36                | I                    | CCD           | 2             |
| 55023.43                | I                    | CCD           | 2             | 55211.92                | I                    | CCD           | 2             |

Ek Çizelge 6'nın devamı

| BJD<br>2400000+ | Min.<br>Türü | Yöntem | Kaynak | BJD<br>2400000+ | Min.<br>Türü | Yöntem | Kaynak |
|-----------------|--------------|--------|--------|-----------------|--------------|--------|--------|
| 55215.48        | I            | CCD    | 2      | 55411.09        | I            | CCD    | 2      |
| 55219.03        | I            | CCD    | 2      | 55414.64        | I            | CCD    | 2      |
| 55222.59        | I            | CCD    | 2      | 55418.20        | I            | CCD    | 2      |
| 55226.15        | I            | CCD    | 2      | 55421.76        | I            | CCD    | 2      |
| 55229.70        | I            | CCD    | 2      | 55425.31        | I            | CCD    | 2      |
| 55236.82        | I            | CCD    | 2      | 55428.87        | I            | CCD    | 2      |
| 55240.37        | I            | CCD    | 2      | 55432.43        | I            | CCD    | 2      |
| 55243.93        | I            | CCD    | 2      | 55435.98        | I            | CCD    | 2      |
| 55247.49        | I            | CCD    | 2      | 55439.54        | I            | CCD    | 2      |
| 55251.04        | I            | CCD    | 2      | 55443.09        | I            | CCD    | 2      |
| 55254.60        | I            | CCD    | 2      | 55446.65        | I            | CCD    | 2      |
| 55258.16        | I            | CCD    | 2      | 55450.21        | I            | CCD    | 2      |
| 55261.71        | I            | CCD    | 2      | 55453.76        | I            | CCD    | 2      |
| 55265.27        | I            | CCD    | 2      | 55457.32        | I            | CCD    | 2      |
| 55268.83        | I            | CCD    | 2      | 55460.88        | I            | CCD    | 2      |
| 55272.38        | I            | CCD    | 2      | 55464.43        | I            | CCD    | 2      |
| 55279.50        | I            | CCD    | 2      | 55571.13        | I            | CCD    | 2      |
| 55283.05        | I            | CCD    | 2      | 55574.69        | I            | CCD    | 2      |
| 55286.61        | I            | CCD    | 2      | 55578.24        | I            | CCD    | 2      |
| 55290.16        | I            | CCD    | 2      | 55581.80        | I            | CCD    | 2      |
| 55293.72        | I            | CCD    | 2      | 55585.36        | I            | CCD    | 2      |
| 55297.28        | I            | CCD    | 2      | 55588.91        | I            | CCD    | 2      |
| 55300.83        | I            | CCD    | 2      | 55592.47        | I            | CCD    | 2      |
| 55304.39        | I            | CCD    | 2      | 55599.58        | I            | CCD    | 2      |
| 55311.50        | I            | CCD    | 2      | 55603.14        | I            | CCD    | 2      |
| 55315.06        | I            | CCD    | 2      | 55606.69        | I            | CCD    | 2      |
| 55318.62        | I            | CCD    | 2      | 55610.25        | I            | CCD    | 2      |
| 55322.17        | I            | CCD    | 2      | 55613.81        | I            | CCD    | 2      |
| 55325.73        | I            | CCD    | 2      | 55617.36        | I            | CCD    | 2      |
| 55329.29        | I            | CCD    | 2      | 55620.92        | I            | CCD    | 2      |
| 55332.84        | I            | CCD    | 2      | 55624.48        | I            | CCD    | 2      |
| 55336.40        | I            | CCD    | 2      | 55628.03        | I            | CCD    | 2      |
| 55339.96        | I            | CCD    | 2      | 55631.59        | I            | CCD    | 2      |
| 55343.51        | I            | CCD    | 2      | 55635.15        | I            | CCD    | 2      |
| 55347.07        | I            | CCD    | 2      | 55642.26        | I            | CCD    | 2      |
| 55350.63        | I            | CCD    | 2      | 55645.82        | I            | CCD    | 2      |
| 55354.18        | I            | CCD    | 2      | 55649.37        | I            | CCD    | 2      |
| 55357.74        | I            | CCD    | 2      | 55652.93        | I            | CCD    | 2      |
| 55361.30        | I            | CCD    | 2      | 55656.49        | I            | CCD    | 2      |
| 55364.85        | I            | CCD    | 2      | 55660.04        | I            | CCD    | 2      |
| 55368.41        | I            | CCD    | 2      | 55663.60        | I            | CCD    | 2      |
| 55375.52        | I            | CCD    | 2      | 55667.16        | I            | CCD    | 2      |
| 55379.08        | I            | CCD    | 2      | 55670.71        | I            | CCD    | 2      |
| 55382.63        | I            | CCD    | 2      | 55674.27        | I            | CCD    | 2      |
| 55386.19        | I            | CCD    | 2      | 55677.82        | I            | CCD    | 2      |
| 55389.75        | I            | CCD    | 2      | 55681.38        | I            | CCD    | 2      |
| 55393.30        | I            | CCD    | 2      | 55684.94        | I            | CCD    | 2      |
| 55396.86        | I            | CCD    | 2      | 55688.49        | I            | CCD    | 2      |
| 55403.97        | I            | CCD    | 2      | 55692.05        | I            | CCD    | 2      |
| 55407.53        | I            | CCD    | 2      | 55695.61        | I            | CCD    | 2      |

Ek Çizelge 6'nın devamı

| BJD<br>2400000+ | Min.<br>Türü | Yöntem | Kaynak | BJD<br>2400000+ | Min.<br>Türü | Yöntem | Kaynak |
|-----------------|--------------|--------|--------|-----------------|--------------|--------|--------|
| 55699.16        | I            | CCD    | 2      | 56161.51        | I            | CCD    | 2      |
| 55702.72        | I            | CCD    | 2      | 56165.07        | I            | CCD    | 2      |
| 55706.28        | I            | CCD    | 2      | 56168.62        | I            | CCD    | 2      |
| 55709.83        | I            | CCD    | 2      | 56172.18        | I            | CCD    | 2      |
| 55713.39        | I            | CCD    | 2      | 56175.74        | I            | CCD    | 2      |
| 55716.95        | I            | CCD    | 2      | 56179.29        | I            | CCD    | 2      |
| 55720.50        | I            | CCD    | 2      | 56182.85        | I            | CCD    | 2      |
| 55724.06        | I            | CCD    | 2      | 56186.41        | I            | CCD    | 2      |
| 55727.62        | I            | CCD    | 2      | 56189.96        | I            | CCD    | 2      |
| 55731.17        | I            | CCD    | 2      | 56193.52        | I            | CCD    | 2      |
| 55734.73        | I            | CCD    | 2      | 56197.07        | I            | CCD    | 2      |
| 55738.29        | I            | CCD    | 2      | 56200.63        | I            | CCD    | 2      |
| 55741.84        | I            | CCD    | 2      | 56204.19        | I            | CCD    | 2      |
| 55745.40        | I            | CCD    | 2      | 56307.32        | I            | CCD    | 2      |
| 55748.95        | I            | CCD    | 2      | 56325.11        | I            | CCD    | 2      |
| 55752.51        | I            | CCD    | 2      | 56328.66        | I            | CCD    | 2      |
| 55756.07        | I            | CCD    | 2      | 56332.22        | I            | CCD    | 2      |
| 55759.62        | I            | CCD    | 2      | 56335.78        | I            | CCD    | 2      |
| 55763.18        | I            | CCD    | 2      | 56339.33        | I            | CCD    | 2      |
| 55766.74        | I            | CCD    | 2      | 56342.89        | I            | CCD    | 2      |
| 55773.85        | I            | CCD    | 2      | 56346.45        | I            | CCD    | 2      |
| 55777.41        | I            | CCD    | 2      | 56350.00        | I            | CCD    | 2      |
| 55780.96        | I            | CCD    | 2      | 56353.56        | I            | CCD    | 2      |
| 55784.52        | I            | CCD    | 2      | 56357.12        | I            | CCD    | 2      |
| 55788.08        | I            | CCD    | 2      | 56360.67        | I            | CCD    | 2      |
| 55791.63        | I            | CCD    | 2      | 56364.23        | I            | CCD    | 2      |
| 55795.19        | I            | CCD    | 2      | 56367.78        | I            | CCD    | 2      |
| 55798.75        | I            | CCD    | 2      | 56371.34        | I            | CCD    | 2      |
| 55805.86        | I            | CCD    | 2      | 56374.90        | I            | CCD    | 2      |
| 55809.42        | I            | CCD    | 2      | 56378.45        | I            | CCD    | 2      |
| 55812.97        | I            | CCD    | 2      | 56382.01        | I            | CCD    | 2      |
| 55816.53        | I            | CCD    | 2      | 56385.57        | I            | CCD    | 2      |
| 55820.09        | I            | CCD    | 2      | 56389.12        | I            | CCD    | 2      |
| 55823.64        | I            | CCD    | 2      | 56392.68        | I            | CCD    | 2      |
| 55827.20        | I            | CCD    | 2      | 56396.24        | I            | CCD    | 2      |
| 55830.76        | I            | CCD    | 2      | 56399.79        | I            | CCD    | 2      |
| 56108.16        | I            | CCD    | 2      | 56403.35        | I            | CCD    | 2      |
| 56111.72        | I            | CCD    | 2      | 56406.91        | I            | CCD    | 2      |
| 56115.28        | I            | CCD    | 2      | 56410.46        | I            | CCD    | 2      |
| 56118.83        | I            | CCD    | 2      | 56414.02        | I            | CCD    | 2      |
| 56122.39        | I            | CCD    | 2      | 56421.13        | I            | CCD    | 2      |
| 56129.50        | I            | CCD    | 2      |                 |              |        |        |
| 56133.06        | I            | CCD    | 2      |                 |              |        |        |
| 56136.61        | I            | CCD    | 2      |                 |              |        |        |
| 56140.17        | I            | CCD    | 2      |                 |              |        |        |
| 56143.73        | I            | CCD    | 2      |                 |              |        |        |
| 56147.28        | I            | CCD    | 2      |                 |              |        |        |
| 56150.84        | I            | CCD    | 2      |                 |              |        |        |
| 56154.40        | I            | CCD    | 2      |                 |              |        |        |
| 56157.95        | I            | CCD    | 2      |                 |              |        |        |

## **Kaynaklar**

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

**Ek Çizelge 7.** V404 Cyg sisteminin minimum zamanları

| <b>BJD<br/>2400000+</b> | <b>Min.<br/>Türü</b> | <b>Yöntem</b> | <b>Kaynak</b> | <b>BJD<br/>2400000+</b> | <b>Min.<br/>Türü</b> | <b>Yöntem</b> | <b>Kaynak</b> |
|-------------------------|----------------------|---------------|---------------|-------------------------|----------------------|---------------|---------------|
| 25591.22                | I                    | Pg            | 1             | 55026.98                | I                    | CCD           | 2             |
| 26352.23                | I                    | Pg            | 1             | 55030.54                | I                    | CCD           | 2             |
| 26928.37                | I                    | Pg            | 1             | 55034.10                | I                    | CCD           | 2             |
| 26985.27                | I                    | Pg            | 1             | 55037.65                | I                    | CCD           | 2             |
| 27625.41                | I                    | Pg            | 1             | 55041.21                | I                    | CCD           | 2             |
| 36761.46                | I                    | Pg            | 1             | 55044.76                | I                    | CCD           | 2             |
| 36786.43                | I                    | Pg            | 1             | 55048.32                | I                    | CCD           | 2             |
| 36811.39                | I                    | Pg            | 1             | 55051.88                | I                    | CCD           | 2             |
| 36818.41                | I                    | Pg            | 1             | 55055.43                | I                    | CCD           | 2             |
| 36843.29                | I                    | Pg            | 1             | 55058.99                | I                    | CCD           | 2             |
| 37188.32                | I                    | Pg            | 1             | 55062.55                | I                    | CCD           | 2             |
| 37202.44                | I                    | Pg            | 1             | 55066.10                | I                    | CCD           | 2             |
| 37579.39                | I                    | Pg            | 1             | 55069.66                | I                    | CCD           | 2             |
| 37956.33                | I                    | Pg            | 1             | 55073.22                | I                    | CCD           | 2             |
| 38557.44                | I                    | Pg            | 1             | 55076.77                | I                    | CCD           | 2             |
| 39055.26                | I                    | Pg            | 1             | 55080.33                | I                    | CCD           | 2             |
| 45200.48                | I                    | Vis           | 1             | 55083.89                | I                    | CCD           | 2             |
| 48013.53                | I                    | Vis           | 1             | 55087.44                | I                    | CCD           | 2             |
| 49930.50                | I                    | CCD           | 1             | 55091.00                | I                    | CCD           | 2             |
| 50282.59                | I                    | Vis           | 1             | 55094.56                | I                    | CCD           | 2             |
| 50300.41                | I                    | Vis           | 1             | 55098.11                | I                    | CCD           | 2             |
| 50364.38                | I                    | Vis           | 1             | 55101.67                | I                    | CCD           | 2             |
| 51036.58                | I                    | CCD           | 1             | 55105.23                | I                    | CCD           | 2             |
| 51420.72                | I                    | CCD           | 1             | 55108.78                | I                    | CCD           | 2             |
| 51751.43                | I                    | CCD           | 1             | 55112.34                | I                    | CCD           | 2             |
| 52448.50                | I                    | CCD           | 1             | 55115.90                | I                    | CCD           | 2             |
| 53145.57                | I                    | CCD           | 1             | 55119.45                | I                    | CCD           | 2             |
| 53636.37                | I                    | CCD           | 1             | 55123.01                | I                    | CCD           | 2             |
| 53867.55                | I                    | CCD           | 1             | 55126.56                | I                    | CCD           | 2             |
| 54020.48                | I                    | CCD           | 1             | 55130.12                | I                    | CCD           | 2             |
| 54365.46                | I                    | CCD           | 1             | 55133.68                | I                    | CCD           | 2             |
| 54390.36                | I                    | CCD           | 1             | 55137.23                | I                    | CCD           | 2             |
| 54678.44                | I                    | CCD           | 1             | 55140.79                | I                    | CCD           | 2             |
| 54955.85                | I                    | CCD           | 1             | 55144.35                | I                    | CCD           | 2             |
| 54959.41                | I                    | CCD           | 2             | 55147.90                | I                    | CCD           | 2             |
| 54962.96                | I                    | CCD           | 2             | 55151.46                | I                    | CCD           | 2             |
| 54966.52                | I                    | CCD           | 2             | 55158.57                | I                    | CCD           | 2             |
| 54970.08                | I                    | CCD           | 2             | 55162.13                | I                    | CCD           | 2             |
| 54973.63                | I                    | CCD           | 2             | 55165.69                | I                    | CCD           | 2             |
| 54977.19                | I                    | CCD           | 2             | 55169.24                | I                    | CCD           | 2             |
| 54980.75                | I                    | CCD           | 2             | 55172.80                | I                    | CCD           | 2             |
| 54984.30                | I                    | CCD           | 2             | 55179.91                | I                    | CCD           | 2             |
| 54987.86                | I                    | CCD           | 2             | 55187.03                | I                    | CCD           | 2             |
| 54991.42                | I                    | CCD           | 2             | 55190.58                | I                    | CCD           | 2             |
| 54994.97                | I                    | CCD           | 2             | 55194.14                | I                    | CCD           | 2             |
| 55005.64                | I                    | CCD           | 2             | 55197.70                | I                    | CCD           | 2             |
| 55009.20                | I                    | CCD           | 2             | 55201.25                | I                    | CCD           | 2             |
| 55012.76                | I                    | CCD           | 2             | 55204.81                | I                    | CCD           | 2             |
| 55019.87                | I                    | CCD           | 2             | 55208.36                | I                    | CCD           | 2             |
| 55023.43                | I                    | CCD           | 2             | 55211.92                | I                    | CCD           | 2             |

Ek Çizelge 7'nin devamı

| BJD<br>2400000+ | Min.<br>Türü | Yöntem | Kaynak | BJD<br>2400000+ | Min.<br>Türü | Yöntem | Kaynak |
|-----------------|--------------|--------|--------|-----------------|--------------|--------|--------|
| 55215.48        | I            | CCD    | 2      | 55411.09        | I            | CCD    | 2      |
| 55219.03        | I            | CCD    | 2      | 55414.64        | I            | CCD    | 2      |
| 55222.59        | I            | CCD    | 2      | 55418.20        | I            | CCD    | 2      |
| 55226.15        | I            | CCD    | 2      | 55421.76        | I            | CCD    | 2      |
| 55229.70        | I            | CCD    | 2      | 55425.31        | I            | CCD    | 2      |
| 55236.82        | I            | CCD    | 2      | 55428.87        | I            | CCD    | 2      |
| 55240.37        | I            | CCD    | 2      | 55432.43        | I            | CCD    | 2      |
| 55243.93        | I            | CCD    | 2      | 55435.98        | I            | CCD    | 2      |
| 55247.49        | I            | CCD    | 2      | 55439.54        | I            | CCD    | 2      |
| 55251.04        | I            | CCD    | 2      | 55443.09        | I            | CCD    | 2      |
| 55254.60        | I            | CCD    | 2      | 55446.65        | I            | CCD    | 2      |
| 55258.16        | I            | CCD    | 2      | 55450.21        | I            | CCD    | 2      |
| 55261.71        | I            | CCD    | 2      | 55453.76        | I            | CCD    | 2      |
| 55265.27        | I            | CCD    | 2      | 55457.32        | I            | CCD    | 2      |
| 55268.83        | I            | CCD    | 2      | 55460.88        | I            | CCD    | 2      |
| 55272.38        | I            | CCD    | 2      | 55464.43        | I            | CCD    | 2      |
| 55279.50        | I            | CCD    | 2      | 55571.13        | I            | CCD    | 2      |
| 55283.05        | I            | CCD    | 2      | 55574.69        | I            | CCD    | 2      |
| 55286.61        | I            | CCD    | 2      | 55578.24        | I            | CCD    | 2      |
| 55290.16        | I            | CCD    | 2      | 55581.80        | I            | CCD    | 2      |
| 55293.72        | I            | CCD    | 2      | 55585.36        | I            | CCD    | 2      |
| 55297.28        | I            | CCD    | 2      | 55588.91        | I            | CCD    | 2      |
| 55300.83        | I            | CCD    | 2      | 55592.47        | I            | CCD    | 2      |
| 55304.39        | I            | CCD    | 2      | 55599.58        | I            | CCD    | 2      |
| 55311.50        | I            | CCD    | 2      | 55603.14        | I            | CCD    | 2      |
| 55315.06        | I            | CCD    | 2      | 55606.69        | I            | CCD    | 2      |
| 55318.62        | I            | CCD    | 2      | 55610.25        | I            | CCD    | 2      |
| 55322.17        | I            | CCD    | 2      | 55613.81        | I            | CCD    | 2      |
| 55325.73        | I            | CCD    | 2      | 55617.36        | I            | CCD    | 2      |
| 55329.29        | I            | CCD    | 2      | 55620.92        | I            | CCD    | 2      |
| 55332.84        | I            | CCD    | 2      | 55624.48        | I            | CCD    | 2      |
| 55336.40        | I            | CCD    | 2      | 55628.03        | I            | CCD    | 2      |
| 55339.96        | I            | CCD    | 2      | 55631.59        | I            | CCD    | 2      |
| 55343.51        | I            | CCD    | 2      | 55635.15        | I            | CCD    | 2      |
| 55347.07        | I            | CCD    | 2      | 55642.26        | I            | CCD    | 2      |
| 55350.63        | I            | CCD    | 2      | 55645.82        | I            | CCD    | 2      |
| 55354.18        | I            | CCD    | 2      | 55649.37        | I            | CCD    | 2      |
| 55357.74        | I            | CCD    | 2      | 55652.93        | I            | CCD    | 2      |
| 55361.30        | I            | CCD    | 2      | 55656.49        | I            | CCD    | 2      |
| 55364.85        | I            | CCD    | 2      | 55660.04        | I            | CCD    | 2      |
| 55368.41        | I            | CCD    | 2      | 55663.60        | I            | CCD    | 2      |
| 55375.52        | I            | CCD    | 2      | 55667.16        | I            | CCD    | 2      |
| 55379.08        | I            | CCD    | 2      | 55670.71        | I            | CCD    | 2      |
| 55382.63        | I            | CCD    | 2      | 55674.27        | I            | CCD    | 2      |
| 55386.19        | I            | CCD    | 2      | 55677.82        | I            | CCD    | 2      |
| 55389.75        | I            | CCD    | 2      | 55681.38        | I            | CCD    | 2      |
| 55393.30        | I            | CCD    | 2      | 55684.94        | I            | CCD    | 2      |
| 55396.86        | I            | CCD    | 2      | 55688.49        | I            | CCD    | 2      |
| 55403.97        | I            | CCD    | 2      | 55692.05        | I            | CCD    | 2      |
| 55407.53        | I            | CCD    | 2      | 55695.61        | I            | CCD    | 2      |

Ek Çizelge 7'nin devamı

| BJD<br>2400000+ | Min.<br>Türü | Yöntem | Kaynak | BJD<br>2400000+ | Min.<br>Türü | Yöntem | Kaynak |
|-----------------|--------------|--------|--------|-----------------|--------------|--------|--------|
| 55699.16        | I            | CCD    | 2      | 56161.51        | I            | CCD    | 2      |
| 55702.72        | I            | CCD    | 2      | 56165.07        | I            | CCD    | 2      |
| 55706.28        | I            | CCD    | 2      | 56168.62        | I            | CCD    | 2      |
| 55709.83        | I            | CCD    | 2      | 56172.18        | I            | CCD    | 2      |
| 55713.39        | I            | CCD    | 2      | 56175.74        | I            | CCD    | 2      |
| 55716.95        | I            | CCD    | 2      | 56179.29        | I            | CCD    | 2      |
| 55720.50        | I            | CCD    | 2      | 56182.85        | I            | CCD    | 2      |
| 55724.06        | I            | CCD    | 2      | 56186.41        | I            | CCD    | 2      |
| 55727.62        | I            | CCD    | 2      | 56189.96        | I            | CCD    | 2      |
| 55731.17        | I            | CCD    | 2      | 56193.52        | I            | CCD    | 2      |
| 55734.73        | I            | CCD    | 2      | 56197.07        | I            | CCD    | 2      |
| 55738.29        | I            | CCD    | 2      | 56200.63        | I            | CCD    | 2      |
| 55741.84        | I            | CCD    | 2      | 56204.19        | I            | CCD    | 2      |
| 55745.40        | I            | CCD    | 2      | 56307.32        | I            | CCD    | 2      |
| 55748.95        | I            | CCD    | 2      | 56325.11        | I            | CCD    | 2      |
| 55752.51        | I            | CCD    | 2      | 56328.66        | I            | CCD    | 2      |
| 55756.07        | I            | CCD    | 2      | 56332.22        | I            | CCD    | 2      |
| 55759.62        | I            | CCD    | 2      | 56335.78        | I            | CCD    | 2      |
| 55763.18        | I            | CCD    | 2      | 56339.33        | I            | CCD    | 2      |
| 55766.74        | I            | CCD    | 2      | 56342.89        | I            | CCD    | 2      |
| 55773.85        | I            | CCD    | 2      | 56346.45        | I            | CCD    | 2      |
| 55777.41        | I            | CCD    | 2      | 56350.00        | I            | CCD    | 2      |
| 55780.96        | I            | CCD    | 2      | 56353.56        | I            | CCD    | 2      |
| 55784.52        | I            | CCD    | 2      | 56357.12        | I            | CCD    | 2      |
| 55788.08        | I            | CCD    | 2      | 56360.67        | I            | CCD    | 2      |
| 55791.63        | I            | CCD    | 2      | 56364.23        | I            | CCD    | 2      |
| 55795.19        | I            | CCD    | 2      | 56367.78        | I            | CCD    | 2      |
| 55798.75        | I            | CCD    | 2      | 56371.34        | I            | CCD    | 2      |
| 55805.86        | I            | CCD    | 2      | 56374.90        | I            | CCD    | 2      |
| 55809.42        | I            | CCD    | 2      | 56378.45        | I            | CCD    | 2      |
| 55812.97        | I            | CCD    | 2      | 56382.01        | I            | CCD    | 2      |
| 55816.53        | I            | CCD    | 2      | 56385.57        | I            | CCD    | 2      |
| 55820.09        | I            | CCD    | 2      | 56389.12        | I            | CCD    | 2      |
| 55823.64        | I            | CCD    | 2      | 56392.68        | I            | CCD    | 2      |
| 55827.20        | I            | CCD    | 2      | 56396.24        | I            | CCD    | 2      |
| 55830.76        | I            | CCD    | 2      | 56399.79        | I            | CCD    | 2      |
| 56108.16        | I            | CCD    | 2      | 56403.35        | I            | CCD    | 2      |
| 56111.72        | I            | CCD    | 2      | 56406.91        | I            | CCD    | 2      |
| 56115.28        | I            | CCD    | 2      | 56410.46        | I            | CCD    | 2      |
| 56118.83        | I            | CCD    | 2      | 56414.02        | I            | CCD    | 2      |
| 56122.39        | I            | CCD    | 2      | 56421.13        | I            | CCD    | 2      |
| 56129.50        | I            | CCD    | 2      |                 |              |        |        |
| 56133.06        | I            | CCD    | 2      |                 |              |        |        |
| 56136.61        | I            | CCD    | 2      |                 |              |        |        |
| 56140.17        | I            | CCD    | 2      |                 |              |        |        |
| 56143.73        | I            | CCD    | 2      |                 |              |        |        |
| 56147.28        | I            | CCD    | 2      |                 |              |        |        |
| 56150.84        | I            | CCD    | 2      |                 |              |        |        |
| 56154.40        | I            | CCD    | 2      |                 |              |        |        |
| 56157.95        | I            | CCD    | 2      |                 |              |        |        |

## **Kaynaklar**

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

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Çağlayan NEHİR

Doğum Yeri : EDİRNE

Doğum Tarihi : 14.10.1985

### EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : Ege Üniversitesi Astronomi ve Uzay Bilimleri

Anadolu Üniversitesi İşletme Bölümü

Yüksek Lisans Öğrenimi : Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fizik Anabilim Dalı

Anadolu Üniversitesi Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi  
Sistemleri

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

### BİLİMSEL FAALİYETLERİ

Katıldığı Projeler:

TUBİTAK Kariyer: 111T224 nolu “Çift Yıldızlarda Açısız Momentum ve  
Yörünge Evrimi” – Bursiyer.

TUBİTAK Kariyer: 114F166 nolu “Tek Yıldız Dönüşüm Yolundaki Değeri  
Çift Yıldızlar” – Bursiyer.

### İŞ DENEYİMİ

Çalıştığı Kurumlar ve Yıl: Türkiye Tenis Federasyonu – Ulusal tenis hakemi, 2010 –  
Günümüz

### İLETİŞİM

E-posta Adresi : caglayannehir@gmail.com