



T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



YÜKSEK LİSANS TEZİ

BAZI W UMa TİPİ ÇİFT YILDIZLARIN FOTOMETRİK ANALİZİ

Seda KAPTAN

Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı

Astronomi ve Uzay Bilimleri Programı

Türker

DANIŞMAN

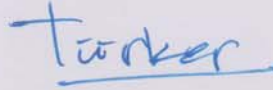
Prof. Dr. M. Türker ÖZKAN

Haziran, 2019

İSTANBUL

Bu çalışma 21.06.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı Astronomi ve Uzay Bilimleri Programında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

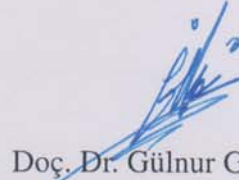
Tez Jürisi



Prof. Dr. M. Türker ÖZKAN (Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi



Prof. Dr. A. Talât SAYGAÇ
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi



Doç. Dr. Gülnur GÜN
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Fen Edebiyat Fakültesi



20.04.2016 tarihli resmi gazetede yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi'nin aboneliği olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

Bu çalışma İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliğinin 39319 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

Bu tezi hazırlarken engin tecrübesini bana sunan, gece gündüz demeden tüm çıkmazlarıma çözüm bulan ve bilimsel çalışmanın inceliklerini öğreten tez danışmanım Prof. Dr. Mustafa Türker ÖZKAN'a,

Yüksek lisans öğrenimim sırasında benden desteklerini esirgemeyen Prof. Dr. Selçuk BİLİR, Prof. Dr. Tansel AK ve Arş. Gör. Dr. Özgecan ÖNAL TAŞ'a,

Tezime başladığım süreçte ilk kaynak olarak tezinden yararlandığım ve daha sonrasında tezimin her aşamasında destek veren Dr. Öğr. Üyesi Burcu ÖZKARDEŞ'e, Wilson - Deviney ile ilgili neredeyse tüm bilgilerini bana aktaran Dr. Öğr. Üyesi Mehmet TÜYSÜZ'e, gözlem yapma konusunda yardımcı olan Arş. Gör. Oğuz ÖZTÜRK'e, analizler sırasında sorularımı sabırla cevaplandıran Arş. Gör. Dr. Fahri ALIÇAVUŞ'a ve gözlem gecelerimde konforum için elinden gelen her şeyi yapan Halil ÇETİNKAYA'ya,

Tezimin başlangıcından teslimine kadar merak ettiğim konular üzerine tüm deneyimlerini benimle paylaşan arkadaşlarıma,

39319 numaralı proje ile tezimi destekleyen ve İST60 gibi bir olanağı bize sağlayan Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne ve bu imkânın gerçekleşmesi için "3685" numaralı projede emek veren tüm araştırmacılara, gözlem yapabilmem için destek sağlayan Sağlık, Kültür ve Spor Daire Başkanlığı'na, teşekkürlerimi sunarım.

Bu süreçte manevi ve maddi desteği esirgemeyen ve beni sabırla bekleyen aileme, son olarak da sadece varoluşlarıyla hayatıma anlam katan Demirhan ve Mira'ya sonsuz teşekkürler...

"Eğer bir gün biri çıkıp da Evren'in hangi nedenle ve niçin varolduğunu keşfederse, Evren'in birdenbire yok olacağını ve yerini daha garip ve anlaşılmasız bir şeyin alacağını ileri süren bir teori vardır.

Bir başka teori ise bunun zaten gerçekleştiğini ileri sürer.

Paniğe kapılmayın!"

Douglas Adams - Otostopçunun Galaksi Rehberi

Haziran, 2019

Seda KAPTAN

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖNSÖZ	i
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ	vi
TABLO LİSTESİ	vii
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ	x
ÖZET	xii
SUMMARY	1
1. GİRİŞ	1
2. GENEL KISIMLAR	3
2.1. ÖRTEN ÇİFT SİSTEMLER	3
2.1.1. Algol Türü Örtten Çift Sistemler	4
2.1.2. β Lyr Türü Örtten Çift Sistemler	6
2.1.3. W UMa Türü Örtten Çift Sistemler	8
2.2. ROCHE MODELİ	13
2.3. SİSTEMLERİN LİTERATÜR BİLGİSİ	16
2.3.1. QQ Boo	16
2.3.2. V342 Dra	18
3. MALZEME VE YÖNTEM	20
3.1. SİSTEMLERİN SEÇİMİ	20
3.2. FOTOMETRİK GÖZLEMLER	20
3.3. FOTOMETRİK İNDİRGEMELER	26
3.4. IŞIK ELEMANLARI	33
3.5. IŞIK EĞRİSİ ANALİZİ VE WILSON - DEVINNEY KODU	38
3.6. W-ALT TİPİ SİSTEMLERİN GÜNCELLENMESİ	50
3.7. MUTLAK PARAMETRELER İÇİN SAYISAL BİR YAKLAŞIM	50
4. BULGULAR	53

5. TARTIŞMA VE SONUÇ	62
KAYNAKLAR	67
EKLER	75
EK 1. W-alt tip W UMa türü Sistemlerin Literatür Bilgileri	75
EK 2. Wilson - Deviney Girdi ve Çıktı Örnek Dosyaları.....	78
ÖZGEÇMİŞ	81



ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 2.1: Çift sistemlerin tutulma geometrisi.....	3
Şekil 2.2: Beta Lyrae türü örten bir çift sistem olan SX Aur'in B, V, R bandı ışık eğrisi (Öztürk ve diğ., 2014).....	5
Şekil 2.3: β Per sisteminin V bandı ışık eğrisi (Richards ve diğ., 1988).	6
Şekil 2.4: Algol türü bir sistem olan BD +36 3317'nin V filtresindeki ışık eğrisi (Özdarcan ve diğ., 2012).	6
Şekil 2.5: β Lyr sisteminin V bandı ışık eğrisi (van Hamme ve diğ., 1995).	7
Şekil 2.6: β Lyr türü bir sistem olan EG Cep'in V filtresindeki ışık eğrisi (Erdem ve diğ., 2005).	8
Şekil 2.7: Daha sıcak A-alt tip ve daha soğuk olan W-alt tip degen sistemlerin iç yapısının şematik resmi (Rucinski, 1974).	10
Şekil 2.8: SW Lac sisteminin V bandı edilen ışık eğrisi (Albayrak ve diğ., 2004).	11
Şekil 2.9: RW Com sisteminin gözlenen ışık eğrisi (Milone ve diğ., 1980).	12
Şekil 2.10: W UMa sisteminin V bandı ışık eğrisi (Linnell, 1985).	12
Şekil 2.11: Her iki bileşeni de Roche loblarını doldurmamış olan ayrık sistem (Terrell, 2001).	14
Şekil 2.12: Bir bileşeni Roche lobunu doldurmuşken diğer bileşeni Roche lobunu dolduramamış olan yarı-ayrık sistem (Terrell, 2001).	14
Şekil 2.13: Her iki bileşen de Roche lobunu doldurmuş olan degen sistem (Terrell, 2001).	15
Şekil 2.14: Her iki bileşen de Roche lobunu doldurmuş ve etraflarında ortak bir zarf oluşmuş aşırı degen sistem (Terrell, 2001).	15
Şekil 2.15: Her iki bileşen de Roche lobunu ve tüm eşpotansiyel yüzeyleri doldurmuş aşırı degen sistem (Terrell, 2001).	16
Şekil 2.16: QQ Boötes'in ışık eğrisi (Khruslov, 2006).	17
Şekil 2.17: V342 Dra'nın ışık eğrisi (Khruslov, 2006).	19
Şekil 3.1: Çanakkale Ulupınar Gözlemevi'nde bulunan İST60 teleskobu.	21
Şekil 3.2: SBIG-STL 1001E CCD Kamera.	21
Şekil 3.3: SBIG STL-1001E CCD kamera ile alınmış bias görüntüsü (solda) ve görüntü üzerinde yeşil dörtgen ile belirtilmiş (801, 185) - (834, 218) koordinatlarına denk gelen bölgedeki piksellerindeki akı sayımı (sağda).	22

Şekil 3.4: SBIG STL-1001E CCD kamera ile Bessel B filtresi kullanılarak alınmış flat görüntüsü (solda) ve görüntü üzerinde yeşil dörtgen ile belirtilmiş (623, 361) - (646, 381) koordinatlarına denk gelen bölgedeki piksellerindeki akı sayımı (sağda).	23
Şekil 3.5: SBIG STL-1001E CCD kamera ile 80 sn. poz süresi verilerek alınmış dark görüntüsü (solda) ve görüntü üzerinde yeşil dörtgen ile belirtilmiş (736, 436) - (766, 463) koordinatlarına denk gelen bölgedeki piksellerindeki akı sayımı (sağda).	23
Şekil 3.6: Solda görüntü üzerinde (491, 728) - (503, 740) koordinatlarıyla sınırlandırılmış gökyüzü parlaklığı bölgesi ve sağda bu bölgenin sayımı.	29
Şekil 3.7: Solda QQ Boo sistemi ve sağda bu sistemin akısının pikseller üzerinde dağılımı. .	29
Şekil 3.8: Solda QQ Boo sistemi ve yıldızı çevreleyen açıklıklar, sağda aynı görüntü üzerinde iç açıklığa denk gelen parlaklık dağılımı.	30
Şekil 3.9: C-Munipack programının arayüz görüntüsü.	30
Şekil 3.10: QQ Boo'nun 05.03.2013 tarihinde İST60 ile alınmış R bandı gözlem görüntüsü. .	33
Şekil 3.11: V342 Dra'nın 11.05.2013 tarihinde İST60 ile alınmış R bandı gözlem görüntüsü. .	33
Şekil 3.12: C-Munipack ile fotometrisi yapılmış QQ Boo sisteminin Heliosentrik Jülyen gününe karşılık diferansiyel parlaklık eğrisi. Mavi renkli noktalar B bandı, Yeşil renkli noktalar V bandı, Kırmızı renkli noktalar R bandı parlaklık değerlerini temsil etmektedir.	34
Şekil 3.13: C-Munipack ile fotometrisi yapılmış V342 Dra sisteminin Heliosentrik Jülyen gününe karşılık diferansiyel parlaklık eğrisi. Mavi renkli noktalar B bandı, Yeşil renkli noktalar V bandı, Kırmızı renkli noktalar R bandı parlaklık değerlerini temsil etmektedir.	35
Şekil 3.14: QQ Boo (solda) ve V342 Dra'nın (sağda) O-C diyagramları.	36
Şekil 3.15: QQ Boo sisteminin gözlemlerden elde edilen ışık eğrisi (üstte) ve Mukayese ve Denet yıldızının aletsel B, V, R kadir farkları (altta).	37
Şekil 3.16: V342 Dra sisteminin gözlemlerden elde edilen ışık eğrisi (üstte) ve Mukayese ve Denet yıldızının aletsel B, V, R kadir farkları (altta).	37
Şekil 3.17: Farklı yörünge eğimlerinin ışık eğrisine etkisi. Düz çizgi 90° 'yi temsil etmektedir, uzun kesikli çizgiye gittikçe eğim azalmaktadır.	39
Şekil 3.18: Farklı yansıma katsayılarına sahip sistemlerin ışık eğrisi. Düz çizgi yansımanın olmadığı eğriyi temsil etmektedir, uzun kesikli çizgi en fazla yansımanın olduğu eğridir. .	39
Şekil 3.19: Solda çekimsel kararın ve sağda kenar kararının etkileri. Düz çizgi etkilerin olmadığı ışık eğrisini temsil etmektedir. Uzun kesikli çizgiye gittikçe etkiler artmaktadır. .	40
Şekil 3.20: Farklı şekillerdeki sistemlerin ışık eğrileri, düz çizgi küresel bileşenli bir sistemi temsil etmektedir, uzun kesikli çizgiye gidildikçe şekil bozulması artar.	40
Şekil 3.21: Düz çizgi dairesel yörüngeyi temsil etmektedir. Kesikli çizgi ise dışmerkezliği 0.2 olan eliptik bir yörüngeyi temsil eder.	41

Şekil 3.22: Lekesiz bir sistemin ve konumları aynı yerde büyüklükleri farklı olan lekeli sistemlerin ışık eğrisi. Düz çizgi lekесiz sistemi temsil etmektedir, uzun kesikli çizgiye doğru gittikçe lekenin çapı artar.	41
Şekil 3.23: Üçüncü ışık katkısız bir ışık eğrisi (düz çizgi) ile üçüncü ışık katkılı ışık eğrilerinin karşılaştırması. Uzun kesikli çizgiye doğru etki artmaktadır.	42
Şekil 3.24: Wilson - Deviney kodu girdi dosyası evre - parlaklık - nokta ağırlığı veri düzeni.	43
Şekil 3.25: WD girdi dosyasındaki dalgaboyu satırları.	44
Şekil 3.26: Drilling J.S. ve Landolt A.U. kalibrasyon tablosu.	45
Şekil 3.27: QQ Boo (solda) ve V342 Dra (sağda) için kütle oranının (q) ($R = \sum(O_i - C_i)^2$) ile değişimi, küçük grafikler ise en küçük R' 'ye karşılık gelen (q) değerlerini göstermektedir.	46
Şekil 3.28: Çift sistem yörünge düzleminde kesirsel yarıçapların tanımı.	49
Şekil 3.29: Bu çalışmada elde edilen periyot (p) ve yarı-büyük eksen (a) ilişkisi.	51
Şekil 4.1: QQ Boo sisteminin gözlemsel (renkli) ve teorik (siyah çizgi) B, V, R ışık eğrileri. Altta ise gözlemsel ve hesaplanan eğriler arasındaki farklar yer almaktadır.	55
Şekil 4.2: V342 Dra sisteminin gözlemsel (renkli) ve teorik (siyah çizgi) B, V, R ışık eğrileri. Altta ise gözlemsel ve hesaplanan eğriler arasındaki farklar yer almaktadır.	56
Şekil 4.3: QQ Boo sisteminin 0.00, 0.24, 0.50, 0.75 evrelerindeki şekli. Birinci bileşen üzerinde leke bölgesi mavi renk ile gösterilmektedir.	58
Şekil 4.4: QQ Boo sisteminin Roche geometrisi.	58
Şekil 4.5: V342 Dra sisteminin 0.00, 0.25, 0.50, 0.74 evrelerindeki şekli.	58
Şekil 4.6: V342 Dra sisteminin Roche geometrisi.	59
Şekil 5.1: EK 1. Tablo 1.1: 'de verilen katalog çalışmasından alınan W-alt tipi sistemler ile QQ Boo ve V342 Dra sistemlerinin a) Kütle oranı, b)Yüzey Potansiyelleri, c) Doluluk Oranı, d) Yörünge Eğimi, e) Bileşen Sıcaklıkları karşılaştırması.	64
Şekil 5.2: W-alt tip W UMa türü örten sistemlerin kütle-ışınma gücü diyagramları ve QQ Boo ve V342 Dra sistemlerinin diyagram üzerindeki yeri.	65
Şekil 5.3: W-alt tip W UMa türü örten sistemlerin kütle-yarıçap diyagramları ve QQ Boo ve V342 Dra sistemlerinin diyagram üzerindeki yeri.	65
Şekil 5.4: W-alt tip W UMa türü örten sistemlerin sıcaklık-ışınma gücü diyagramları ve QQ Boo ve V342 Dra sistemlerinin diyagram üzerindeki yeri.	66
Şekil 2.1: Wilson - Deviney örnek girdi dosyası.	78
Şekil 2.2: Wilson - Deviney örnek çıktı dosyası.	78
Şekil 2.3: Wilson - Deviney girdi dosyası satır açıklamaları.	79

TABLO LİSTESİ

	Sayfa No
Tablo 2.1: QQ Boo sisteminin literatür minimum zamanları.	18
Tablo 2.2: V342 Dra sisteminin literatür minimum zamanları.	19
Tablo 3.1: QQ Boo sisteminin İST60 ile yapılan gözlem zamanları.	24
Tablo 3.2: V342 sisteminin İST60 ile yapılan gözlem zamanları.	25
Tablo 3.3: QQ Boo (hedef), mukayese ve denet yıldızlarının koordinatları.....	33
Tablo 3.4: V342 Dra (hedef), mukayese ve denet yıldızlarının koordinatları.....	33
Tablo 3.5: QQ Boo sistemi için bu çalışmadan elde edilen B, V, R minimum zamanları.	36
Tablo 3.6: QQ Boo V342 Dra sistemlerinin ışık eğrilerine ait özellikler.....	37
Tablo 4.1: QQ Boo ve V342 sistemlerinin düzeltilmiş ortalama B, V, R minimum zamanları.	53
Tablo 4.2: QQ Boo ve V342 Dra sistemlerinin Wilson - Devinney yöntemi ile B, V, R ışık eğrilerinin eş zamanlı çözüm parametreleri.	57
Tablo 4.3: W-alt tipi kataloglarının parametre karşılaştırmaları. CK04: Csizmadia ve Klagyivik (2004), YE05: Yakut ve Eggleton (2005), Y13: Yıldız (2013), KO19: Bu tez. Ayrıca bu Tablonun son iki sütununda tez yıldızları ve bunlara ilişkin bulunan parametreler de gösterilmiştir.	60
Tablo 4.4: QQ Boo ve V342 Dra'nın ($a \propto P$) korelasyonu ile hesaplanmış mutlak parametreleri.	61
Tablo 1.1: 56 tane W-alt tip W UMa sistemlerinin çözüm parametreleri. Yanında "*" simgesi bulunan parametreler bu çalışmada hesaplanmıştır.....	76

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
A	: Yansıma (Albedo) etkisi
g	: Çekim kararması
X	: Birinci bileşenin kenar kararması
Y	: İkinci bileşenin kenar kararması
q	: Kütle oranı
l_3	: Üçüncü ışık katkısı
f	: Doluluk oranı
i	: Yörünge eğimi
a	: Yarı-büyük eksen
P	: Yörünge periyodu
M_{\odot}	: Güneş kütlesi
L_{\odot}	: Güneş ışınma gücü
T_{\odot}	: Güneş sıcaklığı
R_{\odot}	: Güneş yarıçapı
σ	: Stefan-Boltzmann sabiti
M	: Kütle
M_T	: Toplam kütle
M_1	: Birinci bileşenin kütlesi
M_2	: İkinci bileşenin kütlesi
R_1	: Birinci bileşenin yarıçapı
R_2	: İkinci bileşenin yarıçapı
T_1	: Birinci bileşenin sıcaklığı
T_2	: İkinci bileşenin sıcaklığı
L	: Işınma gücü
L_1	: Birinci bileşenin ışınma gücü
L_2	: İkinci bileşenin ışınma gücü
Ω	: Eşpotansiyel yüzey
Ω_1	: Birinci bileşenin potansiyel yüzeyi
Ω_2	: İkinci bileşenin potansiyel yüzeyi

L_1	: İç Lagrange noktası
r	: Kesirsel yarıçap
r_1	: Birinci bileşenin kesirsel yarıçapı
r_2	: İkinci bileşenin kesirsel yarıçapı
r_{1pole}	: Birinci bileşenin kesirsel kutup yarıçapı
r_{1side}	: Birinci bileşenin kesirsel yan yarıçapı
r_{1back}	: Birinci bileşenin kesirsel arka yarıçapı
r_{2pole}	: İkinci bileşenin kesirsel kutup yarıçapı
r_{2side}	: İkinci bileşenin kesirsel yan yarıçapı
r_{2back}	: İkinci bileşenin kesirsel arka yarıçapı
Φ	: Leke enlemi
Θ	: Leke boylamı
α	: Leke açısal büyüklüğü
T_s	: Leke sıcaklık faktörü
T_{leke}	: Leke sıcaklığı
$T_{yıldız}$: Yıldız sıcaklığı
I	: Normalize akı
m	: Parlaklık
Δm	: Diferansiyel parlaklık
B	: B band parlaklığı
V	: V band parlaklığı
R	: R band parlaklığı
ΔB	: B bandı diferansiyel parlaklık
ΔV	: V bandı diferansiyel parlaklık
ΔR	: R bandı diferansiyel parlaklık
V_{mag}	: V band parlaklığı
J	: J band parlaklığı
H	: H band parlaklığı
K	: K band parlaklığı
α	: Kütle-ışınma gücü ilişkisi üstel sayısı
K	: Kelvin
d	: Uzaklık
pc	: Parsek
O	: Gözlenen minimum zaman
C	: Hesaplanan minimum zaman

<i>E</i>	: Epok, çevrim
<i>t</i>	: Gözlem zamanı
<i>t₀</i>	: Minimum zamanı
<i>R</i>	: Radyatif bölge
<i>K</i>	: Konvektif bölge
<i>WU</i>	: W UMa türü sistemler
<i>EW</i>	: W UMa türü sistemler
<i>Å</i>	: Ångström

Kısaltmalar	Açıklama
<i>W UMa</i>	: W Ursae Majoris
<i>β Lyr</i>	: Beta Lyrae
<i>CCD</i>	: Coupled Charge Device
<i>SIMBAD</i>	: Set of Identifications, Measurements and Bibliography for Astronomical Data.
<i>QQ Boo</i>	: QQ Boötes
<i>V342 Dra</i>	: V342 Draconis
<i>HJD</i>	: Heliocentric Julian Day
<i>IRAF</i>	: Image Reduction and Analysis Facility
<i>GSC</i>	: Guide Star Catalog
<i>2MASS</i>	: 2Micron All-Sky Survey
<i>GGM2006</i>	: Gettel+Geske+McKay, 2006
<i>Gaia DR2</i>	: Gaia Data Release 2
<i>NSVS</i>	: Northern Sky Variability Survey
<i>rah</i>	: Right ascension in hour
<i>dec</i>	: Declination
<i>ÇAAM</i>	: Çanakkale Astrofizik Araştırma Merkezi
<i>DSLRL</i>	: Digital Single-Lens Reflex
<i>AAVSO</i>	: The American Association of Variable Star Observers
<i>VSX</i>	: The International Variable Star Index
<i>WD</i>	: Wilson - Devinney kodu
<i>ASAS</i>	: The All Sky Automated Survey
<i>GCVS</i>	: General Catalog of Variable Stars

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BAZI W UMa TİPİ ÇİFT YILDIZLARIN FOTOMETRİK ANALİZİ

Seda KAPTAN

İstanbul Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. M. Türker ÖZKAN

Bu tez çalışmasında W UMa türü örten QQ Boo ve V342 Dra çift sistemlerinin ilk kez ayrıntılı fotometrik analizleri yapılmıştır. Hedef yıldızların gözlemleri 2013 yılında İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliği'nin "3685" numaralı projesi ile desteklenen, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Astrofizik Araştırma Merkezi ve Ulupınar Gözlemevi'nde bulunan İST60 teleskobu ile yapılmıştır. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

1. QQ Boo ve V342 Dra'nın fotometrik gözlemlerinin analizinden yeni minimum zamanları ve ışık elemanları elde edildi.
2. Sistemlerin ışık eğrisi çözümünden fiziksel parametreleri elde edildi.
3. Daha önceki çalışmalardan alınmış 56 tane W-alt tip W UMa türü sistem verisinden yola çıkarak yarı-büyük eksen ve periyot arasında bir korelasyon ($a \propto P$) bulundu.
4. Bu ampirik ($a \propto P$) ilişki yaklaşımı doğru kabul edilerek mutlak parametreler elde edildi.

06 2019, 97 sayfa.

Anahtar kelimeler: Çift yıldızlar, W UMa, Fotometrik analiz

SUMMARY

M.Sc. THESIS

THE PHOTOMETRIC ANALYSIS OF SOME W UMa TYPE BINARIES

Seda KAPTAN

İstanbul University

Institute of Graduate Studies in Science and Engineering

Department of Astronomy and Space Science

Supervisor: Prof. Dr. M. Türker ÖZKAN

In this thesis, detailed photometric analyzes of the QQ Boo and V342 Dra binary systems covering the W UMa type were performed for the first time. The observations of the target stars were carried out in 2013 with the İST60 telescope at Çanakkale Onsekiz Mart University Astrophysics Research Center and Ulupınar Observatory, which was supported by Istanbul University Scientific Research Projects Executive Secretariat Project No. 3685. The results obtained in this study can be expressed as follows:

1. New times of minima and light elements were obtained from photometric analysis of observations of QQ Boo and V342 Dra systems
2. The physical parameters of the systems were derived from the light curve solution.
3. Based on 56 W-subtype W UMa type system data from previous studies, a correlation ($a \propto p$) was found between the semi-major axis and the period.
4. Absolute parameters were obtained by accepting this empirical ($a \propto p$) relation approach correctly

06 2019, 97 pages.

Keywords: Binary stars, W UMa, Photometrical analysis

1. GİRİŞ

Galaksimizde tekil yıldızların yanı sıra karşılıklı çekim etkisiyle Kepler yasalarına göre kapalı yörüngeler çizen en az iki yıldızdan oluşan sistemler de mevcuttur. Bu sistemlere çift yıldızlar denir. Gözlenebilen yıldızların %50'sinden fazlası çift yıldızdır. Yıldızların evriminde önemli bir faktör olan kütlelerin tayinini yapabilmek için birbirine fiziksel olarak bağlı olan iki cisme ihtiyacımız vardır. Çift sistemlerin bileşenlerinin kütlelerini bulabilmemiz sayesinde yıldızların evrim senaryolarını oluşturabiliriz. Çift yıldızların 80 yıldız içeren ilk kataloğu 1781 C. Mayer tarafından oluşturulmuş, hemen ardından 1782 yılında ise W. Herschel 269 çift yıldız içeren ilk kataloğunu literatüre sunmuştur gün geçtikçe keşfedilen yıldızların sayısı çoğalmıştır (Worley, 1992). Günümüzde ise çift sistemlerin temel özelliklerini içeren çevrimiçi olarak ulaşılabilen GCVS,¹ ASAS,² AAVSO-VSX³ gibi veri tabanları kullanılmaktadır.

Çift yıldızların bileşenlerinin arasındaki uzaklıklar, sıcaklıkları, evrim durumları farklılık gösterebilir. Bu çeşitlilik sebebiyle çift yıldızlar gözlem yöntemleri, Roche loblarını doldurma derecesi ve ışık eğrileri gibi kriterler göz önünde bulundurularak sınıflandırılmıştır.

Gökyüzünde aynı bakış doğrultusunda çift yıldızmış gibi görünen ama aralarında fiziksel bir bağ bulunmayan yıldızlar “optik çiftler” olarak isimlendirilmiştir. Yıldızların birbirinden bağımsız olarak yaptığı uzay hareketleri sayesinde çift yıldız olmadıkları anlaşılır. Çıplak gözle veya bir gözlem aletiyle her iki bileşeni de ayırt edilebilen sistemlere “görsel çift yıldızlar” denir. Bilinen ilk çift yıldız ve aynı zamanda görsel çift olan Mizar 1650’li yıllarda İtalyan astronom J. B. Riccioli tarafından keşfedilmiştir (Niemela, 2001). Bazı çift yıldızların bileşenlerinden biri uzak olması nedeniyle görünmez, yıldızın yaptığı hareketleri sayesinde çift yıldız olduğu anlaşılır. Bu gibi sistemlere “astrometrik çift yıldızlar” denir. Bazı çift yıldızlar ise birbirlerine çok yakın olduklarından teleskopla ayırt edilemezler. Bu gibi yıldızların tayfsal gözlemlerinde görülen Doppler kayması onların çift yıldız sistemi olduğunu gösterir. Bu sistemler kullanılan gözlem aletine istinaden

¹ <http://www.sai.msu.su/gcvs/index.htm>

² <http://www.astrouw.edu.pl/asas/?page=papers>

³ <https://www.aavso.org/vsx/>

“spektroskopik çift yıldızlar” ismini almışlardır. Spektroskopik çift yıldızların keşfedilebilmeleri için sistemin yörünge düzleminin bakış doğrultumuza dik olmaması gerekir. 1889 yılında E. C. Pickering görsel çift olan Mizar’ın bileşenlerinin spektroskopik çift yıldız olduğunu belirlemiştir (Niemela, 2001). Bir çift sistemin yörünge düzlemi ile bakış doğrultumuz arasında uygun bir açı var ise sistemin bileşenleri yörüngelerinde yaptıkları dolanım hareketi sırasında birbirlerini örterler. Bu şekilde parlaklık değişimi gösteren sistemlere “örten çift sistemler” denir.

Örten çift yıldızların birbirlerini örtmesi sebebiyle parlaklıklarında periyodik bir değişim meydana gelir. Bu değişimlerden elde edilen ışık eğrilerinin şekilsel farklılıklarına göre örten çift sistemler Algol, β Lyr ve W UMa şeklinde üç ana sınıfa ayrılmıştır.

Tez çalışmasında örten çift sınıfının son grubu olan W UMa türü iki sistem ele alınmıştır. W UMa türü çift sistemlerin ışık eğrilerinde sistem bileşenlerinin birbirine değmesi kaynaklı sürekli parlaklık değişimi gözlenmektedir. Işık eğrilerindeki diğer sınıflara göre en önemli ayırt edici özellikleri minimum parlaklıklarının birbirine yakın olmasıdır. Bu eş derinlikler ortak zarf olgusuyla açıklanır. W UMa türü çift sistemlerin A ve W olmak üzere iki alt sınıfı vardır. Bu sınıflardan A-alt tipinde kütlesi büyük olan bileşen diğer bileşenine göre sıcaktır. W-alt tipinde ise bu durum tersine dönmüştür yani kütlesi büyük olan bileşen nispeten soğuktur.

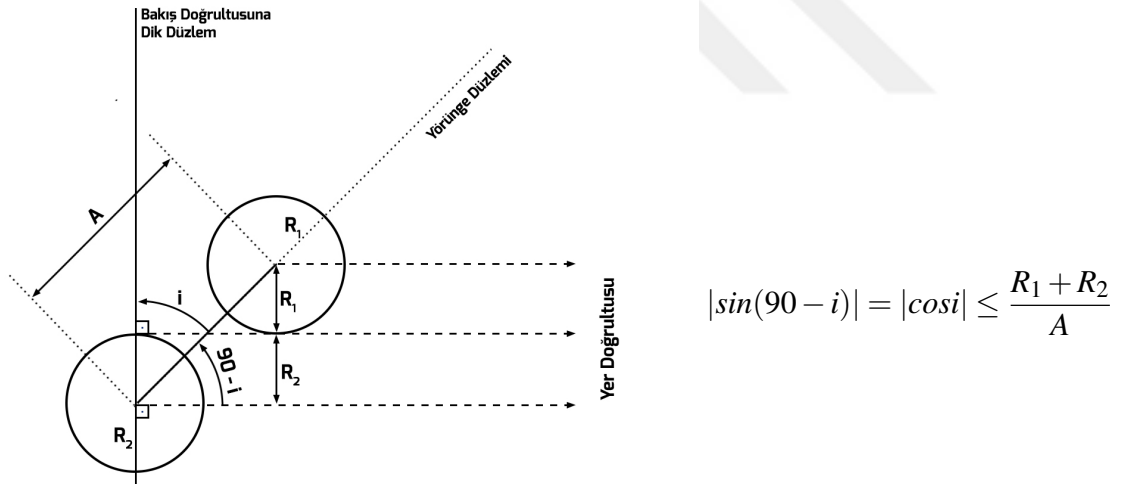
Bu çalışmada şimdiye kadar ayrıntılı çalışması yapılmamış W UMa türü örten çift sistem olan QQ Boo ve V342 Dra’nın fotometrik incelemesi yapılmıştır. Bu yıldızların daha önceki çalışmalarında (Diethelm, 2012; Hübscher ve Lehmann, 2015; Hübscher, 2016; Jurýšek ve diğ., 2017; Pagel, 2018; Paschke, 2014; Woźniak ve diğ., 2004) sadece minimum zamanları ve bir çalışmada da (Khruslov, 2006) dönemi verilmiştir. Çalışmamızda bu yıldızların fotometrik gözlemleri yapılmış ve bunların analizleri sonucunda her iki sistemin alt sınıfları, yenilenmiş minimum zamanları, ışık elemanları ve mutlak parametreleri elde edilmiştir. Bulunan parametreler bir çok çalışma ile karşılaştırılarak tartışması yapılmıştır.

2. GENEL KISIMLAR

2.1. ÖRTEN ÇİFT SİSTEMLER

Örten çift yıldızların hem fotometrik hem de spektroskopik gözlemlerinin yapılabilir olması ve sadece bu sistemlerin gözlem ve analizlerinden ilgili yıldızların kütle, yarıçap ve sıcaklık gibi temel parametrelerine ulaşabiliyor olmamız bu sistemlerin önemini arttırmıştır.

Bir çift sistemin örtme ve örtülme göstermesi, sistemin bileşenlerinin yarıçaplarına, bileşenlerin arasındaki uzaklığa ve sistemin yörünge düzleminin uzaydaki konumuna bağlıdır. Çift sistemlerin yörünge geometrisi **Şekil 2.1:**'de verilmiştir.



Şekil 2.1: Çift sistemlerin tutulma geometrisi.

Örten çift sistemlerin ışık eğrilerine baktığımızda farklı derinliklere sahip minimumlar görürüz. Bu minimum parlaklıklardan derin olana birinci (esas) minimum diğerine ise ikinci (yan) minimum denir. Birinci minimum genellikle kütleli ve sıcak olan baş bileşenin örtülmesiyle, yan minimum ise baş bileşenin ikinci bileşeni (yoldaş) örtmesiyle oluşur. Örten çift sistemlerde birinci veya ikinci minimum ortasından tekrar aynı noktaya gelene kadar geçen zaman aynıdır.

Çift yıldız gözlemleri art arda veya farklı zamanlarda birçok gece yapılır. Daha sonra bu gözlemler birleştirilerek tam bir ışık eğrisi elde edilmesi istenir. Bunu yapabilmek, gözlenen parlaklık değişimlerini ve sistemlerin özelliklerini anlayabilmek için ışık eğrilerinde “Jülyen Günü” yerine “evre” olarak bilinen bir büyüklük kullanılır. Evre, çift sistemin tam bir periyodunu gösteren 0’dan 1’e kadar olan aralıkta tanımlanır. Bu durumda baş minimum 0, ikinci minimum 0.5 ve tam bir periyod tamamlandığında da 1 evresine karşılık gelir. Sonuç olarak evre hesabı yapıldıktan sonra tamamlanmış periyotlar üst üste bindirilerek daha fazla veriyle tek bir ışık eğrisi edilebilir. Evre belirli bir gözlem için aşağıda verilen bir çift yıldızın efemeris tanımını kullanılarak hesaplanabilir:

$$t = t_0 + PxE \quad (2.1)$$

Burada t gözlem zamanı, t_0 ilk minimumun başlangıcı, P periyod ve E de ilk minimum başlangıcından itibaren gözlemim yapıldığı tarihe kadar geçen periyod (dönem) sayısıdır. Bu denklemden E epoku

$$E = \frac{(t - t_0)}{P} \quad (2.2)$$

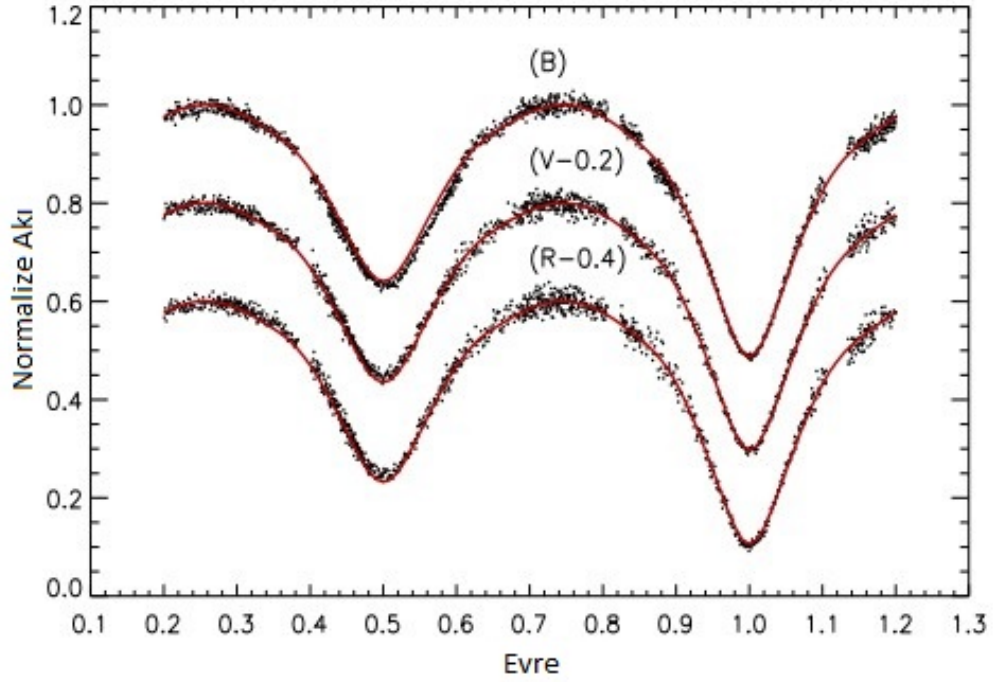
şeklinde bulunur. Bu oranın kesirsel kısmı t zamanına karşılık gelen evreyi verir.

Örten çift sistemlerin ışık eğrileri sistemlerin yapılarına göre farklılık göstermektedir. Bu sistemler üç ana başlık altında sınıflandırılmışlardır.

2.1.1. Algol Türü Örten Çift Sistemler

Algol türü örten değişenler, örten çift yıldızların ışık eğrilerinin şekline göre ayrılmış bir alt grubudur. Algol türü sistemlerin ışık eğrilerinde değişim gösteren kısımlar, örtme ve örtülmenin yaşandığı minimum parlaklıklardır, maksimum parlaklık sabittir ve yan minimumları bazı dalgalı boylarında hiç görülmeyebilir. Bu şekildeki ışık eğrisi bize gösterir ki bu sistemlerde bileşenler birbirlerinden uzaktır. Keskin iniş ve çıkışlar sayesinde tutulmaların başlangıç ve bitiş zamanı ışık eğrisinden saptanabilir.

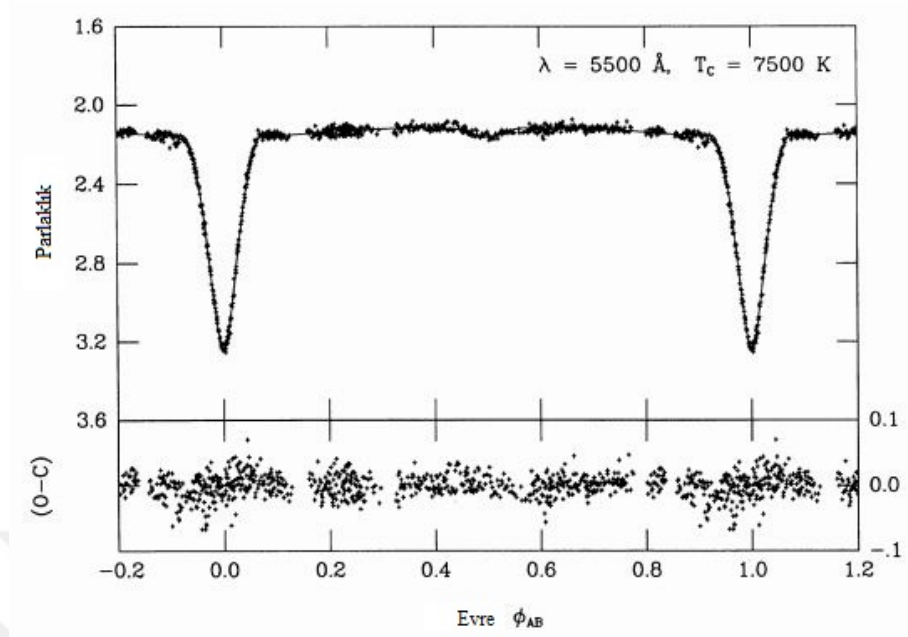
Algol sistemleri, düşük kütleli bileşenin Roche lobunu doldurduğu ve yoldaşına kütle aktardığı yarı-ayrık sistemlerdir. Küçük olan bileşenin başlangıç kütlesi daha fazla olduğundan daha fazla evrimleşmiştir. Gözlemler ve teorik ilişkiler arasında karşılaştırmalar,



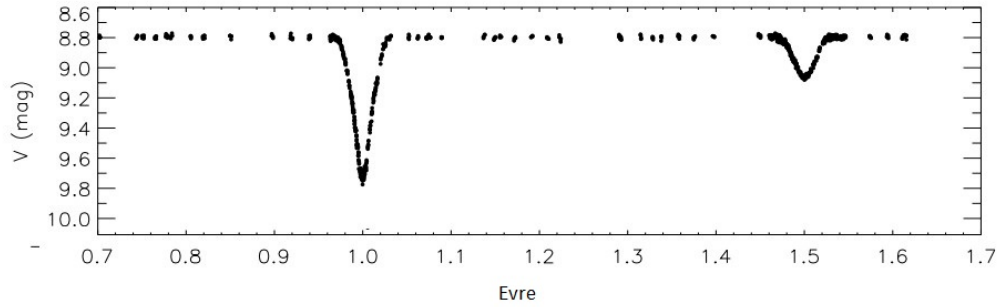
Şekil 2.2: Beta Lyrae türü örten bir çift sistem olan SX Aur'in B, V, R bandı ışık eğrisi (Öztürk ve diğ., 2014)

gözlenmiş yıldızların şimdiki kütlelerinin yaklaşık yarısı kadar kütle aktarması gerektiğini ortaya koymuştur. Yani Algol'ler kütle transferlerinin sonuna gelmemişlerdir (De Loore ve Doom, 1992). Bileşenlerden biri evrimleşmemiş diğeri evrimleşmiş ve kütle transferinin aktif olduğu yarı-ayrık durumdaki çiftler "Algol türü çiftler" veya "Algol benzeri çiftler" olarak adlandırılır. Bu tür çiftler tutulma gösteriyorlarsa Algol veya Beta Lyrae türünde ışık eğrilerine sahip olabilirler ya da hiç tutulma göstermezler. İroniktir ki Beta Lyrae yıldızı Algol türü çift olmasına rağmen Beta Lyrae şekilli ışık eğrisinin prototip yıldızıdır (Sterken ve Jaschek, 1996).

Bu grubun prototipi β Per'dir (Şekil 2.3:). Gökyüzünde en parlak ve bize en yakın ($d = 29pc$) olan örten çifttir ve tüm dalgalı boylarında oldukça kapsamlı bir şekilde çalışılmış yıldızlardan biridir. β Per, B tayf türünden birincil, K tayf türünden ikincil ve F tayf türünden de üçüncül bileşen içeren üçlü bir sistemdir. Kısa dönemli Algol olan β Per'in periyodu 2.8673 gündür (Richards ve diğ., 2012).



Şekil 2.3: β Per sisteminin V bandı ışık eğrisi (Richards ve diğ., 1988).



Şekil 2.4: Algol türü bir sistem olan BD +36 3317'nin V filtresindeki ışık eğrisi (Özdarcan ve diğ., 2012).

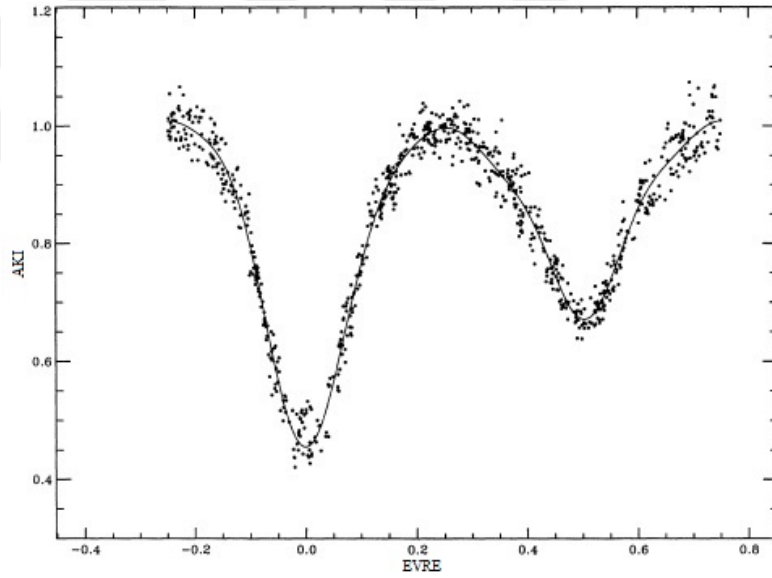
2.1.2. β Lyr Türü Örtün Çift Sistemler

β Lyr türü örtün değişenler, örtün çift sistemlerin ışık eğrilerine göre ayrılmış bir alt grubun üyesidir. β Lyr türü sistemlerin bileşenleri birbirlerine yakın olduklarından şekillerinde bozulma meydana gelir. Işık eğrilerinde bu bozulmadan kaynaklı sürekli değişim gözlenmektedir, bu durum tutulmaların başlangıç ve bitişini belirlemede zorluk çıkarır. Minimumlar arasındaki fark sistem bileşenlerinin sıcaklıkları ile ilişkilidir. β Lyr türü sistemleri W UMa türü sistemlerden ayıran durum, birinci ve ikinci minimum derinliklerinin farklı olmasıdır. Yörünge dönemleri genellikle 1 günden daha uzundur. Bileşenleri çoğun-

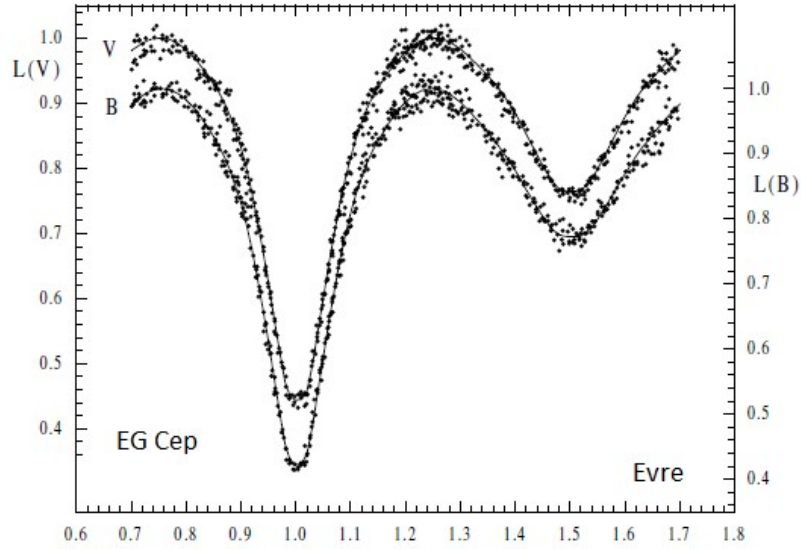
lukla B-A tayf sınıfındandır ve genellikle bileşenlerden biri Roche lobunu doldurmuştur.

β Lyr türü sistemlerde bileşenlerin evrim durumları çeşitlilik gösterir. Evrimleşmemiş iki anakol yıldızı içeren sistemler varken her iki bileşeni de evrimleşmiş sistemler de mevcuttur. Buna ek olarak örtülme göstermeyen ama β Lyr olarak sınıflandırılmış sistemler de vardır. Bu sistemlerde ışık değişiminin ve minimum derinliklerinin oluşmasını sağlayan faktörler eliptiklik etkisi (armutlaşma) ve kenar karmasıdır.

Grubun prototip yıldızı, β Lyr'dir. 1784 yılında Goodrick tarafından değişkenliği keşfedilen yıldızın spektroskopik sınıflandırılmasını Pickering (1819) yapmıştır (Kopal, 1941). Bu sistemde parlak olan bileşen Roche lobunu doldurmuştur ve diğer bileşene madde aktarmaktadır. Diğer bileşene aktarılan madde, bileşen etrafında kendisinin gözükmesini engelleyecek kadar optikçe kalın bir disk oluşturmuştur.



Şekil 2.5: β Lyr sisteminin V bandı ışık eğrisi (van Hamme ve diğ., 1995).



Şekil 2.6: β Lyr türü bir sistem olan EG Cep'in V filtresindeki ışık eğrisi (Erdem ve diğ., 2005).

2.1.3. W UMa Türü Örtün Çift Sistemler

W UMa türü sistemlerin ışık eğrilerinde neredeyse eşit derinlikte minimumlar ve sürekli değişimler gözlenir. Bu sistemlerde bileşenler birbirlerine değme yakınlığında oldukları için çekim etkisinin yarattığı gelgitler sebebiyle bileşenlerin küresel yapıları bozulmuştur. Bu durum sürekli parlaklık değişimini açıklar. Eşit sıcaklıkların göstergesi olan benzer derinliğe sahip minimumların sebebi bileşenler arası enerji transferidir. Sistemin bileşenleri dairesel bir yörüngeye sahiptir ve eş dönme gösterirler, yani bileşenlerin dönme ve yörüngede dolanma süreleri birbirlerine eşittir. W UMa türü sistemler, yörünge periyotları 0.2 – 1 gün arasındadır. Yörünge dönemlerinin kısa olması sebebiyle gözlem için daha çok tercih edilirler. Spektral tipleri A – K arasında değişen anakol yıldızlarıdır (Sriram ve diğ., 2014). Bu sınıfın prototip yıldızı W UMa'dır (Şekil 2.10:).

(Li ve diğ., 2004) geç tip W UMa sistemlerin toplam kütesinin oldukça düşük olduğunu ve sistem bileşenlerinin kütleleri birbirlerine eşit olmadığını söylemişlerdir. Bu sistemlerde kütle oranı (q) 0.008 – 0.8 arasındadır (Skelton ve Smits, 2009).

Anakol yıldızları olan W UMa türü çift sistemler için kütle-ışınma gücü bağıntısı

$$\frac{L_2}{L_1} = \left(\frac{M_2}{M_1} \right)^\alpha \quad (2.3)$$

dikkate alındığında bileşenlerin farklı kütlelere sahip olması farklı sıcaklıklara sahip olmasını gerektirirken W UMa türü sistemlerde aksi gözlenir. Eşit sıcaklıkların göstergesi olan benzer derinliğe sahip minimumların sebebi konvektif ortak zarf vasıtası ile bileşenler arası enerji transferi olarak düşünülse de bu transferin nasıl ve nereye olacağı konusu açık değildir (Li ve diğ., 2004).

Kütle-ışınma gücü ilişkisiyle ilgili yapılan teorik ve gözlemsel çalışmada araştırmacılar, α için farklı değerler bulmuştur. Parenago ve Masevich (1951) $L \propto M^{5.3}$ ilişkisi bulunurken, Osaki (1965) bu değeri "1"; Lucy (1968) "0.96"; Binnendijk (1970) "2" bulmuştur. Webbink (2003) çalışmasında α değerini "0.92" olarak vermiştir. Csizmadia ve Klagyivik (2004) yaptıkları çalışmada bu değeri "4.6" olarak bulmuşlardır. Awadalla ve Hanna (2005), α değerini A-alt tipleri için "0.65", W-alt tipi için "0.72" verirken tüm W UMa türleri için bu değeri "0.74" olarak vermişlerdir.

W UMa türü sistemler örten çift olmalarının yanı sıra "aşırı degen çift sistemler" olarak da bilinirler. Aşırı degen sistemlerin bileşenleri farklı evrim aşamalarındaki farklı kütlelere sahip yıldızlardır. Bileşenlerin evrimi birbirlerine yakınlık sebebiyle bir diğerinden etkilenmiştir. Aslında bu durum aşırı degen sistemler için nadir değildir. Başlangıçta daha düşük kütleli bileşen yoldaşının evrimi sırasında aktarılan materyal sayesinde daha büyük gözükmektedir. Bu olgu genellikle ters dönmüş kütle oranı olarak adlandırılır ve aynı sistemden birden fazla defa gerçekleşebilir (Çalışkan ve diğ., 2014).

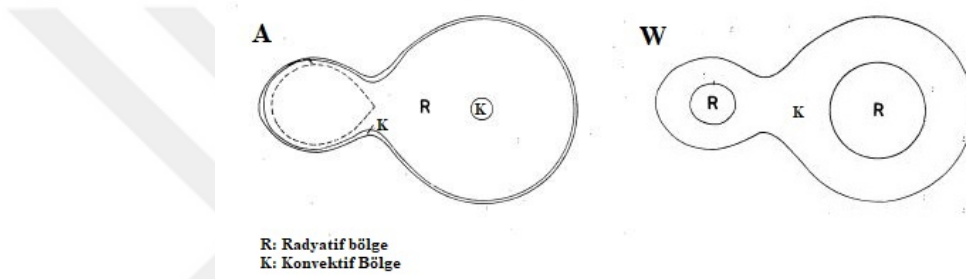
W UMa türü sistemlerin fotometrik ve spektroskopik gözlemleri göz önünde bulundularak ve kütle – sıcaklık ilişkisine dayanarak Binnendijk (1970) tarafından A-alt tipi ve W-alt tipi sistemler olarak iki sınıfa ayrılmışlardır. A-alt tipi sistemlerde kütlesi büyük olan bileşen aynı zamanda sıcak olan bileşen iken W-alt tipi sistemlerde sıcak olan bileşen daha düşük kütlelidir.

Genel olarak erken tayf türlerinde olan A-alt tipi W UMa sistemleri yüksek ısıtma, büyük kütle ve küçük kütle oranına sahiptirler ($q < 0.3$). Büyük bileşen daha sıcak olduğu için derin minimum örtülme ile oluşur. Bu tip, genellikle aşırı degen çift sistemlerdir ve kalın bir ortak zarfa sahiptir.

W-alt tipi sistemler ise genel olarak geç tayf türlerindedir. Bu sistemler düşük ısıtma, küçük kütle ve büyük kütle oranına sahiptirler ($q > 0.3$). Küçük kütleli bileşen daha sıcak

olduğundan derin minimum örtme ile oluşur. A-alt tipinin tersine bu sistemdeki ortak zarf o denli belirgin değildir. W-alt tiplerinin çoğunluğunun değme oranları düşüktür (Liu ve diğ., 2014).

Rucinski (1974), A-alt tipi sistemlerin iç yapısının sığ bir konvektif bölgeden ve her iki bileşeni içine alan ortak bir radyatif zarftan oluştuğunu önermiştir. Birinci bileşende kütle sine bağlı olarak konvektif bir çekirdek bulunabilir. İkincil bileşenin eşpotansiyel yüzeyindeki en iç yapısı dış koşullar ve çekirdekteki enerji üretim mekanizmasına göre belirlenir. W-alt tipi sistemler, tam değme halinde derin konvektif zarfa sahip bir yapıda olacaktır (**Şekil 2.7:**).



Şekil 2.7: Daha sıcak A-alt tip ve daha soğuk olan W-alt tip değen sistemlerin iç yapısının şematik resmi (Rucinski, 1974).

A-alt tipi W UMa sistemlerinin ikinci bileşenleri -8.7 m/yıl şeklinde yavaşça genişlemektedir. W-alt tipi W UMa sistemlerinin ikinci bileşenleri ise 0.32 m/yıl şeklinde yavaşça büzülmeindedir. Büzülme sonucu açığa çıkan çekim enerjisinin bir kısmı ısı enerjisine dönüşerek ikinci bileşenlerin birinci bileşenlerden daha sıcak olmalarına neden olur (Özkardeş, 2010).

Csizmadia ve Klagyivik (2004), W UMa türü sistemlerde yeni bir sınıf sunmuşlardır. Bu sınıf yüksek kütle oranına sahip ($q > 0.72$) H-alt tipi sistemlerdir. Diğer değen sistemlerle ışınma gücü parametresine göre yaptıkları karşılaştırmada H-alt tipi sistemlerin enerji transferinin veriminin düşük olduğunu söylemişlerdir.

Periyotları 1 günden daha az olan W UMa sistemleri, dönme periyodu 29 gün olan Güneş'e kıyasla çok hızlı dönerler. Fotosferde görülen diferansiyel dönme yıldızın daha hızlı dönmesini sağlar ve bu da burada güçlü alanlar yaratabilir. Yıldızların manyetik alanlarının bu sayede üretildiği düşünülmektedir. W UMa (EW) yıldızları hızla döndüklerinden manyetik aktivitelerinin uzun dönemli yıldızlara göre daha fazla olduğu beklenmektedir

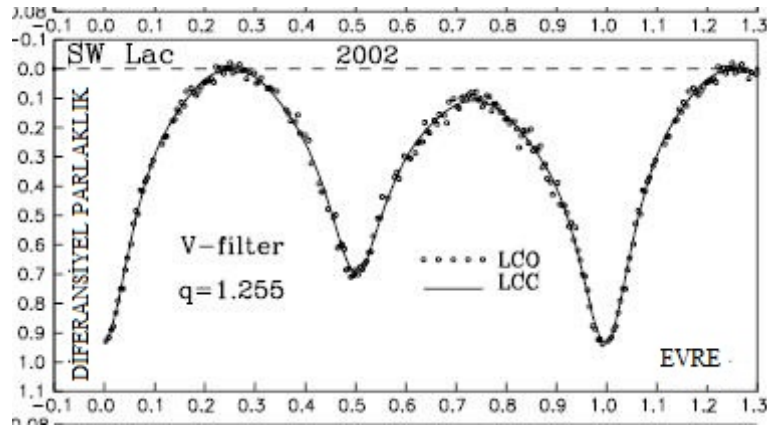
(Skelton ve Smits, 2009).

W UMa sistemlerinde bir çevrim içerisinde maksimum ışık seviyeleri arasında belirgin bir fark ortaya çıkar, buna O'Connell etkisi denir (**Şekil 2.8:**, **Şekil 2.9:**). Bu parlaklık değişimi yaygın olarak, yıldız yüzeyinde manyetik etkinlik, kütle transferi gibi etkenlerden oluşan sıcak veya soğuk bir lekenin varlığıyla açıklanmaktadır (Wilsey ve Beaky, 2009).

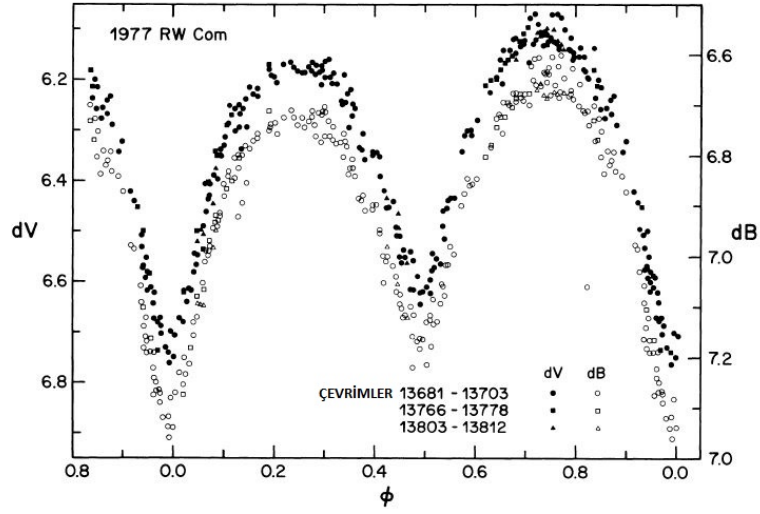
Soğuk leke gösteren sistemler, konvektif yüzeyli manyetik olarak aktif olan bileşene sahip çift sistemlerdir (Samec ve Terrel, 1995). Bileşenler arasındaki enerji transferini açıklayan modeller daima birinci bileşen üzerinden üretilmiştir. W-alt tipi sistemlerin yüzey sıcaklıklarındaki düşüş için kabul edilebilir tek açıklama birinci bileşen üstündeki soğuk lekenin varlığıdır (Gazeas ve Stępień, 2008).

Albayrak *ve diğ.* (2004) tarafından elde edilen SW Lac sisteminin ışık eğrisi **Şekil 2.8:**'de verilmiştir. Bu çalışmada, sistemin maksimum ışık seviyeleri arasındaki farkın birinci bileşen üzerinde bir soğuk lekenin varlığından kaynaklanabileceğini söylemişlerdir.

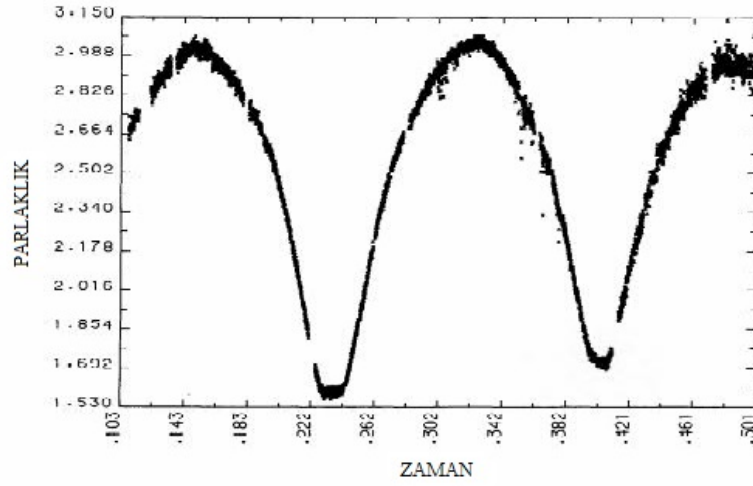
Shaw (1994), bileşenler arası kütle aktarımını, kütlelerin düştüğü bileşen üzerinde bir sıcak leke meydana getirebileceği ve bu lekenin ışık eğrisindeki maksimumlarının arasında belirgin bir farkın oluşacağını belirtmiştir.



Şekil 2.8: SW Lac sisteminin V bandı edilen ışık eğrisi (Albayrak *ve diğ.*, 2004).



Şekil 2.9: RW Com sisteminin gözlenen ışık eğrisi (Milone ve diğ., 1980).



Şekil 2.10: W UMa sisteminin V bandı ışık eğrisi (Linnell, 1985).

W UMa türü sistemlerin orijini ve evrimi ile ilgili başlıca iki tane senaryo vardır. Bunlardan ilki, anakol öncesi evredeki büzülmenin sonunda meydana gelen fizyon reaksiyonlarıdır. Bu senaryo gözlemsel olarak elde edilen sonuçları desteklemektedir. (Roxburgh, 1966; Lucy, 1977; Vilhu, 1982). Diğer bir senaryo, sistemin kademeli olarak açısal momentum kaybetmesiyle ayırık veya yarı-ayırık çift sistemden degen çift sisteme doğru evrimleşmesidir (Vilhu, 1982).

2.2. ROCHE MODELİ

Çift yıldızların evrimleri konusunda bazı çıkarımlar yapabilmek için, özellikle de bileşenler arası kütle transferi, bileşenlerin evrimi sırasındaki kütle kaybı kadar çiftin kütle kaybı konusunu anlayabilmek için, çift yıldız sisteminin bileşenleri arasındaki mesafenin ve bileşenlerin çekimsel alanlarının dikkate alınması gerekmektedir. Ayrıca çift yıldızlarda gelgit etkileri ve yıldızların dönmeleri de sistemde zaman içinde değişikliklere yol açar. Bu özellikleri ve değişimleri içeren sistemin geometrisi hakkında bilgi veren ve ilk kez Kopal (1972) tarafından ortaya konan Roche eşpotansiyelleri ile çift yıldızların problemleri analiz edilebilir. Bu model çift sistemin her iki bileşeninin çekim alanı etkisi içinde bulunan bir test parçacığının hareketini belirlemeye dayanır. Böylece iki yıldızdaki maddenin davranışı sistemin toplam potansiyeline bağlıdır. Diğer bir deyişle iki yıldızın kütleleri merkezlerinde yoğunlaşmış gibi kabul edilir ve yıldızların kütlelerine göre sonsuz küçük bir cisim göz önüne alınırsa aslında bu durum basitleştirilmiş üç cisim problemidir. Bilindiği üzere normal koşullarda 3-cisim problemi analitik olarak çözülemez. Ancak az önce belirtildiği gibi çift yıldızın hareketini etkilemeyecek küçüklükte bir üçüncü cisim alındığında problem çözülebilir hale gelmektedir.

Roche modeli oluşturulurken yukarıda sözü edilen kabullere ilaveten bazı varsayımlar daha yapılır. Bunlar (Kallrath ve Milone, 2009; Kippenhahn *ve diğ.*, 2012);

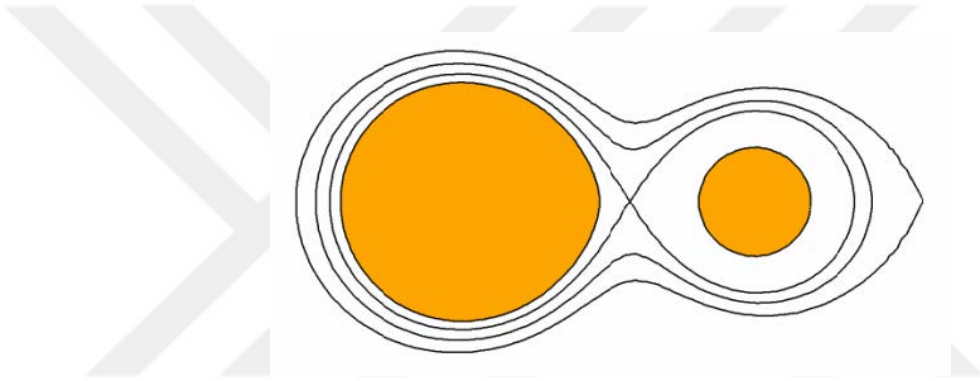
- a) Modelin uygulanabilmesi için yıldızlar hidrostatik dengede bulunmalıdırlar.
- b) Bileşenlerin yörüngelerinin dairesel olmalıdır.
- c) Yıldızların kendi eksenlerindeki dönme süreleri ile yörüngelerindeki dolanma süreleri eş zamanlı olmalıdır.
- d) Çift sistem katı bir cisim gibi dönmelidir.

Çift sistemin etrafındaki sonsuz küçük cismin bulunduğu herhangi bir noktadaki toplam kuvvet, bileşen yıldızların çekimini ve çift sistemin yörünge düzlemine dik bir eksen etrafındaki dönmesini göz önüne alarak bulunur (Kopal, 1972). Böylece bu nokta için hesaplanan potansiyel ile aynı değere sahip olan diğer noktalar bir eşpotansiyel yüzey oluştururlar ki, bu yüzeylerin aynı zamanda yıldız fotosferlerini temsil ettiği kabul edilirler. Eşpotansiyel yüzeyler sabit yoğunluklu yüzeyler olarak da kabul edilirler. Yıldızların

merkezlerine yakın yerlerin eşpotansiyel yüzeyleri daha küresel olurken, uzaklaştıkça küresellikleri azalır. Bütün bu eşpotansiyel yüzeyler içinde, iki yıldız arasında birbirini kesen sadece tek bir iç nokta vardır. Bu kesim yeri iç Lagrange noktası L_1 olarak bilinir. Bu kritik yüzeye, ilk kez benzer bir problemi çözen Fransız matematikçi E. Roche'a (1820-1883) ithafen Roche yüzeyi veya bu yüzeyin içinde kalan hacime Roche lobu ismi verilmiştir ve loblar her yıldız etrafındaki iki bölgeyi tanımlar.

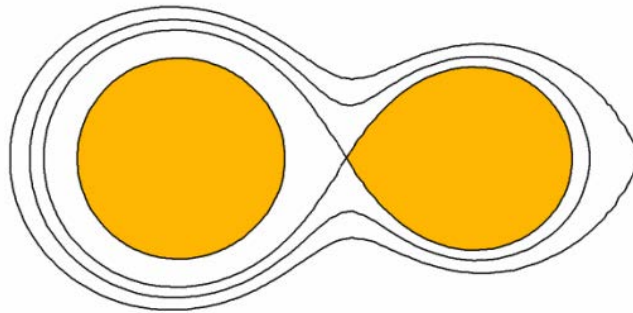
Çift yıldızlar, bileşenlerin Roche loblarını doldurma oranlarına göre morfolojik olarak şu şekilde sınıflanabilir (Kopal, 1959).

1. Ayrık sistemler: Bileşenlerin hiç biri Roche loblarını doldurmamıştır.



Şekil 2.11: Her iki bileşeni de Roche loblarını doldurmamış olan ayrık sistem (Terrell, 2001).

2. Yarı-ayrık sistemler: Bileşenlerden biri Roche lobunu doldurmuş diğeri doldurmamıştır.



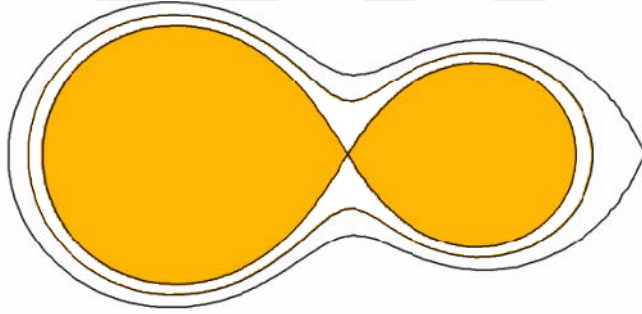
Şekil 2.12: Bir bileşeni Roche lobunu doldurmuşken diğeri Roche lobunu doldurmamış olan yarı-ayrık sistem (Terrell, 2001).

3. Değen sistemler: Bileşenlerin ikisi de Roche loblarını doldurmuşlardır. Değen sistemle-

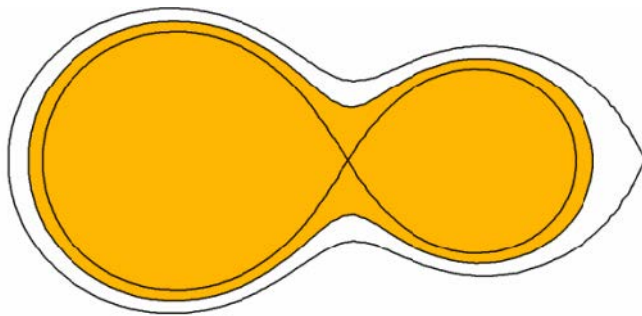
rin potansiyeli, iç ve dış kritik ortak zarfların potansiyelleri arasında olan ortak konvektif zarf ile tanımlanırlar. Eşpotansiyel yüzeyler sabit bir Ω parametresiyle ifade edilir. $\Omega_{iç}$, L_1 noktasından geçen iç kritik ortak zarf değeri ve $\Omega_{dış}$, dış kritik ortak zarf değeri olmak üzere değme derecesi Rucinski (1973) tarafından;

$$f = \frac{(\Omega_{iç} - \Omega)}{(\Omega_{iç} - \Omega_{dış})} \quad (2.4)$$

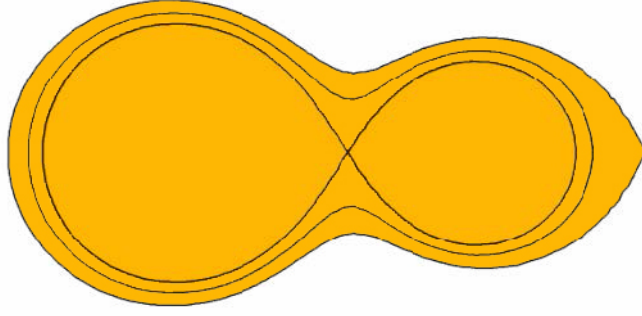
olarak tanımlanmıştır (He ve Qian, 2009). f değeri $0 \leq f \leq 1$ arasında değişir. $f = 0$ durumunda (**Şekil 2.13:**) sistemin değme evresi yeni başlamıştır, $f = 0.5$ durumunda (**Şekil 2.14:**) eşpotansiyel yüzeylerin yarısı dolmuştur, $f = 1$ durumunda (**Şekil 2.15:**) ise sistem tüm eşpotansiyel yüzeylerini doldurmuştur.



Şekil 2.13: Her iki bileşen de Roche lobunu doldurmuş olan değen sistem (Terrell, 2001).



Şekil 2.14: Her iki bileşen de Roche lobunu doldurmuş ve etraflarında ortak bir zarf oluşmuş aşırı değen sistem (Terrell, 2001).

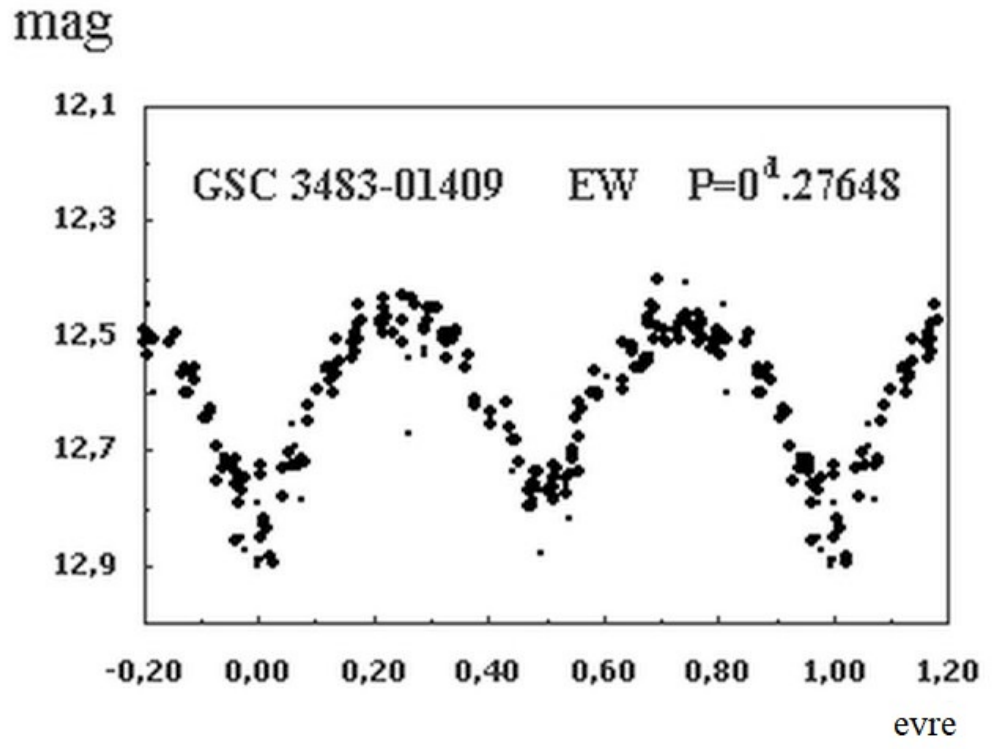


Şekil 2.15: Her iki bileşen de Roche lobunu ve tüm eşpotansiyel yüzeyleri doldurmuş aşırı değen sistem (Terrell, 2001).

2.3. SİSTEMLERİN LİTERATÜR BİLGİSİ

2.3.1. QQ Boo

Boötes takımı yıldızı içerisinde yer alan QQ Boo sisteminin V band parlaklığı 12.45 kadirdir. Northern Sky Variability Survey (NSVS) (Woźniak *ve diğ.*, 2004) gökyüzü tarama projesi ile ölçülen J , H , K parlaklıkları sırasıyla 11.072, 10.73, 10.682 kadirdir. 2004 yılından itibaren çeşitli kataloglarda yer almıştır. Kataloglardaki isimleri, GSC 03483-01409, 2MASS J15320482+4534073, [GGM2006] 5166947, Gaia DR2 1394887837372306816 şeklindedir. Woźniak *ve diğ.* (2004)'nın NSVS (Northern Sky Variability Survey) kuzey gökyüzü değişen yıldız tarama projesinden elde edilen gözlem verilerinden, ilk kez, Kh-ruslov (2006), sistemin minimum zamanlarını ve yörünge dönemini şöyle belirlemiştir: $t_0 = 2451415.775 \text{ HJD}$, $P = 0^s.27648$. Gettel *ve diğ.* (2006), NSVS verileri ile sistemin değen çift sistem olduğunu söylemişlerdir. **Tablo 2.1:**'de gösterilen sistemin minimum zamanlarını çeşitli araştırmacılar (Diethelm, 2012; Hübscher *ve* Lehmann, 2015; Hübscher, 2016; Juryšek *ve diğ.*, 2017; Pagel, 2018; Paschke, 2014) literatüre eklemiştir. Yıldızın günümüze kadar ayrıntılı fotometrik ve tayfsal çalışması yoktur.



Şekil 2.16: QQ Boötes'in ışık eğrisi (Khruslov, 2006).

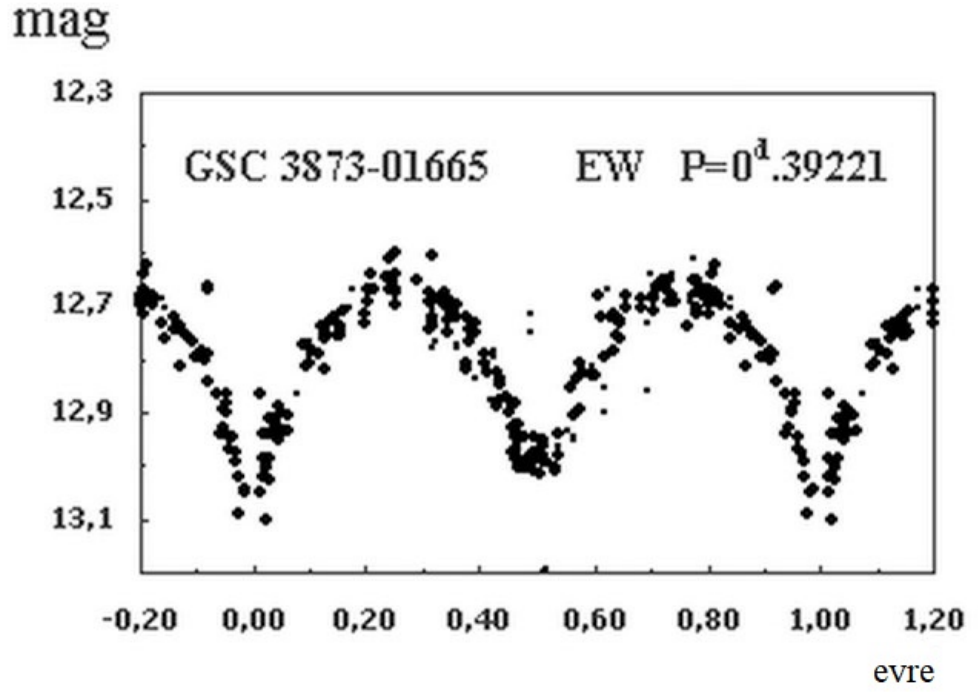
Tablo 2.1: QQ Boo sisteminin literatür minimum zamanları.

Çevrim	O-C	HJDmin	Minimum Türü	Filtre	Referans
0	0	2451415.776	I	R	Khruslov A V
16667	-0.0044	2456023.814	I	V	Diethelm
16667	-0.0069	2456023.949	II	V	Diethelm
17274	-0.0007	2456191.639	I	ccd	Paschke
19215	-0.0031	2456728.417	II	I	Hübscher ve Lehmann
19216	-0.0042	2456728.554	I	I	Hübscher ve Lehmann
19277	-0.005	2456745.418	I	I	Hübscher ve Lehmann
19277	-0.0012	2456745.56	II	I	Hübscher ve Lehmann
19403	-0.004	2456780.393	II	ccd	Juryšck ve diğ.
20550	-0.0047	2457097.374	I	I	Hübscher
20550	-0.0017	2457097.515	II	I	Hübscher
20561	-0.0042	2457100.415	I	I	Hübscher
20561	-0.0025	2457100.555	II	I	Hübscher
20637	-0.0011	2457121.431	I	V	Juryšck ve diğ.
20752	-0.0052	2457153.36	II	ccd	Juryšck ve diğ.
20753	-0.0021	2457153.501	I	ccd	Juryšck ve diğ.
20778	-0.0029	2457160.412	I	ccd	Juryšck ve diğ.
22044	-0.0035	2457510.432	I	V	Pagel
23206	-0.0049	2457831.696	I	V	Pagel
23267	-0.0066	2457848.56	I	V	Pagel
23267	-0.0052	2457848.699	II	V	Pagel
23303	-0.0064	2457858.513	I	V	Pagel
23303	-0.0051	2457858.652	II	V	Pagel
23317	-0.0054	2457862.523	II	V	Pagel
23318	-0.0068	2457862.66	I	V	Pagel

2.3.2. V342 Dra

Draconis takımyıldızı içerisinde yer alan V342 Dra sisteminin V band parlaklığı 12.623 kadirdir. Northern Sky Variability Survey (NSVS) (Woźniak *ve diğ.*, 2004) gökyüzü tarama projesi ile ölçülen *J*, *H*, *K* parlaklıkları sırasıyla 11.264, 10.932, 10.850 kadirdir. 2004 yılından itibaren çeşitli kataloglarda yer almıştır. Kataloglardaki isimleri, GSC 03873-01665, 2MASS J15530237+5504315, [GGM2006] 2815237, NSVS 2815238 şeklindedir. Gettel *ve diğ.* (2006), ilk kez Northern Sky Variability Survey (NSVS) (Woźniak *ve diğ.*, 2004) gökyüzü tarama projesi ile elde edilen ışık eğrisi verisini kullanarak sistemin degen çift sistem olduğunu söylemişlerdir. Khruslov (2006), ise aynı ışık eğrisi verisini kullanarak sistemin sınıfını, minimum zamanını ve yörünge dönemini belirlemiştir (EW, $t_0 = 2451391.780$ HJD, $P = 0^s.39221$). Hoffman *ve diğ.* (2009), bu sistemi çift yıldızları sınıflama çalışmalarında kullanmışlardır. **Tablo 2.2:**'de gösterilen sistemin minimum zamanlarını çeşitli araştırmacılar (Diethelm, 2012; Hübscher ve Lehmann, 2015;

Juryšek ve diğ., 2017) literatüre eklemişlerdir. Yıldızın günümüze kadar ayrıntılı fotometrik ve tayfsal çalışması bulunmamaktadır.



Şekil 2.17: V342 Dra'nın ışık eğrisi (Khruslov, 2006).

Tablo 2.2: V342 Dra sisteminin literatür minimum zamanları.

Çevrim	O-C	HJDmin	Minimum Türü	Filtre	Referans
0	0	2451391.78	I	R	Khruslov
11841	-0.0024	2456035.936	I	V	Diethelm
13716	-0.0019	2456771.527	II	I	Hübsher ve Lehmann
14861	-0.007	2457220.406	I	R	Juryšek ve diğ.

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. SİSTEMLERİN SEÇİMİ

Sistemlerin seçiminde SIMBAD⁴ veri tabanından yararlanılmıştır. SIMBAD güncel halinde 10 milyonun üzerinde veri barındırmaktadır. Burada seçim yaparken bazı kriterler göz önünde bulundurulmuştur. Sistemlerin W UMA sınıfında olmalarına, Mart-Kasım ayları arasında gözlenenebilmelerine ve dik açıklıklarının 0°'nin üzerinde olmasına dikkat edilmiştir. V band parlaklıkları 8-13 kadir arasında seçilmiştir. SIMBAD'a girilen kriterin yazım şekli aşağıdaki gibidir:

rah > 9 & rah < 24 & dec > 0 &
(Vmag < 13 & Vmag > 8)&
maintype = 'WU*'

Seçim kriteri girildikten sonra karşımıza 730 tane sistem çıkmaktadır. Bu sistemlerden referans sayıları ve literatür bilgileri göz önünde bulundurularak fotometrik analizi yapılmamış olan QQ Boo ve V342 Dra sistemleri bu çalışma için seçilmiştir.

3.2. FOTOMETRİK GÖZLEMLER

Bu çalışmada incelenen QQ Boo ve V342 Dra sistemlerinin gözlemleri, Çanakkale Astrofizik Araştırma Merkezi (CAAM) Ulupınar Gözlemevi'nde bulunan Ritchey-Chretien optik tasarımlı 60 cm. ayna çaplı İST60 teleskobu⁵ (**Şekil 3.1:**) ve ona bağlı olan SBIG-STL-1001E CCD kamera (**Şekil 3.2:**) ile Bessel *B, V, R* filtreleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. SBIG STL-1001E CCD kameranın piksel sayısı 1024*1024'dür ve her bir pikselin boyutu 24*24 mikrondur, 1024*1024 piksellik tüm görüntüyü okuma süresi 2.5sn'dir. QQ Boo'nun gözlemleri Mart – Nisan 2013 tarihleri arasında toplam 7 gecede V342 Dra'nın gözlemleri ise Mart – Haziran 2013 tarihleri arasında toplam 13 gecede yapılmıştır. QQ Boo'nun gözlemlerine ait bilgiler **Tablo 3.1:**'de, V342 Dra'nın gözlemlerine

⁴ <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/>

⁵ <http://gozlemevi.istanbul.edu.tr/tr/content/gozlemevi-olanaklari/ist60-teleskobu>

ait bilgiler **Tablo 3.2:**'de verilmiştir.



Şekil 3.1: Çanakkale Ulupınar Gözlemevi'nde bulunan İST60 teleskobu.

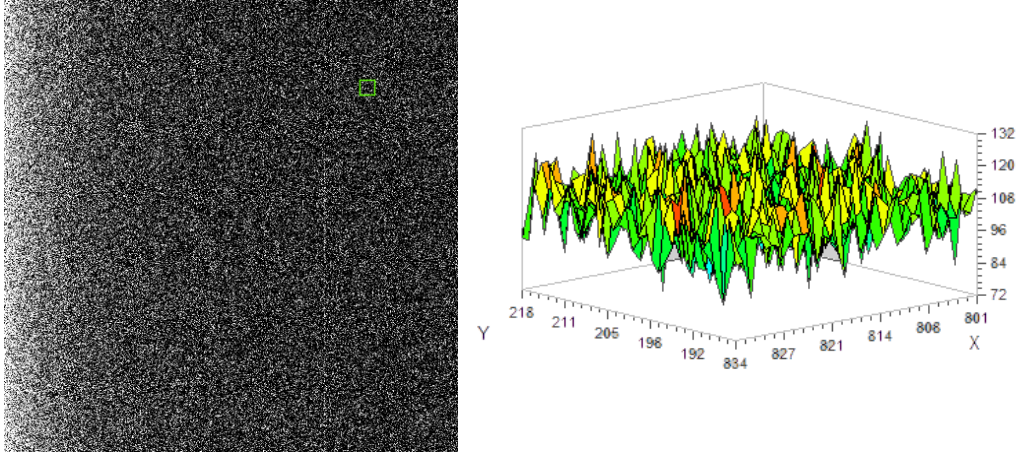


Şekil 3.2: SBIG-STL 1001E CCD Kamera.

Fotometrik gözlemlerde sadece cisimlerin görüntülerini almak duyarlı bir ışık eğrisi elde etmek için yeterli değildir. Görüntüleri daha güvenilir bir hale getirmek için gözlem görüntüleriyle birlikte her gözlem gecesi için bias, dark ve flat görüntülerinin alınması gerekir. Bu görüntüler şu şekilde tanımlanır:

Bias görüntü ya da bias, sıfır saniye görüntüsü de denilen bu görüntü CCD kameranın örtücüsü kapalıyken 0 saniye poz süresi ile alınan görüntüdür. CCD Kameranın en düşük seviyedeki durumunu temsil eder. Her gözlem gecesi en az 5 tane bias alınması gerekir. Bias görüntünün, gözlem görüntülerinin ve diğer görüntülerin aynı CCD kamera sıcaklığında alınması gerekir. Bu tez çalışmasında QQ Boo ve V342 Dra'nın her gözlem gecesi için ortalama 15 adet bias alınmıştır. **Şekil 3.3:**'de gözlemlerde kullanılan CCD kamera ile alınmış bias görüntüsü ve 1024*1024lük X-Y ekseninde (801, 185) ve (834, 218) noktalarıyla sınırlandırılmış yeşil dörtgen alan içerisindeki piksellere düşen akı grafiği verilmektedir. Grafikte görüldüğü gibi minimum seviyede bile elektronik donanım içerisinde elektrofoton sayımı yapılmaktadır.

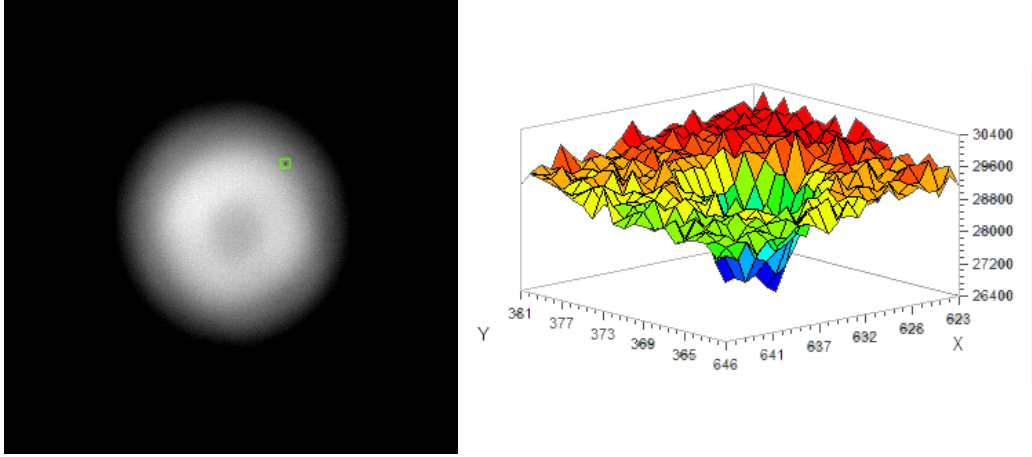
Flat görüntü, düz alan görüntüsüdür "flat" olarak da anılır. Tan vakitleri gökyüzünden veya kubbe içerisinde homojen bir şekilde ışık yansıtılmış bir perdeden alınır. CCD Kameranın piksellerinin duyarlılığını temsil eder ve aynı zamanda teleskop aynası veya kamera yüzeyinde bulunan görüntüyü etkileyecek yabancı cisimler de flat görüntüsünde yer



Şekil 3.3: SBIG STL-1001E CCD kamera ile alınmış bias görüntüsü (solda) ve görüntü üzerinde yeşil dörtgen ile belirtilmiş (801, 185) - (834, 218) koordinatlarına denk gelen bölgedeki pikseldeki akı sayımı (sağda).

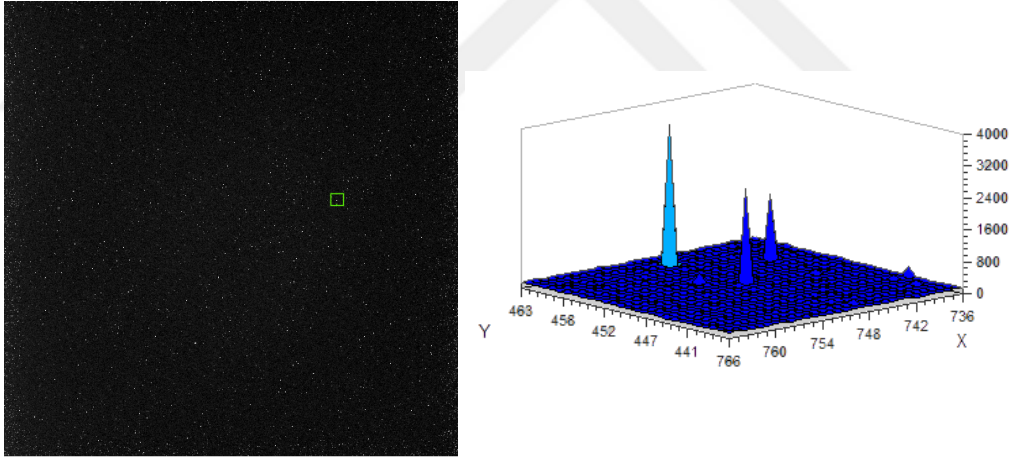
alır. Gözlemede kullanılan her bir filtre için flat görüntü alınır. Çanakkale Ulupınar Gözlemevi İST60 teleskop kubbesinde flat perdesi bulunmamaktadır. Bu sebeple flat görüntüler hava koşullarına bağlı olarak akşam veya gündüz tan vakitlerinde alınmıştır. Flat'ın alınmadığı durumlarda ise en yakın gözleme ait flatler kullanılmıştır. Flatler alınırken gözlem filtrelerine uygun olacak şekilde Bessel B, V, R filtreleri kullanılmıştır. **Şekil 3.4:**'de SBIG STL-1001E CCD kamera ile Bessel B filtresi kullanılarak alınmış flat görüntüsü ve 1024*1024lük X-Y eksenini üzerinde (623, 361) ve (646, 381) noktalarıyla sınırlandırılmış yeşil dörtgen alan içerisindeki piksellere düşen akı grafiği verilmektedir. Grafikte kırmızı renkler yüksek sayımı belirtirken mavi renge gidildikçe sayım düşmektedir. Grafikte görüldüğü gibi tüm piksellerin üzerine düşen ışık homojen olmasına rağmen her piksel ışığa aynı tepkiyi vermemiştir.

Dark görüntü, kara akım görüntüsüdür, kısaca "dark" da denilir. CCD kameranın çalışırken oluşturduğu sıcaklık pikselleri uyarır. Uyarılmış pikseller CCD kameranın kendi içerisinde fotoelektron üretmesine sebep olur buna kara akım denir. Ham gözlem görüntüleri kara akımı da içermektedir. Dark görüntü CCD kameranın ürettiği foto-elektronun bir ölçüsüdür. Dark görüntü CCD'nin örtücüsü kapalıyken ham ve flat görüntüler için kullanılan poz sürelerinde alınır. QQ Boo ve V342 Dra için **Tablo 3.1:** ve **Tablo 3.2:**'de verilen poz süreleriyle eş değer şekilde her gözlem gecesi için dark görüntüler alınmıştır. **Şekil 3.5:**'de SBIG STL-1001E CCD kamera ile 80 saniye poz süresi verilerek alınmış dark görüntüsü ve 1024*1024lük X-Y eksenini üzerinde (736, 436) ve (766, 463) noktalarıyla sınırlandırılmış yeşil dörtgen alan içerisindeki piksellere düşen akı grafiği veril-



Şekil 3.4: SBIG STL-1001E CCD kamera ile Bessel B filtresi kullanılarak alınmış flat görüntüsü (solda) ve görüntü üzerinde yeşil dörtgen ile belirtilmiş (623, 361) - (646, 381) koordinatlarına denk gelen bölgedeki piksellerindeki akı sayımı (sağda).

mektedir. Grafikte görüldüğü üzere CCD kameranın örtücüsü kapalıyken yani piksellerin üzerine ışık düşmediği durumda görüntü alındığında da sıcaklık sebebiyle bazı piksellerde akı üretimi olmaktadır.



Şekil 3.5: SBIG STL-1001E CCD kamera ile 80 sn. poz süresi verilerek alınmış dark görüntüsü (solda) ve görüntü üzerinde yeşil dörtgen ile belirtilmiş (736, 436) - (766, 463) koordinatlarına denk gelen bölgedeki piksellerindeki akı sayımı (sağda).



Tablo 3.1: QQ Boo sisteminin İST60 ile yapılan gözlem zamanları.

<i>Filtreler</i>	QQ BOO											
	B				V				R			
Gözlem Tarihi	Başlangıç Zam. (HJD+2456...)	Bitiş Zam. (HJD+2456...)	Poz Süresi (sn)	Görüntü Sayısı	Başlangıç Zam. (HJD+2456...)	Bitiş Zam. (HJD+2456...)	Poz Süresi (sn)	Görüntü Sayısı	Başlangıç Zam. (HJD+2456...)	Bitiş Zam. (HJD+2456...)	Poz Süresi (sn)	Görüntü Sayısı
03.03.2013	355.35101	355.58918	120-60	98	355.35486	355.58979	30-60	92	355.35276	355.59017	20-30	88
04.03.2013	356.3811	356.61747	120	87	356.38223	356.62133	60	87	356.38285	356.62193	30	83
05.03.2013	357.37038	357.62084	120	89	357.37152	357.61925	60	88	357.37213	357.61986	30	90
12.03.2013	364.39414	364.64627	120	19	364.39527	364.6474	60	21	364.39588	364.65072	30	25
17.03.2013	369.34304	369.42191	120	30	369.34417	369.42304	60	28	369.34479	369.42093	30	27
17.04.2013	400.33403	400.55315	120	62	400.33525	400.55428	60	69	400.33594	400.55217	30	64
18.04.2013	401.30081	401.59998	120	97	401.30195	401.59839	60	102	401.30255	401.59901	30	101
Toplam				482				487				478



Tablo 3.2: V342 sisteminin İST60 ile yapılan gözlem zamanları.

<i>Filtreler</i>	V342 DRA											
	B				V				R			
Gözlem Tarihi	Başlangıç Zam. (HJD+2456...)	Bitiş Zam. (HJD+2456...)	Poz Süresi(sn)	Görüntü Sayısı	Başlangıç Zam. (HJD+2456...)	Bitiş Zam. (HJD+2456...)	Poz Süresi(sn)	Görüntü Sayısı	Başlangıç Zam. (HJD+2456...)	Bitiş Zam. (HJD+2456...)	Poz Süresi(sn)	Görüntü Sayısı
17.3.2013	369.2830	369.3295	120	16	369.2842	369.3306	60	18	369.2848	369.3285	30	16
19.4.2013	402.2972	402.4554	140	36	402.2985	402.4535	70	33	402.2992	402.4542	40	30
20.4.2013	403.4118	403.5979	120	64	403.4129	403.5937	60	60	403.4135	403.5943	30	57
11.5.2013	424.3323	424.5051	90	80	424.3331	424.5039	40	77	424.3336	424.5043	20	77
12.5.2013	425.3835	425.4037	90	10	425.3843	425.4046	40	11	425.3848	425.4050	20	11
15.5.2013	428.2813	428.5012	90	81	428.2821	428.5020	40	92	428.2826	428.5025	20	84
17.5.2013	430.3326	430.5682	90	97	430.3335	430.5448	40	96	430.3339	430.5695	20	89
24.5.2013	437.3093	437.3882	60	37	437.3061	437.3889	30	42	437.3086	437.3875	30	41
25.5.2013	438.3149	438.3882	60	32	438.3156	438.3871	30	37	438.3161	438.3876	30	37
31.5.2013	444.3126	444.3475	60	10	444.3133	444.3481	30	18	444.3173	444.3468	30	16
3.6.2013	447.2920	447.3607	60	33	447.2927	447.3614	30	33	447.2932	447.3619	30	35
8.6.2013	452.3157	452.3725	60	32	452.3164	452.3732	30	32	452.3169	452.3737	30	28
22.6.2013	466.3534	466.5720	90	94	466.3543	466.5751	40	98	466.3547	466.5756	20	99
Toplam				622				647				620

3.3. FOTOMETRİK İNDİRGEMELER

Bir CCD kameranın çalışma prensibi, üzerine düşen fotonun kamera içerisindeki yarı-iletken madde ile etkileşerek elektron üretmesi ve bu üretilen fotoelektronların sayımıdır. Bu işlem sırasında CCD kameraya düşen foton farklı aşamalardan geçerek sayısal bir değer olarak okunur. CCD kamerada yarı-iletken üretilen elektron yonga üzerindeki her bir pikselin altında bulunan kuyularda toplanır. Kuyularda toplanan fotoelektronlar okuma işlemi için sayısal dönüştürücüye (yükseltici) taşınır ve burada yonga üzerindeki X-Y koordinatlarıyla beraber sayısal değerleri kaydedilir. Elektronları sayısal değere dönüştürme işlemi sırasında gözlem görüntüsünde istenmeyen etkiler meydana gelir. Bu problemler kısaca şu şekilde tanımlanabilir:

Okuma gürültüsü; Okuma yükselticisinde ortaya çıkan gürültüdür, yüklenmiş her bir kuyunun okunması sırasında ortaya çıkar. Modern CCD kameralarda $35e^-$ /pikseldir.

Kara akım; Silisyum atomlarının termal hareketiyle oluşan iç yüklerdir, ihmal edilmesi CCD kameranın soğutmasına bağlıdır.

Bias; CCD Kamerada bulunan taban gürültüdür, gece boyunca pikselden piksele değişkenlik gösterir.

Düz-alan gürültüsü: Piksellerin ışığa verdiği tepkiyi ölçmek için kullanılır.

Sıcak pikseller: Çok yüksek kara akım üreten piksellerdir.

Kozmik ışınlar; Uzaydan gelen yüksek enerjili parçacıklar Silisyum tabakasına çarparak enerjilerini kaybeder, bu durum birçok elektron üretir ve görüntüde parlak noktalara sebep olur.

Yukarıda bahsedilen gürültüler sebebiyle gözlem görüntülerinin ham halinden ışık ölçümü yapılamaz. Bu görüntülerden CCD kamera kaynaklı problemlerin temizlenmesi gerekir. Bunun için gözlem sırasında alınmış düz-alan (flat), kara akım (dark) ve sıfır-seyive (bias) görüntüleri kullanılır.

Veri indirgemenin bu ilk aşamasında ham görüntülerin kalibrasyonu için IRAF, MaximDL, C-Munipack, Binary Maker 3, AstroImageJ gibi farklı yazılımlar kullanılabilir.

Çalışmamızda QQ Boo ve V342 Dra sistemlerinin İST60 teleskobu ile elde edilmiş gözlemlerinin indirgemesinin bu aşamasında MaximDL⁶ programı kullanılmıştır. Bunun için MaximDL programında "Procces" başlığı altındaki "Set Calibration" aracı kullanılır. "Set Calibration"ın amacı birden fazla sayıda olan flat, bias ve dark görüntülerinin ortalamalarını alıp her birinden birer görüntü oluşturmaktır. "Set Calibration" penceresi içerisinde gözlem görüntülerinin bulunduğu klasörün yolu seçilir ve "Auto Generate"e tıklanır. Bu aşamada, belirtilen yoldaki tüm bias, flat ve dark görüntülerinin sıcaklıkları ve poz süresiyle birlikte bir listesini verir ve ardından "Replace w/Master" ile görüntüler birleştirilmiş olur. Bias, flat ve dark için oluşturulmuş bu tek görüntülere genel olarak "Master" ön eki eklenmektedir. Bir sonraki aşama ise Master hale getirilmiş bias dark ve flat görüntülerini ham görüntülerden temizlemektir. Bunun için "File" başlığının altındaki "Batch Save and Convert" aracından yararlanır. Açılan pencereden ham gözlem görüntülerinin olduğu klasör seçilerek tüm görüntüler programa tanıtılır. Sağ panelde ise görüntülerin dönüştürülmesi ve temizlenmesi ile ilgili kullanıcının isteğine bağlı seçenekler bulunmaktadır. Buradan uygun seçimler yapılarak görüntüler temizlenir. MaximDL, görüntülerin headerındaki bilgilere ulaşması ve bu bilgilere göre görüntüleri gruplandırması açısından avantajlı bir programdır. Bu temizleme işlemi sırasında arka planda yaptığı işler şu şekildedir:

1. Bias görüntülerinin ortalamasını alarak tek bir Masterbias görüntüsü oluşturur.
2. Dark ve Flat görüntülerden Masterbias görüntüleri çıkarır.
3. Bias çıkarılmış Dark görüntülerin ortalamasını alarak her bir poz süresi için Masterdarklar oluşturur.
4. Flat görüntüsü ile aynı poz süresinde alınmış Masterdark görüntüsünü flatten çıkarır.
5. Flat görüntülerinin ortalamasını alarak Masterflat oluşturur.
6. Tüm ham gözlem görüntülerinden Masterbias ve görüntülerin poz sürelerine göre hazırlanmış Masterdarkları çıkarır.
7. Masterbias ve Masterdark çıkarılmış görüntüleri kullanılan filtrelerle aynı şekilde alınmış Masterflatlere böler.

⁶ <http://diffractionlimited.com/product/maxim-dl/>

Yukarıda maddeler halinde bahsedilen bu aşamaların matematiksel ifadesi şu şekildedir:

$$ortB = \frac{\sum_{i=1}^N B_i}{N}, \quad ortD = \frac{\sum_{i=1}^N D_i - ortB}{N}, \quad ortF = \frac{\sum_{i=1}^N F_i - ortB - ortD}{N} \quad (3.1)$$

burada B , bias; D , dark; F , flat görüntülerdir. N ise görüntü sayısıdır.

Temizlenmiş görüntüler ise;

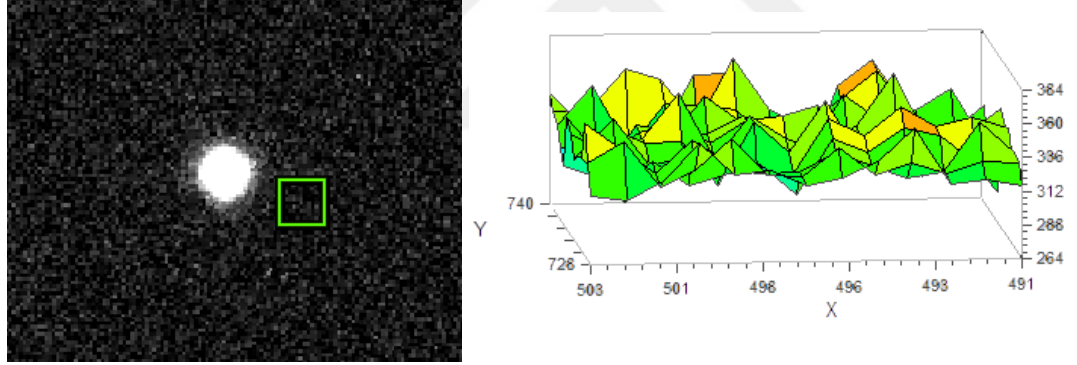
$$T_i = \frac{H_i - ortB - ortD}{ortF} \quad (3.2)$$

ile bulunur. Burada H , ham görüntüler; $ortB$, ortalaması alınmış bias, $ortD$ ortalaması alınmış dark, $ortF$, ortalaması alınmış flat görüntülerdir.

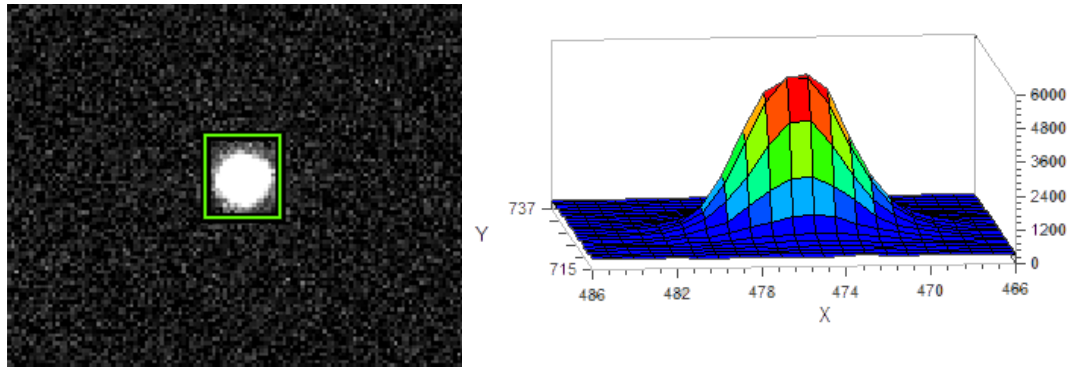
Böylece bu ön indirgemeye görüntüler ışık ölçümü için hazır hale getirilmiştir. Işık ölçümü, gözlem görüntüsü üzerindeki piksellerin sayısal değerlerini elde etmektir. CCD kameradaki yarı-iletken madde ne kadar çok foton ile uyarılırsa o kadar çok fotoelektron üretir ve ilgili pikseldeki sayım daha fazla olur. Her piksel kuyusunun toplayabileceği belirli bir fotoelektron sayısı vardır. Buna doyum değeri ya da saturizasyon değeri denir. Bir kuyuda en fazla 65536 elektron birikmektedir ilgili pikselin yarı-iletkenin uyarılmaya devam ederse üretilen fotoelektronlar kuyuda kalamazlar ve komşu kuyulara taşarlar. Işık eğrisi elde edilecek bilimsel gözlemlerde saturize olmuş bir pikselden sayım yapılmaması gerekir. Bu sebeple gözlem yapılacak cismin kendisi ve etrafındaki cisimlerin saturize olmayacak şekilde poz sürelerinin ayarlanması gerekir. Bölüm 3.2.'de anlatılan QQ Boo ve V342 Dra'nın gözlemleri ve flat görüntülerinin poz süreleri bu durum dikkate alınarak verilmiştir.

Temizlenmiş QQ Boo ve V342 Dra'nın gözlem görüntülerinin ışık ölçümlerini yapmak açıklık (aperture) fotometrisi yöntemi kullanılmıştır. Açıklık fotometrisi, gözlem görüntüsü üzerinde yıldız ışığının düştüğü piksellerdeki elektrofotonları ölçmeye dayanır. Bu yöntemde gözlem görüntülerinde yıldızın merkezine denk gelecek halka şeklinde bir açıklık belirlenir. Bu halkanın içerisindeki ışınım miktarı ilgili yıldızın aletsel parlaklığını verir. Farklı yarıçaplara sahip iç içe geçmiş halkalar belirlenerek ölçüm yapılan bu yöntemin amacı gökyüzü artalan ışınımını yıldızın ışığından temizlemektir. **Şekil 3.8:**'de görüldüğü

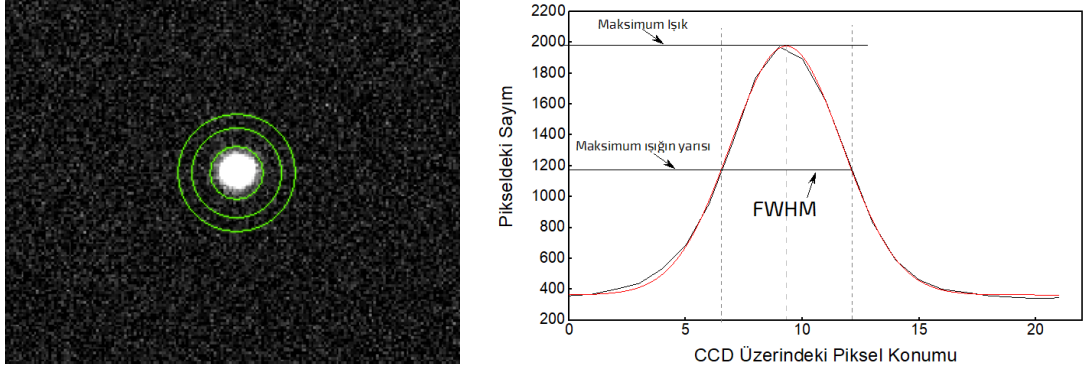
üzere yıldız merkezde olmak üzere yıldızı çevreleyen farklı boyutlarda halkalar belirlenir. Bir cismin gözleminde cismin parlaklığının merkezde maksimum olup kenarlara doğru gittikçe azalmasını bekleriz. Bu Gaussien dağılımın yarı yüksekliğindeki tam genişlik bize FWHM değerini verir. FWHM bir noktada odak ayarı ile ilişkilidir, standart çift yıldız gözlemlerinde bu dağılımın düzgün olmasını bekleriz. İç halkanın çapı yaklaşık olarak cisim görüntüsünün FWHM değerinin 2 katının 1 fazlasıdır ($2n + 1$). Bazı durumlarda yıldızın etrafındaki ilk halkanın etrafına bir halka daha eklenir bu halkaya gap (boşluk) denilmektedir. Gap halkasının amacı cisim görüntüsünün yakınında başka bir cisim var ise bunun ölçümünü yapmamaktır. Yani gap ile sınırlandırılmış alanın içerisinde ölçüm yapılmaz. En dış halka ise gökyüzü parlaklığını ölçmek için kullanılır. Dış halkanın çapı, görüntüdeki başka cisimleri veya kozmik ışınları almayacak şekilde ayarlanır. Bu aşamadan sonra yapılacak iş, halka içerisinde kalan yıldız parlaklığından gökyüzü parlaklığını temizlemektir. Gökyüzü parlaklığı ve yıldızın pikseller üzerindeki dağılımı **Şekil 3.6:** ve **Şekil 3.7:**'de verilmektedir.



Şekil 3.6: Solda görüntü üzerinde (491, 728) - (503, 740) koordinatlarıyla sınırlandırılmış gökyüzü parlaklığı bölgesi ve sağda bu bölgenin sayımı.



Şekil 3.7: Solda QQ Boo sistemi ve sağda bu sistemin akısının pikseller üzerinde dağılımı.



Şekil 3.8: Solda QQ Boo sistemi ve yıldızı çevreleyen açıklıklar, sağda aynı görüntü üzerinde iç açıklığa denk gelen parlaklık dağılımı.

C-Munipack ile Işık Ölçümü

QQ Boo ve V342 Dra sistemlerinin ışık ölçümleri için C-Munipack yazılımı kullanılmıştır. C-Munipack, CCD kamera ile alınmış değişen yıldız gözlemlerinin indirgemesi için kullanılan C/C++ dillerinde yazılmış ücretsiz bir programdır.⁷ Basit bir arayüzü vardır ve indirgeme işleminin her adımı bu arayüzden kontrol edilebilir (**Şekil 3.9:**). Tüm işletim sistemlerinde çalıştırılabilir. Fotometrik indirgemenin tüm aşamaları **Şekil 3.9:**'da şekillerle gösterilmiş araç çubuğundan yapılabilir ve bu şekillerin sırası indirge aşamalarının sırasına göre düzenlenmiştir.

File Name	Date and time	Filter	Stars	Results
tmp00001.mat	2017-12-11 19:52:46	Clear	701/891	Listing processed.
tmp00002.mat	2017-12-11 19:54:23	Clear	681/877	Listing processed.
tmp00003.mat	2017-12-11 19:55:59	Clear	864/864	Listing processed.
tmp00004.mat	2017-12-11 19:57:35	Clear	643/845	Listing processed.
tmp00005.mat	2017-12-11 19:59:11	Clear	584/908	Listing processed.
tmp00006.mat	2017-12-11 20:00:48	Clear	665/890	Listing processed.
tmp00007.mat	2017-12-11 20:02:24	Clear	670/866	Listing processed.
tmp00008.mat	2017-12-11 20:03:59	Clear	716/888	Listing processed.
tmp00009.mat	2017-12-11 20:06:11	Clear	707/902	Listing processed.
tmp00010.mat	2017-12-11 20:08:07	Clear	702/889	Listing processed.
tmp00011.mat	2017-12-11 20:10:04	Clear	710/859	Listing processed.
tmp00012.mat	2017-12-11 20:12:00	Clear	668/856	Listing processed.
tmp00013.mat	2017-12-11 20:13:56	Clear	669/887	Listing processed.
tmp00014.sit	2017-12-11 20:15:53	Clear	1	Image is not matched.
tmp00015.mat	2017-12-11 20:17:49	Clear	649/810	Listing processed.
tmp00016.mat	2017-12-11 20:19:45	Clear	129/153	Listing processed.
tmp00017.sit	2017-12-11 20:21:41	Clear	589	Image is not matched.
tmp00018.mat	2017-12-11 20:23:37	Clear	567/729	Listing processed.

Şekil 3.9: C-Munipack programının arayüz görüntüsü.

⁷ <http://c-munipack.sourceforge.net/>

Program, gözlemlerden elde edilen ".fit" uzantılı görüntüleri okuyamamaktadır. Bu sebeple ".fit" dosyalarını programın algılayabileceği ".fts" uzantısına dönüştürmek gerekir. Bunun için temizlenmiş gözlem görüntülerin olduğu klasör yolu "add files" ile programa tanıtılır ve C-Munipack'te yer alan "convert files" işlemi ile dönüştürme gerçekleştirilir. Dönüştürülmüş ".fts" uzantılı dosyalar programın sistem dosyasındaki klasöre geçiçi olarak kaydedilir.

Fotometri aşamasına geçilmeden önce "Preferences" penceresinden CCD kameranın teknik özellikleri, belirlenen aperture (açıklık) değerleri, gözlem yapılan gözlemevinin coğrafi konumu girilir bunun yanında parlaklık çıktı formatı, gözlem tarih formatı gibi seçimler yapılır. Bu çalışmada C-Munipack ile sistemlerin aletsel kadirleri ölçülmüş ve tarih formatı olarak Heliosentrik Jülyen Günü seçilmiştir.

Bu ayarlar yapıldıktan sonra belirtilen aperture (açıklık) değerlerine göre görüntü üzerindeki tüm yıldızların sayımı "Photometry" aracı ile yapılır. Bu araç belirtilen görüntülerin tamamında ve görüntü üzerindeki tüm yıldızların belirtilen açıklık içerisinde kalan bölgenin sayımlarını yapar. Bu aşamadan sonra görüntüleri hizalamak gerekir. İndirgeme programları gözlem görüntüsündeki pikselleri X-Y koordinat sisteminde üzerinde tanımlar ve tüm görüntülerde seçilen koordinatlardaki ışığın ölçümünü yapar. Teleskopların takip hızları her ne kadar hassas şekilde ayarlansa da bir gözlem gecesi boyunca takipte ufak değişimler meydana gelebilir ve bu durum gözlem görüntüsündeki cisimlerin koordinatlarının değişmesine neden olur. Hizalama yaparak cisimler her görüntü üzerinde aynı koordinatlara getirilir. Hizalama için C-Munipack'te "Match stars" aracı kullanılır. Görüntüler arasında kullanılmayacak olan görüntülerin hizalaması yapılamayacağı için bu aşamada C-Munipack tarafından bozuk görüntüler temizlenir. Bu aşamadan sonra görüntüler üzerinde ilgilenilen tüm cisimlerin aletsel kadirleri ölçülebilir. C-munipack seçilen cisimler için çıktı olarak bir veri dosyası verir. Burada ilgili cisimlerin Heliosentrik Jülyen Günü'ne karşılık gelen aletsel parlaklık değerleri bulunur.

Yıldızın salt aletsel kadirini belirlemek ışık eğrisini oluşturmak için yeterli değildir. Atmosferik sönmüleme ve sintilasyon fotometrik gözlemlerdeki en büyük hata kaynağıdır. Mutlak fotometri yapmak isteyen bir kişi doğru sonuçlar elde etmek için en iyi atmosferik şartlara ihtiyaç duyar. Ancak özellikle CCD kameralarla birlikte diferansiyel fotometri için atmosfere olan bağımlılık büyük ölçüde azalmıştır. Diferansiyel fotometri, karşılaş-

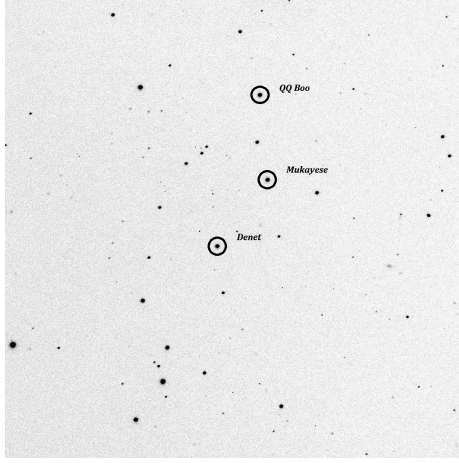
tırma yıldızlarının (mukayese ve denet) aynı görüntü içerisinde olması kaydıyla yüksek hassasiyete sahiptir (Balona, 1995). Diferansiyel fotometri bir nesnenin parlaklığındaki görelî değişimin zamana göre ölçümüdür. Bu parlaklık değişimi bir ışık eğrisinde zamana göre çizilebilir ve nesnenin periyodun belirlemek için ışık eğrisinde maksimum ve minimum bölümler incelenebilir (Kamısınki ve diğ., 2010). Işık eğrisini elde etmek için hedef, mukayese ve denet yıldızlarının aletsel parlaklıkları her görüntü için ölçülür. Ardından hedef yıldızın parlaklığı mukayese yıldızın parlaklığından çıkarılır. İki nesne de aynı hava kütlesi içerisinde kaldığından bu sayede incelediğimiz cismin ışığındaki atmosferik etkiler temizlenmiş olur. Denet yıldızı, mukayese yıldızının ışık değişimini görmek için kullanılır. Mukayese ve denet yıldızın parlaklıkları farkı zamana göre çizildiğinde parlaklıkta herhangi bir değişim olmaması gerekir.

Bu çalışmada mukayese ve denet yıldızlarını belirlemek için gözlem görüntüsü içerisinde parlaklıkları QQ Boo, V342 Dra ile benzer olan çok sayıda yıldız seçilmiş ve 2'li kombinasyonlar ile tüm seçilmiş yıldızların parlaklık farkına bakılmıştır. Mukayese yıldızının parlaklığından denet yıldızının parlaklığını çıkardığımız zaman parlaklık değişimi olmayan bir ışık eğrisi elde etmemiz gerekir aksi durumda mukayese veya denet yıldızlarından birinin ışığında değişim var demektir. Zamana göre ışık değişimi göstermeyen yıldızlardan en düzgün dağılımı gösteren iki yıldız seçilmiştir.

Bu tez çalışmasında ele alınan QQ Boo sistemi için toplam 7 geceden elde edilen verilerden indirgenerek diferansiyel fotometri yöntemiyle parlaklıkları elde edilmiştir. Fotometri sırasında kullanılan mukayese ve denet yıldızının korrinatları hedef yıldızın koordinatıyla birlikte **Tablo 3.3:**'de verilmiştir. 05.03.2013 gecesine ait R bandı gözlem görüntüsü üzerinde hedef mukayese ve denet yıldızları **Şekil 3.10:**'de gösterilmektedir.

Tez çalışmasının ikinci sistemi olan V342 Dra için toplam 13 geceden elde edilen veriler QQ Boo ile aynı yöntem ile indirgenerek parlaklıkları elde edilmiştir. 11.05.2013 gecesine ait R bandı gözlem görüntüsü üzerinde hedef mukayese ve denet yıldızlarının gösterilmiş hali **Şekil 3.11:**'de, mukayese ve denet yıldızının koordinatları **Tablo 3.4:**'de verilmiştir.

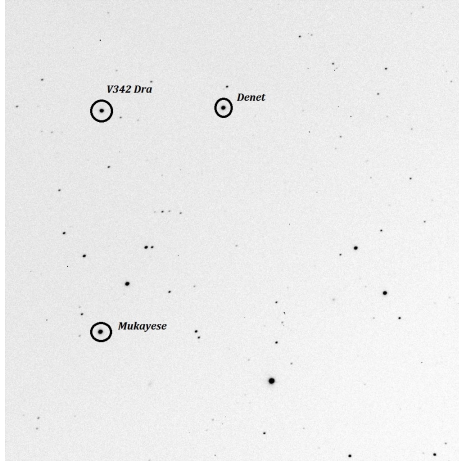
QQ Boo ve V342 Dra sistemlerinin indirgemenen elde edilen ilk ışık eğrileri **Şekil 3.12:** ve **Şekil 3.13:**'de verilmektedir.



Tablo 3.3: QQ Boo (hedef), mukayese ve denet yıldızlarının koordinatları.

Yıldız	α	δ
QQ Boo	15 32 04.829	+45 34 07.37
TYC 3483-999-1	15 32 10.756	+45 30 53.31
GSC 3483-1261	15 32 27.180	+45 29 13.99

Şekil 3.10: QQ Boo'nun 05.03.2013 tarihinde İST60 ile alınmış *R* bandı gözlem görüntüsü.



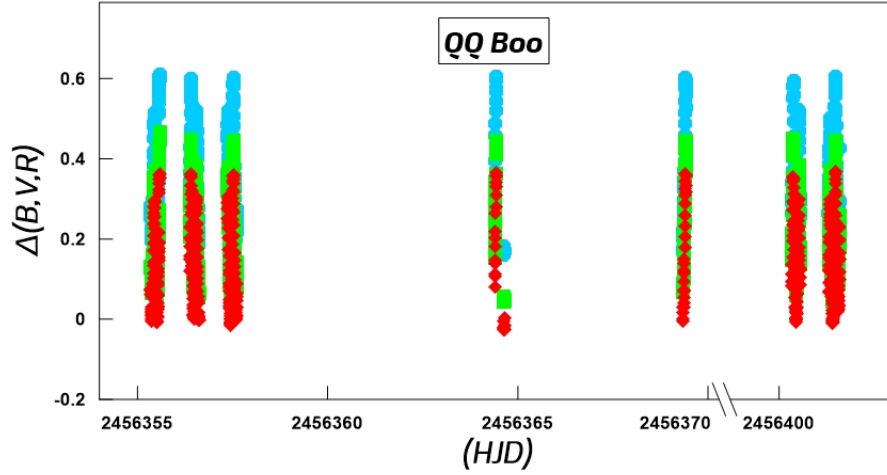
Tablo 3.4: V342 Dra (hedef), mukayese ve denet yıldızlarının koordinatları.

Yıldız	α	δ
V342 Dra	15 53 02.364	+55 04 31.47
TYC 3870-72	15 53 26.4995	+54 56 26.015
GSC 3873 1697	15 52 30.849	+55 02 45.38

Şekil 3.11: V342 Dra'nın 11.05.2013 tarihinde İST60 ile alınmış *R* bandı gözlem görüntüsü.

3.4. IŞIK ELEMANLARI

Heliosentrik Jülyen gününe karşılık elde ettiğimiz parlaklık değerleri ışık eğrisi üzerinde çalışmamız için henüz yeterli değildir. Daha doğru deyişle ışık eğrisinin "evre" ye göre elde edilmesi gerekir. Bunun için Heliosentrik Jülyen tarihine karşılık gelen evre, bölüm 2.1. de verilen 2.2 bağıntısı ile hesaplanır. Bu hesaplamada ilk minimum zamanına ihtiyaç vardır. Minimum zamanlar bileşenlerin bakış doğrultumuzda birbirlerini önünden geç-

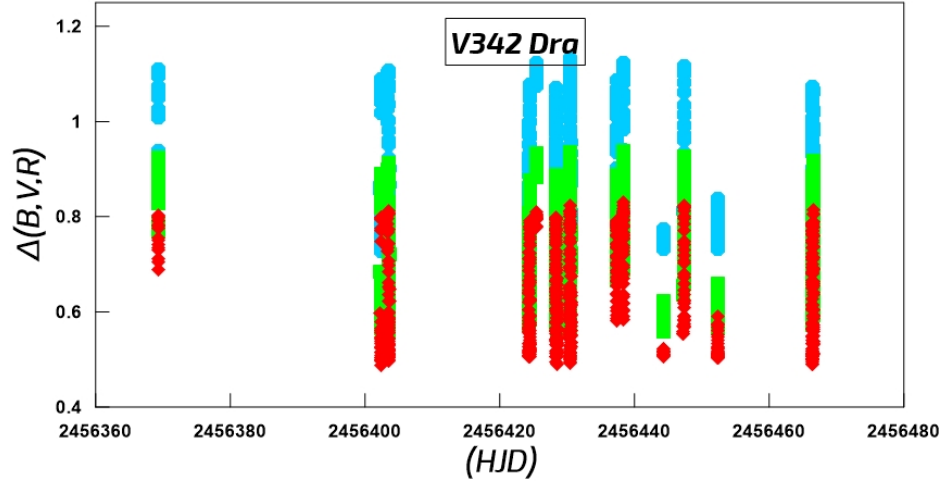


Şekil 3.12: C-Munipack ile fotometrisi yapılmış QQ Boo sisteminin Heliosentrik Jülyen gününe karşılık diferansiyel parlaklık eğrisi. Mavi renkli noktalar B bandı, Yeşil renkli noktalar V bandı, Kırmızı renkli noktalar R bandı parlaklık değerlerini temsil etmektedir.

tikleri zamandır. Soğuk bileşen sıcak bileşenin önünden geçtiğinde ışıpta büyük oranda azalma meydana gelir bu azalmanın maksimum olduğu zamana "Minimum I" zamanı denir. Sıcak bileşenin soğuk bileşenin önüne geçtiği durumda ise ışıpta nispeten daha az bir düşüş gözlenir. Bu azalmanın maksimum olduğu zamana ise "Minimum II" zamanı denir.

QQ Boo ve V342 Dra sistemlerinin minimum zamanları Bon Nelson tarafından yazılan Minima 25c⁸ isimli program aracılığıyla hesaplanmıştır. Hesaplanan minimum zamanları **Tablo 3.5:**'de verilmektedir. Minimum zaman düzeltmeleri her iki yıldız için de yapılmıştır. QQ Boo sistemi için bu tez çalışması kapsamında elde edilen 29 tane minimum zamanı ve literatürden alınan 2456728.554 (Hübscher ve Lehmann, 2015), 2457097.374 (Hübscher, 2016), 2457100.41540 (Hübscher, 2016) minimum zamanları kullanılmıştır. Benzer şekilde V342 Dra sistemi için bu çalışmadan elde edilen 24 tane minimum zamanı ve literatürden alınan 2456035.936 (Diethelm, 2012) ve 2457220.406 (Juryšek ve diğ., 2017) minimum zamanları kullanılmıştır. Gözlemlerden hesaplanan minimum zamanlarda aynı gecelere denk gelen B, V, R minimum zamanlarının ortalamaları alınmış (O) ve $P = 0.39221$ e göre yeni minimum zamanları hesaplanmıştır (C). Çevrime (E) karşılık gelen $O - C$ değerleri çizdirilmiştir. Dönem değişimi olup olmadığını anlamak için veriler yeterli değildir, düzeltmeler için en küçük kareler yöntemiyle doğrusal fit yapılmıştır. QQ Boo ve V342 Dra'nın $O - C$ diyagramları **Şekil 3.14:**'da verilmiştir. Yapılan düzeltmeler sonunda sistemlerin yeni efemerisleri hesaplanmıştır.

⁸ <https://www.variablestarssouth.org/software-by-bob-nelson/>



Şekil 3.13: C-Munipack ile fotometrisi yapılmış V342 Dra sisteminin Heliosentrik Jülyen gününe karşılık diferansiyel parlaklık eğrisi. Mavi renkli noktalar *B* bandı, Yeşil renkli noktalar *V* bandı, Kırmızı renkli noktalar *R* bandı parlaklık değerlerini temsil etmektedir.

QQ Boo sistemi için yeni lineer efemeris;

$$HJD_{(min)} = 2456356.4157 + 0.276476970 X E \quad (3.3)$$

$$\pm 0.0001 \pm 0.00000012$$

V342 Dra sistemi için yeni lineer efemeris;

$$HJD_{(min)} = 2456438.3403 + 0.392209546 X E \quad (3.4)$$

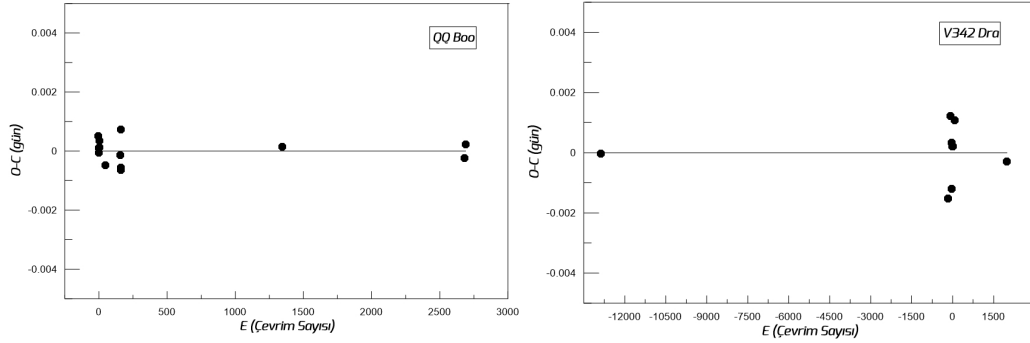
$$\pm 0.0003 \pm 0.00000008$$

şeklinde hesaplanmıştır. Bu değerlerden yola çıkarak QQ Boo ve V342 Dra sistemlerinin Heliosentrik Jülyen gününe karşılık gelen diferansiyel parlaklıkları, evreye çevrilmiştir. Sistemlerin ve mukayese denet yıldızların evre-diferansiye parlaklık ışık eğrileri **Şekil 3.15:** ve **Şekil 3.16:**'da verilmiştir.

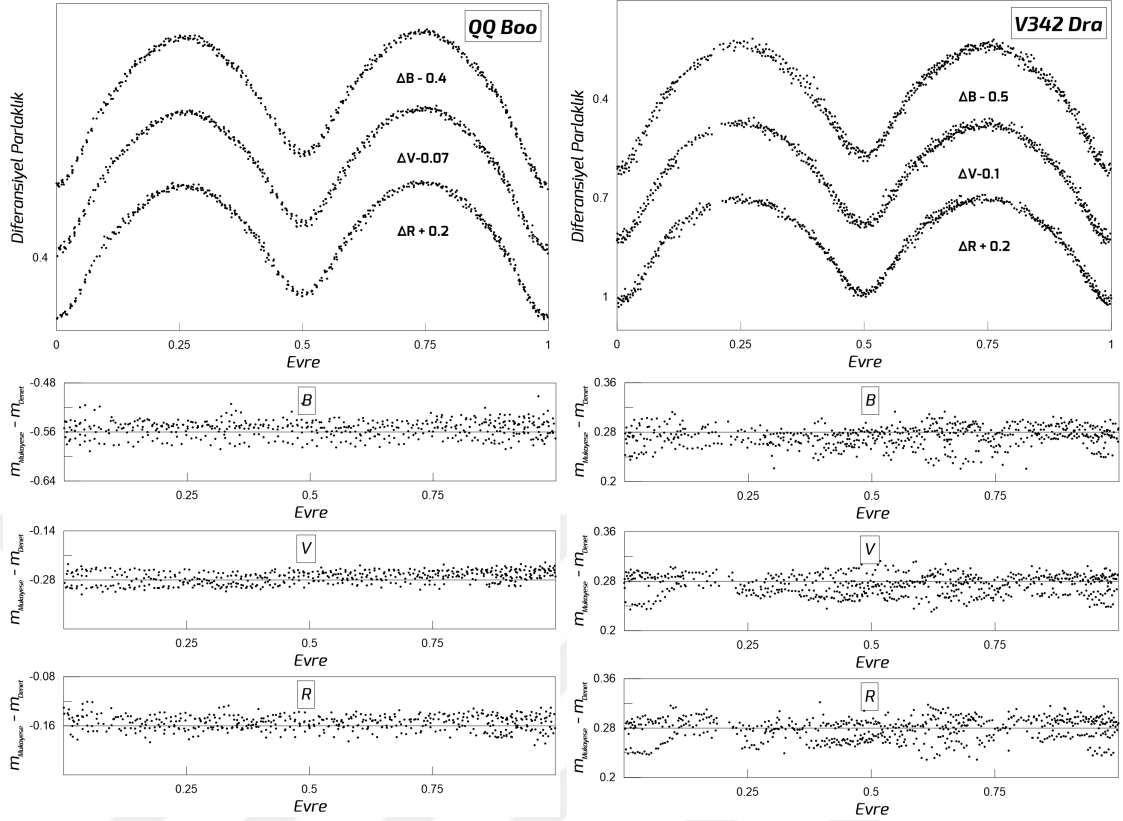
Sistemlerin 0.00, 0.25, 0.50, 0.75 evrelerindeki parlaklık seviye farkları her bir band için hesaplanmış ve bu değerler her iki sistem için **Tablo 3.6:**'da verilmiştir.

Tablo 3.5: QQ Boo sistemi için bu çalışmadan elde edilen B, V, R minimum zamanları.

QQ Boo				V342 Dra			
HJD Min.	Hata	Minimum Türü	Filtre	HJD Min.	Hata	Minimum Türü	Filtre
2456355.448100	0.000682	MinII	B	2456369.307	0.00208373	Min I	B
2456355.448561	0.000416	Min II	V	2456369.311	0.000835878	Min I	V
2456355.448808	0.000112	Min II	R	2456369.312	0.000355461	Min I	R
2456356.415496	0.000096	Min I	R	2456403.434	0.000373888	Min I	V
2456356.415596	0.000062	Min I	B	2456403.435	0.000712941	Min I	R
2456356.416186	0.000473	Min I	V	2456403.435	0.000349893	Min I	B
2456356.553402	0.000432	MinII	B	2456424.416	0.000818894	Min II	B
2456356.554031	0.001494	Min II	V	2456424.417	0.000600677	Min II	V
2456356.554080	0.000442	Min II	R	2456424.418	0.000184093	Min II	R
2456357.383122	0.000186	Min II	R	2456428.338	0.000972362	Min II	B
2456357.383127	0.000315	Min II	V	2456428.338	0.00047961	Min II	V
2456357.384091	0.000355	MinII	B	2456428.338	0.000366391	Min II	R
2456357.521287	0.000564	Min I	R	2456430.495	0.000657643	Min I	V
2456357.521795	0.000401	Min I	B	2456430.497	0.000515071	Min I	B
2456357.522624	0.000634	Min I	V	2456430.497	0.00109857	Min I	R
2456369.408791	0.000218	Min I	V	2456437.314	0.000694375	Min II	V
2456369.410401	0.000131	Min I	B	2456437.36	0.00119463	Min II	B
2456400.374468	0.000454	Min I	V	2456437.36	0.000424812	Min II	R
2456400.375426	0.000822	Min I	R	2456438.34	0.000412439	Min I	V
2456400.376168	0.000096	Min I	B	2456438.34	0.000484321	Min I	R
2456400.514233	0.000569	Min II	V	2456438.341	0.000523086	Min I	B
2456400.514420	0.001012	Min II	R	2456466.383	0.000775239	Min II	R
2456400.514761	0.000646	MinII	B	2456466.384	0.000715793	Min II	B
2456401.341758	0.000451	Min II	V	2456466.385	0.00152916	Min II	V
2456401.342423	0.001125	Min II	R				
2456401.343604	0.000392	MinII	B				
2456401.480023	0.000372	Min I	B				
2456401.481014	0.000372	Min I	V				
2456401.481224	0.000465	Min I	R				



Şekil 3.14: QQ Boo (solda) ve V342 Dra'nın (sağda) O-C diyagramları.



Şekil 3.15: QQ Boo sisteminin gözlemlerden elde edilen ışık eğrisi (üstte) ve Mukayese ve Denet yıldızının aletsel B, V, R kadir farkları (altta).
Şekil 3.16: V342 Dra sisteminin gözlemlerden elde edilen ışık eğrisi (üstte) ve Mukayese ve Denet yıldızının aletsel B, V, R kadir farkları (altta).

Tablo 3.6: QQ Boo V342 Dra sistemlerinin ışık eğrilerine ait özellikler.

	QQ Boo				V342 Dra			
	Evre	ΔB	ΔV	ΔR	Evre	ΔB	ΔV	ΔR
Minimum I seviyesi	0.00	0.5976	0.465	0.3651	0.00	1.1105	0.923	0.8229
Maksimum I seviyesi	0.25	0.1923	0.0706	-0.0003	0.25	0.7391	0.5838	0.5146
Minimum II seviyesi	0.50	0.5098	0.3792	0.3001	0.50	1.0724	0.8896	0.7884
Maksimum II seviyesi	0.75	0.1718	0.0574	-0.0072	0.75	0.7268	0.5582	0.5069
Minimum I derinliği		0.4053	0.3944	0.3654		0.3714	0.3392	0.3083
Minimum II derinliği		0.338	0.3218	0.3073		0.3456	0.3314	0.2815
$\Delta_{maks} = Maks_I - Maks_{II}$		0.0205	0.0132	0.0069		0.0123	0.0256	0.0077
$\Delta_{min} = Min_I - Min_{II}$		0.0878	0.0858	0.065		0.0381	0.0334	0.0345

3.5. IŞIK EĞRİSİ ANALİZİ VE WILSON - DEVINNEY KODU

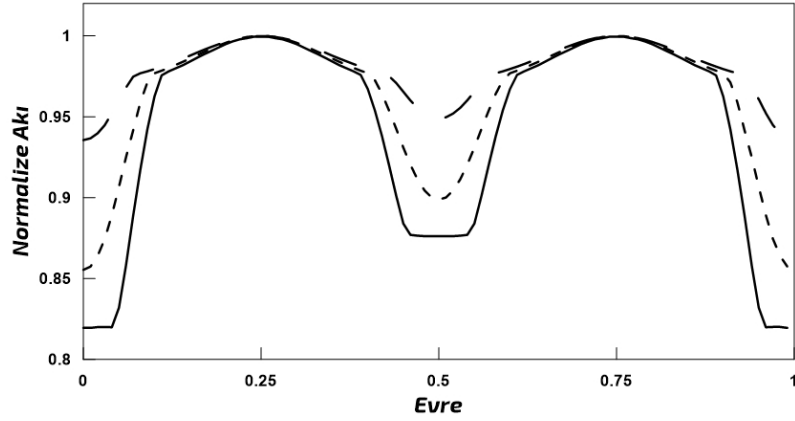
Yapılan işlemlerin ardından evreye karşılık gelen diferansiyel parlaklık değerleri ile ışık eğrisi analizi aşamasına geçilir. Işık eğrisi analizinde, modellemenin başlangıç noktası evre - parlaklık verisidir. Işık eğrisi analiz yöntemlerinin temeli, kullanıcının giriş yaptığı veriden teorik bir eğri geçirerek çift yıldız sistemlerinin parametrelerini hesaplamaktır. Gözlenen ve hesaplanan ışık eğrilerinin farklarının toplamından arta kalan parametre R 'dir ($R = \sum(O_i - C_i)^2$). Artık kareler toplamı R 'nin değeri ne kadar küçükse verilerin uyumu da o kadar iyidir.

Her sistemin ışık eğrisi kendine hastır. Diğer bir deyişle sistemin yapısal durumu ışık eğrisini şekillendirir. Bu yapısal durumu oluşturan parametreler; yörünge eğikliği (i), bileşen yıldızların yarıçapları (r_1, r_2), ışınım güçleri (L_1, L_2), kütleleri (M_2, M_1), kenar kararmaları (x_1, x_2), çekim kararmaları (g_1, g_2), yansıma etkileri (A_1, A_2) şeklindedir. Bunun yanı sıra ışık eğrisini, üçüncü cismin varlığı, manyetik aktivite gösteren Güneş benzeri yıldızlarda lekeler, bileşenler arası kütle aktarımı, yörünge eksentrisitesi gibi faktörler de etkilemektedir.

Işık Eğrisini Etkileyen Faktörler

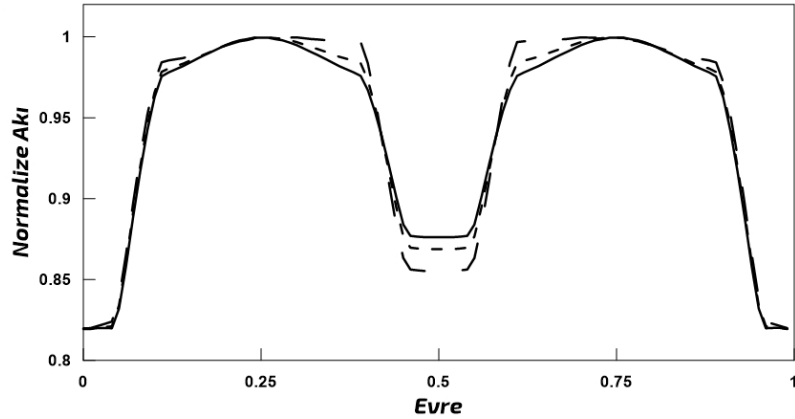
Yörünge Eğimi: Eğim açısı, bir çift sistemin yörünge düzlemi ile bizim bakış doğrultumuz arasındaki açıdır. Uygun bir eğim açısı altında çift sistemin bileşenleri bakış doğrultumuzda birbirlerini örterler bu sebeple sistemde parlaklık değişimi gözlenir. 0 derecelik bir eğim yıldızın kutup noktalarının görüldüğünü, 90 derecelik bir eğim ise yıldızın kenarlarının görüldüğü anlamına gelir. Yörünge eğim açısı (i) arttıkça sistemin bileşenlerinin birbirlerini örtme oranı artar ve buna bağlı olarak sistemin ışık eğrisinde minimum derinlikler de artar. İki bileşen neredeyse aynı büyüklükteyse tam tutulmanın oluşması için eğim açısı 90 dereceye yakın olmalıdır. Bileşenlerden biri çok büyükse 75 derecelik eğime kadar tam tutulma oluşabilir (Skelton ve Smits, 2009). **Şekil 3.17:**'de 90° , 70° ve 60° eğime sahip sistemlerin ışık eğrileri verilmektedir.

Yansıma: Bir çift sistemde sıcak olan bileşenden gelen ışınım, bileşenlerin birbirlerine baktıkları bölgede soğuk olan bileşenin yüzeyini ısıtır ve ışınım yapmasını sağlar. Buna "yansıma" veya "albedo etkisi" denir. Bu etki iki bileşen arasındaki sıcaklık farkının fazla olduğu ya da bileşenlerin birbirlerine yakın oldukları durumlarda önemlidir. Yansımayı



Şekil 3.17: Farklı yörünge eğimlerinin ışık eğrisine etkisi. Düz çizgi 90° 'yi temsil etmektedir, uzun kesikli çizgiye gittikçe eğim azalmaktadır.

yapan yıldızın atmosferinin radyatif veya konvektif olması yansımının miktarını etkiler. 7200 K 'den daha yüksek sıcaklıklarda yıldız atmosferi diğer yıldızdan gelen ışınımın tamamını yansıtırken daha düşük sıcaklıklarda ışınımın yarısını yansıtır. Albedo etkisi A_1 ve A_2 şeklinde gösterilir. Yansıma etkisi ışık eğrisinde sistemin sönük olan bileşenin örtülmesiyle oluşan minimumun giriş ve çıkışlarında görülür. Bu kısımlarda yansıma sebebiyle parlaklık artar (Şekil 3.18:).

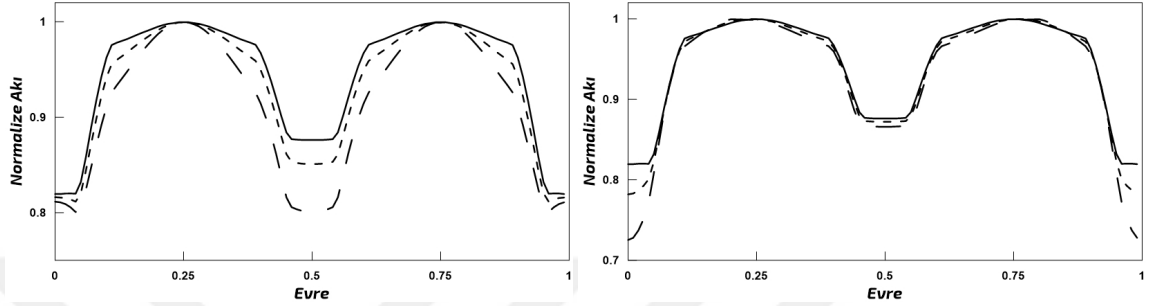


Şekil 3.18: Farklı yansıma katsayılarına sahip sistemlerin ışık eğrisi. Düz çizgi yansımının olmadığı eğriyi temsil etmektedir, uzun kesikli çizgi en fazla yansımının olduğu eğridir.

Çekim Kararması ve Kenar Kararması: Yakın çift sistemlerde bileşenlerin şekli karşılıklı çekim etkisiyle küresellikten sapmıştır. von Zeipel (1924) bir yıldızın ışınım şiddetinin yüzey çekim ivmesiyle bağlantılı olduğunu göstermiştir. Küresel olmayan yıldızların kutup bölgelerinde yüzey çekimi daha fazla olduğundan ışınım şiddeti de fazladır, ekvatorda ise yüzey çekimi daha az olduğundan ışınım şiddeti de buna bağlı olarak azalır.

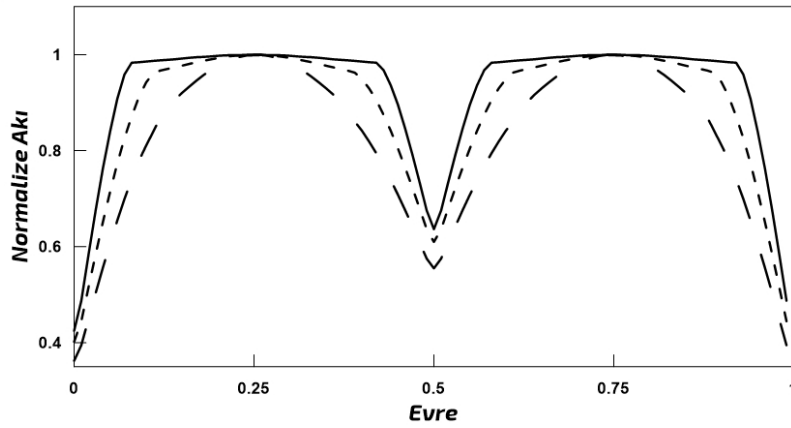
Bir yıldız bakıldığında, yüzey parlaklığının merkezden kenarlara doğru azaldığı görülür.

Bunun sebebi merkezde gözlemcinin görüş çizgisinin yıldızın en derin ve sıcak katmanından geçerken kenarda yıldızın en soğuk ve üst katmanından geçmesidir. Sonuç olarak yıldızın yüzey parlaklığı merkezden disk kenarına doğru azalır ve kenar kararması denilen olay gerçekleşir (Skelton ve Smits, 2009). Çekim kararması ve kenar kararmasının ışık eğrisine etkileri **Şekil 3.19:**'da verilmektedir.



Şekil 3.19: Solda çekimsel kararma ve sağda kenar kararmasının etkileri. Düz çizgi etkilerin olmadığı ışık eğrisini temsil etmektedir. Uzun kesikli çizgiye gittikçe etkiler artmaktadır.

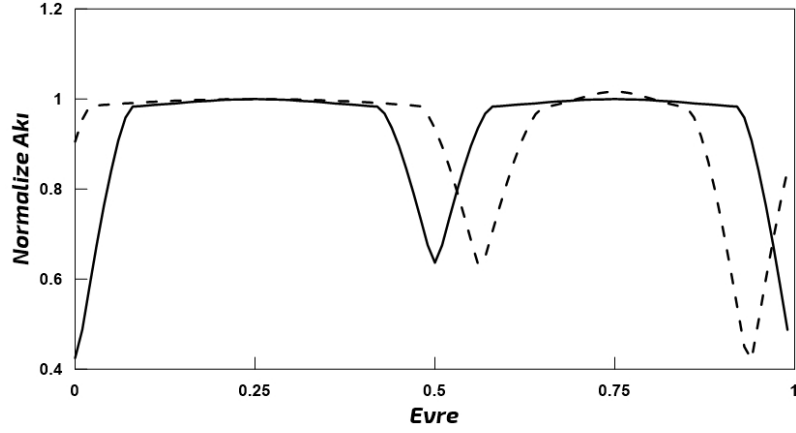
Yakınlık Etkisi: Çift sistemlerin bileşenleri birbirine yakın ise birbirlerine uyguladıkları çekim nedeniyle küresel şekilleri bozulur. Bu durum ışık eğrisinde parlaklık değişimini sürekliliğe götürür. **Şekil 3.20:**'da şekil bozulmasının ışık eğrisine etkisi gösterilmiştir.



Şekil 3.20: Farklı şekillerdeki sistemlerin ışık eğrileri, düz çizgi küresel bileşenli bir sistemi temsil etmektedir, uzun kesikli çizgiye gidildikçe şekil bozulması artar.

Yörünge Şekli: Çift sistemlerin yörüngesi dairesel değilse, yani dışmerkezlik > 0 ise, ikinci minimumun ışık eğrisi üzerindeki konumu, iki ardışık birinci minimum arasındaki mesafenin tam yarısı kadar değildir. Kayma miktarı dışmerkezlik derecesini gösterir. Bu değişim aynı zamanda yörünge bakış doğrultumundaki eğimine de bağlıdır. **Şekil 3.21:**'de dairesel yörüngeye sahip bir sistemin ışık eğrisi ve dışmerkezliği 0.2 olan bir sistemin ışık eğrisi verilmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi dışmerkezliği 0.2 olan

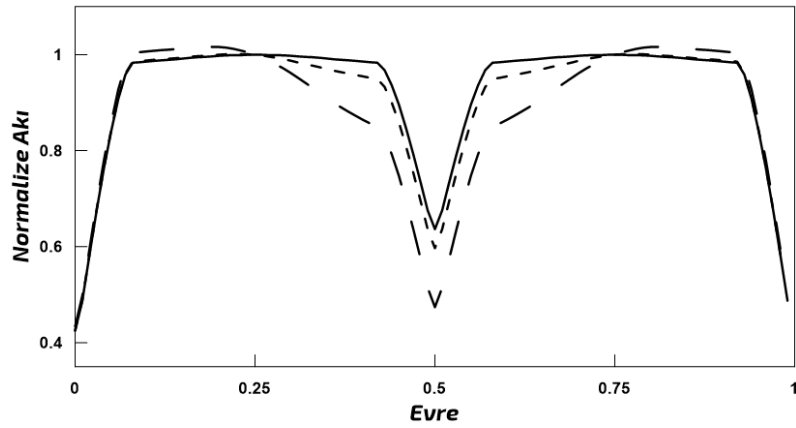
sistemin ikinci minimum zamanı 0.5 evresine gelmemektedir.



Şekil 3.21: Düz çizgi dairesel yörüngeyi temsil etmektedir. Kesikli çizgi ise dışmerkezliği 0.2 olan eliptik bir yörüngeyi temsil eder.

Yıldız Lekesi: Kromosferik atmosfere sahip yıldızlarda manyetik aktivite sebebiyle Güneş lekeleri benzeri lekeler görülebilir. Yıldız lekeleri olarak adlandırılan bu lekeler genellikle atmosferden daha soğuk bölgelerdir bu sebeple daha koyu renkte görünürler. Yıldız lekeleri, ışık eğrisinin homojen yapısını bozarlar. Yıldız lekeleri; leke enlemi (Φ), leke boylamı (θ), açısal büyüklük (α) ve sönmleme faktörü (T_s) denilen dört parametreye bağlıdır.

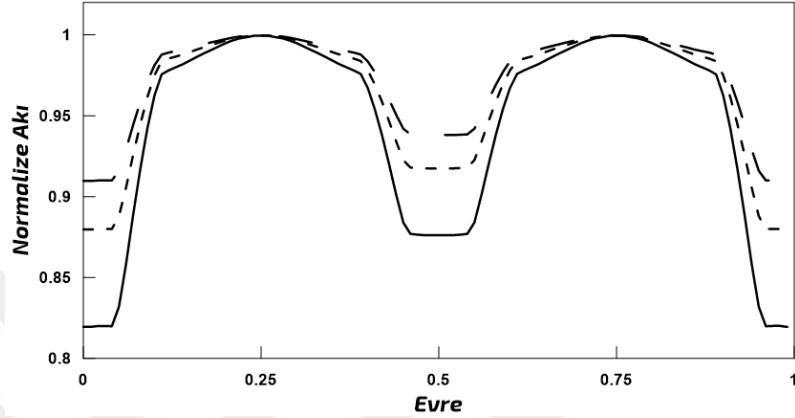
Şekil 3.22:'de farklı leke büyüklüklerine sahip sistemlerin ışık eğrileri karşılatırlmıştır.



Şekil 3.22: Lekesiz bir sistemin ve konumları aynı yerde büyüklükleri farklı olan lekeli sistemlerin ışık eğrisi. Düz çizgi lekesiz sistemi temsil etmektedir, uzun kesikli çizgiye doğru gittikçe lekenin çapı artar.

Üçüncü Işık: Üçüncü ışık l_3 genellikle çift sistemden uzakta olan üçüncü bir yıldız kay-

naklıdır. Üçüncü ışığın varlığı, sistemin tamamında parlaklık artışına sebep olur. Bu kaynak için örtme ve örtülme durumları söz konusu olmadığından ışık eğrisinin her iki minimum derinliğinde de azalma meydana gelir. **Şekil 3.23:**'de üçüncü ışık katkısız ve katkılı sistemlerin ışık eğrileri verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi üçüncü ışık katkısı artıkça genel parlaklık artmış ve minimum derinlikler azalmıştır.



Şekil 3.23: Üçüncü ışık katkısız bir ışık eğrisi (düz çizgi) ile üçüncü ışık katkılı ışık eğrilerinin karşılaştırması. Uzun kesikli çizgiye doğru etki artmaktadır.

Wilson - Devinney ile Işık Eğrisi Analizi

Işık eğrisi analizinde kullanılan programlar arasında en köklüsü olan Wilson - Devinney modeli ve programı birçok yayın ve yazılım sürümüyle geliştirilmiştir (Wilson ve Devinney, 1971). Wilson - Devinney Fortran diliyle yazılmış bir programdır. Kullanıcılar WD ile bir örten çift sistemin ışık ve radyal hız eğrilerini hesaplayabilir. Analiz sonucunda WD, gözlemsel eğriden en uygun şekilde geçen bir sentetik eğri oluşturur. Bu teorik eğri, yukarıda bahsedilen parametrelerin bir çözüm kümesidir (Kallrath ve diğ., 1998).

WD modelinde farklı türdeki çift sistemlerin özellikleri belirlemek için 7 farklı mod kullanılmaktadır. Bu modlarda, parametreler arası ilişki eklenebilir veya kısıtlamalar getirilebilir. W UMa türü sistemlerin analizi için mod 3 kullanılır. Bu modda analizi yapılan yıldızlarla ilgili kısıtlamalar vardır. Bunlardan ilki sistemin her iki bileşeninin de yüzey potansiyellerinin eşit olması gerektiğidir. Diğerler kısıtlamalar ise, çekimsel parlama, bolometrik albedo ve kenar kararması gibi parametrelerin her iki bileşen için de aynı olmasıdır. Bu modu kullanmak için sistemin geometrik değme sağlaması yeterlidir, termal etkileşim gerekmez. Bu sebeple yüzey sıcaklıkları çok farklı olabilir.

Wilson - Devinney kodu özel bir girdi dosyası ile çalıştırılır. Bu girdi dosyasının örneği

ve açıklamaları EK 2.'de **Şekil 2.1:**, **Şekil 2.3:**'de verilmektedir. Örnekte görüldüğü gibi dosyanın içerisinde "1" ve "0" sayılarının yazdığı bir satır bulunmaktadır. Bu satır yıldız parametrelerini ifade etmektedir. "1" sayısı analiz sırasında bu parametrenin değerinin sabit alındığını gösterir. "0" ise ilgili parametrenin serbest olduğunu yani analiz sırasında bu parametre ile ilgili hesap yapılacağını gösterir. Girdi dosyasında dikkat edilmesi gereken diğer bir husus ise evre-parlaklık değerlerinin farklı bir düzende yazılmasıdır. Bu değerlerle ilgili düzenlenmesi gereken ilk aşama gözlemlerden elde edilen ham ışık eğrilerinin parlaklıklarının 1'e normalize edilmesidir. Bunun için

$$I = 10^{-0.4(\Delta m - m)} \quad (3.5)$$

bağıntısı kullanılır. Burada m normalize edilen evredeki ortalama parlaklık değeri; Δm ise gözlemlerden elde edilen, evrelere karşılık gelen diferansiyel parlaklık değerleridir.

Normalizasyon 0.25 veya 0.75'e karşılık gelen maksimum parlaklık evrelerinden birine yapılır. Bu çalışmada QQ Boo sisteminin normalizasyonu 0.25 evresine, V342 Dra'nın ise 0.75 evresine yapılmıştır.

Girdi dosyası için normalize edilmiş evre-parlaklık değerleri yazılır. Wilson - Deviney standartta 2 sütuna yazılmış olan evre-parlaklık değerleri ile çalışmaz. Wilson - Deviney kodunun veri düzeni "evre-parlaklık-nokta ağırlığı" şeklindedir. Bu üçlü gruptan 5 tekrar yapılarak alt satıra geçilir. Bu şekilde yazılan değerler girdi dosyasına girilir. QQ Boo sistemi için B bandında 482, V bandında 487 ve R bandında 478 nokta; V342 Dra sisteminde B bandında 622, V bandında 647 ve R bandında 620 nokta girişi yapılmıştır.

Evre	Parlaklık	N.A.	Evre	Parlaklık	N.A.	Evre	Parlaklık	N.A.	Evre	Parlaklık	N.A.	Evre	Parlaklık	N.A.
0.0004	0.48481.00	0.0009	0.47421.00	0.0013	0.47561.00	0.0022	0.48001.00	0.0023	0.48311.0					
0.0033	0.48261.00	0.0034	0.48391.00	0.0042	0.48841.00	0.0047	0.48841.00	0.0059	0.50031.0					
0.0062	0.49481.00	0.0071	0.50071.00	0.0071	0.50301.00	0.0081	0.50681.00	0.0091	0.51101.0					
0.0109	0.52341.00	0.0110	0.52381.00	0.0119	0.53021.00	0.0121	0.53021.00	0.0129	0.53701.0					
0.0139	0.54101.00	0.0148	0.54801.00	0.0158	0.55561.00	0.0158	0.54451.00	0.0177	0.56491.0					

Şekil 3.24: Wilson - Deviney kodu girdi dosyası evre - parlaklık - nokta ağırlığı veri düzeni.

Girdi dosyasında düzenlenmesi gereken diğer yer ise kullanılan filtreler ile ilgili satırlardır. Bu çalışmada B, V, R band gözlemlerinin eş zamanlı analizi yapıldığı için girdi dosyasında her banda özel bir satır eklenmiştir. **Şekil 3.25:**'de görüleceği gibi B bandı için

4400Å, V bandı için 5500Å, R bandı için 6500Å değerleri verilmiştir. Bu satırlar üzerinden sistem bileşenlerinin dalgaboyuna göre ışınım katkılarının çözümü yapılmaktadır.

0.4400	09.576	1.0200	0.161	0.989	0.711	-.164	0.1459	1	0.0080	0
0.5500	08.974	1.4672	0.116	0.679	0.665	0.144	0.1402	1	0.0070	0
0.6500	08.515	1.8587	0.057	0.481	0.618	0.304	0.1432	1	0.0050	0

Şekil 3.25: WD girdi dosyasındaki dalgaboyu satırları.

Wilson - Devinney kodu ışık eğrisi çözümü için matematiksel hesaplar yapmaktadır. Bu hesap yapılırken başlangıç parametrelerine ihtiyaç duyulmaktadır. Yani girdi dosyasında bazı parametreleri sabit almamız gerekir. Bu parametreler; Birinci bileşen sıcaklığı (T_1), Albedo etkisi (A), çekim kararması (g), kenar kararma katsayıları ($X_{1,2}, Y_{1,2}$) ve kütle oranıdır (q). Sabit alınması gereken başlangıç parametrelerinin hesabı için aşağıda anlatılan yöntemler kullanılmıştır.

Sıcaklık Tayini

Sistemlerin ışık eğrilerinin Wilson - Devinney ile analizini yapabilmek için başlangıç sıcaklığına ihtiyacımız vardır. Sıcaklık tayini için Wang (1994) tarafından ortaya konulan renk-periyot ilişkisinden yararlanılmıştır. A ve W tiplerinden oluşan 22 yıldız ile yaptığı çalışmadan yazarın elde ettiği bağıntı şu şekildedir:

$$(B - V)_0 = 0.077 - 1.003 \log P(\text{gün}) \quad (3.6)$$

Burada $(B - V)_0$, sistemin öz rengi; P ise gün mertebesinde sistemin periyodudur.

QQ Boo ve V342 Dra sistemleri için bulunan $(B - V)_0$ değerleri sırasıyla 0,63 ve 0,48'dir.

Elde edilen $(B - V)_0$ değerlerine Cox (1999) kitabında Drilling J.S. ve Landolt A.U.'nın hazırladığı renk - sıcaklık kalibrasyon tablosunda (**Şekil 3.26:**) karşılık gelen sıcaklık değerleri baş bileşenlerin sıcaklığı kabul edilmiştir.

Bu yöntemle, incelenen sistemlerin birinci/baş bileşenleri için belirlenen sıcaklık değerleri şu şekildedir:

QQ Boo: $T_1 = 5790\text{K}$

V342 Dra: $T_1 = 6450K$

Sp	$M(V)$	$B - V$	$U - B$	$V - R$	$R - I$	T_{eff}	BC
MAIN SEQUENCE, V							
O5	-5.7	-0.33	-1.19	-0.15	-0.32	42 000	-4.40
O9	-4.5	-0.31	-1.12	-0.15	-0.32	34 000	-3.33
B0	-4.0	-0.30	-1.08	-0.13	-0.29	30 000	-3.16
B2	-2.45	-0.24	-0.84	-0.10	-0.22	20 900	-2.35
B5	-1.2	-0.17	-0.58	-0.06	-0.16	15 200	-1.46
B8	-0.25	-0.11	-0.34	-0.02	-0.10	11 400	-0.80
A0	+0.65	-0.02	-0.02	0.02	-0.02	9 790	-0.30
A2	+1.3	+0.05	+0.05	0.08	0.01	9 000	-0.20
A5	+1.95	+0.15	+0.10	0.16	0.06	8 180	-0.15
F0	+2.7	+0.30	+0.03	0.30	0.17	7 300	-0.09
F2	+3.6	+0.35	0.00	0.35	0.20	7 000	-0.11
F5	+3.5	+0.44	-0.02	0.40	0.24	6 650	-0.14
F8	+4.0	+0.52	+0.02	0.47	0.29	6 250	-0.16
G0	+4.4	+0.58	+0.06	0.50	0.31	5 940	-0.18
G2	+4.7	+0.63	+0.12	0.53	0.33	5 790	-0.20
G5	+5.1	+0.68	+0.20	0.54	0.35	5 560	-0.21
G8	+5.5	+0.74	+0.30	0.58	0.38	5 310	-0.40
K0	+5.9	+0.81	+0.45	0.64	0.42	5 150	-0.31
K2	+6.4	+0.91	+0.64	0.74	0.48	4 830	-0.42
K5	+7.35	+1.15	+1.08	0.99	0.63	4 410	-0.72
M0	+8.8	+1.40	+1.22	1.28	0.91	3 840	-1.38
M2	+9.9	+1.49	+1.18	1.50	1.19	3 520	-1.89
M5	+12.3	+1.64	+1.24	1.80	1.67	3 170	-2.73

Şekil 3.26: Drilling J.S. ve Landolt A.U. kalibrasyon tablosu.

Albedo Etkisi ve Çekim Kararması

Yansıma etkisi ve çekim kararması sabitleri birinci bileşenin sıcaklığına bağlıdır. (Gazeas ve diğ., 2006) albedo değerini radyatif yıldızlar ($>7200 K$) için; $A = 1.0$, konvektif yıldızlar ($< 7200 K$) için; $A = 0.5$ vermiştir. QQ Boo ve V342 Dra yıldızlarının sıcaklıkları sırasıyla 5790K ve 6450K olduğu için yansıma etkisi sabiti 0.5 alınmıştır.

Claret ve Bloemen (2011) çekim kararmasının teorik katsayılarını (g_1, g_2) radyatif yıldızlar için von Zeipel (1924) çalışmasına ve konvektif yıldızlar için Lucy (1967) çalışmasına dayanarak aşağıdaki gibi vermişlerdir:

$$g = 1.00(> 7200K)$$

$$g = 0.32(< 7200K)$$

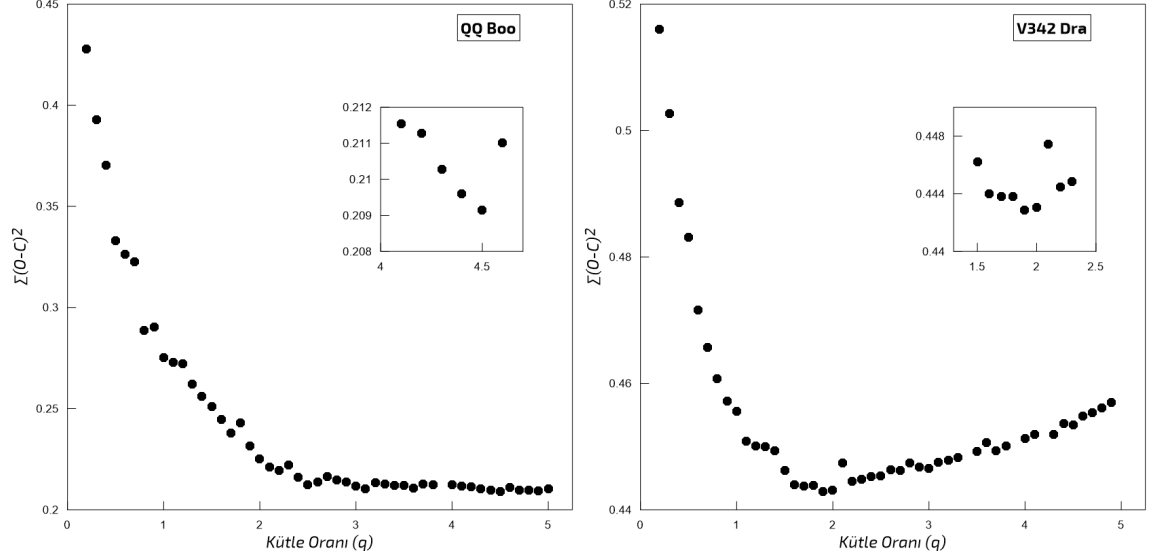
QQ Boo ve V342 Dra sistemlerinin sıcaklıklarına bağlı olarak her iki sistem için de g_1, g_2

değerleri 0.32 alınmıştır.

Kenar Kararma Katsayıları Kenar karar ma katsayıları için Van Hamme'nin (2012) kendi çalışmasına (van Hamme, 1993) dayandırarak hazırladığı Fortran kodundan⁹ yararlanılmıştır. W UMa'lar için metal bolluğu Güneş civarı yıldızlar olduğu kabulüyle 0.0, $\log g$ ise W UMa'lar için ortalama değer olarak 4.0 alınmıştır. Buradan kenar karar ma katsayıları QQ Boo için $X_{1,2} = 0.647$, $Y_{1,2} = 0.209$, V342 Dra için $X_{1,2} = 0.642$, $Y_{1,2} = 0.237$ bulunmuştur.

Kütle Oranı

Kütle oranı q için q -tarama denilen yöntem kullanılmıştır. q parametresi 0.1-5 değerleri arasında tek tek kilitlenip analizler yapılmıştır ve en küçük ki-karenin elde edildiği q değeri başlangıç q değeri olarak kabul edilmiştir. q -taramanın sonuçları QQ Boo ve V342 Dra için Şekil 3.27:'de verilmiştir. Artık değer, QQ Boo sisteminde kütle oranının 4.5 olduğu durumda V342 Dra sisteminde ise 1.9 olduğu durumda en küçük çıkmıştır ve bu değerler analizin başlangıcı için sabit alınmıştır.



Şekil 3.27: QQ Boo (solda) ve V342 Dra (sağda) için kütle oranının (q) ($R = \sum(O_i - C_i)^2$) ile değişimi, küçük grafikler ise en küçük R 'ye karşılık gelen (q) değerlerini göstermektedir.

Her iki sistem için de başlangıç parametrelerinin belirlenmesinden sonra bu değerler girdi dosyalarına yazılır. Hesaplaması yapılmak istenen parametreler için ise q -tarama yönteminde en küçük kütle oranınının verildiği çıktı dosyasındaki değerler girdi dosyasına yazılmıştır. Bu değerler;

⁹ <http://faculty.fiu.edu/vanhamme/limb-darkening/>

QQ Boo sistemi için $T_2 = 5332$, $\Omega_1 = \Omega_2 = 8.4050$, $i = 66.794$, $L_{1B} = 3.4210$, $L_{2B} = 8.4876$, $L_{1V} = 3.2940$, $L_{2V} = 8.6886$, $L_{1R} = 3.1810$, $L_{2R} = 8.7866$ 'dir.

V342 Dra sistemi için ise $T_2 = 6198$, $\Omega_1 = \Omega_2 = 5.1070$, $i = 64895$, $L_{1B} = 4.6920$, $L_{2B} = 6.9969$, $L_{1V} = 4.6620$, $L_{2V} = 7.1204$, $L_{1R} = 4.6560$, $L_{2R} = 7.2798$ şeklindedir.

Pshift; Evre kaymasının değeri, minimum zamanlar üzerinden yapılan ışık elemanları düzeltilmesi sebebiyle başlangıç olarak 0.00 alınmış ve serbest bırakılmıştır.

Wilson - Devinney bir çalışmada 15 kez iterasyon yapmaktadır. 15 iterasyonun hepsinin yapılması kodun yeniden çalıştırılması gerektiğini gösterir. Bunun için çıktı dosyasındaki 15. iterasyon parametre değerleri girdi dosyasına girilerek kodun yeniden çalıştırılır. Çıktı dosyası iterasyon sonuçlarının verildiği dosyadır, EK 2.'de **Şekil 2.2:**'de çıktı dosyasının bir örneği verilmektedir. Bu durum kodun 15. iterasyondan önce işlemi durduğu zamana kadar tekrar edilir. İterasyonun 15'den daha önce bitmesi işlemin sonuçlandığını gösterir.

QQ Boo ve V342 Dra için tayin edilen parametreler girdi dosyasında sabit alınmıştır yani parametre satırında ilgili yerlere "1" sayısı yazılarak kilitlenmiştir ve iterasyon iterasyon başlatılmıştır. İterasyonun tamamlanması çözümün tam anlamıyla bittiğini göstermemektedir. Sistemlerin üçüncü ışık katkıları ve varsa O'Connel etkisi sebebiyle leke modellemelerine devam edilmelidir.

Bu sebeple iterasyon tamamlandığı zaman ilk olarak 3. ışık katkısı açılmış ve kod yeniden çalıştırılmıştır. QQ Boo sisteminde 3. ışık katkısı bulunmadığı için 3. ışık katkısına karşılık gelen parametre değeri 0.00 kabul edilmiştir. V342 Dra sisteminde üçüncü katkılarına rastlanmıştır ve 3. ışık ile ilgili iterasyonlar kendini tamamlayana kadar iterasyon tekrarları yapılmıştır.

Üçüncü ışık katkısının araştırılmasından sonra QQ Boo sisteminin ışık eğrisinin maksimum seviyeleri arasında fark görüldüğü için leke modellemesi yapılmıştır. **Tablo 3.6:**'de verildiği üzere QQ Boo sisteminin maksimum seviyeleri arasındaki fark *B* bandında 0.0205, *V* bandında 0.0132 ve *R* bandında 0.0069'dır. *B* bandında bu farkın daha fazla olması sebebiyle öncelikle sıcak leke modellemesi öngörülmüştür. Yine de her iki bileşen için sıcak leke ve soğuk leke modellemeleri yapılmış ve en iyi sonuca ikinci bileşen üzerindeki sıcak leke için modellemesinde ulaşılmıştır.

W UMa ve Beta Lyrae türü örten çiftlerin ışık eğrilerinin benzer olması ve QQ Boo, V342 Dra sistemlerinin literatürde ayrıntılı çalışmaları olmaması sebebiyle her iki sistem için de Wilson - Devinney kodunun yarı ayırık sistemler için oluşturulmuş modunda (mod 5) analiz edilmiş ama sonuç alınamamıştır.

Üçüncü ışık ve lekeler için iterasyonlar tamamlandıca tüm parametreler açılmış ve iterasyon bitiminden elde edilen fit eğrisi, gözlem eğrisiyle uyum sağladığı için son değerler sonuç değerleri olarak kabul edilmiştir. Wilson - Devinney çalıştırılırken kullanılan girdi ve çıktı dosyalarının örnekleri ve dosya üzerindeki parametre satırının açıklamaları EK 2.'de **Şekil 2.1:**, **Şekil 2.2:**, **Şekil 2.3:**'de gösterilmiştir.

Analiz sonucunda sistemlere ait, kütle oranı ($q=M_2/M_1$), yörünge eğimi (i), ışım gücü (L_1, L_2), üçüncü ışık katkısı (l_3), yüzey potansiyelleri (Ω_1, Ω_2), doluluk oranı (f), ikinci bileşen sıcaklığı (T_2), bileşenlerin rölatif yarıçapları ($r_{1,2,pole, side, back}$) ve yıldız lekesi parametrelerinin Enlem (Φ), boylam (Θ), açısal büyüklük (α), sıcaklık faktörü ($T_s = T = leke/T_{yıldız}$) değerlerine ulaşılmıştır.

Wilson - Devinney Çözümünden Elde Edilen Parametreler

Bradstreet (2005) Mod 3 ile analiz sonucunda elde edilen parametreleri şu şekilde tanımlamıştır:

Yörünge Eğimi (i), bir çift sistemin yörünge eğimi, Dünya'dan bakan gözlemci düzlemi ile sistemin yörünge düzlemi arasındaki açıdır. Eğimin 0° olması sistem bileşenlerinin kutuplarına bakıldığı anlamına gelirken 90° olması sistemin yörünge düzlemi ile Dünya'dan bakış düzleminin kesiştiği anlamına gelir.

Kütle Oranı (q), genellikle kütlesi küçük olan bileşenin kütesinin (M_2), büyük olan bileşenin kütesine (M_1) oranı olarak aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$q = \frac{M_2}{M_1} \quad (3.7)$$

Eşpotansiyel Yüzey (Ω), belirli bir kütle oranı ile birlikte senkron dönen yıldızların yüzey yapısını tanımlar. Kütleçekimi ve merkezkaç kuvvetlerini içerir. Adından da anlaşılacağı gibi çekimsel eşpotansiyel yüzeyler, kütleçekim potansiyel enerjinin sabit olduğu bölgeyi sınırlar. Böylece yıldızlar eşpotansiyel yüzeylerin şeklini alacaktır. Örneğin; Güneş gibi

yavaş dönen tekil yıldızların eşpotansiyel yüzeyleri küresel olduğu için Güneş'in şekli de öyledir.

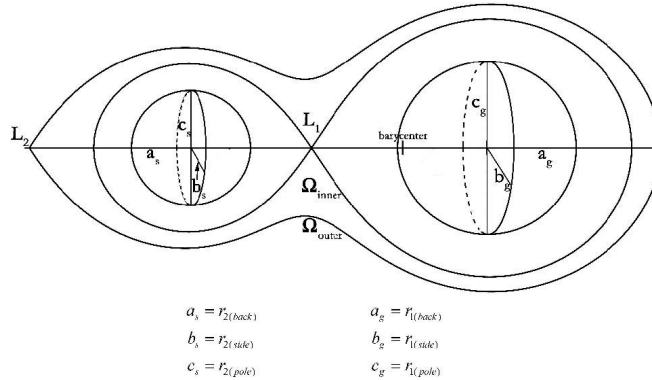
İç eşpotansiyel (Ω_1), iç kritik Roche eşpotansiyelinin değeridir, yıldızların henüz temas ettiği noktayı ifade eder.

Dış eşpotansiyel (Ω_2), dış kritik Roche potansiyelinin değeridir, bu noktadan sonra kütle çekimi ivmesi sıfır olduğundan, gaz sistemi terkedecektir.

Kesirsel Yarıçaplar ($r_{pole}, r_{side}, r_{back}$), gerçek yarıçapın yarı-büyük eksene oranı olarak tanımlanmıştır (3.9). Yaygın olarak kullanılan kesirsel yarıçaplar **Şekil 3.28:**'da gösterilmiştir. Roche lobunun büyüklüğünü ifade eden kesirsel yarıçap, r_{pole} , r_{side} ve r_{back} değerlerinin geometrik ortalamasıdır (3.8).

$$r = \sqrt[3]{r_{pole} \cdot r_{side} \cdot r_{back}} \quad (3.8)$$

$$r = \frac{R}{a} \quad (3.9)$$



Şekil 3.28: Çift sistem yörünge düzleminde kesirsel yarıçapların tanımı.

Işıma Gücü (L_1, L_2), dışarıya çıkan toplam enerjinin bir ölçüsüdür. Wilson - Devinney her bir yıldızın yaydığı toplam ışımanın yüzdesini gösteren L_1 ve L_2 değerlerini verir. Toplam parlaklık 1'e normalize edilmiştir, böylece $L_1 + L_2 = 1.00$ olur. Bu miktarlar dalga boyuna bağlıdır.

Üçüncü Işık (l_3), dalgaboyuna bağlı olan bu parametre, sistemdeki bileşen yıldızların dışındaki kaynaklardan dolayı verilerdeki kirlenmeleri dikkate alır. Sistemin bir parçası olan

üçüncü bir yıldız veya sisteme yakınlığı nedeniyle teleskopla gözlenirken diyaframdan dışlanamayan bir alan yıldızı olabilir. Üçüncü ışığın birimi girdi/çıkıtkı akısı ile aynıdır, L_1 ve L_2 gibi bir parlaklık oranı değildir.

Sıcaklık (T_1, T_2) parametresi, yıldızların ortalama etkin yüzey sıcaklıklarına karşılık gelir. 1. bileşenin sıcaklığı (T_1) girdi parametresi olarak verilir. 2. bileşenin sıcaklığı (T_2) analizin çıkıtkı parametresidir.

3.6. W-ALT TİPİ SİSTEMLERİN GÜNCELLENMESİ

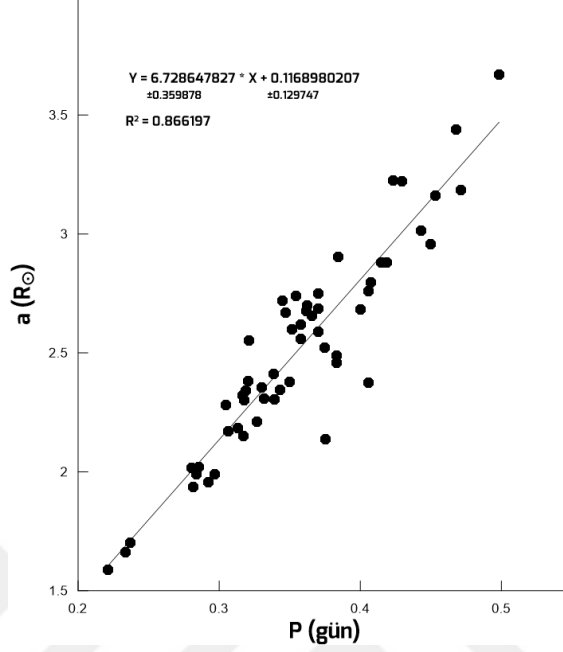
Yakut ve Eggleton (2005) yakın çift sistemlerin evrimi üzerine yaptıkları çalışmada literatürde mutlak parametreleri hesaplanmış W UMa türü sistemlerin katalogunu vermişlerdir, Yıldız (2013) benzer sistemlerin yarı-büyük eksen değerlerini kendi çalışmasında vermiştir. Bu katalogların içerisindeki W-alt tipinde olan sistemler için yeniden literatür taraması yapılmış ve 2013 senesinden sonra tayfsal çalışması yapılmış 11 tane sistem de eklenecek, parametreler tez çalışmamızda güncellenmiştir. Toplamda 56 tane W-alt tipi sistemin fotometrik çözüm parametreleriyle beraber güncel çalışmaların da eklenmiş hali EK 1. **Tablo 1.1:**'de verilmektedir. Işık eğrisine göre sınıflamalardan biri olan W UMa türü sistemlerde birinci minimum sıcak olan bileşenin örtülmesiyle oluştuğundan bu bileşen baş bileşen olduğu kabulüyle ve W-alt tipi sistemlerde kütle oranının ($q = M_2/M_1$) ters dönmüş olması ($M_2 > M_1$) göz önünde bulundurularak kütle oranının "0"dan küçük olduğu durumlarda kütle oranı orijinal durumuna göre Binary Maker 3¹⁰ ile hesaplanmış ve eşpotansiyel yüzeyler de bu değere göre yeniden hesaplanmıştır. Bunun yanı sıra orijinal çalışmalarda yer almayan parametreler de çalışmamızda hesaplanmıştır.

3.7. MUTLAK PARAMETRELER İÇİN SAYISAL BİR YAKLAŞIM

Sistemlerin yarıçap, ışımaya gücü ve kütlelerini ifade eden mutlak parametrelerini belirlemek için radyal hız çözümlerine ihtiyaç vardır. Bu çalışmada radyal hız çözümü yapılmadığı için fotometrik verilerden yola çıkarak deneysel ilişkiler ile sistemlerin mutlak parametlerine ulaşılmıştır.

¹⁰ <http://www.binarymaker.com/>

Aşağıda periyot(p) - yarı-büyük eksen(a) ilişkisi ve bu ilişkidenden geçirilen lineer fit görülmektedir.



Şekil 3.29: Bu çalışmada elde edilen periyot (p) ve yarı-büyük eksen (a) ilişkisi.

Bu ilişkinin bağıntısı şu şekildedir:

$$a = 6.7286 (\pm 0.3599) \cdot P + 0.1169 (\pm 0.1297) \quad (R^2 \approx 0.87) \quad (3.10)$$

a değerinden itibaren ise mutlak parametreler şu şekilde hesaplanır.

Toplam kütle için Kepler'in üçüncü yasasından yararlanılır;

$$M_T = 0.1159^2 \frac{a^3}{P^2} \quad (3.11)$$

Burada M_T sistem bileşenlerinin Güneş kütlesi (M_{\odot}) cinsinden toplam kütlesi ($M_1 + M_2$); a , Güneş yarıçapı (R_{\odot}) cinsinden yarı-büyük eksen ve P , gün biriminde sistemin periyodudur.

3.11'den elde edilen toplam kütleden, kütle oranı ($q = M_2/M_1$) kullanılarak 3.12 ile sistem

bileşenlerinin kütlelerine ulaşılır.

$$M_1 = \frac{M_T}{1+q} \quad M_2 = M_T - M_1 \quad (3.12)$$

Bileşenlerin yarıçaplarının hesabı 3.13'de verildiği üzere fotometrik çözümlerden elde edilen kesirsel yarıçaplardan itibaren yapılır.

$$R_1 = r_1 \cdot a \quad R_2 = r_2 \cdot a \quad (3.13)$$

burada R_1 , R_2 ve a Güneş yarıçapı (R_\odot) cinsindedir.

Işıma gücünün genel bağıntısı

$$L = 4\pi R^2 \sigma T^4 \quad (3.14)$$

şeklinde ifade edilir. İki bileşenin Güneş cinsinden ışıma güçlerinin hesabı 3.15'de verilmektedir.

$$L_1 = R_1^2 T_1^4 \quad L_2 = R_2^2 T_2^4 \quad (3.15)$$

burada T_1 ve T_2 Güneş sıcaklığı cinsinde; R_1 ve R_2 Güneş yarıçapı cinsindedir. ($T_\odot = 5800K$)

4. BULGULAR

Bu bölümde, QQ Boo ve V342 Dra sistemlerinin İST60 teleskobu ile yapılan gözlemlerinin 3. bölümde anlatıldığı üzere bir çok işlemden geçirilerek elde edilen bulguları yer almaktadır.

Minimum Zamanlar

QQ Boo ve V342 Dra sistemlerine ait ışık eğrilerinin minimum zamanları **Tablo 4.1:**'de verilmektedir.

Tablo 4.1: QQ Boo ve V342 sistemlerinin düzeltilmiş ortalama B, V, R minimum zamanları.

QQ Boo			V342 Dra		
HJD	Minimum Türü	Filtre	HJD	Minimum Türü	Filtre
2456355.448	II	B, V, R	2456369.311	I	B, V, R
2456356.416	I	B, V, R	2456403.434	I	B, V, R
2456356.554	II	B, V, R	2456424.417	II	B, V, R
2456357.383	II	B, V, R	2456428.339	II	B, V, R
2456357.522	I	B, V, R	2456430.496	I	B, V, R
2456369.41	I	B, V, R	2456438.34	I	B, V, R
2456400.375	I	B, V, R	2456466.383	II	B, V, R
2456400.514	II	B, V, R			
2456401.343	II	B, V, R			
2456401.481	I	B, V, R			

Efemerisler

Hesaplanan minimumlar üzerinden düzeltmeler yapılmış ve linner efemeris verilmiştir.

QQ Boo sisteminin yeni ışık elemanları şu şekildedir:

$$HJD_{(min)} = 2456356.4157 + 0.276476970 X E \quad (4.1)$$

$$\pm 0.0001 \pm 0.00000012$$

V342 Dra sisteminin yeni ışık elemanları şu şekildedir:

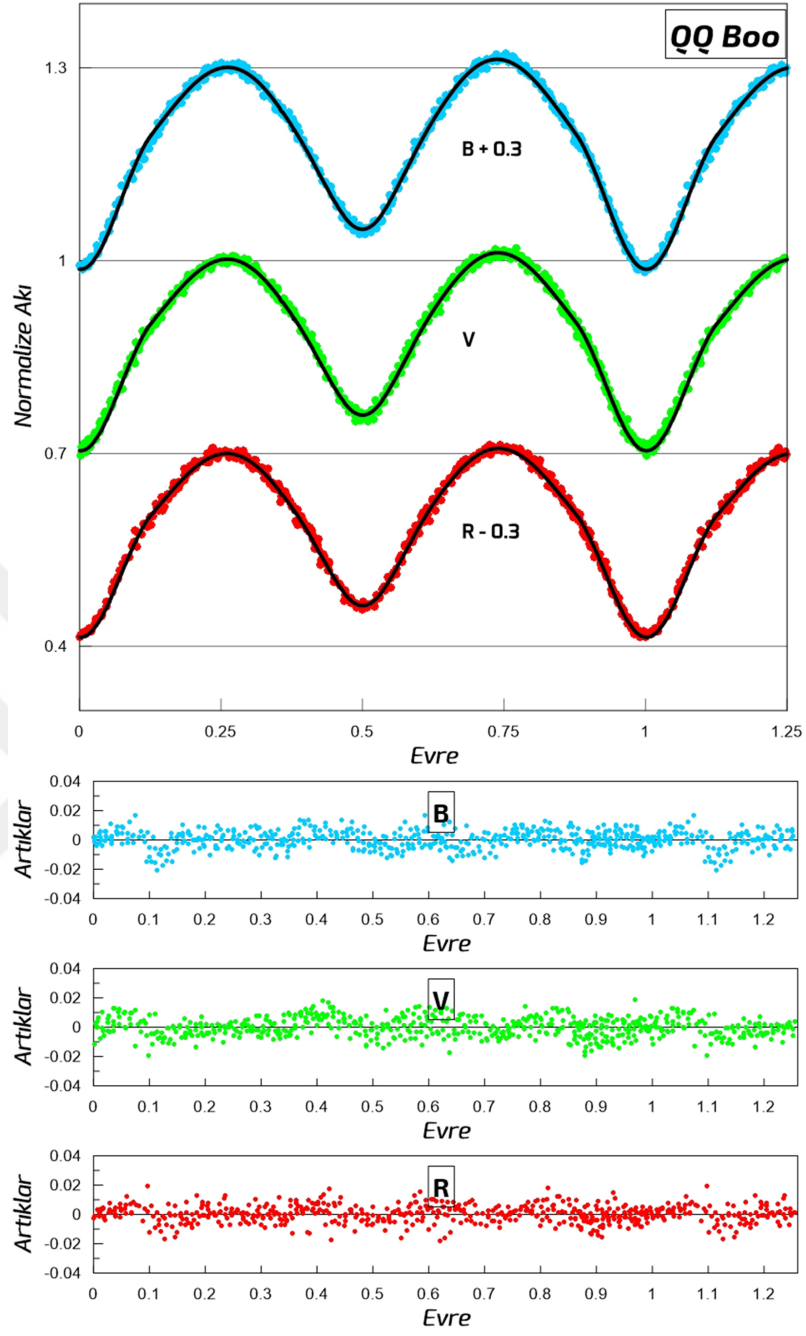
$$HJD_{(min)} = 2456438.3403 + 0.392209546 X E \quad (4.2)$$

$$\pm 0.0003 \pm 0.00000008$$

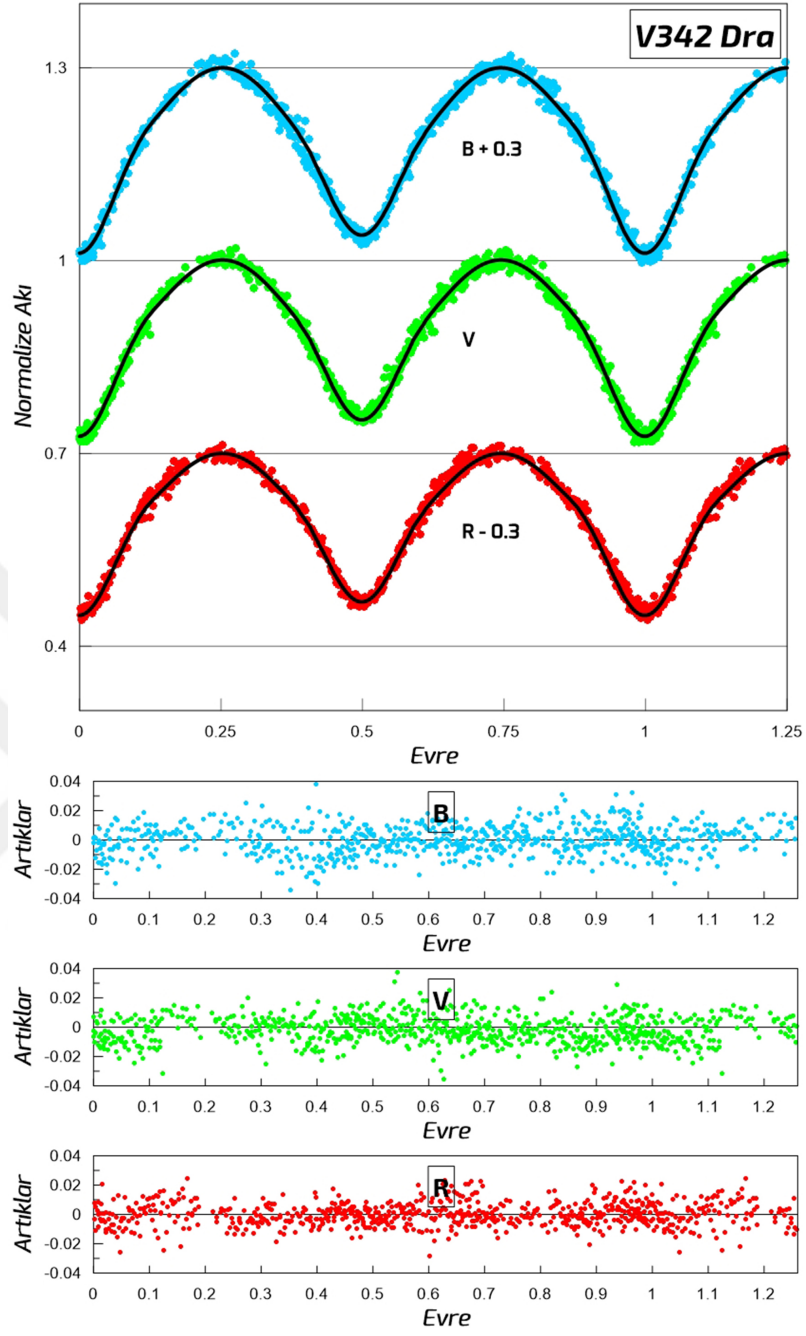
Fiziksel Parametreler

Yeni efemeris kullanılarak evreye göre oluşturulmuş ışık eğrisi ve Wilson - Devinney Mod 3 çözümünden gelen teorik eğrinin birleşimi, QQ Boo için **Şekil 4.1:**, V342 Dra için **Şekil 4.2:**'de verilmiştir. Şekillerin altında artık değerlerin dağılımı görülmektedir. İki sistem için Wilson - Devinney ışık eğrisi çözümünün sonuçları **Tablo 4.2:**'da verilmektedir.

Analiz sonuçlarından elde edilen değerler ile Bradstreet (2005) tarafından yazılmış Binary Maker 3 programı kullanılarak sistemlerin Roche geometrileri çizdirilmiştir. QQ Boo sisteminin çözüm parametrelerinden itibaren sistemin farklı evrelerdeki şekli ve Roche geometrisi **Şekil 4.3:** ve **Şekil 4.4:**'de verilmiştir. V342 Dra sisteminin ise **Şekil 4.5:** ve **Şekil 4.6:**'da verilmiştir.



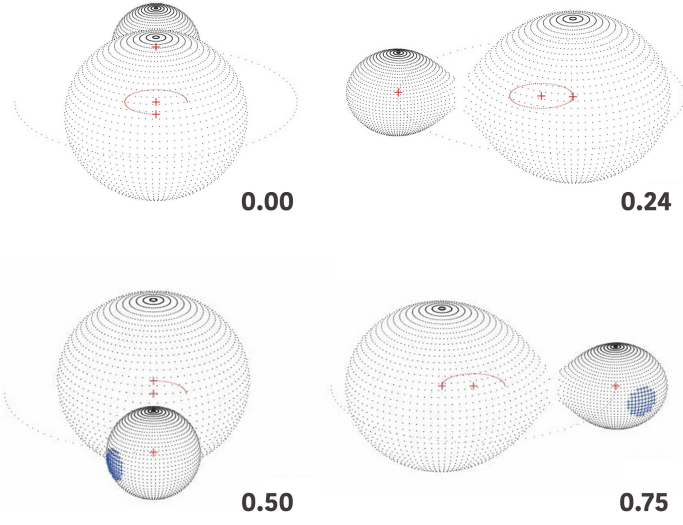
Şekil 4.1: QQ Boo sisteminin gözlemsel (renkli) ve teorik (siyah çizgi) B, V, R ışık eğrileri. Altta ise gözlemsel ve hesaplanan eğriler arasındaki farklar yer almaktadır.



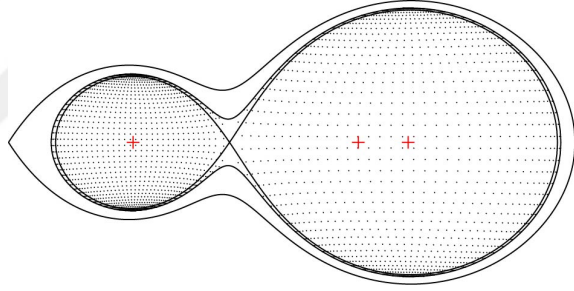
Şekil 4.2: V342 Dra sisteminin gözlemsel (renkli) ve teorik (siyah çizgi) B , V , R ışık eğrileri. Altta ise gözlemsel ve hesaplanan eğriler arasındaki farklar yer almaktadır.

Tablo 4.2: QQ Boo ve V342 Dra sistemlerinin Wilson - Devinney yöntemi ile B, V, R ışık eğrilerinin eş zamanlı çözüm parametreleri.

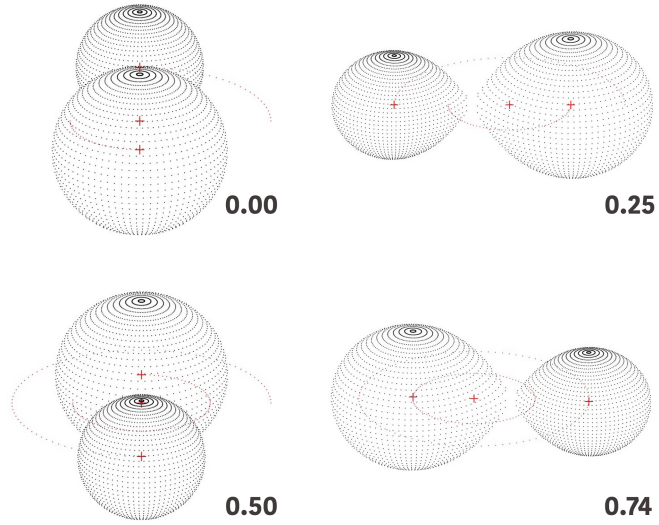
Parametreler	QQ Boo	V342 Dra
$T_1(K)$	5790	6450
$T_2(K)$	5364 ± 0.00058	6210 ± 0.00088
$\Omega_1=\Omega_2$	8.4260 ± 0.00761	5.0737 ± 0.00811
$q=m_2/m_1$	4.51732 ± 0.00626	1.88253 ± 0.00425
f (fillout)	%22	%1.8
Pshift	0.0016 ± 0.00013	-0.0014 ± 0.00017
i(°)	66.869 ± 0.08269	65.774 ± 0.19147
$l_3(B)$	—	%0 \pm 0.01102
$l_3(V)$	—	%1.9 \pm 0.01085
$l_3(R)$	—	%7.5 \pm 0.01002
$L_1/L_1+L_2(B)$	0.279887 ± 0.01441	0.401457 ± 0.05241
$L_1/L_1+L_2(V)$	0.268522 ± 0.01233	0.395991 ± 0.05061
$L_1/L_1+L_2(R)$	0.260207 ± 0.01069	0.390680 ± 0.04569
$X_1, X_2(bol)$	0.644	0.642
$Y_1, Y_2(bol)$	0.213	0.237
$X_1, X_2(B)$	0.696	0.397
$X_1, X_2(V)$	0.388	0.176
$X_1, X_2(R)$	0.256	0.770
$Y_1, Y_2(B)$	0.159	0.479
$Y_1, Y_2(V)$	0.445	0.640
$Y_1, Y_2(R)$	0.519	0.672
$A_1=A_2$	0.5	0.5
$g_1=g_2$	0.32	0.32
$r_1(pole)$	0.247461	0.305501
$r_1(side)$	0.258524	0.319132
$r_1(back)$	0.298132	0.352136
$r_1(ort)$	0.267181	0.325011
$r_2(pole)$	0.486494	0.410158
$r_2(side)$	0.52978	0.435263
$r_2(back)$	0.555223	0.463937
$r_2(ort)$	0.523054	0.435900
$\Sigma W(O-C)^2(B)$	0.01840174	0.06590781
$\Sigma W(O-C)^2(V)$	0.02213257	0.05914080
$\Sigma W(O-C)^2(R)$	0.01739193	0.04005989
Leke Parametreleri		
Enlem (ϕ , °)	91.91	—
Boylam (θ , °)	124	—
Açısal Çap (α , °)	19.81	—
Sıcaklık Faktörü ($T_{leke}/T_{yıldız}$)	1.077	—



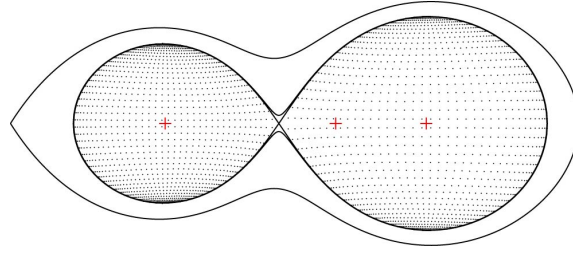
Şekil 4.3: QQ Boo sisteminin 0.00, 0.24, 0.50, 0.75 evrelerindeki şekli. Birinci bileşen üzerinde leke bölgesi mavi renk ile gösterilmektedir.



Şekil 4.4: QQ Boo sisteminin Roche geometrisi.



Şekil 4.5: V342 Dra sisteminin 0.00, 0.25, 0.50, 0.74 evrelerindeki şekli.



Şekil 4.6: V342 Dra sisteminin Roche geometrisi.

W-alt tip Sistemlerinin Güncellenmesi

Bu tez çalışmasındaki sistemlerin elde edilen sonuçlarını literatür ile karşılaştırmak amacıyla daha önce yapılmış katalog çalışmaları araştırılmıştır. Literatürde A ve W-alt tiplerini içeren Csizmadia ve Klagiyivik (2004), Yakut ve Eggleton (2005) ve Yıldız (2013) katalog çalışmaları dikkat çekmiştir. Csizmadia ve Klagiyivik (2004) çalışmasında mutlak parametreler hariç diğer parametreleri verirken Yakut ve Eggleton (2005) ve Yıldız (2013) çalışmalarında mutlak parametrelere yer vermiştir. Ancak tez çalışmasında yer alan iki sistemin de W-alt tipi olması, fotometrik analizlerinin de yapılmış olması ve bu çalışmalarda hem mutlak hem fotometrik parametrelerin aynı anda yer almaması sebebiyle kataloglardaki yıldızların parametrelerinin geniş şekilde güncellenmesine karar verilmiştir. Bu güncelleme sırasında Yakut ve Eggleton (2005) ve Yıldız (2013) çalışmaları temel alınmıştır. Güncellenmiş listede yarı büyük eksen (a) ve periyot (P) değerleri Yıldız (2013) alınmıştır, bunun dışındaki tayfsal ve fotometrik parametrelerin referansları katalog üzerinde belirtilmiştir. Son 6 sene içerisinde tayfsal ve fotometrik analizi yapılmış sistemler de bu çalışmadaki kataloğa eklenmiştir. Yakut ve Eggleton (2005) çalışmalarında tayfsal çalışması yapılmış 42 W-alt tipi sistem vermişlerdir, Yıldız (2013) kendi çalışmasında bu sayıyı 49'a çıkarmıştır bu çalışmada güncellemelerden sonra yıldız sayısı 56'ya yükselmiştir. Csizmadia ve Klagiyivik (2004) çalışmasında verdiği tablodan esinlenerek hazırlanan **Tablo 4.3:**'de katalog parametrelerinin karşılaştırılması verilmektedir. Bu tablonun son iki sütunun ise bu çalışmada QQ Boo ve V342 Dra için elde edilen parametreler yer almaktadır.

Tablo 4.3: W-alt tipi kataloglarının parametre karşılaştırmaları. CK04: Csizmadia ve Klagiyivik (2004), YE05: Yakut ve Eggleton (2005), Y13: Yıldız (2013), KO19: Bu tez. Ayrıca bu Tablonun son iki sütununda tez yıldızları ve bunlara ilişkin bulunan parametreler de gösterilmiştir.

Parametre	CK04	YE05	Y13	KO19	QQ Boo	V342 Dra
Fotometrik kütle oranı	X				X	X
Spektroskopik kütle oranı	X			X		
Kesirsel yarıçaplar	X			X	X	X
Bileşen sıcaklıkları	X	X		X	X	X
Birinci bileşenin V_{rad} yarı genliği						
O'Connel etkisi parlaklığı					X	
Mutlak parametreler ($M_{1,2}, R_{1,2}, L_{1,2}$)		X	X	X	X	X
Yarı-büyük eksen (a)			X	X	X	X
Sistemin açısal momentumu						
Efemeris/Periyot	X	X	X	X	X	X
Minimum zamanlar					X	X
Periyot değişimi						
Işık eğrisi çözümü için kullanılan kod					X	X
Yörünge eğimi	X			X	X	X
Doluluk oranı	X	X		X	X	X
Yüzey potansiyelleri	X			X	X	X
Kütle fonksiyonu $(m_1 + m_2) \sin^3 i$						
Birinci bileşenin kesirsel ışıma gücü	X				X	X
Üçüncü ışık katkısı	X					X
Leke parametreleri	X				X	
Yansıma ve çekimsel kararma etkisi	X				X	X
Kenar kararma etkisi	X				X	X

Mutlak Parametreler

Literatürde fotometrik gözlemlerden mutlak parametrelerin hesabı için farklı yaklaşımlar yapılmıştır. Bu yaklaşımlar içerisinde W-alt tiplerini tam olarak temsil eden bir bağıntı bulunamamıştır. Bu sebeple W-alt tiplerine özel hazırladığımız güncel parametrelerden itibaren yarı-büyük eksen ve periyot arasında bir korelasyon kurulmuştur. Bu bağıntı 3.10 ile verilmiştir. Bu denklem kullanılarak QQ Boo ve V342 Dra sistemlerinin mutlak parametreleri **Tablo 4.4:**'da verilmiştir.

Mutlak Parametreler	QQ Boo	V342 Dra
$a (R_{\odot})$	1.977 ± 0.229	2.756 ± 0.271
$M_1 (M_{\odot})$	0.246 ± 0.004	0.634 ± 0.006
$M_2 (M_{\odot})$	1.112 ± 0.002	1.194 ± 0.001
$R_1 (R_{\odot})$	0.528 ± 0.061	0.896 ± 0.088
$R_2 (R_{\odot})$	1.034 ± 0.12	1.201 ± 0.118
$L_1 (L_{\odot})$	0.277 ± 0.004	1.227 ± 0.012
$L_2 (L_{\odot})$	0.726 ± 0.01	1.897 ± 0.018

Tablo 4.4: QQ Boo ve V342 Dra'nın ($a \propto P$) korelasyonu ile hesaplanmış mutlak parametreleri.



5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu tez çalışmasında W UMa türü olan QQ Boo ve V342 Dra çift sistemlerinin çok-band fotometrik analizleri ilk kez yapılmıştır.

QQ Boo sisteminin minimum zamanları hesaplanmış ve düzenlenmiş efemerisi verilmiştir. Düzeltilmiş ışık elemanlarına göre sistemin periyodu $P = 0^s.27647697$ bulunmuştur. Sistemin birinci bileşeninin sıcaklığı $T_1 = 5790K$, ikinci bileşeninin sıcaklığı $T_2 = 5364K$ bulunurken kütle oranı $q = 4.51732$ bulunmuştur. Buradan yola çıkarak kütleli olan bileşenin nispeten daha soğuk olması sebebiyle bu sistemin W-alt tipinde bir W UMa türü bir sistem olduğu sonucuna varılmıştır. Sistemdeki O'Connell etkisi sebebiyle leke modellemesine gidilmiş ve analiz sırasında sıcak ama kütlesi küçük olan bileşende sıcak leke modellemesi en iyi sonucu vermiştir. Faillace *ve diğ.* (2012) ışık eğrisindeki B bandı genliğinin V ve R bandlarına göre daha fazla olmasının sebebinin madde aktarımından kaynaklı sıcak leke olduğunu belirtmişlerdir. Madde aktarımı sırasında cismin üstüne düşen madde sıcak leke oluşturur (bkz.2.1.3.). Buradan yola çıkarak bu sistem için kütlesi büyük olan bileşenden diğerine madde aktarımı evresinde olduğu söylenebilir. Doluluk oranı (değme faktörü) $f = \%22$ olan QQ Boo sisteminin, yörünge eğimi $i = 66^\circ.869$ olarak hesaplanmış ve üçüncü ışık katkısına (l_3) rastlanmamıştır.

Bu çalışmanın diğer sistemi olan V342 Dra'nın da minimum zamanları ve yeni efemerisi verilmiştir. Düzeltilmiş ışık elemanlarına göre sistemin periyodu $P = 0^s.392209546$ bulunmuştur. Sistemin birinci bileşeninin sıcaklığı $T_1 = 6450K$, ikinci bileşeninin sıcaklığı $T_2 = 6210K$ bulunurken kütle oranı $q = 1.88253$ bulunmuştur. Bu sistemin de kütle oranı ve sıcaklık arasındaki ilişkisi göz önünde bulundurularak tipik bir W-alt tipinde bir W UMa olduğu görülmüştür. Işık eğrisindeki maksimum seviyeler arasında bir fark görülmediği için leke modellemesine gidilmemiştir. Doluluk oranı $f = \%1.8$ olan sistemin, yörünge eğimi $i = 65^\circ.774$ olarak hesaplanmıştır. Sistemde V ve R bandlarında sırasıyla $\%1.9$ ve $\%7.5$ oranında üçüncü ışık katkısı çıkmıştır. Değme derecesi (f) $\%20$ 'den küçük olan sistemler sığ-değen sistemler olarak tanımlanmışlardır (Liu *ve diğ.*, 2016). Liu *ve diğ.* (2014) çalışmalarında $\%3.5$ doluluk oranına sahip W-alt tipi V1799 Ori sistemini aşığı sığ-değen sistem olarak sınıflamışlardır. Buna göre $\%1.8$ 'lik değme oranına sahip

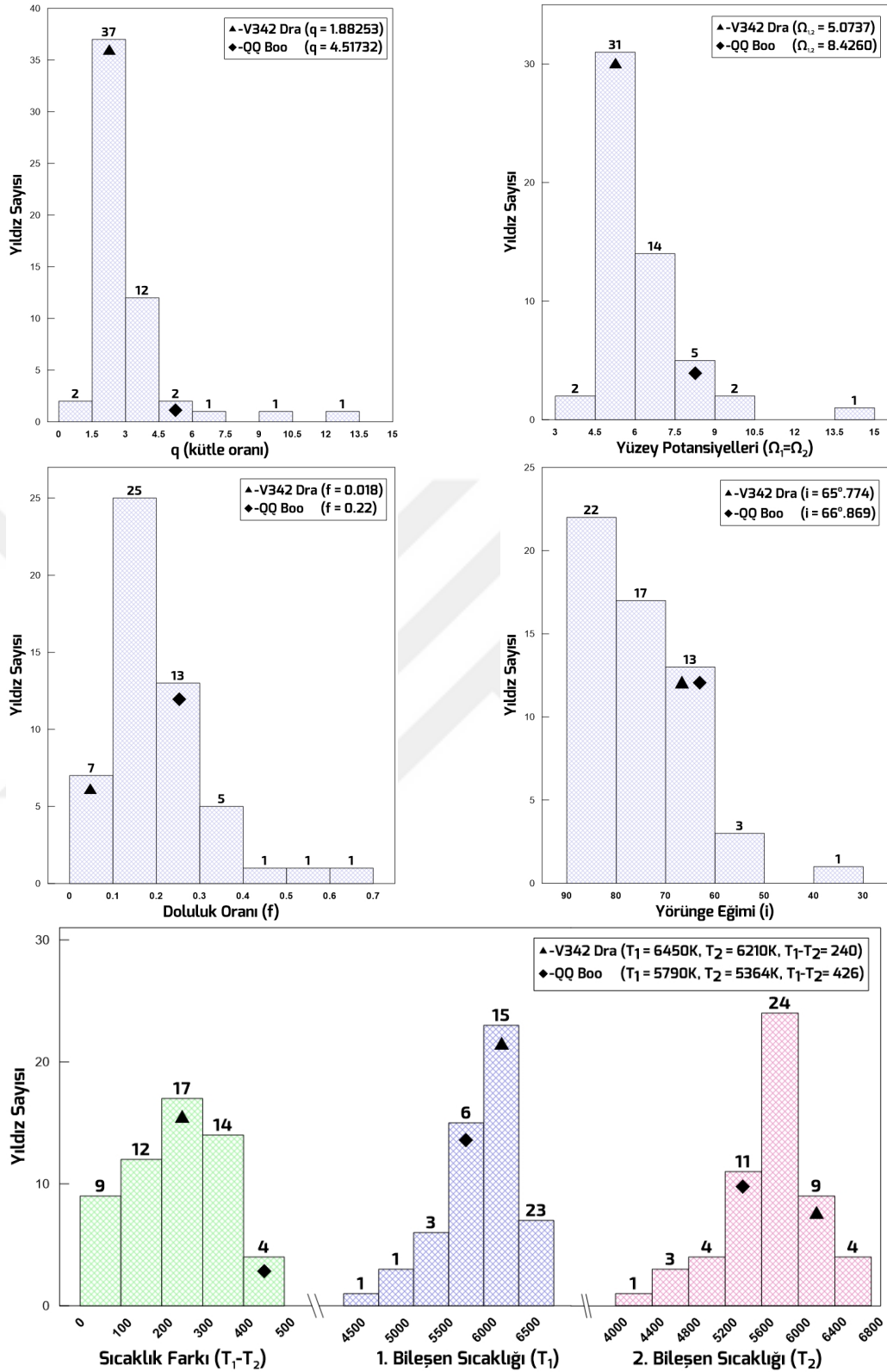
V342 Dra, QQ Boo ile karşılaştırıldığında sıg-değen bir sistem olarak nitelenebilir.

EK 1. **Tablo 1.1:**'de verilen 56 W-alt tip sistem içeren katalogdan yararlanılarak QQ Boo ve V342 Dra'yı da içine katarak, ışık eğrisi çözümü parametrelerine göre kütle oranı, eşpotansiyel yüzeyler, doluluk oranı, yörünge eğimi, bileşen sıcaklıkları ve sıcaklık farkları karşılaştırılmaları **Şekil 5.1:**'de verilmiştir. Bu çalışmanın sistemleri QQ Boo ve V342 Dra'nın yerleri sütunlar üzerinde işaretlenmiştir. Üçgen simgesi QQ Boo'yu, dörtgen simgesi V342 Dra'yı ifade etmektedir. Yapılan ışık eğrisi analizine göre QQ Boo ve V342 Dra sistemlerinin ışık eğrisi çözümlerinden elde edilen parametreler, W-alt tipindeki W UMa sistemlerinin fotometrik özellikleriyle uyum sağladıkları görülmektedir.

Literatürde fotometrik çözümlerden yola çıkılarak mutlak parametrelere ulaşmak için farklı çalışmalar yapılmıştır. Gazeas (2009) 112 tane A ve W-alt tipi W UMa sistemi kullanarak mutlak parametreler ile periyod arasında 2-boyutlu ($M, L, R \propto P$), ve periyod-kütle oranı arasında da 3-boyutlu ($M, L, R \propto P \& q$) ilişkiler ortaya kurmuşlardır. Dimitrov ve Kjurchieva (2015) periyodu 0.27 günden daha az olan ($P < 0^8.27$) 14 tane çift sistem için periyot ve yarı-büyük eksen ($a \propto P$) ilişkisini vermişlerdir. Kim ve diğ. (2016) A ve W-alt tiplerini kullanarak kütle oranı ve bileşen kütleleri arasında ($M_1 \propto q; M_2 \propto q$) bir ilişki sunmuşlardır. Bahsedilen çalışmalar içerisinde sadece W-alt tiplerini içeren bir ilişki verilmediğinden çalışmamızda EK 1. **Tablo 1.1:**'de verilen W-alt tiplerini içeren 56 sistem için yarı-büyük eksen - periyot arasında ($a \propto P$) lineer bir bağıntı elde edilmiştir.

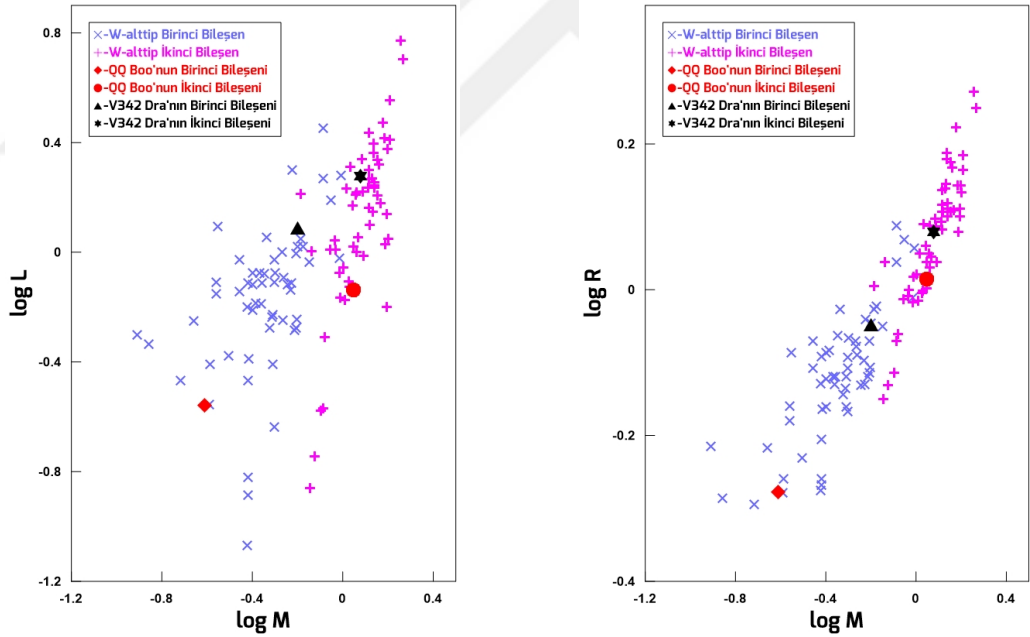
Bu ilişkiden yola çıkılarak bölüm 3.7. verilen 3.10 numaralı bağıntıdan QQ Boo sisteminin yarı-büyük eksen uzunluğu $a = 1.977R_{\odot}$ bulunmuş ve bu yaklaşımla sistemin diğer mutlak parametreleri $M_1 = 0.246M_{\odot}$, $M_2 = 1.112M_{\odot}$, $R_1 = 0.528R_{\odot}$, $R_2 = 1.034R_{\odot}$, $L_1 = 0.277L_{\odot}$, $L_2 = 0.726L_{\odot}$ şeklinde hesaplanmıştır.

V342 Dra sisteminin de bölüm 3.7. verilen 3.10 numaralı bağıntıdan yarı-büyük eksen uzunluğu $a = 2.756R_{\odot}$ bulunmuş ve bu yaklaşımla sistemin diğer mutlak parametreleri $M_1 = 0.634M_{\odot}$, $M_2 = 1.194M_{\odot}$, $R_1 = 0.896R_{\odot}$, $R_2 = 1.201R_{\odot}$, $L_1 = 1.227L_{\odot}$, $L_2 = 1.897L_{\odot}$ şeklinde hesaplanmıştır.

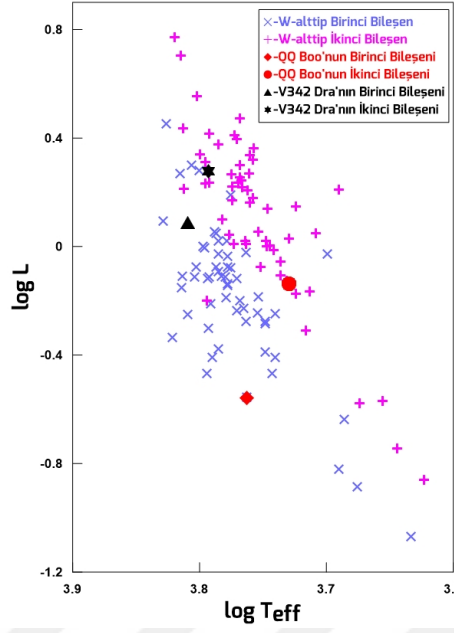


Şekil 5.1: EK 1. **Tablo 1.1:**'de verilen katalog çalışmasından alınan W-altı tipi sistemler ile QQ Boo ve V342 Dra sistemlerinin a) Kütle oranı, b)Yüzey Potansiyelleri, c) Doluluk Oranı, d) Yörünge Eğimi, e) Bileşen Sıcaklıkları karşılaştırması.

EK 1. **Tablo 1.1:**'de verilen W-alt tip kataloğundan mutlak parametrelerin diyagramları oluşturulmuştur. Bu diyagramlar oluşturulurken ilk kabulümüz "ışık eğrisinde derin minimum sıcak olan baş bileşenin örtülmesiyle" oluştuğuna dayanmaktadır. W UMa sistemler de ışık eğrisine göre sınıflandırılmış bir tür olduğu için sıcak olan bileşen birinci bileşen olarak kabul edilmiştir ve tüm tez çalışması boyunca bu düzende devam edilmiştir. W-alt tiplerde sıcak olan baş bileşen aynı zamanda kütlesi küçük olan, nispeten soğuk olan ikinci bileşen ise kütlesi büyük olmaktadır. 56 adet W-alt tip listesi kullanılarak hazırlanan diyagramlar bu kabul göz önünde bulundurularak hazırlanmıştır. Kütle-ışınma gücü diyagramı **Şekil 5.2:**, kütle-yarıçap diyagramı **Şekil 5.3:**'de ve sıcaklık-ışınma gücü diyagramı ise **Şekil 5.4:**'de verilmektedir. Diyagramlarda QQ Boo ve V342 Dra sistemlerinin bileşenleri ayrı ayrı gösterilmiştir. Yarı-büyük eksen - periyot arasında kurduğumuz ilişkiden yola çıkarak hesapladığımız mutlak parametrelerin değerleri tayfsal çalışması yapılmış W-alt tiplerin parametreleriyle uyum göstermiştir.



Şekil 5.2: W-alt tip W UMa türü örten sistem- **Şekil 5.3:** W-alt tip W UMa türü örten sistemlerin kütle-ışınma gücü diyagramları ve QQ Boo temlerin kütle-yarıçap diyagramları ve QQ Boo ve V342 Dra sistemlerinin diyagram üzerindeki ve V342 Dra sistemlerinin diyagram üzerindeki yeri.



Şekil 5.4: W-alt tip W UMA türü örten sistemlerin sıcaklık-ışınma gücü diyagramları ve QQ Boo ve V342 Dra sistemlerinin diyagram üzerindeki yeri.

Gelecek Planları

Bu çalışmada araştırılan QQ Boo ve V342 Dra sistemlerinin periyot değişimi analizi için İST60 ile minimum zaman gözlemlerine devam edilmektedir. Fotometrik gözlemlerde girdi parametresi olarak verilen kütle oranını daha duyarlı hesaplanabilmesi için tayfsal gözlem yapılması gerekmektedir. Bu amaçla 2018 yılı yaz dönemi içerisinde TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde bulunan RTT150 teleskobu ile bu sistemlerin echelle tayf gözlemleri yapılmıştır. İndirgeme işlemleri yapıldıktan sonra mutlak parametreler, radyal hız eğrisi çözümünden elde edilerek bu çalışmanın sonuçlarıyla karşılaştırılması hedeflenmektedir.

KAYNAKLAR

- Albayrak, B., Djurašević, G., Erkapić, S., Tanrıverdi, T., 2004, Modeling the changing spot features of SW Lacertae: A three year study, *A&A*, **420**, 1039 - 1045.
- Allen, C.W., 1947, Interpretation of Electron Densities From Corona Brightness, *MNRAS*, **107**, 426.
- Awadalla, N.S., Hanna, M.A., 2005, Absolute Parameters and Mass-Radius-Luminosity Relations for the Sub-Types of W UMa Binaries, *JKAS*, **38**, 43 - 57.
- Arech, A.V., Mesadi, T., Koshel, R.J., 2007, *Field Guide to Illumination*, SPIE field guides, Volume 11, SPIE
- Balona, L. A., 1995, Precision Differential CCD Photometry, *IAUS*, **167**, 187.
- Baran, A., Zola, S., Rucinski, S.M., Kreiner, J.M., Siwak, M., Drozd, M., 2004, Physical Parameters of Components in Close Binary Systems: II, *AcA*, **54**, 195 - 206.
- Barone, F., di Fiore, L., Milano, L., Russo, G., 1993, Analysis of contact binary systems - AA Ursae Majoris, V752 Centauri, AO Camelopardalis, and V 677 Centauri, *ApJ*, **407**, 237 - 251.
- Bradstreet, D. H., 2005, Fundamentals of Solving Eclipsing Binary Light Curves Using Binary Maker 3, *SASS*, **24**, 23.
- Binnendijk, L., 1970, The Orbital Elements of W Ursae Majoris Systems, *VA*, **12**, 217 - 256.
- Claret, A., Bloemen, S., 2011, Gravity and limb-darkening coefficients for the Kepler, CoRoT, Spitzer, uvby, UBVRIJHK, and Sloan photometric systems, *A&A*, **529**, 75.
- Cseki, A., 2013, The Analysis of SuperWASP Photometric Data for the Overcontact Binary QW Gem, *SerAJ*, **186**, 47 - 51.
- Cox, A.N., 1999, *Allen's Astrophysical Quantities*, In: Cox, A.N. (.ed), Springer, New York, ISBN: 0387987460.
- Csizmadia, Sz., Klagyivik, P., 2004, On the properties of contact binary stars, *A&A*, **426**, 1001-1005.
- Çalışkan, Ş., Latković, O., Djurašević, G., Özavcı, İ., Baştürk, Ö., Cséki, A., Şenavcı, H. V., Kılıçoğlu, T., Yılmaz, M., Selam, S.O., 2014, Photometric analysis of overcontact binaries AK Her, HI Dra, V1128 Tau and V2612 Oph, *AJ*, **148**, 126.
- De Loore, C.W.H., Doom, C., 1992, *Structure and Evolution of Single and Binary Stars*, Kluwer Academic Publishers, Netherlands, ISBN: 0-7923-1768-8.

- Diethelm, R., 2012, Timings of Minima of Eclipsing Binaries, *IBVS*, **6029**, 1.
- Dimitrov, D.P., Kjurkchieva, D.P., 2015, Ultrashort-period main-sequence eclipsing systems: new observations and light-curve solutions of six NSVS binaries, *MNRAS*, **448**, 2890 - 2899.
- Djurašević, Gojko; Dimitrov, Dinko; Arbutina, Bojan; Albayrak, Berahitdin; Selam, Selim Osman; Atanacković-Vukmanović, Olga, 2006, A Photometric Study of the Contact Binaries: XY Leo, EE Cet and AQ Psc, *PASA*, **23**, 154 - 164.
- Djurašević, G., Yilmaz, M., Baştürk, Ö., Kılıçoğlu, T., Latković, O., Çalışkan, Ş., 2011, Physical parameters of close binaries QX Andromedae, RW Comae Berenices, MR Delphini, and BD +079°3142, *A&A*, **525**, 66.
- Erdem, A., Budding, E., Demircan, O., Değirmenci, Ö.L., Gülmen, Ö., Sezer, C., 2005, The close binary system EG Cephei, *AN*, **326**, 332-337.
- Erdem, A., Özkardeş, B., 2009, Photometric analysis of the contact binary star V842 Hercules on the basis of seasonal light curves, *NewA*, **14**, 321-329.
- Erkan, N., Ulaş, B., 2016, The low mass ratio contact binary system V728 Herculis, *NewA*, **46**, 73-77.
- Faillace, G., Owen, C., Pulley, D., Smith, D., 2012, Investigating the properties of the near contact binary system TW CrB, *ARXIV*, **1204.2783**
- Ferdinand, H., Driffield., V.C., 1890, *The Journal of the Society of Chemical Industry*, No. 5, Vol IX.
- Gazeas, K.D., Baran, A., Niarchos, P., Zola, S., Kreiner, J.M., Ogloza, W., Rucinski, S.M., Zakrzewski, B., Siwak, M., Pigulski, A., Drozd, M., 2005, Physical Parameters of Components in Close Binary Systems: IV, *AcA*, **55**, 123 - 140.
- Gazeas, K.D., Niarchos, P.G., Zola, S., Kreiner, J.M., Rucinski, S.M., 2006, Physical Parameters of Components in Close Binary Systems: VI, *AcA*, **56**, 127 - 143.
- Gazeas, K., Stępień, K., 2008, Angular momentum and mass evolution of contact binaries, *MNRAS*, **390**, 1577 - 1586.
- Gazeas, K.D., 2009, Physical parameters of contact binaries through 2-D and 3-D correlation diagrams, *CoAst*, **159**, 129 - 130.
- Gettel, S.J., Geske, M.T., McKay, T.A., 2006, A Catalog Of 1022 Bright Contact Binary Stars, *AJ*, **131**, 621 - 632.
- Goecking, K.D., Duerbeck, H.W., Plewa, T., Kaluzny, J., Schertl, D., Weigelt, G., Flin, P., 1994, The W Ursae Majoris system ER Ori: A multiple star, *A&A*, **289**, 827 - 836.
- Gorda, S.Y., 2016, Spectrometric and photometric study of the eclipsing variable AM Leo, *AstBu*, **71**, 64 - 74.

- Gürol, B., Bradstreet, D.H., Demircan, Y., Gürsoytrak, S.H., 2015, Photometric study and absolute parameters of the short-period eclipsing binary HH Bootis, *NewA*, **41**, 26 - 36.
- Gürol, B., Bradstreet, D.H., Okan, A., 2015, Absolute and geometric parameters of the W UMa type contact binary V546 And, *NewA*, **36**, 100 - 109.
- Gürol, B., Gökay, G., Saral, G., Gürsoytrak, S.H., Cerit, S., Terzioğlu, Z., 2016, Absolute and geometric parameters of contact binary GW Cnc, *NewA*, **46**, 31 - 39.
- He, J.J., Qian, S.B., 2008, A Photometric Study of the W UMa-Type Contact Binary RZ Com, *ChJAA*, **8**, 465 - 471.
- He, J.J., Qian, S.B., 2009, The Observation and Study of Shallow-contact Binary Systems, *ASPC*, **404**, 194.
- Herschel, Mr., Watson, Dr., 1782, Catalogue of Double Stars. By Mr. Herschel, F. R. S. Communicated by Dr. Watson, *RSPT*, **72**, 112.
- Hoffman, D.I., Harrison, T.E., McNamara, B.J., 2009, Automated Variable Star Classification Using the Northern Sky Variability Survey, *AJ*, **138**, 466.
- Hrivnak, B.J., 1988, Radial velocity studies and absolute parameters of contact binaries. I - AB Andromedae, *ApJ*, **335**, 319 - 330.
- Hübscher, J., Lehmann, P.B., 2015, BAV-Results of observations - Photoelectric Minima of Selected Eclipsing Binaries and Maxima of Pulsating Stars, *IBVS*, **6149**, 1.
- Hübscher, J., 2016, BAV-Results of observations - Photoelectric Minima of Selected Eclipsing Binaries, *IBVS*, **6157**, 1.
- Juryšek, J., Hoňková, K., Šmelcer, L., Mašek, M., Lehký, M., Bílek, F., Mazanec, J., Hanžl, D., Magris, M., Nosál, P., Bragagnolo, U., Medulka, T., Vrašťák, M., Urbaník, M., Auer, R. F., Sergey, I., Jacobsen, J., Alessandroni, M. R., Andreatta, C., Antonio, Ch. F., Artola, R., Audejean, M., Balanzino, L., Banfi, M., Bazán, R. S., Borgonovo, M., Cagaš, P., Čaloud, J., Campos, F., Čapková, H., Černíková, V., Červinka, L., Chiavassa, A., Dřevěný, R., Durantini, L. H., Ferraro, M. E., Ferrero, G., Girardini, C., Gudmundsson, S., Guzzo, P., Guevara, N., Hladík, B., Horník, M., Jakš, S., Janoštiak, L., Jelínek, M., Kalášek, J., Kalmbach, R., Kubica, T., Kučáková, H., Liška, J., Lomoz, F., López, O. Ch., Lovato, B. M., Morero, S., Mrllák, R., Mrňák, P., Persha, G., Pignata, R., Pintr, P., Popov, A., Portillo, L. F. T., Quiñones, C., Rodriguez, E., Ruocco, N., Scaggiante, F., Scavuzzo, A., Šebela, P., Šimkovič, S., Školník, V., Skubák, P., Smolka, M., Špecián, M., Šuchaň, J., Tornatore, M., Trnka, J., Tylšar, M., Walter, F., Zardin, D., Zejda, M., Zíbar, M., Ziková, A., 2017, B.R.N.O. Contributions #40 Times of minima, *IBVS*, **179**, 1
- Kallrath, J., Milone, E.F., 2009, *Eclipsing Binary Stars: Modeling and Analysis Second Edition*, Springer, New York, ISBN 978-1-4419-0698-4.
- Kallrath, J., Milone, E.F., Terrell, D., Young, A.T., 1998, Recent Improvements To A Version Of The Wilson-Devinney Program, *AJ*, **508**, 308 - 313.

- Kaluzny, J., Rucinski, S.M., 1986, The combined photometric and spectroscopic solutions for contact binaries BV DRA and BW DRA, *AJ*, **92**, 666 - 672.
- Kaminski, L.J., Leake, M.A., Berget, D.J., 2010, Differential Photometry and Lightcurve Analysis for Numbered Asteroids 229, 275, 426, 557, 613, 741, 788, 872, 907, and 5010, *JSARA*, **3**, 25.
- Khruslov, A.V., 2006, New Short Periodic Eclipsing Binaries, *PZP*, **6**, 16.
- Kim, C.H., Lee, J.W., Kim, S.L., Han, W., Koch, R.H., 2003, A Period Study and Light Synthesis for the W Ursae Majoris Type Binary SS Arietis, *AJ*, **125**, 322 - 331.
- Kim, H.W., Kim, C.H., Song, M.H., Jeong, M.J., Kim, H.Y., 2016, The First Photometric Study of NSVS 1461538: A New W-subtype Contact Binary with a Low Mass Ratio and Moderate Fill-out Factor, *JASS*, **33**, 185 - 196.
- Kippenhahn, R., Weigert, A., Weiss, A., 2012, *Stellar and structure and evolution, second edition*, Astronomy and Astrophysics Library, Springer Heidelberg New York Dordrecht London, s. 560., ISBN 978-3-642-30255-8
- Kjurkchieva, D.P., Marchev, D.V., Popov, V.A., 2018, Photometric and spectral observations of two W UMa stars with periods of one third of a day, *AN*, **339**, 427 - 477.
- Kjurkchieva, D., Stateva, I., Popov, V.A., Marchev, D., 2019, Photometric and Spectral Observations of the W UMa Stars NSVS 4161544 and 1SWASP J034501.24+493659.9. GAIA Challenges, *AJ*, **157**, 73.
- Kopal, Z., 1941, On The Nature of the System of β Lyrae, *AJ*, **93**, 92.
- Kopal, Z., 1959, *Close Binary Systems*, The International Astrophysics Series, London: Chapman & Hall
- Kopal, Z., 1972, The Roche model and its application to close binary systems., *AdA&A*, **9**, 1 - 65.
- Köse, O., Kalomeni, B., Keskin, V., Ulaş, B., Yakut, K., 2011, The short-period low-mass binary system CC Com revisited, *AN*, **322**, 626 - 630.
- Kwee, K.K., van Woerden, H., 1956, A method for computing accurately the epoch of minimum of an eclipsing variable, *BAN*, **12**, 327
- Lee, J.W., Lee, C.U., Kim, S.L., Kim, H.I., Park, J.H., 2011, The Light and Period Variations of the Eclipsing Binary AA Ursae Majoris, *PASP*, **123**, 34.
- Li, K., Hu, S.M., Guo, D.F., Jiang, Y.G., Gao, Y.G., Chen, X., Odell, A.P., 2015, The Active Contact Binary Ty UMa Revisited: is It a Quadruple Star?, *AJ*, **149**, 120.
- Li K., Gao, D.Y., Hu, S.M., Guo, D.F., Jiang, Y.G., Chen, X., 2016, The active W UMa type binary star V781 Tau revisited, *AP&SS*, **361**, 63.
- Li, L., Han Z., Zhang, F., 2004, Structure and evolution of low-mass W UMa-type systems, *MNRAS*, **351**, 137 - 146.

- Linnell, A. P., 1985, UBVR photometry of W Ursae Majoris, *ApJS*, **57**, 611 - 619.
- Liu, Q., Yang, Y., 2000, A Period study of the W UMa type contact binary V 781 Tauri, *A&AS*, **142**, 31 - 34.
- Liu, L., Qian, S.B., Boonruksar, S., Zhu, L.Y., He, J.J., Yuan, J.Z., 2007, CCD Photometric Study of the Contact Binary TX Cnc in the Young Open Cluster NGC 2632, *PASJ*, **59**, 607 - 614.
- Liu, N., Qian, S., Liao, W., He, J., Zhao, E., Liu, L., 2014, Photometric investigation of the K-type extremely shallow contact binary V1799 Orion, *RAA*, **14**, 1157 - 1165.
- Liu, L., Qian, S., He, J., Liao, W., Liu, N., 2016, A precontact binary and a shallow contact binary are in the same field, *PASJ*, **68**, 31.
- Lu, W.X., Rucinski, S.M., 1993, Spectral-line broadening functions of W UMa-type binaries. II - AH VIR, *AJ*, **106**, 361 - 371.
- Lu, W., Hrivnak, B.J., Rush, B.W., 2007, Light-Curve and Radial Velocity Study of the Contact Binary BD +42 2782, *AJ*, **133**, 255 - 260.
- Lucy, L.B., 1967, Gravity-Darkening for Stars with Convective Envelopes, *ZA*, **65**, 89 - 92.
- Lucy, L.B., 1968, The Structure of Contact Binaries, *ApJ*, **151**, 1123.
- Maceroni, C., Milano, L., Russo, G., Sollazzo, C., 1981, Determination of parameters of W UMa systems. I - AE Phe, AQ Tuc, 44 i Boo, *A&AS*, **45**, 187 - 192.
- Maceroni, C., Milano, L., Russo, G., 1984, Determination of parameters of W UMa system. V - V757 Cen, ER Cep, AH CNC, *A&AS*, **58**, 405 - 410.
- Milone, E.F., Chia, T.T., Castle, K.G., Robb, R.M., 1980, RW Comae Berenices. I. Early Photometry and UBVR Light Curves, *ApJS*, **43**, 339 - 364.
- Nelson, R.H., Şenavcı, H.V., Baştürk, Ö., Bahar, E., 2014, BI CVn - A spotted, overcontact, type-W eclipsing binary, *NewA*, **29**, 57 - 64.
- Nesci, R., Maceroni, C., Milano, L., Russo, G., 1986, YY ERI revisited, *A&A*, **159**, 142 - 146.
- Niemela, V.S., 2001, A Short History and Other Stories of Binary Stars, *RMxAC*, **11**, 23.
- Osaki, Y., 1965, Mass-Luminosity Relationship in Close Binary Systems of W Ursae Majoris Type, *PASJ*, **17**, 97.
- Özdarcan, O., Sipahi, E., Dal, H.A., 2012, BD+36 3317: An Algol Type Eclipsing Binary in Delta Lyrae Cluster, *NewA*, **17**, 483 - 487.
- Özdemir, S., Demircan, O., Çiçek, C., Erdem, A., 2004, Photometric solution of the eclipsing binary system EF Boötis, *AN*, **325**, 332 - 335.
- Özkardeş, B., Erdem, A., 2007, Photometric Analysis of the Contact Binary System V829 Hercules, *ASPC*, **370**, 237.

- Özkardeş, B., 2010, *GÜNEY YARIMKÜREDE SEÇİLEN BAZI W UMa TÜRÜ ÇİFT YILDIZLARIN TAYFSAL VE FOTOMETRİK İNCELENMESİ*, Doktora Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Öztürk, O., Soyduğan, F., Çiçek, C., 2014, SX Aurigae: A close binary at the early stage of contact phase, *NewA*, **30**, 100.
- Pagel, L., 2018, BAV-Results of observations - Photoelectric Minima of Selected Eclipsing Binaries and Maxima of Pulsating Stars, *IBSV*, **6244**, 1.
- Parenago, P.P., Masevich, A.G., 1951, Issledovanie zavisimosti massa-radius-svetimost Chast 1, Opredelenie empiricheskoi zavisimosti massa-radius-svetimost /, *TrSht*, **20**, 81.
- Paschke, A., 2014, A list of minima and maxima timings, *OEJV*, **162**, 1.
- Pribulla, T., Vanko, M., 2002, Photoelectric photometry of eclipsing contact binaries: U Peg, YY CrB, OU Ser and EQ Tau, *CoSka*, **32**, 79 - 98.
- Rainger, P.P., Hilditch, R.W., Bell, S.A., 1990, The Contact Binary System Ty-Booti, *MNRAS*, **246**, 42.
- Richards, M.T., Agafonov, M.I., Sharova, O.I., 2012, New Evidence of Magnetic Interactions between Stars from Three-dimensional Doppler Tomography of Algol Binaries: β PER and RS VUL, *ApJ*, **760**, 8.
- Richards, M.T., Mochnacki, S.W., Bolton, C.T., 1988, Nonsimultaneous multicolor light-curve analysis of Algol (Beta Persei), *AJ*, **96**, 326 - 336.
- Rucinski, S. M., 1974, Binaries. II. A- and W-type Systems. The W UMa-type Systems as Contact, *AcA*, **24**, 119.
- Ruciński, S.M., 1973, The W UMa-type Systems as Contact Binaries. I. Two Methods of Geometrical Elements Determination. Degree of Contact, *AcA*, **23**, 79.
- Russo, G., Sollazzo, C., Maceroni, C., Milano, L., 1982, Determination of Parameters of W-Ursae Systems - Part Two - Tw-Ceti S-Antiliae U-Pegasi Er-Orionis, *A&AS.*, **47**, 211.
- Samec, R.G., Hube, D.P., 1991, BX Pegasi. II - Spectroscopic observations and simultaneous synthetic photometric-spectroscopic solution, *AJ*, **102**, 1171 - 1175.
- Samec, R.G., Terrel, D., 1995, YZ Phoenicis: Photometric Study of a W UMa Binary Near the Short-period Limit, *PASP*, **107**, 427.
- Sarotsakulchai, T., Qian, S.B., Soonthornthum, B., Fernández L.E., Liu, N.P., Zhou, X., Zhang, J., Liao, W.P., Reichart, D.E., Haislip, J.B., Kouprianov, V.V., Poshyachinda, S., 2019, RW Doradus: A solar-type shallow contact binary with a new orbital period investigation, *PASJ*, **71**, 34.
- Selam, S.O., Baştürk, Ö., Esmaslı, A., Şenavcı, H.V., Albayrak, B., 2009, V502 Ophiuchi Çift Yıldız Sisteminin Işık Eğrisi ve Dönem Analizi, *JAS*, **12**, 151 - 164.

- Shaw, J. S., 1994, Near-contact binaries, *MmSAI*, **65**, 95.
- Skelton, P.L., Smits, D.P., 2009, Modelling of W UMa-type variable stars, *SAJS*, **105**, 120 - 126.
- Sriram, K., Shanti Priya, D.; Vivekananda Rao, P., 2014, Photometry and *Halp* studies of a Low Mass Ratio Overcontact binary ASAS J082243+1927.0, *arXiv*, **1409.7772**.
- Sterken, C., Jäschek, C., 1996, *Light Curves of Variable Stars, A Pictorial Atlas*, Cambridge University Press, Cambridge, ISBN: 0521390168.
- Szalai, T., Kiss, L.L., Mészáros, Sz., Vinkó, J., Csizmadia, Sz., 2007, Physical parameters and multiplicity of five southern close eclipsing binaries, *A&A*, **465**, 943 - 652.
- Terrell, D., 2001, Eclipsing Binary Stars: Past, Present, and Future, *JAVSO*, **30**, 1.
- van Hamme, W., Wilson, R. E., Guinan, E. F., 1995, Periodic Light Curve Changes for Beta Lyrae, *AJ*, **110**, 1350.
- Vilhu, O., 1982, Detached to Contact Scenario for The Origin of W UMa Stars, *A&A*, **109**, 17 - 22.
- von Zeipel, H., 1924, The Radiative Equilibrium of a Rotating System of Gaseous Masses, *MNRAS*, **84**, 665 - 683.
- Wang, J.M., 1994, The Thermal Relaxation Oscillation States of Contact Binaries, *ApJ*, **434**, 277 - 282.
- Webbink, R. F., 2003, Contact Binaries, *ASPC*, **293**, 76.
- Wilsey, N.J., Beaky, M.M., 2009, Revisiting the O'Connell Effect in Eclipsing Binary Systems, *ASS*, **28**, 107.
- Wilson, R.E., Devinney, E.J., 1971, Realization of Accurate Close-Binary Light Curves: Application to MR Cygni, *ApJ*, **166**, 605 - 619.
- Worley, C.E., 1992, Visual Double Stars Catalogs – Past, Present and Future, *ASPC*, **135**, 32 - 284.
- Woźniak, P.R., Vestrand, W.T., Akerlof, C.W., Balsano, R., Bloch, J., Casperson, D., Fletcher, S., Gisler, G., Kehoe, R., Kinemuchi, K., Lee, B.C., Marshall, S., McGowan, K.E., McKay, T.A., Rykoff, E.S., Smith, D.A., Szymanski, J., Wren, J., 2004, Northern Sky Variability Survey: Public Data Release, *AJ*, **127**, 2346 - 2449.
- Yang, Y.G., Qian, S.B., Zhu, C.H., 2004, A CCD Photometric Study of the W UMa-Type Binary System EZ Hydrae, *PASP*, **116**, 826 - 832.
- Yakut, K., Eggleton, P.P., 2005, Evolution of Close Binary Systems, *ApJ*, **629**, 1055 - 1074.
- Yıldız, M., 2013, Origin of W UMa-type contact binaries - age and orbital evolution, *MNRAS*, **437**, 185 - 194.

- Zhang, X.B., Zhang, R.X., 2004, Long-term photometric study of the W UMa binary star V523 Cas, *MNRAS*, **347**, 307 - 315.
- Zhou, X., Qian, S., Huang, B., Li, H., Zhang, J., 2016, Physical properties and evolutionary status of the W-subtype contact binary V502 Oph with a stellar companion, *PASJ*, **68**, 102.
- Zhu, L.Y., Qian, S.B., Soonthornthum, B., He, J.J., Liu, L., 2011, Deep, Low Mass Ratio Overcontact Binary Systems. XI. V1191 Cygni, *AJ*, **142**, 124.
- Zoła, S., Niarchos, P., Manimanis, V., Dapergolas, A., 2001, A photometric study of BH Cas, *A&A*, **374**, 164 - 170.
- Zola, S., Kreiner, J.M., Zakrzewski, B., Kjurkchieva, D.P., Marchev, D.V., Baran, A., Rucinski, S.M., Ogloza, W., Siwak, M., Koziel, D., Drozd, M., Pokrzywka, B., 2005, Physical Parameters of Components in Close Binary Systems. V, *AcA*, **55**, 389 - 405.

EKLER

EK 1. W-alt tip W UMa türü Sistemlerin Literatür Bilgileri

Literatürde fotometrik ve tayfsal çalışmaları yapılmış 56 tane W-alt tipi sistemin çözüm parametreleri **Tablo 1.1:**'de verilmektedir. Bu çalışmada hesaplanan parametreler ilgili değerin yanındaki "*" simgesi ile gösterilmektedir. Hesaplamalar Binary Maker 3 programı ile yapılmıştır.



Tablo 1.1: 56 tane W-alt tip W UMa sistemlerinin çözüm parametreleri. Yanında "*" simgesi bulunan parametreler bu çalışmada hesaplanmıştır.

Cisim	$a (R_{\odot})$	$P(gün)$	T_1	T_2	$q(M_2/M_1)$	$\Omega_1 = \Omega_2$	$i (^{\circ})$	r_1	r_2	f	$M_1 (M_{\odot})$	$M_2 (M_{\odot})$	$R_1 (R_{\odot})$	$R_2 (R_{\odot})$	$L_1 (L_{\odot})$	$L_2 (L_{\odot})$	Referans
AA UMa	3.440	0.4681	5964	5920	1.820	4.9040	79.6	0.33990	0.44390	0.14	0.89	1.61	1.17	1.53	1.55	2.57	Lee ve diğ. (2011)
AB And	2.308	0.3319	5821	5450	2.037	5.2169	86.8	0.32728	0.45136	0.15	0.49	1.01	0.76	1.05	0.59	0.88	Hrivnak (1988)
AE Phe	2.698	0.3624	6100	5880	2.536	5.8700	89.0	0.31285	0.47366	0.20	0.63	1.38	0.90	1.26	1.05	1.72	Maceroni ve diğ. (1981); Yakut ve Eggleton (2005)
AH Vir	2.797	0.4075	5671	5300	3.300	6.8823	85.2	0.29500	0.50000	0.21	0.41	1.36	0.83	1.40	0.65	1.40	Lu ve Rucinski (1993); Yakut ve Eggleton (2005)
AM Leo	2.656	0.3660	6273	5942	2.273	5.4977	89.0	0.32418	0.46663	0.23	0.54	1.23	0.85	1.22	1.00*	1.67*	Gorda (2016)
AO Cam	2.354	0.3299	5900	5590	2.300	5.5650	76.0	0.31920	0.46390	0.12	0.49	1.12	0.73	1.09	0.58*	1.05*	Baran ve diğ. (2004)
BB Peg	2.676	0.3620	6100	5780	2.589	5.9360	88.5	0.30363	0.47778	0.21	0.55	1.42	0.81	1.28	0.81	1.61	Zola ve diğ. (2005)
BD +42 2782	2.750	0.3702	6003	5850	2.075	5.1525	74.1	0.34103	0.46690	0.34	0.67	1.38	0.95	1.29	1.05	1.75	Lu ve diğ. (2007)
BH Cas	2.373	0.4059	6000	5550	2.105	5.2769	71.2	0.32890	0.45832	0.21	0.35	0.73	0.78	1.09	0.72	1.01	Zola ve diğ. (2001)
BI CVn	2.904	0.3842	6125	6093	2.437	5.6980	71.3	0.32050	0.47450	0.15	0.65	1.58	0.94	1.39	1.12	2.38	Nelson ve diğ. (2014)
BV Dra	2.376	0.3501	6345	6245	2.433	5.7190	76.3	0.31800	0.47200	0.11	0.43	1.04	0.76	1.12	0.84*	1.71*	Kaluzny ve Rucinski (1986)
BW Dra	1.957	0.2922	6164	5980	3.571	7.2750	74.4	0.28100	0.49900	0.14	0.26	0.92	0.55	0.98	0.39*	1.10*	Kaluzny ve Rucinski (1986)
BX Peg	2.016	0.2804	5528	5300	2.688	6.1075	87.5	0.30789	0.47699	0.19	0.38	1.02	0.62	0.97	0.34	0.67	Samec ve Hube (1991)
CC Com	1.587	0.2210	4300	4200	1.900	5.0170	89.8	0.33480	0.44690	0.17	0.38	0.72	0.53	0.71	0.09	0.14	Köse ve diğ. (2011)
DN Cam	3.668	0.4983	6700	6530	2.260	5.3190	73.1	0.34538	0.48429	0.33	0.82	1.85	1.22	1.78	2.84	5.05	Baran ve diğ. (2004)
EF Boo	3.220	0.4295	6540	6338	1.953	5.0180	75.2	0.34101	0.45745	0.28	0.82	1.61	1.09	1.46	1.86	3.57	Özdemir ve diğ. (2004)
ER Ori	3.224	0.4234	6314	6200	1.563	4.5234	87.5	0.35300	0.43200	0.15	0.98	1.53	1.14	1.39	1.90	2.60	Goecking ve diğ. (1994)
ET Leo	2.670	0.3470	5500	5112	2.924	6.1780	36.6	0.32564	0.50685	0.55	0.54	1.59	0.84	1.36	0.56	1.12	Gazeas ve diğ. (2006)
EZ Hya	2.958	0.4497	6100	5721	3.891	7.5572	83.3	0.28605	0.51695	0.34	0.35	1.37	0.85	1.54	0.94	2.30	Yang ve diğ. (2004)
FU Dra	2.170	0.3067	6100	5670	3.756	7.5080	81.0	0.26968	0.50908	0.15	0.31	1.17	0.59	1.11	0.42	1.13	Zola ve diğ. (2005)
GM Dra	2.303	0.3390	6450	6306	4.758	8.6090	62.6	0.27644	0.53607	0.23	0.22	1.21	0.61	1.25	0.56	2.19	Gazeas ve diğ. (2005)
GW Cnc	1.936	0.2814	5790	5649	3.773	7.4844	83.4	0.28127	0.50814	0.09	0.26	0.97	0.53	0.96	0.28	0.84	Gürol ve diğ. (2016)
GZ And	2.279	0.3050	6200	5810	1.880	5.0110	87.0	0.33205	0.40475	0.08	0.59	1.12	0.74	1.01	0.77	1.05	Baran ve diğ. (2004)
HH Boo	2.341	0.3186	5680	5386	1.704	4.7394	69.4	0.34309	0.43685	0.10	0.63	1.07	0.78	1.00	0.57	0.75	Gürol ve diğ. (2015)
J0345+49	2.135	0.3751	6514	6494	2.378	5.6271	60.3	0.32459*	0.47400*	0.25	0.28	0.65	0.69	1.01	0.78	1.63	Kjurkchieva ve diğ. (2019)
NSVS 254037	2.300	0.3175	5800	5585	2.423	5.7764	67.1	0.31260*	0.46652*	0.10	0.47	1.15	0.72	1.07	0.53	1.00	Kjurkchieva ve diğ. (2018)
NSVS 4161544	2.600	0.3517	6016	5726	3.337	7.0496	65.0	0.28538*	0.49423*	0.10	0.44	1.47	0.74	1.29	0.65	1.51	Kjurkchieva ve diğ. (2019)
OU Ser	1.989	0.2968	6226	5950	5.814	9.8779	52.1	0.24830	0.56240	0.44	0.19	1.11	0.51	1.15	0.34	1.48	Zola ve diğ. (2005)
QW Gem	2.557	0.3581	6370	6200	2.994	6.5180	80.2	0.29722*	0.48494*	0.13	0.44	1.30	0.76	1.24	0.77	1.72	Cseki (2013)
RW Com	1.700	0.2373	4900	4720	2.123	5.3832	74.9	0.31765*	0.45294*	0.06	0.38	0.80	0.54	0.77	0.15*	0.26*	Djurašević ve diğ. (2011)
RW Dor	2.020	0.2855	5500	5199	1.690	4.7474	77.2	0.34150	0.42974	0.11	0.49	0.83	0.69	0.87	0.39	0.49	Sarotskulchai ve diğ. (2019)
RZ Com	2.410	0.3385	5000	4900	2.351	5.6201	81.4	0.31906	0.46742	0.20	0.50	1.14	0.78	1.12	0.94	1.62	He ve Qian (2008)
SS Ari	2.758	0.4060	6123	5860	3.250	6.8440	74.6	0.29050	0.49340	0.16	0.40	1.31	0.82	1.37	0.84	1.99	Kim ve diğ. (2003)

Devamı sonraki sayfada

Tablo Tablo 1.1: -- bir önceki sayfanın devamı

Cisim	$a (R_{\odot})$	P (gün)	T_1	T_2	$q=M_2/M_1$	$\Omega_1 = \Omega_2$	$i (^{\circ})$	r_1	r_2	f	$M_1 (M_{\odot})$	$M_2 (M_{\odot})$	$R_1 (R_{\odot})$	$R_2 (R_{\odot})$	$L_1 (L_{\odot})$	$L_2 (L_{\odot})$	Referans
SW Lac	2.380	0.3207	5800	5515	1.270	3.9770	79.8	0.37945	0.44001	0.30	0.96	1.24	0.98	1.09	0.95	0.97	Gazeas ve diğ. (2005)
TW Cet	2.320	0.3169	5600	5450	1.780	4.9330	82.8	0.32844	0.42979	0.07	0.61	1.06	0.76	0.99	0.52	0.78	Russo ve diğ. (1982)
TX Cnc	2.488	0.3830	6400	6058	2.198	5.3796	62.2	0.32833	0.46485	0.25	0.60	1.32	0.91	1.28	2.00	1.25	Liu ve diğ. (2007)
TY Boo	2.151	0.3171	6180	5800	2.288	5.1283 *	76.6	0.31900	0.46300	0.87	0.40	0.93	0.69	1.00	0.62	1.02	Rainger ve diğ. (1990)
TY UMa	2.740	0.3545	6250	6229	2.523	5.8956	84.9	0.30850	0.46930	0.13	0.62	1.57	0.85	1.29	0.99	0.63	Li ve diğ. (2015)
U Peg	2.520	0.3748	5860	5841	3.021	6.4931	79.8	0.30170	0.49180	0.24	0.38	1.15	0.74	1.22	0.63	1.65	Pribulla ve Vanko (2002)
UV Lyn	2.878	0.4150	6000	5770	2.685	6.0800	67.6	0.29910	0.47970	0.18	0.50	1.34	0.86	1.38	0.84	1.86	Zola ve diğ. (2005)
V1191 Cyg	2.182	0.3130	6626	6500	9.346	13.8925	80.4	0.23593	0.59546	0.69	0.14	1.31	0.52	1.31	0.46	2.73	Zhu ve diğ. (2011)
V417 Aql	2.687	0.3703	6066	5860	2.817	6.1845	89.2	0.31092	0.48897	0.31	0.50	1.38	0.81	1.31	0.78	1.80	Gazeas ve diğ. (2005)
V502 Oph	3.162	0.4534	6140	5900	2.985	6.6030	76.4	0.30962	0.49643	0.35	0.46	1.37	0.94	1.51	1.13	2.49	Zhou ve diğ. (2016)
V505 Lac	2.210	0.3270	5600	5166	2.529	5.9080	57.3	0.31040*	0.47104*	0.13	0.38	0.97	0.69	1.04	0.41	0.68	Kjurkchieva ve diğ. (2018)
V523 Cas	1.662	0.2337	4736	4410	1.953	5.0875	83.1	0.33304	0.45014	0.16*	0.38	0.75	0.55	0.74	0.13	0.18	Zhang ve Zhang (2004)
V546 And	2.458	0.3831	6517	6240	3.937	7.6424	86.1	0.28251	0.51659	0.13	0.28	1.08	0.66	1.23	0.71	2.05	Gürol ve diğ. (2015)
V728 Her	3.183	0.4713	6743	6600	6.329	10.1456	69.0	0.29350	0.58110	0.81	0.28	1.80	0.82	1.87	1.24	5.90	Erkan ve Ulaş (2016)
V752 Cen	2.588	0.3700	6221	5955	3.150	6.8580	81.7	0.29100	0.49400	0.09	0.40	1.30	0.75	1.28	0.76	1.85	Barone ve diğ. (1993)
V757 Cen	2.345	0.3432	6000	5927	1.490	4.4280	69.3	0.35432	0.42403	0.14	0.59	0.88	0.80	0.97	0.73	1.02	Maceroni ve diğ. (1984)
V781 Tau	2.720	0.3449	6000	5575	2.207	5.3956	65.9	0.32568	0.46314	0.22	0.71	1.57	0.89	1.26	0.92	1.38	Li ve diğ. (2016)
V829 Her	2.619	0.3581	5900	5758	2.300	5.5630	57.0	0.31940	0.46410	0.18*	0.57	1.31	0.74	1.21	0.76	1.45	Özkardeş ve Erdem (2007)
V842 Her	2.880	0.4190	6020	5723	3.859	7.5720	78.3	0.28150	0.51180	0.25	0.38	1.45	0.81	1.47	0.77	2.08	Erdem ve Özkardeş (2009)
V870 Ara	2.681	0.4000	6210	5860	12.195	16.9512	70.0	0.23372	0.62223	0.96	0.12	1.50	0.61	1.67	0.50	2.96	Szalai ve diğ. (2007)
VY Sex	3.014	0.4430	5960	5756	3.171	6.7060	65.2	0.29554	0.49408	0.22	0.45	1.42	0.86	1.50	0.83	2.17	Gazeas ve diğ. (2006)
XY Leo	1.990	0.2841	4850	4524	1.640	4.7190	68.2	0.31700	0.39900	0.02	0.50	0.82	0.68	0.85	0.23	0.27	Djurašević ve diğ. (2006)
YY Eri	2.553	0.3210	5600	5362	2.494	5.8390	82.5	0.31060	0.46900	0.15	0.62	1.54	0.77	1.20	0.53	1.07	Nesci ve diğ. (1986)

EK 2. Wilson - Devinney Girdi ve Çıktı Örnek Dosyaları

Wilson - Devinney örnek girdi ve çıktı dosyaları **Şekil 2.1:** ve **Şekil 2.2:**'da verilmiştir. Girdi dosyası üzerinde **Şekil 2.3:** satırı üzerinden modlara bağlı olarak istenilen parametreler "1" yazılarak kilitlenebilir veya "0" yazılarak serbest bırakılabilir.

```
+5.0e+0 +5.0e+0 +3.0e+0 +3.0e-2 +5.0e+0 +5.0e+0 +3.0e+0 +3.0e-2
+1.0E-2 +1.0E-1 +1.0E-1 +1.0E-1 +2.0E-3 -1.0E00 +1.0E-2 +1.0E-2 +1.0E-2 +1.0E-2
+1.0E-2 +1.0E-2 +3.0D-2 +3.0E-2 +1.0E-2 +5.0E-2 +3.0E-2 +1.0E-2 +1.0E-2
1111 1111 1111101 01110 11111 01110 0 0 1
 1 1 2 0
1 1 3 0 0 0 1 2 1 1 1 1 3 (no spots)
                    (nref mref ismv1 ismv2 icor1 icor2 ld)
5 0 1 1 30 30 25 25 1.1461E00 .0000 200.000
.0000 90.00 7.071 1.000 1.000 0.0123 -.0081 78.555 1.000 0.320
0.8400 0.4885 1.000 0.500 4.3868 2.8619 0.49102 0.641 0.641 0.253 0.253
0.5500 7.400 1.4661 0.101 0.101 0.702 0.702 0.0090
0.5500 7.400 1.4661 0.101 0.101 0.702 0.702 0.0100
0.4400 09.576 1.0200 0.161 0.989 0.711 -.164 0.1459 1 0.0080 0
0.5500 08.974 1.4672 0.116 0.679 0.665 0.144 0.1402 1 0.0070 0
0.6500 08.515 1.8587 0.057 0.481 0.618 0.304 0.1432 1 0.0050 0
130.00 35.00 8.96 00.800
300.00 10.00 10.00 001.000
300.00 10.00 10.00 001.000
|0.0004 0.48481.00.0009 0.47421.00.0013 0.47561.00.0022 0.48001.00.0023 0.48311.0
0.0033 0.48261.00.0034 0.48391.00.0042 0.48841.00.0047 0.48841.00.0059 0.50031.0
0.0062 0.49481.00.0071 0.50071.00.0071 0.50301.00.0081 0.50681.00.0091 0.51101.0
0.0109 0.52341.00.0110 0.52381.00.0119 0.53021.00.0121 0.53021.00.0129 0.53701.0
0.0139 0.54101.00.0148 0.54801.00.0158 0.55561.00.0158 0.54451.00.0177 0.56491.0
0.0187 0.56911.00.0195 0.57391.00.0197 0.58291.00.0206 0.58451.00.0208 0.58131.0
```

Şekil 2.1: Wilson - Devinney örnek girdi dosyası.

```
=====
ITERATION No: 11

ADJUSTMENT CONTROL INTEGERS; 1 SUPPRESSES ADJUSTMENT, 0 ALLOWS ADJUSTMENT.
1111 1111 1111101 01110 11010 01111 0 0 1

SPOTS TO BE ADJUSTED
STAR SPOT STAR SPOT
 1 1 2 0

IFVC1 IFVC2 NLC KO KDISK ISYM nref mref ifsmv1 ifsmv2 icor1 icor2 ld
 0 0 3 0 0 0 1 2 1 1 1 1 3

MODE IPB IFAT1 IFAT2 N1 N2 N1L N2L PERIOD TH E V UNIT (KM/S) V FAC
 3 0 1 1 30 30 25 25 .11461E+01 .0000 200.000 .3124E+03

ECC LNG PER S-M AXIS F1 F2 V GAM ESHIFT INCL G1 G2
.0000 90.00 7.0730 1.0000 1.0000 .0122 .0015 67.008 .320 .320

T1 T2 Alb 1 Alb 2 Pot 1 Pot 2 M2/M1 x1(bolo) x2(bolo) y1(bolo) y2(bolo)
.5790 .5372 .500 .500 8.4251 8.4251 4.51351 .647 .647 .209 .209

Wave L L1 L2 x1 x2 y1 y2 3rd lt NOISE Sigma nsyst
.4400 3.3022 8.5619 .695 .695 .161 .161 .0000 0 .0080 0
.5500 3.1889 8.7460 .387 .387 .447 .447 .0000 0 .0070 0
.6500 3.0942 8.8500 .255 .255 .520 .520 .0000 0 .0050 0
STAR CO-LATITUDE LONGITUDE SPOT RADIUS TEMP.FACTOR
1 91.910 124.000 19.810 1.077
```

Şekil 2.2: Wilson - Devinney örnek çıktı dosyası.

<i>Birinci Bileşen Leke Enlemi</i>	11
<i>Birinci Bileşen Leke Boylamı</i>	11
<i>Birinci Bileşen Leke Açısal Çapı</i>	11
<i>Birinci Bileşen Leke Sıcaklık Faktörü</i>	11
<i>İkinci Bileşen Leke Enlemi</i>	11
<i>İkinci Bileşen Leke Boylamı</i>	11
<i>İkinci Bileşen Leke Açısal Çapı</i>	11
<i>İkinci Bileşen Leke Sıcaklık Faktörü</i>	11
<i>Yörünge yarı-büyük eksen</i>	11
<i>Yörünge Eksentrisitesi</i>	11
<i>Periastron Boylamı</i>	11
<i>Birinci Bileşen Dönme Parametresi</i>	11
<i>İkinci Bileşen Dönme Parametresi</i>	11
<i>Evre Kayması</i>	10
<i>Radyal Hız</i>	11
<i>Yörünge Eğimi</i>	0
<i>Birinci Bileşenin Çekimsel Kararma Katsayısı</i>	11
<i>İkinci Bileşenin Çekimsel Kararma Katsayısı</i>	11
<i>Birinci Bileşenin Sıcaklığı</i>	11
<i>İkinci Bileşenin Sıcaklığı</i>	0
<i>Birinci Bileşen Yansıma Etkisi</i>	11
<i>İkinci Bileşen Yansıma Etkisi</i>	11
<i>Birinci Bileşen Yüzey Potansiyeli</i>	11
<i>İkinci Bileşen Yüzey Potansiyeli</i>	11
<i>Kütle oranı (İkinci Bileşen/Birinci Bileşen)</i>	11
<i>Birinci Bileşenin Relatif Işıma Gücü</i>	0
<i>İkinci Bileşenin Relatif Işıma Gücü</i>	11
<i>Birinci Bileşen Kenar Kararma Katsayısı</i>	11
<i>İkinci Bileşen Kenar Kararma Katsayısı</i>	11
<i>Üçüncü Işık</i>	0

Şekil 2.3: Wilson - Devinney girdi dosyası satır açıklamaları.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Seda Kaptan	Seda KAPTAN
Doğum Yeri	İZMİR
Doğum Tarihi	19.12.1987
Uyruğu	<input checked="" type="checkbox"/> T.C. <input type="checkbox"/> Diğer:
Telefon	0555 426 68 85
E-Posta Adresi	sedakaptan@gmail.com



Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Fakülte	Fen Fakültesi
Bölümü	Astronomi ve Uzay Bilimleri
Mezuniyet Yılı	2010

Yüksek Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri
Anabilim Dalı	Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı
Programı	Astronomi ve Uzay Bilimleri Programı

Bildiriler

Kaptan, S., Özkan M.T., 2015, QQ Boötes: İlk Fotometrik Araştırma, XIX. Ulusal Astro-nomi Kongresi, 02-06 Şubat 2015, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Ankara, Türkiye

