

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Halil BAĞIŞ

**V1302 HER ÖRTEN ÇİFT SİSTEMİNİN FOTOMETRİK
VERİLERLE İNCELENMESİ**

ASTRONOMİ VE ASTROFİZİK ANABİLİM DALI

ADANA-2022

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**V1302 HER ÖRTEN ÇİFT SİSTEMİNİN FOTOMETRİK VERİLERLE
İNCELENMESİ**

Halil BAĞIŞ

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ASTRONOMİ VE ASTROFİZİK ANABİLİM DALI**

Danışman : Prof. Dr. Aysun AKYÜZ
Yıl: 2022, Sayfa:62
Jüri : Prof. Dr. Aysun AKYÜZ
: Prof. Dr. Nazım AKSAKER
: Doç. Dr. Filiz KAHRAMAN ALİÇAVUŞ

Bu çalışmada UZAYMER UT50 ve NASA'nın TESS teleskoplarıyla alınan veriler ile W UMa türü örten çift sistem V1302 Her 'in fotometrik analizleri yapıldı. Sisteme ait ışık elemanları ve minimum zamanları belirlendi. Ayrıca ışık eğrisi çözümünden ilk kez fiziksel ve geometrik parametreler tanımlandı, Roche modellemesi yapıldı. Dönem (periyot), kütle ve yarı-büyük eksen arasındaki bağıntılar ile bu sisteme ait diğer parametreler hesaplandı. Sonuç olarak, sistemin hangi W UMa alt türüne ait olabileceği elde edilen parametreler ışığında tartışıldı.

Anahtar Kelimeler: Çift Yıldızlar, W UMa, V1302 Her, Örten Çiftler

ABSTRACT

MSc THESIS

ANALYSIS OF V1302 HER ECLIPSING BINARY SYSTEM WITH PHOTOMETRIC DATA

Halil BAĞIŞ

**CUKUROVA UNIVERSITY
SCIENCE INSTITUTE
DEPARTMENT OF ASTRONOMY AND ASTROPHYSICS**

Supervisor : Prof. Dr. Aysun AKYÜZ
Year: 2022, Pages: 62
Jury : Prof. Dr. Aysun AKYÜZ
: Prof. Dr. Nazım AKSAKER
: Assoc. Prof. Dr. Filiz KAHRAMAN ALİÇAVUŞ

In this thesis, photometric analysis of V1302 Her W UMa type eclipsing binary systems was performed with the data taken by UZAYMER UT50 and NASA TESS telescopes. Light elements and times of minima were obtained from the photometric analysis of V1302 Her system. In addition, physical and geometric parameters were determined from the light curve solutions obtained and a Roche geometry modeling of the system was made for the first time. The relations between period, mass and semi-major axis and the other parameters of this system were also calculated, and its type within the W UMa family of eclipsing binary systems is discussed.

Keywords: Binary Stars, W UMa, V1302 Her, Eclipsing Binaries

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Oldukça uzunca bir süredir insanların gökyüzüne bakıp gördükleri karşısında meraklanıp sorular sordukları bilinmektedir. İnsanlığın çağlar süren merak ve öğrenme duygusu, evreni, evrendeki yapıları, bu yapıların ve gök cisimlerinin çeşitliliğini anlama çabası astronomi bilimini ve bu alandaki gelişmeleri bugünkü noktaya taşımıştır.

Bilimsel araştırmalar, gözlenebilen yıldızların neredeyse yarısından fazlasının çift yıldızlardan oluştuğunu ortaya koymaktadır (Niarchos, 2005). Çift yıldız araştırmaları yıldızlara ait temel parametrelerin belirlenmesi, yıldızların iç yapısını ve evriminin modellenmesi, bu modelleri test etme imkanı sunması açısından oldukça önemlidir. Özellikle tutulma gösteren örten çift yıldızlar astrofizikte yıldızların fiziksel ve dinamik özelliklerinin belirlenmesinde büyük kolaylıklar sağlar ve adeta bir laboratuvar görevi görürler.

Çift yıldızlar, gözlem tekniklerine göre birkaç farklı sınıfa ayrılmaktadır. Bunlar görsel çiftler, spektroskopik çiftler, örten çiftler ve astronomik çiftlerdir.

Çukurova Üniversitesi Uzay Bilimleri ve Güneş Enerjisi Araştırma ve Uygulama Merkezi (UZAYMER)'de UT50 teleskobu ile sürdürülen gözlemler arasında örten çift sistemlere V1302 Her sistemi dahil edilerek bu tez çalışmanın konusu belirlenmiştir. V1302 Her yıldızına ait literatürde oldukça sınırlı bilgi bulunmakla birlikte henüz herhangi bir fotometrik ya da spektroskopik çalışma sonuçlarını içeren bir makale bulunmamaktadır.

Bu çalışmada, ayrıntılı fotometrik analizleri yapılan V1302 Her çift sistemi örten çift yıldız sınıfına aittir. Örten çift yıldızlar, ışık eğrilerindeki bazı karakteristik özelliklere göre Algol (EA), Beta Lyrae (EB) ve W Ursa Majoris (EW) olmak üzere üç şekilde sınıflandırılırlar. V1302 Her W UMa alt tipinden bir örten çift yıldızdır. Ayrıca W UMa türü örten çift sistemler, A ve W olmak üzere iki alt sınıfa ayrılmaktadır. Çalışmamızda V1302 Her sisteminin hangi alt türe ait olduğu araştırılmıştır.

UZAYMER’de yer alan birincil aynası 500 mm çapında UT50 teleskobu ile V1302 Her yıldızına ait V ve R filtrelerinde fotometrik gözlemler yapılmıştır. Ayrıca NASA’nın TESS teleskobu tarafından çift sisteme ait gözlem verileri indirilerek bu tez çalışmasında kullanılmıştır. UT50 ve TESS veriler ile V1302 Her yıldızının ışık eğrileri oluşturulmuş, ışık eğrisi çözümleri yapılmış, temel parametreleri hesaplanmış ve çift sistemin Roche modellemesi yapılmıştır. Analiz ve ışık eğrisi çözümleri yapılırken AstroimageJ, Maxim DL, SAOImageDS9 ve Binary Maker 3 programları ve Wilson Devinney kodu kullanılmıştır.

V1302 Her sistemine ilişkin mutlak parametreler belirlenirken farklı çalışmalarda yer alan, yarı-büyük eksen – periyot ve kütle – periyot parametreleri arasında verilen bağıntılar kullanılmıştır. Sisteminin detaylı fotometrik analizleri sonucunda q , kütle oranı, 0.101 ± 0.002 olarak hesaplanmıştır. Sistemin yarı-büyük eksen değeri a , bileşenlerin Güneş cinsinden kütle değeri (M_1 , M_2), yarıçapları (R_1 , R_2) ve ısıtma güçleri (L_1 , L_2) mutlak parametreler olarak hesaplanmıştır.

Bu tez çalışmasında, analizlerden elde edilen sonuçlardan yararlanılarak, W UMa türü olan V1302 Her yıldızının genel özellikleri ve hangi alt türden bir örten çift yıldız olabileceği tartışılmıştır. Wilson Devinney özümleri ile sisteme ilişkin belirlenen parametreler ve bu bunlardan yola çıkarak hesaplanan mutlak parametreler değerlendirildiğinde V1302 Her sisteminin W alt tipi bir W UMa olduğu ancak A alt tipine ait özellikleri de taşıdığı gözlenmiştir.

Yakın gelecekte, UZAYMER’de UT50 teleskopu ile V1302 Her benzeri az çalışılmış çift yıldız sistemlerinin fotometrik gözlemleri yapılacaktır. Ayrıca farklı teleskop verileri kullanılarak bu sistemlere ait tayfsal verilerinin elde edilmesi ve bu verilerin analizlerinin yapılarak daha ayrıntılı sonuçlara ulaşılması planlanmaktadır.

TEŞEKKÜR

İlk sırayı çocukluğumdan beri bilime, spesifik olarak astronomiye olan derin ilgimi takdir edip bu merakımın peşinden gitmem için hayat boyu bana sonsuz destek olan annem Hatice BAĞIŞ'a vermek istiyorum. Sürecin en başından bu yana kendisinden astronomiye ve fiziğe dair çok şey öğrendiğim, sadece eğitimim ile ilgili değil hayata dair pek çok konuda hep desteğini hissettiğim, danışman hocam, her zaman benim için rol model bir bilim insanı Prof. Dr. Aysun AKYÜZ'e, özellikle lisans eğitimimde deneyimleyemediğim pek çok programı ve gözlem aracını öğreten ve bol bol deneyimleme şansı sunan ondan çok şey öğrendiğim Prof. Dr. Nazım AKSAKER'e, olmasaydı Adana günlerimin şüphesiz çok daha az eğlenceli olacağına inandığım, arkadaşlığını her an hissettiğim ve pek çok şey paylaştığım dostum Derya OĞLAKKAYA'ya ve onlardan biri gibi hissettiğim ailesine teşekkür ederim.

Gözümde büyüttüğüm analiz programlarını sabırla ve içtenlikle öğreten, yardımını çok gördüğüm Dr. Fahri ALİÇAVUŞ'a, tezimin yorumları ve önerileri ile daha nitelikli bir çalışma haline gelmesinde katkılar sunan Doç. Dr. Filiz KAHRAMAN ALİÇAVUŞ'a UZAYMER'in güzel atmosferini paylaştığım, onlardan sürece dair çok şey öğrendiğim dönem arkadaşlarım Yasemin ALADAĞ, Mahmut TEKEŞ ve Arif SOLMAZ'a, UZAYMER'de her problemimize koşan aynı zamanda iyi bir arkadaş Selami ÖZBAY'a, hediyeleri, sohbetleri ve desteği ile zor zamanlarımı daha eğlenceli kılan Simay TANRIÖVER'e, içinde harika insanların yer aldığı ve beni hep motive eden Stellar Lab ailesine çok teşekkür ederim.

İsmi buraya sığdıramadığım ve çalışmam boyunca her konuda bana kolaylıklar sağlayan değerli arkadaşlarıma da teşekkür ederim.

Son olarak, elbette kendi ülkemde fikri ve vicdanı hür bir birey olarak merakımın peşinden gitme fırsatının en büyük mimarı Mustafa Kemal ATATÜRK'e teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ	I
ABSTRACT.....	II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET	III
TEŞEKKÜR.....	V
İÇİNDEKİLER	VI
ÇİZELGELER DİZİNİ	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	X
KISALTMALAR VE SİMGELER	XIV
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	11
2.1. Algol Tipi Sistemler	14
2.2. β Lyrae Tipi Sistemler	15
2.3. W UMa Tipi Sistemler	15
3. MATERYAL VE METOT	19
3.1. Materyal.....	19
3.2. V1302 Her'in Fotometrik Analizleri	26
3.2.1. SAOImageDS9 Programı	26
3.2.2. Maxim DL Programı	27
3.2.3. AstroImageJ Programı	29
3.2.4. Wilson Devinney Kodu	30
3.2.5. Binary Maker 3 Programı	31
3.3. Işık Eğrisini Etkileyen Faktörler	32
3.3.1. Sistemin Yörünge Eğikliği	32
3.3.2. Yansıma ve Çekim Kararması	32
3.3.3. Roche Geometrisi	33
3.3.4. Dış Merkezlilik	33
3.3.5. Kenar Kararması.....	34

3.3.6. Kara Cisim Yasası ve Model Atmosfer.....	34
3.3.7. Yıldız Lekesi.....	35
3.3.8. Eş Olmayan Dönme.....	36
3.3.9. Üçüncü Işık.....	37
3.4. Işık Eğrisi Analiz Adımları.....	38
3.5. Wilson Devinney Kodu ile Işık Eğrisi Analizleri.....	39
4. ARAŞTIRMA VE BULGULAR	41
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	51
KAYNAKLAR.....	55
ÖZGEÇMİŞ	61

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 3.1. UT50 Teleskop Temel Özellikleri	20
Çizelge 3.2. FLI Proline CCD Kamera Özellikleri	20
Çizelge 3.3. V1302 Her sistemine ait bazı temel bilgiler.....	23
Çizelge 3.4. Yapılan gözlemler ve poz süreleri.....	24
Çizelge 3.5. Yapılan gözlemlerde kullanılan referans yıldızlar.....	28
Çizelge 3.6. V1302 Her Sisteminin literatürdeki minimum zamanları.....	31
Çizelge 4.1. V1302 Her sisteminin Wilson Deviney ile belirlenen parametreleri. .	43
Çizelge 4.2. Farklı yöntemlerle hesaplanan sisteme ilişkin mutlak parametreler. .	49
Çizelge 4.3. V1302 Her sistemine ait iki filtrede hesaplanmış minimum zamanlar.	49
Çizelge 5.1. Farklı W UMa örten çift sistemleri ile V1302 Her sisteminin mutlak parametrelerini karşılaştırılması.....	51
Çizelge 5.2. Bazı W UMa tipi sistemler ve bileşenlerin sıcaklıkları.	52
Çizelge 5.3. V1302 Her sisteminin özellikleri ile tipik W UMa alt tip özellikleri karşılaştırılması.	53



Şekil 1.1.	Bileşenleri ortak bir kütle merkezi etrafında hareket eden bir çift yıldız sisteminin gösterimi.	1
Şekil 1.2.	Bir astrometrik çift yıldız olan Sirius'un sönük yoldaşının varlığını belirleyen 50 yıllık konum gözlemleri. Sirius A'nın hareketindeki salınım Sirius B'den kaynaklanmaktadır. Aynı etki daha büyük oranda Sirius B için geçerlidir.	3
Şekil 1.3.	Hubble Uzay Teleskobu tarafından çekilen Kuzey Yıldızı (Polaris) görsel bir çift sistemdir. İki yıldız birbirinden ortalama 2.4 Astronomik Birim (AB) uzaklıktadır. Courtesy NASA, ESA, N. Evans.	4
Şekil 1.4.	Mizar A'nın bileşenleri, radyal hızların değişimi. Sistemin gözlemciye göre gökyüzündeki açısal konumu (solda) ve sistem bileşenlerinin radyal hız grafiği (sağda) verilmiştir. Tayfsal çift sistemde her bileşenin radyal hızlarını zamanın fonksiyonu olarak işaretleyerek elde edilen grafik.	5
Şekil 1.5.	Kütle oranı $q = 0.40$ olan bir değen çift sistem Roche geometrisi. Bu çizimde, iki yıldız kendi Roche loblarını doldurmuş, ortak bir zarf her iki yıldız çekirdeğini çevreliyor (solda). Sağda, Roche l obları ve Lagrange noktası (sağda). An Introduction to Close Binary Stars).	6
Şekil 1.6.	Çift sistemlerin değme oranına göre sınıflandırılması.	7
Şekil 1.7.	Aşırı değen sistemin Roche lobe geometrisi, iç ve dış potansiyel noktaları. Binary Maker 3.0 (BM3) (Bradstreet, 2005)	8
Şekil 2.1.	Yeryüzünden bakan bir gözlemci için sistemdeki yıldızların birbirini örtmesi uygun bir geometri ve konuma bağlıdır.	11
Şekil 2.2.	Sırayla birbirini örten bir çift yıldızın tutulma geometrisi ve ışık eğrisi. (Hartmann, 1987)	12

Şekil 2.3.	Örten çift sistemlerin sınıflandırmasında kullanılan ışık eğrilerinin üç tipinin (EA, EB, EW) örnekleri. Her sınıftaki ışık eğrilerinin karakterini genlik aralığı, yörünge eğimi, iki yıldızın göreceli boyutları ve yüzey parlaklık oranları etkilemektedir.....	13
Şekil 2.4.	OGLE-II verilerine dayanarak oluşturulmuş EA, EB ve EW tipi sistemlere ait eğriler.	14
Şekil 2.5.	O'Connell etkisinin gösterimi. Purgathofer (1964) verisi ile oluşturulmuş bu egride, V401 Cygni sisteminin ikinci maksimumu ile ilk maksimumu arasında delta m (0,0071) kadar bir parlaklık farkı görülmektedir.....	16
Şekil 2.6.	W UMa iki ana alt sınıflarının bir temsili. A alt tipinde, fiziksel olarak daha büyük olan yıldız daha sıcak ve daha kütlelidir. W türleri için, fiziksel olarak daha büyük olan yıldız daha soğuk ve daha kütlelidir (Scott, 1999).....	18
Şekil 3.1.	Kuş bakışı UZAYMER UT50 teleskobu.....	19
Şekil 3.2.	FLI Proline CCD Kamera kuantum verimliliği grafiği.....	21
Şekil 3.3.	Adana konumu V1302 Her yıldızı için yıl içinde uygun gözlem zamanları.	22
Şekil 3.4.	Sırasıyla flat (R filtresi, 4 saniye poz süresi), bias (0 saniye poz süresi) ve dark (120 saniye poz süresi) görüntüleri verilmiştir.	22
Şekil 3.5.	Renkli alanlar sector 25 ile gözlenen gökyüzü parçasını göstermektedir. Her renk farklı bir TESS kamerasını temsil etmektedir.	26
Şekil 3.6.	Maxim DL programında Fotometri başlığında Graph adımından sonra çizdirilen eğri örneği.....	29
Şekil 3.7.	Solda örnek bir AIJ ekranı sağda Maxim DL üzerinden V1302 Her aperture seçimi	30
Şekil 3.8.	UZAYMER UT50 teleskobu ile V ve R filtrelerinde V1302 Her ışık eğrisi.	32

Şekil 3.9. Yıldız lekesinin ışık eğrisine etkisi.	35
Şekil 3.10. Roche Lobe geometrisi ve ışık eğrisi.....	36
Şekil 3.11. UZAYMER UT50 teleskobu ile V ve R filtrelerinde V1302 Her ışık eğrisi.	39
Şekil 4.1. V1302 Her çift sistemine ait TESS verilerine en iyi uyum veren teorik WD ışık eğrisi.	42
Şekil 4.2. V1302 Her için q taraması.	42
Şekil 4.3. Bileşenlerin fiziksel ve geometrik parametrelerine göre BM3 ile f değeri dikkate alınarak çizdirilmiş Roche geometrisi.	44
Şekil 4.4. Sistemin BM3 ile elde edilmiş Roche geometrisi.	45



KISALTMALAR VE SİMGELER

a	: Yarı büyük eksen uzunluk parametresi
A	: Albedo, yansıma etkisi
AB	: Astronomik Birim
ADS	: Astrophysics Data System
AIJ	: AstroImageJ
$BM3$	: Binary Maker 3
BJD	: Barisentrik Jülyen günü (Kütle merkezli Julien günü)
CCD	: Coupled Charge Device
d	: Uzaklık
dec	: Declination
e	: Yörünge basıklığı, dış merkezlilik
EA	: Algol tipi örten çift sistemler
EB	: Beta Lyrae tipi örten çift sistemler
EW	: W UMa türü örten çift sistemler
f	: Doluluk oranı
$FITS$	: Flexible Image Transport System
g	: Çekim kararması
$GCVS$	: General Catalogue of Variable Stars
HJD	: Güneş merkezli Jülyen günü
i	: Sistemin yörünge eğimi
JD	: Julian Günü
K	: Kelvin derece
$L_{\odot}$	: Güneş ışıyım gücü
$M_{\odot}$	: Güneş kütlesi
$L_{\odot}$	: Güneş ışıma gücü
$O - C$	: Gözlenen – hesaplanan
P	: Yörünge dönemi

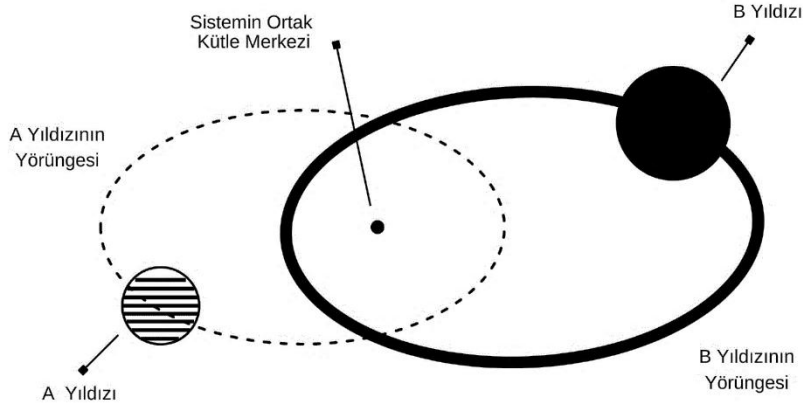
$R_{\odot}$: Güneş yarıçapı
Rah : Right ascension in hour
SIMBAD : Set of Identifications, Measurements and Bibliography for
Astronomical Data
 $T_{\odot}$: Güneş sıcaklığı
TESS : The Transiting Exoplanet Survey Satellite
WD : Wilson - Devinney kodu
W Uma : W Ursae Majoris



1. GİRİŞ

Gece gökyüzündeki yıldızları her ne kadar tek ve noktasal bir kaynak olarak gözlemlese de Galaksimizde incelediğimiz yıldızların büyük oranda Güneş gibi tek yıldız olmadığını biliyoruz. ‘Çift yıldız’ kavramı Claudius Ptolemy (MS 100–170) tarafından literatüre kazandırılmıştır. 1643 yılında ilk kez bir çift yıldız gözlemini İtalyan astronom Giambattista Riccioli yapmıştır. Riccioli, Mizar yıldızının aslında iki bileşeni olduğunu belirlemiştir. İngiliz astronom William Herschel 1782 – 1821 yılları arasındaki gözlemlerinde çift yıldız sisteminde yıldızların ortak bir kütle merkezi etrafında birbirine göre hareketini tanımlayarak Newton’un kütleçekim yasalarının Güneş Sistemi ötesinde de uygulandığını göstermiş oldu.

Kütleçekim kuvvetiyle birbirine bağlı olan ve ortak bir kütle merkezi etrafında Kepler yasalarına göre yörünge hareketi yapan, en az iki yıldızdan oluşan sistemler ‘‘çift yıldızlar’’ olarak bilinir. (Şekil 1.1)



Şekil 1.1. Bileşenleri ortak bir kütle merkezi etrafında hareket eden bir çift yıldız sisteminin gösterimi.

Çift yıldızlarda kütle merkezi, kütlesi oransal olarak büyük olan yıldız daha yakındır. Çift yıldızın bileşenlerinin yörünge hareketi Kepler’in üçüncü yasasına göre Denklem 1.1 ile ifade edilir. $M = m_1 + m_2$ olmak üzere toplam kütle (burada m_1

ve m_2 sırasıyla 1. ve 2. bileşenin kütleleri), G : evrensel kütle çekim sabiti, a : bileşenler arası uzaklık, P : çift sistemin yörünge dönemini tanımlar (Novak, 2018). Çift yıldızların yörünge dönemleri temel parametrelerden biri olmakla birlikte, birkaç saatten yıllara kadar uzayan yörünge dönemleri söz konusudur.

$$4\pi^2 a^3 = GMP^2 \quad (1.1)$$

Çift yıldız araştırmaları bileşenlerinin kütlelerini ölçmemizi sağlamakla birlikte başta yıldız evrimi olmak üzere birçok soruya yanıt bulabilmek için önemlidir (Torres ve ark. 2010). Kütlenin belirlenmesinin yanında bir çift sistemin yarıçap, ısıtma ve yoğunluk gibi parametrelerini de belirlemek mümkündür. Çift yıldız araştırmaları ile saptanan fiziksel parametreler tek yıldızların fiziksel özelliklerinin de ortaya çıkmasına olanak sağlar. (Coughlin, 2010). Bunların yanı sıra çift yıldız sistemleri, galaksilerin uzaklıklarının belirlenmesinde (Pietrzyński ve ark. 2013), X-ışın çiftleri, kataklizmik değişenler, novalar, simbiyotik yıldızlar ve bazı süpernovaların anlaşılmasında da önemli bir yer tutmaktadırlar (Popper 1980).

Çift Yıldızların Sınıflandırılması

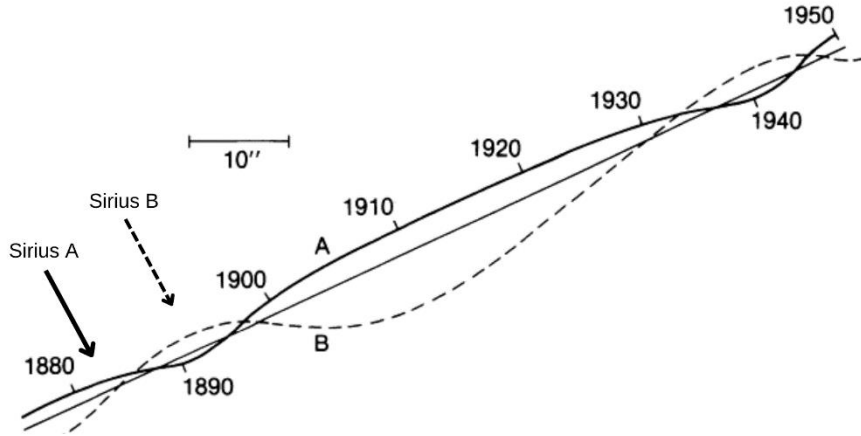
Çift yıldızlar, sistemi oluşturan yıldızların fotometrik ve/veya tayfsal gözlemlerle elde edilen parametrelere göre sınıflandırılabilirler. Çift yıldızları görsel çiftler, astronomik çiftler, tayfsal çiftler ve örten çiftler olmak üzere genel olarak dört sınıfta toplayabiliriz.

Optik Çiftler

Aslında birbirine fiziksel olarak bağlı olmayan, ancak yeryüzünden bakan bir gözlemci tarafından aynı doğrultuda oldukları için gökyüzünde birbirlerine yakın görünen çiftlerdir. Sistemi oluşturan bileşen yıldızların farklı uzay hareketleri sayesinde onların bir fiziksel çift sistemin üyesi olmadıklarını belirleyebiliriz.

Astrometrik Çiftler

Teleskopla ile gözlem yapıldığında sadece bileşen yıldızlardan birinin görülebildiği, fakat görülen bileşenin yaptığı salınım hareketinden, görülmeyen bir bileşenin varlığının tespit edildiği çift yıldız sistemleridir.

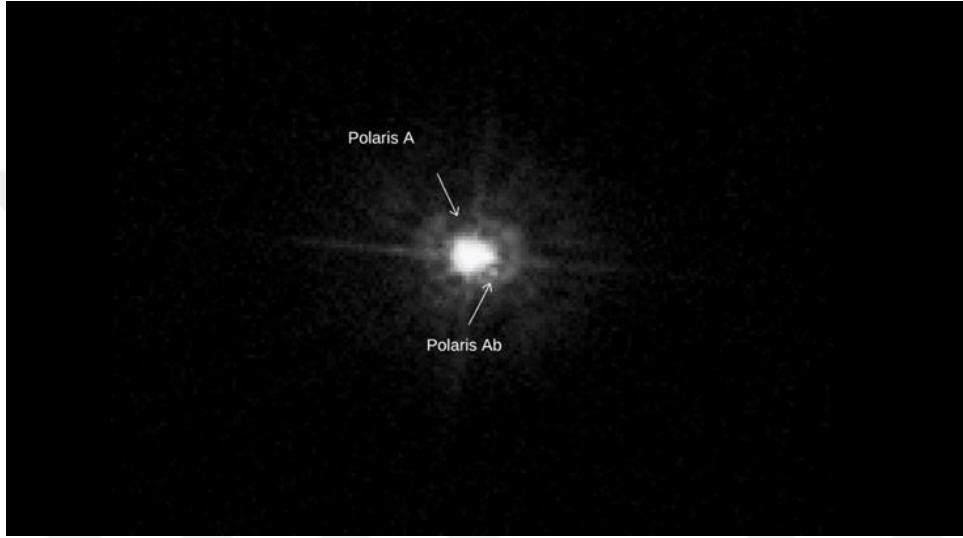


Şekil 1.2. Bir astrometrik çift yıldız olan Sirius'un sönük yoldaşının varlığını belirleyen 50 yıllık konum gözlemleri. Sirius A'nın hareketindeki salınım Sirius B'den kaynaklanmaktadır. Aynı etki daha büyük oranda Sirius B için geçerlidir (Karttunen, H. ve ark, 1994).

Açık bir gökyüzünde kuzey yarıküreden bakıldığında Güneş'ten sonra en parlak yıldız olan Sirius bu duruma örnek verilebilir (Şekil 1). Sirius yıldızının gökyüzündeki konumunun zamana göre değişiminden (astrometrik gözlemler) hareketle çift oldukları belirlenmiştir. Sirius A ve Sirius B'den oluşan çift yıldızlardan Sirius B bir beyaz cüce olduğundan oldukça sönüktür, ancak Sirius B'nin Sirius A yıldızında yarattığı gravitasyonel etki onun keşfedilmesine neden olmuştur. Günümüzde büyük ve gelişmiş teleskoplar Sirius B'yi doğrudan gözlememize olanak sunar.

Görsel Çift Yıldızlar

Yeterli özelliklere sahip bir teleskop ile bileşenlerini ayrı ayrı görebildiğimiz sistemlerdir. Daha parlak ve kütlece büyük olan bileşen için baş yıldız, diğerine ise yoldaş yıldız denir. Kuzey yıldızı (Polaris) görsel bir çift sistemdir (Şekil 1.3).

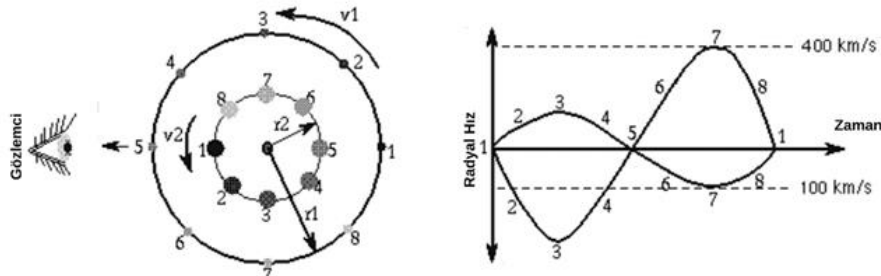


Şekil 1.3. Hubble Uzay Teleskobu tarafından çekilen Kuzey yıldızı (Polaris) görsel bir çift sistemdir. İki yıldız birbirinden ortalama 2.4 Astronomik Birim (AB) uzaklıktadır (Courtesy NASA, ESA, N. Evans (Harvard-Smithsonian CfA), and H. Bond (STScI)).

Görsel çift yıldızların gözlemleri yapılırken odak uzaklığı büyük bir teleskop seçilir. İkinci bileşenin yani yoldaş yıldızın baş yıldızına göre görsel koordinatları teleskoba takılan konum ölçüm aletleri veya elde edilen veriler üzerindeki birtakım ölçümlerle belirlenir. Sistemde baş yıldızın, yoldaş yıldızına göre daha az hareket ettiği kabulü ile yoldaş yıldızın bileşen yıldız etrafındaki hareketi dolayısıyla sistemin yörüngesi de belirlenmiş olur. Görsel çiftlerin periyotları uzundur, bilinen en kısa periyotlu görsel çift yıldız yaklaşık 1.8 yıldır (Terrell, 2001).

Tayfsal Çift Yıldızlar

Tayfsal çift sistemlerde bileşen yıldızlar birbirlerine çok yakındır ve bir teleskop yardımı ile sistemi oluşturan yıldızları ayrı ayrı gözlemek mümkün değildir. Yıldız tayflarının incelenmesi ile birden çok yıldızdan oluştukları anlaşılmaktadır. Bileşenlerin fiziksel olarak birbirlerine yakın olmalarından dolayı yörünge hızları da büyüktür. Bileşenlerin yörünge hareketleri birbirine zıt yönde olduğundan Doppler olayı nedeniyle tayf çizgileri de zıt yönde kayma gösterirler, böylece bu çiftin tayf alındığında bazı evrelerde tayf çizgileri çift görünür. Ancak bu durum tayfsal çiftlerde yörünge düzlemi bakış doğrultusuna dik düzlem ile çakışmadığında anlamlıdır. Şekil 3'te yerdeki bir gözlemciye göre sistemin açısının, Doppler etkisini dolayısıyla sistemin radyal hızını ölçebileceği uygun durum gösterilmiştir.



Şekil 1.4. Mizar A'nın bileşenleri, radyal hızların değişimi. Sistemin gözlemciye göre gökyüzündeki açısal konumu (solda) ve sistem bileşenlerinin radyal hız grafiği (sağda) verilmiştir. Tayfsal çift sistemde her bileşenin radyal hızlarını zamanın fonksiyonu olarak işaretleyerek elde edilen grafik (Walker, 2017).

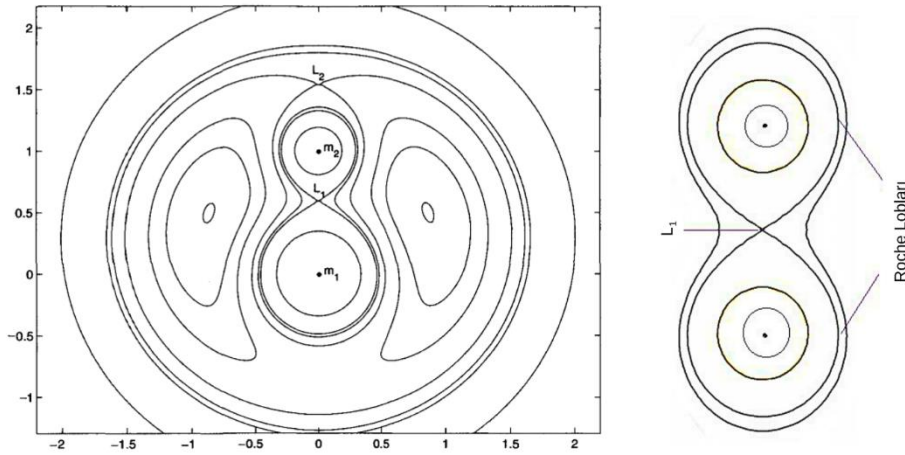
Örten Çift Yıldızlar

Bir çift sisteminin yörünge düzleminin, gözlemciye uygun bir açı altında yönelmiş olması halinde, bileşenler birbirini dönemsel olarak örter. Bu örtmeler tutulmalar oluşturur ve ışık eğrisinde periyodik değişimler kaydedilir. Elde edilen ışık eğrilerinin çözümleriyle çift sistem hakkında önemli bilgilere ulaşmak mümkündür. Özellikle W UMa türü örten çift sistemler oldukça düşük yörünge

dönemleri nedeniyle görece daha kolay gözlemlenebilirler. Halihazırda UZAYMER’de devam eden çalışma başlıklarına çift yıldızları dahil etmek ve bir başlangıç çalışması yapmak adına örten çift sistemler ve V1302 Her sistemi tez konusu olarak belirlenmiştir. V1302 Her daha önce ayrıntılı bir çalışması yapılmamış W UMa alt türünden bir örten çift yıldızdır. Örten çift yıldızlara ve spesifik olarak W UMa alt türü çift yıldızlara sonraki bölümlerde ayrıntılı değinilmiştir.

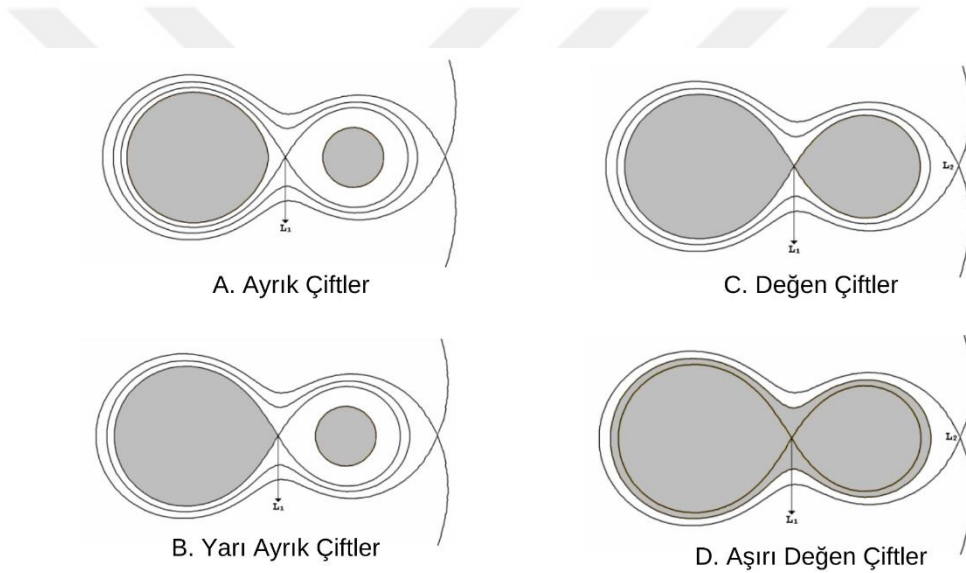
Roche Modeli

Tekli yıldızlar ya da ayırık çift sistemlerdeki bileşenler küresel şekillere sahiptirler. Bileşenler arasındaki mesafe azaldıkça yıldızlar küresellikten sapar. Bu durumda oluşan geometri dambıl ya da kum saati gibi bir şekle benzer ve bu form *Roche lobu* olarak isimlendirilir. Öyle ki örten çift sistemlerin modern sınıflandırması Lagrange yüzeyleri ile Roche loblarına göre yapılır.



Şekil 1.5. Kütle oranı $q = 0.40$ olan bir değen çift sistemin Roche geometrisi. Bu çizimde, iki yıldız kendi Roche loblarını doldurmuş, ortak bir zarf her iki yıldız çekirdeğini çevreliyor (solda). Sağda, Roche lobları ve Lagrange noktası (Hilditch, 2001).

Yıldız yüzeyi, eşpotansiyel yüzeydir ve bu yüzeyler hem yıldızın hem sistemin yüzeylerini tanımlar. Roche loblarının kesiştiği nokta iç Lagrange noktasıdır ve L_1 ile gösterilir (Bkz: Şekil 1.5). Sistemdeki bileşenler evrimleştikçe yavaş yavaş Roche lobunu doldurur. Yıldız hacmi arttıkça yıldız maddesi L_1 noktasından diğer bileşene akarak kütle aktarımı gerçekleşir. Akın madde doğal olarak bir momentuma sahip olduğundan spiral bir yol izler ve yığılma diski oluşturur. Roche loblarının doluluk durumlarına göre çift yıldızlar üç sınıfta toplanır. Bunlar: ayırık, yarı ayırık ve değen çift yıldız sistemleridir (Şekil 1.6).

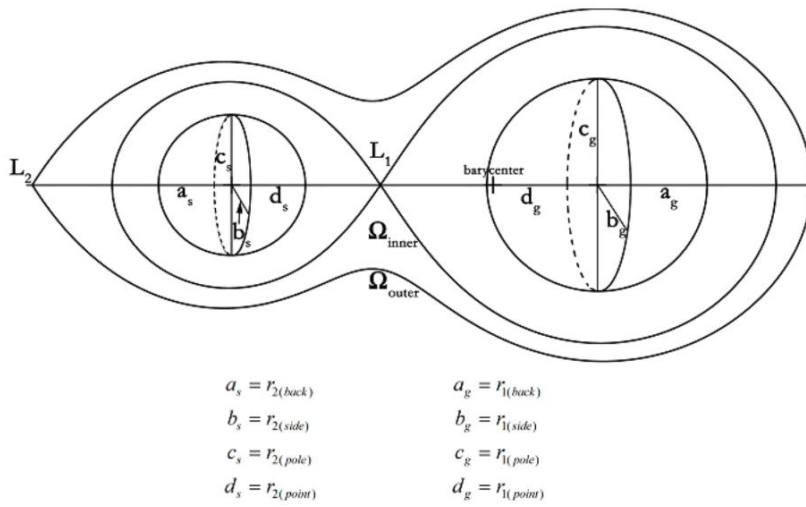


Şekil 1.6. Çift sistemlerin Roche loblarının doluluk oranları ve değme noktaları.

Sistem bileşenlerinin her ikisi de Roche lobunu doldurmamışsa *ayırık çiftler* olarak sınıflandırılırlar. Bileşenler arasında kütle aktarımı gerçekleşmez. *Yarı ayırık çiftlerde* bileşenlerden birisi Roche lobunu doldurmuşken diğeri doldurmamıştır. Roche lobunu doldurmuş bileşen L_1 noktasından diğer bileşene madde aktarır. Sistem bileşenlerinin her ikisinin de Roche lobunu doldurduğu sistemler *değen çiftler* olarak sınıflandırılır. Yıldız maddeleri şişimlerden taşıyıp sistemin (iki yıldızın) etrafında biriktiğinde ortak bir zarf meydana gelir, bu tür sistemlere aşırı değen

çiftler adı verilir. Bileşen yıldızların yüzeyleri için eşpotansiyel yüzeyler tanımlaması yapılmaktadır. Bu eşpotansiyel yüzey boyunca yoğunluk ve basınç gibi değerler değişmez. Bileşenlerin hacimsel olarak doldurdıkları loblarının kesiştiği L_1 noktasında çekim kuvveti sıfırlanır çünkü iki bileşen tarafından dengelenir.

Roche geometrisi üzerinde sistemi daha iyi anlamak için belirlenmiş noktalar vardır (Şekil 1.7).



Şekil 1.7. Aşırı degen sistemin Roche lobe geometrisi, iç ve dış potansiyel noktaları (Binary Maker 3.0 (BM3), Bradstreet, 2005).

Yüzey potansiyelleri ($\Omega_{1,2}$),

$$\Omega_{1,2} = \frac{1}{R_{1,2}} + \frac{q}{\sqrt{R_{1,2}+1}} \quad (3.2)$$

ifadesiyle bulunur. Kritik Roche potansiyeli ise Denklem 6'da verildiği gibidir.

$$\Omega = \frac{1}{R_{1,2}} + \frac{q}{\sqrt{R_1^2 - 2 \cdot R_1 + 1}} - q \cdot R_1 + 0,5(1 + q) \cdot R_1^2 \quad (3.3)$$

Burada R_1 , R_2 sırasıyla birinci ve ikinci bileşen yıldızların yarıçapları, q (m_2/m_1) ise kütle oranıdır.

Çift sistemler için bir diğer önemli nokta ise f değme oranıdır. (Bkz: denklem 3.4)

$$f \equiv \frac{\Omega_{iç} - \Omega_{1,2}}{\Omega_{iç} - \Omega_{dış}} \quad (3.4)$$

Bu bağıntıda $\Omega = \Omega_{1,2}$ yıldızların yüzey potansiyellerini ve $\Omega_{iç}$ içteki $\Omega_{dış}$ dıştaki kritik Roche potansiyelleri ifade eder (Lucy ve Wilson, 1979).

Değen ve aşırı değen sistemlerin bileşen yıldızlarının, Roche lobları dolmuş ve taşmıştır. Bu durum iki yıldız içinde ortak bir zarfın oluşmasını sağlar. Doldurma faktörü, aşırı değen sistemler için bileşenlerin birbirine değme ölçüsünü gösterir. Bu durum çift sistemleri doldurma faktör derecelerine göre; ayrık ($f < 0$), yarı-ayrık ($f = 0$) ve değen/aşırı değen ($0 < f < 1$) çift sistemler şeklinde 3 farklı şekilde sınıflandırmamızı sağlar (Skelton ve Smith, 2009; Deb ve Singh, 2011; Prsa, 2011).

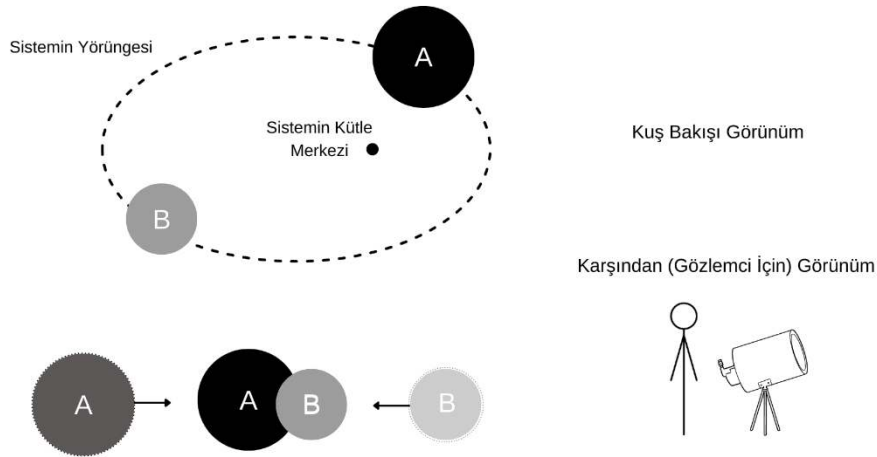
NASA'nın Transiting Exoplanet Survey Satellite (TESS) misyonu ile gözlem verileri bulunan kaynak için ayrıca V ve R filtrelerinde UT50 teleskobu ile yer tabanlı gözlemler yapılmıştır.

Herkül takımıyıldızında yer alan V1302 Her için literatürde mevcut herhangi bir fotometrik ya da spektroskopik çalışma sonuçlarını içeren bir makale bulunmamaktadır. Ancak kaynak ile ilgili optik gözlem sonuçlarını içeren bir toplantı sunum özetine (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2021AAS...23821505C/abstract>) bağlantısından ulaşılabilir.



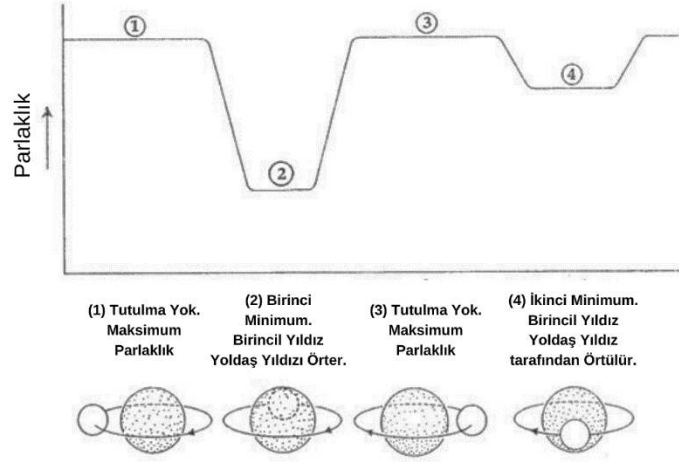
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Örten çift yıldızlar astrofizikte yıldızların fiziksel ve dinamik özelliklerinin belirlenmesinde büyük kolaylıklar sağlar ve bir laboratuvar görevi görürler. Tutulma olayının gözlenebilirliği, çift sistemin yörünge düzleminin gözlemciye göre uzaydaki konumuna ve sistemi oluşturan yıldızların arasındaki uzaklık cinsinden yarıçaplarına bağlıdır. Şekil 2.1'deki yeryüzünden gözlenebilen bir tutulma geometrisinde sistemden gelen ışığı tam bir yörünge boyunca ölçüldüğünde yıldızların sırasıyla birbirini örttüğü ve bu sırada sistemden gelen toplam ışık miktarında azalmalar olduğu görülebilir.



Şekil 2.1. Yeryüzünden bakan bir gözlemci için sistemdeki yıldızların birbirini örtmesi uygun bir geometri ve konuma bağlıdır.

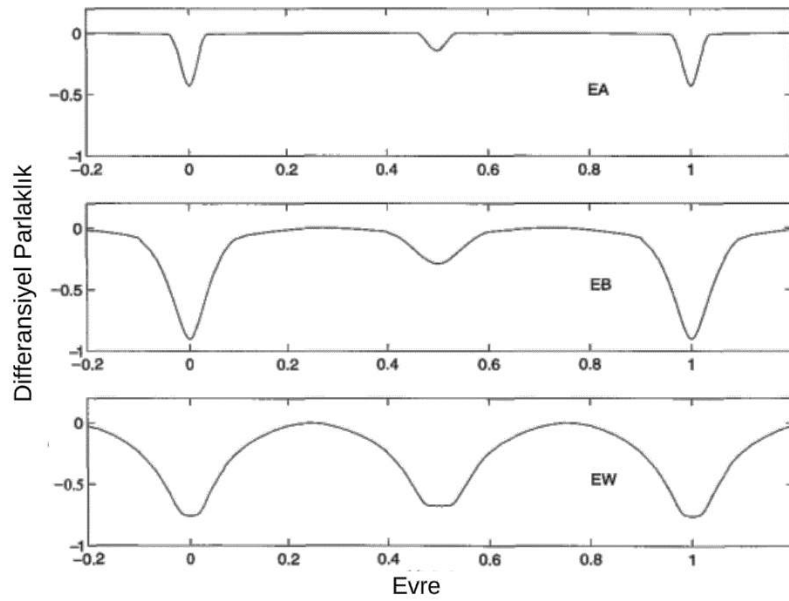
Sistem bileşenleri (A ve B yıldızları) sırasıyla birbirlerini örterken sistemden gelen toplam ışık miktarında azalma görülür (Bkz: Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Sırayla birbirini örten bir çift yıldızın tutulma geometrisi ve ışık eğrisi. (Hartmann, 1987)

Gözlemlerden elde edilen veriler, alıcı bir kamerada (CCD) kaydedildikten sonra çeşitli program ve yazılımlar ile analiz edilir. Örtün çift yıldızların fotometrik analiz sonucunda elde edilen parlaklık, zamana göre çizdirildiğinde Şekil 2.2’de bir örneği verilmiş, zamanla değişimi gösteren bir eğri elde edilir. Eğriler zaman ya da evreye karşılık parlaklık değerini gösteren bir grafikdir. Bu ışık eğrisinin yapısı sistemin fiziksel parametrelerine göre farklı karakterlerde olabilir. Eğrideki parlaklığın azaldığı kısımlar (t_2 - t_3) tutulmanın gerçekleştiği zaman aralığıdır. Bu kısımdaki veriler uygun programlar ile okunur ve tutulmanın orta noktasındaki zamana karşılık gelen değer ile minimum zamanı belirlenir. İki ayrı tutulma olduğundan her bir periyot için iki farklı parlaklık azalmasından söz edilir. Bileşenlerden daha parlak ve sıcak olan baş bileşenin yoldaş bileşen tarafından örtülmesi birinci minimum, tam tersi yaşanması ise ikinci minimum olarak ifade edilir. Bu analizlerden elde minimum zamanları yörünge dönemi ve yörünge döneminin değişiminin araştırılması ve yorumlanması için kullanılmaktadır. Tutulmaların dışındaki bölgelerde toplam ışığa tüm bileşenlerin katkısı yüz de yüz olduğu için, parlaklık değeri bu kısımlarda en yüksek yani sayısal olarak en küçüktür (Bkz. Şekil 2.3; $0-t_1$ ve $t_4 -0$).

Zamana göre çizilen parlaklık eğrisinin biçiminde karakteristik olarak farklılıklar gözlenebilir. Bu durum sistemin yörüngesi ve fiziksel parametrelerinin farklılığından kaynaklanmaktadır. Bu farklılıklar temelde 3 başlık altında toplanır ve örten çift sistemler fotometrik sınıflandırmaya göre üç gruba ayrılır. Algoller (EA) bileşenlerden birinin Roche geometrisini doldurduğu, küresellikten sapmış ve kütle aktarımının olduğu yarı-ayrık sistemlerdir ve bu sistemlerde ışık eğrisi maksimumlarında ışık değişimi gözlenebilir. Beta Lyrae (EB) türü örten çift sistemlerde ise bileşenler elipsoid bir şekle ve hafif bozulmuş bir ışık eğrisine sahiptirler. Bu tezde çalışılan kaynağın da içinde bulunduğu W Ursa Majoris (EW) türü sistemlerde ise bileşenlerin ışıyım güçleri birbirine çok yakındır, ışık eğrilerinde gözlenen birincil ve ikincil minimumların derinlikleri hemen hemen aynıdır.

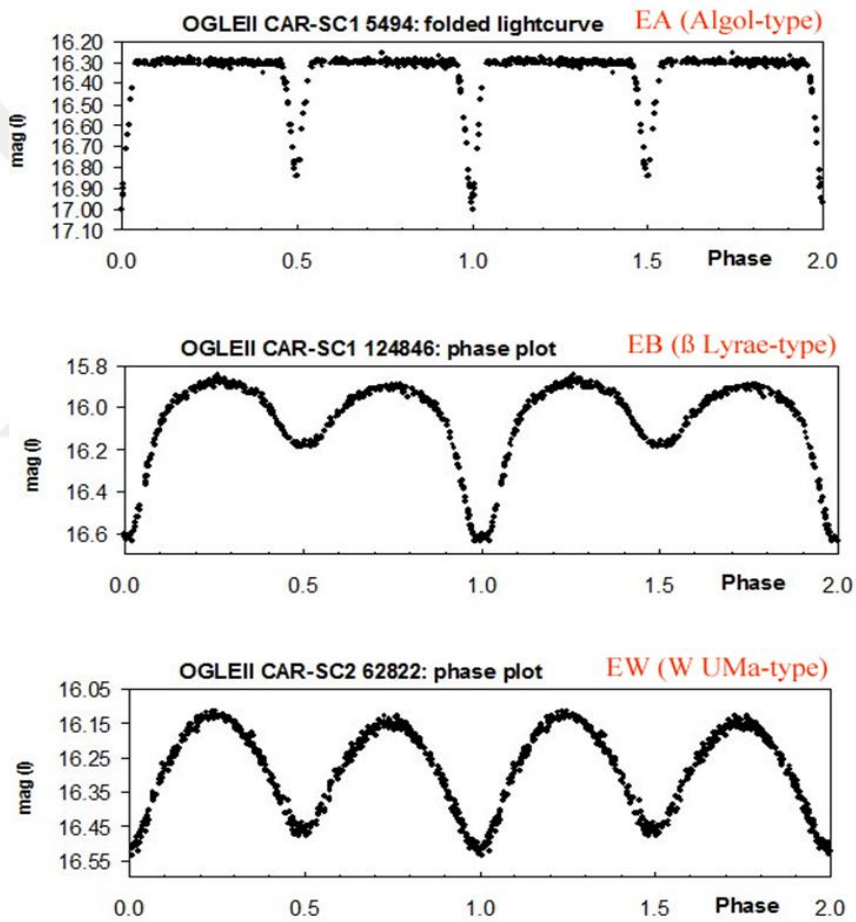


Şekil 2.3. Örten çift sistemlerin sınıflandırmasında kullanılan ışık eğrilerinin üç tipinin (EA, EB, EW) örnekleri. Her sınıftaki ışık eğrilerinin karakterini genlik aralığı, yörünge eğimi, iki yıldızın göreceli boyutları ve yüzey parlaklık oranları etkilemektedir (Hilditch, 2001).

Bu sınıflara ait çift yıldızların ışık eğrilerine örnek Şekil 2.3'te verilmektedir.

2.1. Algol Tipi Sistemler

Bileşenler genelde birbirlerine yakın ve bir etkileşim içindedir. Algol türü çiftler sıcak bir anakol yıldızı ile birlikte soğuk bir dev ya da alt dev yıldızdan oluşur. Işık eğrisindeki iki minimum derinliğinin miktarları arasında ciddi bir fark görülür. Minimum noktalarının sivriliyor olması, tutulmaların kısmi olduğunu göstermektedir.



Şekil 2.4. OGLE-II verilerine dayanarak oluşturulmuş EA, EB ve EW tipi sistemlere ait eğriler (Szymanski , 2005; Hummerich ve Bernhard, 2012).

2.2. β Lyrae Tipi Sistemler

Bu sistemlerin ışık eğrilerinde sürekli bir değişim gözlenir. Bu bileşenlerin birbirlerine yakınlıklarından oluşan etkilerden ve bileşenlerin küresellikten sapmış olmalarından kaynaklanabilir. Bileşenlerin farklı yüzey sıcaklıkları eğride minimumlar arasında farklılık olarak kendini gösterir. Beta Lyrae (EB) ve W UMa (EW) türlerinin ışık eğrileri çeşitli yönlerden benzerlikler gösterir. General Catalogue of Variable Stars (GCVS)'ye göre Beta Lyrae (EB) ve W UMa (EW) türleri arasındaki ayırım, birinci ve ikinci minimum derinlikleri arasındaki farka bakılarak yapılmaktadır.

2.3. W UMa Tipi Sistemler

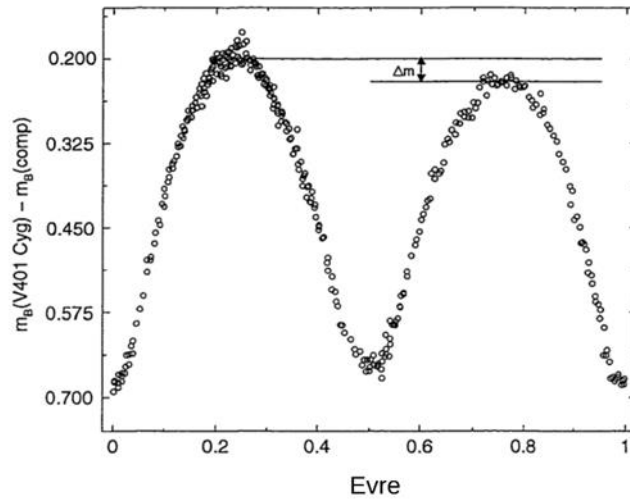
W Uma değişenleri ışık eğrilerinde sık değişim gözlenen türlerdir. Bu sistemlerin periyodu kısa (0.2 gün ile 1 gün arasında) ve iki minimum birbirine yakındır. Minimumların derinlikleri neredeyse eşittir ve bileşenlerin de yüzey sıcaklarının eşit ya da birbirine yakın olduğu bilinmektedir. Bileşenlerin yakınlığından ötürü *değen çiftler* olarak da tanımlanırlar. Bu sebeple yıldızların birbirlerine tedirginlik etkisi oldukça fazladır. Bunun önemli sonuçlarından biri, yıldızların büyük oranda küresellikten sapmış olmasıdır. Bu sistemler için hesaplanan kütle oranları 1' den farklıdır. Bu durumda merkezinde Hidrojen yakan anakol yıldızları için ortaya konan kütle-ışınım-yarıçap bağıntısı dikkate alındığında, iki bileşenin yüzey sıcaklıklarının farklı olması gerekmektedir. Kütle, ısıtma, yarıçap ve sıcaklık arasındaki dolaylı ilişki en genel haliyle Denklem 2.1 ve 2.2 'de verilmektedir.

$$\frac{L}{L_{\odot}} = \left(\frac{M}{M_{\odot}} \right)^a \quad (2.1)$$

$$L = 4\pi R^2 \sigma T^4 \quad (2.2)$$

Denklemlerde L ; ısıtma gücünü (lüminozite), M , kütleyi, R yarıçapı, T sıcaklığı göstermektedir. Burada σ Stefan Boltzmann sabitidir.

W UMa sistem bileşenleri bir “ortak zarf” ile sarılmış olduklarından konvektif yapıya sahip bu zarf boyunca etkin bir ısı dağıtımının var olması sayesinde yaklaşık olarak aynı yüzey sıcaklığına sahiptirler (Rucinski, 1997; Wilson, 2001). Bazı teorik çalışmalar, W UMa zarflarında izlenen “ısısal değme” yapısının zaman zaman kararsız olup bozulduğunu göstermektedir. Bu durum için önemli bir kanıt, W UMa’larla yaklaşık aynı yörünge dönemine ve bileşen kütlelerine sahip Beta Lyrae türü sistemlerin gözlenmesidir.



Şekil 2.5. O’Connell etkisinin gösterimi. Purgathofer (1964) verisi ile oluşturulmuş bu eğride, V401 Cygni sisteminin ikinci maksimumu ile ilk maksimumu arasında delta m (0,0071) kadar bir parlaklık farkı görülmektedir (Herczeg,1993).

W UMa sistemleri ışık eğrilerine baktığımızda eğrinin maksimum noktalarında bir asimetri, eğrideki maksimum seviyeler arasında bir farklılık göze çarpar. Bu olay O’Connell etkisi olarak bilinir (O’Connell, 1951). Etkinin nedenleri arasında kütle transferi ya da yıldızın manyetik aktivitesine bağlı olarak yüzeydeki

sıcak veya soğuk leke olasıdır (Wilsey ve Beaky, 2009). Şekil 2.6'da O'Connell etkisi ışık eğrisi üzerinde görülmektedir.

Kütle aktarımının yaşandığı yakın çiftlerde *O'Connell* etkisi beklenen bir sonuç olmakla birlikte henüz doğası tam olarak anlaşılmamıştır. Bu etkinin doğasının anlaşılmasının evrim çalışmalarına da katkı sunması beklenmektedir.

Bazı belirgin fiziksel farklılıklardan dolayı Binnendijk (1970), W UMa çift sistemlerini gözlemsel özelliklere dayalı olarak A ve W olmak üzere iki alt sınıfa ayırmıştır. Bu iki sınıf ile ilgili şematik gösterim Şekil 9' da verilmektedir.

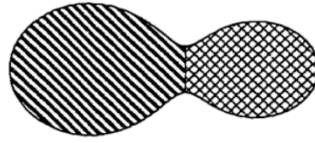
- A-tipi sistemler genellikle daha erken tayf sınıfında (tipik olarak A'dan G'ye), daha yüksek parlaklığa, daha büyük kütle ve daha küçük kütle oranında bileşenlere sahiptir. Değme derecesi daha fazladır ve kalın bir ortak zarf mevcuttur (Van Hamme 1982). Ayrıca ışık eğrileri, daha büyük, daha kütleli, daha sıcak bileşenin geçiş tutulması nedeniyle daha derin birincil minimumu gösterir.
- W-tipi sistemler genellikle daha geç tayfsal sınıfta yıldızlardan oluşur (F'den K'ye). W-tipi W UMa yıldızlarında, daha derin birincil minimum, daha küçük, daha az kütleli bileşenin örtülme tutulmasına karşılık gelir. W-tipi sistemler A-tipi ile karşılaştırıldığında genellikle sıfır yaş ana dizisine (ZAMS) daha yakındır. İkincil bileşenleri, yaklaşık olarak aynı kütle ve sahip normal ZAMS'den daha büyük yarıçaplara sahiptir. (AAVSO, 2022) - https://www.aavso.org/vsots_wuma

Şekil 2.7'de görüldüğü gibi A ve W alt tipleri arasındaki bir diğer fark daha sıcak bileşenin diğer bileşene göre boyutudur.

A- Tipi



W- Tipi



Şekil 2.6. W UMa iki ana alt sınıflarının bir temsili. A alt tipinde, fiziksel olarak daha büyük olan yıldız daha sıcak ve daha kütlelidir. W türleri için, fiziksel olarak daha büyük olan yıldız daha soğuk ve daha kütlelidir (Van Hamme 1982).

- A ve W tipi sistemlerin genellikle biraz farklı evrim durumlarında olduğu varsayılır. Wilson (1978), kesin olarak belirlenmiş parametrelere sahip sekiz A-tipi sistemin hepsinin sıfır yaş ana dizi yarıçapından daha büyük olduğunu, yani hepsinin evrimleştiğini belirtmiştir. Bazı teoriler, W-tipi sistemlerin kütle değişimi yoluyla A-tipine dönüşme olasılığını öne sürerken (Hilditch ve ark, 1988), diğerleri ise tam tersini öne sürmektedir (Gazeas ve Niarchos 2006).

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Bu çalışmada, V1302 Her örten çift yıldızının fotometrik analizleri ele alınmıştır. İncelediğimiz bu sistem, diğer çift sistemlere göre literatürde daha az çalışılmıştır. Bu nedenle bu kaynakla ilgili daha çok gözlem verisi elde etmek amacıyla Çukurova Üniversitesi Uzay Bilimleri ve Güneş Enerjisi Araştırma ve Uygulama Merkezi (UZAYMER)'de UT50 teleskobu ile gözlenebilir konumda olduğu zamanlarda gözlemler yapılmıştır.



Şekil 3.1. Kuş bakışı UZAYMER UT50 teleskobu.

UT50 teleskobu, deniz seviyesinden 130 m yükseklikte ve $37^{\circ} 03'20.36''$ $35^{\circ} 20'52.19''$ D coğrafi konumunda yer alan UZAYMER gözlemevinde kuruludur. Ekvatoryal kundağa sahip Ritchey–Chrétien (RC) tipi teleskobun birincil aynası 500 mm olup teleskoba dair teknik özellikler Çizelge 3.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. UT50 Teleskop Temel Özellikleri

Tipi	Ritchey-Chretien
Tür	Reflektör
Odak Uzaklığı (mm)	400gf0
Çap (mm)	500 mm (~20 inç)
Odak Oranı (f /)	8
Çözünürlük	0,23
Sınır Değer (mag)	15,3
Odak Oranı	f/8

Ayrıca teleskoba bağlı 12 yuvalı FLI CFW2-7 model filtre tekeri ve üzerinde standart UBVRI filtreleri bulunmaktadır. Bununla beraber Optec TCF-Si model odaklayıcı, filtre tekeri ile CCD arasında sıcaklık durumuna göre odak ayarı yapabilen bir kurgu yer almaktadır. Teleskopta FLI Proline PL16803 Monochrome model bir CCD kullanılmaktadır.

Çizelge 3.2. FLI Proline CCD Kamera Özellikleri

Piksel	4096 x 4096 (piksel ölçeği = 0."463/piksel)
Piksel Boyutu	9 µm
Full Well Capacity	100,000 e-
Okuma Hızı	1 MHz, 8 MHz

Yukarıda belirtilen özelliklerin yanında bir CCD kamera için bir diğer önemli özellik kuantum verimliliğidir. Kuantum verimliliği kısaca, birim zamanda sensör üzerine düşen fotonların, elektrona dönüştürülme oranını gösterir. Matematiksel olarak verimlilik faktörü aşağıdaki gibi formüle edilir.

$$Q_e = e^- / ph \quad (3.1)$$

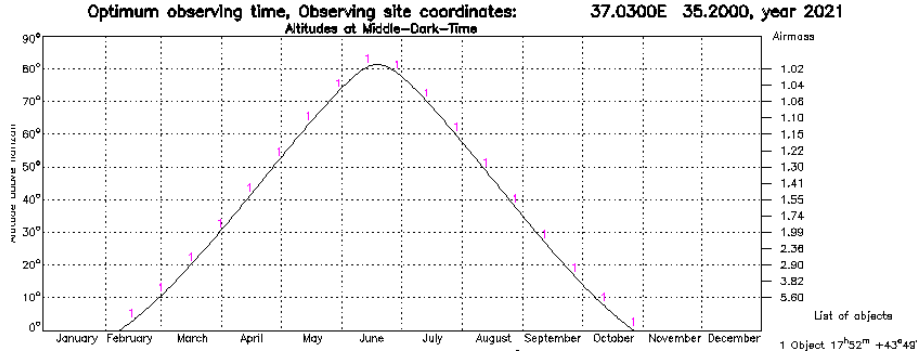
ph : sensöre düşen toplan foton sayısı, e^- : dönüştürülen toplam elektron sayısıdır.

FLI ProLine PL16803 CCD modeli için kuantum verimliliği aşağıdaki grafikte gösterilmektedir. Dikey eksen verimlilik yüzdesini, yatay eksen ışığın dalga boyunu göstermektedir.



Şekil 3.2. FLI Proline CCD Kamera kuantum verimliliği grafiği (FLI - <https://www.flicamera.com/>).

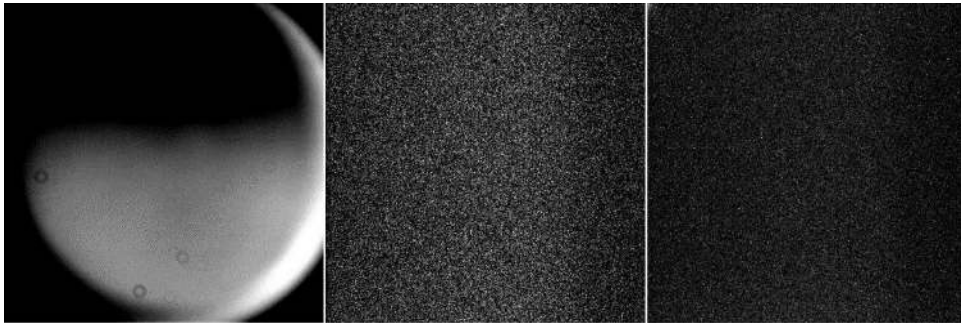
UZAYMER’de kaynağa ait gözlem zamanları belirlendikten sonra hava durumu (yağış durumu, bulutluluk, nem oranı vd.) dikkate alınarak gözlemler gerçekleştirilmiştir. Gözlem programında kaynağın hangi filtrelerde, kaç saniye poz süresi ve hangi *binning* değeri ile gözleneceği de belirlenir. V1302 Her’in parlaklık değeri (B: 13^m.29, V:12^m.42, R: 12^m.21) UT50 teleskobunun gözlem limitleri içindedir. Ancak kaynak için B filtresinde uzun poz sürelerinde istatistiksel olarak anlamlı miktarda sinyal birikmediğinden sadece V ve R filtrelerinde gözlemler yapılmıştır. V filtresi için poz süreleri 120 ve 150 saniye, R için ise 90 ve 120 saniyeler denenmiştir. Her iki filtre için 120 saniye poz süresinin kaynak için sinyal-gürültü oranına bakılarak uygun olduğuna karar verilmiştir.



Şekil 3.3. Adana konumu V1302 Her yıldızı için yıl içinde uygun gözlem zamanları.

Gözleme başlarken teleskop ve CCD kamera açılır, CCD optimum sıcaklığa soğutulur, Maxim DL aracılığıyla ön adımlar gerçekleştirilerek teleskop gözleme hazır hale getirilir. Yapılan ilk işlem ile ön indirgeme de kullanılacak Flat, Bias ve Dark görüntüleri alınır.

Dark görüntüsü (ya da kısa dark), kara akım görüntüsüdür ve CCD kamera çalışır durumdayken ürettiği fotoelektronları kaydettiğimiz görüntüdür. CCD kameranın oluşturduğu akım, pikselleri uyarır ve dark sinyali anında oluşur. Dolayısıyla ham veride bu etki söz konusudur. Dark verisi gözleme başlamadan önce ya da gözlem sonrası alınır ve alınırken CCD kameranın kapağı kapalıdır. Dark görüntüsü için belirlenen poz süresi alınan veri için aynıdır. V1302 Her için 120 saniye poz sürelerinde dark görüntüleri alınmıştır.



Şekil 3.4. Sırasıyla flat (R filtresi, 4 saniye poz süresi), bias (0 saniye poz süresi) ve dark (120 saniye poz süresi) görüntüleri verilmiştir.

Ön indirgeme yapılırken kullanılacak bir diğer görüntü bias görüntüsüdür. Bias alınırken de CCD kamera kapalıdır ve kısaca sıfır saniye poz süresinde alınır. Bias CCD kameradaki pikseller okunurken oluşan gürültüyü belirlemek ve analizlerde bu gürültüyü dikkate almak için kullanılır. CCD'nin okuma gürültüsü gelişmiş sensörlerde çok düşüktür ama asla sıfır değildir. Dolayısıyla bu etkinin ham veriden çıkarılması gereklidir. Gözlemler yapılırken her gözlem gecesi ortalama 8 adet bias görüntüsü alınmıştır.

Dark ve bias görüntülerinden farklı olarak flat (düz alan) görüntüsü alınırken CCD kapağı açıktır ve tan zamanındaki gökyüzünde alınır. Flat görüntüsü her bir filtre için ayrı ayrı alınır ve doğru zamanda almak için sinyal miktarına bakılır. Analizler yapılırken flat görüntüsü alınmayan tarihler için ileri ya da geçmişe dönük en yakın flat görüntüleri kullanılmıştır. Bias, dark ve flat (kısaca BDF) görüntüleri FLI ProLine PL16803 CCD kamera ile alınmıştır.

Çizelge 3.3. V1302 Her sistemine ait bazı temel bilgiler.

	Periyot (Gün)	Parlaklık (Kadir)	Değişen Tipi	Koordinat
V1302 Her	0.31628	12.21 (R) 12.42 (V)	EW	17 52 39.0639631488 +43 49 29.337445272

V1302 Her için bazı temel parametreler üstte verilmiştir. Belirtilen gözlem araçları ile UZAYMER konumundan yıl içerisinde Şubat 2021 – Eylül 2021 tarihleri arasında kaynağın iki farklı filtrede (V, R) 17 gözlemi yapılmıştır. Veri kalitesi yeterli olan 7 gözlem derlenerek ışık eğrisi analizi yapılmıştır.

Çizelge 3.4. Yapılan gözlemler ve poz süreleri.

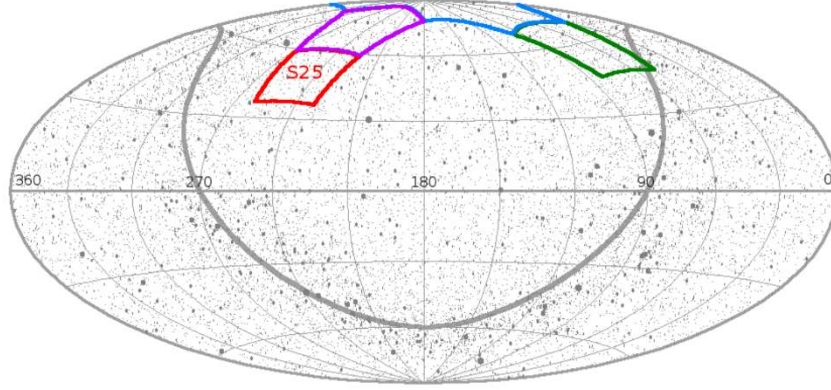
Gözlem Tarihleri	Filtreler			
	R		V	
	Poz Süresi (sn)	Görüntü Sayısı	Poz Süresi (sn)	Görüntü Sayısı
21.05.2021	120	58	120	57
23.05.2021	120	54	120	54
6.06.2021	120	74	120	75
16.06.2021	120	79	120	79
18.06.2021	120	50	120	50
24.06.2021	120	49	120	48
27.06.2021	120	57	120	57

Analizlerde kullanılacak verilere karar verilirken kaynağın sinyal gürültü oranı dikkate alınmıştır. Signal-to-Noise Ratio (kısaca SNR ya da S/N) bir kaynağın sinyalinin ne kadar iyi ölçüldüğünü gösterir. Sinyal, bir saniyede kaynaktan aldığımız foton sayısıdır, bu fotonlar CCD kameranın verimliliğine göre elektrona dönüşür. Gürültü ise sinyalin ölçümünü etkileyen çeşitli kaynaklardan gelen rastgele katkılardır. V1302 Her kaynağı için S/N değeri Maxim DL programındaki *information* penceresinden okunmuştur. Bu değer > 5 olduğunda kaynak alıcıda algılanmaya başlar. $S/N=10$ olduğunda ise kaynağın analizi mümkün olsa da bu dikkate alınabilecek en düşük S/N değeridir. $S/N=100$ en ideal oran değeridir. Çizelge 3.2’de ayrıntıları verilen 7 gözlem gecesinde elde edilen verilerin V filtresinde ortalama S/N oranları 40 – 70 arasında, R filtresinde ise 50 – 80 arasında değiştiği görülmüştür. Her bir gözlem gecesinde elde edilen verilerin S/N oranı için standart sapma değerleri hesaplanmıştır. Analizlerde kullanılan 7 farklı gözlem gecesine ait veriler için standart sapma değerleri, R filtresi için $\sigma = 3,0 - 4,6$ V filtresi için ise $\sigma = 2,8 - 3,7$ aralıklarındadır.

Gözlemler Maxim DL programı üzerinden gerçekleştirilir ve kontrol edilir. Hazırlıklardan sonra BDF görüntüleri alınır, gözlenecek kaynağın göksel koordinatları Maxim DL üzerinden girilir ve komut verilir. İlk aşamada teleskop doğru kaynağa yönelip yönelmediği ve S/N oranı kontrolü için test görüntüleri alınır. Alınan ilk görüntü <https://nova.astrometry.net/upload> web adresine yüklenerek kaynağın tam olarak nerede olduğu belirlenir. Web sitesi yüklenen görüntünün astrometrik kalibrasyonunu yaparak gökcisminin görüş alanı içine düşen konumu ve aynı alanda bilinen nesnelerin katalog adlarını ve koordinatlarını verir. Belirlenen zaman aralığında, belirlenen filtre ve poz sürelerinde gözlem başlatılır. Gözlem devam ederken bulutluluk, nem oranı, rüzgar hızı, kaynağın anlık sinyal oranı ve kullanılan cihazlarla ilgili teknik kontroller düzenli yapılır.

TESS Misyonu ve TESS Verileri

The Transiting Exoplanet Survey Satellite (TESS), geçiş yapan ötegezegenleri araştırma misyonudur ve 18 Ekim 2018 tarihinde fırlatılarak gözlemlerine başlamıştır. TESS temelde ötegezegen (özellikle Yer büyüklüğünde olan gezegenler) kütlelerini ve atmosferik kompozisyonları belirlemek için tüm gökyüzünü kapsayan gözlemler gerçekleştirir. Bu gözlemler *sector* denilen bölümler halinde yapılmaktadır. TESS teleskobu ile 200.000'den fazla yıldızın yüksek hassasiyetli fotometrisinin gerçekleştirilmesi planlanmaktadır. TESS tarafından gözlemi yapılmış V1302 Her yıldızına ait data <https://mast.stsci.edu/portal/Mashup/Clients/Mast/Portal.html> adresinden indirilmiştir. Bu çalışma da TESS Sector 25 SC verisi kullanılmıştır. Bu veri (Sector 25), TESS görevinin 57 ve 58. yörüngeleri sırasında yapılan gözlemlerden elde edilmiştir. Gözlemler 2020 yılında 14 Mayıs - 8 Haziran tarihleri arasında yapılmıştır. Gözlemlenen gökyüzü bölgeleri Şekil 3.5'de gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Renkli alanlar Sector 25 ile gözlenen gökyüzü parçasını göstermektedir. Her renk farklı bir TESS kamerasını temsil etmektedir.

3.2. V1302 Her'in Fotometrik Analizleri

Bir örten değişen yıldızın ışık eğrisinin şekli ve formu genel olarak; i yörünge eğikliği, r_1 ve r_2 bileşen yıldızların kesirsel yarıçapları, l_1 ve l_2 yıldızların kesirsel ışıyım güçleri, $q = m_2/m_1$ kütle oranı, $x_{1,2}$ kenar kararması, $g_{1,2}$ çekim kararması sabitleri ve $A_{1,2}$ yıldız yüzeyleri için albedo gibi birçok parametreye bağlıdır. Dolayısıyla zamana bağlı bir parlaklık grafiği bize doğrudan ya da direkt olarak yıldız hakkında çok şey söyler. Işık eğrisi analizi yapılırken Maxim DL ve AstroimageJ uygulamaları kullanılmıştır.

3.2.1. SAOImageDS9 Programı

Astronomik görüntüleme ve veri görselleştirme programıdır. DS9, FITS formatındaki verileri, inceleme, meta verilerini görme ve analiz öncesinde veriyi tanımaya olanak sağlar. Ayrıca çeşitli koordinat sistemlerini destekler ve veri tabanlarından gerekli bilgiyi çekmekte mümkündür. DS9 programı V1302 Her'in fotometrik analizleri aşamasında sıklıkla kullanılmıştır.

3.2.2. Maxim DL Programı

Fotometri için kullanılan bir yazılımdır. Ham veriyi işlemek ve analiz etmek amacıyla Maxim DL 'de analiz yaparken aşağıdaki adımlar izlenir.

Veriler, filtre türü ve poz süresine göre ayrılır ve bu değerler not edilir. Önce bias, dark ve flat görüntülerinin ortalaması alınır ve masterbias, masterdark ve masterflat görüntüleri oluşturulur. Bu ön indirgeme adımları basitçe aşağıdaki gibidir.

- Birden fazla olan bias görüntülerinin ortalamasını alınır ve tek bir masterbias görüntüsü elde edilir.
- Her bir Dark ve flat görüntülerden bu masterbias görüntüleri çıkarılır.
- Benzer şekilde dark görüntülerin ortalaması alınarak masterdark görüntüsü elde edilir.
- Masterdark görüntüsü flat görüntüsünden çıkarılır.
- Flat görüntülerinin ortalaması ile masterflat oluşturulur.
- Tüm verilerden sırasıyla masterbias ve masterdark görüntüleri çıkarılır.
- Son olarak veriler masterflat görüntüsüne bölünür.

Bu adımlar Maxim DL ve diğer analiz programlarında arka planda gerçekleşir. Flat ile işlem yapılırken filtreye, dark görüntülerinin ise veri ile aynı poz süresinde olmasına dikkat edilmelidir.

Oluşturulan görüntüler ham verilerle işlendikten sonra ön indirgeme tamamlanmış olur ve ham veriler ışık ölçümüne hazır hale getirilir. Bu aşamadan sonra çok sayıdaki verinin hizalanması yapılır. Özellikle gece boyunca süren gözlemlerde ilk ve son veriler arasında kaynağın görüntüdeki konumunda kaymalar olur. Sağlıklı bir ölçüm için tüm veriler *auto-star matching* modunda ya da manuel olarak hizalanır.

Veriler **Photometry>Analyze** menüsünde hizalanır. Tüm veriler burada açıldıktan sonra **Match>Auto – star matching** adımları izlenir. Ardından birbirini izleyen 4 adımda ışık eğrisi elde edilir.

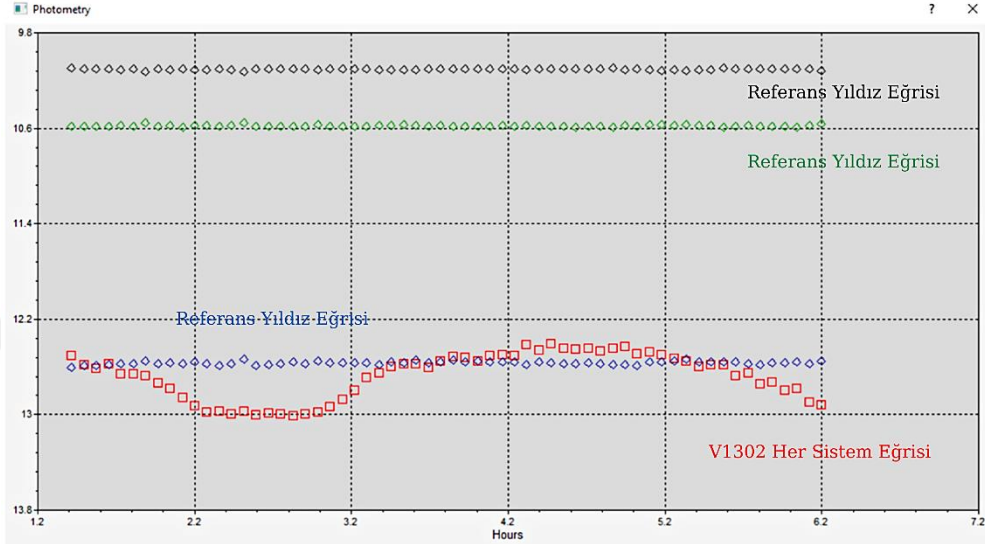
1. Kaynak (V1302 Her) görüntüde belirlenir ve tanımlanır. **Identify>New** Object adımları ile cisim *Obj1* diye etiketlenir.
2. Sonra referans yıldızlar belirlenir. Seçilen referans yıldızın bir değişen yıldız olmamasına, sinyal oranının Object 1 (V1302 Her) yıldızı ile benzer olmasına ve görüntü üzerinde nispeten kaynağa yakın olmasına özen gösterilmiştir. Referans yıldız belirlenirken bölge incelenmeli ve kaynak etrafındaki yıldızların özellikleri bilinmelidir. Bu amaçla çalışmamızda SAOImageDS9 programı ve/veya Simbad Veri tabanı (<https://simbad.unistra.fr/simbad/>) kullanılmıştır. Referanslar yıldızlar belirlendikten sonra bu kez New Reference Star butonuna tıklanarak referans yıldız belirlenir. Analizde birden fazla referans yıldız belirlenebilir. Ayrıca referans yıldızın değişken olup olmadığından emin olmak için yazılım tarafından kontrol yıldızları kullanılır. *New Check Star* seçilerek referans yıldız için yapılan adımlar tekrarlanır.

Çizelge 3.5. Yapılan gözlemlerde kullanılan referans yıldızlar.

Yıldız	RA(hh mm ss)	Dec (hh mm ss)
V1302 Her	17h 52m 39.06s	+43d 49m 29.33s
TYC 3101-1531-1	17h 51m 58.22s	+43d 43m 09.15s
TYC 3101-935-1	17h 51m 57.01s	+43d 56m 34.61s
TYC 3101-1257-1	17h 52m 52.83s	+43d 50m 48.21s
TYC 3101-425-1	17h 52m 17.98s	+43d 47m 03.59s

3. **Graph** sekmesi seçilir, bu sekme seçilen cisimlerin zamana göre bir parlaklık grafiğini üretir. Referans ve kontrol yıldızlarına ait eğrilerinin yatay bir doğru izlemesi beklenir.

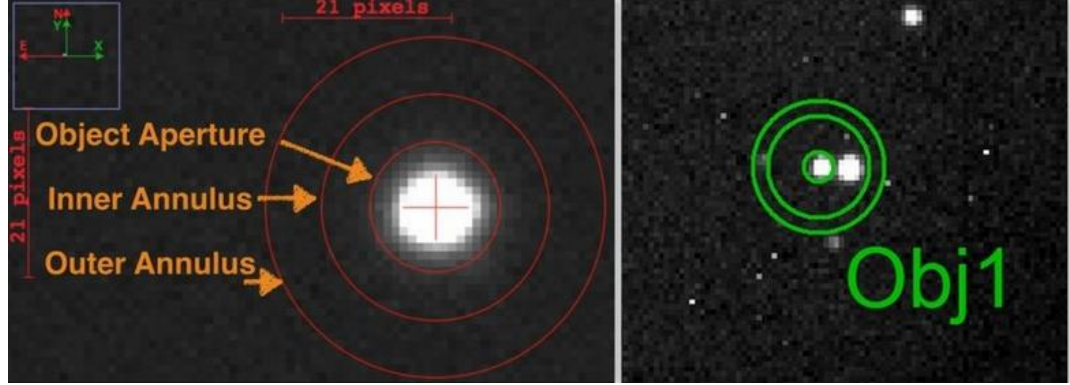
Bu adımlardan sonra Maxim DL ekranında Şekil 3.5’teki gibi bir grafik gelir.



Şekil 3.6. Maxim DL programında Fotometri başlığında Graph adımından sonra çizdirilen eğri örneği.

3.2.3. AstroImageJ Programı

AstroImageJ ya da AIJ Java üzerine kurulmuş birçok platformda kolayca çalışabilen, FITS çok kullanılan benzer formattaki veri dosyalarını (TIFF, JPEG ve PNG gibi) görüntülemeyi, düzenlemeyi sağlar. Verilerin fotometrik analizinin gerçekleştirilebildiği bir programdır. Maxim DL ile benzer adımlar izlenerek ışık eğrisi elde edilir. Ayrıca, World Coordinat System ve SIMBAD gibi data sitelerinden analizde kullanılacak bilgiler çeker (Collins ve ark. 2017).



Şekil 3.7. Solda örnek bir AIJ ekranı sağda Maxim DL üzerinden V1302 Her aperture seçimi – (Astrobites - <https://astrobites.org/> 07.06.2022).

Hedef yıldız görüntü üzerinde seçilirken Maxim DL’de olduğu gibi dikkat etmek gerekir. (Şekil 3.7) İmleç ile beliren *Aperture* ve *Annulus* halkalarının genişliği doğru seçilmelidir. İlk ve en içteki halka yalnızca yıldız içermelidir, sonraki *Annulus* halkaları arka plan gökyüzünü çıkarılması içindir. Bu sayede Aperture ‘da kalan tüm piksel değerleri toplanarak hesaplama yapılır. AIJ’de referans yıldızları aynı ekrandan seçilir. Işık eğrisi elde ederken AIJ ve Maxim DL’in çeşitli avantajları söz konusu olmaktadır. Örneğin verilerin hizalaması (alignment) Maxim DL’de daha pratik ve kullanışlı iken, eğriye yönelik çıktı parametreleri ve dosyalar AIJ üzerinde daha esnek ve çeşitlidir. Dolayısıyla analizlerimizde her iki programda kullanılmıştır.

3.2.4. Wilson Devinney Kodu

Wilson-Devinney (WD) çift yıldız sistemlerinin modellendiği bir yazılım paketidir (Wilson ve Devinney, 1971; Prsa ve Zwitter, 2005; Prsa, 2011). İki ana modülden oluşur. LC modülü, ışık ve radyal hız eğrileri, spektral çizgi profilleri, DC modülü, en küçük kareler metoduna göre ışık eğrileri, hız eğrileri ve tutulma zamanları için parametre ayarını gerçekleştirerek diferansiyel düzeltmeleri sağlar.

V1302 Her aşırı değen W UMa sistemi olduğundan WD kodunun Mod 3 seçeneği kullanılmıştır. Bu mod değen ya da aşırı değen sistemler için en uygundur.

3.2.5. Binary Maker 3 Programı

Çift sistemler için sisteme ait fiziksel ve geometrik parametreler ve varsa yıldız lekeleri ile birlikte sistemin 3D modellemesi yapmak için kullanılan bir yazılım. Çift sistemlerin Roche Lobu geometrisini modellemek için sıkça kullanılır. Kaynağın minimum zamanları farklı araştırmacılar tarafından belirlenmiştir. Literatürden elde edilen minimum zamanları ve ayrıntıları Çizelge 3.5'deki gibidir.

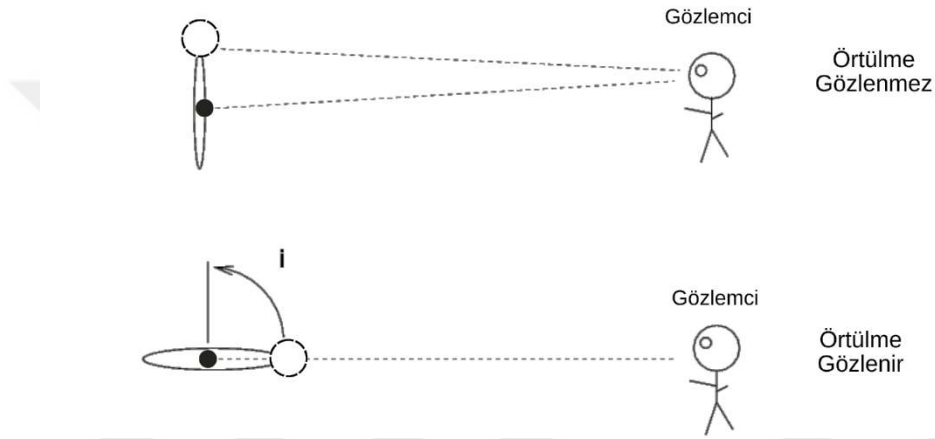
Çizelge 3.6. V1302 Her Sisteminin literatürdeki minimum zamanları

Çevrim	O-C	HJDmin	Tür	Filtre	Referans
-4275	0.0129	2453258.3739	II	R	Pejcha O
-60	0.0003	2454591.5278	II	Ir	Raetz Manfred
-3	0.0016	2454609.3997	I	B	Liakos A
0	0.0005	2454610.3475	I	B	Liakos A
0	0.0005	2454610.5055	II	B	Liakos A
3	0.0001	2454611.4540	II	B	Liakos A
281	0.0007	2454699.3835	II	BVRI	Liakos A
284	0.0010	2454700.3326	II	BVRI	Liakos A
303	0.0009	2454706.3421	II	BVRI	Liakos A
307	-0.0003	2454707.4480	I	BVRI	Liakos A
423	0.0016	2454744.2977	II	-U-I	Raetz Manfred
5998	-0.0128	2456507.4476	I	V	Raetz Manfred
6102	-0.0122	2456540.3425	I	-I	Agerer Franz
6906	-0.0090	2456794.8016	II	ccd	Nelson Robert
6921	-0.0054	2456799.3916	I	-I	Agerer Franz
6921	-0.0075	2456799.5475	II	-I	Agerer Franz
7870	-0.0056	2457099.5516	I	V	Magris M.
7974	-0.0056	2457132.4458	I	-I	Agerer Franz
9188	0.0020	2457516.4307	I	-I	Agerer Franz
9208	-0.0005	2457522.9120	II	ccd	Nelson Robert
10162	-0.0021	2457824.6520	II	ccd	Cervinka L.
11496	-0.0046	2458246.4237	I	-Ir	Agerer Franz
11496	-0.0083	2458246.5780	II	-Ir	Agerer Franz

V1302 Her benzer örten çift sistemlerin çalışılması ile literatüre, sistemlere ait yeni minimum zamanları, yeni efemeris zamanı, fiziksel ve mutlak parametreleri belirlenir.

3.3. Işık Eğrisini Etkileyen Faktörler

3.3.1. Sistemin Yörünge Eğikliği



Şekil 3.8. UZAYMER UT50 teleskobu ile V ve R filtrelerinde V1302 Her ışık eğrisi.

Çift yıldızlarda bileşenlerin birbirini örtmesi gözlemci için uygun bir açıda anlamlıdır. Sistem bileşenlerinin birbirini periyodik olarak örtmesi ve bunun ölçülebilmesi gözlemci ile sistem arasındaki açıyla doğrudan ilişkilidir. Bu örtmenin gözlenmesi ile bir eğri ile ifade edebildiğimiz ışık değişimleri oluşur. Bunun yanında sistem bileşenlerinin yarıçapları da ışık eğrisini etkileyen bir diğer faktördür.

3.3.2. Yansıma ve Çekim Kararması

Yıldızlar fiziksel olarak tamamen küresel değildir. Evrimsel sürecine de bağlı olarak bir miktar küresellikten saparlar. Bu durum yıldızın yüzeyi üzerinde farklı noktalarda farklı ışıınım miktarı anlamına gelmektedir. Çift sistemlerde bileşenler karşılıklı konumda iken birbirlerini aydınlatırlar. Bu durum A yıldızının B yıldızından aldığı ışığı yansıtması olayıdır. Sistem bileşenleri birbirine fiziksel

olarak çok yakın iseler ya da sıcaklıkları arasındaki fark büyük ise yansıma etkisi belirginleşir. Işık eğrisi çözümü yapılırken albedo ya da yansıma katsayısı parametresi hesaba katılır.

3.3.3. Roche Geometrisi

Sistemin Roche geometrisi, bileşenlerinin Roche loblarını doldurma oranı, değme oranı ve birbirleri ile etkileşimleri de ışık eğrisinde etkileri görülen noktalardan birisidir. Roche lobu geometrisinde hacimlerin büyüklüğü kütle oranına bağlıdır.

3.3.4. Dış Merkezlilik

Çift sistemlerde bileşenler fiziksel olarak birbirlerine yakın ise genelde dairesel bir yörüngeden bahsedebiliriz. Ancak ayrık çift sistemlerde dairesellik bazen önemli ölçüde bozulmuştur. Bu durum sisteme büyük bir dış merkezlilik kazandırır ve ihmal edilmeyecek boyutta ışık eğrisine etki eder. Dairesel olmayan bu tip yörüngelerde bileşenlerin arasındaki uzaklık değiştiği için bileşenlerin hızları sabit değildir. Kepler yasalarınca yoldaş yıldızın en beri noktasında iken daha hızlı en öte de iken daha yavaş hareket ettiğini söyleyebiliriz. Uzaklık sistem geometrisini, Roche loblarının geometrisini ve dolayısıyla Roche lobu hacimlerini de etkilemektedir. Bir sistem için e dış merkezliliği Denklem 3.2 ile belirleyebiliriz. Burada r_1, r_2 ifadeleri, bileşenler arasındaki en büyük ve en küçük izdüşüm uzaklıktır.

$$e = \frac{r_2 - r_1}{r_2 + r_1} \quad (3.2)$$

Dairesel bir yörünge için en büyük ve en küçük r uzaklıklarının birbirine eşit olması gerektiği ifadeden söylenebilir.

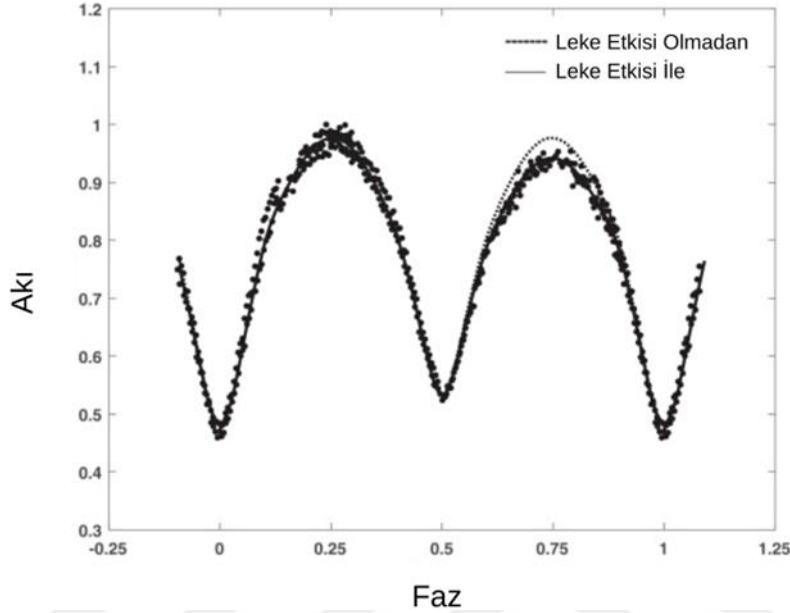
3.3.5. Kenar Kararması

Yıldızın küresel şeklinden ötürü seçilmiş herhangi bir noktasında, o bölge ile yüzey normali arasında farklı bir açı vardır. Yani yıldızın merkezine bakan bir gözlemci yıldızın en derin noktasından ışıınım almaktadır. Merkezden gelen ışıınım yıldız diskinin kenarlarına doğru gidildikçe etkisini yitirir. Bu durum yıldız merkezinin diske göre daha parlak, daha yüksek ışıınıma sahip olması demektir. Bu etki yıldızımız Güneş'te yakından gözlenebilmektedir. Güneş diğer bir çok konuda olduğu gibi kenar kararmasını anlamamız için de yapılan modelleri başka yıldızlara uygulama fırsatı vermekte.

3.3.6. Kara Cisim Yasası ve Model Atmosfer

Yıldızların yaklaşık olarak kara cisim ışıması yaptığı kabul edilir. Bir kara cisim birim yüzeyinden bir t zamanında belirli bir dalga boyunda ışıma yapar. Bir cisim, en yüksek ışımasını, kendine özgü bir dalga boyunda yapar. Sıcaklık ve dalga boyu arasındaki bu temel ilişki Wien Yasası ile ifade edilir. Yıldız astrofiziğinde geliştirilen model atmosferler kara cisim yasasından yararlanır. Modeller geliştirilirken dikkate alınan tek parametre sıcaklık değildir. Aynı zamanda yüzey çekimi (dolayısıyla basınç ve yoğunluk) ve yıldızın kimyasal kompozisyonu da önemlidir. Model atmosfer hesaplamalarında yüzey çekim ivmesi ve kimyasal kompozisyon dikkate alınarak 3000 K 'dan 35000 K sıcaklığa kadar oluşturulmuştur. Işık eğrisi analizlerinde bu tablolar ile bileşenlerin ışıınımları belirlenir.

3.3.7. Yıldız Lekesi



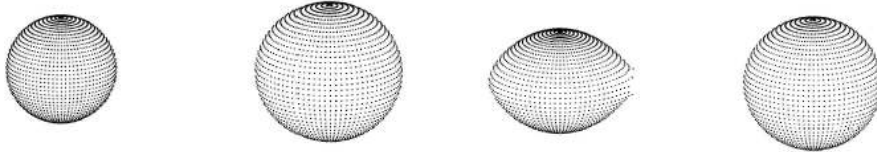
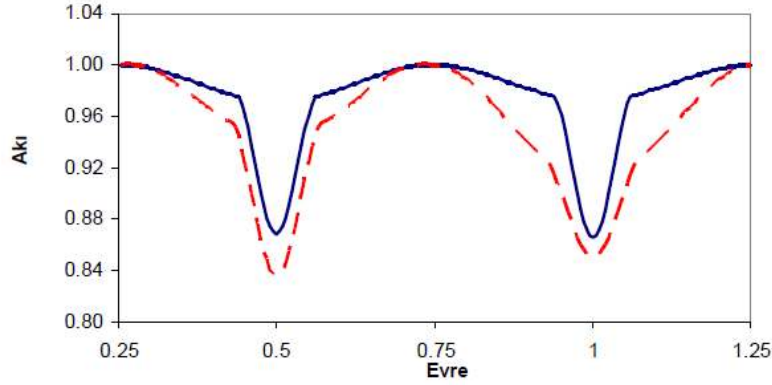
Şekil 3.9. Yıldız lekесinin ışık eğrisine etkisi (Ostadnezhad ve ark., 2019).

Yıldızlarda manyetik aktivite kaynaklı lekeler gözlenmektedir. Bu koyu bölgelerde yıldız atmosferine oranla sıcaklık daha düşüktür. Güneş benzeri görece soğuk yıldızlarda sık sık lekeler gözlenir. Lekeler yüzey üzerinde fiziksel olarak genelde küçük bir alana sahiptir. Bu lekeler yüzeyden daha soğuk bölgeler oldukları için ışık eğrisinde anomaliler gözlenmesine neden olur.

Bir lekeyi tanımlamak için; leke enlemi (φ), leke boylamı (λ), lekenin açısallık büyüklüğü (θ) ve lekenin sönümleme faktörü (TF) olmak üzere 4 parametre kullanılır. Leke enlemi, Yıldız yüzeyindeki lekenin yıldızın belirli bir referans noktasından (enlem veya yıldızın kutup noktası) açı derecesi biriminde uzaklığı leke enlemini verir. Leke boylamı ise yıldızın saat yönünde yörünge düzlemi boyunca 0° - 360° aralığındaki ölçüsüdür. Lekenin yıldız yüzeyinde kapladığı alanı ölçtüğümüzde θ açısallık büyüklük değerini hesaplarız. Sönümleme faktörü $TF = T_s/T$ ile tanımladır. T_s lekeli bölgenin sıcaklığı, T yıldız yüzeyi sıcaklığıdır.

3.3.8. Eş Olmayan Dönme

Özellikle yakın sistemlerde kütleçekim, bileşenleri bir süre sonra eş dönme yapmasına neden olur. Bileşenler her zamanlar birbirlerine aynı yüzlerini gösterirler. Ancak bu durumda bazen sapmalar söz konusu olabilir. Eş olmayan dönme Roche lobunun yapısını da değiştiren bir etkidir. Daha hızlı dönen bileşen daha basık hale gelir. Daha önemli bir diğer etki ise hızı daha büyük olan bileşenin büzülerek normalden daha küçük bir kritik Roche lobu hacmine sığmasına neden olur. Öyle ki, her iki bileşeni de kritik Roche lobuna değen ancak ayrık sistemler gibi birbirine değmeyen senaryolar da mümkün.



Şekil 3.10. Roche Lobe geometrisi ve ışık eğrisi - (<https://acikders.ankara.edu.tr/course/index.php?categoryid=64> 03.04.2022).

Mavi çizgi eş olmayan dönme etkisi yokken, kırmızı çizgi bu etki varken ki ışık eğrisini göstermektedir. Eş olmayan dönmenin Roche lobu geometrisi ve ışık eğrisi etkisi.

3.3.9. Üçüncü Işık

Sistemin bir üyesi ya da bunun dışında bir ek ışık kaynağı toplam ışığa katkı sunar. Bu etki örtme sırasında ve örtülmenin yaşanmadığı zamanlarda kendini gösterir. Bu etki basitçe birinci ve ikinci bileşenin ışıma güçlerinden yararlanılarak hesaplanabilir (Bkz: Denklem 3.4).

$$L_1 + L_2 + L_3 = 1.0 \quad (3.4)$$



3.4. Işık Eğrisi Analiz Adımları

Gözlem verileri elde edilen V1302 Her yıldızına ait ışık eğrileri oluşturulurken çeşitli adımlar izlenir. Düzenlenen veriler filtre ve poz sürelerine göre kategorize edildikten sonra (UZAYMER gözlemleri V ve R filtrelerinde yapılmıştır) Maxim DL ve AstoImageJ programlarında analiz edilir. Analiz sonucunda programdan her bir t zamanına karşılık gelen ölçülmüş parlaklık değeri ve referans yıldızların zamana göre parlaklık değeri elde edilir. Elde edilen eğri parametrelerinden Julian Date (JD) zaman faza, akı ise normalize akıya dönüştürülerek ışık eğrisi grafiği çizilir. Zaman, evreye dönüştürülürken Excel ya da benzeri bir ortamda aşağıdaki bağıntı kullanılır.

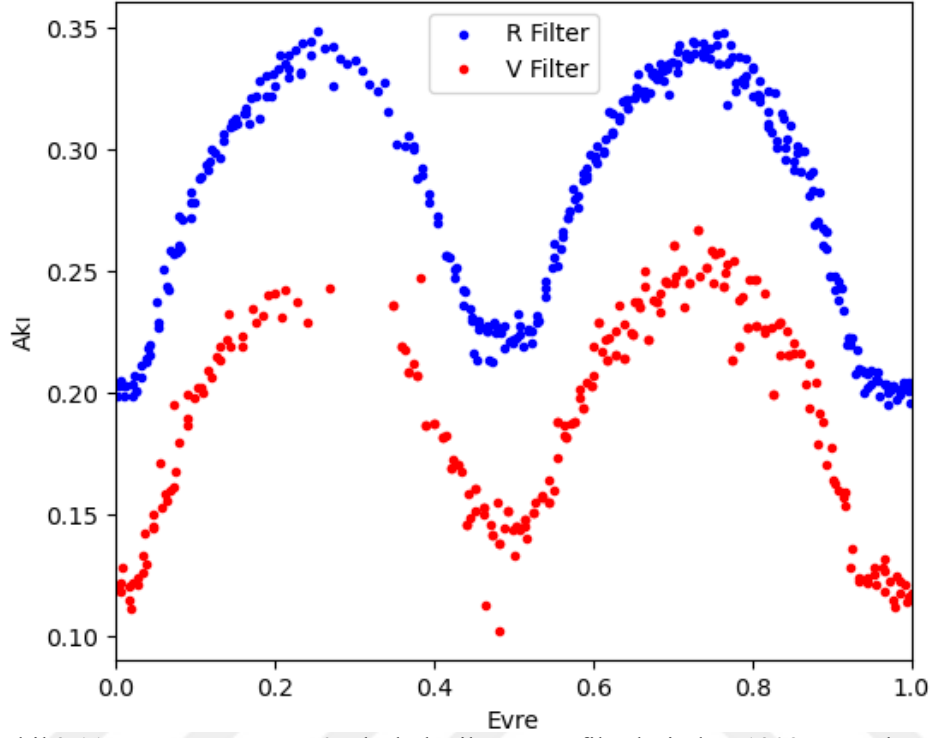
$$Evre = (T - T_0)/P - tamkısım((T - T_0)/P) \quad (3.5)$$

T_0 : Jülyen günü biriminde seçilmiş bir başlangıç I. minimum zamanı (literatürden alınmıştır.)

T : Gözlem zamanı, JD cinsinden ve her bir veri için farklıdır.

P : Sistemin periyodu (literatürden alınmıştır.)

X ekseninde zaman (evre), Y ekseninde normalize akı yer alan bir V1302 Her ışık eğrisi aşağıdaki gibidir.



Şekil 3.11. UZAYMER UT50 teleskobu ile V ve R filtrelerinde V1302 Her ışık eğrisi.

Elde edilen ışık eğrisini okurken grafiği 4 noktada inceleyebiliriz. I. min (0 evresi), II. min (0.5 evresi), I. max (0.25 evresi) ve II. max (0.75 evresi) durumlarındaki parlaklıklar önemlidir. Bu dört noktadan herhangi birisindeki parlaklığı belirlemek istediğimizde ilgili evreye karşılık gelen yerlerin parlaklık ortalama değerine bakabiliriz. Mesela 0.5 Evresindeki (II. Min) ortalama parlaklık değerini belirlerken 0.49-0.51 evre aralığındaki parlaklıkların ortalamasını almamız gerekir. Yani, $\Delta\phi$ faz farkı 0.02'dir.

3.5. Wilson Devinney Kodu ile Işık Eğrisi Analizleri

Wilson Devinney kodunda çözümü yapılacak veri normalize akı – faz grafiği formatında ve koddan geçirilmeye uygun bir halde düzenlenir. Bunun için CSV formatında hazırlanmış şablon kullanılarak girdi dosyası kullanılır. Girdi dosyasında

verilerle birlikte fiziksel ve geometrik parametreleri temsil eden değerlerde vardır. Sabit ve serbest bırakılacak parametreler ilgili yerlerde sırasıyla ‘‘0’’ ve ‘‘1’’ rakamları ile belirlenir. Sıcaklık parametresi $5275 \pm 263 \text{ K}$ olarak Gaia data arşivlerinden elde edilerek girdi dosyasına eklenmiştir. (Gaia Collaboration et al, 2016b) Ardından L_1 ve L_2 değerlerini girilmiştir. Kütle oranı q parametresi teorik değerlerden yaklaşımla W Uma tipi için yaklaşıklıkla girilmiştir. Bilindiği gibi W Uma'lar için bu değer genellikle 1'den küçüktür (Van Hamme 1982; Binnendijk, 1970). Ayrıca girdi parametrelerinden yörünge eğim açısı (i), ikincil bileşenin ortalama yüzey sıcaklığı (T_2), birinci bileşenin boyutsuz yüzey potansiyeli (Ω_1, Ω_2), birinci bileşenin ısıtma gücü (L_1) değişken olarak seçilmiş yani serbest bırakılmıştır.

Sonraki adımda **./girdidosyaadi** komutu ile girdi dosyası koddan geçirilmiş ve çıktı dosyası elde edilmiştir. Wilson Deviney kodu ile yapılan bu çözümlerde temel yaklaşım girdi dosyasındaki verilerden teorik bir eğri oluşturarak fiziksel parametreleri saptamaktır. Gözlenen ve WD ile hesaplanan ışık eğrilerinin farklarının toplamı R parametresi ile ifade edilir. Artan kareler toplamını ifade eden R'nin sayısal değeri düştükçe veriler arasındaki uyumda artar. En iyi uyumu yakalamak için iterasyonlar birden fazla denenebilir. R'nin sayısal değeri düştükçe veriler arasındaki uyumda artar. En iyi uyum için iterasyonlar birden fazla denenebilir.

$$R = \sum (O_i - C_i)^2 \quad (3.6)$$

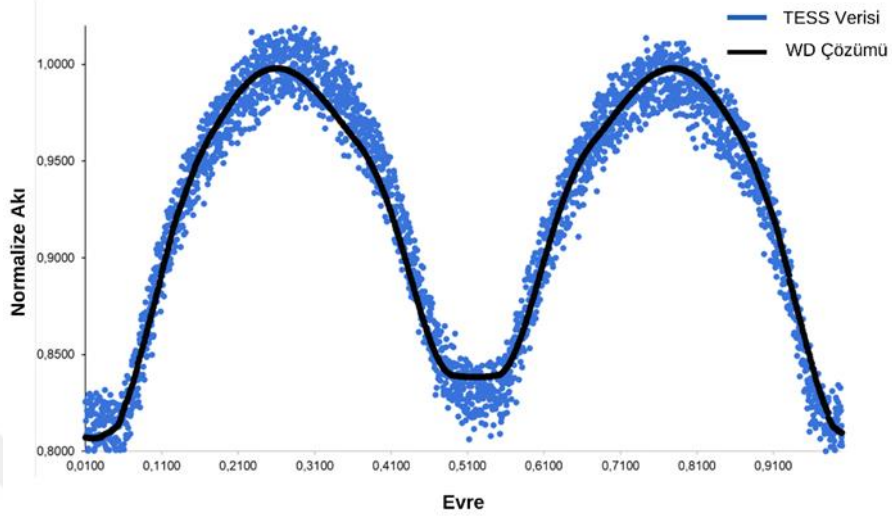
4. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

V1302 Her kaynağına ait verilerin analizlerinden elde edilen sonuçlar bu bölümde sunulmaktadır. Önceki bölümlerde verilen analiz adımları ve UT50 teleskoplarından alınan verilere uygulanmıştır.

Işık eğrisi çözümünde *WD Mod 3* ile çalıştırılan kod için girdi parametrelerinde; *Gaia* arşivinden alınan sistem bileşenlerinden birincinin sıcaklık değeri T_1 , teorik değerlerden yaklaşımla belirlenen q kütle oranı, i yörünge eğim açısı, bileşenin boyutsuz yüzey potansiyelleri (Ω_1, Ω_2), bileşenlerin ısıtmaları L_1, L_2 ve L_3 olup burada L_1 ve L_2 1. ve 2. bileşen L_3 ise olası 3. bileşenin başlangıç ısıtma değerleri olarak kullanılmıştır. Başlangıç değerlerinden T_1 ve Ω_2 sabit bırakılmış, L_3 değeri sıfır olarak kabul edilmiştir.

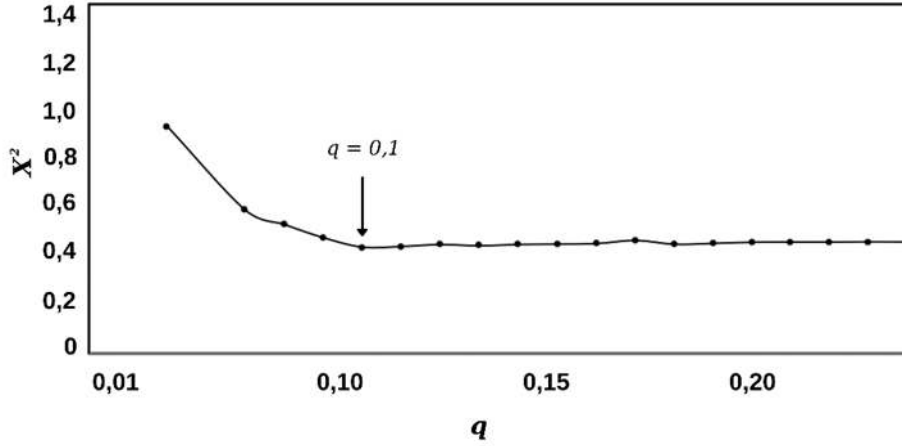
WD kodu ile iterasyonlar yapılırken en düşük χ^2 yani $\Sigma(O-C)^2$ değeri elde edinceye kadar adımlar tekrarlanır. Burada O (Observed, Gözlenen) ve C (Calculated, Hesaplanan) değerleri göstermektedir. Bu çözümlerde V1302 Her sistemi için en küçük değer $\chi^2=0.426$ olarak belirlenmiş ve bu χ^2 değerindeki çıktı parametreleri (Bkz: Çizelge 4.1) dikkate alınmıştır.

TESS verilerinin şık eğrisine en iyi uyumu veren teorik ışık eğrisi ile birlikte Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1. V1302 Her çift sistemine ait TESS verilerine en iyi uyum veren teorik WD ışık eğrisi.

WD üzerinde kütle oranı taraması yapılırken 0.01 – 20 değerleri arasında q taraması yapılmıştır. En iyi uyumu veren q değeri Şekil 4.2’de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. V1302 Her için q taraması.

Mod 3’te kodun çalıştırılmasıyla en iyi uyum veren eğrinin belirlenmesi sonucu V1302 Her örten çift sistemi için çıktı parametrelerinden bazıları, $q = 0.1008 \pm 0.002$, $T_2 = 4965 \pm 148.72$ K, $i = 72.23^\circ$, $\Omega_1 = \Omega_2 = 1.9618$ olarak belirlenmiştir. Bunlarla birlikte diğer parametreler Çizelge 4.1’de verilmektedir.

V1302 Her sistemi için herhangi bir tayfsal veri olmadığından q kütle oranı WD çözümünde en iyi uyum gösteren, en küçük hatayı veren modelle belirlenmiştir. Bunun yanında sistem için q taraması da yapılmıştır. Wilson Devinney girdi dosyasında q değeri sabit bırakılarak en küçük X^2 hata değerine ulaşıncaya kadar geniş aralıkta (0,01–20) tarama yapılmıştır (Maceroni ve ark., 1983; Joshi ve ark., 2016). Şekil 4.2’de q değerlerine karşılık gelen X^2 değerlerinin grafiği yer almaktadır.

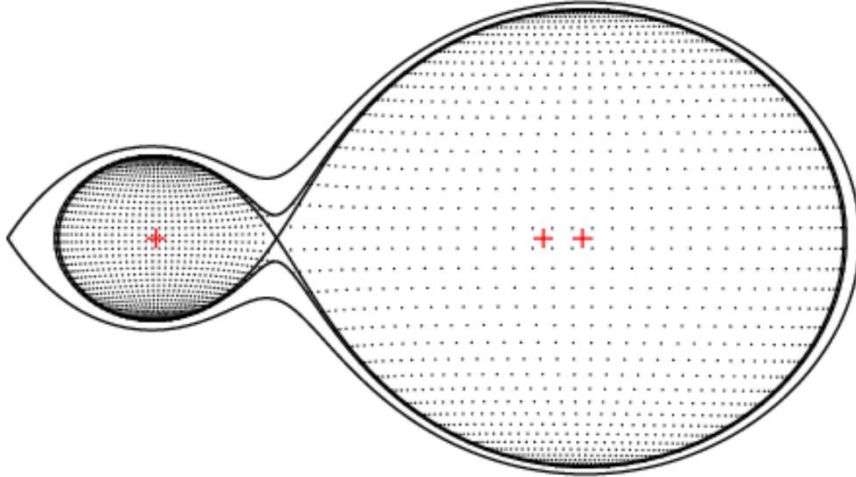
Çizelge 4.1. V1302 Her sisteminin Wilson Devinney ile belirlenen parametreleri.

Parametre	Değer
T_1 (K)	5321
T_2 (K)	4965 ± 148.72
$q = (m_2/m_1)$	0.1008 ± 0.00201
$\Omega_1 = \Omega_2$	1.9618 ± 0.00101
f (%) *	0.165
P (gün)	0.322
P_{shift}	0.0196 ± 0.00024
i (°)	72.236 ± 0.00046
L_1/L_1+L_2	0.910
$X_1; X_2$ (bol)	0
$Y_1; Y_2$ (bol)	0
$X_1; X_2$	0.225
$Y_1; Y_2$	0.465
$A_1 = A_2$	0.5
$g_1 = g_2$	0.32
r_1 (pole)	0.533954 ± 0.000330
r_1 (side)	0.716723 ± 0.514312
r_1 (back)	0.595196 ± 0.000513
r_1 (ort)	0.613379 ± 0.000541
r_2 (pole)	0.190375 ± 0.001491
r_2 (side)	0.283090 ± 0.3484601
r_2 (back)	0.197911 ± 0.001759
r_2 (ort)	0.228854 ± 0.003511
Leke Parametreleri	
Enlem [λ , °]	90
Boylam [β , °]	54
Açısal Çap [α , °]	18
Sıcaklık Faktörü ($T_{\text{leke}}/T_{\text{yıldız}}$)	0.8

* f (%) , Değme oranı olarak tanımlanır.

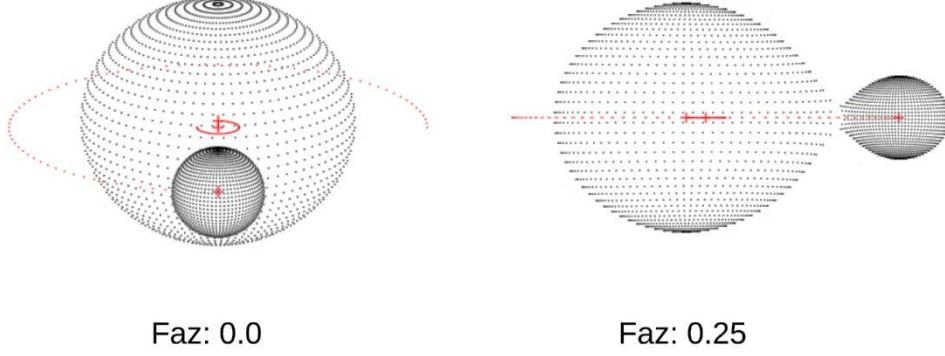
Bileşenlerin f değme oranını Denklem 3.4'deki eşitlik ile hesaplayabilmek için $\Omega_1=\Omega_2$ yıldız potansiyellerinin yanı sıra iç ve dış Roche kritik lobu potansiyel değerlerini ($\Omega_{iç}$, $\Omega_{dış}$) bilmek gerekiyor. Bu parametreler Binary Maker 3 (BM3) programının çıktısından belirlenebilir. BM3 kullanılarak elde edilen fiziksel parametreler ile sistemin Roche lobe geometrisi modellenmiştir. Programda girdi parametrelerin (WD çıktı parametrelerinin çoğu) yanı sıra kaynağa ait TESS ışık eğrisi girdi olarak eklenmiş ve iç ve dış potansiyeller $\Omega_{iç} = 1,9615$, $\Omega_{dış} = 1,8957$ olarak belirlenmiştir.

BM3 programında ile çizdirilen Roche geometrisi Şekil 4.2'de gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Bileşenlerin fiziksel ve geometrik parametrelerine göre BM3 ile f değeri dikkate alınarak çizdirilmiş Roche geometrisi.

Denklem 3.4 kullanılarak f değme oranı %16.5 olarak hesaplanmıştır. Sistemin Roche geometrisi BM3 programı ile çizdirilmiş ve Şekil 4.3'te verilmiştir.



Şekil 4.4. Sistemin BM3 ile elde edilmiş Roche geometrisi.

Mutlak Parametreler

Yapılan analizlerde sisteme ait üçüncü bir cisim katkısına rastlanmamıştır. WD koduna girdi parametresi olarak “sıfır” girilen ve serbest bırakılan üçüncü cisim için ısıtma gücü değeri $L_3=0$ olarak belirlenmiştir. Üçüncü cisim için $L_3=0$ değeri sistemde ısıtma yapan başka bir kaynağın olmadığına işaret etmektedir.

Sisteme ve bileşenlere ilişkin mutlak parametreler belirlenirken farklı çalışmalarda yer alan, *yarı-büyük eksen – periyot* ve *kütle – periyot* parametreleri arasında ilişkiyi veren bağıntılardan yararlanılmıştır. Ayrıca 3. bir yol olarak *Gaia* arşivden alınan uzaklık değerinin temel astrofiziksel bağıntılarda yerlerine yazılması ile parametreler hesaplanmıştır.

a - P İlişkisi İle Mutlak Parametrelerin Belirlenmesi

Sistemin mutlak parametrelerinden yarı-büyük eksen için Dimitrov ve Kjurkchieva (2015) ‘in çalışmasında sunulan kısa dönem örten çift sistemler için yarı-büyük eksen – periyot bağıntısından yararlanılmıştır. Bu bağıntı denklem 4.4’te verilmektedir.

$$a = -1.154 + 14.663xP - 10.319xP^2 \quad (4.4)$$

P , sistemin periyodudur. $P = 0.316$ gün literatürde tanımlanmıştır (GCVS catalogue (GCVS 5.1, version Oct, 2020)) ve yarı büyük eksen $a = 2.439 R_{\odot}$ olarak hesaplanmıştır.

Bileşenlerin ayrı ayrı kütlelerini hesaplamak için önce Kepler'in 3. yasasından (Denklem 4.5) yararlanılarak sistemin toplam kütlesi hesaplanmıştır.

$$M_T = 0.1159^2 \frac{a^3}{P^2} \quad (4.5)$$

M_T toplam kütle ($M_1 + M_2$) üstte verilen a ve P değerleri denklemde yerlerine yazıldığında $M_T = 1.95 M_{\odot}$ olarak hesaplanmıştır. Bileşenlerin ayrı ayrı kütlesi ise q kütle oranının toplam kütle ile ilişkisini veren aşağıdaki eşitlikler ile belirlenmiştir.

$$M_1 = \frac{M_T}{1+q}, M_2 = M_T - M_1 \quad (4.6)$$

Buradan bileşenlerin kütleleri sırasıyla $M_1 = 1.77 M_{\odot}$, $M_2 = 0.178 M_{\odot}$ olarak hesaplanmıştır.

İki bileşenin yarıçap (R_1 ve R_2) hesapları için Wilson Devinney ile yapılan analizlerde çıktı parametrelerinden elde edilen ortalama kesirsel yarıçaplar (r_1 , r_2) kullanılmıştır.

$$R_1 = r_1 \cdot a \text{ ve } R_2 = r_2 \cdot a \quad (4.7)$$

eşitliği ile bileşenlerin yarıçap değerleri belirlenmiştir.

İfadedeki $r_{1,2}$ ortalama kesirsel yarıçaplar, yıldızın farklı noktalarından ölçülen yarıçapların ortalamasıdır;

$$r_{1,2} = (r_{kutup} + r_{kenar} + r_{arka})^{1/3} \quad (4.8)$$

bağıntısı ile verilir. Bileşenlere ait yarıçaplar ve sıcaklık değerlerini kullanarak standart ısıtma gücü bağıntısından yararlanılmıştır.

$$L = 4\pi R^2 \sigma T^4 \quad (4.9)$$

Burada Stefan-Boltzmann (σ) sabitinin değeri 1.380649×10^{-16} erg /K ‘dir. Sistem bileşenlerine ait hesaplanan parametreler Güneş cinsinden olduğu için genel ifadenin yerine aşağıdaki matematiksel ifade kullanılmıştır.

$$L_{1,2} = R_{1,2}^2 T_{1,2}^4 \quad (4.10)$$

Tüm bu hesaplamalar sonucunda sisteme ve bileşenlere ait mutlak parametreler Çizelge 4.3’te verilmiştir.

M-P ilişkisi İle Mutlak Parametrelerin Belirlenmesi

Poro ve ark. (2021) ‘nın çalışmasında W UMa tipi değen sistemler için periyot ve kütle değerleri arasındaki matematiksel ilişkiler sunulmuştur. Çalışma da sunulan M_1 -P arasındaki ilişki Denklem 4.11’de gösterilmiştir.

$$M_1 = (2.924 \pm 0.075)P + (0.147 \pm 0.029) \quad (4.11)$$

Bu ilişkiden yararlanarak birinci bileşenin kütle değeri $M_1 = 1.07 \pm 0.10$ olarak hesaplanmıştır. Kütle oranı (q) bilindiğinden 4.1’ deki eşitlikten M_2 hesaplanmıştır.

$$M_2/M_1 = q, (q=0,101) \quad (4.12)$$

Buradan $M_2=0,108 \pm 0.052$ bulunmuştur. Denklem 4.5 ile yarı-büyük eksen (a), Denklem 4.7 ile bileşenlerin yarıçapları, Denklem 4.9 ile ısıtma güçleri hesaplanmıştır. Tüm bu mutlak parametreler Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Gaia Uzaklığı Kullanılarak Mutlak Parametrelerin Belirlenmesi

Gaia arşivinde sistem için verilen uzaklık değeri 323.25 ± 0.224 parsektir. Uzaklık bilgisi ile Denklem 4.13 'ten yararlanarak mutlak parlaklık bulunmuştur.

$$m - M = -5 + 5 \log_{10} d \quad (4.13)$$

Mutlak parlaklık (M) ve ısıtma gücü (L) arasındaki ilişki Denklem 4.14'teki gibi yazılabilir. Denklemdaki 4.83 değeri Güneş'in mutlak parlaklığıdır.

$$L = L_{\odot} 10^{(4.83-M)/2.5} \quad (4.14)$$

Buradan Denklem 4.10 ile yıldızların yarıçapları, ardından Denklem 4.7 'de ışık eğrisi çözümünden el de edilen kesirsel yarıçapları kullanarak da yarı-büyük eksen değeri hesaplanmıştır. Son olarak Denklem 4.5 ve Denklem 4.6'dan sistemin toplam kütlesi ve bileşenlerin kütleleri hesaplanmıştır. Hesaplanan mutlak parametreler Çizelge 4.3'te verilmiştir. Üç farklı yöntemle belirlenen mutlak parametrelerin karşılaştırılması Çizelge 4.3'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.2. Farklı yöntemlerle hesaplanan sisteme ilişkin mutlak parametreler.

	a - P İlişkisine Göre	M - P İlişkisine Göre	Gaia Uzaklığına Göre
$M_1 (M_1)$	1.77 ± 0.22	1.07 ± 0.10	1.01 ± 0.02
$M_2 (M_1)$	0.18 ± 0.02	0.11 ± 0.05	0.10 ± 0.01
$a (R_1)$	2.44 ± 0.05	2.14 ± 0.39	2.02 ± 0.03
$R_1 (R_1)$	1.49 ± 0.06	1.31 ± 0.47	1.17 ± 0.01
$R_2 (R_1)$	0.56 ± 0.02	0.48 ± 0.17	0.41 ± 0.01
$L_1 (L_1)$	1.58 ± 0.13	1.20 ± 0.10	0.98 ± 0.16
$L_2 (L_1)$	0.17 ± 0.01	0.13 ± 0.01	0.09 ± 0.02

UZAYMER gözlemleri ile sisteme ilişkin minimum zamanları da hesaplanmıştır.

Çizelge 4.3. V1302 Her sistemine ait iki filtrede hesaplanmış minimum zamanlar.

V1302 Her Minimum Zamanları		
HJD	Minimum Türü	Filtre
2458983,704	I	V,R
2458983,863	II	V,R
2458984,018	I	V,R
2458984,175	II	V,R
2458984,33	I	V,R
2458984,485	II	V,R

Bir uzay teleskobu olan TESS gözlem verileri, UZAYMER'den yapılan yer tabanlı gözlem verileri ile kıyaslandığında istatistiksel olarak çok daha güvenilir olması nedeniyle, TESS verisi ile yapılan WD programının çözümleri bu çalışmada dikkate alınmış ve sunulmuştur.



5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma ile V1302 Her örten çift sisteminin detaylı fotometrik analizleri yapılmış ve bu çift sisteme ait mutlak parametreler belirlenmiştir. Bu parametrelerden bileşen yıldızların kütle aralıkları , $M_1 = [(1.01 \pm 0.02) - (1.774 \pm 0.22)]M^-$, $M_2 = [(0.10 \pm 0.01 - 0.18 \pm 0.02)]M^-$, yarı eksen büyüklüğü aralığı $a = [(2.02 \pm 0.03 - 2.43 \pm 0.05)]R_\odot$, yarıçap ve ısıtma değerleri $R_1 = [(0.17 \pm 0.01 - 1.496 \pm 0.06)]R_\odot$, $R_2 = [(0.41 \pm 0.01 - 0.558 \pm 0.02)]R_\odot$, $L_1 = [(0.98 \pm 0.16 - 1.58 \pm 0.13)]L^-$, $L_2 = [(0.09 \pm 0.01 - 0.17 \pm 0.01)]L^-$ aralıklarında belirlenmiştir. V1302 Her sistemine ait belirlenen bu parametrelerin literatürde çeşitli W UMa tipi sistemlerin mutlak parametreleri ile karşılaştırılması Çizelge 5.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.1. Farklı W UMa örten çift sistemleri ile V1302 Her sisteminin mutlak parametrelerini karşılaştırılması.

Kaynak	a	M_1	M_2	R_1	R_2	L_1	L_2	Referans
J112237	1,270	0,400	0,248	0,502	0,404	0,123	0,051	Acerbi, 2019
L2602707	1,360	0,422	0,417	0,448	0,445	0,028	0,026	Acerbi, 2020
QQ Boo	1,977	0,246	1,112	0,528	1,034	0,277	0,726	Kaptan, 2019
V342 Dra	2,756	0,634	1,194	0,896	1,201	1,227	1,897	Kaptan, 2019
NSVS 925605	1,542	0,62	0,42	0,73	0,64	0,11	0,024	Dimitrov ve ark., 2015
KIC3936357	2,842	1,602	0,654	1,373	0,938	2,093	0,982	Şahan, 2022
V1302 Her	2,439	1,174	0,178	1,496	0,558	1,58	0,167	Bu Çalışma
LX Leo	1,750	0,430	0,81	0,58	0,77	0,19	0,31	Gürol, 2017
SX Crv		1,246	0,098	1,347	0,409	2,59	0,213	Zola ve ark., 2004
V870 Ara		1,503	0,123	1,67	0,61	2,96	0,5	Szalai ve ark., 2009
FP Boo		1,614	0,154	2,31	0,774	11,193	0,92	Gazeas ve ark., 2006
DN Boo	2.863	1,428	0,148	1,71	0,67	3,75	0,56	Şenavcı ve ark., 2008
V1191 Cyg	2.192	1,290	0,13	1,31	0,52	2,71	0,46	Ulas ve ark., 2012
CK Boo		1,442	0,155	1,521	0,561	2,924	0,401	Kalci ve ark., 2005
FG Hya		1,444	0,161	1,405	0,591	2,158	0,412	Qian ve ark., 2005
GR Vir	2.430	1,376	0,168	1,49	0,55	2,806	0,493	Qian ve ark., 2004
e CrA	3.690	1,700	0,23	2,1	0,85	7,75	1,02	Yang ve ark., 2005
AW Uma		1,790	0,14	1,88	0,66	8,26	0,92	Yang, 2008

V1302 Her sisteminin kütle oranı $q = 0.1 \pm 0.002$ bulunmuştur ve W UMa türü sistemler için belirtilen kütle oranları (0.08 - 0.8 arası) aralığındadır (Skelton ve

Smith, 2009). Genellikle A-alt türü için periyodun $P < 0.3$ gün , W alt türü için $P > 0.3$ gün olduğu dikkate alındığında verilerden hesaplanan $P = 0.322$ gün V1302 Her sisteminin W alt türüne daha yakın olduğuna işaret etmektedir. Literatürde periyodu 0.25 – 0.4 gün aralığında olan sistemler için A ve W alt türlerinin açık bir şekilde ayırt edilemediği belirtilmektedir (Csizmadia ve Klagyivik, 2004).

Sistem bileşenlerinin sıcaklıkları $T_1 = 5321$ K, $T_2 = 4965$ K olarak belirlenmiştir. Bileşenler arası sıcaklık farkı W UMa tipi sistemlerden beklendiği gibi oldukça düşüktür ($\Delta T = 356$ K). A-alt türü sistemlerde 1. bileşenin daha yüksek sıcaklığa (T_1) sahip olması beklendiğinden sistemin A alt türünden olduğu söylenebilir (Wadhwa, 2005). A alt türü sistemler A-F erken tayf tiplerinde, W alt türleri sistemlerin ise G-K geç tayf türlerinde olduğu bilinmektedir (Gazeas ve Niarchos, 2006). Çizelge 5.1’de bazı W UMa tipi sistemler ve bileşenlerin sıcaklıkları örnek olarak verilmiştir. V1302 Her sistem bileşenlerinin sıcaklık farkına göre tayfsal sınıflarına baktığımızda W alt türüne girmektedir.

Çizelge 5.2. Bazı W UMa tipi sistemler ve bileşenlerin sıcaklıkları.

Sistem	Tipi	T1	T2	Referans
SX Crv	A	6340	6160	Zola ve ark. (2004)
V870 Ara	W	5860	6210	Szalai ve ark. (2009)
V1191 Cyg	A*	6500	6610	Ulas et al. (2012)
FG Hya	A*	5900	6012	Qian & Yang (2005)
GR Vir	A*	6300	6163	Qian & Yang (2004)

Çizelge 5.1 ‘de birinci bileşenin sıcaklığının ikinci bileşene göre daha az olmasına rağmen A alt türünde sınıflandırılmış sistemler görülmektedir. V1191 Cyg, FG Hya ve GR Vir sistemleri için A-W alt tipleri arasında dönüştükleri belirtilmiştir.

Hilditch, ve ark. (1988), W tipi sistemlerin kütle aktarımı ile A tipine dönüştüğünü, Gazeas ve Niarchos (2006) ise aynı nedenle A alt tipinin W alt tipine dönüştüğünü bildirmiştir.

Elde edilen parametreler ışığında, V1302 Her sistemi için kesin bir alt sınıflandırma yapmak mümkün olmamış ancak Çizelge 5.3'te gösterildiği gibi özelliklerine göre hangi alt sınıfa dahil edilebileceği belirtilmiştir.

Çizelge 5.3. V1302 Her sisteminin özellikleri ile tipik W UMa alt tip özellikleri karşılaştırılması.

Özellikler	W UMa Alt Tipi	
	A	W
A-alt türü sistemlerde 1. bileşen daha yüksek sıcaklığa (T_1) sahiptir (Wadhwa, 2005).	X	
Genelde, A-alt türü için ($q < 0.3$) ve W-alt türü için ($q > 0.3$) dir. Her iki alt türünün $0.25 < q < 0.4$ aralığında olduğu görülmektedir (Csizmadia ve Klagyivik, 2004).	X	X
A-alt türü sistemlerin yörünge periyodu 0.3 günden daha düşük, W-alt türü ise 0.22 ile 0.40 aralığındadır.		X
A-alt türü A-F erken tayf sınıflarından, W-alt türü G-K geç tayf sınıflarındandır (Gazeas ve Niarchos 2006).		X

WD ile elde edilen ve ayrıca hesaplanan mutlak parametreler göz önünde bulundurulduğunda V1302 Her sisteminin W alt tipi bir W UMa olduğu ancak A alt tipine ait özelliklerde gösterdiği söylenebilir. Kaynağın tipi gibi diğer özellikleri hakkında daha belirgin tanımlamalar yapmamız için tayfsal gözlem verilerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Bundan sonraki çalışmalarımız için V1302 Her benzeri az çalışılmış kaynakların fotometrik ve tayfsal gözlemlerinin yapılması ve varsa uydu verilerini kapsayacak daha ayrıntılı sonuçlar elde etmek planlanmaktadır.



KAYNAKLAR

- Acerbi, F., Michel, R., Barani, C., Martignoni, M., and Fox-Machado, L. Photometric light curve solutions of three ultra-short period eclipsing Binaries. *Research in Astronomy and Astrophysics*. vol. 20, no. 4,. doi:10.1088/1674-4527/20/4/62.
- Anonymous. Ankara Üniversitesi Açık Ders Malzemeleri, <https://www.universetoday.com/91785/isaac-newton/>, Erişim Tarihi: 03.04.2022
- Binnendijk, L., 1970. The orbital elements of W Ursae Majoris systems, *Vistas in Astronomy*, 12: (217-226).
- Bradstreet, D. H., 2005. Fundamentals of Solving Eclipsing Binary Light Curves Using Binary Maker 3. *SASS*, 24, 23.
- Collins, K.A., Kielkopf, J.F., Stassun, K.G. ve Hessman, F.V., 2017. AstroImageJ: Image Processing and Photometric Extraction For Ultra-Precise Astronomical Light Curves. *The Astronomical Journal*, 153:77 (13).
- Couglin, J., 2010. Observations and Models of Eclipsing Binary Systems: RT And, TU Boo, KV Gem, UU Lyn, MY Cyg, KR Per, RU Eri, and YY Cet. arXiv:1004.1395 [astro-ph.SR] (Yayınlanmamış)
- Csizmadia, Sz., Klagyivik, P., 2004. On the properties of contact binary stars, *A&A*, 426,1001-1005.
- Deb S., Singh, H. P. 2011. Physical parameters of 62 Eclipsing Binary Stars Using The All Sky Automated Survey-3 Data – I. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 412 (3): 1787-1803.
- Dimitrov, D.P, Kjurkchieva, D.P, 2015. Ultrashort-Period Main-Sequence Eclipsing Systems: New Observations and Light-Curve Solutions Of Six NSVS Binaries. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Volume 448, 3, 11 (2890–2899). <https://doi.org/10.1093/mnras/stv147>

- Gazeas, K.D., Niarchos, P.G., 2006. Masses and Angular Momenta of Contact Binary Stars. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 370, L29
- Gürol, B., Michel, R., Gonzalez, C., 2017. LX Leo: A High Mass-Ratio Totally Eclipsing W-type W UMa Systemi. *Revista Mexicana de Astronomia y Astrofisica*, vol. 53, (179–188).
- Herczeg, T. J., 1993. Observations and Period Studies of Two Neglected W UMa Systems: V401 Cygni and Y Sextantis. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 105(691), 911–914.
<http://www.jstor.org/stable/40680132>
- Hilditch, R. W., 2001. *An Introduction to Close Binary Stars*. Cambridge University Press, UK.
- Hilditch, R.W., King, D.J., McFarlane, T.M., 1988. The Evolutionary State of Contact and Near-Contact Binary Stars. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, (231, 341).
- Huemmerich, S., Bernhard, K., 2012. New Eclipsing Binaries in the OGLE-II Database (Part 1). The Carina Galactic Disk Fields. *Peremennye Zvezdy Prilozhenie*, 12, no11. (11)
- Kalci, R., Derman, E., 2005. CK Bootis: a W UMa System With a Small Mass Ratio. *Astronomische Nachrichten*. vol. 326, no. 5, (342–348).
doi:10.1002/asna.200510361.
- Kaptan, S., 2019. Bazı W UMa Tipi Çift Sistemlerin Fotometrik Analizi. İstanbul Üniversitesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı, Astronomi ve Uzay Bilimleri Programı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul. (Danışman: Prof. Dr. M. Türker Özkan)
- Karttunen, H., Kröger, P., Oja, H., Poutanen, M., Donner, K.J, 1994. Binary Stars and Stellar Masses. In: Karttunen, H., Kröger, P., Oja, H., Poutanen, M., Donner, K.J. (eds) *Fundamental Astronomy*. Springer.
https://doi.org/10.1007/978-3-662-11794-1_10

- Lucy LB, Wilson RE, 1979. Observational Tests of Theories of Contact Binaries
Astrophysical Journal, Part 1, 231:(502-513).
- Niarchos, P., 2005. Physical Parameters for Stars in Close Binary System. Aerospace
Research in Bulgaria.
- O'Connell, D.J.K., 1951. The So-Called Periastron Effect in Close Eclipsing
Binaries, Riverview College Observatory publications. (2: 85-100)
- Ostadnezhad, S., Forozani, G., and Ghanaatian, M., 2019. New BVR Photometric
Observations and Light Curve Analysis of Eclipsing Binary V700 Cyg. New
Astronomy, vol. 71, (25–32). doi:10.1016/j.newast.2019.03.003.
- Pietrzyński, G., Graczyk, D., Gieren, W., 2013. An Eclipsing-Binary Distance to the
Large Magellanic Cloud Accurate to Two Per cent. Nature 495, (76–79).
<https://doi.org/10.1038/nature11878>
- Popper, D.M., 1980. Stellar Masses. Astronomy Astrophys. 18, (115-164)
- Poro, A., Sarabi, S., Zamanpour, S., Fotouhi, F., Davoudi, S., Khakpash, S., Ranjbar
Salehian, T., Madayen, A., Foroutanfar, E., Bakhshi, N S Mahdavi, F.,
Alicavus, A., Mazidabadi Farahani, G., Sabbaghian, R., S., Hosseini, A.,
Aryaeefar, M., Hemati, 2022. Investigation of The Orbital Period and Mass
Relations for W UMa-type Contact Systems. Monthly Notices of the Royal
Astronomical Society. Volume 510 (5315–5329).
<https://doi.org/10.1093/mnras/stab3775>
- Qian, S., Yang, Y., 2004. GR Virginis: A Deep Overcontact Binary. The Astronomical
Journal. 128,5, (2430–2434). doi:10.1086/425051.
- Qian, S., Yang, Y., 2005. Improved Astrophysical Parameters for the Overcontact
Binary FG Hydrae. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. 356,
2, (765–772). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2966.2004.08497.x>
- Rucinski S.M, Duerbeck HW, 1997. Absolute Magnitude Calibration for the W
UMa-type Systems Based on Hipparcos Data. Astronomical Society of the
Pacific (PASP), 109 (109): 1340-1350.

- Samus, N.N., Kazarovets E.V., Durlevich O.V., Kireeva N.N., Pastukhova E.N., 2017. General Catalogue of Variable Stars: Version GCVS 5.1, Astronomy Reports. 61, No. 1, (80-88).
- Skelton, P.L, Smith D.P, 2009. Modelling of W UMa-type Variable Stars, South African Journal of Science, 105:120-126.
- Szymanski, M. K., 2005. Acta Astronomica, 55, 43
- Şahan, M., 2022. Kepler Kataloğundan Seçilen Üç W UMa Tipi Değen Çift Yıldızın (KIC3732732, KIC3936357 ve KIC10802917) Işık Eğrisi Analizleri . Journal of the Institute of Science and Technology , 12 (2) , 735-751 . DOI: 10.21597/jist.1054191
- Şenavcı, H. V., Nelson, R. H., Özavcı, İ., Selam, S. O., Albayrak, B., 2008. DN Bootis: A low Mass-Ratio W UMa-Type Contact Binary. New Astronomy. 13, 7, (468–472). doi:10.1016/j.newast.2008.01.001.
- Terrell D., 2001. Eclipsing Binary Stars: Past, Present, and Future, Journal of American Association of Variable Star Observer (JAVSO), 30: (15 sayfa).
- Ulaş, B., Kalomeni, B., Keskin, V., Köse, O., Yakut, K., 2012. Marginally Low Mass Ratio Close Binary System V1191 Cyg. New Astronomy.17, 1, (46–49). doi:10.1016/j.newast.2011.06.002.
- Van Hamme, W., 1982. On the Evolutionary State of the W Ursae Majoris Contact Binaries. Astronomy & Astrophysics, 105, 389
- Wadhwa, S. S., 2005. Photometric Analysis of Southern Contact Binary Stars, Part I: GZ PUP, AV PUP AND II APS. Astrophysics and Space Science. 300, no. 4, (289–296). doi:10.1007/s10509-005-5942-5.
- Wadhwa, S. S., 2005. Photometric Analysis of Southern Contact Binary Stars II: NW Aps, BV 996 and BV 435. Astrophysics and Space Science. 300, 4,(329–336). doi:10.1007/s10509-005-3798-3.
- Walker, R., 2017. Spectroscopic Binaries. In Spectral Atlas for Amateur Astronomers: A Guide to the Spectra of Astronomical Objects and Terrestrial Light

- Sources (123-131). Cambridge: Cambridge University Press.
doi:10.1017/9781316694206.024
- Wilsey, N.J., Beaky, M.M., 2009. Revisiting the O'Connell Effect in Eclipsing Binary Systems. *ASS*, 28, 107.
- Wilson, R.E., 2001. Binary Star Morphology and the Name Overcontact. *Information Bulletin on Variable Star*, 5076, 1.
- Wilson, R.E., Devinney, E.J., 1971. Realization of Accurate Close-Binary Light Curves: Application to MR Cygni, *ApJ*, 166, 605 - 619.
- Yang, Y., 2008. New CCD photometry for the Extreme Lower Mass-Ratio Binary AW Ursae Majoris. *Astrophysics and Space Science*. 314,1–3, (151–162). doi:10.1007/s10509-008-9751-5.
- Yang, Y.G., Qian, S.-B., Zhu, L.-Y., He, J.-J., Yuan, J.-Z., 2005. Photometric Investigations of Three Short-Period Binary Systems: GSC 0763-0572, RR Centauri, and ϵ Coronae Australis. *Publications of the Astronomical Society of Japan*. 57,(983–993). doi:10.1093/pasj/57.6.983.
- Zola, S. Rucinski, S. M., Baran, A., Ogloza, W., Pych, W., Kreiner, J. M., Stachowski, G., Gazeas, K., Niarchos, P., Siwak, M., 2004. Physical Parameters of Components in Close Binary Systems: III, *Acta Astronomica*. vol. 54,(299–312).
- Joshi YC, Jagirdar R, Joshi S, 2016. Photometric studies of two W UMa type variables in the field of distant open cluster NGC 6866, *Research in Astronomy and Astrophysics* 16 (4), 63 (10pp).
- Maceroni, C., Milano, L., Nesci, R., and Russo, G., 1983. Photometric and Spectroscopic Mass Ratios of W-Ursae Stars. *The Messenger*.33, (31).
- Bernhard, K., Srdoc, G., Hummerich, S., 2013. BAV Rundbrief 3/62. Jahrgang, (159).
- Anonymous, 2016. <https://astrobites.org/2016/04/15/astroimagej-a-simple-and-powerful-tool-for-astronomical-image-analysis-and-precise-photometry/>, Gudmundur Stefansson, Erişim Tarihi: 07.06.2022

Novak, G., 2018. Binary Star Systems. Retrieved. May 15, 2019, http://mafija.fmf.unilj.si/seminar/files/2017_2018/BINARY_STAR_SYSTEMS.pdf.

Prsa A, 2011. PHOEBE Scientific Reference PHOEBE version 0.30. Villanova University College of Arts and Sciences, Dept. of Astronomy And Astrophysics.



ÖZGEÇMİŞ

2013 yılında Şanlıurfa Anadolu Lisesi'nden, 2018 yılında İstanbul Üniversitesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü'nden mezun oldu.. 2019 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde lisansüstü eğitimine başladı. 2014 yılından beri bilim toplum etkinliklerinde, farklı yaş gruplarına astronomi eğitimleri vermektedir. 8 yıldır her yaştan meraklıya astronomi eğitimleri vermekte ve projelerde yer almaktadır. 2018 yılında kurduğu astronomi eğitimi platformu Stellar Lab 2021 yılında Sabancı Vakfı tarafından "Yılın Fark Yaratan"ı seçilmiştir. Çok sayıda TÜBİTAK ve benzeri kurum projelerinde eğitimler vermektedir.

Çalışma ve Deneyim

Bilge Çocuk Derneği & Ümraniye Belediyesi – Astronom, Eğitmen – İstanbul, 2016-2018.

Harran Kaymakamlığı Harran Gözlemevi, Astronom, Şanlıurfa, 2021-2022.

İstanbul Başarı Okulları, Astronomi Eğitmeni, İstanbul, 2019.

İstanbul Üniversitesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, Seminer Dersi (Lisans, Araştırma), TUG T250 Teleskop Profili, İstanbul, 2017.

ODTÜ Fizik Bölümü Astroparçacık Fiziği Laboratuvarı – Stajyer, Ankara, 2017.

Şanlıurfa Milli Eğitim Müdürlüğü STEM ve Bilim Merkezi, Astronomi Eğitmeni, Şanlıurfa, 2018-2019.

Yayınlar

Porro, A., Paki E., Blackford M.~G., Davoudi F., Aladag Y., Zamanpour S., Sarabi S., Afhsin H., Nazım A., **Bagis H**, Jabar R., Hamidreza G., Akyuz A., Faazeh j., Doner Ö., Zohreh A., 2022. The Photometric Study of Six W UMa Systems and Investigation of the Mass-Radius Relations for Contact Binary Stars. Astronomical Society of the Pacific. vol. 134, no. 1036.

Bazı Projeler ve Sözlü Sunumlar

NASA International Space Apps Challenge, Harran Üniversitesi, 2019, Mentör –
Konuşmacı.

Öğretmenler ile Derin Uzay , 22 Mayıs, 2021 Önce Öğretmen Vakfı Paylaşım Zirvesi
Kızıl Gezegen, 21 Mart 2021, Ege Üniversitesi Çocuk Üniversitesi & İst. Aydın
Üniversitesi Çocuk Üniversitesi

Sınır Tanımayan Çocuklar Kampı, Atölye Lideri, 1-10 Temmuz 2021, Muğla.

Across the Universe Project, Eğitimci, Erasmus +, Temmuz 2017, Martı Derneği,
Muğla

Uzayda Pi Bilimde Einstein , 14 Mart 2021, TÜZDEV

Nasıl Bir Evrende Yaşıyoruz, 23 Haziran 2021, Parid Academy

Astronomi ve İbni Sina Sunumu, 3 Mart, 2021, Hakkari Cumhuriyet Ortaokulu
“Benim Yolum Benim Rehberim eTwinning Projesi

Astronomi ve Gökyüzü Gözlemi, Şanlıurfa BİLSEM 25 Şubat, 2021

Medipol Üniversitesi Geleceğin Bilimi Gelecek Uzayda Etkinliği Moderatör, 31
Ekim, 2020

Hedef Mars, Kasım 2016, İstanbul Bilgi Üniversitesi RGB Stüdyoları

Makro Evrenden Mikro Evrene, Mayıs 2016, İstanbul Medipol Üniversitesi
Geleceğin Bilimi Forumu

Evrene Bir Bakış, Mart 2016 Yıldız Teknik Üniversitesi, Bilim ve Matematik
Kulübü