

EJONS

Uluslararası Matematik, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Dergisi
International Journal on Mathematic, Engineering and Natural Sciences

Research Article

e-ISSN: 2602 - 4136

<https://doi.org/10.5281/zenodo.15048508>

QY Cam Örten Çift Yıldızının İlk Yörünge Dönem Analizi

Oğuz ÖZTÜRK  *1,2¹ Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü, Çanakkale, Merkez² Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Astrofizik Araştırma Merkezi ve Ulupınar Gözlemevi, Çanakkale, Merkez
Sorumlu Yazar Email: oguzozturk@comu.edu.tr

Makale Tarihçesi

Geliş: 31.01.2025

Kabul: 19.02.2025

Anahtar Kelimeler

Örten Çift Yıldızlar,
QY Cam,
Fotometrik,
O-C Analizi,
TESS

Özet: Bu çalışmada, QY Cam örten çift yıldız sisteminin yörünge dönem analizi ilk defa sunulmuştur. Dönem analizi O-C yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Transiting Exoplanet Survey Satellite (TESS) uydusu gözlemlerinden okunan minimum zamanları ve literatürde verilen tüm minimum zamanları O-C analinde kullanılmıştır. Sistemin O-C diyagramına, en küçük kareler yöntemi kullanılarak yapılan parabol fiti sonucunda ikinci dereceden terim $-1.16(7) \times 10^{-9}$ gün değerinde bulunmuştur. İkinci dereceden terimin bu değeri, sistemin yörünge döneminin düzenli olarak $0.029(5)$ s/yıl hızı ile azaldığını işaret etmektedir. Yörünge dönemindeki bu azalışa sebep olabilecek fiziksel mekanizmalar tartışılmıştır.

First Orbital Period Analysis of QY Cam Eclipsing Binary Star

Article Info

Received: 31.01.2025

Accepted: 19.02.2025

Keywords

Eclipsing Binary Stars,
QY Cam,
Photometric,
O-C Analysis,
TESS

Abstract: In this study, orbital period analysis of QY Cam eclipsing binary star systems is presented for the first time. Period analysis is performed using the O-C method. Minimum times obtained from Transiting Exoplanet Survey Satellite (TESS) satellite observations and all minimum times given in the literature are used in the O-C analysis. As a result of the parabolic fit to the O-C diagram of the system, which is made using the least squares method, the quadratic term is found to be $-1.16(7) \times 10^{-9}$ days. This value of the quadratic term indicates that the orbital period of the system decreases secularly with a rate of $0.029(5)$ s/year. The physical mechanisms that may cause this decrease in the orbital period are discussed.

1. Giriş

Bu çalışmada ele alınan QY Cam sistemi literatürde Algol türü örten çift yıldız sistemi olarak sunulmaktadır (Khruslov, 2006). Klasik Algol türü çift yıldız sistemlerinde, birinci bileşen kendi Roche lobunu doldurmayan büyük kütleli sıcak bir anakol yıldızı iken, ikinci bileşen kendi Roche lobunu dolduran küçük kütleli soğuk bir yıldızdır (Kopal, 1955). Bu nedenle, Algol türü çift yıldız sistemleri Roche geometrisine göre yarı-ayrık çift yıldız sistemleri olarak sınıflandırılır.

Örten çift yıldızlarda bileşen yıldızların birbirlerini örttüğü zamanlar (minimum zamanlar) gözlenerek sistemin yörünge dönemindeki değişim incelenebilmektedir. Gözlenen minimum zamandan (O), sistemin ışık elemanı ile hesaplanan minimum zamanı (C) çıkarılarak oluşturulan O-C diyagramının analizi ile sistemin yörünge dönemindeki değişim araştırılabilmektedir. Algol türü sistemlerin yörünge döneminde görülen değişim, bileşen

yıldızlar arası kütle aktarım ve/veya kaybı (Erdem ve ark., 2010, Öztürk ve Erdem, 2022), bileşen yıldızlardan birinin veya her ikisinin manyetik çevrimi kaynaklı olabileceği gibi (Applegate, 1992, Lanza ve Rodonó, 1999) çift yıldız sistemine bağlı olası bir üçüncü cisim kaynaklı da olabilir (Irwin, 1959).

Bu çalışmada, literatürde Algol türü örten çift yıldız sistemi olarak verilen QY Cam sisteminin yörünge dönem analizi ilk defa sunulmuştur.

2. QY Cam Sisteminin O-C Analizinde Kullanılan Minimum Zamanlar

QY Cam sisteminin dönem analizi O-C yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Bunun için ilk olarak Transiting Exoplanet Survey Satellite (TESS) (Ricker ve ark., 2015) uydu gözlemlerinden minimum zaman okuması yapılmıştır. TESS gözlem verileri, Mikulski Archive for Space Telescopes (MAST) (<https://mast.stsci.edu/>) veri tabanından alınmıştır. Sistemin TESS gözlemleri hakkında özet bilgi Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. QY Cam sisteminin TESS gözlem bilgileri

	Gözlemin yapıldığı bölge (sector)/kamera/CCD	
	19/2/3	59/2/3
Gözlem başlangıcı	28 Kasım 2019	26 Kasım 2022
Gözlem bitişi	23 Aralık 2019	23 Aralık 2022
Poz süresi (s)	1800	200
Toplam gözlem sayısı	1155	11142

Sistemin ışık eğrileri, veri tabanında verilen SAP_FLUX ölçümleri kullanılarak oluşturulmuştur. TESS minimum zamanları, Kwee-van Woerden yöntemini kullanan AVE yazılımı (Barberá, 1996) kullanılarak elde edilmiştir. TESS minimum zamanları elde edildikten sonra, sistemin literatürde yayınlanan minimum zamanları O-C Gateway veri tabanından (<https://var.astro.cz/en>) alınmıştır.

QY Cam kaynağı için hesaplanan minimum zamanlar (C), aşağıdaki ışık elemanı kullanılarak elde edilmiştir.

$$C_{1,QY\text{ Cam}}(\text{Min I/Min II}) = \text{BJD } 2456692.37689 + 2^{g_{\text{ün}}}.5452129 \times E \quad (1)$$

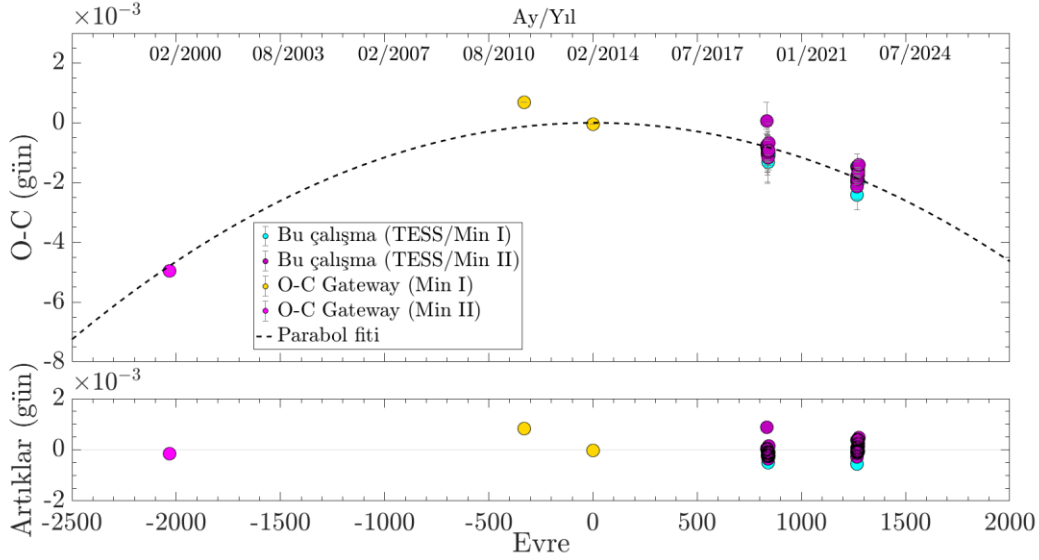
(1) denkleminde 2456692.37689 BJD zamanı, O-C Gateway veri tabanından alınan minimum zamandır (bkz. Tablo 2). 2.5452129 gün yörünge dönemi ise ASAS-SN kataloğundan (Shappee ve ark., 2014, Kochanek ve ark., 2017) alınmıştır. QY Cam sisteminin O-C analizinde hem literatürden elde edilen hem de TESS gözlemlerinden bu çalışmada okunan minimum zamanları birlikte kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan tüm minimum zamanları Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. QY Cam çift yıldız sisteminin literatürde verilen ve bu çalışmada okunan tüm minimum zamanları

Minimum zaman (BJD)	Hatası	Minimum türü	Referans
2451519.26072	-	CCD/pe (Min II)	O-C Gateway
2455852.46288	-	CCD/pe (Min I)	O-C Gateway
2456692.37689	-	CCD/pe (Min I)	O-C Gateway
2458816.34322	0.00061	CCD/pe (Min II)	Bu çalışma (TESS)
2458817.61496	0.00043	CCD/pe (Min I)	Bu çalışma (TESS)
2458818.88760	0.00053	CCD/pe (Min II)	Bu çalışma (TESS)
2458820.15993	0.00063	CCD/pe (Min I)	Bu çalışma (TESS)
2458821.43247	0.00067	CCD/pe (Min II)	Bu çalışma (TESS)
2458822.70523	0.00039	CCD/pe (Min I)	Bu çalışma (TESS)
2458823.97769	0.00028	CCD/pe (Min II)	Bu çalışma (TESS)
2458825.25033	0.00042	CCD/pe (Min I)	Bu çalışma (TESS)
2458826.52311	0.00024	CCD/pe (Min II)	Bu çalışma (TESS)
2458827.79521	0.00067	CCD/pe (Min I)	Bu çalışma (TESS)
2458829.06797	0.00085	CCD/pe (Min II)	Bu çalışma (TESS)
2458830.34068	0.00061	CCD/pe (Min I)	Bu çalışma (TESS)
2458831.61342	0.00032	CCD/pe (Min II)	Bu çalışma (TESS)
2458832.88599	0.00044	CCD/pe (Min I)	Bu çalışma (TESS)
2458834.15855	0.00056	CCD/pe (Min II)	Bu çalışma (TESS)
2458835.43108	0.00020	CCD/pe (Min I)	Bu çalışma (TESS)
2458836.70405	0.00064	CCD/pe (Min II)	Bu çalışma (TESS)
2458837.97665	0.00055	CCD/pe (Min I)	Bu çalışma (TESS)
2458839.24898	0.00049	CCD/pe (Min II)	Bu çalışma (TESS)
2458840.52144	0.00051	CCD/pe (Min I)	Bu çalışma (TESS)
2459912.04864	0.00019	CCD/pe (Min I)	Bu çalışma (TESS)
2459913.32092	0.00016	CCD/pe (Min II)	Bu çalışma (TESS)
2459914.59290	0.00016	CCD/pe (Min I)	Bu çalışma (TESS)
2459915.86597	0.00014	CCD/pe (Min II)	Bu çalışma (TESS)
2459917.13852	0.00015	CCD/pe (Min I)	Bu çalışma (TESS)
2459918.41097	0.00013	CCD/pe (Min II)	Bu çalışma (TESS)
2459919.68378	0.00014	CCD/pe (Min I)	Bu çalışma (TESS)
2459920.95642	0.00013	CCD/pe (Min II)	Bu çalışma (TESS)
2459922.22910	0.00014	CCD/pe (Min I)	Bu çalışma (TESS)
2459924.77412	0.00094	CCD/pe (Min I)	Bu çalışma (TESS)
2459926.04721	0.00019	CCD/pe (Min II)	Bu çalışma (TESS)
2459927.31944	0.00018	CCD/pe (Min I)	Bu çalışma (TESS)
2459928.59227	0.00014	CCD/pe (Min II)	Bu çalışma (TESS)
2459929.86499	0.00014	CCD/pe (Min I)	Bu çalışma (TESS)
2459931.13734	0.00010	CCD/pe (Min II)	Bu çalışma (TESS)
2459932.40974	0.00015	CCD/pe (Min I)	Bu çalışma (TESS)
2459933.68261	0.00015	CCD/pe (Min II)	Bu çalışma (TESS)
2459934.95492	0.00016	CCD/pe (Min I)	Bu çalışma (TESS)
2459936.22808	0.00017	CCD/pe (Min II)	Bu çalışma (TESS)

3. QY Cam Sisteminin Yörünge Dönem Analizi

QY Cam sisteminin dönem analizinde toplamda 42 tane CCD/Pe minimum zamanı kullanılmıştır (bkz. Tablo 2). Bu minimum zamanları, 6 Aralık 1999 ile 22 Aralık 2022 tarihlerini kapsayan yaklaşık 23 yıllık bir zaman dilimini içermektedir. Bu sistemin O-C diyagramı Şekil 1’te sunulmuştur.



Şekil 1. QY Cam sisteminin mevcut tüm minimum zamanlar kullanılarak elde edilen O-C diyagramı (üst panel). Parabolik model fitinden elde edilen artıklar alt panelde gösterilmiştir.

Şekil 1’den görüldüğü üzere QY Cam sisteminin O-C diyagramı aşağı yönlü bir parabolik değişim vermektedir. Bu nedenle sistemin O-C diyagramına Zasche ve ark. (2009) tarafından verilen MATLAB yazılımı kullanılarak parabol fiti yapılmış ve aşağıda verilen ikinci dereceden ışık elemanı elde edilmiştir.

$$C_{2,QY\text{ Cam}}(\text{Min I/Min II}) = \text{BJD } 2456692.37693(25) + 2^{\text{gün}}.5451962(2) \times E - 11^{\text{gün}}.59(69) \times 10^{-10} \times E^2 \quad (2)$$

(2) denkleminde görülen ikinci derece katsayı ($Q = -11.59(69) \times 10^{-10}$ gün), QY Cam sisteminin yörünge döneminin sürekli olarak 0.029(5) s/yıl hızı ile azaldığını göstermektedir. Yörünge dönemindeki bu azalış küçük kütleli ikinci bileşenden birinci bileşene doğru baskın bir kütle aktarım mekanizması kaynaklı olabilir. Bu durum takip eden bölümde tartışılmıştır.

4. Sonuçlar

QY Cam sistemin yörünge dönem analizi literatürde ilk olarak bu çalışmada sunulmuştur. O-C yöntemi ile yapılan dönem analizi sonucunda sistemin yörünge döneminin 0.029(5) s/yıl hızı ile azaldığı hesaplanmıştır.

Sistemin Şekil 1’de verilen O-C diyagramından da görüldüğü üzere 2000 ile 2010 yılları arasında herhangi bir O-C verisi bulunmamaktadır. Bunun yanında, O-C diyagramının aşağı parabol biçiminde bir değişim vermesi aslında -2000 evresi civarındaki tek bir O-C verisinden (Şekil1 de içi dolu pembe nokta) kaynaklanmaktadır. Bu noktanın olmaması durumunda O-C diyagramında bariz bir değişim görülmeyecektir. Bu durumdan dolayı, sistemin O-C diyagramının gerçekten aşağı yönlü bir parabolik değişim verip vermediği ileride yapılacak olan minimum zaman gözlemleri ile doğrulanmalıdır.

İlk bölümde de belirtildiği üzere, QY Cam sistemi literatürde Algol türü bir örten çift yıldız sistemi olarak verilmektedir. Yarı-ayrık Algol türü çift yıldız sistemlerinde, Roche lobunu dolduran bileşenden diğerine doğru bir kütle aktarımı gerçekleşebileceği gibi sistemden de bir miktar kütle kaybı da olabilir (Erdem ve ark., 2010, Erdem ve Öztürk, 2014). Roche lobunu dolduran küçük kütleli bileşenden büyük kütleli bileşene doğru baskın bir kütle aktarımının gerçekleştiği süreç boyunca sistemin yörünge dönemi düzenli olarak artış gösterir. Bu durumda sistemin O-C diyagramında yukarı yönlü bir parabolik değişim görülür. Öte yandan, kaybedilen kütle miktarının baskın mekanizma olması durumunda sistemin yörünge döneminde azalma görülür. Bu durum kendisini O-C diyagramında aşağı yönlü bir parabolik değişim olarak gösterir. QY Cam sisteminde, bu çalışmada tespit edilen yörünge dönemindeki olası azalma, sistemde baskın bir kütle kaybının bir belirtisi olabilir. Algol türü çift yıldız sistemlerinin O-C analizleri sonucunda, bileşen yıldızlar arası kütle aktarım ve/veya kaybı miktarı hızları hesaplanabilmektedir (Öztürk ve Erdem, 2022). Bu hesaplamaların yapılabilmesi için sistemin duyarlı tayfsal gözlemlerinin de yapılarak, sistemi oluşturan bileşenlerin kütleleri ve yarıçapları duyarlı olarak belirlenmelidir.

Teşekkür

Çalışmada, (Space Telescope Science Institute; STScI) MAST veri arşivinden elde edilen TESS gözlemleri kullanılmıştır.

Kaynaklar

- Applegate, J.H., 1992. A mechanism for orbital period modulation in close binaries. *Astrophysical Journal*, 385: 621-629.
- Barberá, R., 1996. AVE (www.astrogea.org/soft/ave/introave.htm) (Erişim Tarihi: 05.01.2025)
- Erdem, A., Doğru, S.S., Soyduğan, F., Çiçek, C., Demircan, O., 2010. Period studies of five neglected Algol-type binaries: RW Cet, BO Gem, DG Lac, SW Oph and WY Per. *New Astronomy*, 15(7): 628-636.
- Erdem, A., Öztürk, O., 2014. Non-conservative mass transfers in Algols. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 441(2): 1166-1176.
- Hajdu, T., Borkovits, T., Forgács-Dajka, E., Sztakovics, J., Bódi, A., 2022. Eclipse timing variation analysis of OGLE-IV eclipsing binaries towards the Galactic Bulge–II. Short periodic triple stellar systems. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 509(1): 246-260.
- Irwin, J.B., 1959. Standard light-time curves. *Astronomical Journal*, 64: 149–155.
- Khruslov, A.V., 2006. New algol-type eclipsing binaries in Camelopardalis. *Perem. Zvezdy Prilozh*, 6: 6.
- Kochanek, C.S., Shappee, B.J., Stanek, K.Z., 2017. The All-Sky Automated Survey for Supernovae (ASAS-SN) Light Curve Server v1.0. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 129(980): 104502.
- Kopal, Z., 1955. The classification of close binary systems. *Annales d'Astrophysique*, 18: 379.
- Lanza, A.F., Rodonó, M., 1999. Orbital period modulation and quadrupole moment changes in magnetically active close binaries. *Astronomy and Astrophysics*, 349: 887-897.
- Moe, M., Kratter, K.M., 2021. Impact of binary stars on planet statistics- I. Planet occurrence rates and trends with stellar mass. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 507(3): 3593-3611.

- Öztürk, O., Erdem, A., 2022. First photometric study of two eclipsing binary star systems: V523 And and V543 And. *New Astronomy*, 92.
- Ricker, G.R., Winn, J.N., Vanderspek, R., 2015. Transiting Exoplanet Survey Satellite (TESS). *Journal of Astronomical Telescopes, Instruments, and Systems*, 1(1): 014003.
- Shappee, B.J., Prieto, J.L., Grupe, D., 2014. The Man behind the Curtain: X-Rays Drive the UV through NIR Variability in the 2013 Active Galactic Nucleus Outburst in NGC 2617. *Astrophysical Journal*, 788(1).
- Zasche, P., Liakos, A., Niarchos, P., ve ark., 2009. Period changes in six contact binaries: WZ And, V803 Aql, DF Hya, PY Lyr, FZ Ori, and AH Tau. *New Astronomy*, 14(2): 121–128.