

VZ CVn Sisteminin γ Dor Türü Zonklama Doğası

Mehmet Geldi¹  , Esin Sipahi¹ 

¹ Ege Üniversitesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 35100 Bornova İzmir

Accepted: May 23, 2025. Revised: May 23, 2025. Received: November 30, 2024.

Özet

VZ CVn, β Lyr türü örten bir çift sistemdir. Değişen yıldız olduğu 1931 yılında belirlenmesine rağmen γ Dor türü bir bileşene sahip olduğu 2007 yılında literatüre kazandırılmıştır. Farklı araştırmacılar tarafından sistemin ışık eğrileri analiz edilmiştir. VZ CVn sisteminin 2023-2024 yılları gözlem sezonunda Ege Üniversitesi Gözlemevi'nde çok renk ışık eğrileri elde edilmiştir. Bu çalışmada VZ CVn sisteminin yeni gözlemleri ve TESS uydusunun verileri birlikte kullanılarak sistemin ışık değişimi, dönem değişimi ve baş bileşenin zonklama doğası incelenmiştir.

Abstract

VZ CVn is an eclipsing binary system of type β Lyr. Although it was identified as a variable star in 1931, it was recognized as having a γ Dor type component in 2007. The light curves of the system have been analyzed by different researchers. Multicolor light curves of the VZ CVn system were obtained at Ege University Observatory during the 2023-2024 observing season. In this study, the new observations of the VZ CVn system and the TESS satellite data are used together to analyze the light variation, period variation and pulsation nature of the primary component.

Anahtar Kelimeler: stars: binaries: eclipsing – stars: oscillations – stars: individual: VZ CVn

1 Giriş

VZ CVn sisteminin değişen olduğu Strohmeier (1960) tarafından keşfedildi. Bu çalışmada sistemin genliği 0.7 kadir olarak verildi. Strohmeier (1962) tarafından sistem β Lyr türü bir örten çift sistem olarak sınıflandı ve yörünge dönemi 0.842 gün olarak verildi. Sistemin B ve V renklerindeki ışıkölçümü Harris (1968), Ibanoglu (1974) ve Cester ve diğ. (1977) tarafından yayınlandı. Her üç çalışmada da sistemin ışık eğrilerinde tutulmalar dışı ışık değişimi görülmektedir fakat yazarlar tarafından bu değişimlerin kaynağı net olarak açıklanamamıştır. Sistemin ilk tayfsal gözlemleri Popper (1988) tarafından elde edilmiş ve dikine hız eğrisi verilmiştir. VZ CVn sistemi Krisciunas & Handler (1995) tarafından γ Dor türü değişim sergileyen yıldızlar listesine dahil edilmiştir. Ibanoglu ve diğ. (2007) VZ CVn sisteminin baş bileşenin γ Dor türü zonklama değişimi gösterdiğini ve zonklama döneminin 1.06876 gün olduğunu ifade etmiştir. Latkovic (2012) sistemin WASP ışık eğrileri üzerinden yaptığı analizde baş bileşenin zonklama dönemini 1.0353 gün olarak vermiştir. Bu çalışmada VZ CVn sisteminin BVRI gözlemleri yapılarak ışık eğrileri elde edilmiştir. Bu ışık eğrileri kullanılarak sistemin minimum zamanları hesaplanmış ve O-C diyagramı oluşturulmuştur. Bu çalışmada elde edilen ışık değişimleri literatürdeki tüm ışık değişimleri ile birlikte değerlendirilerek sistemin dönem değişimi, ışık değişimleri ve zonklama doğası tartışılmıştır.

2 Gözlemler

VZ CVn sistemi Ege Üniversitesi Gözlemevinde 40 cm teleskop ve CCD kamera ile BVRI filtrelerinde 14 gece gözlenmiştir. Gözlemler MaxIm DL programı ile indirgenmiş ve gözlem zamanları Güneş merkezine taşınmıştır. Sistemin

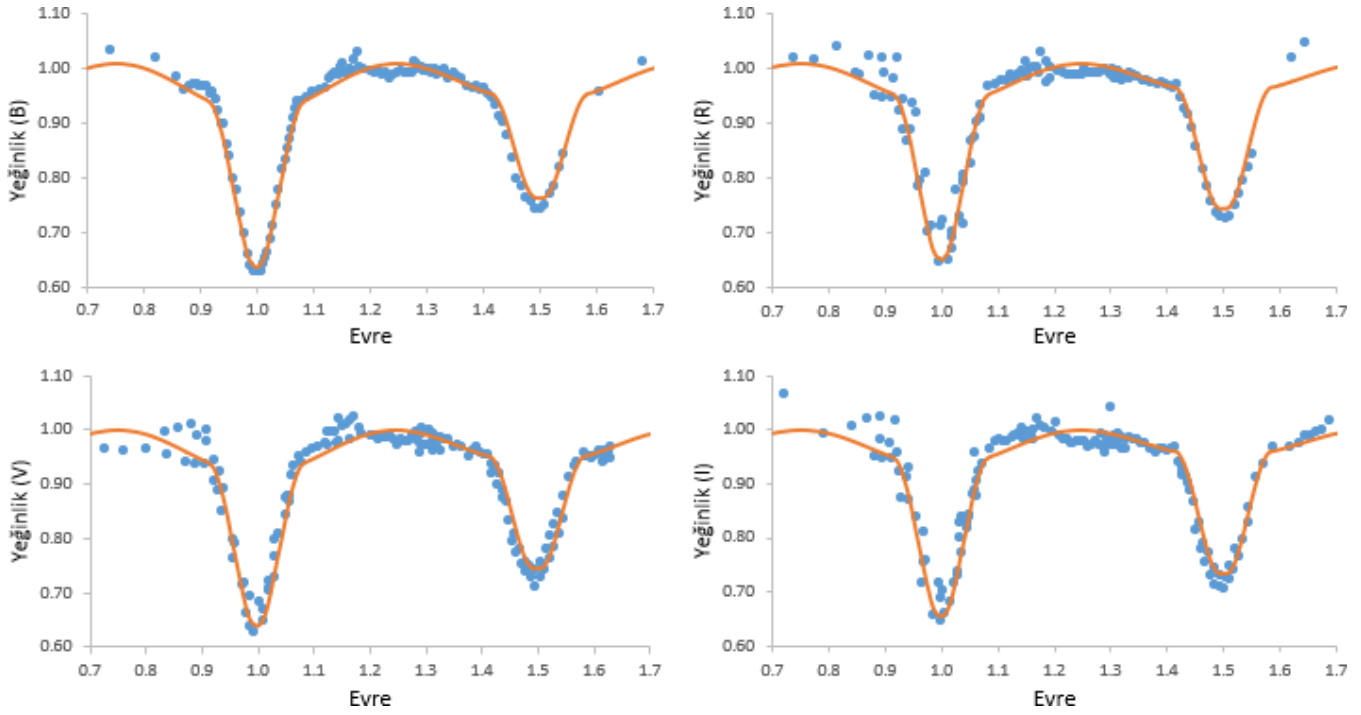
BVRI renklerinde elde edilen ışık eğrileri Şekil 1'de verilmiştir. Işık eğrisinde tutulma dışı değişimler kendini göstermektedir. I renginde baş minimum derinliği 0.43 kadir, yan minimum derinliği ise 0.30 kadirdir. Diğer renklerde elde edilen ışık eğrilerinden belirlenen genlikler Çizelge 1'de verilmiştir.

Bu çalışmada elde edilen ışık eğrileri ile literatürdeki ışık eğrilerinin verildiği çalışmalar karşılaştırıldığında baş ve yan minimum derinliklerinde farklılıklar olduğu görülmüştür. Bu durum sonraki bölümlerde anlatılacağı gibi baş bileşenin zonklama değişiminden kaynaklanmaktadır.

3 Işık Eğrisi Analizi

VZ CVn sisteminin ışık eğrisi analizleri PHOEBE V.0.32 programı (Prša & Zwitter 2005) kullanılarak yapılmıştır. Bu programda, Wilson-Devinney kodunun 2014 versiyonundaki yöntem kullanılmaktadır (Wilson & Devinney 2015). VZ CVn sisteminin literatürdeki ışık eğrisi çözümü ve salt parametreleri Ibanoglu ve diğ. (2007) tarafından verilmiştir. Bu çalışmada elde edilen ışık eğrilerinin analizinde Ibanoglu ve diğ. (2007) tarafından verilen parametrelere çok yakın değerler elde edilmiştir. Ayrıca Ibanoglu ve diğ. (2007) tarafından verilen ışık eğrileri ile bu çalışmada elde edilen ışık eğrileri tutulma dışı değişimler haricinde minimum derinlikleri olarak uyumludur. Yıldızın gözlem sezonu kış aylarına denk geldiğinden yeni elde edilen ışık eğrilerinde bazı evrelerde veri eksiktir. Bu çalışmada elde edilen ışık eğrileri ve yıldızın TESS ışık eğrisi birlikte analiz edilmiştir. Şekil 1'de BVRI ve TESS ışık eğrileri ile kuramsal temsiller birlikte görülmektedir. Çizelge 2'de sistemin ışık eğrisi analizinden elde edilen parametreler verilmiştir. Sistemin baş bileşenin zonklama doğasını ortaya koymak amacıyla zonklama dönemi analizlerinde mevcut gözlem verilerine TESS (Ricker ve diğ. 2015) verilerinin de eklenmesi uygun görülmüştür. TESS gözlem verileri, MAST (Mikulski Archive for Space Telescopes) veri tabanından 2020 yılı için Sector

* mehmetgeldi03@gmail.com



Şekil 1. VZ CVn sisteminin 2023-2024 gözlem sezonunda Ege Üniversitesi Gözlemevi'nde elde edilen *BVRI* renklerindeki ışık eğrileri ve kuramsal modeller.

Çizelge 1. VZ CVn sisteminin baş ve yan minimum derinlikleri.

Filtre	Genlik	
	Minimum I	Minimum II
<i>B</i>	0.47	0.28
<i>V</i>	0.45	0.29
<i>R</i>	0.43	0.30
<i>I</i>	0.43	0.32

23'den ve 2022 yılı için ise Sector 50'den alınmıştır. Işık eğrileri, veri tabanında verilen SAP_FLUX ölçümleri kullanılarak oluşturulmuştur. Işık eğrisi oluşturulurken, veri tabanında en duyarlı gözlem noktaları olarak belirtilen QUALITY=0 gözlemleri kullanılmıştır.

Şekil 2'de TESS ışık eğrileri ile model parametrelerinin uyumu ve ışık eğrisinin kuramsal temsilden alınan farkları görülmektedir. Sistemin baş bileşeninin γ Dor türü zonklama değişimi gösterdiği bilinmektedir. Mevcut tüm ışık eğrileri üzerinden bir analiz yapmak üzere sistemin yörünge öğeleri ile oluşturulan kuramsal temsil gözlemlerden çıkartılmış ve farklar elde edilmiştir. Elde edilen fark ışık değişimleri PERIOD04 (Lenz & Breger 2005) programı ile analiz edilmiştir. Elde edilen frekanslar Çizelge 3'te, güç tayfı ise Şekil 3'te verilmiştir. S/N, 4 ve üstü olan frekanslar kabul edilmiştir (Breger ve diğ. 1993).

4 Dönem Değişimi

Sistemin gözlemlerinden elde edilen minimum zamanları Çizelge 4'de yer almaktadır. Literatürde yer alan diğer minimum zamanları ve bu çalışmada elde edilen minimum zamanları kullanarak sisteme ait O-C diyagramı oluşturuldu. Sisteme ait

Çizelge 2. Sistemin ışık eğrisi analizi ile elde edilen parametreleri.

Parametre	Birim	Değer
q	(sabit)	0.777
i	(°)	83.49 ± 0.05
T_1	(sabit) (K)	7000
T_2	(K)	6201 ± 10
Ω_1		4.014 ± 0.005
Ω_2		5.277 ± 0.007
L_1/L_T	(<i>B</i>)	0.85 ± 0.02
L_1/L_T	(<i>V</i>)	0.82 ± 0.02
L_1/L_T	(<i>R</i>)	0.81 ± 0.02
L_1/L_T	(<i>I</i>)	0.79 ± 0.02
L_1/L_T	(TESS)	0.79 ± 0.02
g_1, g_2	(sabit)	1.0, 1.0
A_1, A_2	(sabit)	1.0, 1.0
$x_{1,bol}, x_{2,bol}$	(sabit)	0.69, 0.70
$\langle r_1 \rangle$		0.319 ± 0.001
$\langle r_2 \rangle$		0.188 ± 0.001

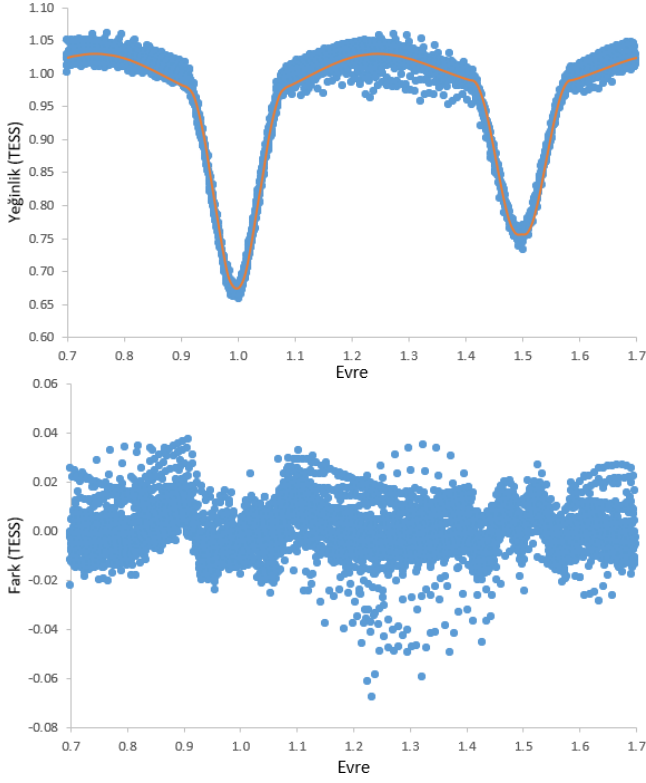
O-C diyagramı Şekil 4'de görülmektedir. Sistemin düzeltilmiş ışık öğeleri aşağıdaki ifade ile verilmiştir.

$$\text{HJD}(\text{Min I}) = 2460373.4633(21) + 0^d 84246183(8) \quad (1)$$

Yapılan O-C analizinde sistemin yörünge dönemi değişimine ilişkin bulguya rastlanmamıştır.

5 Sonuçlar ve Tartışma

VZ CVn sisteminin bu çalışmada elde edilen ışık eğrileri, literatürde yer alan diğer ışık eğrileri ile karşılaştırıldığında tutulmalar dışı değişimler haricinde sistemin minimum derinliklerinde ya da biçiminde bir değişim göstermediği



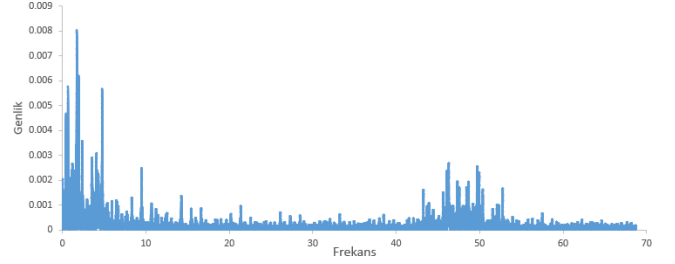
Şekil 2. (Üst panel) VZ CVn sisteminin TESS ışık eğrisi ve kuramsal temsili (Mavi noktalar gözlem, kırmızı çizgi kuramsal model). (Alt panel) TESS verisiyle kuramsal eğri arasındaki farklar.

belirlenmiştir. O-C analizinde sisteminin yörünge döneminin değişmediği görülmüştür. Sistemin bu çalışmada elde edilen ışık eğrileri ve TESS ışık eğrileri zonklama analizi için birlikte değerlendirilmiştir. Sistemin ışık eğrisi çözüm sonuçları ile oluşturulan kuramsal temsilden gözlemlerin farkı alınmıştır. Elde edilen fark değişimi kullanılarak baş bileşene ilişkin zonklama dönemi analizi yapılmıştır. Literatürde sistemin baş bileşenin γ Dor türü zonklama değişimi gösterdiği ifade edilmiş ve dönemi bir gün civarında verilmiştir. Çok daha fazla veri kullanılarak dönem analizi yapılan bu çalışmada sistemin baş bileşenin γ Dor türü zonklamalar dışında δ Scuti türü değişim de gösterdiği ilk kez tespit edilmiştir. Çalışmanın ilk bulguları sistemin baş bileşenin hibrit zonklamalar gösterdiğini ortaya koymuştur.

Bu çalışmada elde edilen ışık eğrilerinin analiz sonuçları **Ibanoğlu ve diğ. (2007)** ve **Latkovic (2012)**'de verilen sonuçlar ile uyumludur. Sistemin zonklama doğası gereği ışık eğrileri tüm çalışmalarda farklı saçımlarda görülmektedir. Ayrıca bu tür ışık eğrilerine sahip yıldızların farklı filtrelerde elde edilmiş ışık eğrilerini birlikte analiz etmek zordur. Bu çalışmada elde edilen ışık eğrileri ve TESS eğrisinin birlikte analizi iyi sonuçlar vermiştir. Sistemin bu çalışmada elde edilen zonklama frekansları **Ibanoğlu ve diğ. (2007)** ve **Latkovic (2012)**'de verilen sonuçlar ile farklılık göstermektedir. Daha hassas gözlem verisi olan TESS ışık eğrisinin kullanılması ile bu çalışmada dört zonklama frekansı belirlenmiştir. Çizelge 3'te yer alan frekanslardan F1 ve F3 frekansları γ Dor türüne karşılık gelirken F2 ve F4 frekansları δ Scuti türü zonklama frekanslarına karşılık gelmektedir. **Ibanoğlu ve diğ. (2007)** ve **Latkovic (2012)**'e

Çizelge 3. VZ CVn sisteminin zonklama dönem analizinden elde edilen parametreler. Parantez içindeki sayılar, son basamaktaki 1 σ belirsizliği göstermektedir.

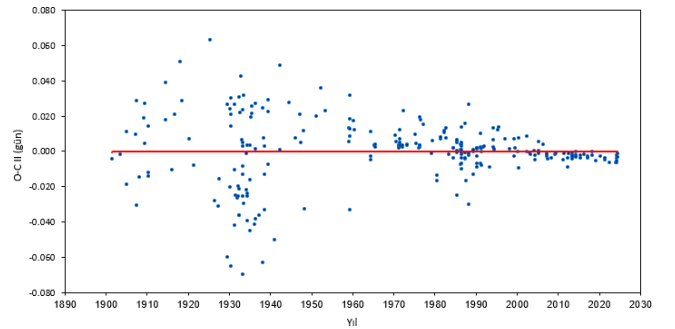
Frekans	Genlik	Evre	Dönem	S/N
F_1 1.71273(1)	0.00619(9)	0.296(2)	0.583863(7)	4.4
F_2 4.74934(1)	0.00678(9)	0.227(3)	0.210556(1)	9.2
F_3 1.937549(9)	0.00589(9)	0.163(2)	0.516116(5)	4.3
F_4 7.120613(5)	0.00244(9)	0.459(1)	0.140437(2)	7.2



Şekil 3. VZ CVn sisteminin dönem analizi güç tayfı.

Çizelge 4. VZ CVn sisteminin bu çalışmada elde edilen minimum zamanları.

HJD (+2400000)	Minimum Türü
60333.4396 $\pm$ 0.0005	II
60347.3404 $\pm$ 0.0004	I
60373.4593 $\pm$ 0.0001	I
60400.4165 $\pm$ 0.0003	I
60401.2622 $\pm$ 0.0005	I
60443.3862 $\pm$ 0.0001	I
60456.4423 $\pm$ 0.0002	II



Şekil 4. VZ CVn sisteminin O-C değişimi.

ait çalışmalardaki sonuçlardan farklı olarak bu çalışmanın bulgularına göre VZ CVn sistemi hibrit zonklama yapmaktadır. Sistemin zonklama doğasının ayrıntılı incelemesi için gözlemlere devam edilecektir.

Teşekkür

Bu çalışma, TÜBİTAK Bilim İnsanı Destek Programları Başkanlığı (BİDEB) tarafından yürütülen 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı kapsamında TÜBİTAK-2209A-1919B012334456 numaralı

proje ile desteklenmiştir. Projemize verdiği destekten dolayı TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Breger M., ve diğ., 1993, A&A, 271, 482, [ADS](#)
 Cester B., Mardirossian F., Pucillo M., 1977, A&A, 56, 75, [ADS](#)
 Harris A. J., 1968, [AJ](#), 73, 164
 Ibanoglu C., 1974, A&AS, 13, 119, [ADS](#)
 Ibanoglu C., Taş G., Sipahi E., Evren S., 2007, [MNRAS](#), 376, 573
 Krisciunas K., Handler G., 1995, Information Bulletin on Variable Stars, 4195, 1, [ADS](#)
 Latkovic O., 2012, [Serbian Astronomical Journal](#), 184, 77
 Lenz P., Breger M., 2005, [Communications in Asteroseismology](#), 146, 53
 Popper D. M., 1988, [AJ](#), 95, 190
 Prša A., Zwitter T., 2005, [ApJ](#), 628, 426
 Ricker G. R., ve diğ., 2015, [Journal of Astronomical Telescopes, Instruments, and Systems](#), 1, 014003
 Strohmeier W., 1960, Veröffentlichungen der Remeis-Sternwarte zu Bamberg, 27, 6, [ADS](#)
 Strohmeier W., 1962, Information Bulletin on Variable Stars, 9, 1, [ADS](#)
 Wilson R. E., Devinney Jr. E. J., 2015, [ApJ](#), 807, 80

Access:

M25-0330: [Turkish J.A&A](#) — Vol.6, Issue 3.