

# Güney Yarımküre'den V4396 Sgr ve BK Ind Ayrık Çift Yıldızlarının Tayfsal Gözlemleri

Burcu Apak<sup>1</sup>, Derya Sürgit<sup>2\*</sup>, Ahmet Erdem<sup>1</sup>, Chris A. Engelbrecht<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Çanakkale

<sup>2</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Bölümü, Çanakkale

<sup>3</sup>Department of Physics, University of Johannesburg, South Africa

## Özet

Bu çalışmada Güney Yarımküre gökyüzünden seçilen V4396 Sgr ve BK Ind ayrık çift yıldızlarının, Güney Afrika Astronomi Gözlemevi'nde elde edilen, ilk tayfsal gözlem verileri sunulmuştur. V4396 Sgr ve BK Ind ayrık çift yıldızlarının bileşenlerinin dikine hız eğrileri çapraz-eşleme (cross-correlation function) ve KOREL yöntemleri kullanılarak elde edilmiştir. Seçilen ayrık çift yıldızların tayfsal kütle oranları sırasıyla  $0.88 \pm 0.03$  ve  $0.86 \pm 0.05$  olarak belirlenmiş ve yörünge parametreleri hesaplanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** techniques: radial velocities, Yıldız Tayfı

## 1 Literatür Özeti

**V4396 Sgr** (BV 786 = HD 170280 = TYC 7398-1869- 1 = 2MASS J18300207-3329431,  $V=7.75$  mag), Strohmeier et al. (1966) tarafından, fotografik yöntemle, değişen yıldız olarak keşfedilmiş ve sistemin fotografik genliği 0.2 mag olarak belirlenmiştir. SIMBAD veri tabanına göre, B8V tayf türünden Algol türü örten bir çift sistem olarak kaydedilmiştir. Sistem, Kazarovets et al. (1999) tarafından Algol türü örten bir çift sistem olarak sınıflandırılmıştır. V4396 Sgr, Malkov et al. (2006)'nın örten çift sistemlere ilişkin kataloğunda kaydedilmiş, daha sonrasında McDonald et al. (2012) ve Avvakumova et al. (2013) tarafında hazırlanan temel parametrelerin belirlendiği katalog çalışmalarında yeniden ele alınmıştır. V4396 Sgr'nin ilk fotometrik ışık eğrisi Pojmanski (2002) tarafından yayınlanmış; sistemin yörünge dönemi 1.74502 gün olarak belirlenmiş ve ASAS kataloğunda (All Sky Automated Survey) değişen yıldız olarak listelenmiştir.

**BK Ind** ( HD 194969 = TYC 8414-72- 1 = 2MASS J20303456-4951187,  $V=10.27$ mag), sistemi ilk olarak Houk (1978), "Michigan catalogue of two-dimensional spectral types for HD stars" kataloğunda listelenmiştir. Sistem, Kazarovets et al. (1999) tarafından Algol türü örten bir çift sistem olarak sınıflandırılmıştır. Daha sonra sistem, Malkov et al. (2006)'nın örten çift sistemlere ilişkin kataloğunda da yer almaktadır. McDonald et al. (2012) ve Avvakumova et al. (2013) yapılan katalog çalışmaları ile sistem güncellenmiştir. İlk fotometrik ışık eğrisi Pojmanski (2002) tarafından yayınlanmış; sistemin yörünge dönemi 1.11249 gün olarak belirlenmiş ve ASAS kataloğunda (All Sky Automated Survey) değişen yıldız olarak listelenmiştir. Seçilen her iki sistem ihmal edilmiş ve literatürde herhangi bir fotometrik ve/veya tayfsal çalışmaları bulunmamaktadır.

## 2 Tayfsal Gözlemler ve Veri İndirgemesi

Bu çalışma kapsamında seçilen V4396 Sgr ve BK Ind sistemlerinin tayfları, 2012 ve 2017 yıllarında Güney Afrika Astromi Gözlemevi'nde (South Africa Astronomical Observatory,

SAAO), 1.9 m Cassegrain teleskobu ve buna bağlı SITe CCD kamera ve 2015 yılından itibaren kullanılmaya başlanan SpUpNIC CCD camera ve slit (grating) tayf çokeri ile alınmıştır. 2012 yılında alınan gözlemlerde; her biri  $15 \mu\text{m}$  boyutunda olan  $266 \times 1798$  pikselden oluşan ve verimli dalgaboyu aralığı  $0.35 \mu\text{m}$  ile  $1 \mu\text{m}$  arasında değişen SITe CCD kamera kullanılmıştır. Gözlemlerde grating 4 kullanılmıştır. Grating 4'ün gözlem duyarlılığı 410-510 nm dalgaboyu aralığında olup maksimum duyarlılığı 460 nm'dir; çözünürlüğü 0.1 nm ( $R=4600$ ) ve slit genişliği 1.5 yaysaniyesidir. 2015 yılından itibaren  $2048 \times 512$  pikselden oluşan (E2V CCD42-10) SpUpNIC CCD camera kullanılmaya başlanmıştır. Gözlemlerde, grating 4 (slit) tayf çeker kullanılmıştır. Dalgaboyu aralığı 4000 - 5250 Å (Range:1250 Å) olup slit genişliği 0.15-4.2 yay saniyesi aralığında değişmektedir. Seçilen ayrık çift sistemlerden, V4396 Sgr ve BK Ind sistemlerinin Güney Afrika Astronomi Gözlemevi'nde, 4-10 Temmuz 2012, 5-17 Ekim 2017 ve 9-22 Ağustos 2017 tarihleri arasında yapılan tayfsal gözlemlerinde sırasıyla 11 ve 42 adet tayfı elde edilmiştir. Tüm tayfsal gözlemler sırasında her bir yıldız için parlaklığına göre verilen poz süresi hava koşullarına bağlı olarak ortalama 800 - 1000 s arasında değişmektedir. Gözlemler sırasında her bir yıldız görüntüsünün öncesinde ve sonrasında Cu/Ar lambası, mukayese tayfı olarak alınırken; FLAT düzeltmesi için her gece ortalama 10 adet beyaz ışık görüntüsü ve 10 adet BIAS görüntüsü alınmıştır. Gözlemlerin indirgenmesinde ve veriye dönüştürülmesinde IRAF yazılımının (iraf.noao.edu/) içinde yer alan tasklar kullanılmıştır.

## 3 Tayfsal Veri Analizi ve Yörünge Çözümü

Dikine hızların ölçümü, dalga kalibrasyonu ve normalizasyonu yapılan tayflara çapraz eşleşme (cross-correlation) ve Fourier ayıklama (Fourier disentangling, KOREL, Hadrava (1995, 1997)) olmak üzere iki farklı yöntem kullanılarak yapılmıştır. Seçilen sistemler IRAF paketi içinde yer alan FXCOR programı kullanılarak Çapraz Eşleme Yöntemi ile dikine hızları okunmuştur. Bu yöntem ile okunan dikine hız verilerinden sistemlerin yörünge parametreleri elde edilmiş ve KOREL programına girdi parametreleri olarak uygulanmıştır. KOREL programı, Hadrava (1995, 1997) tarafından Fortran dilinde yazılmış bir çizgi kesitindeki çift ya da maksimum beş yıldız bileşenlerinin

\* dsurgit@comu.edu.tr

**Çizelge 1.** V4396 Sgr ve BK Ind'in Yörünge Çözümleri

Parametre	V4396 Sgr	BK Ind
$P_{orb}$ (days)	1.74502(sbt)	1.11249(sbt)
$T_o$ (HJD)	53994.6105±0.0050	51871.8714±0.0033
$K_1$ (km/s)	151.8±1.8	125.4±2.2
$K_2$ (km/s)	170.8±1.8	144.3±2.3
$V_\gamma$ (km/s)	-18.23±1.18	-9.72±1.32
$q_{sp} = M_2/M_1$	0.88±0.03	0.86±0.05
$A_1 \sin i$ (AU)	0.0244±0.0003	0.0128±0.0002
$A_2 \sin i$ (AU)	0.0274±0.0003	0.0148±0.0003
$M_1 \sin^3 i$ ( $M_\odot$ )	3.21±0.08	1.21±0.04
$M_2 \sin^3 i$ ( $M_\odot$ )	2.86±0.07	1.05±0.04

akı katkılarının Fourier analiziyle ayrıştırılmasına dayanmaktadır. Ayrıştırılan her bileşen çizgisinin Doppler kayması, çiftin yörünge parametrelerinden belirlenen değerlere göre hesaplanmakta ve dikine hız bulunmaktadır. Böylece program aynı anda dikine hızları bulurken yörünge çözümü de yapmaktadır. İterasyonlar sırasında literatürden alınan güncel yörünge dönemi  $P_{orb}$  sabit alınmıştır. Bileşenlerin dikine hızlarının yarı genliği  $K_1$  ve  $K_2$  ve tutulma başlangıç zamanı  $T_0$  serbest bırakılmıştır. KOREL, tutulma evrelerinden (0.0 evre ya da 0.5 evre) birinde en iyi belirlenen hız değerlerini dikkate alarak bileşenlerin dikine hız değerlerini hesaplar. Bu nedenle sistemin ortak kütle merkezi hızını hesaplamaz. Bu sebeple CCF yöntemi ile bulunan ortak kütle merkezi hızı, bileşenlerin KOREL yöntemi ile elde hızlarının üzerine eklenerek sistemin yörünge çözümü yapılmıştır. Bu çalışmada, V4396 Sgr ve BK Ind sistemlerinin KOREL yöntemi (Hadrava (1995, 1997)) ile elde edilen yörünge parametreleri Tablo 1'de sunulmuştur. Bileşenlerin dikine hız eğrilerinin elde edilmesinde ( $H\beta$  4861.33 Å) çizgisi kullanılmıştır. Sistemlerin KOREL yöntemi ile elde edilen fitleri ve bileşenlere ait ayrıştırılmış tayflar Şekil 1 ve Şekil 2'de gösterilmektedir.

#### 4 Sonuç ve Tartışma

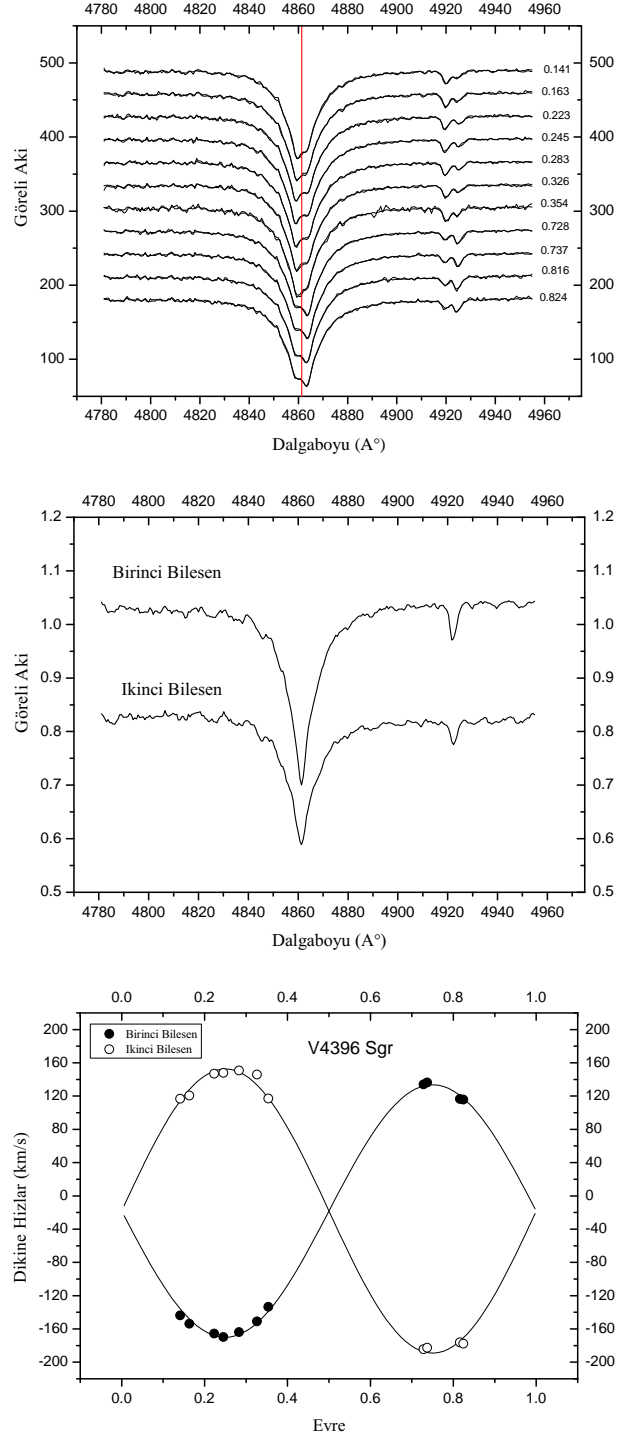
Güney yarımküre gökyüzünden seçilen V4396 Sgr ve BK Ind sistemlerinin çapraz eşleşme (cross-correlation) ve Fourier ayıklama (Fourier disentangling) olmak üzere iki farklı yöntem kullanılarak bileşenlerin dikine hız eğrileri ilk kez elde edilmiştir. Bu çalışmada KOREL yöntemi ile elde edilen sonuçlar sunulmuştur. V4396 Sgr ve BK Ind sistemlerinin tayfsal kütle oranları sırası 0.88±0.03 ve 0.86±0.05 olarak belirlenmiş ve yörünge parametreleri hesaplanmıştır. Çalışmanın bir sonraki aşamasında literatürdeki ışık eğrileri ile birlikte çözülerek mutlak parametrelerinin belirlenmesi ve evrim durumlarının tartışılması planlanmaktadır.

#### Teşekkür

Bu çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi FHD-2018-2600 Bilimsel Araştırma Projesi (BAP) tarafından desteklenmiştir.

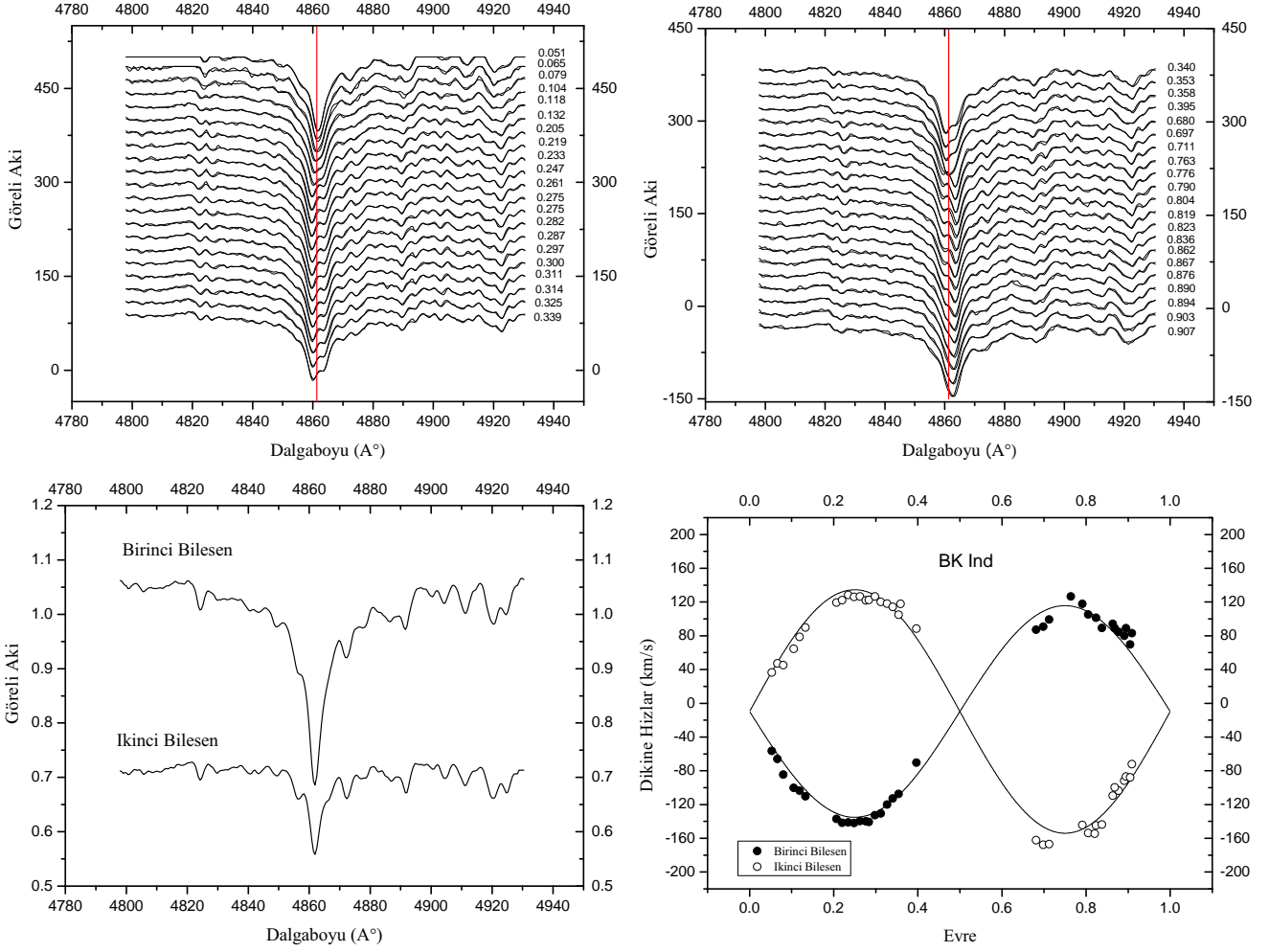
#### Kaynaklar

- Avvakumova, E. A., Malkov, O. Yu., Kniazev, A. Yu.: Eclipsing variables: Catalogue and classification. AN. **334** (2013) 860.  
Hadrava, P.: Orbital elements of multiple spectroscopic stars. A&AS. **114** (1995) 393–396.  
Hadrava, P.: Relative line photometry of eclipsing binaries. A&AS. **122** (1997) 581–584.  
Houk, N.: Michigan catalogue of two-dimensional spectral types for



**Şekil 1.** V4396 Sgr'nin ( $H\beta$  4861.33 Å) gözlemsel tayflarına yapılan KOREL fitleri ve bileşenlere ilişkin ayrıştırılmış tayflar ve bileşenlere ait dikine hız eğrileri.

- the HD stars. Ann Arbor :Dept. of Astronomy, University of Michigan : distributed by University Microfilms International. (1978).  
Kazarovets, E.V., Samus, N.N., Durlevich, O.V., Frolov, M.S., Antipin, S.V., Kireeva, N.N., Pastukhova, E.N.:The 74th Special Name-list of Variable Stars. IBVS. (1999) 4659.  
Malkov, O. Yu., Oblak, E., Snegireva, E. A., Torra, J.:A catalogue of eclipsing variables. A&A. **446** (2006) 785–789.



Şekil 2. BK Ind'in ( $H\beta$  4861.33 Å) gözlemsel tayflarına yapılan KOREL fitleri ve bileşenlere ilişkin ayrıştırılmış tayflar ve bileşenlere ait dikine hız eğrileri.

McDonald, I., Zijlstra, A. A., Boyer, M. L.: Fundamental parameters and infrared excesses of Hipparcos stars. *MNRAS*. **427** (2012) 343–357.

Pojmanski, G.: The All Sky Automated Survey. Catalog of Variable Stars. I. 0 h - 6 h Quarter of the Southern Hemisphere. *AcA*. **52** (2002) 397–427.

Strohmeier, W. Fischer, H. & Ott, H.: Bright Southern BV-Stars. *IBVS*. (1966) 120.

**Erişim:**

045-1745: [UAK-2018 Program](#) — [UAK Bildiri](#) — [Turkish J.A&A](#).