

V471 TAURİ’NİN OTUZ YILLIK GÖZLEMLERİ

Cafer İbanoğlu¹, Ömür Çakırlı, Serdar Evren, Günay Taş

¹Ege Üniversitesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, Fen Fakültesi, 35600, İzmir
ibanoglu@astronomy.sci.ege.edu.tr,

Özet: V471 Tau örten çift yıldızı bir beyaz cüce ve bir kırmızı cüceden oluşur. Bileşenler ortak kütle merkezi çevresinde her $12^{\text{sa}} 30^{\text{dk}} 30^{\text{s}}$ ’de bir kapalı yörünge çizer. Beyaz cücelerin özelliklerini belirleme açısından ilgi çeken bu yıldız, kırmızı cücenin manyetik etkinlik gösterdiği ve ışık eğrisinin bu nedenle değiştiğinin ortaya çıkartılması ile daha çok ilgi çekmeye başlamıştır. Ege Üniversitesi Gözlemevi’nde yapılan sürekli gözlemler ile Hyades kümesinin bir üyesi olan bu çiftin toplam parlaklığının ve yörünge döneminin de zamanla değiştiği gösterilmiştir. Ortalama parlaklığın zamanla değişimi, tutulma derinliğindeki değişim ve yörünge dönemindeki değişimin büyüklüğü ve olası nedenleri bu bildirinin özünü oluşturmaktadır.

Anahtar kelimeler: yıldızlar: değişen yıldızlar:V471 Tau – yıldızlar: dönem değişimi– yıldızlar: manyetik aktivite

Abstract: The eclipsing binary consist of a white-dwarf and a red-dwarf star. The components of the system revolves around the center-of-mass with a period of $12^{\text{h}} 30^{\text{m}} 30^{\text{s}}$. A white-dwarf star belongs to an eclipsing binary allows us to compute properties of a white dwarf. Therefore, the white-dwarf component has been drawn attention. Later, the magnetic activity of K dwarf has been revealed, then, distortion of the light curves has been attributed to this companion. The successive, long-term observations made at Ege University Observatory have clearly revealed that both the mean brightness and the orbital period of the system vary with time. The variations of the mean brightness, of the eclipse’s depth and of the orbital period were given and the plausible causes were discussed.

Key words: stars: variable stars: V471 Tau– stars: period variation– stars: magnetic activities

1. Giriş

V471 Tauri örten çifti 12.5 saat dönemli, bir **DA** beyaz cücesi ile bir **dK2** yıldızından oluşur. Tutulma özelliği ilk kez Nelson & Young (1970) tarafından bulunmuştur. Tutulmalara ek olarak ışık eğrisinde **RS CVn** ve **BY Dra** türü manyetik etkin yıldızlarda görülen dalga benzeri bozulmaların varlığı İbanoğlu (1978) tarafından gösterilmiştir. Bu bulgudan sonra araştırmacıların çoğu K yıldızı ile ilgilenmeye başlamıştır. Young & Capps (1971)’in özdevinim ölçümleri ile çiftin **Hyades** kümesinin bir üyesi olduğu anlaşılmıştır. Böylece, uzaklığı, yaşı ve kimyasal karışımı hemen hemen belli olan bir örten çift ile karşı karşıyayız. Hyades kümesinin anakol dönme noktası $2.5 M_{\odot}$ olduğuna göre beyaz cücenin önceki kütlelerinin alt sınırı belirlenmiştir.

V471 Tau’nun yörünge dönem değişimleri bir çok çalışmanın konusu olmuştur. Bu çalışmalarını üç bölüme ayırabiliriz:

1. O-C değişiminin doğrusal temsili,
2. parabolik değişim,
3. ışık-zaman etkisi.

Bildiri tam metni için : Cafer İBANOĞLU
e-mektup: ibanoglu@astronomy.sci.ege.edu.tr

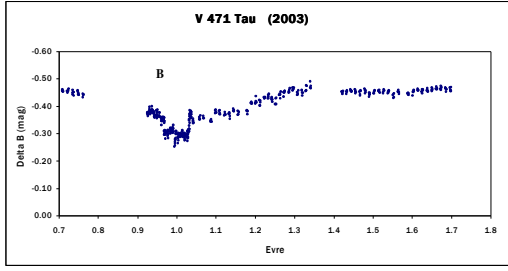
Gözlem verileri çoğaldıkça bu varsayımlardan sonuncusu öne çıkmaya başlamıştır.

2. Gözlemler

Örten çiftin gözlemleri Ege Üniversitesi Gözlemevi’nin 48 cm’lik Cassegrain teleskobu ile geniş band **B** ve **V** süzgeçlerinde yapılmıştır. **BD +16° 515** yıldızı mukayese, **BD +16° 524** yıldızı da mukayese olarak kullanılmıştır. Mukayese yıldızı her yıl denet yıldızı ile birlikte bir kaç gece gözlenerek parlaklığının sabit kalıp kalmadığı denetlenmiştir. Mukayese yıldızına göre değişen parlaklık ölçümleri birim atmosfere indirgenmiştir. Mukayese yıldızı standart yıldızlar ile birlikte gözlenerek fark ışıkölçümleri standart parlaklık ve renklere dönüştürülmüştür. Dizgeyi oluşturan bileşenlerin genel özellikleri Tablo 1’de verilmiştir. Çiftin 2003 yılında **B** bandında elde edilen ışık eğrisi de Şekil 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. V471 Tau sisteminin genel özellikleri.

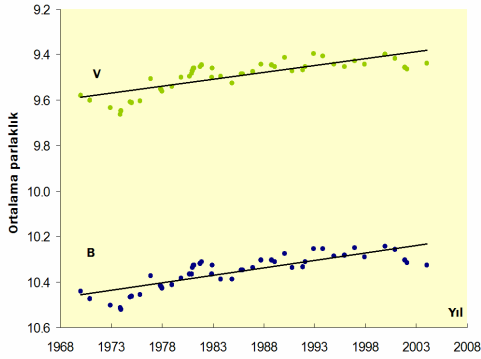
	Kırmızı Cüce	Beyaz Cüce			
Tayf	dK2	DA2			
M/M _⊙	0.93	0.84	V _{max}	B-V	P=12 ^{sa}
T _e (K)	5040	34500	9 ^m .48	0 ^m .76	30 ^{dk} 30s
R/R _⊙	0.96	0.011			
L/L _⊙	0.42	0.146			



Şekil 1. V471 Tau'nun 2003 yılında B süzgecinde elde edilen ışık eğrisi.

3. Ortalama parlaklıktaki değişim

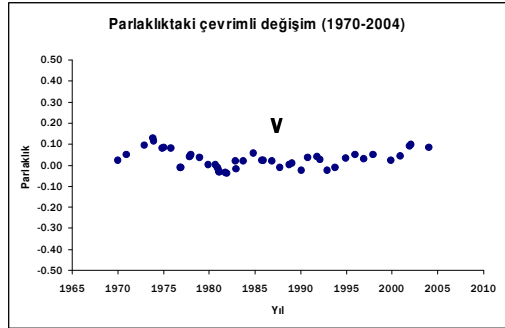
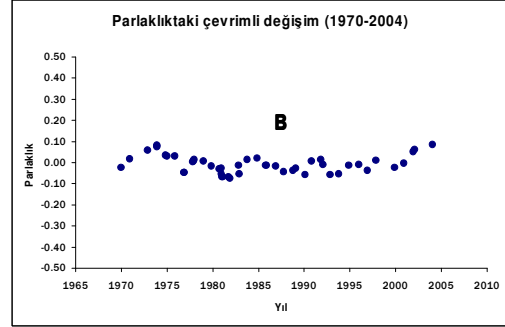
Dizgenin her yıl B ve V bandlarında elde edilen ışık eğrilerinde beyaz cücenin tutulması ile oluşan parlaklık değişiminin görüldüğü **0.06 P**'lik bölüm çıkartılarak ışık eğrisini temsil eden eğri çizilmiştir. 0.05 P aralıklarla parlaklıklar okunmuş ve bunların ortalaması alınarak o yıla ilişkin ortalama parlaklık bulunmuştur. Bu değerler standart parlaklığa dönüştürülmüş olarak zamana göre noktalanmış ve Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. V471 Tau'nun B ve V süzgeçlerinde elde edilen ortalama parlaklık değişimi.

Ortalama parlaklık her iki renkte de zamanla artmaktadır. K yıldızının toplam parlaklığa katkısının %74, beyaz cücenin %26 olması ve beyaz cücenin erkesinin çoğunu kısa dalgaboylarında salması nedeniyle bu parlaklık değişiminin daha çok anakol K yıldızından kaynaklanabileceğini düşünüyoruz. Ortalama parlaklıktaki artma **0.23 kadir yıl⁻¹** dolayındadır. Bu parlaklık değişimini tüm verilerden çıkardığımızda geriye daha küçük genlikli, dönemli olmayan bir değişim kalmaktadır (Şekil 3). Bu değişimin de Güneş'teki **11-yıllık** çevrime karşılık geldiğini ve çevrim uzunluğunun da **6 yıl** dolayında olduğunu düşünüyoruz. Otuz yıllık zaman diliminde görülen

0.23 kadirlik değişimin nedeni konusunda açıklayıcı bir model olmamasına karşın, Güneş örneğinde olduğu gibi daha uzun çevrimli bir değişimden kaynaklanabileceği kanısındayız.

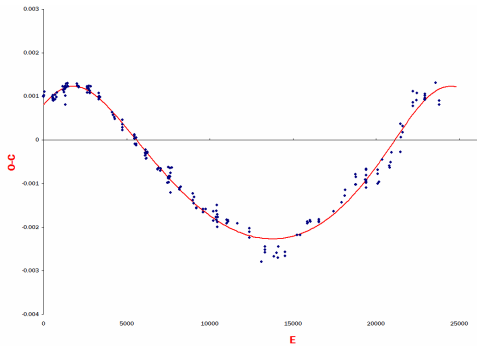


Şekil 3. V471 Tau'nun B ve V süzgeçlerindeki arasında elde edilen küçük genlikli, dönemli olmayan parlaklık değişimi.

4. Yörünge dönemindeki değişimler

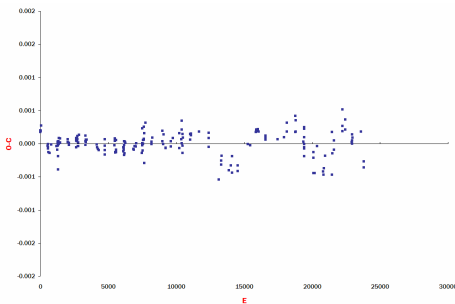
Bileşenlerden birisinin beyaz cüce olması nedeniyle yıldızların dıştan ve içten teğet olma anları arasındaki süre yaklaşık **1 dakikadır** ve büyük bir duyarlıkla ölçülebilmektedir. Bileşenlerin ardışık dıştan teğetleri arasında **49.3**, içten teğetleri arasında ise **47.3 dakikalık** bir süre vardır. Bu zaman dilimleri de duyarlı bir şekilde ölçülebilmektedir. Son otuz yıl boyunca elde edilen O-C değerleri dönem sayısı E 'ye göre noktalanarak Şekil 4'te gösterilmiştir. O-C değerleri önce artmakta, sonra azalmakta ve yeniden artmaktadır. Bu değişim bir sinüs eğrisine benzemektedir. Dolayısı ile O-C eğrisi ışık-zaman etkisi ile analiz edilmiştir. Bu analiz ile örten çiftin ortak kütle merkezi çevresindeki bir dolanımını **32.4** yılda tamamladığı ve bu devriminden dolayı çiftin O-C'si **304 s** genlikli bir değişim gösterdiği bulunmuştur. Bu değerleri kullanırsak, kütle fonksiyonunu $f(M) = 2.68 \times 10^{-5} M_{\odot}$ elde ederiz. Örten çiftin dK ve DA bileşenlerinin kütleleri sırasıyla $0.93 M_{\odot}$ ve $0.84 M_{\odot}$ olarak iyi bilinmektedir. Kütle fonksiyonunu kullanarak üçüncü cismin kütlesi i

açısına bağlı olarak hesaplanmış ve Tablo 2'de verilmiştir. Buna göre, örten çiftin üçüncü cisimle oluşturduğu ortak kütle merkezi çevresindeki yörüngesinin eğim açısı 40° 'den daha büyük ise üçüncü cisim bir yıldız olamaz. Bir gök cisminin merkezinde nükleer tepkimeyi başlatabilmesi için kütesinin en azından $0.07 M_\odot$ olması gerektiğini biliyoruz. Bu bulgulara göre üçüncü bileşenin bir kahverengi cüce olma olasılığı oldukça yüksektir. Guinan & Ribas (2001)'in O-C analizi ise $P_3 \sim 30.5$ yıl, $i_3 \geq 35^\circ$ için $M_3 \leq 0.07 M_\odot$ vermişti. Bu analiz daha önce yayımlanmış az sayıda gözlem verisine dayanmaktadır. Bizim bulduğumuz yörünge dönemi 2 yıl kadar daha uzun ve O-C eğrisinin genliği daha büyüktür.



Şekil 4. V471 Tau örten çift yıldızının O-C eğrisi. Noktalar gözlemleri, sürekli eğri de hesaplanan değerleri göstermektedir.

Işık-zaman etkisinden kaynaklanan O-C değişimleri çıkartıldığında kalan O-C eğişimleri Şekil 5'te gösterilmiştir. Bu değişimler de yaklaşık 5 yıllık bir çevrim içeriyor gibi görünmektedir. Bu çevrim uzunluğu K yıldızının 6 yıllık kısa çevrimli parlaklık değişimleri ile uyumlu gibi görünmektedir.



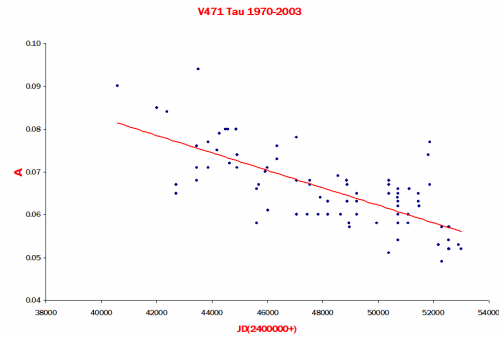
Şekil 5. V471 Tau'nun O-C eğrisinden üçüncü cisim etkisi çıkarıldığında geriye kalan O-C değişimi.

5. Tutulma deriniğindeki değişim

İki yıldızın dıştan teğet olduğu t_1 ve t_4 ile içten teğet olduğu t_2 ve t_3 zamanlarına gelen parlaklıklar tutulma eğrilerinden okunmuş ve

$$[m(t_1) + m(t_4)] / 2 - [m(t_2) \times m(t_3)] / 2$$

farkları oluşturulmuştur. Bu farklar kadir biriminde minimum derinliklerini gösterir. Bu şekilde ölçülen derinlikler zamana göre noktalanmış ve Şekil 6'da gösterilmiştir. Beyaz cücenin tutulmasından kaynaklanan minimum çukurunun B bandındaki derinliği yıldızın örten çift özelliğinin bulunduğu 1970'li yılların başında 0.08 kadir dolayında iken 33 yıl sonra derinlik 0.05 kadire düşmüştür.



Şekil 6. Tutulma derinliğinin zamana göre değişimi.

Bu değişimin iki nedenden ileri gelebileceğini düşünürüz: 1) Beyaz cücenin soğuması, 2) Beyaz cücenin yüzeyinin soğuk bir madde ile kuşatılması. Bunlardan birinci olasılık, oldukça zayıf gibi görünmektedir. Soğumanın doğrusal olduğu varsayımı ile soğuma miktarının $6 K \text{ yıl}^{-1}$ yöresinde olduğunu buluyoruz. Beyaz cücelerde erke üretiminin durduğunu ve yüzeylerinin giderek soğuduğunu biliyoruz. Ancak bu soğuma on milyonlarca yıl almaktadır. Günümüze değin bir beyaz cücenin soğuduğu gözlemler ile de gösterilememiştir. Otuz yıllık bir zaman diliminde bir beyaz cücenin soğumasının gözlemsel olarak ortaya çıkartılması düşük bir olasılık olarak görünmektedir. Dolayısı ile ikinci olasılık olan, beyaz cücenin yüzeyinin soğuk bir madde ile sarılması olasılığı baskın gelmektedir. Ancak, burada da sorunla karşılaşıyoruz. Anadol K yıldızının yarıçapı kritik Roche yarıçapından daha küçüktür. Bu nedenle K yıldızından beyaz cüceye etkin bir kütle aktarımı beklenemez. Clemens ve ark. (1992) beyaz cücenin 9.25 dakikalık dönemli salınımlar gösterdiğini bulmuşlardır. Optik dalagaboyları ve X-ışın salınımlarının 180° evre aralığı ile olmasını K yıldızından rüzgar şeklinde çıkan maddenin beyaz cücenin manyetik

alan çizgilerini izleyerek uçlaklara yığılmasına bağlamışlardır. Bu bulgu Sion ve ark. (1998) tarafından da doğrulanmıştır. Dupuis ve ark. (1997) beyaz cücenin uçlaklarına ulaşan maddenin yumuşak X-ışın dalagaboyunda metal soğurması nedeniyle onun parlaklığını azaltacağını, optik bölgede ise artıracığını ileri sürmüşlerdir. K yıldızından çıkan maddenin beyaz cüceye gidişi sırasında bakış doğrultumundan geçmekte ve metalik soğurma çizgileri oluşmaktadır (bkz. Bond ve ark. 2001). Beyaz cücenin parlaklığının zamanla azalmasının bu madde akışından kaynaklanabileceği savı akla yatkın görünmektedir.

Tablo 2. Üçüncü cismin kütlesi.

i°	M/M_\odot
90	0.045
70	0.047
50	0.058
40	0.07

6. Sonuç

V471 Tauri örten çift yıldızının 1973 - 2003 yılları arasında Ege Üniversitesi Gözlemevi'nde elde edilen verileri incelenerek dizgeye ilişkin yeni bilgiler elde edilmiştir. Dizgenin ortalama parlaklığının sürekli olarak arttığı, ancak renginde bir değişimin görülmediği bulunmuştur. Bu büyük genlikli değişime ek olarak, küçük genlikli ve çevrimli bir değişim de bulunmuştur. Küçük genlikli ve çevrimli değişim anadol K yıldızının manyetik etkinliğine bağlanmıştır. Büyük genlikli

değişimin nedeni tam bilinmemesine karşın, bunun da K yıldızının manyetik etkinlikle daha uzun çevrimli bir değişimi olabileceğini düşünüyoruz. Dizgenin yörünge dönemindeki değişimlere ilişkin yapılan çalışmalar ise, uzun zaman dilimine yayılmış gözlem verilerinin önemini göstermesi açısından ilginç olmuştur. Bu konuda yapılan çalışmalar yeterli veri olmadan, eldeki verilerle araştırmacıların nasıl yanlış öngörülere gidebildiklerini göstermektedir. Bu çalışmada kullanılan ışık-zaman etkisine de şüphe ile bakılması gerektiğine inanıyoruz. O-C eğrisinin en azından iki maksimum ve minimumu elde edildiğinde bu analizin gerçeğe daha yakın olacağı kanısındayız.

7. Kaynaklar

- Bond, H. E, Mullan, D, O'Brien, M. S ve Sion, E. M, 2001 ApJ, 560, 919
 Clemens, J. ve ark. , 1992, ApJ, 391, 773
 Dupuis, J, Vennes, S, Chayer, P, Cully, S. ve Rodriguez-Bell, T, 1997, White Dwarfs, ed. I. Isern Hernanz ve E. Garcia-Berra (Dordrecht: Kluwer), 375
 Guinan E. F, ve Ribas, I. 2001, ApJ, 546, L43
 İbanoğlu, C. 1978, Ap&SS, 57, 219
 Nelson, B, ve Young, A. 1970, PASP, 82, 699
 Sion, E. M, Schaefer, K. G., Bond, H. E, Safer, R. A ve Cheng, F. H., 1998, ApJ, 496, L29
 Young, A, ve Capps, R. W. 1971, ApJ, 166, 81