

RW Tauri'nin Işık Eğrileri ve Analizi

Serhan Yiğen¹, Serdar Evren¹

¹Ege Üniversitesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, Fen Fakültesi, 35100, İzmir
syigen@mail.ege.edu.tr, sevren@astronomy.sci.ege.edu.tr

Özet: RW Tauri, baş minimumu B8Ve tayf türünden anakol bileşeninin K0IV alt dev bileşeni tarafından tam tutulması sonucu oluşan bir Algol sistemidir. MinI'i, görünür parlaklığının 4 saatte yaklaşık 4^m sönmesiyle en derin MinI olarak bilinir. Sistemin bir diğer karakteristik özelliği ise, dönem değişimi göstermesidir. RW Tauri'nin gözlemleri, Ege Üniversitesi Gözlemevi'nin 30 cm'lik Schmidt – Cassegrain türü teleskobuna takılı SSP-5 fotometresiyle 2001 – 2002 gözlem sezonunda, 15 gecede yapılmıştır. Bu gözlemlerden elde edilen ışık eğrilerinin analizinden; yörünge eğikliği 88°.525, baş bileşenin yarıçapı 2.298 R_o, ikinci bileşenin yarıçapı 2.908 R_o ve kütle fonksiyonu 0.01775 olarak elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler: yıldızlar: çift yıldızlar: örten çiftler: Algol türü sistemler – yıldızlar: RW Tauri

Abstract: RW Tauri is an Algol system in which primary minimum is due to the total eclipse of the B8Ve spectral type main-sequence component by its K0IV subgiant companion. Its MinI is the deepest known, with the visual magnitude drops by about 4^m within 4 hours. RW Tauri is showing variation in period, which other characteristic of the system. Using SSP-5 photometer attached to the 30 cm Schmidt – Cassegrain telescope, observations of RW Tauri were made on 15 nights from 2001 to 2002 observation season at the Ege University Observatory. Analysing of the light curves obtained from this observations, inclination of the system was found 88°.525, primary and secondary components' radii were found 2.298 R_o and 2.908 R_o. And also mass function was found 0.01775.

Key words: stars: binary stars: eclipsing binaries: Algol-type systems – stars: RW Tauri

1. Giriş

Algol sistemleri, baş bileşenleri geri B, A ya da erken F tayf türünden anakol yıldızı ve ikinci bileşenleri de Roche lobunu doldurmuş G, K, M tayf türünden, alt dev olan örten çiftlerdir. Bu sistemler, tutulmalar dışında önemli parlaklık değişimi göstermezler. RW Tauri de tam tutulma gösteren bir Algol türü örten çift sistemdir. Sistem, 1905 yılında Fleming tarafından keşfedilmiştir (Plavec 1962). B8Ve tayf türünden baş bileşen, K0IV alt dev bileşen tarafından örtülerek tam tutulma gerçekleşir. Tutulma başlangıcından itibaren sistemin görünür parlaklığı 4 saat içerisinde 4^m sönmektedir. Bu sönme morötesi dalgaboyu yöresinde 5^m den fazladır. Bu yüzden sistem; en derin MinI'e sahip sistem olarak bilinir. Tam tutulma süresi ortalama 80 dakika civarındadır (Bookmyer 1977).

Sistemin ışık eğrileri, Simon (1997) tarafından aşağıdaki gibi verilmiştir:

$$\text{HJD} = 2447525.4486 + 2.768827318E \quad (1)$$

Daha önceki çalışmalarda, O – C hesaplarından yola çıkılarak dönem değişimi gösterdiği kanıtlanmıştır. Dönemdeki bu değişimi ilk belirten kişi Nijland (1922)'dir. Dönem değişimi için; O – C hesaplarından yola çıkılarak sistemde 3. (ve hatta 4.) cisim olduğu ileri sürülmüştür (Dugan ve Wright 1939). Bu varsayımların ardından 1941'de Joy, sistemde görsel parlaklığı 12^m.5, ayrıklığı 1" ve pozisyon açısı 180° olan bir görsel bileşenin varlığını keşfetmiştir (Joy 1942). Ayrıca RW Tauri gaz atımı varlığı tespit edilen ilk örten çift sistem olarak da bilinir. Tutulma sırasında Wyse (1934) tarafından tayfı alınarak salma çizgileri elde edilmiştir. Bu çizgiler Joy (1942, 1947) tarafından detaylı şekilde incelenmiş ve B yıldızının etrafında disk şeklinde gaz yapı olduğu öne sürülmüştür. RW Tauri'nin tutulma dışı parlaklıkları; 0.1 ile 0.4 ve 0.6 ile 0.9 evreler arası alınmaktadır (Gordon 1959). B yıldızının, bir anakol yıldızı olduğu bilinmesine karşın yaşı tam olarak bilinmemektedir (Vesper ve Honeycutt 1993). Olson 1981'deki çalışmasında, RW Tauri'deki Roche lobunu doldurmuş K yıldızından, B yıldızına doğru madde aktarımı olduğunu ve bu yıldızın soğuk yıldız lekelerine sahip olduğunu ileri sürmüştür. Keenan ve Morgan (1951)'in bulduğu M_v(B8V) = - 0.5 kabul edildiğinde; sistemin uzaklık modülü 8.1 ve uzaklığı da 420 pc olarak bulunmaktadır. Ama daha

sonra yapılan gözlemler ve hesaplamaların sonucunda sistemin uzaklık modülünün 7.8 ve uzaklığının da 365 pc olduğu belirlenmiştir. Ayrıca Plavec ve Dobias (1983) yaptıkları çalışmanın sonucunda, RW Tauri'nin dönem değişimi ve uzak UV salma çizgileri ile zayıf bir W Serpentis yıldızı olabileceğini ileri sürmüşlerdir.

2. Gözlemler ve İndirgemeler

RW Tauri'nin gözlemleri, 27 Eylül 2001 ile 19 Mart 2002 tarihleri arasında Ege Üniversitesi Gözlemevi'nin 30 cm'lik Schmidt – Cassegrain türü teleskobuyla, 2001 – 2002 gözlem sezonunda yapılmıştır. Bu gözlemler, SSP-5 fotometresi ve bu fotometreye takılı Hamamatsu R4457 P foto katlandırıcı tüpü ile yapılmıştır. RW Tau'nun toplam 15 gece yapılan gözlemlerinin 14'ünde Johnson UBVR sisteminin B ve V filtreleri, 1 baş minimum gecesinde ise U, B, V ve R filtreleri kullanılmıştır. Bu gözlemlerde, B ve V filtrelerinde toplam 1008'er nokta, U ve R filtrelerinde ise 135'er nokta alınmıştır. Bir gözlem gecesi boyunca izlenen gözlem sırası genellikle aşağıdaki gibi olmuştur:

$$C1 - C1S - V - VS - V - C1 - C1S \quad (2)$$

Burada C1 mukayese yıldızını, V değişen yıldızı ve C1S ile VS ise sırasıyla mukayese ve değişen yıldızına ait gökyüzünü temsil etmektedir. Her bir gözlem noktası için, 10 saniye poz süresi kullanılarak art arda 2 sayım alınmış ve daha sonra bunların ortalaması alınmıştır. Mukayese yıldızının (HD 25626, $m_v = 7^m.95$, A2) ışığını denetlemek için bir denet yıldızı (HD 25296, $m_v = 7^m.31$, G8II) belirlenmiş ve bu yıldız bazı gecelerde gözlenmiştir. Bu gözlemler sonucunda, denet yıldızına göre mukayese yıldızının değişim göstermediği görülmüştür.

RW Tauri'nin bu 15 gecelik gözlem döneminde 3 gece MinI, 1 gece de MinII gözlemi yapılmıştır. Baş minimum ortasının zamanları ise; AVE* (Análisis de Variabilidad Estelar) v2.5 programında Kwee ve van Woerden Methodu (Kwee ve van Woerden 1956) uygulanarak hesaplanmıştır. Bu yöntemle hesaplanan baş minimum zamanları Tablo 1 de verilmiştir:

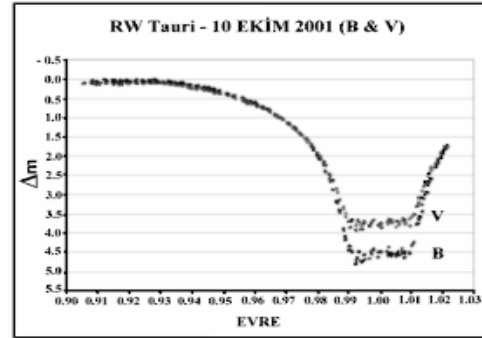
Tablo 1. AVE ile hesaplanan MinI zamanları

Gözlem Tarihleri	Minimum Zamanları (24+...)
10 Ekim 2001	52193.5708

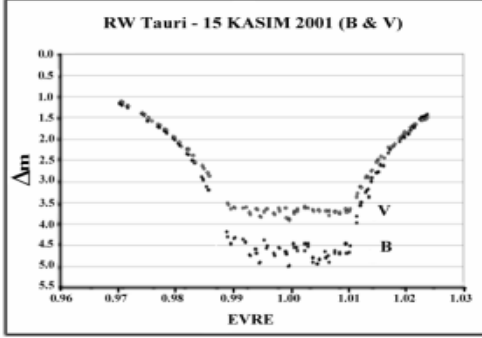
* AVE programı; Rafeal Barbera tarafından yazılmıştır. (<http://www.astrogea.org/soft/AVE/introave.htm>)

15 Kasım 2001	52229.5653
18 Kasım 2001	52232.3345

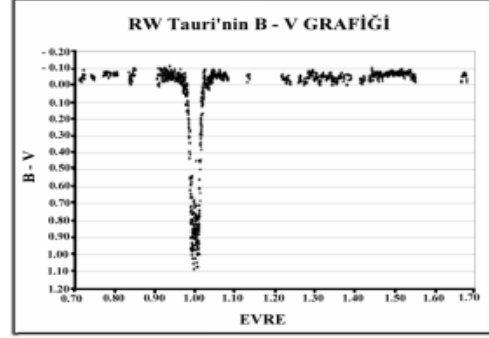
17 Ekim 2001'deki MinII zamanı 2452200.4925 tir. RW Tau çok sıkı bir yan minimuma sahip olduğu için yan minimum AVE ile hesaplanamamıştır. Yan minimum B filtresinde hemen hemen hiç, V filtresinde ise belli belirsiz kendini göstermektedir. Mukayese yıldızının gözlemlerinden, atmosfer sömükleştirmesinin ölçülen parlaklık farklarına etkisini gidermek için yararlanılmıştır. Uzun zaman aralığında gözlem yapılan gecelerde mukayese yıldızının parlaklığı, hava kütlelerine karşılık noktalanarak atmosfer sömükleştirme katsayısı (k) hesaplanmıştır. Uzun zaman aralığında gözlem yapılmayan gecelerde ise; her bir filtre için ortalama "k" değerleri kullanılmıştır. Alınan tüm gözlem zamanlarına "dt" terimi eklenerek, gözlem zamanları Güneş merkezine indirgenmiştir. Bizim indirgemelerimizde; Simon (1997)'un vermiş olduğu başlangıç minimum zamanı ve dönemi kullanılmıştır. 10 Ekim 2001 tarihindeki baş minimum ortası zamanı, kullanılan bu T_0 ile hesaplanan baş minimum ortası zamanından daha erken çıkmıştır. Baş minimum zamanındaki bu fark, önceki araştırmalarında söylendiği gibi RW Tauri'nin dönem değişimi gösteren bir yıldız olduğunu göstermektedir. RW Tauri'nin, 2001 – 2002 gözlem sezonunda Ege Üniversitesi Gözlemeviden yapılan 15 gecelik gözlemlerinden elde edilen ışık eğrileri ve renk eğrisi aşağıda verilmiştir:



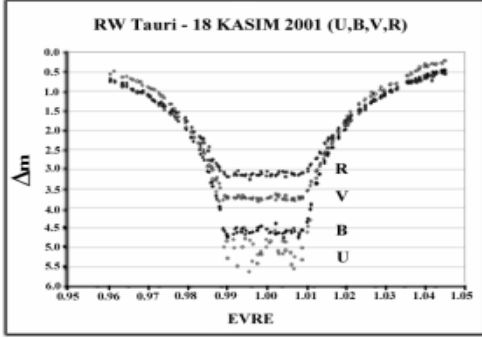
Şekil 1. 10 Ekim 2001 MinI Gözlemi



Şekil 2. 15 Kasım 2001 Mini Gözlemi



Şekil 6. RW Tauri'ni B - V Grafiği



Şekil 3. 18 Kasım 2001 Mini Gözlemi

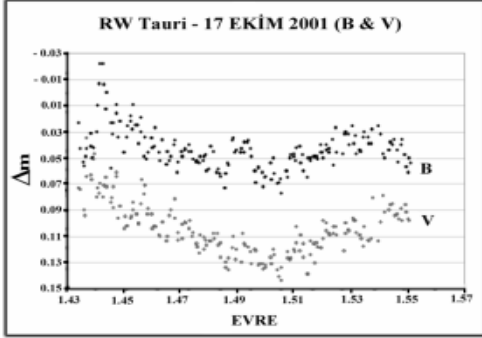
3. Temel Öğelerin Bulunması

RW Tauri'nin temel öğeleri belirlenirken; öncelikle ışık eğrisinden ortalama maksimum parlaklığı hesaplanmış ve $m_o = 8^m.041$ bulunmuştur. Bu bulunan parlaklık tüm gözlenen parlaklıklardan çıkartılmış ve daha sonra aşağıdaki bağıntı kullanılarak elde edilen parlaklıklar yeğlinliğe dönüştürülmüştür:

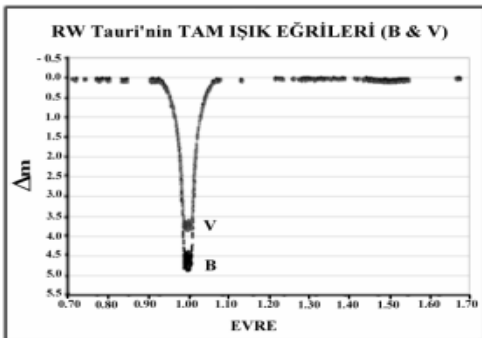
$$\ell = 10^{-0.4(m_v - m_o)} \quad (3)$$

Sonra evreye karşı bu ℓ değerleri noktalanıp, Şekil 7.'teki grafik elde edilmiştir. RW Tauri'nin yan minimumunun çok sığ olması ve tutulma ortasında yeğlinliğin sabit kalmaması, bu minimum çukurunun örtülmeye karşılık geldiğini gösterir. Grafikten 0.0 evre için $\ell_o^{oc} = 0.035397$ bulunmuştur. Herhangi bir evredeki yeğnilik ise aşağıdaki bağıntı ile elde edilmiştir:

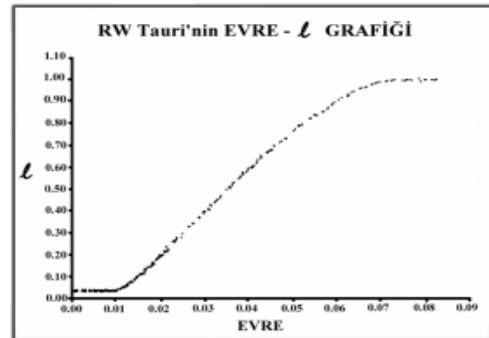
$$\ell = 1 - (1 - \ell_o^{oc}) \quad (4)$$



Şekil 4. 17 Ekim 2001 MinII Gözlemi



Şekil 5. Tüm gözlemlerden elde edilen ışık eğrileri



Şekil 7. Evre - ℓ Grafiği

RW Tauri'nin ışık eğrileri Russell Yöntemi (Russell ve Merrill 1953) ile çözümlenmiş ve sistemin bazı parametreleri elde edilmiştir. Bu yöntemi kullanarak sistemin yörünge eğikliği (i)

açısı), kütle fonksiyonu, bileşenlerin kesirsel yarıçapları, R_{\odot} biriminde yarıçapları, asini ve bileşenlerin toplam parlaklığa katkısı bulunmuştur. RW Tauri'nin ışık eğrilerinden elde ettiklerimiz ve bulduğumuz değerlerin daha önce bulunan değerlerle karşılaştırması "Sonuçlar" bölümünde verilmektedir.

4. Sonuçlar

Bu çalışmamızdaki asıl amacımız; bir çok özelliği ile ilk olma sıfatlarına sahip olan RW Tauri'nin ışık eğrilerini elde etmek ve bu ışık eğrilerinden

sistemin bazı parametrelerini bulmaktır. Bu parametrelerden yörünge eğikliğini ve asini'yi biz $88^{\circ}.525$ ve $2.16 R_{\odot}$ bulurken, Terrell ve ark. (1992) 90° ve $1.58 R_{\odot}$ bulmuşlardır. Ayrıca kütle fonksiyonu ve kesirsel yarıçaplar oranını biz sırasıyla 0.01775 ve 0.7908 olarak elde ederken, 1959'daki çalışmasında Grant 0.0134 ve 0.7513 olarak vermiştir.

Elde ettiğimiz tüm sonuçlar ve bu sonuçların önceki çalışmalardaki sonuçlar ile karşılaştırmaları Tablo 2 de verilmiştir. Bu sonuçların büyük kısmı daha önce yapılan çalışmalarla uyum içerisindedir.

Tablo 2. Elde Ettiğimiz Sonuçlar ve Diğer Çalışmalardaki Sonuçlarla Karşılaştırılması

	Bizim Sonuçlarımız		Diğer Çalışmalarda Verilen Sonuçlar	
Yörünge Eğikliği (i)	88°.525		90°.000	(Terrell ve ark. 1992)
asini	2.16 R_{\odot}		1.58 R_{\odot}	(Terrell ve ark. 1992)
Kütle Fonksiyonu (f_m)	0.01775		0.01340	(Grant 1959)
Kütle Oranı (q)	-----		0.22580	(Terrell ve ark. 1992)
Baş Bileşenin Kütlesi (M_1)	-----		2.43 M_{\odot}	(Hamme ve Wilson 1990)
İkinci Bileşenin Kütlesi (M_2)	-----		0.55 M_{\odot}	(Hamme ve Wilson 1990)
Baş Bileşenin Toplam Parlaklığa V Bandındaki Katkısı	% 96.46		% 96.01	(Grant 1959)
İkinci Bileşenin Toplam Parlaklığa V Bandındaki Katkısı	% 03.54		% 03.99	(Grant 1959)
Baş Bileşenin Kesirsel Yarıçapı (r_1)	0.1960		0.1852	(Grant 1959)
İkinci Bileşenin Kesirsel Yarıçapı (r_2)	0.2480		0.2465	(Grant 1959)
Kesirsel Yarıçaplar Oranı (r_1 / r_2)	0.7908		0.7513	(Grant 1959)
Baş Bileşenin Yarıçapı (R_1)	2.298 R_{\odot}		2.060 R_{\odot}	(Grant 1959)
İkinci Bileşenin Yarıçapı (R_2)	2.908 R_{\odot}		2.740 R_{\odot}	(Grant 1959)
	B Filtresi	V Filtresi	B Filtresi	V Filtresi
Tam Tutulma Süresi (d)	84.097 dk.	84.720 dk.	-----	----- (Bu Çalışma)
Omuzlar Arası Geçen Süre (D)	9.7687 saat	9.6491 saat	-----	----- (Bu Çalışma)
Tutulmalar Dışı Ortalama Maksimum Parlaklığı	08 ^m .0960	08 ^m .0410	08 ^m .1000	08 ^m .0200 (Bookmyer 1977)
Ortalama Minimum Parlaklığı	12 ^m .6861	11 ^m .6973	12 ^m .5190	11 ^m .4720 (Grant 1959)
Baş Minimum Derinliği	04 ^m .5640	03 ^m .7710	04 ^m .4850	03 ^m .4970 (Grant 1959)

5. Kaynaklar

- Bookmyer, B. B., 1977, Pub. A.S.P., 89, 533.
Dugan, R. S., and Wright, F. H. 1939, Contr. Princeton Obs., No. 19.
Grant, G. 1959, ApJ, 129, 62.
Hamme, W. V., ve Wilson, R. E. 1990- AJ, 100,1981.
Joy, A. H. 1942, Pub. A.S.P., 54, 35.
Joy, A. H. 1947, Pub. A.S.P., 59, 171.
Keenan, P. C., ve Morgan, W. W. 1951,in Astrophysics, ed. J. A. Hynek (New York: McGraw-Hill Book Co.), sayfa 12.
Kwee, K.K. ve van Woerden, H., 1956, Bull. Astr. Inst. Netherlands, 12, 327, (No. 464).
Nijland, A. A. 1922, Bull. Astr. Inst. Netherlands, 1, 25.
Olson, E. C. 1981, ApJ., 250, 704
Plavec, M., 1962, Bull. Astr. Inst. Czech., 13, 224.
Plavec, M. J., ve Dobias, J. J. 1983, ApJ., 272, 206.
Russell, H. N., ve Merrill, J. E. 1953, Princeton Contr., Vol. 26.
Simon, V., 1997, A&A, 319, 886.
Terrell, D., Mukherjee, J. D., ve Wilson R. E. 1992, Binary Stars, A Picture Book, (Mabar, FL, Kriepel).
Vesper, D. N., ve Honeycutt, R. K. 1993, Pub. A.S.P., 105, 731.
Wyse, A. B. 1934, Lick Obs. Bull., 17, 42.