

ALGOL TÜRÜ ÖRTEN ÇİFT YILDIZLARIN IŞIKÖLÇÜM VE TAYF GÖZLEMLERİ

C. İBANOĞLU, S. EVREN, G. TAŞ, Ö. ÇAKIRLI, Z. BOZKURT,
M. AFŞAR,
E. SİPAHİ, H. A. DAL, O. ÖZDARCAN, D. Z. ÇAMURDAN, M.
ÇAMURDAN

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

Özet:

Hipparcos uydusu ile keşfedilen 13 örten çift yıldızın ışıkölçüm ve tayf gözlemleri yapılmıştır. Örten çift olduğu daha önceden bilinen zonklayan yıldız bileşenli HD 172189 ve kuvvetli salma çizgileri gösteren disk yapılı AW Peg yıldızı da listeye alınmıştır. AW Peg'in ışıkölçüm verileri daha önce elde edildiğinden yalnızca tayf gözlemleri yapılmıştır. Seçilen yıldızlardan 14'ünün ışıkölçüm ve tayf gözlemleri iki yıl gibi kısa bir sürede bitirilmiştir. CP Psc sönük olduğundan tayfı alınamamıştır. Işıkölçüm gözlemleri Ege Üniversitesi Gözlemevi'nin 48, 40 ve 35 cm'lik teleskopları ile yapılmıştır. Üç kanallı hızlı ışıkölçeri, CCD kameralar ve UBV süzgeçleri kullanılmıştır. Tayf gözlemler Catania Astrofizik Gözlemevi'nin 91 cm, TÜBİTAK TUG'un 150 ve David Dunlap Gözlemevi'nin 188 cm'lik teleskopları ile yapılmıştır.

UBV ışıkölçümleri standart düzeneğe dönüştürülmüş, renk-renk diyagramları ve yıldızlararası ortamın etkisinden bağımsız geniş-band Q-parametresi kullanılarak $E(B-V)$ ve baş yıldızın etkin sıcaklığı T_e belirlenmiştir. Bu sıcaklık yıldızın tayfı ile karşılaştırılmıştır. Işık eğrilerinin analizinde temel öge olan baş yıldızın etkin sıcaklığı duyarlı olarak bulunduktan sonra ışık eğrileri ve dikine hız verileri ortak olarak analiz edilmiş, bileşen yıldızların temel ögeleri kütle, yarıçap, sıcaklık ve ışıtmaları bulunmuştur.

Yıldızların bulunan salt ögeleri kuramsal modellerle karşılaştırılmış, evrim durumları ortaya çıkartılmıştır. Bileşenlerin ışımsal özellikleri ve yıldızlararası kızılşama değerleri kullanılarak uzaklıklar hesaplanmıştır. Bulunan sonuçlar bölüm

bölüm yayına gönderilmiş, MNRAS 380, 1422 (2007); 384, 331 (2008) yayınlanmış ve birisi de baskıdadır. Dördüncü makale de tamamlanmış, aynı dergiye gönderilmiştir. TÜBİTAK tarafından desteklenen bir proje kapsamında yürütülen bu çalışma yoğun bir emeğin ürünü olup ortak çalışmaların nasıl yürütüleceği konusunda araştırmacılara deneyim kazandırması açısından da olumlu olmuştur.

Anahtar Kelimeler örten çift yıldızlar, ışıkölçüm, tayf, salt öğeler

Abstract

Photometric and spectroscopic observations of the 13 eclipsing binary systems, discovered by the Hipparcos mission, have been carried out. The eclipsing binary HD172189 with pulsating component and the system AW Peg which has a disk-structure and shows strong emission lines were also included into the list. Since the photometric observations of AW Peg are in hand we obtained its spectroscopic observations. Photometric and spectroscopic observations of the selected 14 systems were completed in two years. Since its faintness we could not obtain spectra of CP Psc. Photometric observations were obtained with the 48, 40 and 35 cm telescopes of the Ege University Observatory. The high-speed three channel photometer, CCD cameras and the standard UBV filters were used. The spectroscopic observations were made with the 91-cm telescope of the Catania astrophysical Observatory, 150-cm telescope of the TUBITAK-TUG and 188-cm telescope of the David Dunlap Observatory.

The UBV measurements were transformed to the standard system; using the color-color diagram and interstellar-free Q parameter of the wide-band photometry we derived the interstellar reddening $E(B-V)$ and the effective temperature of the primary components. The temperature derived from the UBV data was compared with the spectra of the star. The effective temperature of the hotter component, being the most important parameter in the light curve analysis, was determined accurately the light curves and the radial velocities were analyzed simultaneously and the principal parameters mass, radius, temperature and the luminosity of the stars were calculated.

The absolute parameters of the stars were compared with the theoretical stellar models and their evolutionary states were revealed. Using the light properties of the components and the interstellar reddening we derived the distances to the systems. The results

obtained in this study were published in a series of paper MNRAS as seperate three papers, and the forth is now in the journal. This study supported by the TÜBİTAK is a result of an intense work which gained an experience to the co-workers for such a common study.

Key Words: eclipsing binary stars, photometry, spectroscopy, absolute parameters

GİRİŞ

Etkileşen, ayırık ve yarı-ayırık örten çift yıldızlar olarak sınıflandırılan Algol dizgeleri astrofiziğin önemli laboratuvarlarıdır. Ayırık dizgeler genellikle genç, evrimin ilk adımlarında olan yıldızlardan oluşur. Yarı-ayırık dizgelerin küçük kütleli bileşenleri (yoldaş yıldız) Roche şişimini doldurmuş, soğuk, F-K tayf türü aralığında ve III-IV ısıtma sınıfındandır. Büyük kütleli baş bileşenler ise genellikle sıcak, B-A tayf türünden anakol yıldızıdır. Küçük kütleli bileşenlerin evrim bakımından daha ileride görünmesi, bu sistemleri ilginç araştırma alanları yapmıştır. Bileşenlerden soğuk, Roche şişimini doldurmuş ve toplam ışınlama %5-10'luk katkısı olan yoldaş yıldızın, büyük kütleli sıcak anakol yıldızından evrim bakımından daha ileride olması yıldızların evrim kuramına ters bir durum yaratır. Literatürde “*Algol Paradoksu*” olarak tanımlanan bu olay; şimdi küçük kütleli görünen yıldızın, başlangıçta büyük kütleli olduğu, öteki bileşene göre daha hızlı evrimleşerek kütesinin bir kısmını küçük kütleli bileşene verirken bir bölümünü kaybettiği şeklinde açıklanır (Kopal 1955; Struve ve Huang 1957). Bileşenler arasındaki kütle aktarımının büyüklüğü ve kararlılığının ortaya çıkartılması, Algol türü örten çiftlerin ayrıntılı olarak incelenmesinin önemini ortaya koymuştur. Çeşitli ışıkölçüm yöntemleriyle (CCD, hızlı ışıkölçüm) optik pencerenin farklı bölgelerinde elde edilecek ışık eğrileri ve sisteme ilişkin tutulma zamanlarının incelenmesi ve analizi ile bir dizgenin fiziksel ve geometrik öğeleriyle bileşenler arası madde aktarımı sınırlı da olsa incelenebilmektedir.

Algol türü örten çift sistemlerin tüm evreleri kapsayacak şekilde yüksek çözünürlüklü tayfsal gözlemleri, ışıkölçüm yöntemleri ile yanıtlanamayan bir çok sorunun çözümüne olanak sağlar. Evrim bakımından önde görünen küçük kütleli bileşenler bir yandan sıcak anakol bileşenine madde verirken bir yandan da yüzeylerinde Güneş benzeri düzensizlikler gösterirler. Bu yıldızların tayflarındaki Mg I, FeII, Ti II, Fe I, Ca I gibi çizgiler manyetik etkinliktен fazlaca etkilenmez. Bileşen yıldızların kütlelerine götürecek olan dikine hız eğrilerinin elde edilmesinde genellikle bu çizgiler kullanılır. Dikine hız eğrilerinin analizi ve tayf çizgilerindeki genişlemeler kullanılarak bileşenlerin kütleleri ve yarıçapları dolaysız olarak

bulunur. Bu iki öge yıldızların en temel fiziksel ögesidir. Tayf çizgilerindeki genişleme aynı zamanda bileşenlerin kendi eksenleri çevresindeki dönme hızlarını bulmamızı sağlar. Algol yıldızlarında madde alan büyük kütleli bileşenler genellikle hızlı dönen yıldızlardır. Tüm evrelere yayılmış H_{α} , H_{β} tayf çizgilerinin ayrıntılı olarak incelenmesi ile bileşenler arasındaki madde aktarımının hızı, yoğunluğu ve akan maddenin dinamiği ile ilgili önemli ip uçları elde edilir. Bu çizgilerin yörünge evresine bağlı olarak değişimi ile yalnızca madde aktarımına ilişkin bilgi elde edilmeyip, aynı zamanda bileşenlerin fotosferlerindeki düzensizlikler de ortaya çıkartılabilir.

Algol türü sistemlerdeki geri tayf türünden yoldaş yıldızlar aynı tayf türünden tek yıldızlara göre daha hızlı dönerler. Bu yüksek dönme hızı ve derin konvektif katmanlar onlarda güçlü manyetik etkinlik doğurur. Bu yıldızlara “*manyetik aktif yıldızlar*” denir (Hall 1976, 1987). Manyetik aktivite kendisini radyo bölgesinden X-ışın bölgesine değin geniş bir aralıkta gösterir (White ve ark. 1986; Hjellming ve Webbink 1987). Yüzey yapılarındaki düzensizliklerin varlığı, konumları ve özellikleri çokrenk ışıkölçüm ve tayfsal gözlemlerle ortaya çıkartılabilir. Tutulma zamanlarındaki çevrimli kaymanın ortaya çıkartılması ve parlaklık, tayf değişimleri kullanılarak güneş benzeri manyetik etkinliklerin çevrimi belirlenebilir. Burada belirttiğimiz olayların çoğu RS CVn türü yıldızlarda görülen genel özelliklerdir (Guinan ve Gimenez 1993). RS CVn türü sistemlerde bileşenlerin kütleleri ve ısıtmaları birbirine yakınken, Algollerde evrimleşmiş soğuk bileşenin toplam parlaklığa katkısı %5 ile %10 arasında kalır. Manyetik aktivitenin temel belirteci olan Ca II H ve K çizgileri ile H_{α} çizgisi yüksek madde aktarımı ve disk oluşumu gibi olaylar nedeniyle Algol’lerde bastırılmakta ve manyetik etkinlik tam olarak ortaya çıkartılamamaktadır.

Günümüzde yüksek çözünürlüklü tayfsal gözlemler ile yakın çiftlerin bileşenlerinin çok duyarlı dikine hız eğrileri elde edilebilmekte ve bu eğrilerin analizi ile bileşenler arasındaki uzaklık, bileşenlerin kütleleri ve yarıçapları neredeyse %1 duyarlılıkla bulunabilmektedir (Southworth and Clausen 2007). Bileşenler arasındaki maddeye duyarlı çizgiler incelenerek madde aktarımının varlığı ve etkinliği konusunda bilgi edinilir. Manyetik etkinliğe duyarlı çizgilerden de manyetik etkinlik düzeyi ve olası çevrimler saptanabilir. Bileşenler arasındaki madde alış-verişi ve manyetik etkinlik gibi olaylar kendisini ışıkölçümde de göstermekte; ancak, duyarlı bilgilere bu ikisinin birleştirilmesi ile ulaşılabilir. Bu çalışmada yer alan yıldızların çoğunun ışıkölçümleri ve tayfsal gözlemleri ilk kez yapılmaktadır. Dolayısı ile bu yıldızların kütle

aktarımı yapıp yapmadıkları ve RS CVn türü özellikler gösterip göstermedikleri bu çalışma ile ortaya çıkartılacaktır. Seçilen yıldızların yörünge dönemlerinin uzun olması, bazılarının yörünge dönemlerinin hiç bilinmemesi çok yoğun bir çalışmayı gerektirmiştir.

Bu çalışmamızda Algol türü yıldızlara benzer özellikler gösteren, seçilmiş bir grup yıldızın optik pencerenin değişik dalgalaboylarında CCD ışıkölçümü ve yüksek çözünürlüklü tayfsal çalışması amaçlanmıştır. Çokrenk ışık eğrileri ve dikine hız eğrilerinin analizi ile dizgelerin yörünge özellikleri ve bileşen yıldızların kütle, yarıçap, sıcaklık ve ısıtmalarının bulunması hedeflenmiştir. Tutulma zamanları kullanılarak, daha önce kabaca bulunan yörünge dönemlerinin daha duyarlı olarak belirlenmesi ve varsa yörünge dönemlerindeki değişimlerin ortaya çıkartılması düşünülmüştür. Yıldızların yapılarına ilişkin ilk bilgiler, Yer konuşlu teleskoplarla yaptığımız ışıkölçüm ve tayf gözlemleri sayesinde, bu çalışma ile ortaya çıkartılmıştır. Bulunan sonuçlar kuramsal modellerle karşılaştırılarak modellerin test edilmesi sağlanmıştır. İncelenen yıldızların evrim durumları ve uzaklıkları ilk kez bu çalışma ile belirlenmiştir.

2. GEREÇ ve YÖNTEM

2.1. Işıkölçüm Gözlemleri

Bu çalışmada incelenen dizgelerin ışıkölçüm gözlemleri, Ege Üniversitesi Gözlemevi'nin (EUO) 35 ve 40 cm çaplı "Meade LX200 GPS" ve 48 cm'lik Cassegrain türü teleskopları ve bunlara bağlı Apogee CCD ışıkölçerleri ve foton sayma tekniğine dayalı üç-kanallı hızlı-ışıkölçer ile yapılmıştır. Işıkölçüm gözlemleri 2004 Temmuz ayında başlamış ve Kasım 2007'ye değin sürdürülmüştür. Gözlemlerde geniş band standart UBV süzgeçleri kullanılmıştır. Yoğun bir emek sonucu 14 dizgenin üç renk ışık eğrileri ilk kez elde edilmiştir. AW Peg'in ışık eğrileri daha önce Derman ve Demircan (1992) tarafından elde edildiğinden ışık eğrisinin yeniden elde edilmesi düşünülmemiştir.

Bu çalışmada incelenen değişen ve mukayese yıldızlarının SIMBAD/ HIPPARCOS kataloglarında yer alan özelliklerini Çizelge 1'de veriyoruz. Işıkölçüm gözlemlerinde kullanılan aletler, gözlem aralığı, gözlem yanlışlarına ilişkin bilgiler Çizelge 2'de her yıldız için ayrı ayrı özetlenmiştir.

Kataloglarda verilen renk ve parlaklıklar çok güvenilir olmadığından değişen ve mukayese yıldızlarının standart renk ve

parlaklıklarının belirlenmesi için bir dizi standart yıldız her üç teleskopta da gözlenerek standart düzeneğe dönüşüm katsayıları elde edilmiştir.

Bulunan dönüşüm katsayıları:

$$V = v_0 - 0.17(23)(B - V) + 19.018(16)$$

$$B - V = 1.100(17)(b - v)_0 + 1.239(12)$$

$$U - B = 0.899(23)(u - b)_0 - 1.234(17)$$

Burada v_0 , $(b - v)_0$ ve $(u - b)_0$ yer atmosferinin etkisinden arındırılmış aletsel parlaklık ve renklerdir. Parantez içerisinde verilen değerler ise standart yanlışlıklardır.

Çizelge 1. Seçilen yıldızların parlaklık, renk ve dönemleri

Yıldız	V	B-V	P(gün)
V377 And	7.52	-0.04	8.13
LL Aqr	9.21	0.56	20.18
V1470 Aql	7.88	-0.02	0.83
V1665 Aql	8.11	0.16	3.88
AG Ari	8.14	0.14	1.96
V799 Cas	8.83	0.11	7.70
V2080 Cyg	7.40	0.42	4.93
MP Del	7.53	0.32	21.34
V539 Lyr	7.27	-0.03	bilinmiyor
V2365 Oph	8.86	0.26	4.87
AW Peg	7.59	0.28	10.62
BX Psc	7.56	0.32	3.86
CP Psc	10.63	0.58	0.68
HD 172189	8.78	0.35	5.70
NSV 20915	8.26	0.36	10.87

Yıldız	Gözlem Aralığı (HJD-2450000)	Teleskop	Süzgeç	Gec e Sayısı	Gözl em Noktası Sayısı	σ_U (mag)	σ_B (mag)	σ_V (mag)
V377 And	3947 - 4414	T48 ^a , T40 ^b , T35 ^c	UBV	47	2002	0.012	0.008	0.009
LL Aqr	3941 – 4392	T48, T35	UBV	64	1965	0.031	0.015	0.013
V1470 Aql	3902 - 4307	T48, T40, T35, RTT150 ^d	UBV	18	1984	0.014	0.007	0.006
V1665 Aql	3511 – 3930	T48, T35	UBV	35	1155	0.011	0.005	0.007
AG Ari	3729 – 4086	T48, T35	UBV	29	1366	0.011	0.005	0.007
V799 Cas	3688 – 4082	T48, T35	UBV	33	1439	0.023	0.010	0.010
V2080 Cyg	3816 – 4279	T48, T40, T35	UBV	38	1235	0.019	0.009	0.006
MP Del	3828 – 4306	T48, T35	UBV	60	2449	0.022	0.012	0.011
V539 Lyr	3782 – 4395	T48, T40, T35	UBV	178	2629	0.011	0.011	0.008
V2365 Oph	3827 – 4271	T48, T40, T35	UBV	39	2385	0.019	0.009	0.006
AW Peg	-	-	-	-	-	-	-	-
BX Psc	3998 – 4354	T48, T35	UBV	41	1955	0.012	0.008	0.008
CP Psc	3696 - 4360	T48, T40, RTT150	UBV	15	3495	0.010	0.006	0.008
HD 172189	3835 - 4374	T48, T40, T35	UBV	50	3563	0.037	0.019	0.018
NSV 20913	3860 – 4282	T48, T35	UBV	32	1470	0.010	0.006	0.008

Çizelge 2. Işıkkölçüm gözlemlerine ilişkin bilgiler.

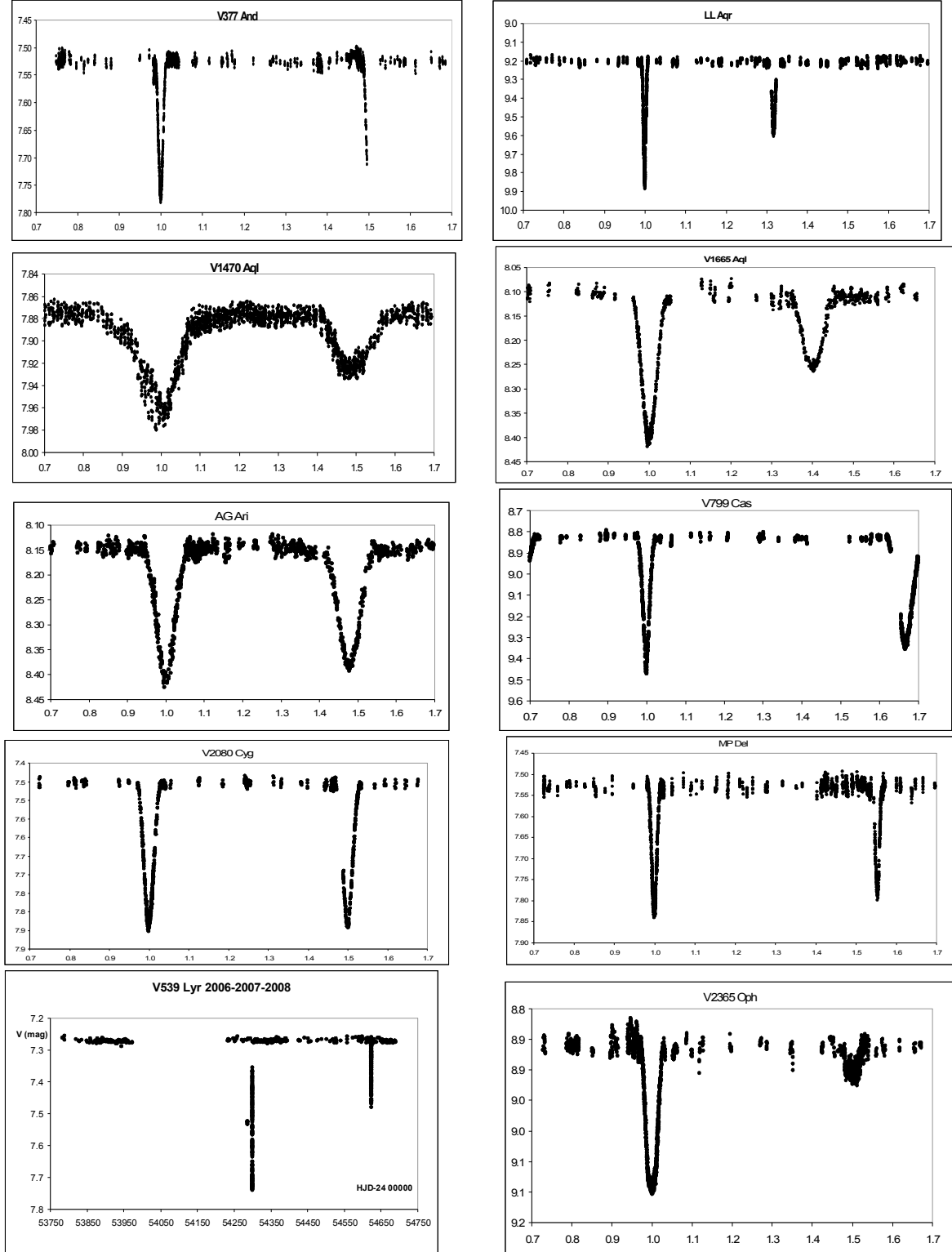
a: Ege Üniversitesi Gözlemevi'nin 48 cm çaplı Cassegrain türü aynalı teleskobu

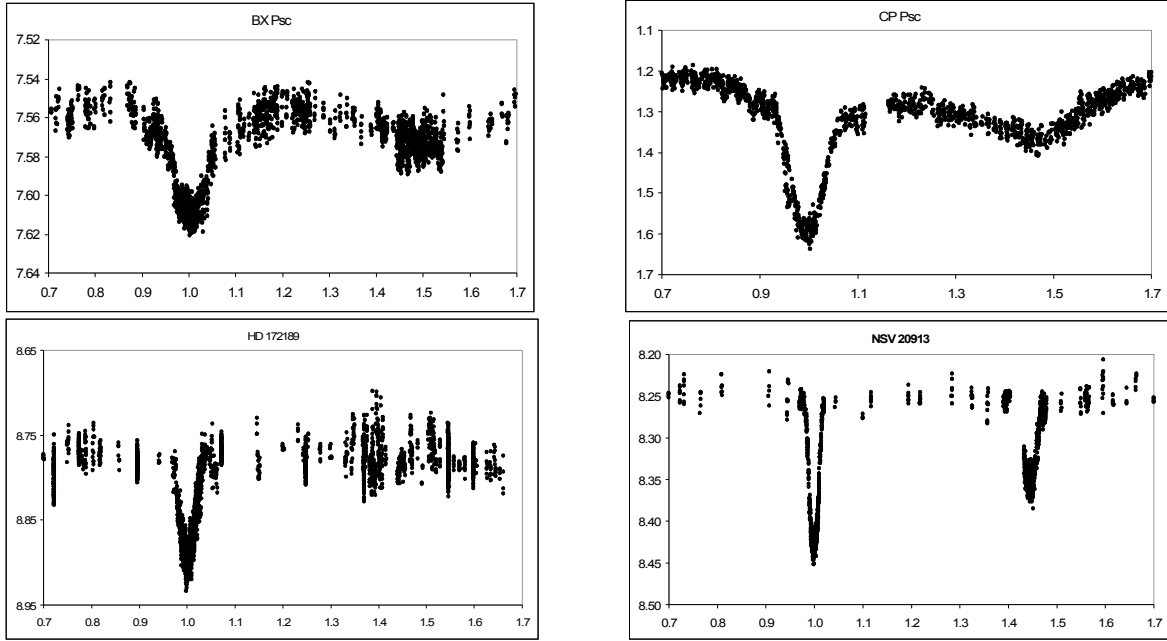
b: Ege Üniversitesi Gözlemevi'nin 40 cm çaplı Meade LX200 GPS model teleskobu

c: Ege Üniversitesi Gözlemevi'nin 35 cm çaplı Meade LX200 GPS model teleskobu

d: TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nin 150 cm çaplı Rus-Türk teleskobu

Seçilen ayırık örten çift yıldızların elde edilen V-bandı ışık eğrilerini toplu olarak Şekil 1’de gösteriyoruz.





Şekil 1. Algol türü örten çift yıldızların V-bandı ışık eğrileri. V539 Lyr yıldızı dışında tüm yıldızların grafiğinde yatay eksen evre, düşey eksen standart V parlaklığıdır. V539 Lyr sisteminin dönemi proje süresi içinde belirlenemediğinden yıldızın ışık değişimi grafiğinde yatay eksen Julyen Günü ile verilmiştir.

2.2 Tayfsal gözlemler

Tayfsal gözlemlerin çoğu Catania Astrofizik Enstitüsü'nün (İtalya, CAO) 91 cm teleskobu ve yüksek çözünürlüklü FRESCO tayfölçeri ile yapılmıştır. Echelle tayfçekeri fiber optik kablo ile teleskoba bağlı olup kubbe tabanında sabittir. Tayflar arkadan aydınlatmalı 1024x1024 piksel boyutlu SITE CCD kameraya kaydedilmektedir. 300 çizgi/mm'lik ağ ile 4300-6800 Å tayf aralığı 22000 çözünürlüklü 19 sıraya (order) ayrılmaktadır. Dokuzuncu kadırdan bir yıldız için sinyal/görüntü (S/N) oranı 400 dolayındadır.

TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nden (TUG) çok az gözlem zamanı alınabilmiş, bazı yıldızların tayfsal gözlemleri 150 cm'lik teleskop ve ona bağlı echelle tayfçeker ile yapılabilmektedir. SAO RAS 1Kx1K N2 CCD dedektörü 40000 çözünürlüklü kameraya bağlıdır. Bu kamera ile 3900-8700 Å'lük tayf aralığı 68 echelle sırasına yayılır. S/N oranı gözlenen yıldızın parlaklığına ve atmosfer koşullarına bağlı olup 9.cu kadırdan bir yıldız için 40 dolayındadır.

Çizelge 3. Tayfsal gözlemlere ilişkin bilgiler.

Yıldız	Gözlem Aralığı HJD – 2450000	Teleskop	Gec e Sayı sı	Poz süresi (sn)	S/N	$\sigma (V_r)$ (km s^{-1})
V377 And	3948 - 4338	CAO91 ^a	12	2400, 3600	80	10
LL Aqr	4327 - 4364	CAO91	10	3000, 3600	55	2
V1470 Aql	3908 - 4374	CAO91, RTT150 ^b , DDO190 ^c	30	1200, 2400, 2700, 3600	40, 70, 80, 250	
V1665 Aql	3583 - 3614	CAO91	13	2400	80	12
AG Ari	3948 - 3979	CAO91	12	3600	80	10
V799 Cas	3948 - 4374	CAO91, DDO190	7	1200, 3600	80, 250	3, 10
V2080 Cyg	3583- 3614	CAO91	13	2400	100	4
MP Del	4327 - 4374	CAO91, DDO190	17	1200, 2400	75, 250	3
V539 Lyr	3948 - 4374	CAO91, DDO190	30	1200, 3600	80, 250	3, 10
V2365 Oph	3948 - 3986	CAO91, RTT150	18	2700, 3600	35, 80	2, 10
AW Peg	3583 - 3614	CAO91	14	2400	90	8
BX Psc	3948 - 4374	CAO91, DDO190	26	1200, 2400, 3600	80, 250	3, 10
CP Psc	-	-	-	-	-	-
HD 172189	3583 - 4244	CAO91, RTT150	19	2400, 3900	35, 80	14
NSV 20913	3906 - 4244	RTT150	5	3600, 3900	40	3

a: Catania Astrofizik Gözlemevi'nin 91 cm çaplı teleskobu (Sicilya).

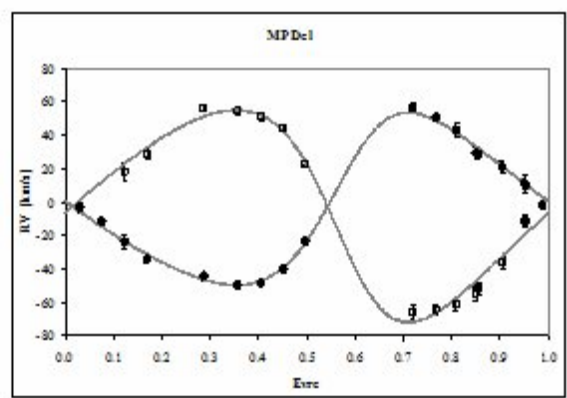
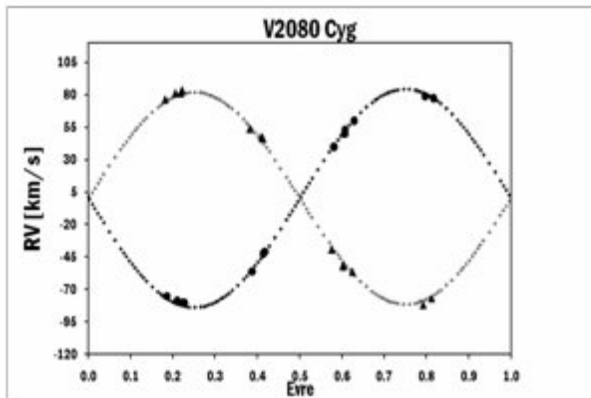
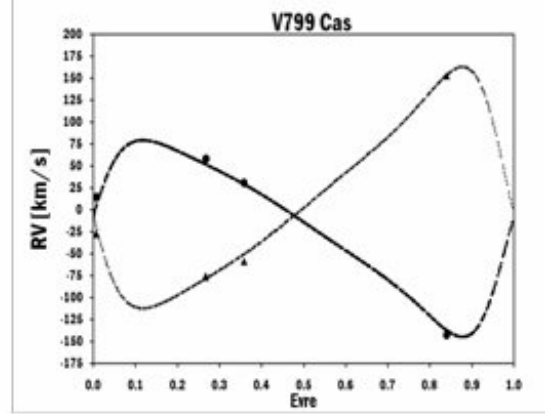
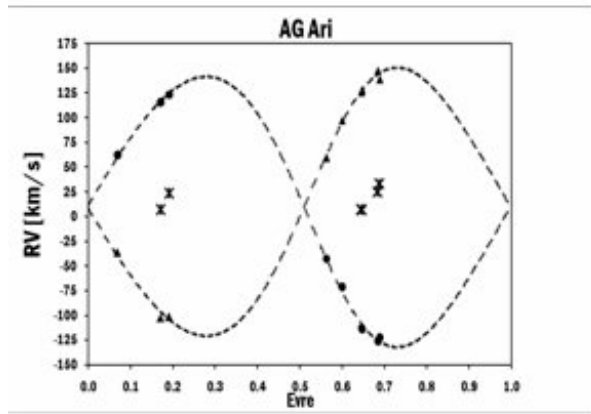
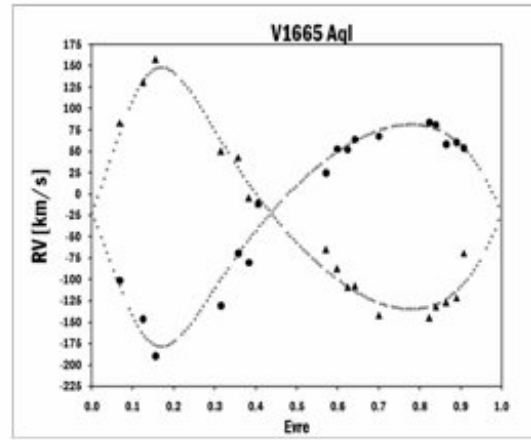
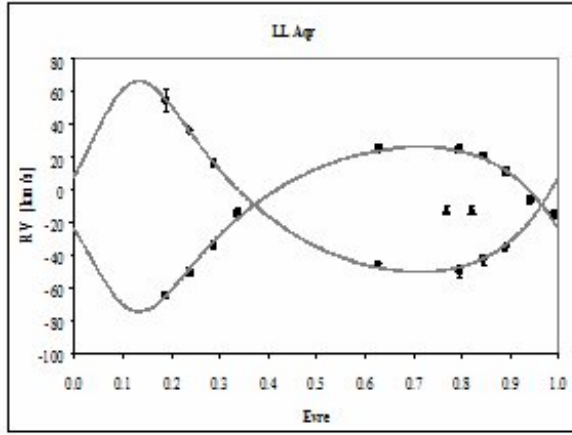
b: TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nin 150 cm çaplı Rus-Türk Teleskobu.

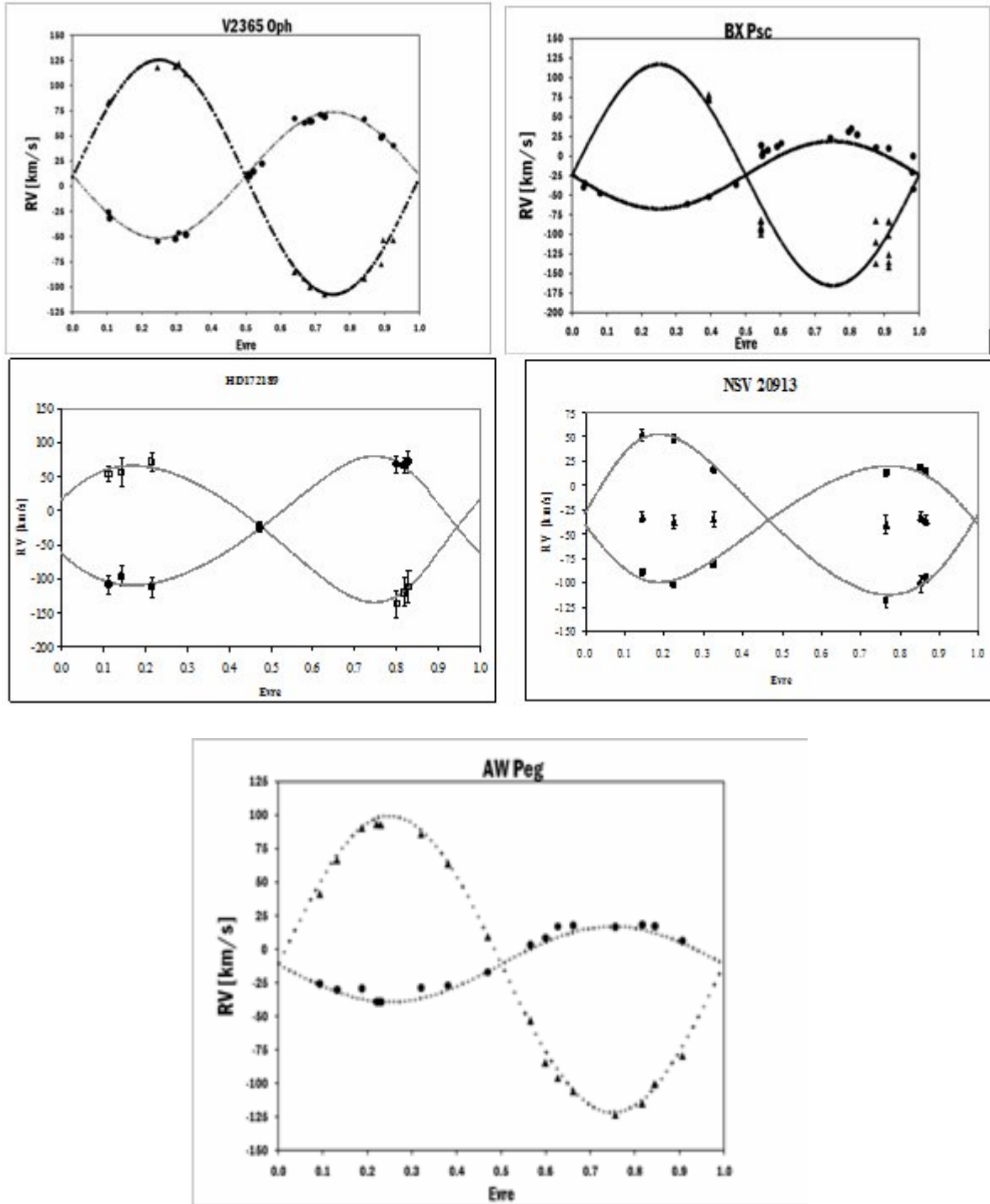
c: David Dunlap Gözlemevi'nin 188 cm çaplı teleskobu (Kanada).

David Dunlap Gözlemevi'nde (DDO) tayflar 186 cm'lik teleskopla alınmıştır. Değişen yıldızların tayfsal gözlemlerine ilişkin bilgiler ve tayfları karşılaştırmak için seçilen standart yıldızların listesi Çizelge 3'te verilmiş olup standart yıldızlar için S/N oranı 150-350 arasındadır.

Işıkölçüm ve tayf gözlemleri bölümümüz bilgisayar alt yapısı kullanılarak IRAF (Image Reduction and Analysis Facilities) ve IDL (Interactive Data Language) gibi ana programlara çalışma grubu tarafından yazılan küçük alt-programlar eklenerek indirgenmiştir. Verilerin indirgeme ve analiz işlemleri tamamen projemiz elemanları tarafından bölümümüzde gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma ile elde

edilen dikine hız eğrilerini Şekil 2'de gösteriyoruz.





Şekil 2. Seçilen yıldızların dikine hız eğrileri.

3. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

3.1 Tayf Türlerini Belirleme

Değişen ve mukayese yıldızlarının bu çalışma ile elde edilen standart parlaklık, renk ve tayf türlerini Çizelge 4'te veriyoruz.

Yıldızların standart U-B ve B-V renkleri yıldızlararası ortamdan etkilendiğinden tayf türlerini belirlemek için geniş bant ışıkölçümünün yıldızlararası ortamdan etkilenmeyen Q -parametresini kullandık. Bu parametre,

$$Q = (U - B) - [E(U - B) / E(B - V)](B - V)$$

şeklinde tanımlanır. Cygnus bölgesi dışında, gökyüzünün tamamı için kızıllaşma doğrusunun eğimi O-A2 tayf türü aralığında $0^m.72 \pm 0^m.03$, Cygnus bölgesinde ise $0^m.81$ dolayındadır. Balmer düşmesinin büyüklüğü de bu parametreye,

$$D = 0.561 + 0.561 Q, \text{ O9-A2 tayf türü aralığı}$$

$$D = 0.526 + 0.956 Q, \text{ A3-G0 tayf türü aralığı}$$

şeklinde bağlıdır (Hovhannessian, 2004). Mukayese yıldızlarının ve değişenlerin maksimum evrelerde ölçülen U-B ve B-V renkleri kullanılarak Q parametreleri hesaplanmış, Hovhannessian tarafından hazırlanan çizelgeler yardımıyla yıldızların gerçek renk ölçekleri $(B - V)_0$ ve tayf türleri belirlenmiştir. Gözlemle bulunan renk ölçekleri ile gerçek renk ölçekleri farkları alınarak yıldızlararası ortam nedeniyle renklerdeki kızıllaşma miktarları bulunmuştur.

Çizelge 4. Program yıldızlarının standart parlaklık ve renkleri.

Yıldız	Katalog No	V (mag)	U-B (mag)	B-V (mag)	Tayf Türü
V377 And	HD 16097	7.524 (9)	-0.384 (9)	-0.038 (8)	B7+G0
C1	HD 16004	6.374 (7)	-0.436 (7)	-0.062 (11)	B6
LL Aqr	HD 213896	9.206 (13)	0.085 (31)	0.559 (16)	F4
C1	HD 213874	7.584 (6)	-0.090 (16)	0.397 (7)	F5
V1470 Aql	HD 190341	7.878 (6)	-0.570 (14)	-0.018 (8)	A0
C1	HD 190134	9.487 (8)	0.029 (18)	0.483 (15)	A5
V1665 Aql	HD 175677	8.108 (7)	-0.168 (16)	0.161 (12)	B8
C1	HD 175015	7.787 (6)	0.097 (18)	0.068 (15)	A5
AG Ari	HD 15114	8.136 (10)	0.041 (19)	0.136 (10)	A3
C1	HD 14970	8.743 (4)	0.101 (9)	0.168 (10)	A5
V799 Cas	HD 18915	8.828 (10)	-0.183 (25)	0.112 (12)	B8
C1	BD +61 518	9.640 (8)	0.216 (25)	0.163 (16)	B8
V2080 Cyg	HD 183361	7.404 (8)	-0.041 (10)	0.421 (9)	F5
C1	HD 183340	8.600 (10)	0.118 (16)	0.104 (9)	A3

MP Del	HD 195020	7.528 (11)	0.090 (25)	0.320 (17)	A8
C1	HD 194761	8.592 (14)	-0.035 (33)	0.453 (9)	F5
V539 Lyr	HD 174958	7.272 (8)	-0.093 (10)	-0.033 (10)	B9
C1	HD 174809	7.279 (5)	0.509 (12)	0.601 (11)	A2
V2365 Oph	HD 155002	8.859 (13)	0.192 (17)	0.257 (11)	A4
C1	HD 154960	9.763 (7)	0.156 (15)	0.179 (8)	A3
AW Peg	HD 207956	-	-	-	
BX Psc	HD 1365	7.559 (8)	0.175 (10)	0.316 (8)	A7
C1	HD 931	7.436 (20)	0.018 (18)	0.427 (24)	F3
CP Psc	HIP 4593	10.625 (8)	0.091 (12)	0.583 (9)	F4
C1	BD +31 157	9.406 (9)	0.022 (4)	0.446 (9)	F3
HD 172189	BD +05 3864	8.778 (18)	0.210 (41)	0.354 (26)	A6
C1	BD +05 3870	9.740 (7)	0.185 (23)	0.321 (9)	A5
NSV 20913	HD 154517	8.255 (8)	0.178 (12)	0.363 (10)	A8
C1	HD 154302	9.402 (14)	0.221 (27)	0.237 (19)	A5

3.2 Yörünge Dönemleri

Projede yer alan yıldızların çoğunun yörünge dönemleri literatürde ya kaba değerlerle verilmekte ya da V539 Lyr’de olduğu gibi bazılarının hiç bilinmemektedir. Sistemlerin yörünge dönemlerini saptayabilmek için bileşenlerin geometrik tutulmaları gözlenip minimum zamanları hesaplanmalıdır. Bu nedenle çalışma yıldızlarımızın proje süresi içinde gözlenen baş ve yan minimumlarından hesaplanan minimum zamanlarını Çizelge 5’te yanılırları ile birlikte veriyoruz. Minimum zamanları Kwee ve van Worden (1956) yöntemi kullanılarak bulunmuştur. Burada verdiğimiz minimum zamanları, eğer varsa, literatürden alınan minimum zamanları ile birleştirilmiş ve en küçük kareler yöntemi kullanılarak yeni ışık ögeleri hesaplanmıştır. Hesapladığımız yeni ışık ögeleri yanılırları ile birlikte Çizelge 5’te verilmiştir.

Çizelge 5. Yeni ışık ögeleri

Yıldız	T ₀ (HJD-2450000)	Dönem (gün)
V377 And	3963.5382 (4)	8.126932 (13)
LL Aqr	4392.3092 (4)	20.178341 (3)
V1470 Aql	3979.3046 (12)	0.834994 (1)
V1665 Aql	3874.4909 (24)	3.881826 (15)
AG Ari	4085.3214 (10)	1.963111 (6)
V799 Cas	4011.3721 (20)	7.703002 (34)

V2080 Cyg	3974.3889 (7)	4.933588 (28)
MP Del	3986.3697 (10)	21.338549 (7)
V539 Lyr	-	-
V2365 Oph	4210.5273 (8)	4.865602 (10)
AW Peg	-	-
BX Psc	4335.5067 (195)	3.860510 (28)
CP Psc	4355.5799 (5)	0.6840087 (2)
HD 72189	3952.3769 (103)	5.702041 (89)
NSV20913	3951.3672 (31)	10.874237 (56)

3.3 Dikine Hız Eğrilerinin Kaba Çözümü

Her yıldız için Şekil 2’de gösterdiğimiz dikine hız verileri yeni ışık öğeleri kullanılarak evrelendirilmiş ve analiz edilmiştir. Bu analizler sonucu bulunan yarı-genlikler ve kütle merkezlerinin uzay hızları yanılgıları ile birlikte bulunmuştur.

3.4 Işık ve Dikine Hız Eğrilerinin Ortak Çözümü

Işık eğrilerinin çözümünde Wilson-Devinney (WD) analiz programı kullanılmıştır (Wilson ve Devinney 1971; Wilson 1979, 2003). Bu program, bir yıldızın ışıkölçüm gözlem verilerini dikine hız verileri ile birlikte analiz edebilmekte ve daha gerçekçi fiziksel parametrelere ulaşabilmektedir. Ayrıca, bir çiftin bileşen yıldızlarının ışıyım parametrelerini hesaplarken ATLAS9 atmosfer modellerini kullanmaktadır (Milone, Stagg ve Kurucz 1992). Bir örten çift yıldızın ışık eğrisinin analizi bileşenlerinden en az birinin güvenilir etkin sıcaklığının bilinmesine dayanır. Bunun için her örten çiftin maksimum, Minimum I ve II’de ölçülen renkleri kullanılarak, bu üç özel evrede Q -parametresi belirlenmiştir. Sonra, Hovhannessian tarafından verilen çizelgeler kullanılarak $(B-V)_0$, D ve tayf türü belirlenmiştir. Sıcak, baş yıldızların ölçülen parlaklık ve renklere katkıları daha büyük olduğundan genellikle sıcak yıldızın gerçek renk ölçekleri bulunmaya çalışılmış, alınan tayflarla karşılaştırılmıştır. Gerçek renk ölçeklerinden giderek, Drilling ve Landolt (2000), Flower (1996) ve Grillo ve ark. (1992) tarafından verilen çizelgeler kullanılarak sıcak bileşenlerin etkin sıcaklıkları bulunmuştur.

Çekim kararma katsayıları ($g_{1,2}$) ve albedolar ($A_{1,2}$) bileşenlerin tayf türlerine bağlı olarak *sabit* alınmıştır. Bileşen yıldızların kendi eksenleri çevresindeki dönme dönemlerinin yörünge dönemine eşit olduğu (eşdönme) ($F_1 = F_2 = 1$) varsayılmıştır. Kenar kararma katsayıları için doğrusal-olmayan kare-kök yasası

benimsenmiş, katsayılar Diaz-Cordoves ve ark. (1995) ve van Hamme (1993)'ten alınmıştır.

Çözüme deneme-yanılma yöntemi ile başlanmış, en yakın parametreler tahmin edildikten sonra ardışık yaklaştırma işine girilmiştir. Her örten çiftin gözlem noktalarından *normal noktalar* oluşturulmuş, bu verilere ağırlık verilerek analiz edilmiştir. Normal noktalardan oluşturulan UBV ışık eğrileri ve dikine hız verileri birlikte analiz edilmiştir. Genel olarak değışken bırakılan parametreler şunlardır:

- T_2 , yoldaş yıldızın etkin sıcaklığı
- $\Omega_{1,2}$, bileşenlerin yüzey potansiyelleri
- L_1 , baş yıldızın ısıtması
- l_3 , üçüncü bileşenin katkısı
- i , yörünge eğikliği
- e , yörünge dışmerkezliği
- ω , enberinin boylamı
- $\Delta\phi$, sıfır-evre çakıştırması
- a , yörünge yarı-büyük eksen uzunluğu
- q , bileşenlerin kütleleri oranı
- V_0 , dizgenin uzay hızı

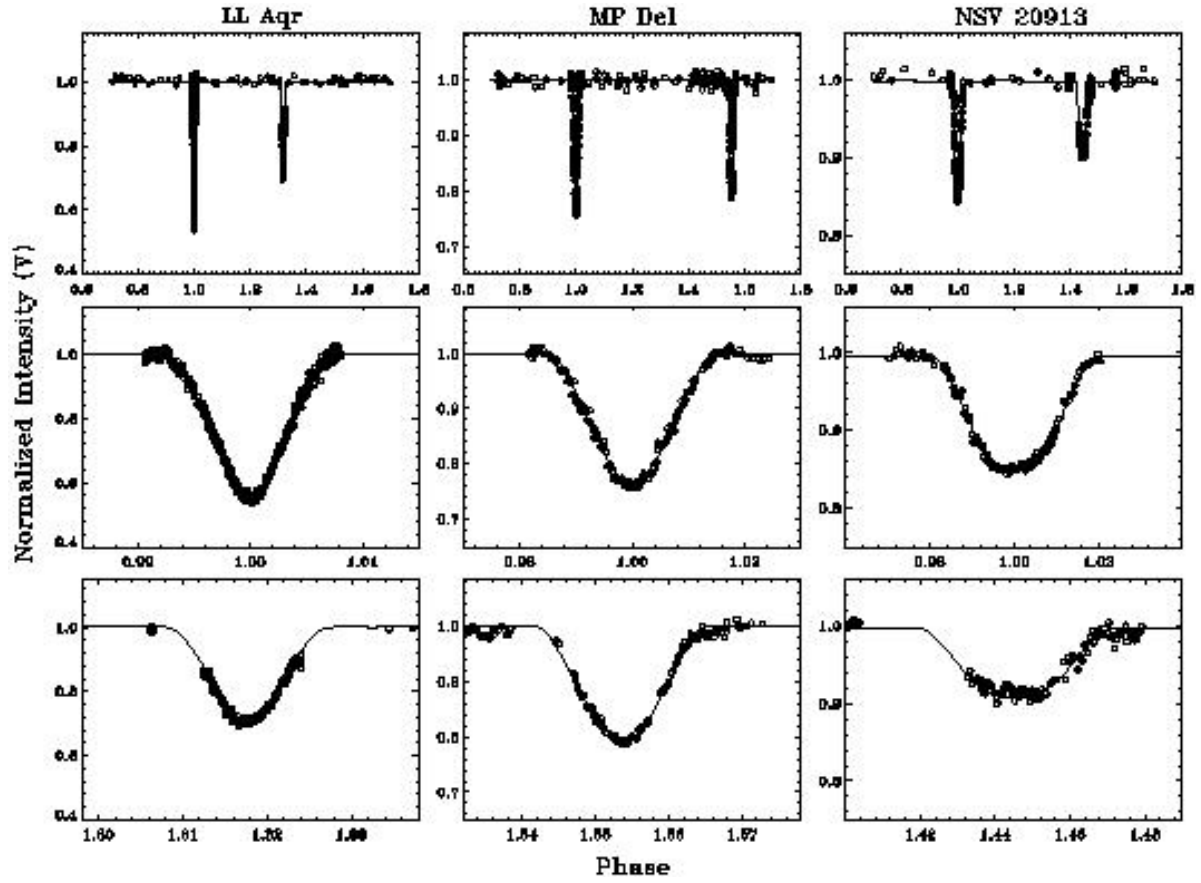
Yörünge basık değil ve üçüncü cisim katkısına ilişkin bir belirteç yoksa, e , ω ve l_3 değışken bırakılmamıştır. Analizleri tamamlanan 10 örten çiftin üç-renk ortalama ışık eğrilerinin çözümü sonucunda elde edilen temel parametreler yanılıgıları ile birlikte Çizelge 6'da verilmiştir.

Yıldız	i	Yanılgı	T_1 (st)	T_2	Yanılgı	r_1	Yanılgı	r_2	Yanılgı
LL Aqr	89.5 9	0.02	6 800	6 295	8	0.0324	0.000 1	0.0242	0.000 1
V1665 Aql	80.5 1	0.05	12 300	11 650	32	0.2022	0.000 6	0.1272	0.000 3
AG Ari	79.2 1	0.07	10 300	9 800	21	0.2079	0.000 6	0.1932	0.000 6
V799 Cas	87.7 4	0.02	11 500	11 788	24	0.1092	0.000 2	0.1131	0.000 2
V2080 Cyg	86.2 0	0.10	6 000	5 987	4	0.0985	0.000 2	0.0987	0.000 2
MP Del	88.1 4	0.02	7 700	7 219	12	0.0561	0.000 4	0.0342	0.000 2
V2365 Oph	87.3 5	0.10	9 500	6 400	27	0.1254	0.000 4	0.0535	0.000 2
BX Psc	69.5 7	0.29	7 960	5 204	92	0.2915	0.003 5	0.1271	0.003 5
HD 172189	74.6 2	0.24	8 000	7 337	28	0.1646	0.000 8	0.1278	0.000 7
NSV 20913	86.7 8	0.06	7 800	7 220	12	0.1077	0.000 4	0.0426	0.000 2

Çizelge 6. Işık eğrileri çözüm verileri

Işık ve dikine hız eğrilerinin ortak çözümü ile bulunan 10 örten çiftin salt öğelerini Çizelge 7’de topluca veriyoruz. Seçilen yıldızların uzaklıkları genellikle Hipparcos uydusu ile ölçülmüştür. Ancak, bu uydu 50 pc’ten daha uzak ve sönük olan yıldızlar için güvenilir ölçümler yapamamıştır. Uzaklık büyüdükçe ölçüm yanlışları da büyümektedir. Çift yıldızların tayfsal ve ışıkölçüm gözlem verileri uzaklık ölçümünde sıkça kullanılan güvenilir yollardan biridir. Dolayısıyla V bandında bileşenlerin toplam parlaklığa katkıları, $E(B-V)$, A_v ve salt öğeler bilindiğinden bileşenlerin uzaklıklarını hesaplayabiliyoruz. İncelediğimiz yıldızlar için bulunan uzaklıkları da Çizelge 7’de veriyoruz.

Bu çalışmada yer alan yıldızlardan altısının ikili ya da çoklu yıldız dizgesi üyesi, dokuzunun basık yörüngeli, ikisinin δ Scuti türü bileşenli, birisinin metal çizgili ve üçünün de manyetik aktif olduğu belirlenmiştir. Analizi tamamlanan 10 örten çift için elde ettiğimiz önemli bulguları aşağıda kısaca veriyoruz.



Şekil 3. Hesaplanan ışık eğrileri ve V bandı gözlemler

Çizelge 7. Salt ögeler

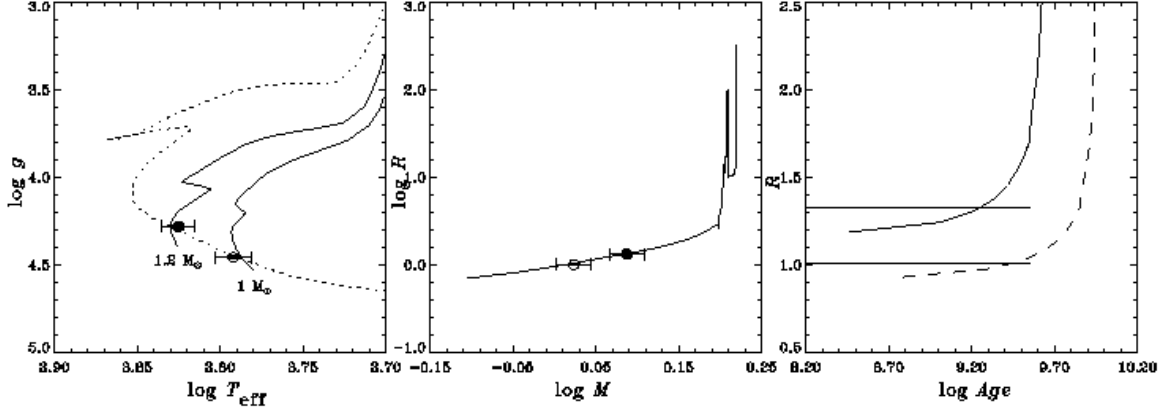
Yıldız	Kütle	Yarıçap	Sıcaklık	Işıtma	M_V	d (pc)
LL Aqr (P)	1.223 ± 0.058	1.325 ± 0.020	6680 ± 160	3.14 ± 0.32	3.64 ± 0.20	123 ± 9
LL Aqr (S)	1.056 ± 0.051	1.005 ± 0.016	6200 ± 160	1.34 ± 0.15	4.59 ± 0.05	
V1665 Aql (P)	3.97 ± 0.40	4.13 ± 0.10	12	351 ± 57	-0.85 ± 0.18	477 ± 40
V1665 Aql (S)	3.66 ± 0.37	2.60 ± 0.06	300 $\pm$ 350 11 650 $\pm$ 310	112 ± 17	0.25 ± 0.16	
AG Ari (P)	2.16 ± 0.07	2.23 ± 0.02	10	50 ± 6	0.99 ± 0.13	292 ± 18
AG Ari (S)	2.15 ± 0.07	2.07 ± 0.02	300 $\pm$ 250 9800 ± 230	36 ± 4	1.21 ± 0.13	
V799 Cas (P)	3.08 ± 0.50	3.23 ± 0.14	11	168 ± 25	-0.04 ± 0.13	607 ± 35
V799 Cas (S)	2.95 ± 0.40	3.20 ± 0.14	550 $\pm$ 280 11 210 $\pm$ 280	146 ± 22	0.06 ± 0.13	
V2080	1.19 ± 0.02	1.60 ± 0.01	6000 ± 75	2.98 ± 0.15	3.74 ± 0.06	78 ± 1

Cyg (P) V2080 Cyg (S)	1.16±0.02	1.60±0.01	5987±75	2.96±0.15	3.74±0.03	
MP Del (P) MP Del (S)	1.559±0.085 1.248±0.074	2.428±0.046 1.575±0.030	7400±120 6927±120	15.9±1.2 5.26±0.43	1.83±0.08 3.06±0.08	149±7
V2365 Oph (P) V2365 Oph (S)	1.97±0.02 1.06±0.01	2.19±0.01 0.934±0.004	9500±200 6400±210	35±4 1.32±0.03	1.10±0.07 4.60±0.02	251±8
BX Psc (P) BX Psc (S)	1.85±0.14 0.80±0.08	3.76±0.14 2.18±0.09	7850±69 4668±69	49±3 2.83±0.30	0.58±0.064 4.40±0.23	213±6
HD 172189 (P) HD 172189 (S)	2.06±0.15 1.87±0.14	4.014±0.094 2.967±0.070	7920±190 7608±190	57±7 27±3	0.482±0.064 1.284±0.064	432±12
NSV 20913 (P) NSV 20913 (S)	1.76±0.13 1.28±0.11	3.243±0.081 1.291±0.033	7760±64 7205±64	34±2 4.05±0.25	1.017± 0.064 3.323±0.066	246±9

3.4.1 LL Aquarii

Parlaklık değişimlerini Hipparcos uydusunun bulduğu LL Aqr, Adelman (2001) tarafından en büyük genlikli değişenler arasında gösterilmiştir. İlk ışık eğrisi ASAS-3 (Pojmanski, 2002), Hipparcos (Perryman ve ark. 1997) ve NSVS (Wozniak ve ark. 2004) gözlem verileri birleştirilerek Otero ve Dubovsky (2004) tarafından elde edilmiş, 20.1784 gün yörünge dönem ve 0.65 kadir genlikli, basık yörüngeli bir EA yıldızı olarak sınıflandırılmıştır. Hipparcos kataloğunda yıldızın tayf türü G0 olarak verilmesine karşın Çizelge 4'te bulduğumuz renk ölçeklerini kullanarak yıldızı F4 olarak sınıflandırdık. Kimi tayflarda üçüncü bir yıldızın çizgileri görünmesine karşın ışık eğrisi analizinde bir belirteç bulunamamıştır.

Bileşenlerin salt öğeleri Şekil 4'te gösterilen $\log g$ - $\log T_e$, $\log R$ - $\log M$ ve R - $\log$ yaş diyagramlarında karşılaştırılmaktadır (Girardi ve ark. 2000).



Şekil 4. LL Aqr'in bileşenlerinin $\log g$ - $\log T_e$, $\log R$ - $\log M$ ve R - $\log$ yaş diyagramlarında yeri.

3.4.2 V1665 Aquilae

Yörünge dışmerkezliği 0.24, hemen hemen özdeş kütleli iki yıldızdan oluştuğu bulunmuştur. Baş yıldız anakol evrimini tamamlamak üzeredir ve sistemin uzaklığı 477 ± 40 pc olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar MNRAS'de yayınlanmıştır.

3.4.3 AG Arietis

Bu yıldız da 0.09 dışmerkezliği olan basık yörüngeli bir sistemdir. Tayflarda üçüncü bir yıldızın çizgileri görülmüştür. Işık eğrilerinin analizinden üçüncü bileşenin toplam parlaklığa katkısı U, B ve V bandlarında sırasıyla %5.6, 6.4 ve 9 olarak bulunmuştur. Bu katkılara göre üçüncü bileşen F tayf türü bir yıldız olmalıdır. AG Ari'nin uzaklığını 292 ± 18 pc bulduk, üçüncü bileşen eğer anakol F1 yıldızı ise uzaklığı 250 pc dolayında olmalıdır. Elde edilen sonuçlar MNRAS'de yayınlanmıştır.

3.4.4 V799 Cassiopeiae

Yörüngesi en basık ($e = 0.6$) örten çiftler arasında yer alan bu yıldızın ikinci minimumu 0.67 evrededir. Hubble'ın ölçümlerine göre sistemin uzaklığı 323^{+206}_{-91} pc, Westin(1985)'in b-y rengindeki kızıllaşmadan belirlediği uzaklık ise 388 pc'tir. Üç renk ışıkölçümünden baş yıldızın etkin sıcaklığını 11550 ± 280 K bulduk, oysa ki Westin'e göre dizgenin ortak sıcaklığı 1000 K daha yüksektir. Yıldızlararası

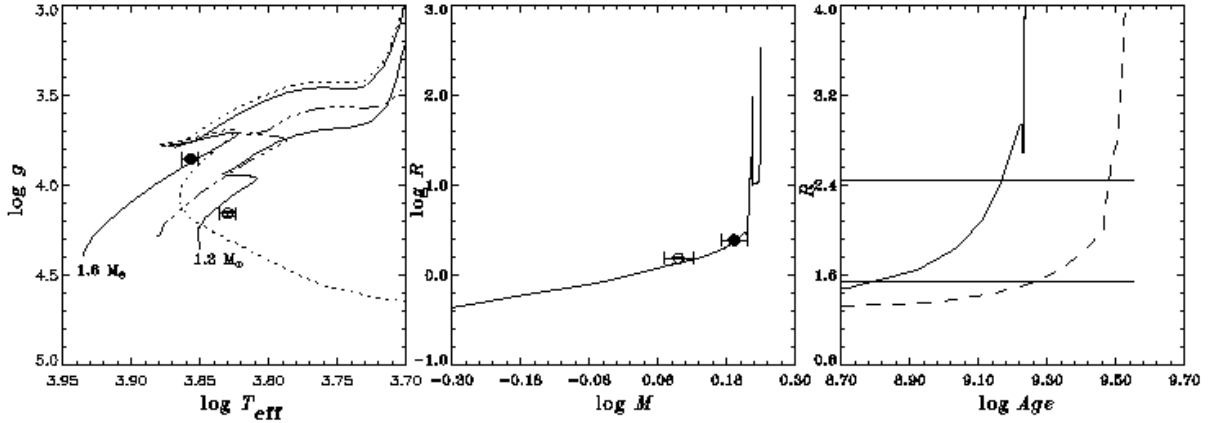
kızılilaşma miktarı Westin tarafından $E(b-y) = 0.212$ kadir bulunmuştur. UBV ışıkölçümünden bizim belirlediğimiz değer de $E(B-V) = 0.211$ kadir olup, Westin'in ortaband için bulduğu değer yüksek görünmektedir. Dizgenin uzaklığı 607 pc bulunmuş, salt ögeleri belirlenerek kuramsal modellerle karşılaştırılmıştır. Bulunan sonuçlar yayınlanmak üzere MNRAS'e gönderilmiştir.

3.4.5 V2080 Cygni

Bu yıldız ADS 12470'nin parlak bileşenidir. Dizgeye 13 ve 37 yaysaniyesi uzaklıkta C ve D bileşenlerine sahip olup bunlar değişenden 7.2 ve 4.2 kadir daha sönüktürler. Dolayısı ile sistem toplam olarak 5 yıldızdan oluşmaktadır. Alınan tayflarda da D bileşeninin çizgileri ayırt edilebilmiş, ışık eğrilerinin analizinden bu yıldızın toplam parlaklığa UBV bandlarındaki katkıları sırasıyla %3, 4 ve 3 olarak bulunmuştur. Üçüncü yıldızın tayf türü K4, uzaklığı da 82 pc bulunmuştur ki sistemin uzaklığı 78 pc ile uyuşmaktadır. Salt ögeler kuramsal modellerle karşılaştırılmış, elde edilen sonuçlar MNRAS'da yayınlanmıştır.

3.4.6 MP Delphini

Hipparcos uydusu tarafından EA türü bir örten çift olduğu bulunmuş, yörünge dönemi belirlenememiştir. Kazarovets ve ark. (1999) yıldızı MP Del olarak adlandırmış, Otero ve Dubovsky (2004) ASAS-3 ve Hipparcos ile elde edilen gözlem verilerinden ışık eğrisini kabaca ortaya çıkarmışlar, yörünge dönemini 21.338 gün ve yörünge basık olduğunu belirtmişlerdir. Bu yıldız daha önce Bond (1970) tarafından bir Am yıldızı olarak sınıflandırılmış, Warren (1973) ortaband ışıkölçümünü, Mendoza ve ark. (1978) genişband ışıkölçümünü, Jordi ve ark. (1996), Hauck ve Mermilliod (1998) uvby β ışıkölçümünü yapmışlardır. Metalik yıldızlarda U-B rengi çok etkilendiğinden Mendoza'nın ölçtüğü V-I renkölçeği (metal bolluğundan bağımsız) kullanılarak $\Delta(U - V) = 0.08$ ve $\Delta(B - V) = 0.04$ kadir bulunmuştur. Tutulmalar dışı ve tutulmalar içinde ölçtüğümüz renklerde bu düzeltmeleri yaparak yıldızın tayf türünü A9 ve etkin sıcaklığını 7400 K olarak belirledik. Belirlenen salt ögeler Şekil 5'te kuramsal modellerle karşılaştırılmıştır.



Şekil 5. MP Del'in bileşenlerinin kuramsal modellerle karşılaştırılması

3.4.7 V2365 Ophiuchi

Yörünge dönemi 4.87 gün olan V2365 Oph örten çiftinin üç-renk ışıkölçümü ve dikine hız ölçümleri yapılmıştır. Yan minimum oldukça sık olup bileşenlerin kütleleri ve tayf türleri çok farklıdır. TUG ve CAO'da elde edilen tayflardan bulunan dikine hızların çok iyi uyduğu bulunmuştur. Büyük kütleli, baş yıldızın aynı zamanda δ Scuti türü zonklama yaptığı ortaya çıkartılmıştır. Bu yıldıza ilişkin bulgular V2080 Cyg ile birlikte MNRAS'da yayınlanmıştır.

3.4.8 BX Piscium

Hipparcos uydusunun keşfettiği en düşük genlikli değişenlerdendir (Perryman ve ark. 1997). Değişim genliği 0.06 kadir, yörünge dönemi 5.18 gün ve değişim türü EB olarak verilmiştir. Otero ve ark. (2005), Hipparcos ve ASAS-3 verilerini birleştirerek ışık eğrisini kabaca ortaya çıkarmış, tayf türünü A5, yörünge dönemini 3.86 gün ve değişim türünü EB: olarak vermişlerdir. Bu çalışmada renk ölçeklerini kullanarak baş yıldızın tayf türünü A7, sıcaklığını da 7850 ± 69 K olarak belirledik. Bulunan sonuçlar MNRAS'de yayınlanacaktır.

3.4.9 HD 172189

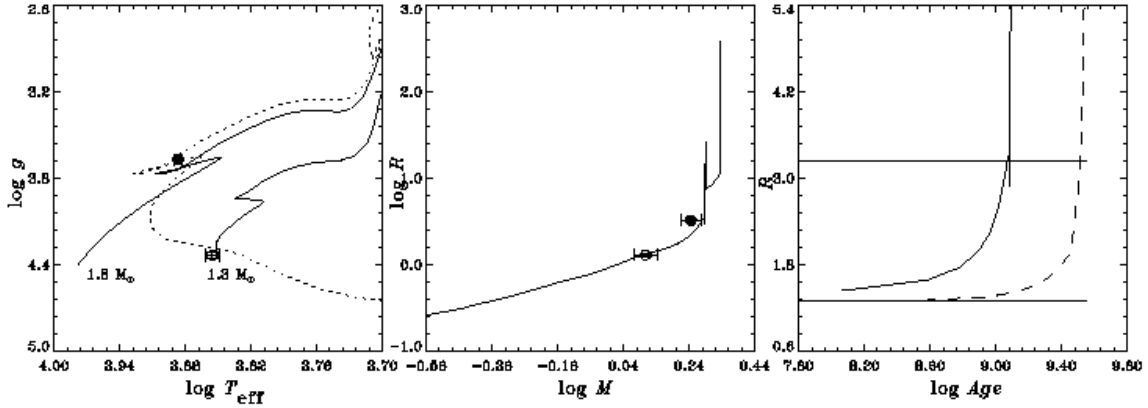
Bu yıldız IC 4756 açık yıldız kümesinin A2 tayf türünden 8.85 kadir parlaklığındaki bir üyesidir (Kopf 1943, Herzog ve ark. 1975). Yıldızın aynı zamanda 0.12 kadir tutulma derinliği olan bir örten çift olduğu Martin (2000, 2003) tarafından γ Dor türü zonklayan yıldızları araştırma sırasında tesadüfen bulunmuştur. Daha sonra

Martin-Ruiz ve ark. (2005) bileşenlerden birinin 19.5974 cd^{-1} 'lik bir frekans ve 0.02 kadir genlikle zonkladığını bulmuşlardır. Costa ve ark. (2007) tarafından düzenlenen bir kampanya ile yıldız 210 saat gözlenmiş ve yedi zonklama frekansı bulunmuştur. 0.022 kadir genlikle baskın zonklama 1 saat 14 dakikalık dönemlerle tekrarlar. Yıldızın şimdiye değin yalnızca iki tayfı alınmış (Amado ve ark. 2006) ayrıntılı bir tayfsal çalışması yapılmamıştır.

CAO ve TUG'da alınan tayflardan pek azında dikine hız ölçümleri yapılabilmektedir. Tayf çizgileri hızlı değişmekte ve oldukça genişlemiş görünmektedir. Üstelik kimi zaman üç çizgili bir tayf ile karşılaşırız. Üçüncü bileşenin tayf çizgilerinin yeğirliği ikinci bileşenin tayf çizgilerinin yeğirliklerine çok yakındır. Işık eğrilerinde de δ Scuti türü, küçük genlikli ve kısa dönemli parlaklık değişimi görülür. Tutulma derinliği 0.128 kadir dolayında olduğundan δ Scuti türü zonklamalardan etkilenir. Işık eğrisi tek minimum göstermekte, ikinci minimum görülmemektedir. Yörüngenin basık olması ve gökyüzündeki yönelimi nedeniyle gerçekten ikinci minimum oluşmamaktadır. Kuramsal modellerle karşılaştırdığımızda zonklayan baş yıldızın anakol evrimini tamamlayıp devler bölgesine doğru yöneldiğini görüyoruz.

3.4.10 NSV 20913

Bu yıldız da Hipparcos uydusu tarafından keşfedilmiştir. NSV 20913 bir görsel çift olup WDS kataloğunda A ve B bileşenlerinin görünür parlaklıkları sırasıyla 8.55 ve 9.93 kadir, bileşenler arasındaki uzaklık ise 1.3 yay saniyesi olarak verilmiştir. Aldığımız tayflarda ve ışık eğrisinin çözümünde de gerçekten B bileşeninin izine rastlanmıştır. B bileşeninin toplam parlaklığa katkısı kısa dalgaboylarına doğru artmakta, V bandındaki katkısı yoldaş yıldız (Ab) ile aynı olmaktadır. Buradan giderek B yıldızının tayf türünü A2 olarak belirledik. Dizgenin uzaklığı ise 246 pc dolayında olup Hipparcos uydusu ile bulunan 243 pc ile iyi uyuşmaktadır. Bileşen yıldızların salt öğeleri Şekil 6'da kuramsal modellerle karşılaştırılmıştır.



Şekil 6. NSV20913'ün bileşenlerinin kuramsal modellerle karşılaştırılması

Bu çalışmada altı temel araştırmacı beş yardımcı görev almıştır. Yoğun bir emek sonucu 15 yıldızın gözlemleri iki yıl gibi kısa bir sürede tamamlanabilmiştir. Tayf gözlemleri için TUG'un olanakları yeterli olmamıştır. Bu nedenle tayfsal gözlemlerin çoğu yurt dışı bağlantılarımız kullanılarak Catania Astrofizik Enstitüsü (İtalya) ve David Dunlap Rasathanesi'nde (Kanada) elde edilmiştir. Proje çalışanları iki kez İtalya, bir kez de Kanada'ya gönderilmiştir. Tayf çalışmaları olmadan yalnız ışıkölçüm verilerine dayanarak gök cisimlerinin tüm özelliklerini ortaya çıkarma olanağı yoktur. Bu nedenle, tayf çalışmalarında kullanılabilecek yeterli büyüklüklerde teleskopların sayısının mutlaka artırılması gerekmektedir. Büyük mali yatırımlar gerektiren bu araçların belli bir merkezden yönetilmesi ve tüm gökbilimcilerin hizmetine sunulmasında yarar görüyoruz.

KAYNAKLAR

- Adelman, S.J., Stars with the Largest Hipparcos Photometric Amplitudes, *Baltic Astronomy*, 10, 589-593. (2001).
- Amado, P.J., Martin-Ruiz, S., Suarez, J.C., ve ark., HD 172189, a Cluster Member Binary System with a δ Scuti Component in the Field of View of COROT, *ApSS*, 304, 173-175, (2006).
- Baize, P., Orbital Elements for Eleven Visual Binaries, *A&AS*, 51, 479, (1983).
- Bond, H.E., New Peculiar Stars Noted on Objective-Prism Plates, *PASP*, 82, 321, (1970).
- Costa, J.E.S., Michel, E., Pena, J., ve ark., Pulsational frequencies of the eclipsing δ Scuti star HD

172189. Results of the STEPPI XIII campaign, AA, 468, 637-642, (2007).
- Couteau, P., 1987, AAS, 70, 193
- Derman, E., Demircan, O., UBV photometry of AW Pegasi, ApSS, 189, 309-325, (1992).
- Diaz-Cordoves, J., Claret, A., Gimenez, A., Linear and non-linear limb-darkening coefficients for LTE model atmospheres, AAS, 110, 329, (1995).
- Drilling, J.S., Landolt, A.U., Allen's Astrophysical Quantities, ed: Cox, A.N., 4th edition, Springer-Verlag, New York., (2000).
- Droege, T.F., <http://www.tass-survey.org>, (2003).
- ESA, The Hipparcos and Tycho Catalogues SP-1200, VizieR On-line Data Catalog: I/239, (1997).
- Flower, P.J., Transformations from Theoretical Hertzsprung-Russell Diagrams to Color-Magnitude Diagrams: Effective Temperatures, B-V Colors, and Bolometric Corrections, ApJ, 469, 355, (1996).
- Girardi, L., Bressan, A., Bertelli, G., Chiosi, C., 2000, A&AS, 141, 371
- Grenier, S., Baylac, M.O., Rolland, L., ve ark., Radial velocities. Measurements of 2800 B2-F5 stars for HIPPARCOS, AAS, 137, 451-456, (1999).
- Grillo, F., Sciortino, S., Micela, G., Vaiana, G.S., Harnden, F.R., An Einstein Observatory SAO-based catalog of B-type stars, ApJS, 81, 795-863, (1992).
- Guinan, E.F., Gimenez, A., Magnetic activity in close binaries. Its manifestations and consequences, The Realm of Interacting Binary Stars, eds. Sahade, J., McCluskey, G.E., Kondo, Y., Kluwer, Dordrecht, p.51-110, (1993).
- Hall, D.S., The relation between RS CVn and Algol, Space Sci. Rev., 50, 219-233, (1989).
- Hall, D.S., A T Tauri-Like Star in the Eclipsing Binary RS Canum Venaticorum, PASP, 84, 323, (1972).
- Hardie, R.H., Astronomical Techniques, ed.: W.A. Hiltner (Chicago: Univ. Chicago Press), 178, (1962).
- Hauck, B., Mermilliod, M., Uvby-beta photoelectric photometric catalogue, AAS, 129, 431-433, (1998).
- Hovhannessian, R., Kh., Classification of Stars by the Reddening-Free Parameters Q and D,

- Astrophysics, 47, 499-504, (2004).
- Jordi, C., Figueras, F., Torra, J., Asian, R., UvbyH_{beta}_ photometry of main sequence A type stars,
AAS 115, 401-406. (1996).
- Jordi,C.,Figueras, F., Torra, J., Asiain, R., UvbyH_{beta}_ photometry of main sequence A type stars,
AAS, 115, 401-406, (1996).
- Kazarovets, A.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, No.4659, (1999).
- Kopal, Z., The classification of close binary systems, Ann. D'Ap., 18, 379, (1955).
- Kopff, E., Untersuchung der offenen Sternhaufen IC 4665, NGC 6633, IC 4756, AN, 274, 69, (1943).
- Malkov,O.Yu.,Oblak, E., Snegireva,E.A.,Torra,J., A catalogue of eclipsing variables, AA, 446, 785-789, (2006).
- Martin, S., Interplay of Periodic, Cyclic and Stochastic Variability in Selected Areas of the H-R
diagram, ed: C. Sterken, ASP Conf. Ser., 292, 59, (2003).
- Martin-Ruiz, S., Amado, P.J., Suarez, J.C., ve ark., HD 172189: an eclipsing and spectroscopic binary
with a δ Sct-type pulsating component in an open cluster, AA, 440, 711-714, (2005).
- McAlister, H.A., Hartkopf, W.I., Sowell, J.R., Dombrowski, E.G., ICCD speckle observations of
binary stars. IV - Measurements during 1986-1988 from the Kitt Peak 4 M telescope, AJ, 97, 510-531, (1989).
- Mendoza, E.E., Gomez, V.T., Gonzalez, S., UBVRI photometry of 225 Am stars, AJ, 83, 606-614, (1978).
- Mendoza, E.E., Multicolor photometry of metallic-line stars. III. A photometric catalogue, Rev. Mex. AAp, 1, 175, (1974).
- Milone, E.F., Stagg, C.R., Kurucz, R.L., The eclipsing binary AI Phoenicis - New results based on an
improved light curve analysis program, ApJS, 79, 123-137, (1992).
- Norton, A.J., ve ark., New periodic variable stars coincident with ROSAT sources discovered using
SuperWASP, AA, 467, 785-905, (2007).

- Otero, S.A., Dubovsky, P.A., New Elements for 80 Eclipsing Binaries IV, IBVS, No. 5557, (2004).
- Otero, S.A., Wils, P., Dubovsky, P.A., New Elements for 80 Eclipsing Binaries V, IBVS No. 5586, (2005).
- Perryman, M.A.C., ve ark., The HIPPARCOS Catalogue, AA, 323, L49-L52, (1997).
- Pojmanski, G., The All Sky Automated Survey. Catalog of Variable Stars. I. 0 h - 6 h Quarter of the Southern Hemisphere, AcA, 52, 397-427, (2002).
- Pollacco, D. ve ark., The WASP Project and the SuperWASP Cameras, PASP, 118, 1407-1418, (2006).
- Southworth, J. ve Clausen, J.V., Absolute dimensions of eclipsing binaries. XXIV. The Be star system DW Carinae, a member of the open cluster Collinder 228, AA, 461, 1077-1093, (2007).
- Struve, O, Huang, S.S., , Occ., Notes of the R.A.S. 3, 19, (1957).
- Van Hamme, W., New limb-darkening coefficients for modeling binary star light curves, AJ, 106, 2096-2117, (1993).
- Warren, W.H., ubvy photometry of Am and Ap stars, AJ, 78, 192-199. (1973).
- Westin, T.N.G., The local system of early type stars - Spatial extent and kinematics, AAS, 60, 99-134, (1985).
- White, N.E., Culhane, J.L., Parmar, A.N., ve ark., An EXOSAT observation of quiescent and flare coronal X-ray emission from Algol, ApJ, 301, 262-274, (1986).
- Wilson, R.E. and Devinney, E.J., Realization of Accurate Close-Binary Light Curves: Application to MR Cygni, ApJ, 166, 605, (1971).
- Wilson, R.E., Documentation of Eclipsing Binary Computer Model (Gainesville: Depart. Astronomy, Univ. Florida), (2003).
- Wilson, R.E., Eccentric orbit generalization and simultaneous solution of binary star light and velocity curves, ApJ, 234, 1054-1066, (1979).
- Wozniak, P.R., ve ark., Northern Sky Variability Survey: Public Data Release, AJ, 127, 2436-2449, 2004.

Zickgraf, F.-J., Engels, D., Hagen, H.-J., Reimers, D., Voges, W., The
Hamburg/RASS Catalogue of
optical identifications. Northern high-galactic latitude ROSAT
Bright Source Catalogue X-ray
sources, AA, 406, 535-553, (2003