

# ETKİN ÇİFT YILDIZ SİSTEMİ V772 Her'in 2007 YILI CCD GÖZLEMLERİ

**Neslihan ALAN ve Fehmi EKMEKÇİ**

*Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 06100, Tandoğan*

*e-postalar: neslihan@astro1.science.ankara.edu.tr,  
ekmekci@astro1.science.ankara.edu.tr*

## Özet

Kromosferik etkin çift yıldız sistemi olan V772 Her'in Mayıs ve Eylül 2007 tarihleri arasında TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'ndeki (TUG) 40 cm'lik Cassegrain teleskoba takılı CCD kamerası aracılığıyla elde edilen B ve V rengi ışık eğrileri incelendi. Işık eğrisi analizleri Wilson-Devinney (WD) programı (Versiyon 2004) kullanılarak yapıldı. Her bir bileşen üzerinde bir soğuk leke olmak üzere iki lekeli modelin sistemin ışık eğrileri ile uyumlu olan teorik sonucu verdiği bulundu. Bileşenlerin sıcaklıkları  $T_1=5900$  °K,  $T_2=4500$  °K, kütleleri  $M_1=1.15 M_{\odot}$ ,  $M_2=0.68 M_{\odot}$ , yarıçapları  $R_1=0.9 R_{\odot}$ ,  $R_2=0.61 R_{\odot}$ ,  $q=0.59$ ,  $i=75^{\circ}.6$  olarak bulundu. V772 Her sisteminin WD analizinden elde edilen dinamik ve fiziksel parametrelerinin, daha önce diğer yazarlar tarafından verilen değerler ile yaklaşık olarak uyumlu oldukları bulundu.

*Anahtar Kelimeler: Etkinlik, örten çift, V772 Her*

## Abstract

B and V light curves of chromospherically active binary V772 Her obtained between May and September 2007 by using CCD camera attached to 40 cm Cassegrain telescope of TÜBİTAK National Observatory (TUG) are studied. The light curve analysis were made by means of Wilson-Devinney (WD) programme (Version of 2004). The two-spot model, which have two spots located on each component, of the

system is found to be well fitted to the observational light curves. The temperatures, masses and radii of the components are found to be  $T_1= 5900$  °K,  $T_2= 4500$  °K,  $M_1= 1.15 M_{\odot}$ ,  $M_2= 0.68 M_{\odot}$ ,  $R_1= 0.9 R_{\odot}$ ,  $R_2= 0.61 R_{\odot}$ , respectively. The mass ratio and orbital inclination are found as  $q=0.59$  and,  $i=75^{\circ}.6$ , respectively. Dynamical and physical parameters of V772 Her, obtained by WD analysis, are found to be in agreement with the results obtained before by other authors.

**Key words:** *Activity, eclipsing binary, V772 Her*

## 1. Giriş

V772 Her (HD 165590, BD +21 3302, SAO 85723, ADS 11060, HIP 88637), görsel çift üyelerinden biri tek çizgili tayfsal çift olan, RS CVn türü üçlü bir sistemdir. HIP kataloğuna [1] göre sistemin V bandındaki parlaklığı  $7^m.07$ , renk ölçeği  $B - V = 0^m.654$  ve paralaksı  $\pi = 0''.02615 \pm 0''.00135$ 'dir.

Görsel çiftin yörünge elemanları ilk olarak 1923'te Aitken tarafından belirlenmiş ve bu parametreler 1938 enberi geçişinden sonra 1954'te Van Biesbroeck tarafından güncellenmiştir [2]. Daha sonra Morbey vd. [3] tarafından görsel çift sistemin bir bileşeninin, dönemi yaklaşık 0.88 gün olan tayfsal bir çift sistem olduğu bulunmuştur. Sistemin ilk fotoelektrik fotometrisi Scarfe [4] tarafından yapılmıştır. Batten vd. [2] tarafından üçlü sistemin 1978'deki enberi geçişi sırasında yüksek ayırma güçlü tayfsal gözlemleri yapılmıştır. Bu gözlemlerle uzun dönemli çiftin görsel gözlemleri birleştirilerek yörünge elemanları ve bileşenlerin tayf türleri belirlenmiştir. Bu çalışmada üç bileşenin de muhtemelen anakol üzerinde veya yakınlarında olduğu saptanmıştır. Stern ve Skumanich [5] tarafından sistemin X-ışın ve moröte gözlemleri yapılmış ve baş bileşenin X-ışın kaynağı olduğu bulunmuştur ( $L_x \approx 4 \times 10^{30}$  erg s<sup>-1</sup>). Bakos ve Tremko [6] tarafından sistemin 6 yıl süreli fotometrik gözlemleri yapılmıştır. Bu gözlemlerden, sistemin sistematik ışık değişimleri gösterdiği bulunmuştur. Işık eğrisinde kısa zaman ölçekli değişimler, uzun zaman ölçekli değişimler ve flare etkinliğine dayalı değişimlerin varlığı belirtilmiştir. Bruton vd. [7] tarafından, sistemin fotometrik gözlemleri incelenmiştir. Bu incelemede, G0 tayf türündeki bileşenin dönme dönemiyle

yüzeyindeki lekelerin dönmesinin eş zamanlı oldukları ortaya çıkartılmıştır. Tayfsal çift sistemin yörünge eğim açısının  $74^{\circ}.9$ , görsel çift sistemin ise  $82^{\circ}.7$ 'lik bir eğim açısına yakın olduğu belirlenmiştir. Sistemin yörünge dönemi analizinden de dönem değişiminin tayfsal çift sistem için olmadığı ancak görsel çift sistem olarak üçlü bir yıldız sistemi dikkate alındığında, bu görsel çift yörüngesinin enberiden geçme zamanının eliptiklikten kaynaklanan bir etkiye maruz kaldığı ortaya çıkarılmıştır. Reglero vd. [8] tarafından tayfsal çiftin birinci minimumunun analizi, mevcut radyal hız ölçümleriyle ve fotometriden elde edilen verilerle birleştirilerek, sistemin fiziksel özellikleri bulunmuştur. Ayrıca V772 Her sisteminin bir üçlü sistem olduğu, üç bileşenin de ZAMS (Sıfır Yaş Anakol)'a yakın az evrimleşmiş geç tayf türünden yıldızlar oldukları, bu yıldızların dönme hızlarının yüksek olduğu ve atmosferlerinde etkinlik olaylarının hüküm sürdüğü sonucuna varılmıştır.

Bu çalışmada V772 Her'in TUG'da 2007 yılında CCD gözlemleri ile elde edilen ışık eğrileri ve ışık eğrilerinin Wilson-Devinney analiz programı ile çözümünden bulunan sistemin fiziksel parametreleri sunulmaktadır.

## 2. Gözlemler

V772 Her sisteminin, TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'ndeki 40 cm'lik Cassegrain teleskoba bağlı CCD kamerası kullanılarak 2007 yılının 4 Mayıs - 3 Eylül tarihleri arasında toplam 14 gecelik BVR renklerinde gözlemleri yapıldı. Ancak bu gözlemlerden yalnızca 7 gecelik veri bu çalışmada kullanılabilir. Gözlem esnasında hava koşullarının uygun olmamasından dolayı diğer 7 gecenin gözlem verileri kullanılamayacak kadar saçıldı ve Wilson-Devinney (WD) programı ile yapılan analize dahil edilmedi. WD analiz programına dahil edilen gözlem geceleri Çizelge 2.1'de verilmektedir. Ayrıca R renginde alınan ışık eğrisi de çok fazla saçıldığından WD ile analizi yapılamadı.

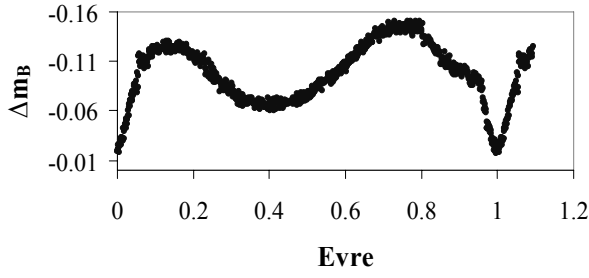
*Çizelge 2.1. Bu çalışmada Wilson-Devinney analiz programına dahil edilen gözlem tarihleri*

<b>Analizde Kullanılan Gözlem Geceleri</b>
15 Temmuz 2007
16 Temmuz 2007
17 Temmuz 2007
18 Temmuz 2007
1 Eylül 2007
2 Eylül 2007
3 Eylül 2007

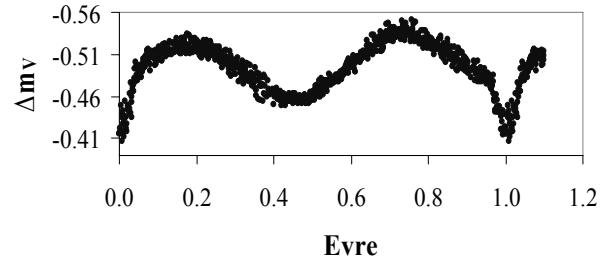
Gözlemlerde, mukayese yıldızı olarak HD165569 kullanıldı. V772 Her sisteminin ve mukayese yıldızı olarak kullanılan HD165569'un katalog bilgileri Çizelge 2.2'de verilmektedir. Gözlemlerdeki hatalar, ortalama olarak B renginde  $0^m.001$ , V renginde ise  $0^m.002$  düzeyinde oldu. Gözlem verilerinin  $0.001$  evre aralığına göre ortalaması alınarak ışık eğrileri oluşturuldu. Bu şekilde elde edilen B ve V rengi ışık eğrileri WD çözümünde kullanıldı. Elde edilen B ve V rengi ışık eğrileri sırasıyla Şekil 2.1 ile Şekil 2.2'de verilmektedir.

*Çizelge 2.2. V772 Her sisteminin ve HD165569'un HIP kataloğundan alınan özellikleri*

	<b>V772 Her (HIP 88637)</b>	<b>HD165569 (HIP 88624)</b>
<b>Parlaklık (V)</b>	7.096	7.60
<b>B-V</b>	0.654	0.297
<b>Tayf Türü</b>	G2 V	F0
<b><math>\alpha</math> (2000)</b>	$18^{\text{sa}} 05^{\text{dk}} 49^{\text{sn}}.7114$	$18^{\text{sa}} 05^{\text{dk}} 41^{\text{sn}}.5609$
<b><math>\delta</math> (2000)</b>	$+ 21^{\circ} 26' 45''.233$	$+ 21^{\circ} 25' 34''.811$



**Şekil 2.1.** V772 Her sisteminin TUG'da 15 Temmuz – 3 Eylül 2007 tarihleri arasında B renginde elde edilen ışık eğrisi



**Şekil 2.2.** V772 Her sisteminin TUG'da 15 Temmuz – 3 Eylül 2007 tarihleri arasında V renginde elde edilen ışık eğrisi

2007 yılında TUG'da gözlenen minimum zamanları Kwee and van Woerden [9] yöntemi ile hesaplanarak 4 adet yeni minimum zamanı elde edildi. Elde edilen yeni minimum zamanları Çizelge 2.3'de verilmektedir. Bu yeni minimum zamanları Bruton vd. [7] nin makalesinde yer alan minimum zamanları ile birleştirilerek sistemin yeni ışık elemanları belirlendi. Hesaplanan yeni ışık elemanları:

$$\text{Min I (HJD)} = 2454345.2899(\pm 0.0046) + 0.87950548(\pm 0.00000049) \times E$$

şeklinindedir. Bu çalışmada, ışık eğrilerinin evreleri, belirlenen yeni ışık elemanlarına göre hesaplandı.

**Çizelge 2.3.** 2007 yılında TUG'da elde edilen minimum zamanları ve hataları

Tarih	Tür	Minimum Zamanı	Hatası
1 Eylül 2007	I	2454345.2892	0.0001
4 Haziran 2007	I	2454256.4629	0.0002
6 Mayıs 2007	I	2454227.4391	0.0001
18 Temmuz 2007	I	2454300.4383	0.0002

### 3. Işık Eğrilerinin Wilson-Devinney Programı ile Analizi

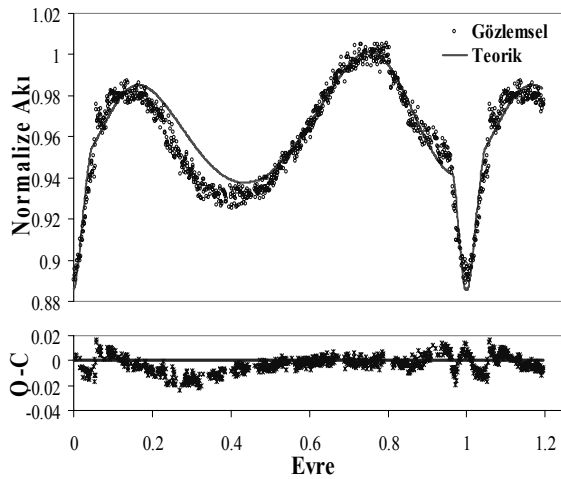
Bu çalışmada V772 Her etkin çift yıldız sisteminin 2007 yılında TUG'da yapılan gözlemlerinden elde edilen ışık eğrileri, Morbey vd. [3] tarafından elde edilen radyal hız verileri ile birlikte, PHOEBE programında eşzamanlı olarak çözüldü ve sistemin fiziksel parametreleri belirlendi. Unix işletim sistemi altında çalışan bir program olan PHOEBE, Wilson-Devinney (WD) ışık eğrisi analiz programının bir arayüzüdür. PHOEBE arayüzü Wilson tarafından da desteklenmekte olup Andrej Prsa tarafından geliştirilmiştir [10].

V772 Her sistemi, bileşenleri henüz anakolda olan, genç yıldızlardan oluşmaktadır. Sistemin literatür taramasına bakıldığında kütle aktarımının olmadığı, ayrık bir sistem olduğu görüldü[2,5,8]. Bu nedenle sistemin WD analizi yapılırken iki bileşenin de Roche şişimini doldurmadığı, ayrık çift modu olan Mod 2 (Detached Binary) seçildi. Bileşenlerin kenar kararına sabitleri logaritmik yasa dikkate alınarak Van Hamme [11] den yararlanılarak belirlendi. Analizler sırasında, literatür taramasıyla makalelerden bulunan değerler başlangıç parametreleri olarak kullanıldı [3,7,8]. Birinci ve ikinci bileşenin yansıma katsayıları olarak konvektif yıldızlar için sabit olan, 0.5 değeri kullanıldı ve yüzey çekim ivmeleri olarak da yine konvektif yıldızlar için sabit olan 0.32 değeri kullanıldı. Analizde kullanılan başlangıç parametreleri Çizelge 3.1'de verilmektedir.

**Çizelge 3.1.** Bu çalışmada WD çözümünde kullanılan parametrelerin başlangıçta girilen değerleri [3,7,8]

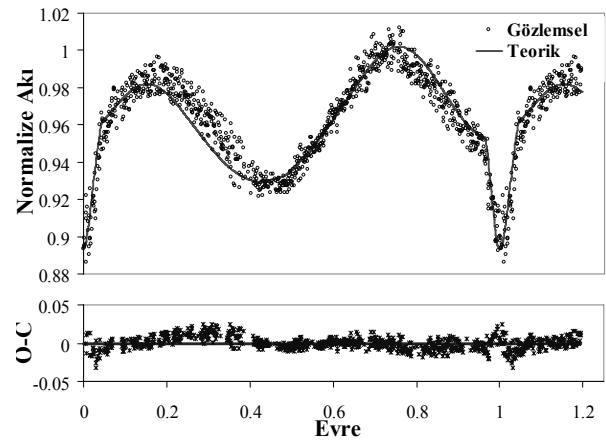
Yarı-Büyük Eksen Uzunluğu (SMA)	4.654 ( $R_{\odot}$ )
Kütle Merkezinin Hızı (VGA)	- 19.91 km/sn
Yörünge Eğim Açısı (i)	$76^{\circ}.2$
Kütle Oranı (q) ( $M_2/M_1$ )	0.578
Birinci Bileşen Sıcaklığı ( $T_1$ )	$5900^{\circ}\text{K}$
İkinci Bileşen Sıcaklığı ( $T_2$ )	$4100^{\circ}\text{K}$
Birinci Bileşenin Çekim İvmesi ( $\text{Log}G_1$ )	4.56 (cgs)
İkinci Bileşenin Çekim İvmesi ( $\text{Log}G_2$ )	4.71 (cgs)

V772 Her'in TUG'da yapılan 910 B rengi gözlem verisi ile 913 V rengi gözlem verisi normalize ışınım akısına dönüştürülerek Wilson-Devinney analiz programında kullanıldı. Sistemin dinamik ve fiziksel parametreleri tayfsal veriler [3] dikkate alınarak belirlendikten sonra leke modellemesi yapıldı. B ve V rengi ışık eğrileri için her bir bileşene birer leke yerleştirilerek çözüm sonuçları elde edildi. Analiz yapılırken ilk önce B ve V renklerindeki ışık eğrileri birlikte çözülmeye çalışıldı. Ancak B ve V rengi ışık eğrilerindeki belirgin farklar yüzünden ortak çözümde iki eğriye de uygun bir sonuç oluşturulamadı. Bu yüzden, B ve V rengi için, renge bağlı değişimleri dikkate almak üzere yalnızca leke parametrelerinin değiştiği iki ayrı çözüm üzerinde duruldu. B ve V renklerindeki ışık eğrilerinin birlikte çözülmeye çalışıldığında ortaya çıkan çözüm sonuçları sırasıyla Şekil 3.1 ve Şekil 3.2'de verilmektedir.



**Şekil 3.1.** Sistemin B ve V renklerindeki ışık eğrilerinin ortak çözümüne göre, B rengi ışık eğrisi için teorik fit (sürekli eğri) ve ilgili farkların grafiği

$$(\sum(O-C)^2 = 0.007726)$$



**Şekil 3.2.** Sistemin B ve V renklerindeki ışık eğrilerinin ortak çözümüne göre, V rengi ışık eğrisi için teorik fit (sürekli eğri) ve ilgili farkların grafiği

$$(\sum(O-C)^2 = 0.008521)$$

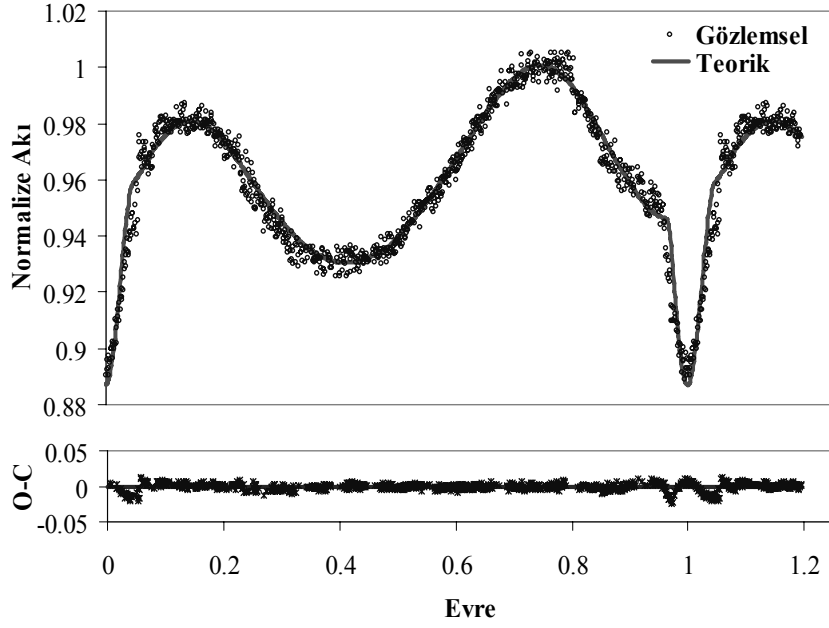
B ve V renklerindeki ışık eğrilerine ayrı ayrı çözümler yapılırken önce sistemin yarı-büyük eksen uzunluğu (SMA), sistemin kütle merkezinin hızı (VGA), yörünge eğim açısı ( $i$ ), kütle oranı ( $q$ ), baş bileşenin yüzey potansiyeli (PHSV<sub>1</sub>), yoldaş bileşenin yüzey potansiyeli (PHSV<sub>2</sub>), baş bileşenin kesirsel ışınım gücü ( $L_1$ )

parametreleri serbest bırakılarak hesap yapıldı. Diferansiyel düzeltmeler yapıldıktan sonra,  $T_2$  yoldaş bileşenin sıcaklığı olmak üzere, diğer parametreler sabit tutularak yalnızca  $i$  ve  $T_2$  parametreleri serbest bırakıldı ve bu şekilde leke çözümü yapıldı. Elde edilen sonuç parametreleri Çizelge 3.2’de verilmektedir. Bu analiz sonucunda B ve V renklerindeki gözlemsel ışık eğrilerine yapılan teorik fitler ile O-C grafikleri Şekil 3.3 ve Şekil 3.4’te verilmektedir. Işık eğrileri ile eşzamanlı radyal hız eğrisine yapılan teorik fit de Şekil 3.5’te verilmektedir.

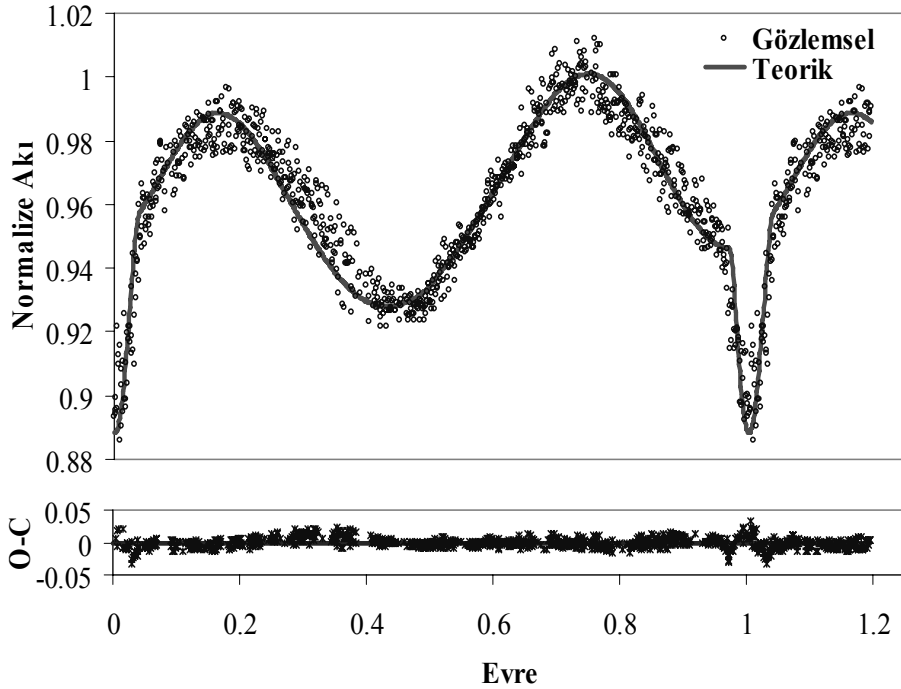
*Çizelge 3.2. V772 Her sisteminin PHOEBE analizi sonucunda bulunan fiziksel parametreleri ve hataları*

	<b>B</b>	<b>Hata</b>	<b>V</b>	<b>Hata</b>
<b>SMA (<math>R_{\odot}</math>)</b>	4.71901	0.11295	4.71968	0.10766
<b>VGA (km/sn)</b>	-18.4623	0.1574	-18.4598	0.1572
<b><math>i</math> (<math>^{\circ}</math>)</b>	75.644	0.711	75.577	0.709
<b><math>q</math> (<math>M_2/M_1</math>)</b>	0.592793	0.022599	0.592934	0.02154 5
<b>Yüzey Potansiyeli (Baş Bileşen)</b>	5.88745	2.35608	5.81932	2.63768
<b>Yüzey Potansiyeli (Yoldaş)</b>	5.84034	2.53211	5.97301	3.00338
<b><math>T_2</math> (<math>^{\circ}</math>K)</b>	4499.63	342.35	4501.63	312.99
<b><math>T_1</math> (<math>^{\circ}</math>K)</b>	5900		5900	
<b>Kütle (<math>M_{\odot}</math>) [<math>M_1 \setminus M_2</math>]</b>	1.148 / 0.681		1.149 / 0.681	
<b>Yarıçap (<math>R_{\odot}</math>) [<math>R_1 \setminus R_2</math>]</b>	0.900 / 0.610		0.900 / 0.610	
<b>Işınım Gücü [<math>L_1 \setminus L_2</math>]</b>	11.691 \ 0.968		11.474 \ 1.315	

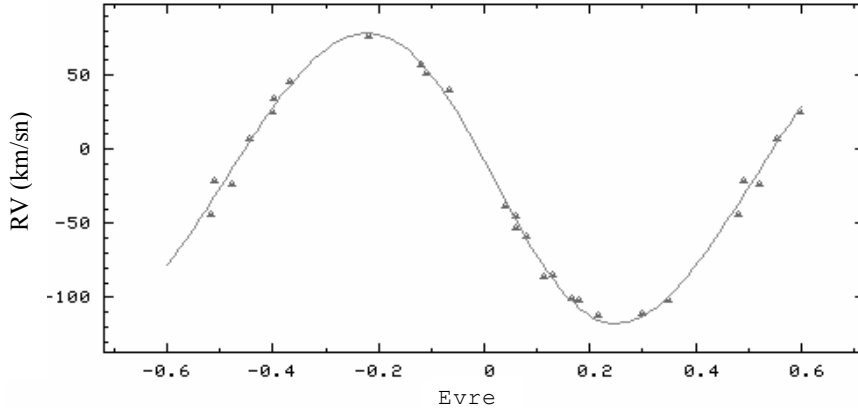




**Şekil 3.3.** V772 Her sisteminin 15 Temmuz – 3 Eylül 2007 tarihleri arasında TUG’da alınmış B rengi ışık eğrisine yapılan teorik fit (sürekli çizgi) ve teorik fitin gözlemsel eğriden olan fark grafiği ( $\sum(O-C)^2 = 0.005534$ )



**Şekil 3.4.** V772 Her sisteminin 15 Temmuz – 3 Eylül 2007 tarihleri arasında TUG’da alınmış V rengi ışık eğrisine yapılan teorik fit (sürekli çizgi) ve teorik fitin gözlemsel eğriden olan fark grafiği ( $\sum(O-C)^2 = 0.007506$ )

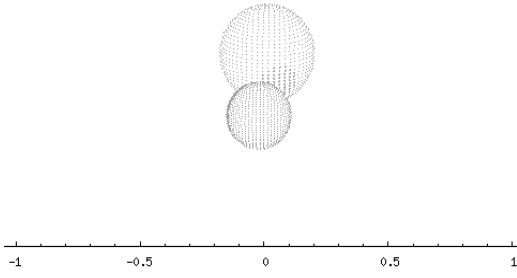


*Şekil 3.5. 2007 TUG gözlemleri ile eşzamanlı çözülen birinci bileşenin radyal hız eğrisine yapılan teorik fit*

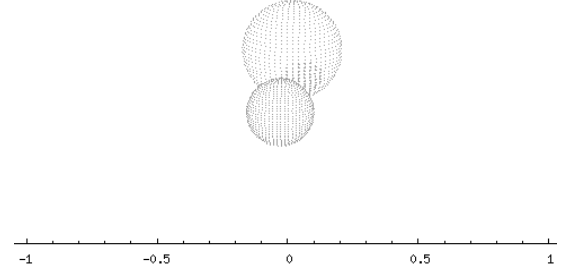
B ve V renklerindeki ışık eğrilerinin ayrı ayrı analizleri sonucunda elde edilen leke parametreleri Çizelge 3.3’de verilmektedir. Farklı leke parametrelerine göre, sistemin geometrisi, B ve V renklerindeki 0.00, 0.50, evreleri için sırasıyla Şekil 3.6, Şekil 3.7, Şekil 3.8 ve Şekil 3.9’da verilmektedir.

*Çizelge 3.3. V772 Her sisteminin PHOEBE analizi sonucunda B ve V renkleri için ayrı ayrı elde edilen leke parametreleri*

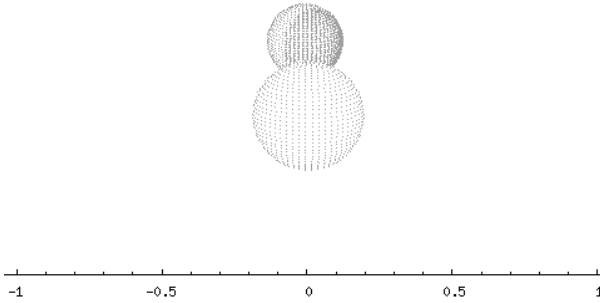
Leke Parametresi	Birinci Bileşen Yüzeyindeki Leke		İkinci Bileşen Yüzeyindeki Leke	
	B Bandı	V Bandı	B Bandı	V Bandı
<b>Enlem (°)</b>	1.99	1.99	1.55	1.85
<b>Boylam (°)</b>	0.31	0.27	0.62	0.50
<b>Açısal Çap (rad)</b>	0.44	0.44	1.25	1.10
<b>Sıcaklık Faktörü</b>	0.92	0.90	0.45	0.50



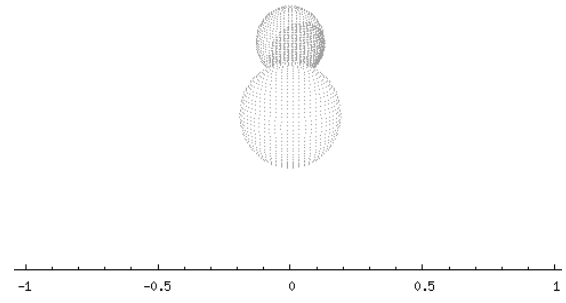
**Şekil 3.6.** V772 Her sisteminin B rengi 0.00 evresindeki geometrik görünümü



**Şekil 3.8.** V772 Her sistemin V rengi 0.00 evresindeki geometrik görünümü



**Şekil 3.7.** V772 Her sistemin B rengi 0.50 evresindeki geometrik görünümü



**Şekil 3.9.** V772 Her sistemin B rengi 0.50 evresindeki geometrik görünümü

#### 4. Sonuç ve Tartışma

Bu çalışmada, kısa dönemli RS CVn türü örten bir çift yıldız sistemi olan V772 Her'in 2007 yılında TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde elde edilen CCD gözlemlerine dayalı ışık eğrisi analizi yapıldı. Yapılan gözlemlerden elde edilen B ve V rengi ışık eğrileri birlikte kullanılarak ortak bir çözüm yapılmaya çalışıldı ama bu ışık eğrilerindeki tutulmalar dışındaki kısımlarında görülen belirgin farklılardan dolayı uygun bir sonuç elde edilemedi. Bu nedenle ortak çözümde aynı leke parametreleri ile B ve V renklerini iyi temsil edebilen teorik fitler oluşturulamadı. Wilson-Devinney çözümü yapılırken Morbey vd. [3] tarafından elde edilen dikine hız eğrisi verileri kullanılarak eşzamanlı çözüm yapıldı.

Sistemin 2007 TUG gözlem verilerine ilişkin B ve V rengi ışık eğrileri modellenerek V772 Her'in ilgili fiziksel parametreleri Çizelge 4.1'de verildiği gibi elde edildi. Bulunan bu parametrelerin daha önce

diğer yazarlar tarafından bulunan değerleri ile bir karşılaştırması bu çizelgede verilmektedir. V772 Her sisteminin, her iki bileşeni üzerinde soğuk leke varlığı dikkate alınarak en iyi teorik ışık eğrisi çözümüne ulaşıldı. Yapılan çözüm sonucunda bileşenlerin yüzeylerindeki lekelerin B ve V renklerine etkilerinin de farklı olduğu gözlemlendi. Leke modellemesine bakılarak sistemin çok aktif bileşenlere sahip olduğu görülmektedir.

Sistemin her iki bileşeninin leke aktivitesi hakkında daha detaylı bilgi elde edebilmek için, daha uzun süreli fotometrik ve tayfsal gözlemlere ihtiyaç vardır.

*Çizelge 4.1. 2007 yılında TUG'da elde edilen ışık eğrisinin analiz sonuçlarının literatürdeki değerlerle karşılaştırılması*

	<b>TUG, 2007</b>	<b>Reglero, 1991</b>	<b>Batten, 1979</b>	<b>Bruton, 1989</b>
<b>Kütle</b> ( $M_{\odot}$ )[ $M_1 \backslash M_2$ ]	1.148 \ 0.681	1.09 \ 0.63	1.0 \ 0.6	
<b>Yarıçap</b> ( $R_{\odot}$ )[ $R_1 \backslash R_2$ ]	0.900 \ 0.610	0.90 \ 0.58		
<b><math>T_1</math> (<math>^{\circ}</math>K)</b>	5900	5915	5915	
<b><math>T_2</math> (<math>^{\circ}</math>K)</b>	4500.63	4055	3724	4898
<b><math>i</math> (<math>^{\circ}</math>)</b>	75.61	76.2	77	74.9
<b><math>q</math> (<math>M_2/M_1</math>)</b>	0.59	0.58	0.59	
<b><math>V_0</math> (km/sn)</b>	-18.46		-22.82	
<b>SMA (<math>R_{\odot}</math>)</b>	4.72			

### Kaynaklar

- [1] ESA (1997), The Hipparcos and Tycho Catalogues, Vols 1-17, SP-1200
- [2] Batten, A.H., Morbey C.L., Fekel, F.C., Tomkin, J., (1979), "The Triple System HD165590", PASP, 91, 304-312
- [3] Morbey, C.L., Batten, A.H. Andrews, D.H., Fisher, W.A., (1977), "HD 165590 – A Spectroscopic-Visual Triple System", PASP, 89, 851-856.
- [4] Scarfe, C.D., (1977), "A Probable Eclipse in HD 165590", IBVS, 1357.

- [5] Stern, R.A., Skumanich A., (1983), “Rapid Rotation and Stellar Activity in The Triple System HD165590”, *ApJ*, 267, 232-238.
- [6] Bakos, G.A., Tremko, J., (1984), “The Light Variations of The Triple System HD165590”, *CoSka*, 12, 65
- [7] Bruton, J.R., Hall, D.S., Boyd, L.J., Genet, R.M., Lines, R.D., Lines, H.C., Scarfe, C.D., (1989), “U-B-V Photometry of The Spectroscopic-Visual Triple HD 165590”, *Ap&SS*, 155, 27.
- [8] Reglero, V., Fernández-Figueroa M.J., Giménez, A., De Castro, E., Fabregat, J., Cornide, M., Armentia J.E., (1991), “The Triple System HD 165590: A Spectroscopic and Photometric Study”, *A&AS*, 88, 545-557
- [9] Kwee K.K. and van Woerden, H., (1959), “A Method of Computing Accurately The Epoch of Minimum of An Eclipsing Variable”, *BAN*, 12, 327
- [10] Prsa, A. and Zwitter R., (2006), “A Computational Guide to Physics of Eclipsing Binaries. I. Demonstrations and Perspectives”, *ApJ*, 628, 426-428
- [11] Van Hamme, W., (1993), “New Limb-Darkening Coefficients for Modeling Binary Star Light Curves”, *AJ*, 106, 2096