

## Yeni Bir Aktif Çift Yıldız: MR Delphini

F. Soyduğan<sup>1</sup>, A. Erdem<sup>1</sup>, O. Demircan<sup>1</sup>, E. Soyduğan<sup>1</sup>, C. Çiçek<sup>1</sup>, S. Özdemir<sup>1</sup>,  
İ. Bulut<sup>1</sup>, Ö.L. Değirmenci<sup>2</sup>, Z. Bozkurt<sup>2</sup> ve K. Yakut<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü

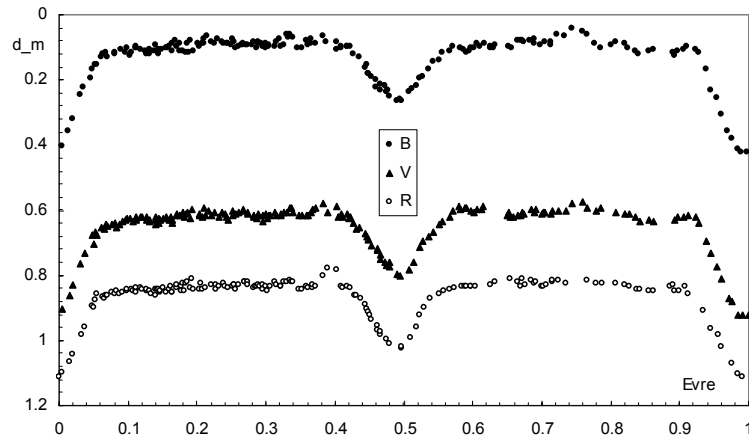
**Özet.** Hipparcos uydusu tarafından örten çift yıldız olduğu keşfedilen Algol türü bir sistem olan MR Del'in, 2000 yılında TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde B, V ve R süzgeçlerinde gözlenerek ışık eğrileri elde edildi. Her iki bileşenin de tayf türünün K olduğu önerilen (Cutispoto ve ark. 1997) sistem, maksimum evrelerde yüzey aktivitesi sonucu oluşabilecek değişimler göstermektedir. MR Del'in gözlemleri boyunca elde edilen yeni minimum zamanları, daha önce literatürde verilen minimum zamanları ile birleştirilerek sistemin ışık öğeleri yenilenmiştir. Ayrıca, sistemin ışık eğrileri, Wilson-Devinney yöntemi ile analiz edilerek sisteme ilişkin fiziksel ve geometrik parametreler bulunmaya çalışılmış, ışık eğrilerindeki asimetrielerin olası nedenleri üzerinde durulmuştur.

### 1. Giriş

MR Del (HD 195434, BD +04<sup>o</sup> 4470, HIP 101236) sisteminin 0<sup>g</sup>.52169 döneme sahip örten bir çift sistem olduğu Hipparcos uydusu tarafından belirlenmiş ve Algol türü bir dizge olarak sınıflanmıştır (ESA, 1997). Hipparcos tarafından sistemin tayf türü olarak K0 verilmiş olup ışık eğrisindeki maksimum ve minimum parlaklık değerleri sırasıyla 8<sup>m</sup>.87 ve 9<sup>m</sup>.13 olarak belirlenmiştir. Dizgenin yumuşak bir X-ışın kaynağı olduğu Pye ve ark. (1995) tarafından ortaya konmuştur. Cutispoto ve ark. (1997), sistemi UBVRİ süzgeçlerinde gözlemiş ve BY Dra türü değişim gösterdiğini belirtmişlerdir. Ayrıca yine bu çalışmada sistemin ışık eğrisi çözülmüş, dizgenin fiziksel ve geometrik parametreleri tahmin edilerek leke etkinliği belirlenmiştir. Cutispoto ve ark. (1999) başka bir çalışmada ise, Ca I çizgisinin eşdeğer genişliği ile B-V renk ölçeği arasında buldukları ilişkiden sistemin bileşenlerinin tayf türünü K2V + K6V olarak tahmin etmişlerdir. Clausen ve ark. (2001), MR Del'in ubvy süzgeçlerinde ışık eğrisini elde etmişler ve ışık eğrisinin manyetik etkinlik nedeniyle gecelik değişimler gösterdiğini belirterek flare olayı rapor etmişlerdir.

### 2. Gözlemler

MR Del örten çift sistemi, TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde 10, 13, 15, 16 ve 18 Temmuz 2000 tarihlerinde 40 cm'lik Cassegrain türü teleskop kullanılarak B, V ve R süzgeçlerinde gözlenmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. MR Del'in B, V ve R süzgeçlerinde TUG'da elde edilmiş ışık eğrileri.



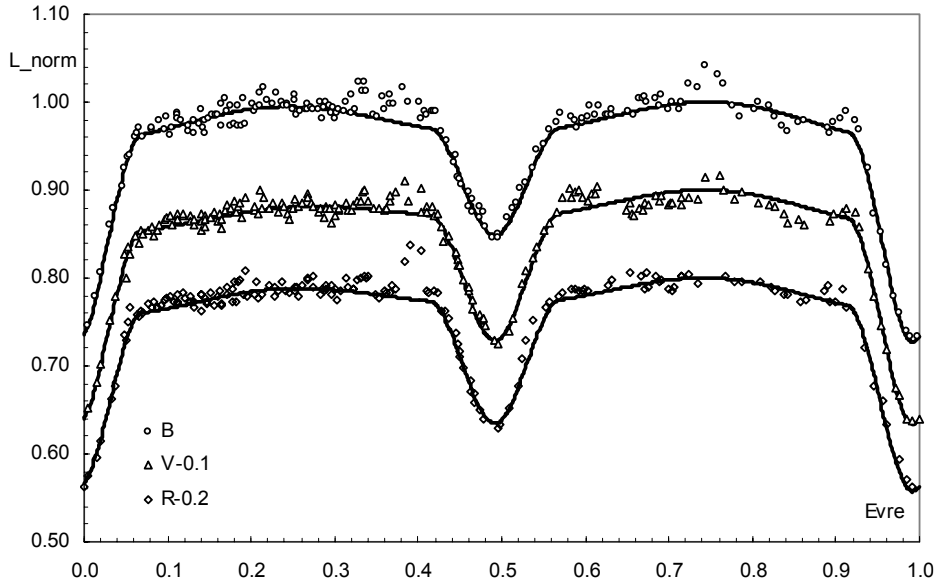
#### 4. Işık Eğrisi Analizi

MR Del'in 2000 yılında TUG'da B,V ve R süzgeçlerinde elde edilen gözlem noktalarından oluşan veriler, 0.75 evredeki parlaklığa göre normalize edilerek Wilson (1992) tarafından geliştirilen Wilson-Devinney yönteminin 1992 versiyonu kullanılmak üzere analiz için hazırlandı. Sistemin bileşenlerinin tayf türleri için, Cutispoto ve ark. (1999) tarafından yapılan çalışma referans alınmıştır. Bu çalışmada, Ca I 6717.7 Å çizgisinin eşdeğer genişliği ile B-V renkleri arasında lineer bir ilişki bulunmuş ve bu bağıntıdan yararlanılarak bileşenlerin tayf türleri, alt türlerde  $\pm 2$  doğrulukla, K2V+K6V olarak belirlenmiştir.

Cutispoto ve ark. (1999) tarafından verilen tayf türü kullanılarak baş bileşenin sıcaklık değeri literatürden 4900 K olarak alındı (Popper, 1980). Bolometrik logaritmik kenar karama katsayıları ve tek renk logaritmik kenar karama katsayıları, Van Hamme (1993)'ün çalışmasından alındı. Çekim karama üsleri ise, konvektif atmosferler için,  $g_{1,2}=0.32$  olarak kullanıldı (Lucy, 1963). Bolometrik albedolar,  $A_{1,2}=0.5$  (konvektif atmosferler için) olarak alındı. Dairesel yörünge ve senkronize dönme varsayımı altında dönme parametreleri  $F_{1,2}=1$  alındı. Bu parametrelerin tümü analiz sırasında sabit tutuldu. Sistemin ışık eğrisinde yakınlık etkilerinin baskın olarak görünmemesi nedeniyle çözümlere ayırık sistemler için kullanılan MODE 2 ile başlandı ve daha sonra bileşenlere ilişkin potansiyel değerleri sistemin ayırık olduğunu gösterir şekilde değişim gösterdiğinden çözümlerin MODE 2 de yapılmasına karar verildi.

MR Del'in kütle oranı için Cutispoto ve ark. (1997), 0.88 değerini tahmin ettiler. Bu değeri sınamak ve analize başlangıç için bir q değeri seçmek için kütle oranı taraması yapıldı. Bu tarama sonucunda, O-C değerlerinin  $q=0.65-0.70$  civarında minimum değere ulaştığı görüldü. Bu nedenle q için başlangıç değeri 0.7 seçildi.

Başlangıç değerleri bu şekilde seçildikten sonra, ışık eğrisindeki maksimum I evresinin maksimum II ye göre daha düşük seviyede olması nedeniyle baş yıldızın üzerinde bir soğuk leke olabileceği düşünüldü. Bu durumda, soğuk lekenin varlığı ile birlikte sistemin ışık eğrisi analizi yapıldı. Çözüm sonunda bulunan parametreler Çizelge 2'de listelendi. V bandında yapılan çözüm sonucunda kütle oranı değeri serbest bırakıldı. Bunun sonucunda bulunan q değeri, diğer süzgeçlerde sabit alınarak çözüm sonuçlandırıldı. Bulunan parametreler kullanılarak oluşturulan kuramsal eğri ile B,V ve R süzgeçlerindeki gözlemlerin uyumu Şekil 3'te sistemin Roche geometrisi ise Şekil 4'te, gösterilmektedir. Ayrıca, sistemin 0.25 evredeki konfigürasyonu ile baş yıldızın üzerindeki soğuk leke Şekil 5'te çizilmiştir.

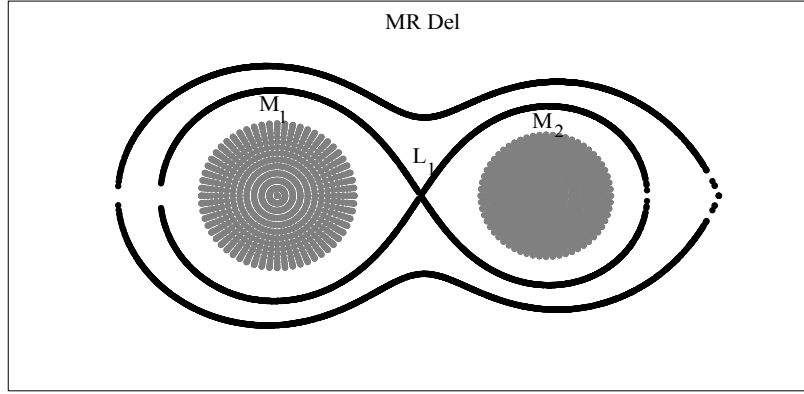


Şekil 3. MR Del'in B, V ve R süzgeçlerindeki gözlemsel noktalar ve soğuk leke ile birlikte analiz sonucunda elde edilen parametreler ile oluşturulan kuramsal eğriler.

Çizelge 2. MR Del'in WD 1992 yöntemi kullanılarak yapılan analiz sonucunda bulunan sonuçlar.

Parametre	B	V	R
Lekenin Boylamı: $\lambda$	290 <sup>0</sup>	290 <sup>0</sup>	290 <sup>0</sup>
Lekenin enlemi: $\beta$	70 <sup>0</sup>	70 <sup>0</sup>	70 <sup>0</sup>
Lekenin açısal yarıçapı: $\gamma$	8 <sup>0</sup>	10 <sup>0</sup>	10 <sup>0</sup>
Lekenin sıcaklık faktörü: $\tau_{spot}$	0.95	0.8	0.875
Evre Kayması	0.9917	0.9917	0.9914
	$\pm 0.0002$	$\pm 0.0002$	$\pm 0.0002$
e	0	0	0
w	90	90	90
i	74 <sup>0</sup> .615	75 <sup>0</sup> .093	74 <sup>0</sup> .715
	$\pm 0.180$	$\pm 0.152$	$\pm 0.121$
$x_h$	0.881	0.740	0.611
$x_c$	0.817	0.705	0.912
$A_h$	0.5	0.5	0.5
$A_c$	0.5	0.5	0.5
$g_h$	0.32	0.32	0.32
$g_c$	0.32	0.32	0.32
$T_h$	4900	4900	4900
$T_c$	4410	4448	4391
	$\pm 12$	$\pm 10$	$\pm 13$
$\Omega_1$	4.4015	4.3485	4.2504
	$\pm 0.0321$	$\pm 0.0436$	$\pm 0.0226$
$\Omega_2$	4.1410	4.2184	4.3144
	$\pm 0.0451$	$\pm 0.1502$	$\pm 0.0241$
q	0.71813	0.71813	0.71813
		$\pm 0.03747$	
$L_h / (L_h + L_c)$	0.7326	0.7068	0.7207
	$\pm 0.0116$	$\pm 0.0106$	$\pm 0.0067$
$L_c / (L_h + L_c)$	0.2674	0.2932	0.2793
$r_h$ (pole)	0.2697	0.2735	0.2810
	$\pm 0.0021$	$\pm 0.0025$	$\pm 0.0020$
$r_h$ (point)	0.2829	0.2877	0.2971
	$\pm 0.0026$	$\pm 0.0031$	$\pm 0.0025$
$r_h$ (side)	0.2744	0.2785	0.2866
	$\pm 0.0023$	$\pm 0.0027$	$\pm 0.0021$
$r_h$ (back)	0.2799	0.2844	0.2932
	$\pm 0.0025$	$\pm 0.0029$	$\pm 0.0023$
$r_c$ (pole)	0.2372	0.2314	0.2246
	$\pm 0.0028$	$\pm 0.0025$	$\pm 0.0017$
$r_c$ (point)	0.2509	0.2436	0.2352
	$\pm 0.0036$	$\pm 0.0031$	$\pm 0.0021$
$r_c$ (side)	0.2411	0.2349	0.2277
	$\pm 0.0030$	$\pm 0.0026$	$\pm 0.0018$
$r_c$ (back)	0.2478	0.2409	0.2329
	$\pm 0.0033$	$\pm 0.0029$	$\pm 0.0020$
$\Sigma W (O-C)^2$	0.00273	0.00256	0.00232

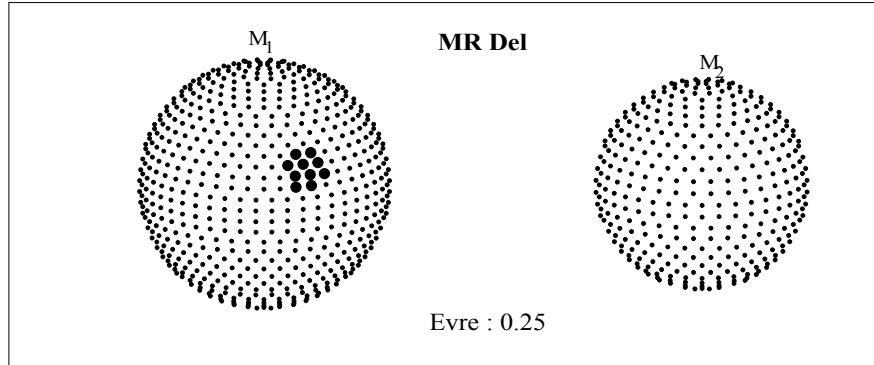
Yapılan analiz sonucunda, Şekil 3'de de görüldüğü gibi, gözlemler ile en iyi uyum R süzgecindedir. Ayrıca  $\Sigma W (O-C)^2$  değerinin de en küçük olduğu süzgecin R olmasının nedeni, bu süzgeçte özellikle maksimumlardaki dalgalanmaların diğer süzgeçlere göre daha az olmasıdır.



Şekil 4. MR Del'in Roche geometrisi.

### 5. Sonuçlar

Bu çalışma sonucunda MR Del'in 2000 yılında TUG'da B,V ve R süzgeçlerinde elde edilen ışık eğrileri Wilson-Devinney yöntemi ile analiz edilerek sistemin fiziksel ve geometrik parametreleri belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca, sistemin şu ana kadar elde edilen minimum zamanları kullanılarak yeni ışık öğeleri belirlenmiştir. Işık eğrisindeki maksimum I evresinin maksimum II ye göre daha sönük olması, baş bileşen üzerinde olabilecek soğuk leke etkisi ile açıklanmaya çalışılmıştır. Sistemin ışık eğrisinde görülen kısa zamanlı ve küçük genlikli değişimler ise, daha önceki çalışmalarda da raslanıldığı gibi (Cutispoto ve ark. 1997, Clausen ve ark. 2001), bileşenlerin yüzey aktivitesinden kaynaklanabilecek gecelik değişimler olarak yorumlanabilir.



Şekil 5. Baş bileşen üzerindeki soğuk leke ile birlikte sistemin konfigürasyonu.

**Teşekkür.** Bu çalışma TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi tarafından gözlem projesi olarak desteklenmiştir.

**Kaynaklar**

- Clausen, J.V., Helt, B.E. and Olsen, E.H. 2001, *A&A*, 374, 980  
Cutispoto, G., Krster, M., Messina, S., Rodono, M. and Tagliaferri, G. 1997, *A&A*, 320, 586  
Cutispoto, G., Pastori, L. et al. 1999, *A&AS*, 138, 87  
ESA, 1997, *The Hipparcos & Tycho Catalogues*, ESA SP-1200  
Kwee, K.K. and van Woerden, H. 1956, *B.A.N.*, 12, 327  
Lucy, L.B. 1967, *Z. Astrophys.*, 65, 89  
Popper, D.M. 1980, *ARA&A*, 18, 115  
Pye, J.P., McGale, P.A., Allan, D.J. et al. 1995, *MNRAS*, 274, 1165  
Soyduğan, F., Budding, E., Demircan, O., Erdem, A. et al. 2001, *IBVS*, 5153  
Van Hamme, W. 1993, *AJ*, 106, 2096  
Wilson, R.E. 1992, *Documentation of Eclipsing Binary Computer Model*, Revision of 1992, University of Florida