

## HS Her Örtlen Çift Sisteminin UBV Işıkolçümü ve Dönem Analizi

Zeynep Bozkurt<sup>1</sup>, Ömer Lütfi Değirmenci<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ege Üniversitesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, Fen Fakültesi, 35100, İzmir  
zeynep@astronomy.sci.ege.edu.tr, omerd@astronomy.sci.ege.edu.tr

**Özet:** HS Her örtlen çift sisteminin 2002-2003 gözlem sezonunda elde edilen UBV ışık eğrileri Wilson-Devinney bilgisayar programı ile analiz edilmiştir. Analiz sonucu elde edilen ışık eğrisi parametrelerinin kullanılması ile sisteme ilişkin yeni salt ögeler hesaplanmıştır. Ayrıca dönem analizi yapılarak sistemin dönem değişimi incelenmiştir. Eksen dönmesi ve ışık-zaman etkisi kaynaklı dönem değişimi olduğu gösterilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** HS Her: Dönem değişimi: eksen dönmesi – ışık-zaman etkisi-WD çözümü

**Abstract:** UBV light curves of the eclipsing binary HS Her, which obtained in 2002-2003 observation season were analysed with Wilson-Devinney computer code. New absolute dimensions of the system were calculated using the results of the light curve analysis. Period variation of the system was also investigated. It was shown that the causes of the period variation are apsidal motion and light-time effect.

**Key words:** HS Her: Period variation: apsidal motion-light-time effect-WD solution

### 1. Giriş

HS Her (HD 174714 = BD+24 3552;  $P = 1^{\text{d}}.637$ ,  $V = 8^{\text{m}}.61$ , Sp = B5V+A4V) örtlen çift sisteminin ışık değişimi gösterdiği Martinov tarafından 1934'de belirlenmiştir. Martinov'dan bağımsız olarak Jacchia (1940) da sistemin değişimini göstermiştir. Onların çalışmaları HS Her'in algol türü bir örtlen çift olduğunu göstermiştir. İlk tayfsal çalışma Cesco ve Sahade (1945) tarafından yapılmıştır. Cesco ve Sahade, sistemin tek çizgili dikine hız eğrisini elde etmişler ve tayfsal çözüm sonucunda baş yıldızın B5-B8 tayf türü aralığında bir anakol yıldızı olduğunu göstermişlerdir. Diğer yandan Roman (1956) baş bileşeni B5 III olarak sınıflamıştır.

Hall ve Hubbard (1971) ve Martynov (1974) UBV ışıkölçümünü yapmışlardır. Hall ve Hubbard (1971) tarafından yapılan UBV fotoelektrik gözlemlerinin bazı fotometrik tuhaflıklar gösterdiği rapor edilmiştir. Yan minimumdaki asimetri bu tuhaflıklara bir örnektir. Özellikle UV bölgede sistemin yan minimumdan yeniden maksimum parlaklığa gelmesi çok daha uzun sürmektedir. Bu düzensizlikler yazarlar tarafından soğuk bileşenin Roche lobu içinde yerleşmiş gaz bulutu varlığına atfedilmiştir. Hall ve Hubbard (1971) Russel – Merril metodu ile yaptıkları analiz sonucunda HS

Her'in iki anakol yıldızından oluşmuş, ayrı bir sistem olduğunu göstermişlerdir. Baş ve yan minimum zamanlarının *O-C* davranışına ve yan minimumun 0.5 evreden sapmasına dayanarak, çok hızlı bir eksen dönmesi önermişlerdir. *O-C* farklarını bir sinüs eğrisi ile temsil etmişler ve 15.5 yıl dönemli bir eksen dönmesi belirlemişlerdir. Martynov (1971), bu dönemin kısa olduğunu vurgulayarak, kendi elde ettiği  $\omega=116^{\circ}$ 'yi ve Cesco ve Sahade (1945) tarafından elde edilen  $\omega=37^{\circ}$  değerini kullanarak eksen dönmesi dönemi için  $U=110$  yıl değerini önermiştir. Scarfe ve Barlow (1974), HS Her'in yeni minimum zamanlarını gözleyerek *O-C* değişimini incelemişler, eksen dönmesi hipotezinin minimum zamanlarındaki değişim için yetersiz olduğunu ve başka bir yorumun gerekli olduğunu rapor etmişlerdir.

Dönem değişimi tartışmasına Todoran (1992) da katılmış ve HS Her'deki dönem değişiminin sadece eksen dönmesi ile açıklanamayacağını vurgulamıştır. Eksen dönmesi için Todoran'ın bulunduğu dönem 60 yıl'dır. Bastian (1993) ise tartışmaya yeni bir boyut katarak *O-C* değişiminin eksen dönmesi değil üçüncü cisim kaynaklı olduğunu ileri sürmüştür. Üçüncü cisim yörüngesinin basıklığını 0.5 ve dönemini 60 yıl olarak vermiştir. Todoran ve Agerer (1994), sistemdeki dönem değişiminin eksen dönmesi kaynaklı olduğu konusunda ısrar etmişler ve üçüncü cisime dair hiçbir belirti olmadığını söylemişlerdir. Sistemin son dönem değişimi çalışması Wolf et al.

Bildiri tam metni için : Zeynep BOZKURT  
e-mektup: zeynep@astronomy.sci.ege.edu.tr

(2002) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada dönem değişimine eksen dönmesi ve üçüncü cisim etkilerinin birlikte sebep olduğu gösterilmiştir.

## 2. Gözlemler

HS Her örtlen çift sisteminin fotoelektrik UBV gözlemleri, 2002 – 2003 Gözlem sezonunda Ege Üniversitesi Gözlemevi'ndeki 30 cm'lik ve Çanakkale 18 Mart Üniversitesi Ulupınar Gözlemevi'ndeki 40 cm'lik Schmidt-Cassegrain teleskoplara bağlı SSP5 fotometre ve Ege Üniversitesi Gözlemevi'ndeki 48 cm'lik Cassegrain teleskoba bağlı HSTCP (High-speed three-channel photon-counting photometer) fotometre ile yapılmıştır.

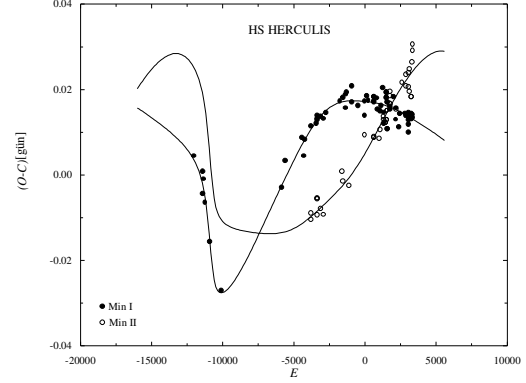
Mukayese yıldızı olarak BD + 24° 3545 (HD 174369) kullanılmıştır. Wehlau (1960)'ya göre, oldukça parlak olan bu yıldız ışık değişimi belirlenemeyen tayfsal bir çift yıldızdır. HS Her ve mukayese yıldızına ilişkin Hall and Hubbard (1971)'dan alınan parlaklık ve renkler Tablo 2.1'de verilmektedir.

**Tablo 2.1** HS Her ve mukayese yıldızına ilişkin parlaklık ve renkler.

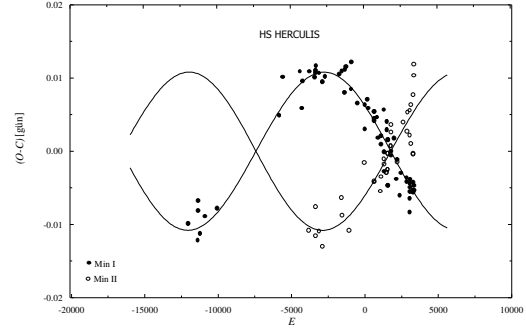
	HS Her (maksimumda)	BD +24 3545
$m_v$	$+8^m.50 \pm 0^m.02$	$+6^m.72 \pm 0^m.02$
B – V	$+0^m.01 \pm 0^m.01$	$+0^m.08 \pm 0^m.01$
U – B	$-0^m.48 \pm 0^m.01$	$+0^m.04 \pm 0^m.01$

## 3. Dönem Analizi

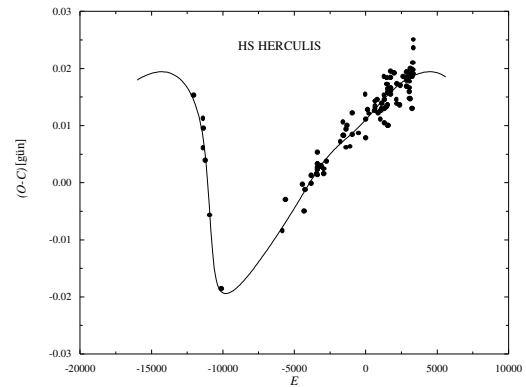
HS Her dizgesine ilişkin literatürde mevcut olan tutulma zamanlarına, Ege Üniversitesi ve Çanakkale 18 Mart Üniversitesi Gözlemev'lerinde elde edilen 21 yeni minimum zamanı eklenerek O-C analizi yapılmıştır. Yapılan analizde dönem değişimine eksen dönmesi ve üçüncü cisim etkisinin birlikte neden olduğu gösterilmiştir. Analiz sonucu elde edilen kuramsal eğri ve gözlemsel O – C farkları Şekil 3.1'de verilmektedir. HS Her sistemindeki dönem değişimine eksen dönmesinin ve üçüncü cisim etkisinin katkıları ise sırasıyla Şekil 3.2 ve Şekil 3.3'te gösterilmektedir. Eksen dönmesi ve üçüncü cisim etkisi çıkartılarak elde edilen farklar ise Şekil 3.4'de verilmektedir. Bu şekilden de görüldüğü gibi farklar sıfır civarında dağılmaktadır ve herhangi bir periyodik değişim göstermemektedir.



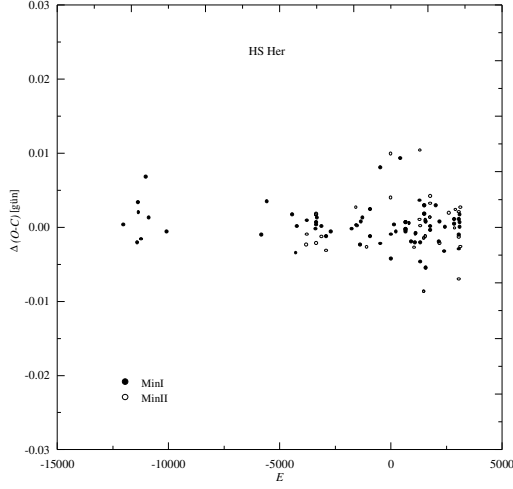
**Şekil 3.1** HS Her örtlen çift sistemine ilişkin O-C grafiği.



**Şekil 3.2** HS Her örtlen çift sistemindeki eksen dönmesi katkısı.



**Şekil 3.3** HS Her örtlen çift sistemindeki üçüncü cisim katkısı.



Şekil 3.4 HS Her örtlen çift sistemindeki O-C noktalarının kuramsal eğriden farkları.

O-C analizi sonucu elde edilen eksen dönmesi ve üçüncü cisim parametreleri ise Tablo 3.1’de verilmektedir.

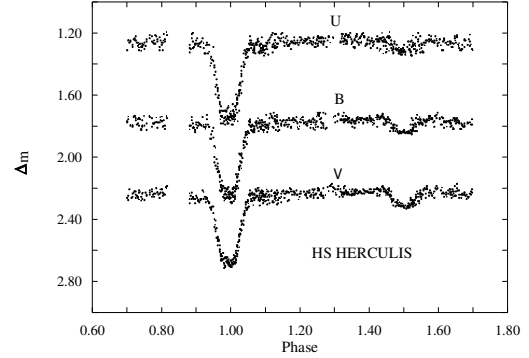
Tablo 3.1 HS Her örtlen çift sisteminin eksen dönmesi ve üçüncü cisim parametreleri.

Eksen Dönmesi		Üçüncü Cisim	
$T_0$ (HJD)	24 47382.4043(41)	$P_3$ (yıl)	84.2 (7.4)
$P_s$ (gün)	1.6374315(51)	$e_3$	0.89 (7)
$e$	0.021 (1)	$\omega_3$ (°)	191(5)
$\dot{\omega}$ (°/çevrim)	0.0196(11)	$T_3$ (HJD)	24 29596 (109)
$\omega_0$ (°)	235.5 (2.3)	$a_{12}\sin i_3$ (AB)	6.9 (1.6)
$U$ (yıl)	82.4 (4.7)	$\sigma$	0.0022

#### 4. Işık Eğrisi Analizi

Sistemin UBV ışık eğrileri 2002 yaz sezonunda 12 gece E.Ü. Gözlemevi ve 2 gece Ulupınar Gözlemevi’nde olmak üzere toplam 14 gecelik gözlem noktasından oluşmaktadır (Şekil 4.1)

Sistemin Cesco and Sahade (1945) tarafından yapılan tayfsal çalışmasında baş yıldız B5-B8 tayf aralığında ve kütle fonksiyonu da  $f(m) = 0.10 M_{\odot}$  olarak verilmektedir. Baş yıldızın B5 tayf türünde olduğu varsayımı ile Drilling and Landolt (2000)’un tablolarından  $m_1 = 5.9 M_{\odot}$  değeri elde edilmiştir. Yörüngenin eğim açısı için  $i = 90^{\circ}$  varsayımı ile,



Şekil 4.1 HS Her örtlen çift sisteminin 2002 UBV ışık eğrileri.

$$f(m) = \frac{m_2^3}{(m_1 + m_2)^2} \quad 4.1$$

ifadesinden yoldaş bileşenin kütlesi için  $m_2 = 1.81 M_{\odot}$  değeri hesaplanmıştır. Bu değerlere göre kütle oranı  $q = 0.307$  dır. Kütle oranının bu değeri ve diğer parametreler için de literatürden elde edilen değerler başlangıç parametresi olarak kullanılmıştır UBV ışık eğrileri Wilson-Devinney (Wilson and Devinney, 1971, Wilson, 1998) bilgisayar programı ile analiz edilmiştir. Baş yıldızın sıcaklığı için Drilling and Landolt (2000)’dan B5 tayf türüne karşılık  $T_h=15200$  K değeri kullanılmıştır. Çözüm sırasında serbest bırakılan parametreler, yörünge basıklığı  $e$ , enberi boylamı  $\omega$ , yörüngenin eğim açısı  $i$ , yüzey potansiyelleri  $\Omega_{h,c}$ , yoldaş yıldızın yüzey sıcaklığı  $T_c$ , kütle oranı  $q$ , baş yıldızın normalize edilmemiş tek renk ışıması  $L_h$  ve evredeki kaymayı gösteren phase-shift’dir. Bileşenlere ilişkin kenar kararma katsayıları Díaz-Cordovés et al. (1995)’dan alınmıştır. UBV ışık eğrilerine sırasıyla 0.024, 0.022, 0.021 ağırlıkları verilmiştir. Çözüm sonucu elde edilen parametreler Tablo 4.1’de verilmektedir.

WD çözümü sonucu elde edilen kuramsal ışık eğrisi ile gözlem noktalarının uyumu Şekil 4.2’de verilmektedir. Sisteme ilişkin elde edilen yeni salt parametreler ise Tablo 4.2’de verilmektedir. Elde ettiğimiz bu sonuçların, Hall ve Hubbard (1971) tarafından Russel-Merril (1952) yöntemi ve Giuricin and Mardirossian (1981) tarafından Wood (1972) yöntem ile elde ettikleri sonuçlarla karşılaştırması Tablo 4.3 de verilmiştir.

**Tablo 4.1** HS Her örtlen çift sisteminin WD çözümü sonuçları.

Parametreler	U&B&V
$e$	0.0155±0.0008
$\omega$	362°.8±7°.2
$i$	88°.09±0°.07
$x_h$	0.402(U), 0.428(B), 0.376(V)
$x_c$	0.635(U), 0.663(B), 0.576(V)
$A_h = A_c$	1.0 (U&B&V)
$g_h = g_c$	1.0 (U&B&V)
$T_h$	15200K
$T_c$	7594±99 K
$\Omega_h$	4.152±0.016
$\Omega_c$	3.421±0.008
$q$	0.3045±0.0014
$L_h/(L_h+L_c)$	0.980±0.002(U), 0.968±0.002(B), 0.953±0.002(V)
$L_c/(L_h+L_c)$	0.020 (U), 0.032(B), 0.047(V)
$r_h$ (pole)	0.2596±0.0008
$r_h$ (point)	0.2656±0.0008
$r_h$ (side)	0.2626±0.0008
$r_h$ (back)	0.2646±0.0008
$r_c$ (pole)	0.1472±0.0004
$r_c$ (point)	0.1512±0.0004
$r_c$ (side)	0.1482±0.0004
$r_c$ (back)	0.1506±0.0004
$\Sigma W(O-C)^2$	0.0270

**Tablo 4.2** HS Her örtlen çift sisteminin yeni salt parametreleri.

Parametre	Baş Yıldız	Yoldaş Yıldız
Kütle ( $m/m_\odot$ )	6.04 ± 0.53	1.84 ± 0.16
Yarıçap ( $R/R_\odot$ )	3.05 ± 0.19	1.73 ± 0.11
log $g$ (cgs)	4.25 ± 0.15	4.23 ± 0.15
$a$ (AB)	0.054 ± 0.003 0.0155±0.0008	
$e$		
$M_{bol}$	-1 <sup>m</sup> .877±0.14	2 <sup>m</sup> .3690±0.15

**Tablo 4.3** HS Her örtlen çift sisteminin farklı üç yöntemle elde edilen çözüm sonuçlarının karşılaştırması.

Parametreler	Russel-Merril	Wood	WD98
$i$	88°.7	87°.3 (ort)	88°.09
$r_h$	0.259	0.251(ort)	0.262
$r_c$	0.142	0.141(ort)	0.149
$e$	-	0(kabul)	0.0155
$q$	-	0.29	0.3045
$F(m)$ , Tayf	0.1, B5 (Harris 1963)	0.1, B5 Allen(1973)	0.1, B5 Allen(2000)
$M_1$ ( $M_\odot$ )	4.7	6.5	6.04
$M_2$ ( $M_\odot$ )	1.6	1.9	1.84
$R_1$ ( $R_\odot$ )	2.8	3.0	3.05
$R_2$ ( $R_\odot$ )	1.6	1.7	1.73

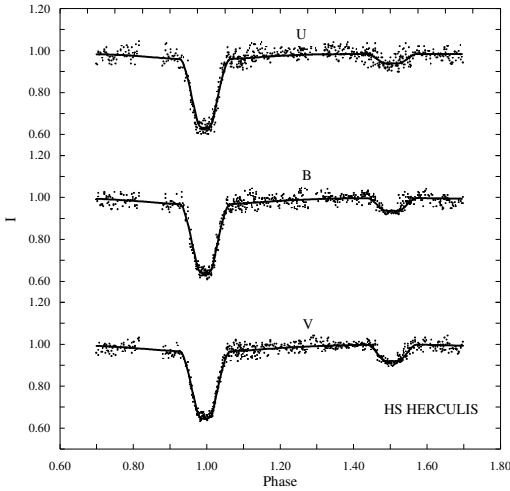
### 5. İç Yapı Sabiti ve Üçüncü Cisim Kütleleri

Tablo 3.1 ve 4.1'deki veriler kullanılarak ve bileşenlerin yaklaşık olarak aynı iç yapı koşullarına sahip oldukları varsayımını yaparak,

$$\bar{k}_2 = \frac{1}{c_1 + c_2} \frac{P_a}{U} = \frac{c_1 k_1^{(2)} + c_2 k_2^{(2)}}{c_1 + c_2} \quad (5.1)$$

ifadesinden gözlemsel iç yapı sabiti için  $\log \bar{k}_2(göz) = -2.32$  değeri elde edilir. (5.1) denklemdeki  $c_1$  ve  $c_2$  sabitleri yörünge basıklığı, kesirsel yarıçap, bileşenlerin kütleleri ve bileşenlerin dönme hızlarının yörünge hızına oranına bağlıdır. Kuramsal iç yapı sabitini hesaplayabilmek için Claret ve Gimenez (1992) tarafından oluşturulan tablolardan yararlanılmıştır. Bu tablolardan bileşenlerin kütleleri ve çekim ivmelerine karşılık gelen  $k_2$  değerleri okunarak kuramsal iç yapı sabiti için  $\log \bar{k}_2(kur) = -2.24$  değeri bulunmuştur. HS Her sistemindeki relativistik eksen dönmesi katkısı ise,

$$\left(\frac{\Delta\omega}{2\pi}\right)_{rel} = \frac{3G(m_1 + m_2)}{ac^2(1 - e^2)} \quad (5.2)$$



**Şekil 4.1** HS Her örtlen çift sisteminin WD çözümü ile elde edilen kuramsal eğrileri ile gözlem noktalarının uyumu.

ifadesi ile  $\dot{\omega}_{rel} = 0^\circ.00156\text{çevrim}^{-1}$  olarak hesaplanmıştır.

Üçüncü cisim kütlelerine ilişkin bir alt sınır, kütle fonksiyonu için verilen,

$$f(m_3) = \frac{a_{12}^3 \sin^3 i}{(M_1 + M_2 + M_3)^2} \quad (5.3)$$

denkleminde  $i=90^\circ$  alınarak,  $f(m_3) = 0.0455$  ve  $m_3 \geq 1.60 M_\odot$  bulunmuştur.

## 6. Sonuç

Bu çalışmada HS Her örtlen çift sisteminin dönem değişimi ve fotometrik UBV ışık eğrisi analizi yapılmıştır. Dönem değişimine, eksen dönmesi ve ışık-zaman etkilerinin birlikte sebep olduğu gösterilmiştir. Analiz sonuçları değerlendirilerek gözlemsel ve kuramsal iç yapı sabitleri için sırasıyla  $\log k_{2(göz)} = -2.32$  ve  $\log k_{2(kur)} = -2.24$  değerleri elde edilmiştir. Relativistik eksen dönmesi katkısı ise  $\dot{\omega}_{rel} = 0^\circ.00156\text{çevrim}^{-1}$  olarak hesaplanmıştır. Bu değer gözlemsel eksen dönmesi açısal hızının,  $\dot{\omega}_{göz} = 0^\circ.01959\text{çevrim}^{-1}$ , %8'idir.

Ayrıca üçüncü cisim kütleleri için de  $1.60M_\odot$ 'lik bir alt sınır belirlenmiştir. Işık eğrilerindeki saçılma nedeniyle üçüncü cisme ilişkin  $L_3$  değeri (0.020 civarında beklenmelidir) belirlenememiştir.

Sistemin UBV ışık eğrisi WD98 bilgisayar programı ile analiz edilmiştir. Böylece HS Her örtlen çift sisteminin literatürdeki ilk WD çözümü yapılmış ve çözüm sonuçları değerlendirilerek yeni salt ögeler belirlenmiştir.

## Teşekkür

Bu çalışma E.Ü. Araştırma Fonu tarafından 2002/FEN/003 No'lu proje olarak desteklenmiştir.

## 7. Kaynaklar

- Allen, C.W., 1973, *Astrophysical Quantities*, Athlone Press, London, 3<sup>rd</sup> edn.
- Bastian, U., 1993, AN, 314, 39
- Cesco, C., Shade, J., 1945, ApJ, 101, 114
- Claret, A., Gimenez, A., 1992, A&AS, 96, 255
- Díaz-Cordovés, J., Claret A., Gimenez, A., 1995, A&A, 110, 329
- Drilling, J.S., Landaolt, A.U., 2000, *Allen's Astrophy.Quant.* (Arthur N.Cox, Springer-Verlag. ISBN 0-387-98746-0 (Hardcover Summary), S.381
- Giuricin, G., Mardirossian, 1981, ApSS, 76, 111G
- Hall, D.S., Hubbard, G.S., 1971, PASP, 83, 459
- Harris III, D.H., 1963, in *Basic Astronomical Data*, K. Aa. Strand, ed. (Chicago: University of Chicago Press), p.263
- Jacchia, L., 1940, *Harvard Bull.*, No.912, p.20
- Martynov, D.Ya., 1971, *Astron.Circ.*, No.651
- Martynov, D.Ya., 1974, *Soviet Astr.*, 18, 62
- Roman, N.G., 1956, ApJ, 123, 248
- Russell, H.N., Merrill, J.E., 1952, *Contrib.Princeton Univ. Obs.* No.26
- Scarfe, C.D., Barlow, D.Y., 1974, PASP, 86, 181
- Todoran, I., 1992, AN, 313, 183
- Todoran, I., Agerer, F., 1994, AN, 315, 349
- Wehlau, W., 1960, *J.R.A.S. Canada*, 54, 164
- Wilson, R.E., Devinney, E.J., 1971, ApJ, 166, 605
- Wilson, R.E., 1998, *Computing Binary Star Observables*, WD98 notları
- Wolf, M., Harmanec, P., Diethelm, R., Hornoch, K., Eenens, P., 2002, A&A, 383, 533
- Wood, D.B., 1972, *A Computer Program for Modeling Non-Spherical Eclipsing Binary Systems*, Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland, U.S.A.