

V502 OPH: 15 IŞIK EĞRİSİ ÇÖZÜMÜ VE DÖNEM ANALİZİ

Rahşan KALCI¹, İ. Ethem DERMAN²

Özet

V502 OPH, W alt sınıfından WUMa türü bir örten değişen sistemdir. Sistem oldukça uzun zaman gözlenmiştir. Sistemin dikine hız gözlemi Rucinski ve ark. tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada sistemin 1954-2003 yılları arasında farklı gözlemciler tarafından gözlenmiş ışık eğrileri ve Ankara Üniversitesi Gözlemevinde gözlenen ışık eğrileri toplanarak, toplam 13 ışık eğrisi Wilson-Devinney (2003) [14] analiz programı kullanılarak sistemin ışık eğrisi analizi gerçekleştirilmiştir. Sistemin bugüne kadar yayınlanmış minimum zamanları ve kendi gözlemlerimiz sonucu elde ettiğimiz 13 yeni minimum zamanı da eklenerek sistemin dönem analizi gerçekleştirilmiştir. Dönem analizi, Kalimeris yöntemi kullanılarak yapılmış ve analiz sonucu elde edilen değişimin, ışık eğrisine etki eden değişimlerle ilişkisi araştırılmış ve elde edilen sonuçlar tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: V502 Oph, W UMa, Örten Çift Yıldızlar, Dönem Analizi

Abstract

V502 OPH is a W UMa type eclipsing binary system which belongs to W subclass. This system has been observed for a long period of time. The vertical speed observations were made by Rucinski et al. In this study, the light curve analysis of the system is presented with the help of Wilson-Devinney (2003) [14] analysis program by using the light curves obtained by various observers between 1954 and 2003 and the ones obtained at the Ankara University Observatory. The period analysis is performed using the thirteen different minima times which are either published in the literature before or as a result of our own observations. This analysis is performed using Kalimeris method, and the relationship of the variance obtained as a result of this method is investigated with the variances affecting the light curve in general and the results have been discussed.

Key words: V502 Oph, W UMa, Eclipsing Binary Stars, Period Analysis

1. Giriş

V502 Oph; Hoffmeister [5] tarafından keşfedilmiş ve W-UMa türü değişen bir çift sistem olduğunu belirtmiştir. 1958 den itibaren bir çok araştırmacı tarafından sistemin fotometrik gözlemleri yapılmıştır. Kwee [9] tarafından W-UMa türü çift sistemlerin karakteristik özelliklerini gösterdiği bildirilmiştir. Çeşitli kişiler tarafından V502 Oph'un tayfsal ve dikine hız gözlemleri yapılmış, tayfsal kütle oranları Struve ve Zebergs [12] tarafından 0.38, King ve Hilditch tarafından [7] 0.37 olarak belirtilmiştir.

¹ Pleksus Bilşim Teknolojileri A.Ş, Avni Dilligil Sok. Çelik iş merkezi A blok No:11 Mecidiyeköy İstanbul
Tel:(212) 3471225/18 e-posta: rahsan.kalci@pleksus.com.tr

² Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, Tandoğan Ankara 06100
Tel:(312)2126720/1319 e-posta: ethem.derman@ankara.edu.tr

Rucinski (1974) [11] tarafından fotometrik kütle oranı 0.34 olarak bulunmuştur. Bileşenleri tayfsal türleri Struve ve Zebergs [12] ve tarafından G2V ve F9V olarak belirlenmiştir. Son yıllarda Rucinski ve ark. değen çift yıldızların dikine hız gözlemlerine yapmaktadır. V502 Oph'ın dikine hız gözlemi de bu serinin bir sistemi olarak PYCH ve ark. [10] tarafından yapılmış ve sistem W alt türünden W UMa türü bir değişen olduğu kütle oranının 0.334 olarak belirtilmiştir.

2. Gözlemler

V502 Oph 1954 yılından itibaren çeşitli araştırmacılar tarafından gözlemleri yapılmış, 1989 yılından itibaren de Ankara Üniversitesi Gözlemevinde gözlemleri yapılmıştır. V502 Oph 2001 yılında 2 gece ve 2003 yılında 6 gece olmak üzere Ankara Üniversitesi Gözlemevinde 30cm Maksutov-Cassegrain teleskobuna monte edilmiş Optec SSP-5A fotometresi kullanılarak U, B ve V bantlarında gözlenmiştir. 8 gecelik gözlemler süresince 3 adet 2. minimum 5 adet de 1. minimum zamanı elde edilmiştir. Sistemin 1989-1993 yılları arasında Ankara Üniversitesi gözlemevinde gözlenmiş ve yayınlanmamış minimum zamanları hesaplanarak analize dahil edilmiştir. Hesaplanan minimum zamanları ve hataları Çizelge 1 de yer almaktadır. Bu çalışmada literatürde yer alan ışık eğrileri toplanmış ve Ankara Üniversitesi Gözlemevinde gözlenmiş 6 ışık eğrisi de eklenerek toplam 13 adet ışık eğrisinin analizi yapılmış ve mevcut minimum zamanlarına 13 yeni minimum zamanı eklenerek sistemin dönem analizi gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 1. Gözlenen minimum zamanları

Minimum Zamanı	Türü
48828.364 ± 0.00026	I
48830.408 ± 0.00050	II
48836.301 ± 0.00019	II
49101.542 ± 0.00073	II
49136.444 ± 0.00026	II
52088.450 ± 0.00053	II
52109.314 ± 0.00039	II
52116.338 ± 0.00065	I
52767.399 ± 0.00044	I
52802.308 ± 0.00031	I
52816.360 ± 0.00040	I
52823.394 ± 0.00029	II
52865.328 ± 0.00022	I

3. Dönem Analizi

V502 Oph'un dönem değişimi çeşitli araştırmacılar tarafından incelenmiş ve sistemin döneminin sürekli olarak azaldığını belirtmişlerdir. Kwee (1952) [9] tarafından yapılan çalışmada sistemin döneminin $P=0.453419$ dan $P= 0.453396$ ya azaldığını göstermiştir. Derman ve Demircan (1992) [4] tarafından yapılmış; sistemin döneminin sürekli azaldığı ve dönemi yaklaşık 35 yıl olan sinüsel bir salınımın olduğunu söylemişlerdir. Sistemin dönemindeki bu değişimlerin manyetik aktiviteden kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir. Sistemin döneminde ki değişme Çizelge 2' de yer almaktadır.

Bu çalışmada literatürde yer alan minimum zamanlarına ek olarak yeni elde edilmiş 13 minimum zamanı da eklenerek Kalimeris ve ark. [6] yöntemi kullanılarak dönem analizi gerçekleştirilmiştir. Dönem analizinde Zola ve Krezinski'nin [15] ışık elemanları kullanılmıştır.

$$\text{Min I} = \text{HJD } 2446555.5244 + 0.45339293 \text{ E}$$

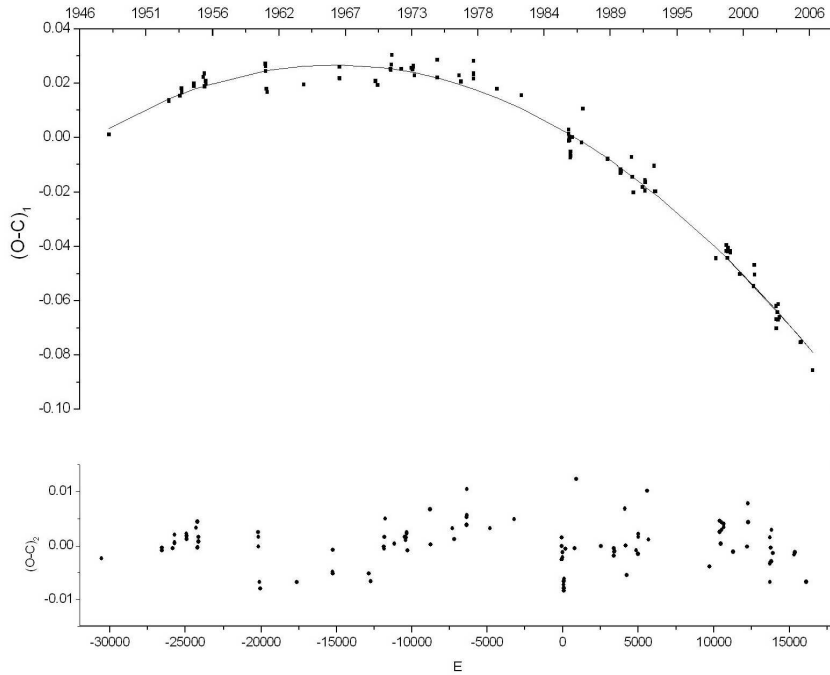
Çizelge 2. Yıllara göre sistemin dönem değişim

	gün/çevrim	sn/yüzyıl
Lipari(1987)	-3.40E-10	-2.50
Rovithis(1988)	-7.00E-10	-5.00
Hobart(1989)	-2.36E-10	-1.64
Derman(1992)	-3.60E-10	-2.50
Bu çalışma(2006)	-2.10E-10	-1.46

V502 Oph'un O-C değerlerinden geçen en uygun parabol ve bu parabolden kalan artıklar Şekil 1'de gösterilmiştir. Kolayca anlaşılacağı üzere, sistemde büyük kütleli yıldızdan küçük kütleli yıldıza doğru bir kütle aktarımının olduğu görülmektedir. Kütle aktarım miktarı $9 \cdot 10^{-8} M_{\odot}$ olarak belirlenmiştir. Uygulanan parabolden elde edilen ikinci derece ışık elemanları ve hataları aşağıda verilmiştir.

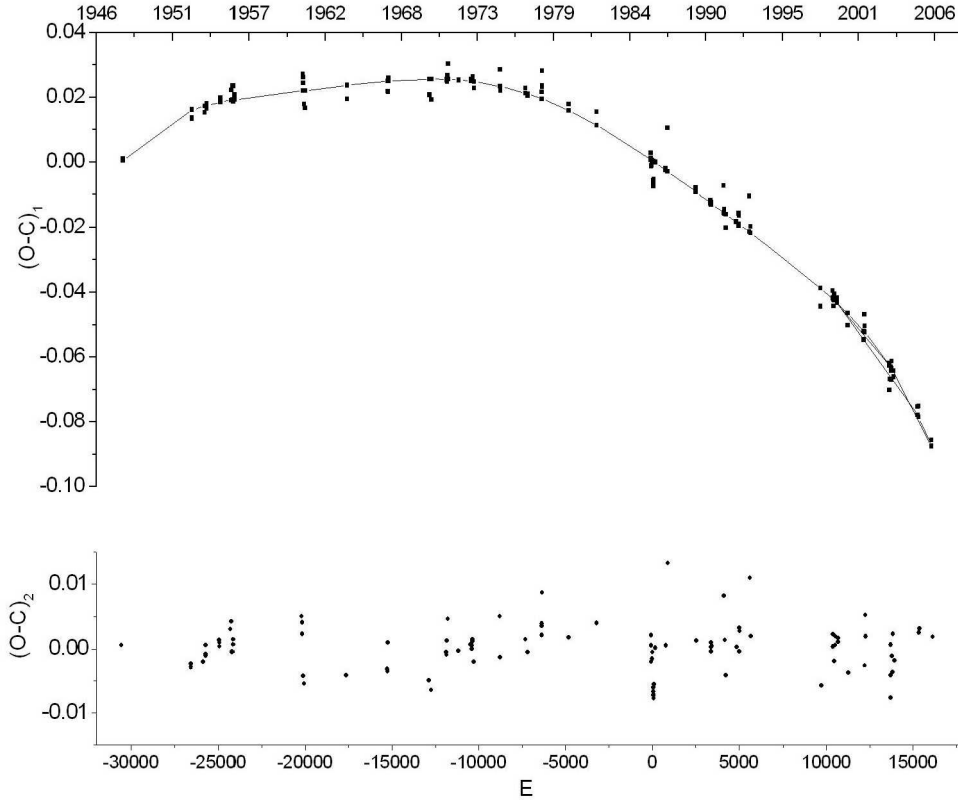
$$\text{Min I} = \text{HJD } 2446555.5244 (170) + 0.45339293 (3)E - 1.049 (8) \cdot 10^{-10} E^2$$

E^2 'li terimin katsayısından hareketle dönem azalış miktarı $dP/dT = -1.69 (\pm 0.17) \cdot 10^{-7}$ gün/yıl olarak .

**Şekil 1.** O-C grafiğine yapılan 2. dereceden polinom fiti ve fitten kalan artıklarla

Son yıllarda Kalimeris ve ark. (1994) [6] yörünge döneminin değişimini incelemek için yeni bir yöntem önermişlerdir. O-C eğrisinde sürekli bir değişim görüldüğü zaman Kalimeris ve ark. (1994)'nın [6] yöntemini uygulamakta büyük yarar vardır. Bu yöntem, O-C eğrisini yüksek dereceden bir polinomla temsil ederek uygulanır. Bu yöntem de dönem, P ve dönemin değişim oranı, dP/dt , zamanın sürekli bir fonksiyonudur. O-C değerlerine 6. dereceden bir polinom uygulayarak Kalimeris ve ark. (1994) verdiği denklemlerle sistemin gerçek dönem değişimi ve değişim oranı hesaplanmıştır. Şekil 2 de uygulanan 6. dereceden

polinomu ve ondan kalan artıklar görülmektedir. Uygulanan polinomun katsayıları Çizelge 3 de yer almaktadır.



Şekil 2. O-C grafiğine yapılan 6. dereceden polinom uygulaması ve ondan kalan artıklar

Uygulanan polinomun formülü aşağıda yer almaktadır

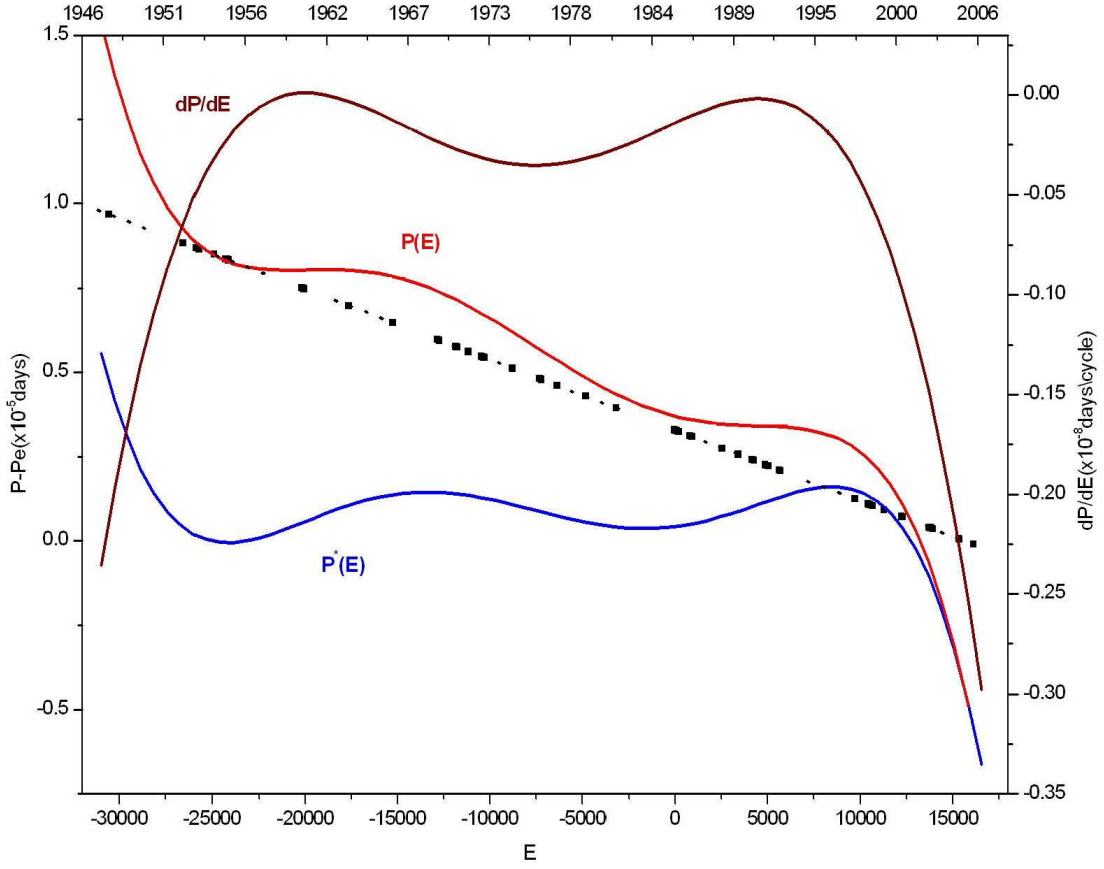
$$y = B6x^6 + B5x^5 + B4x^4 + B3x^3 + B2x^2 + B1x + A$$

Çizelge 3. Kalimeris yönteminde uygulanan 6. dereceden polinomun katsayıları

	Değer	Hata
A	4.74E-04	7.34E-04
B1	-5.76E-02	2.64E-03
B2	-1.58E-02	3.73E-03
B3	2.81E-02	7.12E-03
B4	-4.62E-03	3.49E-03
B5	-2.29E-02	5.29E-03
B6	-7.67E-03	1.85E-03

Şekil 3'de ise bu yöntem ile hesaplanan dönemin zamana göre değişimi ve değişim oranı gösterilmiştir. Burada düz çizgi ile gösterilen $P(E)$ eğrisi, kullandığımız sabit dönemden farkı göstermektedir, yani dönem değişimidir. dP/dE eğrisi ise dönem değişiminin türevidir. Sistemin döneminde sürekli bir azalma olduğu ve bu azalmanın üzerine binmiş tam dönemsel olmayan ikinci bir etkiye çarpılmaktadır. Dönemdeki bu azalış etkisi çıkartıldığında ($P'(E)$) salınan bir değişimin olduğu göze çarpılmaktadır. Bu değişimde iki maximum ve iki minimum arasındaki zaman farkı sırasıyla yaklaşık olarak 26 ve 28 yıldır. Bu sinus benzeri değişimin yaklaşık ortalama dönemi 27 yıldır. Bu dönem değişiminin nedeni 3. cismin varlığı nedeniyle ışık-zaman etkisi ya da bu tür yıldızlar çok hızlı döndükleri için manyetik etkinlik

çevriminden kaynaklanabilir. $(O-C)_2$, tam bir sinüsel değişim vermediği ve V502 Oph'un tayfsal gözleminde 3. cismin varlığı görülmediği için, bu etkinin manyetik etkinlik kökenli olduğu düşünülmektedir.



Şekil 3. Kalimeris yöntemiyle elde edilen dönem değişim grafiği. Burada gösterilen fonksiyonları neler olduğu metinde açıklanmıştır.

4. Işık Eğrisi Analizi

V502 Oph' un 1954-2003 yılları arasında gözlenmiş ışık eğrileri toplanıp yeni gözlemsel veriler eklenerek toplam 13 yıla ait ışık eğrisinin analizi yapılmıştır. Analizler Wilson-Devinney (2003) [14] programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analiz işlemine başlamadan önce sistemin fiziksel parametrelerini belirlemek için lekesiz bir ışık eğrisi aranmıştır. Lekesiz ışık eğrisinin maksimumunda en yüksek, minimumunda ise en derin olması gerekmektedir. V502 Oph'un tüm ışık eğrileri incelendiğinde bu özelliğe sahip ışık eğrisinin olmadığı ortaya çıkmıştır. Mevcut onbeş ışık eğrisinde sistemin lekesiz ışık eğrisi bulunamadığından her ışık eğrisi Wilson-Devinney (2003) analiz programı kullanılarak ve leke konularak ayrı ayrı çözülmüştür. Amacımız ortalama geometrik parametreleri bularak ikinci aşamada onları sabit tutup fiziksel parametrelerin nasıl değiştiğini incelemektir. Yukarıda da belirttiğimiz gibi referans alabileceğimiz lekesiz bir ışık eğrisi olmadığından dolayı fiziksel parametrelerin değişiminin incelenmesinin en iyi yolu olarak bu yöntem düşünülmüştür.

Sistemin tayfsal gözlemi PYCH ve ark. (2004) [10] tarafından gerçekleştirilmiş ve G0V tayf türünden W-türü bir W UMa sistemi olduğu belirtilerek, kütle oranı 0.334 olarak verilmiştir. Sistemin ışık eğrisi analizinde WD programında mode 3 kullanılmıştır. Analizde V502 Oph'un tayf türü olarak PYCH ve ark. verdiği G0 tayf türü kabul edilmiş ve bu tayf

türüne karşılık gelen sıcaklık Aller'in (1968) [1] çizelgesinden ara değer hesaplanarak, baş yıldızın sıcaklığı için 6000 K olarak alınmıştır. Sistemin tayf türüne bağlı olarak konvektif atmosfere sahip olduğu düşünüldüğünden çekim karama katsayısı (g) 0.32 ve yine konvektif atmosfer için bolometrik albedo (A) 0.5 olarak kabul edilmiştir. Yapılan çözümlerde yıldızlar için karacisim yaklaşımı yerine model atmosfer yaklaşımı kullanılmıştır. Çözümler, Wilson ve Bierman [13] çoklu alt küme yöntemi kullanılarak yapılmış ve bu alt kümeler şu şekilde saptanmıştır: $\{i, T_2\}$, $\{L_1, q\}$ ve $\{\Omega_1\}$. q 'nun başlangıç değeri 0.334 olarak, T_2 değeri başyıldızın sıcaklığı ile aynı kabul edilerek çözüme başlanmıştır ve her iki parametre daha sonra serbest bırakılmıştır. Çözümler sonucu elde edilen parametreler Çizelge 4'de verilmiştir. Çizelge 5 de ortalaması alınmış parametre setleri görülmektedir. Çözüm sonucu elde i , T_2 , q , Ω_1 , L_1 değerlerinin ağırlıklı ortalaması alınmış ve i , q ve Ω_1 parametreleri sabit tutulmuş, her yıl leke koyularak tekrar çözülmüştür.

Çizelge 4. V502 Oph Işık Eğrisi Çözüm değerleri

	1954	1955	1961	1967	1986	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1990	2003
i	71.90	71.90	71.74	71.78	71.67	71.90	71.70	71.70	71.67	71.70	71.67	71.70	71.67
Hata	0.39	0.22	0.40	0.21	0.22		0.33	0.29	0.29	0.27	0.24	0.51	0.19
T_2	5952	5786	5845	5784	5804	6028	5824	5778	5794	5853	5830	5828	5804
Hata	326.50	106.00	222.00	64.00	94.00	58	226.00	175.00	169.00	152.00	109.00	1170.00	71.00
q	2.98	2.98	2.98	2.98	3.00	2.98	2.98	2.98	2.98	2.98	2.98	2.98	2.98
Hata	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.03	0.01
Omega	6.35	6.36	6.38	6.44	6.45	6.50	6.48	6.50	6.39	6.33	6.48	6.45	6.38
hata	0.75	0.22	0.54	0.19	0.34	0.28	0.91	0.63	0.48	0.42	0.38	3.93	0.23
a	3.15	3.11	3.11	3.11	3.11	3.10	3.11	3.11	3.11	3.11	3.11	3.11	3.11
V(Gama)	-42.52	-42.52	-42.52	-42.52	-42.52	-42.52	-42.52	-42.52	-42.52	-42.52	-42.52	-42.52	-42.52
enlem	1.25	1.25	1.20	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
boylam	0.12	4.90	3.18	4.89	4.82	3.37	3.70	4.39	4.67	4.87	5.07	1.00	4.44
yarıçap	0.20	0.30	0.24	0.34	0.28	0.22	0.29	0.18	0.28	0.25	0.18	0.30	0.32
sıcaklık	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	0.8

Çizelge 5. V502 Oph Işık Eğrisi Çözümlerinden elde edilen parametrelerin ortalama değerleri.

i°	$71^\circ.75 \pm 0.3$
$q(m_V/m_c)$	0.335 ± 0.02
T_1	6000 K
T_2	$5840K \pm 180$
$L_1/(L_1+L_2)_U$	0.329
$L_1/(L_1+L_2)_B$	0.315
$L_1/(L_1+L_2)_V$	0.309
$r(h)_{ort}$	0.310 ± 0.001
$r(c)_{ort}$	0.496 ± 0.001
$\Omega_{h,c}$	6.42
$f(\text{over})\%$	29

Her ışık eğrisi i , q ve Ω_1 parametreleri sabit tutulup L_1 ve T_2 parametre setleri serbest bırakılarak her ışık eğrisinde leke parametreleri araştırılmıştır. Leke parametreleri belirlenirken, leke sıcaklık oranları ve leke çapları birbirine oldukça bağlı parametreler olduğundan, leke çaplarının ışık eğrisinin diğer fiziksel parametrelerle ilişkisi olup olmadığını araştırmak adına her yılın ışık eğrisinde leke sıcaklık oranları 0.8 alınmış ve sabit tutulmuştur. Her ışık eğrisi yeniden çözüldüğünde serbest bırakılan L_2 ve T_2 parametrelerinin değerleri

çizelge 6 verilmiştir. Çizelge 8 de ise elde edilen leke parametreleri görülmektedir. Her yıl çözülmüş ışık eğrisi Şekil 4 de görülmektedir. Ortalaması alınmış parametre setlerinden V502 Oph' un salt parametre değerleri hesaplanmıştır hesaplanan salt parametre değerleri Çizelge 7 de verilmiştir.

Çizelge 6. Işık eğrileri 2. kez çözüldüğünde serbest bırakılan parametrelerin değişimi

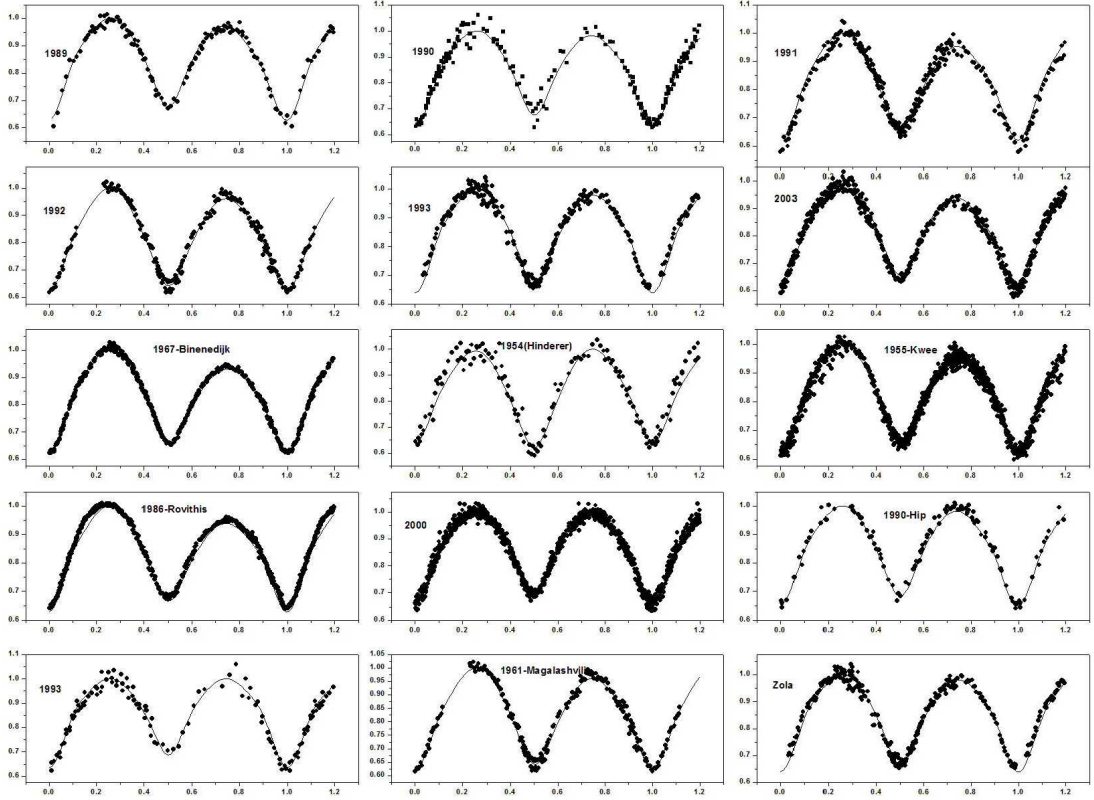
	L1	L2	T2
1954	0.287	0.713	5952
1955	0.310	0.690	5786
1961	0.315	0.685	5845
1967	0.310	0.690	5784
1986	0.363	0.637	5804
1988	0.310	0.690	6028
1989	0.301	0.699	5824
1990	0.308	0.692	5778
1990(Hip)	0.300	0.700	5828
1991	0.311	0.689	5794
1992	0.303	0.697	5853
1993	0.301	0.699	5830
2003	0.309	0.691	5804

Çizelge 7. V502 Oph'un Salt Parametre değerleri

$(M_1) \odot$	1.471 ± 0.002
$(M_2) \odot$	0.493 ± 0.007
$(R_1) \odot$	1.542 ± 0.003
$(R_2) \odot$	0.96 ± 0.005
$(Mbol_1) \odot$	3.77 ± 0.02
$(Mbol_1) \odot$	4.68 ± 0.01
$(L_1) \odot$	2.48 ± 0.02
$(L_2) \odot$	1.07 ± 0.03

5. Tartışma

3. cisim varlığı ve geç tayf türünden yıldızlarda çevrimli manyetik etkinlik, O-C eğrilerinde aynı karaktere sahip dönemsel değişimler şeklinde kendini göstermektedir. Bu iki mekanizmanın birbirinden ayrılması çok kesin olmamakla beraber 3. cisim varlığı ile ortaya çıkan çevrimsel yapılı değişimlerin, hem genlik hem de dönem açısından daha düzenli olması beklenir, oysa çevrimli manyetik etkinlik olgusunun, özellikle genlik açısından fazla düzenli olmadığı, bir çevrimden diğerine değişimler gösterdiği gözlemlerden bilinmektedir.



Şekil 4. V502 Oph'un V bandı tüm ışık eğrilerinin çözümü

Çizelge 8. Leke boylamlarının yıllara göre değeri

Yıl	Enlem	Boylam	Cap	Sıcaklık
1954	67	7	11	0.8
1955	72	280	17	0.8
1961	72	252	6	0.8
1967	72	280	19	0.8
1986	72	98	28	0.8
1989	72	241	12	0.8
1990	72	252	10	0.8
1990(Hip)	72	107	7	0.8
1991	72	268	16	0.8
1992	72	279	14	0.8
1993	70	290	10	0.8
2003	72	254	18	0.8

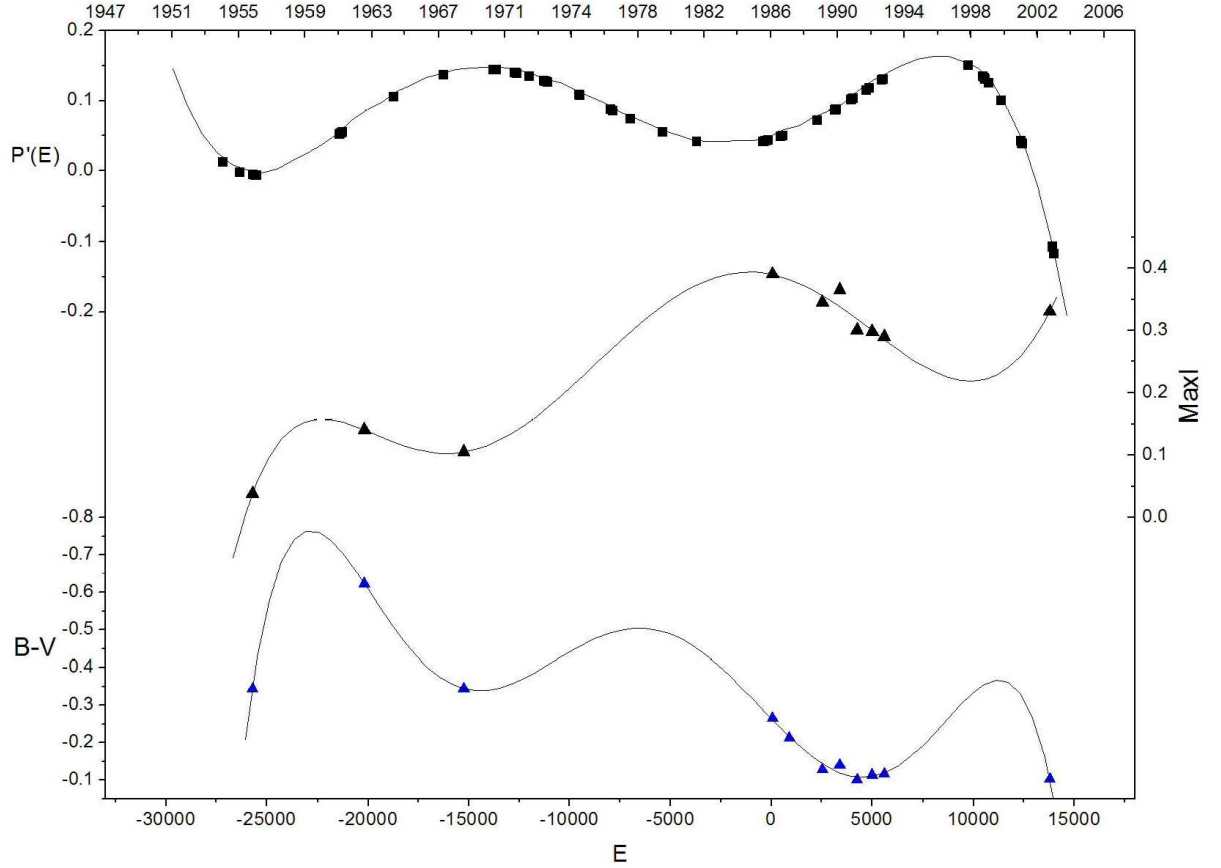
V502 Oph'un $(O-C)_2$ grafiği incelendiğinde (şekil 1), bu etkinin manyetik kökenli olma ihtimali artmaktadır. Ayrıca sistemin tayfında 3. cisme ilişkin herhangi bir ize rastlanmamıştır.

Applegate (1992) [2] [3] göre bir çift yıldız manyetik etkinlik nedeniyle dönem değişimi gösteriyorsa;

1. O-C değişiminin, ışınım gücü değişiminin ve renk değişiminin dönemleri aynı olmalı

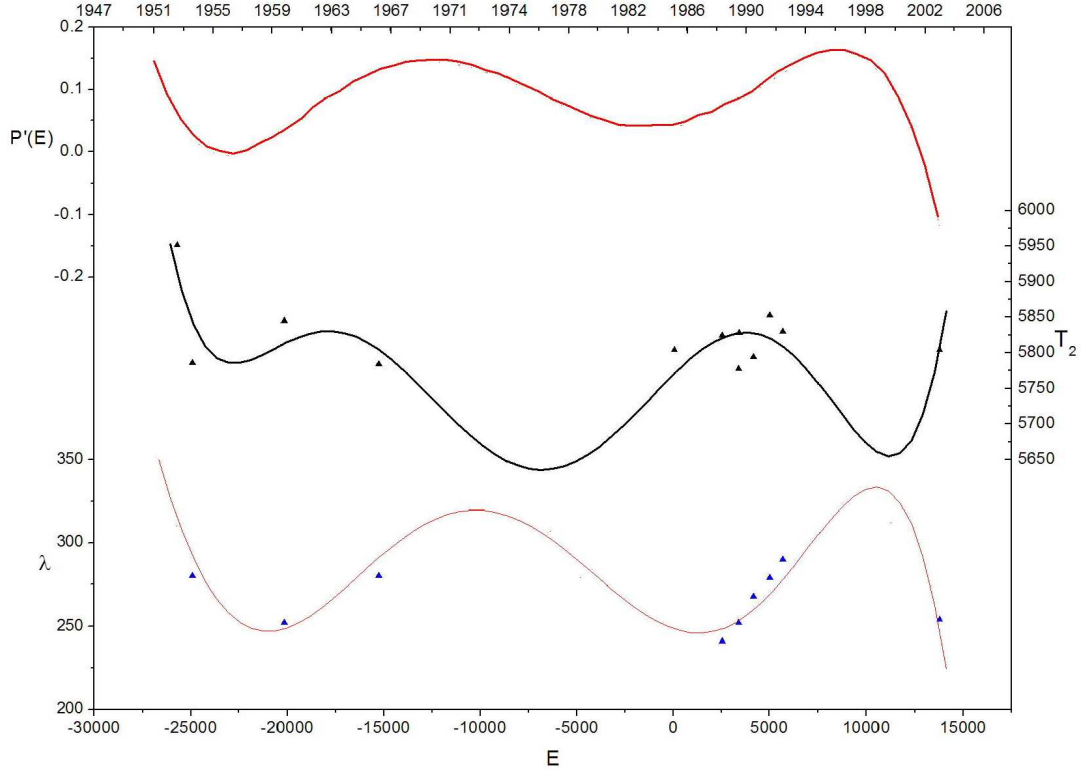
2. Değişimlerden birindeki max. veya min., diğerindeki max veya min. ile çakışmalı
3. Sistemin ortalama parlaklığı artarken sistem, mavileşmelidir.

Şekil 5’de görüldüğü gibi V502 Oph’un Kalimeris yöntemi ile elde edilen dönem değişimi, V bandında birinci maksimumdaki parlaklık ve (B-V) renk değişimi görülmektedir. Bu üç değişimin her iki maksimum ve minimum noktaları ± 3 yıl hata mertebesi içerisinde çakışmaktadır, yani değişim dönemleri eşittir. V502 Oph’ un O-C değişiminin, renk değişiminin ve parlaklık değişiminin dönemleri aynı. Değişimlerde maximumlar ve minimumlar birbirleriyle çakışmaktadır.



Şekil 5. Dönem, parlaklık ve renk değişim grafiği

Şekil 6 da V502 Oph’un ışık eğrilerinin çözümleri sonucu elde edilen leke boylamları, T2 sıcaklık değerinin değişimine karşılık kalimeris ve ark. yöntemiyle elde edilen dönem değişimi grafiği görülmektedir. Grafik incelendiğinde leke boylamlarının değişimin dönem değişimi ile oldukça uyumlu olduğu görülmektedir. Büyük kütleli bileşene leke koyulduğu zaman küçük kütleli bileşenin sıcaklığının değişimi de açıkça görülmektedir.



Şekil 6. V502 Oph'un Dönem, sıcaklık ve leke boylam değişim

6. Kaynaklar

- [1] Aller, L.H., (1963), "The atmospheres of the sun and stars", *New York: Ronald Press*, 1963, 2nd ed.
- [2] Applegate, J.H., (1989), "Magnetic activity and the determination of the tidal synchronization time in close binaries", *Astrophys. Journal*, 337; 865-871.
- [3] Applegate, J.H., (1992), "A mechanism for orbital period modulation in close binaries", *Astrophys. Journal*, 385; 621-629.
- [4] Derman, E., Demircan, O., (1992), "A period Study Of V502 Ophiuchus", *Astronomical Journal*, 103, 1658
- [5] Hoffmeister, C., (1935), "162, neue Veränderliche", *Astronomische Nachrichten*, 255, 401
- [6] Kalimeris, A., Rovithis-Livaniou, H., Rovithis, P., (1994), "On the orbital period changes in contact binaries", *Astronomy and Astrophysics*, 282; 775-786.
- [7] King, D. J., Hilditch, R. W., (1984), "Contact and near-contact binary systems II - RR Cen, EZ Hya, V502 OPH and RS SCT", *MNRAS*, 209, 645
- [8] Kwee, K.K. van Woerden, H., (1956), "A method for computing accurately the epoch Of minimum of an eclipsing variable", *Bulletin of the Astronomical Institute of the Netherlands*, 12; 327.
- [9] Kwee, K.K., (1958), "Investigation of variations in the period of sixteen bright short-period eclipsing binary stars", *Bull. Astr. Inst. Netherlands, Suppl.*, 14, 131.
- [10] Pych, W., Rucinski, ve ark., (2004), "Radial Velocity Studies of Close Binary Stars. IX.", *Astronomical Journal*, 127, 1712
- [11] Rucinski, S.M., (1974), "Binaries. II. A- and W-type Systems. The W UMa-type Systems as Contact", *Acta Astronomica*, 24; 119.
- [12] Struve, O., Zeberg, V., (1959), "The Spectrum of V 502 Ophiuchi", *Astrophys. Journal*, 130, 789
- [13] Wilson, R.E., Biermann, P., (1976), "TX CANCRI - Which component is hotter", *Astronomy and Astrophysics*, 48; 349-357.
- [14] Wilson, R.E., Devinney, E.J., (1971), "Realization of Accurate Close-Binary Light Curves: Application to MR Cygni", *Astrophysical Journal*, 166; 605.
- [15] Zola, S., Krzesinski, J., (1988), "Photoelectric Light Curve of V502 Oph", *IUA-IBVS*, 3218