

SICAK ALTCÜCE BİLEŞENLİ FF AQUARIİ'NİN 2002-2003 UBVR IŞIKÖLÇÜMÜ

Esin Sipahi¹, Serdar Evren¹, Günay Taş¹, Cafer İbanoğlu¹

¹Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, Bornova 35100, İzmir
sipahi@astronomy.sci.ege.edu.tr, sevren@astronomy.sci.ege.edu.tr, tas@astronomy.sci.ege.edu.tr,
ibanoglu@astronomy.sci.ege.edu.tr

Özet: FF Aquarii, bileşenleri sıcak bir altcüce (sdOB) ve bir dev (K0III) yıldız olduğu belirlenen ilk örten çift sistemdir. Elektromanyetik tayfın hem mavi hem de kırmızı bölgesinde baskın ışınımına sahip bileşenlerden oluşan bu sistem, 2002 ve 2003 gözlem sezonlarında Ege Üniversitesi Gözlemevi'nin iki farklı teleskobu ile U, B, V, R süzgeçlerinde toplam 54 gece gözlenmiş ve ışık eğrileri elde edilmiştir. Işık eğrilerinde baş minimum tam tutulma biçimindeyken, yan minimum görülmemektedir. Sistemin bugüne kadar yapılmış yalnız birkaç fotometrik çalışması vardır. Bu çalışmada, Dworetzky et al. (1997)'nin yayımladığı 1975 yılına ilişkin ışık değişimlerinden sonra, sisteme ilişkin yapılan ilk kapsamlı geniş band fotometrisi sunulmuştur. Literatürdeki ilk çalışmalarda sistemdeki tutulmalar dışı değişimin, yansıma etkisinden kaynaklandığı belirtilirken, Marilli et al. (1995) ve Vaccaro and Wilson (2003) tarafından yapılan çalışmalarda bu değişimin, soğuk bileşenin leke aktivitesinden kaynaklanabileceği ifade edilmiştir. Bu çalışmada elde edilen ışık eğrilerinde tutulmalar dışında asimetrik ışık değişimleri görülmekte ve bu değişim yansıma etkisinden daha çok leke aktivitesiyle açıklanabilmektedir. Wilson-Devinney programı (Wilson 1994) kullanılarak ışık eğrilerinin analizi yapılmış, sistemin geometrik ve fiziksel parametreleri belirlenmiştir. Tutulmalar dışı asimetri, elde edilen çözüm sonuçları literatürdeki diğer çalışmalarla karşılaştırılmıştır.

Anahtar kelimeler: yıldızlar: değişen yıldızlar: FF Aqr – yıldızlar: sıcak altcüce, soğuk yıldız aktivitesi

Abstract: FF Aqr is the first eclipsing binary ($P = 9^d.2$) containing a hot subdwarf (sdOB) and a chromospherically active cool giant companion classified as a K0III star. We observed the system in U, B, V and R filters during 2002 and 2003 observing seasons using two different telescopes and detectors. The light curve reveals that FF Aqr has a totality in the primary eclipse, which last about ~ 13 hours. The shape of the light curve indicates that FF Aqr is a Algol type binary. The obtained light curves display an asymmetrical wave distortion outside the eclipse. This variation can not be explained by the reflection effect. We used the Wilson-Devinney code for the geometric and physical parameters of the system. The asymmetry outside the eclipse and the results obtained from the light curve analysis were compared to the another studies.

Key words: star: variable stars :FF Aqr- stars: hot subdwarfs, spot activity

1. Giriş

Sıcak altcüceler, çekirdeklerinde helyum yakan ve çok ince bir hidrojen katmana sahip olan yıldızlardır. Böylesi yıldızlar gezegenimsi bulutsu evrimini yaşamadan beyaz cüceye doğru evrimleşirler. Bu yıldızların kütlelerinin $0.4-0.8 M_{\odot}$ aralığında olduğu tahmin edilmektedir. HR diyagramında genişlemiş yatay kol (EHB Extended Horizontal Branch) olarak bilinen bölgede yer alırlar. Tayfsal olarak temelde üç gruba ayrılırlar; sdB (subdwarf B), sdO (subdwarf O) ve sdOB (subdwarf OB). Bu tür sıcak yıldızlar ilk kez Greenstein and Sargent (1974) tarafından listelenmiştir. Sıcak altcüce yıldızlarının

incelenmesi, kütle kaybı ve kırmızı dev kolu boyunca evrim, beyaz cüce soğuma kolu, gökadanın yapısı, yakın çiftlerin evrimi ve zonklama gibi birçok araştırma konusu için önem taşır. Sıcak altcüceler çoğunlukla bir çift sistem üyesi yıldızlardır. Böylesi çift sistemlerde diğer bileşen bir kırmızı cüce, kırmızı dev ya da bir beyaz cüce olabilir. Günümüzde, sıcak altcüce ve soğuk dev yıldız içerdiği bilinen yalnız üç sistem vardır. Bu sistemler FF Aqr ($P = 9^d.2$), V1379 Aql ($P = 21^d.6$) ve HD 128220 ($P = 871^d.7$)'dir. Bu tür sistemlerin gözlemleri, hem sıcak altcücenin evriminin hem de dev yıldızın aktivite yapılarının, sistemin evrimi üzerine etkilerini çalışmak ve yıldız evrim kuramlarını test etmek açısından büyük önem taşımaktadır.

Bildiri tam metni için : Esin SİPAHİ
e-mektup: sipahi@astronomy.sci.ege.edu.tr

Bu türden bir değişen olan FF Aqr, ilk kez Dworetzky et al. (1977) tarafından fotometrik ve

tayfsal olarak gözlenmiş, daha sonra Dorren et al. (1983), Marilli et al. (1995) ve Vaccaro & Wilson (2003) tarafından da çalışılmıştır. Sistemle ilgili ilk çalışmalarda tutulmalar dışında görülen değişimin yansıma etkisinden kaynaklandığı belirtilmiştir. Bu değişimin yansıma etkisinden değil soğuk bileşenin leke aktivitesinden kaynaklandığı ilk kez Etzel et al. (1977) tarafından daha sonra da Marilli et al. (1995) tarafından ifade edilmiştir. Sistemin baş minimumu Dworetzky et al. (1977) tarafından tam tutulma olarak elde edilmiş, minimumun U rengindeki derinliği 1^m.2, tutulma iniş/çıkış süreleri 24^{dk}, tutulma süresi 13^{sa} 48^{dk} ve tam tutulmada kalma süresi ise 13^{sa} 2^{dk} olarak verilmiştir.

Bu çalışmada, FF Aqr'nin 2002 ve 2003 yıllarında U, B, V, R süzgeçlerinde elde edilen ışık eğrileri sunulmakta ve görülen değişimler ortaya konmaktadır. Bölüm 2'de gözlemlere ilişkin bilgi verilirken, Bölüm 3'te ışık eğrilerindeki değişimler ve ışık eğrilerinin Wilson-Devinney programı ile analizi ve sonuçları sunulmaktadır. Son bölümde ise elde edilen sonuçlar ile diğer çalışmalarda verilenler karşılaştırılarak sistemin doğası tartışılmaktadır.

2. Gözlemler

FF Aqr (B = 10^m.2 , V = 9^m.4 , TT = K0) örten çiftinin gözlemleri Ege Üniversitesi Gözlemevi'nde 2002 ve 2003 gözlem sezonlarında yapıldı. İlk gözlem sezonunda gözlemler 30 cm'lik Schmidt-Cassegrain teleskobu ve ona bağlı SSP-5 fotometresi ve Hamamatsu R4457 fototübü ile 23 Mayıs – 2 Kasım 2002 tarihleri arasında 18 gece boyunca U, B, V, R süzgeçlerinde yapılmış ve her süzgeçte 231 gözlem noktası elde edilmiştir. Aynı yıl içerisinde 29 Temmuz gecesi sistemin baş minimuma iniş evresi 48 cm'lik Cassegrain teleskobuna bağlı yüksek hızlı üç kanallı fotometre (HSTCP) ve Hamamatsu R1463P fototübü kullanılarak U, B, V, R süzgeçleri ile gözlenmiştir. Bu fotometre değişen yıldızın, mukayese yıldızının ve gökyüzünün sayımlarının eşzamanlı olarak alınmasını sağlamaktadır. Bu nedenle, tutulmaya iniş (t₂-t₁) ve çıkış (t₄-t₃) evrelerinin gözlemleri daha sonraki zamanlarda bu fotometre ile yapılmıştır. 2003 yılı gözlemleri yukarıda özellikleri verilen 48 cm'lik teleskop ile 10 Haziran – 26 Ekim tarihleri arasında U, B, V, R süzgeçlerinde toplam 36 gece yapılmıştır ve her süzgeçte 561 gözlem noktası elde edilmiştir. Mukayese yıldızı olarak BD -03° 5361 (B = 10^m.7, V = 9^m.4, TT = K0) ve denet yıldızı olarak BD -03° 5353 (B = 9^m.7, V = 9^m.2, TT = F2) kullanılmıştır. Yer atmosferinin gözlemler üzerine olan sönükleştirme etkisini belirlemek için her gözlem gecesine ilişkin U, B, V, R süzgeçlerine ait atmosfer sönükleştirme katsayıları sezonluk

ortalama değerlerden yararlanılarak elde edilmiştir. Tüm gözlem zamanları güneş merkezine indirgenmiştir. Mukayese ve denet yıldızlarının indirgenmiş parlaklık farkları incelenerek, mukayese yıldızının parlaklığında gözlem aralığı içerisinde bir değişim olmadığı görülmüştür.

İki gözlem sezonu boyunca gözlemlerde ikişer t₁ ve t₂ anı ve birer t₃ ve t₄ anı elde edilmiştir. Tutulmanın her süzgeçteki derinliği farklıdır. 2003 yılında elde edilen baş minimuma iniş ve çıkış evrelerinin her bir süzgeçten belirlenen t₁, t₂, t₃ ve t₄ anlarına karşılık gelen evre değerlerinin ortalaması kullanılarak, tutulma süresi (t₄-t₁) 13^{sa} 50^{dk}, tam tutulma içerisinde kalma süresi (t₃-t₂) 13^{sa} 02^{dk}, minimuma iniş/çıkış süreleri t₂-t₁ = 23^{dk}.87 ve t₄-t₃=23^{dk}.73 olarak hesaplanmıştır. Tutulma derinliğinin her bir süzgeçteki değeri Çizelge 1'de verilmektedir.

Dworetzky et al. (1977) sistemin ışık öğelerini,

$$\text{Min I} = \text{HJD } 24\ 42752.9577 + 9^d.207755 \times E$$

olarak vermiştir. Baş minimumun tamamının bir gözlem gecesi içerisinde elde edilmesi mümkün olmadığından, O-C çalışmasının t₁, t₂, t₃ ya da t₄ anlarından herhangi birinin kullanılması ile yapılması doğru olur. t₁ ve t₂ zamanlarının ikişer kez gözlenmiş olması ve bunlardan t₂ anının daha

Çizelge 1. FF Aqr'nin 2002 ve 2003 yıllarındaki gözlemlerinden elde edilen tutulma anlarından belirlenen tutulma derinlikleri.

Süzgeç	Tutulma derinliği (mag)
U	1.09
B	0.25
V	0.09
R	0.06

duyarlı belirlenebilmesi nedeniyle, dönem düzeltilmesi t₂ zamanı kullanılarak yapılmıştır. Buna göre belirlenen yeni ışık öğeleri

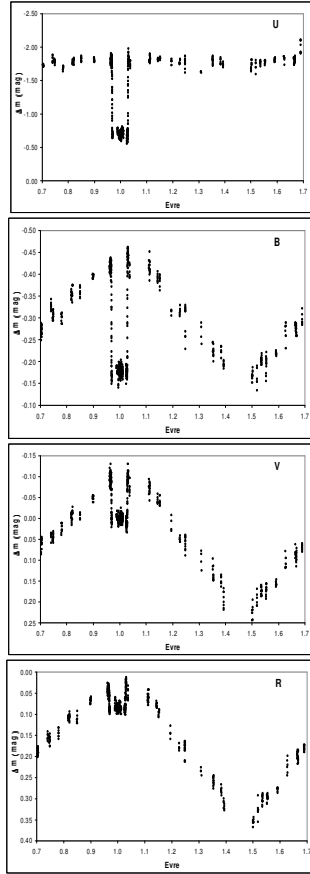
$$\text{Min I} = \text{HJD } 24\ 52844.8186 + 9^d.207763 \times E \\ \pm 7 \quad \pm 3$$

olarak hesaplanmıştır. Tüm gözlem noktalarına ilişkin hesaplamalarda bu değerler kullanılmıştır.

3. Işık Eğrisindeki Değişimler ve Işık Eğrilerinin Analizi

FF Aqr'nin döneminin uzun ve gözlem sezonunun kısa olması, tutulmaya iniş ve çıkış anlarının aynı gözlem yerinden gözlenebilmesini güçleştirir. Bu nedenle 2002 yılında ışık eğrisinin baş minimum çıkış kolu elde edilememiştir. 2003 yılında ise ışık eğrisi tam olarak elde edilebilmiştir. 2003 yılında

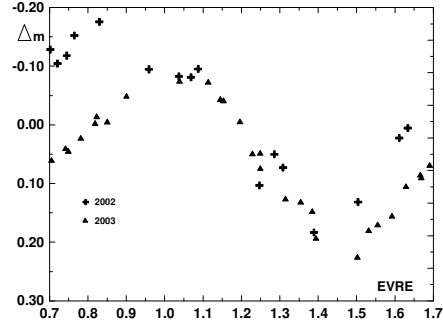
elde edilen ışık eğrileri Şekil 1'de görülmektedir. Şekil 1'den görüleceği gibi sıcak bileşenin etkisi kısa dalgaboylarında kendini derin minimumlar biçiminde gösterirken, daha uzun dalgaboylarında soğuk bileşen daha baskın etkiye sahip olmaktadır. Minimum derinlikleri azalırken, tutulmadışı sinüs benzeri dalga çok belirgin olarak kendini göstermektedir. Sisteme ilişkin bu özellikler, her iki gözlem sezonunda elde edilen ışık eğrilerinde de görülmüştür.



Şekil 1. FF Aqr'nin 2003 yılında elde edilen U, B, V, R ışık eğrileri.

2002 ve 2003 yıllarında V süzgecinde elde edilen tutulma dışı parlaklık değişimleri Şekil 2'de birlikte gösterilmiştir. Her iki gözlem sezonunda elde edilen tutulma dışı parlaklık değişiminin biçiminin birbirinden farklı olduğu bu şekilden açık bir şekilde görülmektedir. Elde edilen ışık eğrilerinin tutulmalar dışındaki maksimum ve minimum parlaklıkları, genlikleri ve dalga biçimi bozulmanın minimum evreleri (θ_{min}) Çizelge 2'de verilmiştir. Her iki gözlem sezonunda elde edilen ışık eğrilerinin genliklerinin ve dalga minimumu evrelerinin değişmesi, değişimin kökeninin sabit bir

yapı ya da sistemin geometrisine ilişkin bir özellik olmadığını göstermektedir. Diğer yandan, aktif geri tür yıldızlarda gözlenen yüzey aktivite yapılarının durağan olmadığı ve sürekli evrimleştiği bilinmektedir. Yüzey yapılarının bu evrimi, ışık eğrisindeki dalganın biçimini, evresini ve genliğini değiştirmektedir. Dolayısıyla, iki gözlem sezonu boyunca elde edilen ışık eğrileri, Marilli et al. (1995) ve Vaccaro and Wilson (2003)'ün leke varsayımını doğrular niteliktedir.



Şekil 2. FF Aqr'nin 2002 ve 2003 yıllarında V süzgecinde elde edilen tutulma dışı parlaklık değişimleri.

Çizelge 2. Tutulmalar dışı ışık değişimlerinin minimum parlaklıkları, dalga genlikleri ve dalga minimumu evreleri.

Yıl	Süzgeç	Δm (min.)	Genlik	Min. (evre)
2002	U	$-1^m.362$	$0^m.498$	0.44
	B	$-0^m.308$	$0^m.282$	0.42
	V	$0^m.160$	$0^m.334$	0.42
	R	$0^m.307$	$0^m.331$	0.44
2003	U	$-1^m.760$	$0^m.050$	0.46
	B	$-0^m.223$	$0^m.204$	0.43
	V	$0^m.195$	$0^m.277$	0.46
	R	$0^m.329$	$0^m.282$	0.46

FF Aqr'nin 2002 yılı ışık eğrilerinde baş minimum çıkış kolu gözlenemediğinden 2003 yılı ışık eğrilerinin çözümü yapılmıştır. Çözüm için Wilson-Devinney programı (Wilson 1994) kullanılmıştır. Işık eğrilerinin analizi hem tüm süzgeçler için ayrı ayrı hem de eş zamanlı olarak yapılmıştır. Baş minimumun tam tutulma biçiminde olması, dev yıldızın sıcaklığının belirlenmesini olanaklı kılmıştır. Minimum evresine karşılık gelen B-V değeri, B ve V süzgeçlerinde elde edilen Δm parlaklıklarına, mukayese yıldızının SIMBAD veri tabanından alınan B ve V parlaklıklarının eklenmesiyle $1^m.132$ olarak belirlenmiştir. Bu B-V değerine karşılık gelen sıcaklık değeri 4441 K (Allen, 2000)'dir. Böylece, analiz işlemi için ilk sabit parametre ikinci yıldızın sıcaklığı (T_2) olmuştur. Diğer sabit parametreler; ikinci yıldızın kenar karama katsayıları $\chi_U = 0.962$, $\chi_B = 0.932$, $\chi_V = 0.844$, $\chi_R = 0.728$ iken baş yıldız için tüm

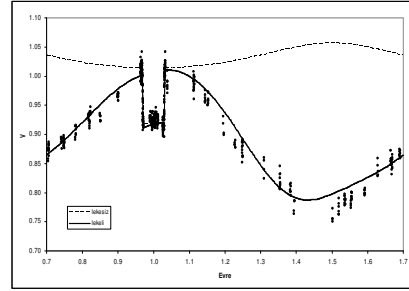
süzgeçlerde 0.242 kabul edilmiştir (Diaz-Cordoves et al., 1995).

Çizelge 3. FF Aqr örten çiftinin Wilson-Devinney çözümlerinde kullanılan giriş parametreleri ve UBVR süzgeçleri için ortak çözüm sonuçları.

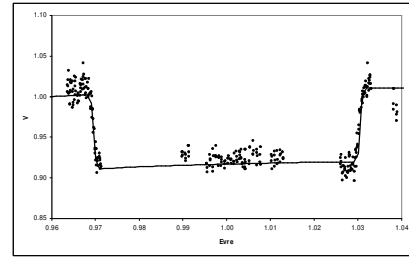
Sabit Parametreler		
T_2 (K)	4441 K	
A_1	1.0	
A_2	0.5	
g_1	1.0	
g_2	0.32	
χ_1	0.242	
χ_2	0.962 (U) 0.932 (B) 0.844 (V) 0.728 (R)	
Serbest Parametreler		
Çözüm Sonuçları		
i	$82^\circ.543 \pm 0.020$	
q (m_2/m_1)	4.026 ± 0.002	
Ω_1	255.9218 ± 18.4675	
Ω_2	17.0087 ± 0.0139	
T_1	$32\,7740\text{ K} \pm 3376$	
$L_1/(L_1+L_2)$	0.6465 (U) 0.2284 (B) 0.0917 (V) 0.0410 (R)	
$L_2/(L_1+L_2)$	0.3819 (U) 0.8175 (B) 0.9307 (V) 0.9848 (R)	
r_1 (pole)	0.003969	
r_1 (point)	0.003969	
r_1 (side)	0.003969	
r_1 (back)	0.003969	
r_2 (pole)	0.229487	
r_2 (point)	0.232556	
r_2 (side)	0.231252	
r_2 (back)	0.232192	
$\Sigma W(O-C)^2$	0.0546895	
Leke Parametreleri		
I. Leke	II. Leke	
Leke Enlemi ϕ ($^\circ$)	102	59
Leke Boylamı θ ($^\circ$)	43	304
Leke Yarıçapı r_{leke} ($^\circ$)	54	56
Leke Sıcaklığı $T_{leke}/T_{yıldız}$	0.938	0.953

Bileşenlerin bolometrik albedoları baş bileşen için 1 ve yoldaş için 0.5 (Rucinski, 1969), bileşenlerin çekim kararırma katsayıları 1 ve 0.32 (Lucy, 1957) olarak alınmıştır. Eş zamanlı dönme kabul edilerek $F_c = F_h = 1$ olarak girilmiştir. T_1 , Ω_1 , Ω_2 , q ve L_1 parametreleri çözümler sırasında serbest bırakılmıştır. Çözümler Mod 0 kullanılarak yapılmıştır. Elde edilen çözüm sonucunun gözlemlerle karşılaştırılması V süzgeci için Şekil 3'te gösterilmektedir. Sentetik eğri şekilde kesikli çizgi ile temsil edilmiştir. Şekil 3'ten görüleceği gibi bileşenlere ilişkin belirlenen fiziksel parametreler tek başına gözlenen eğriyi tam olarak temsil etmemektedir. İki gözlem sezonundan elde edilen ışık eğrilerindeki biçim ve genlik değişimleri gözönüne alınarak, çözüme ikinci yıldızın üzerinde leke olduğu kabulü ile devam edilmiştir. Lekesiz

çözümde bulunan parametrelerin yanı sıra tutulmadışı görülen dalganın minimum evresi, başlangıç parametreleri olarak çözüme girilmiştir. Lekenin enlemi, sıcaklık faktörü, yarıçapı ve boylamı serbest bırakılarak, lekeye ilişkin özellikler belirlenmiştir. Lekeli çözüme ilişkin kuramsal eğri, Şekil 3'te sürekli çizgi ile gösterilmiştir. Şekilden görüleceği gibi gözlemlerle lekeli çözümden elde edilen kuramsal eğri çok iyi uyum göstermektedir. Şekil 4'de ise daha ayrıntılı inceleme için sadece tutulma evreleri aralığı grafiklenmiştir. Çözümlerde kullanılan giriş parametreleri ve elde edilen sonuçlar Çizelge 3'te verilmiştir.



Şekil 3. FF Aqr'nin 2003 yılında V renginde elde edilmiş gözlemleri ile ışık eğrisinin lekeli ve lekесiz çözümlerinden belirlenen kuramsal eğrilerinin gösterimi.



Şekil 4. FF Aqr'nin 2003 yılında elde edilen tutulma evreleri gözlemlerinin leke varsayımıyla elde edilmiş çözüm sonuçlarından belirlenen kuramsal eğri ile uyumu.

4. Sonuçlar

Son yıllarda sıcak altçüce bileşenli sistemler üzerine yapılan araştırmaların yoğunlaştığı görülmektedir. İkinci bileşeni soğuk dev olan sistemlerin sayısı oldukça azdır. Böylesi sistemlerin gözlemleri, yıldız aktivitesi ve yakın çiftlerin evrimi üzerine önemli bilgiler kazandıracaktır. 2002 ve 2003 yıllarında toplam 54 gece boyunca U, B, V, R süzgeçlerinde yapılan gözlemler sonucunda sistemin ışık eğrileri elde edilmiş ve 2003 yılı ışık eğrilerinin analizi yapılarak sistemin yörünge parametreleri bulunmuştur. Sistem, RS CVn türü yıldızların ışık eğrilerinde görülen dalga biçimi bozulmaları ortaya koymaktadır. Işık eğrilerinin genlikleri için bulunan değerler 2002 yılı için B, V

renklerinde Dworetzky et al. (1977) tarafından verilen değerlere yakın iken 2003 yılı için elde edilen genlikler farklıdır. Sistemin her iki yıl için elde edilen ışık eğrilerinde 0.5 evrede bir parlaklık artışı görülmemektedir. Tutulma dışı değişimin önceki yıllarda literatürde önerildiği gibi yansıma etkisinden kaynaklanmadığı açıkça görülür.

Dönemin uzunluğu nedeniyle sistemin bir gözlem mevsimi içinde baş minimum iniş/çıkış evrelerinin elde edilmesi zor olduğundan bugüne kadar yörünge dönemi ve (O-C) değişimi üzerine yapılan tartışmalar kısıtlanmıştır. Elde edilen t_2 anları ile sistemin T_0 ve P 'si düzeltilmiş ve yeni ışık öğeleri elde edilmiştir.

FF Aqr'nin 2003 yılında elde edilen ışık eğrisi literatürde Dworetzky ve ark. (1977)'nin çalışmasından sonraki ilk tam ışık eğrisidir. Tüm süzgeçlerdeki değerlerin ortalaması alınarak hesaplanan tutulmaya iniş ve çıkış süreleri sırasıyla $23^{dk}.87$ ve $23^{dk}.73$ 'dür ve Dworetzky et al. (1977)'de verilen 24dk'ya yakındır. Aynı çalışmada B, V renklerinde dalga benzeri bir bozulmadan bahsedilmiş fakat sadece U rengindeki ışık eğrisi yayınlanmıştır. Vaccaro ve Wilson (2003), 1998 yılında sistemin BVRI fotometrisini ve H α tayfsal çalışmasını yaparak ışık eğrilerini ve dikine hız eğrilerini birlikte kullanarak Wilson-Devinney çözümü yapmıştır. Bu çalışmada bileşenlerin sıcaklıkları $T_1 = 42\ 000\ K$ ve $T_2 = 4758\ K$ olarak kabul edilmiş ve $q = 3.5, 4$ ve 4.5 değerleri için çözümler aranmıştır. Bu çalışmada ise q ve T_1 parametreleri serbest bırakılarak çözümler yapıldı. Tam tutulma sırasında soğuk bileşen önde olduğundan B-V değerine karşılık gelen sıcaklık $4441\ K$ olarak (Allen 2000)'den belirlendi ve çözümlerde sabit parametre olarak alındı. $T_2 = 4441\ K$ değeri bir G8III ya da K0III yıldızına karşılık gelmektedir. Elde edilen çözüm sonuçları Vaccaro ve Wilson (2003)'ten farklıdır. Yörünge eğimi i , bu çalışmada $82^\circ.5$ bulunurken Vaccaro ve Wilson (2003) tarafından $q = 4$ için $75^\circ.97$ olarak verilmiştir. Yine bu çalışmada elde edilen sıcak bileşene ait yarıçaplar diğer araştırmacıların elde ettiğinden daha küçüktür. Çözümlerde elde edilen baş yıldızın sıcaklık değeri, Vaccaro ve Wilson (2003)'nin sabit olarak kabul ettiği $42\ 000\ K$ 'den daha azdır. Elde edilen $T_1 = 32774\ K$ değeri Saffer (1991)'de verilen sıcaklık aralıklarına göre sdB yıldızlarının sıcaklık aralığına düşer. Literatürde ise sıcak bileşen için sdOB yıldızı denilir.

Sistem tutulmalar dışında asimetrik ışık değişimi gösterir. FF Aqr'nin 2002 yılı ışık eğrisinin tutulmalar dışı asimetrik değişimi 2003 yılında da görülür. Bu durum bir lekeden fazla lekenin varlığının göstergesi olabilir. Bundan dolayı, her iki yıldaki tutulmalar dışı değişimlere bakarak yıldızın iki lekeye sahip olduğu varsayılmış ve ışık değişiminin minimum olduğu evreler ışık eğrisi üzerinden belirlenmiştir. Biçimsel olarak 2002 yılı ışık eğrilerinde tutulma dışı değişimin genliği, 2003 yılı ışık eğrilerinden elde edilenden daha büyüktür. 2003 yılında genlik değişimi azalırken dalga benzeri bozulmanın minimumu 0.36 evreden 0.46 evreye, maksimumu ise 0.88 evreden 0.98 evreye değişmiştir. Soğuk yıldızın yüzeyine yerleştirilen lekelerin oluşum yerleri zaman içinde değişecektir. FF Aqr'de görülen iki leke grubunun farklı evrelerde etkisinin görülüp görülmeyeceği ve lekelerin yüzey dağılımları sistemin önümüzdeki yıllarda yapılacak gözlemleri ile belirlenebilecektir.

Teşekkür : Bu çalışmayı destekleyen Ege Üniversitesi Araştırma Fon Saymanlığı Başkanlığı'na teşekkür ederiz (Proje No: 2003/FEN/003).

5. Kaynaklar

- Allen, C. W., 2000, in Cox A. N., ed., *Astrophysical Quantities*, 4th edn. AIP Press, New York, p. 388.
- Diaz-Cordoves, J., Claret, A. and Gimenez, A., 1995, *A&AS*, 110, 329.
- Dorren, J. D., Guinan, E. F., Siah, M. J., 1983, *IBVS*, 2305.
- Dworetzky, M. M.; Lanning, H. H.; Etzel, P. B.; Patenaude, D. J., 1977, *MNRAS*, 181, 13.
- Etzel, P. B.; Lanning, H. H.; Patenaude, D. J.; Dworetzky, M. M., 1977, *PASP*, 89, 616.
- Greenstein, Jesse L.; Sargent, Anneila I., 1974, *ApJS*, 28, 157.
- Lucy, L.B., 1967, *Zeitschrift für Astrophysik*, 65, 89.
- Marilli, E.; Frasca, A.; Bellina Terra, M.; Catalano, S., 1998, *A&A*, 295, 393.
- Rucinski, S. M., 1969, *A&A*, 19, 245.
- Saffer, R. A., 1991, Ph.D. Thesis Arizona Univ., Tucson.
- Vaccaro, T.R. and Wilson, R. E., 2003, *MNRAS*, 342, 574.
- Wilson, R. E., 1994, *PASP*, 106, 921.