

# ÖRTEN ÇİFT SİSTEMLERDEKİ $\delta$ SCUTI TÜRÜ ZONKLAMALARA İKİ ÖRNEK: AB CAS ve RZ CAS

Esin SOYDUGAN<sup>1,2</sup>, Faruk SOYDUGAN<sup>1,2</sup>

## Özet

Bu çalışmada Algol türü çift olup,  $\delta$  Scuti türü zonklama gösteren iki sistem AB Cas ve RZ Cas incelenecektir. İki sistemin baş bileşeni  $\delta$  Scuti türü zonklama gösterdiği için maksimumlarda ve yan minimumlarda zonklamadan kaynaklanan parlaklık değişimleri görülmektedir. Zonklama özelliklerinin ortaya çıkarılabilmesi için, çift sistemin neden olduğu yansıma ve basıklık etkilerinin ışık eğrilerinden arındırılması gerekmektedir. Bu nedenle, hem AB Cas'ın hem de RZ Cas'ın B ve V renginde elde edilmiş olan ışık eğrileri Wilson-Devinney programıyla çözümlenerek her bir sistemin, kuramsal eğrileri oluşturulmuş ayrıca geometrik ve fiziksel parametreleri hesaplanmıştır. Bunun yanında; RZ Cas'ın ışık eğrisi, bu çalışmada elde edilen dikine hız eğrisi ile birlikte eş-zamanlı çözüldüğünden bu sistemin salt öğeleri de belirlenmiştir. Işık eğrilerinden yansıma ve basıklık etkileri arındırılmış ve geriye sadece zonklamadan kaynaklanan etkilerin kaldığı veriye PERIOD 04 programı uygulanarak, her iki sistemin de zonklama gösteren baş bileşenin zonklama dönemi, genliği ve güç tayfi elde edilmiştir. AB Cas'ın tek modla, RZ Cas'ın da iki modla zonklama yaptığı bulunmuştur. Her iki sistemin yoldaş bileşenleri Roche lobunu doldurduğu için zonklayan bileşene doğru kütle aktarımı beklenmektedir. İki sistemin de zonklama genlikleri değişken olup, kütle aktarımının zonklama genliği üzerindeki etkileri incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Örten çiftler, Algoller,  $\delta$  Scuti yıldızları

## Abstract

In this study, two Algol-type system AB Cas ve RZ Cas, which will be studied, show  $\delta$  Scuti-type pulsation. Because the primary components of the two systems show  $\delta$  Scuti-type pulsation, in the maximum and secondary minimum of the light curves the light changes originated from pulsations can be seen. Because of detecting the pulsating characteristics, the reflection and ellipticity effects caused from the binary system need to remove from the light curves. So, the light curves of both AB Cas and RZ Cas obtained in B and V filters solved with Wilson-Devinney program. The theoretical curves were plotted for each system and also the geometric and physical parameters were calculated for these systems. In addition, the light and radial velocity curves of RZ Cas were solved, simultaneously and also the absolute parameters of this system were determined. The reflection and ellipticity effects were excluded from the light curves of these systems and PERIOD 04 program was applied to the remaining data only originated from the pulsation and the pulsation period, amplitude and power spectrum of the primary components showed the pulsation in both systems were obtained. One and two mode were found for the pulsation of AB Cas and RZ Cas, respectively. Because the secondary components of these systems fill in these Roche lobes, the mass transfer to

<sup>1</sup> Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, 17100, Çanakkale

<sup>2</sup> Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Gözlemevi, Çanakkale, e-mail: esints@physics.comu.edu.tr

secondary component have been expected. The pulsation amplitudes are changeable in both systems and the effects of the mass transfer on the pulsation amplitude were researched.

**Keywords:** *Eclipsing binaries, Algoller,  $\delta$  Scuti stars*

## 1. Giriş

AB Cas (HIP 12235, BD +70° 193), Algol türü bir çift sistem olarak Hoffmeister [1] tarafından keşfedildi ve çiftin dönemi  $P_{yör}=1^g.3668$  olarak verildi. Sistemin tayf türü A3V+K1V ve parlaklığı  $V=10^m.17$ 'dir [2]. Baş ve yan minimum derinlikleri sırasıyla,  $\Delta V \sim 1^m.6$  ve  $\Delta V \sim 0^m.1$  dir. Yoldaş bileşen Roche lobunu doldurmuş olup, sistem yarı-ayıraktır [3,4].

Sistemin baş bileşeni,  $\delta$  Scuti türü zonklayan bir yıldızdır ve zonklama ilk defa Tempesti [5] tarafından ortaya çıkartılmıştır. Baş bileşen tek, temel çapsal mod ile zonklamaktadır [3,4]. Baş bileşene ilişkin zonklama dönemi ve genliği sırasıyla,  $P_p=0^g.0583$  ve  $\Delta V \sim 0^m.05$  dir [3,4]. Bileşenlerin kütleleri,  $M_1=2.3 M_{\odot}$ ,  $M_2=0.39 M_{\odot}$  olarak verilmiştir [6].

İlk fotoelektrik ışıkölçüm Johnson V bandında yapıldı ve sıcak bileşenin zonklama yaptığı ortaya konuldu [5]. Bu yıldızın daha sonraki yıllarda geniş band ışıkölçümü Irkaev ve ark. [7], Ando ve ark. [8] ve Forolov ve ark. [9] tarafından yapıldı. Rodriguez ve ark. [6] sistemin Strömgren uvby,  $H_{\beta}$  dar ve geniş band ışıkölçümünü yapmış ve bu çalışmada ışık eğrisi ve zonklamaya ilişkin frekans analizini yayınlamıştır.

RZ Cas, parlak ( $V=6^m.26$ ), aktif,  $P_{yör}=1^g.1953$  dönemli, Algol türü yarı-ayırık bir dizgedir. Bileşenlerin tayf türleri sırasıyla, A3V ve K0IV'tür. MinI ve MinII derinlikleri sırasıyla,  $\Delta V \sim 1^m.50$  ve  $\Delta V \sim 0^m.07$  dir [10].

RZ Cas 1906'da bir örten çift sistem olarak keşfedildi [11]. 1916'da sistemin ilk ışık eğrisi yayımlandı [12]. Sistemin baş minimumu oldukça değişken olup; yapılan ışık eğrisi çalışmalarında, farklı araştırmacılar farklı minimum biçimlerinden söz etmektedir. Sistemin baş minimumu bazen parçalı [13,14] bazen de tam tutulma [15,16] gösterir. Baş minimum esnasında ışık eğrisinin bozulma nedeni olarak, yıldızdaki leke aktivitesi, [17] baş bileşenin etrafındaki madde [18] ve baş yıldızın zonklaması [19] gösterilmektedir.

RZ Cas'da kısa dönemli ışık değişimleri farklı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir [20,21]. RZ Cas'da  $\pm 0^m.04$  genlikli, 25 dakikalık hemen hemen dönemsel olan titreşimler olduğu ortaya konulmuştur [21,22]. Ancak bu değişimin zonklamadan kaynaklandığını ilk kez Ohshima ve ark [26] bildirmiştir. Sistemin baş bileşeni  $\delta$  Scuti türü değişim göstermektedir. Zonklama dönemi 22 dakikadır ve Amado [23] tarafından keşfedilen HD 34282'den sonra bilinen en kısa dönemli  $\delta$  Scuti türü değişendir [24].

Baş bileşenin zonklama doğasını ortaya koymak için, 1999, 2000 ve 2001 yılında üç kez kampanya gözlemi yapılmıştır. 2000 yılına kadar yapılan gözlemlerde 64.19 c/d'lik tek bir zonklama frekansı, 2001 yılında tayfsal olarak yapılan gözlemlerde ise,  $f_1=56.600$  c/d ve  $f_2=64.189$  c/d'lik iki zonklama frekansı elde edilmiştir [25].

RZ Cas aynı zamanda hem X-ışın [26] hem de radyo salması [27] gösterir. Sistemin radyo [28] ve X-ışın gözlemleri [29] yapılarak leke etkinliği ortaya çıkarılmıştır.

Sistemin tayfsal çalışmaları, Maxted ve ark. [13], Lehmann ve Mkrtichian ve ark. [25], ve son olarak Soydugan ve ark. [40] tarafından yapılmıştır.

## 2. Işıkölçüm Gözlemi

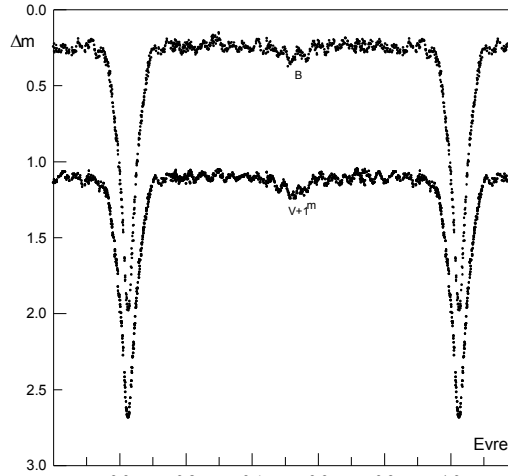
AB Cas, 2001-2002 gözlem sezonunda Ege Üniversitesi Gözlemevi'nin 30 cm lik Schmidt-Cassegrain teleskopu ile 15 gece B ve V süzgeçlerinde gözlemlendi. Gözlemlerde SSP5-A fotometresiyle birlikte, Hamamatsu, R4457 (PMT) fototüpü kullanıldı. Literatürden

seçilen, BD +70° 188 ve BD +70° 186 sırasıyla, mukayese ve denet yıldızı olarak kullanıldı. Gözlemler süresince, her süzgeçte 1332 gözlem noktası elde edildi [3].

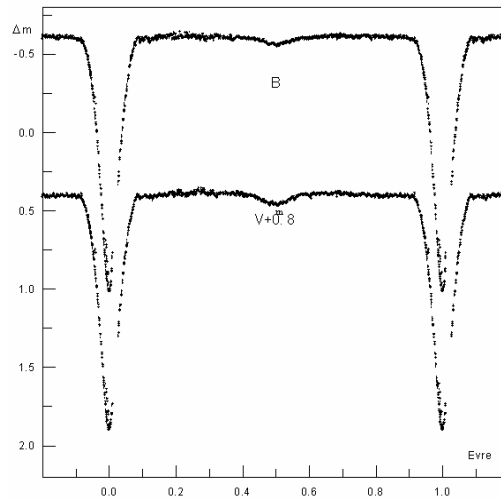
RZ Cas 2002 gözlem sezonunda, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ulupınar Astrofizik Gözlemevi'nde 15 gece B ve V süzgeçlerinde gözlemlendi. Gözlemlerde 40 cm'lik Schmidt-Cassegrain teleskopla birlikte, SSP5-A fotometresi ve Hamamatsu R 6358 fototüpü kullanıldı. BD +67° 215 ve BD +67° 224 yıldızları sırasıyla mukayese ve denet yıldızı olarak seçildi. Gözlemler süresince B ve V süzgeçlerinde sırasıyla, 2813 ve 2807 gözlem noktası elde edildi [30].

Gözlemler süresince, her iki sistem için seçilen mukayese yıldızlarını ışık değişimi göstermedi. Mukayese yıldızlarının gözlemlerinden her gözlem gecesi için her süzgeçteki atmosferik sönmüleme katsayıları hesaplanarak atmosfer sönmükleştirme düzeltmeleri yapılmış ve gözlem zamanları güneş merkezine indirgenmiştir. Tüm aletsel B ve V parlaklıkları (değişen-mukayese) atmosferik sönmülemeye göre düzeltildi. B süzgecindeki standart yanlışlar AB Cas ve RZ Cas için sırasıyla, 0<sup>m</sup>.014 ve 0<sup>m</sup>.010 ve V süzgecindeki standart yanlışlar sırasıyla, 0<sup>m</sup>.012 ve 0<sup>m</sup>.008 olarak hesaplandı.

AB Cas ve RZ Cas'ın bu çalışmada elde edilen ışık eğrileri sırasıyla, Şekil 2.1 ve 2.2.'de gösterilmektedir ve ışık eğrilerinin, maksimumlarında ve yan minimumunda zonklamadan kaynaklanan parlaklık değişimleri açıkça görülmektedir.

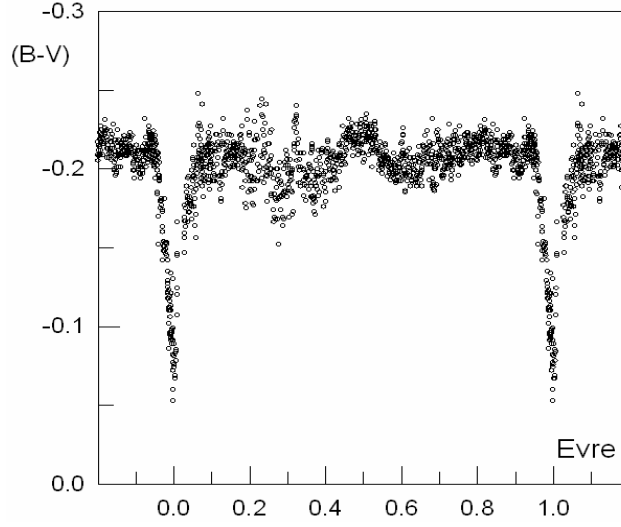


Şekil 2.1 AB Cas'ın B ve V renklerinde elde edilmiş ışık eğrileri.



Şekil 2.2 RZ Cas'ın B ve V renklerinde elde edilmiş ışık eğrileri.

Şekil 2.3’de RZ Cas’ın (B-V) renk eğrisi görülmektedir. Renk eğrisinde, bileşenlerin sıcaklık ve ışıma farklılıklarından kaynaklanan değişimin yanında yansıma etkisi de kendini göstermektedir.



Şekil 2.3 RZ Cas’ın (B-V) renk eğrisi.

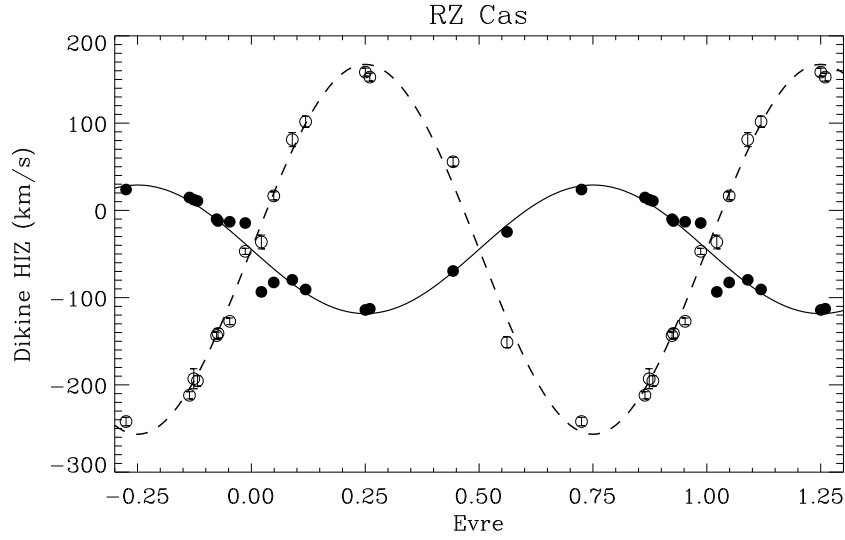
### 3. RZ Cas’ın Dikine Hız Eğrisi Çözümü

Tayfsal gözlemler, 9 Ekim – 19 Kasım 2003 ile 27 Şubat – 4 Mart 2004 tarihleri arasında iki ayrı gözlem sezonunda İtalya’nın Catania şehrinde bulunan INAF – Catania Astrofizik Gözlemevi’ndeki 91 cm Cassegrain türü teleskoba bağlı Echelle tayfçeki ile yapılmıştır. 300 çizgi/mm echelle cross-dispersion düzenine sahip bu tayfçeker ile yüksek çözünürlükte tayflar elde edilmiştir. Kullanılan yarık genişliği 400  $\mu\text{m}$  olup kullanılan ağ açısı ( $H\alpha$  için) 223:40’tır. Gözlemler 19 tayf dizisi üzerinde  $H\alpha$ ,  $H\beta$  ve  $H\gamma$  çizgilerini kapsayacak şekilde 4300-6650  $\text{\AA}$  dalgaboyu aralığında yapılmıştır. Tayfsal çözümleme gücü ( $\lambda/\Delta\lambda$ ) ise tüm tayf dizileri için yaklaşık 22000 yöresinde olup  $H\alpha$  için  $\Delta\lambda \approx 0.30 \text{\AA}$ ’dır. Kullanılan CCD, 1024×1024 (SITE arkadan aydınlatmalı) boyutlarında olup her bir pikselin boyutu 24  $\mu\text{m} \times 24 \mu\text{m}$ ’dir. CCD’nin maksimum kuantum etkinliği (QE), 6500  $\text{\AA}$ ’da %85 yöresinde olup kazanç 2.5 e<sup>-</sup>/ADU ve okuma gürültüsü ise yaklaşık 10 e<sup>-</sup><sub>rms</sub>’dir. Sinyal-gürültü oranı (S/N), gözlenen sistemlerin parlaklığına, poz süresine ve hava-gökyüzü koşullarına göre değişmektedir. RZ Cas’a ilişkin tayflar için bu değer 40-70 arasındadır. Dikine hız standartları olarak birinci bileşen için Vega ve ikinci bileşen için de  $\alpha$  Ari seçilmiştir.

Çizelge 3.1’de RZ Cas’ın HJD ve evreye karşılık hesaplanan dikine hız değerleri ve hataları verilmektedir. RZ Cas’ın dikine hız eğrisinde güçlü ve asimetrik bir dönme etkisinin varlığı belirtilmiştir [25]. Bu çalışmada da özellikle MinI öncesi ve sonrası bu etki görüldüğünden, sadece dikine hız eğrisi analizinde, baş bileşen için, baş minimumun da içinde bulunduğu 0.9 ve 0.1 evre aralıkları ve yoldaş bileşen için de yan minimumu da kapsayacak şekilde 0.35 ve 0.65 evre aralıkları çözümde kullanılmamıştır.

**Çizelge 3.1** RZ Cas'ın baş ve yoldaş bileşenine ilişkin dikine hız değerleri.

Hel. JD 2400000 +	Evre	$V_{r1}$ (km/s)	Yanılğı (km/s)	$V_{r2}$ (km/s)	Yanılğı (km/s)
52910.5628	0.0220	-93.42	$\pm 4.70$	-36.26	$\pm 7.86$
52919.5741	0.5612	-24.70	$\pm 2.19$	-151.15	$\pm 6.19$
52922.5964	0.0898	-79.61	$\pm 1.86$	81.08	$\pm 8.02$
52923.5331	0.8735	12.28	$\pm 1.67$	-192.94	$\pm 11.43$
52924.5506	0.7248	23.90	$\pm 1.15$	-242.00	$\pm 4.76$
52958.4889	0.1191	-90.63	$\pm 2.27$	101.65	$\pm 6.35$
52958.6573	0.2600	-112.74	$\pm 2.25$	152.72	$\pm 4.53$
52959.4849	0.9524	-13.06	$\pm 1.45$	-127.17	$\pm 3.83$
52959.5257	0.9865	-14.50	$\pm 2.12$	-46.95	$\pm 3.55$
52959.6005	0.0491	-82.59	$\pm 1.58$	16.59	$\pm 4.57$
52962.4616	0.4429	-69.46	$\pm 1.79$	55.74	$\pm 5.07$
52963.4267	0.2503	-114.13	$\pm 2.50$	158.42	$\pm 4.63$
53063.3661	0.8641	14.76	$\pm 1.85$	-211.93	$\pm 4.16$
53063.4373	0.9237	-10.10	$\pm 1.71$	-143.54	$\pm 4.12$
53069.3632	0.8816	10.81	$\pm 2.02$	-195.40	$\pm 5.97$
53069.4172	0.9267	-12.23	$\pm 1.63$	-141.00	$\pm 5.43$

**Şekil 3.1** RZ Cas'ın baş ve yoldaş bileşenleri için dikine hız değerleri ve kuramsal temsili.

Çizelge 3.2'de, dikine hız eğrileri kullanılarak yapılan yörünge çözümü sonucunda elde edilen parametre değerleri listelenmiştir. Şekil 3.1'de de RZ Cas'ın dikine hız eğrisi ile yörünge çözümünde bulunmuş parametrelerle oluşturulmuş kuramsal eğriler görülmektedir.

**Çizelge 3.2** RZ Cas'ın farklı yıllara göre, dikine hız eğrisi çözümü sonucunda bulunan parametre değerleri. Parantez içerisindeki sayılar son basamaklardaki yanlıgıları gösterir.

Parametre	Bu çalışma	[13]	[25]
$K_1$ (km/s)	73.34 (83)	70.9 (8)	71.36 (12)
$K_2$ (km/s)	208.80 (2.08)	213 (4)	-200.78 (34)
$\gamma_1$ (km/s)	---	45.5 (7)	-44.035 (95)
$\gamma_2$ (km/s)	---	-41 (4)	-44.42 (21)
$\gamma$ (km/s)	-43.96 (66)	---	---
$m_1 \sin^3 i$ ( $M_\odot$ )	2.06 (5)	2.16 (7)	1.84 (2)
$m_2 \sin^3 i$ ( $M_\odot$ )	0.72 (2)	0.72 (2)	0,654 (6)
$a \sin i$ (km)	$4.67 \times 10^6$ (4)	$4.68 \times 10^6$ (7)	---
$q = m_2/m_1$	0.351 (5)	0.331 (7)	0.355 (1)

#### 4. Işık Eğrisi Çözümü

Bu çalışmadaki temel amacımız, sıcak bileşenin zonklamasından kaynaklanan parlaklık değişimini elde etmek ve zonklamanın doğasını ortaya çıkarabilmektir. Bu nedenle her iki ışık eğrisinin de maksimumlarında ve yan minimumunda görülen zonklama kaynaklı parlaklık değişimlerinin analiz edilmesi gerekmektedir. Bileşenlerin yakınlık etkilerini ortadan kaldırmak amacıyla, ışık eğrileri Wilson ve Devinney programıyla analiz edildi.

##### 4.1. AB Cas'ın Işık Eğrisi Çözümü

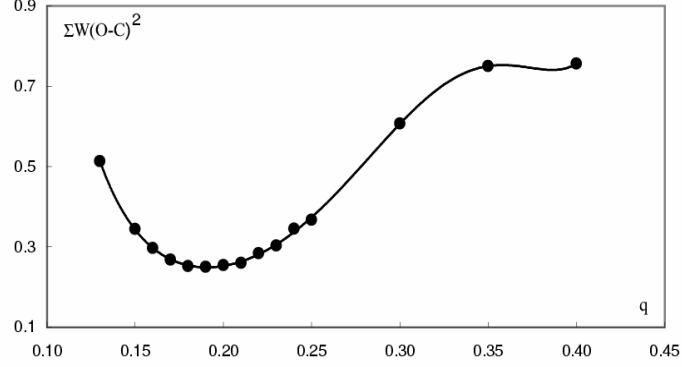
AB Cas'ın ışık eğrileri Wilson-Devinney (1992) [31] programıyla analiz edildi. Her bir gözlem noktası normalize noktaya dönüştürüldü. Işık eğrisinin maksimumlarında ve yan minimumlarında görülen zonklama etkisini ortadan kaldırmamak için, hiçbir gözlem noktasının ortalaması alınmadı. B ve V süzgeçlerindeki tüm gözlem noktaları 0.25 evrede ölçülen, sırasıyla  $0^m.204$  ve  $0^m.079$  parlaklıklarına göre normalize edildi. Çözümde B ve V bandlarında sırasıyla, 842 ve 892 gözlem noktası kullanıldı. Her gözlem noktası eş ağırlıkta alındı.

W-D çözümünde bazı parametreler serbest, bazıları da bilinen değerleriyle analiz süresince sabit parametre olarak kabul edildi. Yörünge eğikliği  $i$ , yoldaş yıldızın yüzey sıcaklığı  $T_2$ , baş yıldızın omega potansiyeli  $\Omega_1$ , evre kayması  $\Phi$  ve baş yıldızın kesirsel ışıması  $L_1$ , çözüm süresince ayarlanabilir parametre olarak kabul edildi. Lineer kenar karama katsayıları  $x_{1,2}$  [32]'den, bolometrik albedolar  $A_{1,2}$  Rucinski [33]'den ve çekim karama katsayıları  $g_{1,2}$  radyatif atmosferler için (baş yıldız) von Zeipel [34]'den ve konvektif atmosferler için [35]'den, baş yıldızın yüzey sıcaklığı  $T_1$ , 8000 K olarak Rodriguez ve ark. [6]'dan alındı. Bu parametreler çözümde sabit parametre olarak kabul edildi. B ve V ışık eğrileri ayrı ayrı çözüldü.

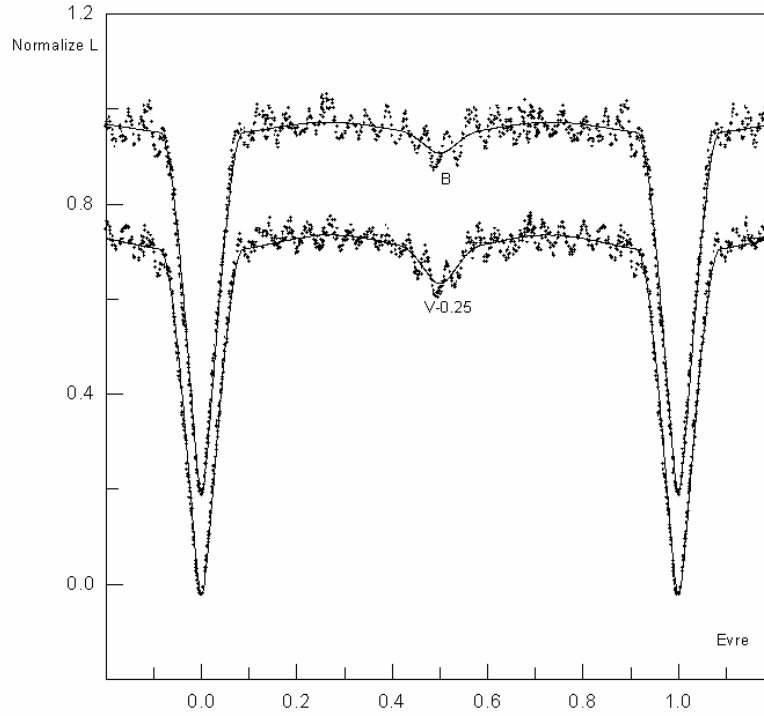
Fotometrik kütle oranını belirlemek için,  $q$  taraması B süzgeçinde yapıldı. Çözümde  $i$ ,  $T_2$ ,  $\Omega_1$ ,  $L_1$  ayarlanabilir parametre olarak alındı.  $\Sigma W(O-C)^2$  değeri 0.19 (bkz. Şekil 4.1.1) civarında minimum olduğu için, W-D çözümünde tüm iterasyonlarda  $q = 0.19$  değeri sabit alındı.

Işık eğrisi çözümünde, üçüncü cismin ışık katkısı,  $l_3$  de çözümde serbest parametre olarak bırakıldı ancak anlamlı bir sonuç vermedi. Çözüm, ayarlanabilir parametrelerin düzeltmeleri hatalardan küçük olana kadar devam ettirildi. Işık eğrisi çözümünün sonunda sistemin geometrik ve fiziksel parametre değerleri belirlendi ve Çizelge 4.1.1'de listelendi.

Bileşenlerin geometrik ve fiziksel öğeleri kullanılarak, Şekil 4.1.2'den görüldüğü gibi, hem B hem de V süzgeçinde normalize noktalarla uyumlu kuramsal temsili gösterimler oluşturuldu.



Şekil 4.1.1 Kütle oranı,  $q$ 'ya karşı  $\Sigma W(O-C)^2$ 'nin değişimi.



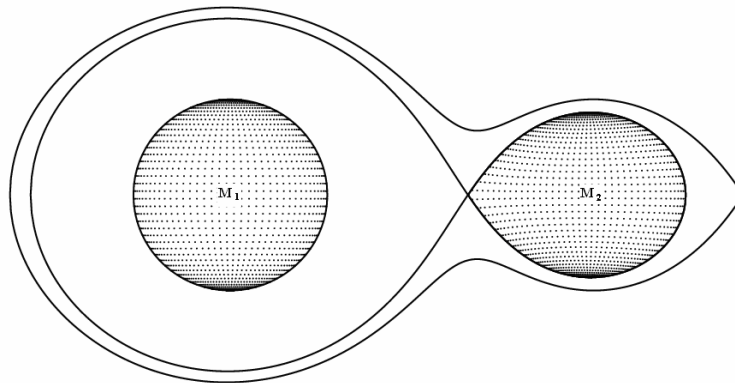
Şekil 4.1.2 AB Cas'ın normalize edilmiş gözlem noktaları ve W-D çözümü sonucunda elde edilen kuramsal eğrileri.

Bileşenlerin potansiyel değerlerinin değişimi sistemin yarı-ayrık olduğunu ortaya koyduğundan, çözüm MOD5'te yapıldı ve sistemin  $q = 0.19$  kütle oranı değeri için, Roche gösterimi de Şekil 4.1.3'de gösterildi. Sonuç olarak; yoldaş bileşen Roche lobunu tamamen doldurmuştur ve baş bileşene madde aktarmaktadır.

Çizelge 4.1.1'den görüldüğü gibi, bu çalışmadaki çözüm sonucunda elde edilen parametre değerleriyle, Rodriguez ve ark. [4] tarafından elde edilen parametre değerlerinin birbirleriyle daha uyum içinde olduğu görülmektedir.

**Çizelge 4.1.1** AB Cas'ın farklı yıllarda elde edilen ışıkölçüm çözümleri.

Parametre	B bu çalışma	V bu çalışma	(y) [6]	(y) [4]
$i$	88°.29(17)	88°.26(14)	85°.800	87°.100
$T_1$ (°K)	8000	8000	8000	8000
$T_2$ (°K)	4705(44)	4729(24)	4380	4714
$\Omega_1$	3.9574(99)	3.9448(93)	4.2500	4.0220
$\Omega_2$	2.2077	2.2077	2.2828	2.2350
<i>Evre kayması</i>	-0.0005	-0.0005	-0.0008	0.0045
$Q$	0.19	0.19	0.22	0.201
$l_3$	0.0	0.0	0	0
$E$	0.0	0.0	0	0
$x_1$	0.679	0.607	0.590	0.590
$x_2$	0.906	0.820	0.780	0.790
$g_1$	1.00	1.00	1.00	1.00
$g_2$	0.32	0.32	0.320	0.32
$L_1 / (L_1 + L_2)$	0.956	0.921	0.906	0.920
$L_2 / (L_1 + L_2)$	0.044	0.079	0.093	0.080
$r_1$ (pole)	0.265	0.266	0.248	0.2613
$r_1$ (point)	0.270	0.271	0.252	0.2661
$r_1$ (side)	0.268	0.269	0.251	0.2642
$r_1$ (back)	0.269	0.270	0.252	0.2655
$r_2$ (pole)	0.229	0.229	0.239	0.2332
$r_2$ (point)	0.337	0.337	0.350	0.3419
$r_2$ (side)	0.239	0.239	0.249	0.2426
$r_2$ (back)	0.271	0.271	0.281	0.2750
$\Sigma W(O-C)^2$	0.24979	0.18144		

**Şekil 4.1.3** AB Cas'ın  $q = 0.19$  için Roche gösterimi.



#### 4.2. RZ Cas'ın Işık Eğrisi Çözümü

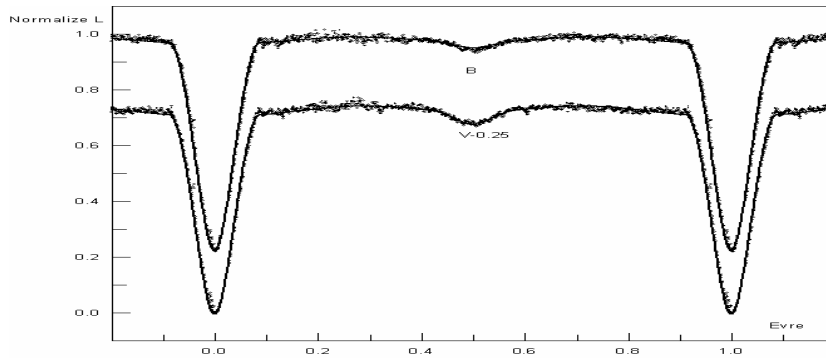
Dizgenin salt parametrelerini, geometrik ve fiziksel öğelerini belirlemek için elde edilen ışık eğrileri Wilson-Devinney (2003) [36] programıyla analiz edildi. Her bir gözlem noktası normalize noktaya dönüştürüldü. B ve V süzgeçlerindeki tüm gözlem noktaları 0.25 evrede, sırasıyla  $-0^m.627$  ve  $0^m.423$ 'e göre normalize edildi. Işık eğrisinin maksimumlarında ve yan minimumlarında görülen zonklama etkisini ortadan kaldırmamak için, hiçbir gözlem noktasının ortalaması alınmadı. Çözümde B ve V bandlarında sırasıyla, eş ağırlıkta alınan 1294 ve 1307 gözlem noktası kullanıldı.

RZ Cas'ın W-D çözümünde, AB Cas'ın ışık eğrisi çözümünde kullanılan aynı serbest ve sabit parametreler seçilerek, B ve V renklerindeki ışık eğrileri, dikine hız eğrisi ile eş zamanlı olarak çözüldü. Bu parametrelere ek olarak, yarı büyük eksen uzunluğu  $a$  ve kütle merkezinin hızı  $V\gamma$  iterasyon süresince ayarlanabilir parametre olarak kabul edildi. Kütle oranı  $q$ , yarı büyük eksen uzunluğu  $a$  ve kütle merkezinin hızı  $V\gamma$  için, radyal hız çözümlerinden elde edilen ve Çizelge 3.2'de listelenen değerler, parametrelerin başlangıç değerleri olarak seçildi. Baş yıldızın yüzey sıcaklığı  $T_1$ , 8600 K olarak [10]'dan alındı. Eş zamanlı dönme parametreleri  $F_1$ ,  $F_2$  sırasıyla, 1.2 ve 1.0 değerinde sabit olarak kabul edildi.  $F_1$  değeri, Fukuda'nın [37] baş bileşen için belirlediği  $v\sin i = 85$  km/s'e göre hesaplanmıştır.

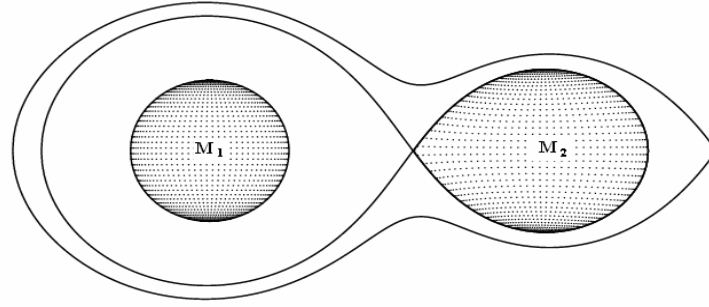
Işık eğrisi çözümü sonucunda elde edilen dizgenin fiziksel ve geometrik öğeleri, Çizelge 4.2.1'de listelendi. Çizelge 4.2.1'e baktığımızda, elde ettiğimiz çözümle, diğer yıllarda yapılan çözümleri karşılaştırdığımızda genelde bir uyum içinde olduğu görülmektedir. Bu çalışmada  $q$  değeri 0.338 olarak bulunmuştur ve diğer iki çalışmada  $q$  değeri Maxted ve ark.'nın [13] tayfsal çalışma sonucunda bulduğu  $q = 0.331$  değerinde sabit olarak alınmıştır. Yörünge eğikliği  $i$ , üç farklı çözümden görüldüğü gibi, yaklaşık  $82^\circ$ - $83^\circ$  arasında değişim gösterir. Bileşenlerin geometrik ve fiziksel öğeleri kullanılarak, Şekil 4.2.1'den görüldüğü gibi, hem B, hem de V süzgeçinde normalize noktalarla uyumlu kuramsal temsili gösterimler oluşturulmuştur. Sistem yarı-ayrık olduğu için, çözüm MOD5'de yapıldı. Şekil 4.2.2'de sistemin  $q=0.338$  için Roche geometrisi gösterilmektedir. Dizgenin yoldaş bileşeni Roche lobunu tamamen doldurmuş olup, baş bileşene madde aktarmaktadır [25].

RZ Cas'ın B ve V renklerindeki ışık eğrileri, elde edilen dikine hız değerleriyle, eş zamanlı olarak çözülmüş ve sisteme ilişkin bulunan salt parametre değerleri hatalarıyla beraber Çizelge 4.2.2'de listelenmiştir.

RZ Cas'ın W-D çözümü sonucunda elde edilmiş olan dikine hız eğrisi ve kuramsal temsili Şekil 4.2.3'de görülmektedir. Rossiter dönme etkisi nedeniyle, bileşenlerin dikine hız eğrilerinde bozulma göze çarpmaktadır. Baş bileşenin dikine hız eğrisi için, 0.9-1.1 ve yoldaş bileşen içinde 0.35-0.65 evre aralıklarında bozulma Şekil 4.2.3'de açık bir şekilde görülmektedir.



Şekil 4.2.1 RZ Cas'ın normalize gözlem noktaları ve WD çözümü sonucunda elde edilen kuramsal eğri ile uyumu.

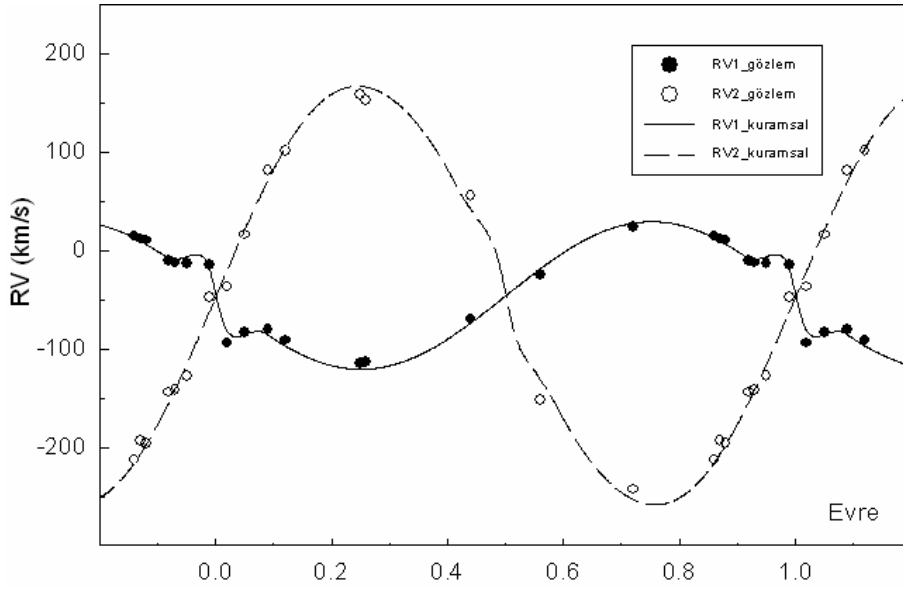
Şekil 4.2.2 RZ Cas'ın  $q = 0.338$  için Roche gösterimi.

Çizelge 4.2.1 RZ Cas'ın farklı yıllarda elde edilen ışık eğrisi çözümleri.

Parametre	B&V bu çalışma	J&K [38]	[10]
$i$	$81^{\circ}.98(5)$	$82^{\circ}.01(80)$	$83^{\circ}.1(2)$
$T_1$ (°K)	8600	8720	8600
$T_2$ (°K)	4480(13)	4359(28)	4370(60)
$\Omega_1$	4.6088(149)	4.408(450)	4.403(19)
$\Omega_2$	2.5489	2.5339	2.534
<i>Evre kayması</i>	0.0011	0.0000	-0.0003
$Q$	0.338(2)	0.331	0.331
$l_3$	0.0	0.0	0.0
$e$	0.0	0.0	0.0
$a$	6.869(84)	-	-
$V\gamma$	43.89(1.29)	-	-
$x_1$	0.647 (B) 0.570(V)	0.250 (J) 0.150 (K)	0.65
$x_2$	0.908 (B) 0.824 (V)	0.470 (J) 0.320 (K)	0.95
$g_1$	1.00	1.00	1.00
$g_2$	0.32	0.320	0.32
$L_1 / (L_1 + L_2)$	0.968 (B) 0.932 (V)	0.767 (J) 0.664 (K)	0.974 (v)
$L_2 / (L_1 + L_2)$	0.032 (B) 0.068 (V)	0.233 (J) 0.334 (K)	0.026 (v)
$r_1$ (pole)	0.2337 (8)	0.245 (2)	0.2450 (12)
$r_1$ (point)	0.2359 (9)	0.250 (2)	0.2508 (13)
$r_1$ (side)	0.2339 (9)	0.247 (2)	0.2486 (12)
$r_1$ (back)	0.2353 (9)	0.249 (2)	0.2503 (13)
$r_2$ (pole)	0.2699 (4)	0.2684	0.2684
$r_2$ (point)	0.3906 (45)	0.3886	0.3886
$r_2$ (side)	0.2812 (5)	0.2796	0.2795
$r_2$ (back)	0.3139 (5)	0.3123	0.3122
$\Sigma W(O-C)^2$	0.64487		

**Çizelge 4.2.2** RZ Cas'ın farklı yıllardaki çalışmalarda elde edilen salt parametreleri.

Parametre	B&V bu çalışma	[13]	[38]	[10]
$M_1 (M_{\odot})$	2.28(9)	2.205(75)	2.21(26)	2.18(7)
$M_2 (M_{\odot})$	0.77(3)	0.73(2)	0.73(7)	0.72(2)
$R_1 (R_{\odot})$	1.62(2)	1.67(3)	1.69(6)	1.67(2)
$R_2 (R_{\odot})$	1.99(3)	1.94(3)	1.95(6)	1.95(3)
$T_1 (^{\circ}K)$	8600(100)	8600(100)	8720(100)	8610(5)
$T_2 (^{\circ}K)$	4480(14)	4700(200)	4257(26)	4406(7)
$\log g_1$	4.38(2)	4.34(2)	4.33(2)	4.33(3)
$\log g_2$	3.73(3)	3.73(2)	3.72(1)	3.72(3)
$\log L_1/L_{\odot}$	1.11(1)	1.12(2)	1.17(2)	1.14(3)
$\log L_2/L_{\odot}$	0.15(2)	0.16(8)	0.05(1)	0.11(4)
$M_{bol1} (mag)$	2.01(3)	1.89(6)	1.81(5)	1.91(8)
$M_{bol2} (mag)$	4.40(4)	4.2(2)	4.66(30)	4.5(1)

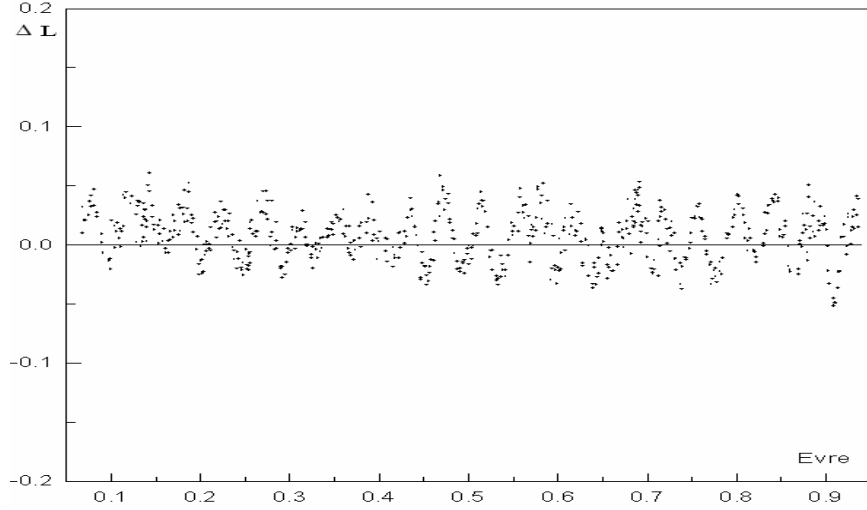


**Şekil 4.2.3** RZ Cas'ın baş ve yoldaş bileşeni için, dikine hız değerleri ve W-D çözümü sonucunda bulunan kuramsal eğri gösterimi.

## 5. Frekans Analizi

### 5.1 AB Cas'ın Frekans Analizi

AB Cas'ın baş yıldızının zonklama doğasının ortaya çıkartılması için; ışık eğrisinin maksimumlarında görülen yakınlık etkilerinin ve minimumlardaki tutulma etkilerinin arındırılması ve geriye sadece zonklamadan kaynaklanan parlaklık değişimlerinin kalması gerekir. Bu nedenle; Wilson & Devinney (1992) [31] çözümüyle elde edilen kuramsal eğriden, her gözlem verisinin baş minimum olmayacak şekilde farkları alınmış ve geriye Şekil 5.1.1' de gösterildiği gibi, sadece zonklamadan kaynaklanan parlaklık değişimi kalmıştır.



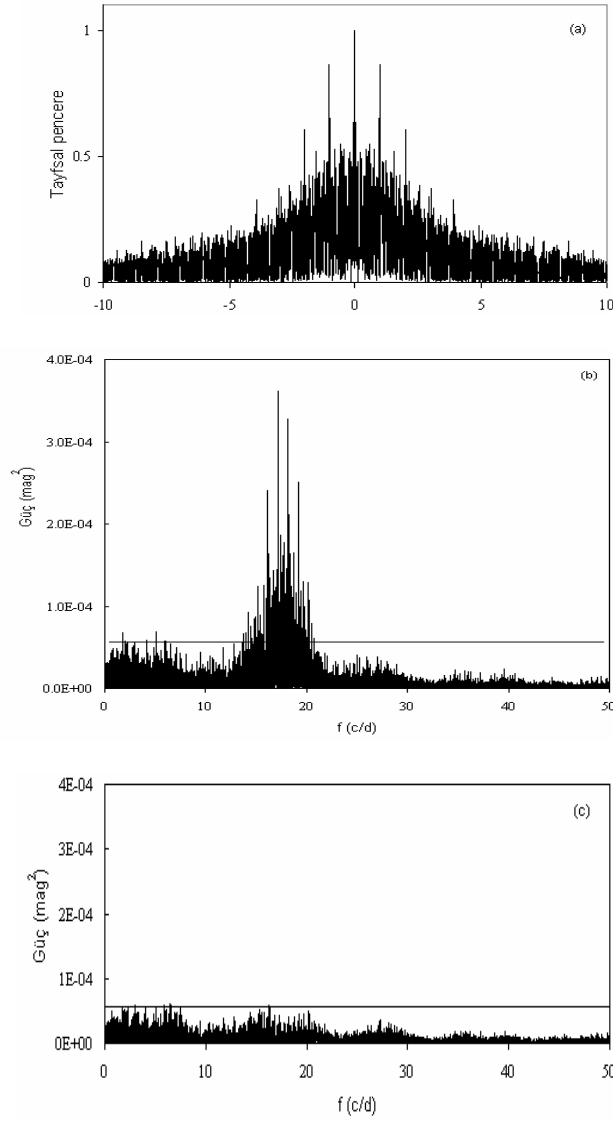
**Şekil 5.1.1** AB Cas'ın V renginde hesaplanan ve gözlenen ışık eğrileri arasındaki fark.

Yansıma ve basıklık etkisinden arındırılmış ve MinI evresindeki veri de çıkarıldıktan sonra kalan veriye PERIOD 04 [39] (<http://www.astro.univie.ac.at/~dsn/dsn/Period04/>), paket programı uygulanarak frekans analizi yapıldı ve bulunan sonuçlar Çizelge 5.1.1'de listelendi. Bulunan sonuçlara göre çizilen; tayfsal pencere, güç tayfı ve artık güç tayfı (duyarlık sınırının üzerindeki frekans arındırıldıktan sonra kalan ikinci baskın frekans) sırasıyla, Şekil 5.1.2 a, b, c'de (V rengi) gösterilmektedir. Gözlemler tek bir gözleminden yapıldığı için, güç tayfında da görüldüğü gibi 1 c/d'lik "aliaslar" beklediğimizden daha güçlü bulunmaktadır.

Her iki renkte elde edilen zonklama frekansı daha önceki araştırmacılar tarafından elde edilenlerle uyum içindedir. Rodriguez ve ark. [10] 17.15637 c/d, Rodriguez ve ark. [6], Rodriguez ve ark. [4], tarih sırasına göre frekans değerini; 17,1563 c/d ve 17.1564 c/d olarak bulmuştur. Bu çalışmada frekans değeri, Çizelge 5.1.1'den görüldüğü gibi, B ve V süzgeçlerinde sırasıyla, 17.1564 c/d ve 17.1566 c/d olarak elde edildi. Ayrıca V renginde bizim bulduğumuz genlik değeriyle, Rodriguez ve ark.'nın [6] bulduğu genlik değeri karşılaştırıldı ve anlamlı bir genlik değişimi görülmedi.

Güç tayfında görülen frekansın anlamlı olup olmadığını, genlik için Breger ve ark.'nın [40]'nin verdiği  $4\sigma$  (S/N)'lık belirtece göre (bu sınırın üstünde kalanların gerçek frekans, altında kalanlarınsa kabul edilemez olacağı) söyleyebiliriz. Bu belirteci referans alarak güce dönüştürdüğümüzde, S/N miktarı B ve V renkleri için sırasıyla, 10.7 ve 10.5 olarak hesaplandı. Şekil 5.1.2 c'de görüldüğü gibi, ilk frekans arındırıldıktan sonra, artıklara ikinci bir duyarlık sınırı çizildiğinde, bulunan ikinci frekans gürültünün içerisinde ve duyarlık sınırının altında kaldığından dolayı anlamlı bir frekans olmadığına karar verildi. Buradan, AB Cas'ın baş bileşenin tek bir mod'la zonklama yaptığı sonucuna varıldı.

AB Cas'ın zonklama genliğinde gecedan geceye bir değişim görülmektedir. Sonuç olarak baş bileşenin birden fazla mod ile zonklayabileceği düşünülebilir. Ancak elimizdeki veriyle, yalnızca tek bir mod bulunabilmiştir. Bu durum, farklı boylamlardaki birkaç gözleminin katılacağı bir kampanya ile denetlenebilir. Genlik değişimi için başka bir açıklama, yoldaş bileşenin Roche lobunu doldurarak, baş bileşene kütle aktarmasıdır ki bu da maddeyi az veya çok yoğun gördüğümüz evreye bağlı olarak zonklama genliğinde bir değişmeye neden olabilir.



Şekil 5.1.1 a.b.c V rengindeki a) Tayfsal pencere b) Güç tayfı ve duyarlık sınırı c) Temel moda ilişkin frekans çıkarıldıktan sonra geriye kalan güç tayfı ve duyarlık sınırı.

Çizelge 5.1.1 AB Cas'ın baş bileşeninin zonklama özellikleri.

Parametre	Frekans ( $\text{cd}^{-1}$ )	Genlik (mag)	Evre
B	17.1564 (4)	0.0222 (10)	0.2471 (67)
V	17.1566 (4)	0.0196 (9)	0.2904 (71)

Petersen ve Jorgensen [41] eşitliği olarak bilinen, (5.1) eşitliği kullanılarak; zonklama sabiti  $Q = 0^d.036 (\pm 0.006)$  olarak bulundu. Bu hesaplamada  $g$ ,  $M_{bol}$ ,  $T_e$  değerleri [6]'dan alındı. Zonklama sabitinin değerine göre de AB Cas'ın baş bileşeninin temel mod ile zonkladığı bulundu.

$$\log Q = -6.454 + \log P + 0.5 \log g + 0.1 M_{bol} + \log T_e \quad (5.1)$$

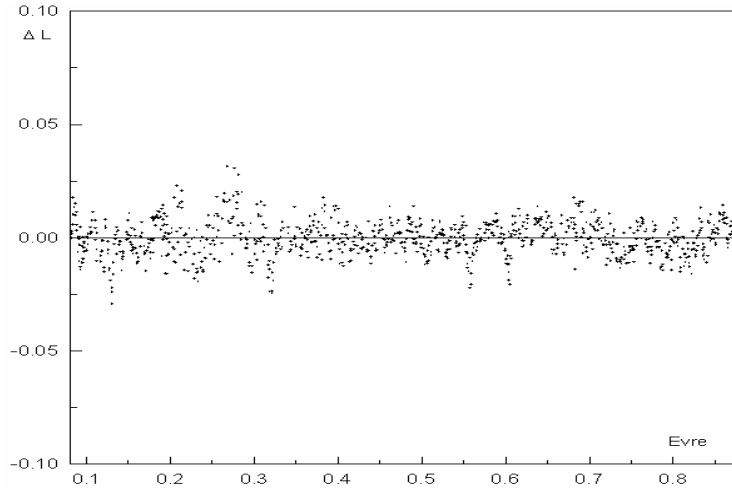
Burada  $P$  zonklama dönemi,  $g$  çekim sabiti,  $M_{bol}$  bolometrik parlaklık ve  $T_e$  etkin sıcaklıktır.

## 5.2 RZ Cas'ın Frekans Analizi

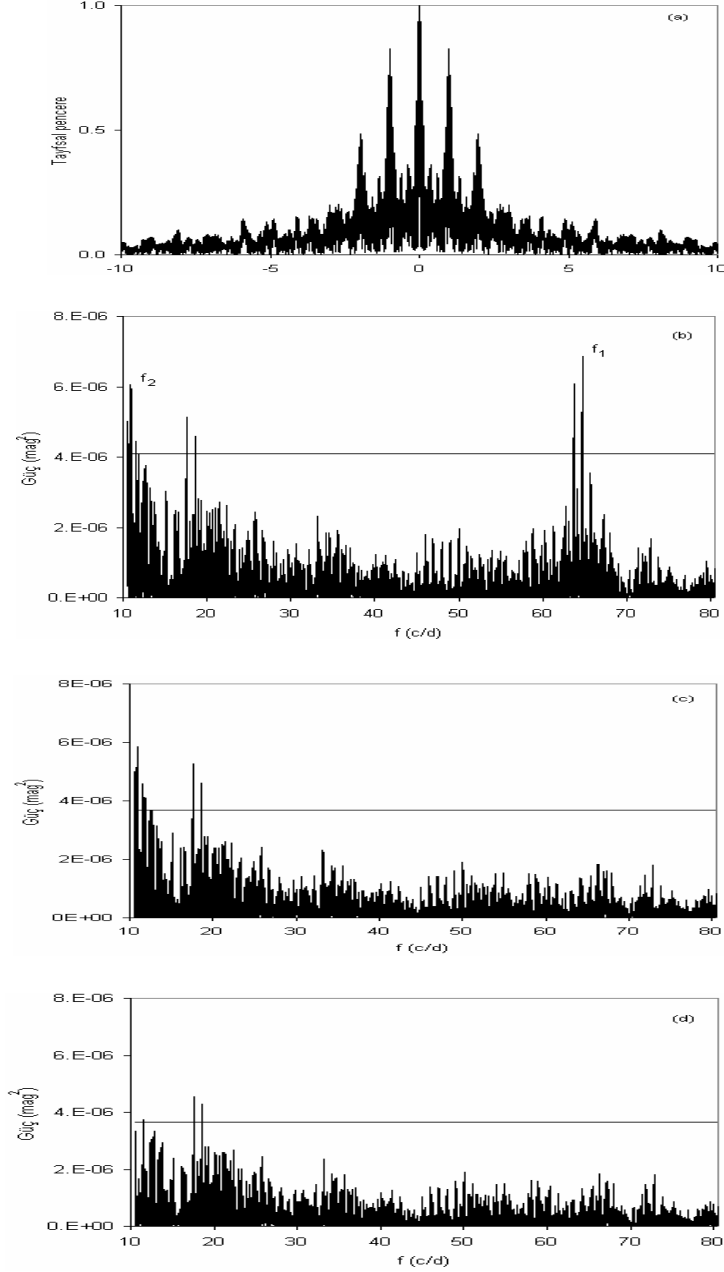
RZ Cas'ın baş yıldızının zonklama doğasının ortaya çıkartılması için; AB Cas da olduğu gibi ışık eğrisinin maksimumlarında görülen yakınlık etkilerinin ve minimumlardaki tutulma etkilerinin arındırılması ve geriye sadece zonklamadan kaynaklanan parlaklık değişimlerinin kalması gerekir. Bu nedenle; Wilson-Devinney (2003) [36] çözümüyle elde edilen kuramsal eğriden, baş minimum evresindeki veri atıldıktan sonra, her gözlem verisinin farkları alınmış ve geriye Şekil 5.2.1' de gösterildiği gibi, sadece zonklamadan kaynaklanan parlaklık değişimi kalmıştır.

Elde edilen veri; yansıma, basıklık vb. etkilerden arındırılmış oldu ve frekans analizi için, PERIOD 04 [39] programında kullanıldı. Bulunan sonuçlar Çizelge 5.2.1'de listelendi. Her iki renkte elde edilen baskın zonklama frekansı daha önceki araştırmacılar tarafından elde edilenlerle uyum içindedir. RZ Cas'ın baş bileşeni için; sadece Ohshima ve ark. [19], [42] çoklu dönem öngörmüşler ancak baskın frekansı 64.199 c/d, Rodriguez ve ark. [10] da 64.1935 c/d olarak bulmuştur. Bu çalışmada da çoklu dönem olduğunu belirledik ve baskın frekansı B renginde 64.1965 c/d ve V renginde ise 64.1972 c/d olarak elde ettik.

Bulunan sonuçlara göre çizilen; tayfsal pencere, güç tayfi ve artık güç tayfi (duyarlık sınırının üzerindeki frekans çıkarıldıktan sonra kalan ikinci baskın frekans ve üçüncü baskın frekans) sırasıyla, Şekil 5.2.2 a, b, c, d'de (V rengi) görülmektedir. Gözlemler tek bir gözlemevinden yapıldığı için, güç tayfinda da görüldüğü gibi 1 c/d lik "aliaslar" beklenildiği üzere oldukça güçlü bulunmaktadır.



Şekil 5.2.1 V renginde hesaplanan ve gözlenen ışık eğrileri arasındaki fark.



**Şekil 5.2.2 a.b.c.d** V rengindeki a) Tayfsal pencere b) Güç tayfı ve duyarlık sınırı c) Birinci baskın moda ilişkin frekans çıkarıldıktan sonra geriye kalan güç tayfı ve duyarlık sınırı d) İkinci baskın moda ilişkin frekans çıkarıldıktan sonra geriye kalan güç tayfı ve duyarlık sınırı.

Güç tayfında görülen frekansın duyarlı olup olmadığına, AB Cas'da uygulanan yöntem kullanılarak genlik için belirlenen  $4\sigma$  (S/N)'lık belirteçe göre karar verilmiştir. Bu belirteci referans alarak güce dönüştürdüğümüzde, S/N miktarı B ve V renkleri için sırasıyla, 10.5 ve 10.47 olarak hesaplandı. Şekil 5.2.2 c ve d'de görüldüğü gibi, her iki renkte de ilk frekans arındırıldıktan sonra, artıklara ikinci bir duyarlık sınırı çizildiğinde, bulunan ikinci frekansın duyarlık sınırının üzerinde kaldığı ve  $\delta$  Scuti yıldızlarına uygun bir dönem aralığına karşılık geldiği için, ikinci frekans anlamlı olarak kabul edildi. İkinci frekans çıkarıldıktan sonra bulunan üçüncü frekans gürültünün içerisinde ve duyarlık sınırının altında kaldığından dolayı anlamlı bir frekans olmadığına karar verildi ve RZ Cas'ın baş bileşeninin iki mod'la zonklama yaptığı sonucuna varıldı.

(5.1) eşitliği kullanılarak zonklama sabiti  $Q = 0^d.0117$  olarak bulundu.  $g$ ,  $M_{bol}$ ,  $T_{eff}$  değerleri için Çizelge 4.2.2’de listelen bu çalışmada bulunan değerler kullanıldı. Zonklama sabitinin değerine göre; RZ Cas’ın baş bileşenin, Gamarova ve ark.’nın [43] yaptığı kuramsal çözümlere göre,  $l = 2$ ,  $|m| = 1, 2$  yüksek radyal mertebeli ( $n=6$ ) çapsal olmayan mod ile zonkladığı sonucuna varıldı.

**Çizelge 5.2.1** RZ Cas’ın baş bileşenin zonklama özellikleri.

Parametre	Frekans ( $cd^{-1}$ )	Genlik (mmag)	Evre
B	64.1965 (7)	2.7 (3)	0.347 (19)
	12.0957 (8)	2.5 (3)	0.478 (20)
V	64.1972 (7)	2.7 (3)	0.244 (20)
	10.5829 (8)	2.4 (3)	0.788 (23)

## 6. Sonuçlar

Bu çalışmada,  $\delta$  Scuti türü bileşene sahip Algol türü dizgelerden olan AB Cas ve RZ Cas’ın ışıkölçümü yapılmış ve gözlem verileri analiz edilerek bileşenlerin özellikleri ortaya çıkartılmıştır.

Seçilen dizgelerden Algol türü çift olan AB Cas’ın 2001 yılında yapılan ışıkölçüm gözlemleri sonucunda elde edilen ışık eğrileri, W-D (Wilson-Devinney) programının 1992 sürümü ile analiz edilerek dizgeye ilişkin geometrik ve fiziksel parametreler belirlenmiştir (bkz. Çizelge 4.1.1). Sistemin bugüne kadar yapılmış olan tayfsal çalışması ve dikine hız eğrisinin çözümü olmadığından, ışık eğrisi analizine başlamadan önce yapılan kütle oranı taraması sonucunda, daha önce kabul edilenlerden farklı olarak  $q=0.19$  bulunmuş ve ışık eğrisinin analizinde de bulunan bu değer kullanılmıştır.

AB Cas’ın baş bileşeni  $\delta$  Scuti türü bir değişim göstermektedir. Bu nedenle tutulma ve yakınlık etkilerinden ileri gelen parlaklık değişimleri gözlenen parlaklıklardan çıkartılarak geriye kalan değişim PERIOD 04 [39] programıyla analizi edilmiş, baş bileşenin zonklama frekansı ve genliği belirlenmiştir.

Baş bileşenin zonklama genliğinde geceden geceye bir değişim olduğu bulunmuştur. Bu şekildeki bir değişim birden fazla mod olma olasılığını ortaya koyar. Yapılan frekans analizinde bulunan ikinci frekans değerinin,  $\delta$  Scuti yıldızları için uygun frekans aralığına düşmediğinden ve Breger ve ark.’nın [40] ortaya koyduğu belirtece göre de duyarlılık sınırının altında kaldığından anlamlı olmadığı sonucuna varılmıştır. Bu genlik değişimini başka nedenler ortaya çıkarabilir. Bir neden olarak, dizgenin ikinci bileşeni Roche lobunu doldurmuştur; bu nedenle yoldaş bileşenden baş bileşene doğru bir kütle aktarımı olması beklenir. Bu kütle aktarımının etkin olduğu evrelerde küçük bir zonklama genliği, kütle aktarımının az etkin olduğu evrelerde ise büyük bir zonklama genliği beklenebilir [3], [30]. Hesaplanan zonklama sabiti  $Q = 0^d.036 (\pm 0.006)$  değerine göre, baş bileşenin çapsal (radyal) temel modla zonklama yaptığı sonucuna varılmıştır [6].

Işıkölçümü yapılan diğer Algol türü çift sistem RZ Cas’ın ışık eğrileri Wilson-Devinney programının 2003 sürümü ile, dikine hız eğrisi değerleri de kullanılarak birlikte analiz edildi ve dizgenin geometrik, fiziksel (bkz. Çizelge 4.2.1) ve salt parametreleri (bkz. Çizelge 4.2.2) belirlendi. Özellikle son yıllarda yapılan ışık eğrisi çözümlerinde kütle oranı, hep Maxted ve ark.’nın [13] tayfsal çalışma sonucunda bulduğu, 0.331 değeri sabit olarak alınmasına karşın bu çalışmada kütle oranı serbest parametre olarak seçildi ve  $q = 0.338$  olarak bulundu.



Dizgenin baş bileşeninin frekans analizi için, PERIOD04 programı kullanıldı. İki zonklama frekansı ve bunlara ilişkin zonklama genlikleri elde edildi (bkz. Çizelge 5.2.1). Her iki renkte elde edilen baskın zonklama frekansı daha önceki araştırmacılar tarafından elde edilenlerle uyum içindedir. RZ Cas'ın baş bileşeni için; sadece Ohshima ve ark. [19], [42] çoklu dönem öngörmüşler ancak baskın frekansı 64.199 c/d, Rodriguez ve ark. [10] da 64.1935 c/d olarak bulmuşlardır. Biz de çalışmamızda çoklu dönem olduğunu belirledik ve baskın frekansı B renginde 64.1965 c/d ve V renginde ise 64.1972 c/d olarak elde ettik.

Şekil 5.2.1 c,d'de görüldüğü gibi, her iki renkte de ilk frekans çıkarıldıktan sonra, artıklara ikinci bir duyarlılık sınırı çizildiğinde, bulunan ikinci frekansın duyarlılık sınırının üzerinde kaldığı ve  $\delta$  Scuti yıldızlarına uygun bir dönem aralığına karşılık geldiği için, ikinci frekans anlamlı kabul edildi. İkinci frekans çıkarıldıktan sonra bulunan üçüncü frekans, gürültünün içersinde ve duyarlılık sınırının altında kaldığından dolayı anlamlı bir frekans olmadığına karar verildi. Buradan, RZ Cas'ın baş bileşeninin iki mod'la zonklama yaptığı sonucuna varıldı. RZ Cas'ın zonklama genliği çok değişkendir. AB Cas çift yıldız sisteminde olduğu gibi, RZ Cas'ın yoldaş bileşeni de Roche lobunu doldurmuştur. Bu nedenle yoldaş bileşenden baş bileşene doğru bir kütle aktarımı beklenmelidir ki buna ilişkin kanıtlar tayfsal gözlemler ile ortaya çıkmıştır [25]. Bu nedenle, akan maddenin yoğun bulunduğu evreye göre zonklama genliğinde bir azalma ve maddenin olmadığı veya az yoğun olduğu evrede genlikte bir artma beklenmelidir.

RZ Cas'ın sıcak bileşenine ilişkin zonklama sabiti, (5.1) eşitliği kullanılarak,  $0^d.0117$  olarak bulunmuştur. Zonklama sabitinin değerine göre; dizgenin baş bileşeninin, Gamarova ve ark.'nın [43] yaptığı kuramsal çözümlere göre,  $l = 2$ ,  $|m| = 1, 2$  yüksek radyal mertebeli ( $n=6$ ) çapsal olmayan mod ile zonkladığı belirlenmiştir.

#### Kaynaklar

- [1] Hoffmeister, C. (1929), "132 neue Veränderliche" *Astronomische Nachrichten*, 234, 33.
- [2] Rodriguez, E. ve Breger, M. (2001), "delta Scuti and related stars: Analysis of the R00 Catalogue" *Astronomy and Astrophysics*, 366, 178-196
- [3] Soydugan, E., Demircan, O., Akan, M. C. ve Soydugan, F. (2003), "A Binary Star with a delta Scuti Component: AB Cassiopeiae" *The Astronomical Journal*, 126, 1933-1938
- [4] Rodriguez, E., Garcia, J. M., Gamarova, A. Y., Costa, V., Daszynska-Daszkiwicz, J., López González, M. J., Mkrtichian, D. E. ve Rolland, A. (2004), "delta Sct-type pulsations in eclipsing binary systems: AB Cas" *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 353, 310-318
- [5] Tempesti, P. (1971), "The Eclipsing Binary AB Cassiopeiae as a delta Scuti Star" *Information Bulletin on Variable Stars*, No. 596
- [6] Rodriguez, E., Claret, A. ve Sedano, J. L., Garcia, J. M., Garrido, R. (1998), "The eclipsing binary system AB Cas: binarity and pulsation" *Astronomy and Astrophysics*, 340, 196-202
- [7] Irkaev, B. N., Chekanikhina, O. A. ve Frolov, M. S. (1978), "Some Comments on AB Cas" *Information Bulletin on Variable Stars*, No. 1383
- [8] Ando H. (1980), "Preliminary study of light variations of the eclipsing binary AB Cassiopeiae" *Astrophysics and Space Science*, 71, 249-256
- [9] Frolov, M.S., Pastukhova, E. N. ve Mironov, A. V. (1982), "Investigation of the Pulsational Peculiarities of the Hotter Component in the Eclipsing Binary System AB Cas" *Information Bulletin on Variable Stars*, No. 2179
- [10] Rodriguez, E., Garcia, J. M., Mkrtichian, D. E., Costa, V., Kim, S.-L., López-González, M. J., Hintz, E., Kusakin, A. V., Gamarova, A. Y., Lee, J. W., Youn, J.-H., Janiashvili, E. B., Garrido, R., Moya, A. ve Kang, Y. W. (2004), "delta Sct-type pulsations in eclipsing binary systems: RZ Cas" *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 347, 1317.
- [11] Müller, G. (1906), "Ein neuer Veränderlicher vom Algoltypus 77.1906 Cassiopejae" *Astronomische Nachrichten*, 171, 357
- [12] Dugan, R. S. (1916), "The Eclipsing Variables RV Ophiuchi, RZ Cassiopeiae" *Contr. Princeton University Obs.*, No. 4
- [13] Maxted, P. F. L., Hill, G. ve Hilditch, R. W. (1994), "Studies of early-type variable stars. 6: Absolute parameters of the Algol system RZ Cassiopeiae" *Astronomy and Astrophysics*, 282, 821-830

- [14] Narusawa, S. Y., Nakamura, Y. ve, Yamasaki, A. (1994), “*Photometric study of the active Algol system RZ Cassiopeiae*” *The Astronomical Journal*, 107, 1141-1148
- [15] Arganbright, D. V., Osborn, W. ve Hall, D. S. (1988), “A Total Eclipse in RZ Cassiopeiae?” *Information Bulletin on Variable Stars*, No. 3224
- [16] Nakamura, Y., Narusawa, S. ve Kamada, M. (1991), “*The Totality in a Primary Minimum of RZ Cassiopeiae*” *Information Bulletin on Variable Stars*, No. 3641
- [17] Sarna, Marek J., Muslimov, A. ve Yerli, Sinan K. (1997), “*Magnetic activity and evolution of Algol-type stars*” *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 286, 209-214
- [18] Varricatt, Watson P., Ashok, N. M. ve Chandrasekhar, T. (1998), “*Near-Infrared Photometric Studies of RZ Cassiopeiae*” *The Astronomical Journal*, 116, 1447-1460
- [19] Ohshima, O., Narusawa, Shin-Ya, Akazawa, H., Fujii, M., Kawabata, T. ve Ohkura, N. (1998), “*Detection of the delta Scuti Oscillation in RZ Cassiopeiae*” *Information Bulletin on Variable Stars*, No. 4581
- [20] Olson, E. C. (1982), “*Transient photometric disturbances in Algol-like binaries*” *Astrophysical Journal*, 259, 702-718
- [21] Davis, S. M., ve Balonek, T. J. (1996), “*RZ Cassiopeiae: Evidence for Spots on the Surface of the Primary Star in an Algol-type Eclipsing Binary System*” *American Astronomical Society*, 189, 7714
- [22] Davis, S. M. 1996, in Benson P. J., Little-Marenin I-R., eds, Proc. (1996) “*RZ Cassiopeiae: Evidence for Hot Spots on the Surface of a Star*” *Undergraduate Symposium On Research in Astronomy*, p. 29
- [23] Amado, P. J., Moya, A., Suárez, J. C., Martín-Ruiz, S., Garrido, R., Rodríguez, E., Catala, C., Goupil, M. J. (2004), “*The pre-main-sequence star HD34282: a very short-period delta Scuti-type pulsator*” *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 352, L12-15
- [24] Rodríguez, E., López-González, M. J. ve López de Coca, P. (2000), “*A revised catalogue of delta Sct stars*” *Astronomy and Astrophysics Supplement*, 144, 469-474
- [25] Lehmann, H. ve Mkrtichian, D. E. (2004), “*The eclipsing binary star RZ Cas. I. First spectroscopic detection of rapid pulsations in an Algol system*” *Astronomy and Astrophysics*, 413, 293-299
- [26] McCluskey, G. E., Jr. and Kondo, Y. (1984), “*Observations of eight close binaries with the Einstein Observatory*” *Astronomical Society of the Pacific, Publications*, 96, 817-820
- [27] Drake, S. A., Simon, T. ve Linsky, J. L. (1986), “*A 6 centimeter radio survey of short-period active binary stars*” *Astronomical Journal*, 91, 1229-1232
- [28] Umana, G., Leto, P., Triglio, C., Hjellming, R. M. ve Catalano, S. (1999), “*The radio spectrum of Algol-type systems: RZ Cassiopeiae*” *Astronomy and Astrophysics*, 342, 709-716
- [29] Singh, K. P.; Drake, S. A. ve White, N. E. (1995), “*A study of coronal X-ray emission from short-period Algol binaries*” *Astrophysical Journal*, 445, 840-854
- [30] Soyduğan, E., Soyduğan, F. İbanoğlu, C., Frasca, A., Demircan, O., Akan, M. C. (2006), “*An Algol Type Binary With A Delta Scuti Component: RZ Cassiopeiae Revisited*” *Astronomische Nachrichten*, 327, 905-916
- [31] Wilson, R. E. (1992), *Documentation of Eclipsing Binary Computer Model, Revision of 1992*: May, University of Florida
- [32] Diaz-Cordoves, J., Claret, A., ve Gimenez, A. (1995), “*Linear and non-linear limb-darkening coefficients for LTE model atmospheres*” *Astronomy and Astrophysics Supplement*, 110, 329
- [33] Rucinski, S. M. (1969), “*The Proximity Effects in Close Binary Systems. II. The Bolometric Reflection Effect for Stars with Deep Convective Envelopes*” *Acta Astronomica* 19, 245
- [34] von Zeipel H. (1924), “*The radiative equilibrium of a rotating system of gaseous masses*” *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 84, 665-683
- [35] Lucy, L. B. (1967), “*Gravity-Darkening for Stars with Convective Envelopes*” *Zeitschrift für Astrophysik*, 65, 89
- [36] van Hamme, W. and Wilson, R. E. (2003), “*Stellar atmospheres in eclipsing binary models*” *ASPC, Conf. Ser.* 298, 323
- [37] Fukuda, I. (1982), “*A statistical study of rotational velocities of the stars*” *Astronomical Society of the Pacific, Publications*, 94, 271-284
- [38] Varricatt, Watson P. (2000), “*Photometric studies of close binary systems*” *Bulletin of the Astronomical Society of India*, 28, 321-327
- [39] Lenz, P. ve Breger, M. (2005), “*Period04 User Guide*” *Communications in Asteroseismology*, 146, 53-136
- [40] Breger, M., Stich, J., Garrido, R., Martin, B., Jiang, S. Y., Li, Z. P., Hube, D. P., Ostermann, W., Paparo, M. ve Scheck, M. (1993b), “*Nonradial Pulsation of the Delta-Scuti Star Bu-Cancri in the Praesepe Cluster*” *Astronomy and Astrophysics*, 271, 482
- [41] Petersen, J. O. ve Jorgensen, H. E. (1972), “*Pulsation of models in the lower part of the cepheid instability strip and properties of AI Vel and del SCT variables*” *Astronomy and Astrophysics*, 17, 367

- [42] Ohshima, O., Narusawa, Shin-ya, Akazawa, H., Arai, K., Fujii, M., Kawabata, T., Morikawa, K., Ohkura, N. ve Takeuti, M. (2001), "Short-Period Light Variation of an Eclipsing Binary System: RZ Cassiopeiae" *Astronomical Journal*, 122, 418-424
- [43] Gamarova, A. Y., Mkrtichian, D. E., Rodriguez, E., Costa, V. ve Lopez-Gonzalez, M. J. (2003), "Application of the Spatial Filtration Method to RZ Cas" *ASPC*, 292, 369

