

SX Dra'nın Sıcak Bileşeninde Delta Scuti Türü Değişimler

Yasemin KAÇAR^{1,2}, Esin SOYDUGAN^{1,2}

¹Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Terzioğlu Kampüsü Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü

²Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Gözlemevi

(yaseminkacar@comu.edu.tr, esoydugan@comu.edu.tr)

Özet: Bu çalışmada, sıcak bileşeni Delta Scuti türü değişimlere sahip ve tam tutulma gösteren Algol türü bir çift sistem olan SX Dra'nın fotometrik gözlemlerinden elde edilen sonuçlar özetlenmiştir. Işık eğrisi modellenmesi ile elde edilen kuramsal eğrilerden, gözlem noktalarının farkı alınarak; çifte ilişkin yakınlık etkileri gözlemsel ışık eğrilerinden arındırılmıştır. Elde edilen veriye frekans analizi yapılarak, baş bileşenin zonklama doğası belirlenmiştir. SX Dra'nın baş bileşeni; 22.7 c/d ve 19.6 c/d'lik iki frekans değeriyle zonklama göstermektedir. Toplam zonklama genliği, B ve V filtrelerinde $0^m.0536$ ve $0^m.038$ 'dir. Zonklayan bileşene ilişkin küresel harmonik derece l birinci ve ikinci frekans değeri için; sırasıyla, 3 ve 1 veya 2 olarak belirlenmiştir. Zonklama sabiti Q 'da hesaplanmıştır. Hesaplanan Q ve l değerlerine göre; SX Dra'nın zonklayan bileşeni çapsal olmayan zonklama göstermektedir. Sistemin ışık eğrisi modellenmesinden de; üçüncü cisimden kaynaklanan %5 (B) ve % 3 (V)'lük bir katkı belirlenmiştir.

1. Giriş

SX Dra (= BD +58 1785, HD 238811) Algol türü bir çift sistemdir (Svechnikov ve Kuznetsova, 1990; Malkov, 2006; Wozniak ve ark., 2004). Dimitrov ve ark., (2010) sistemin parlaklığını $V = 10^m.411$, baş bileşenin tayf türünü A9V ve yörünge dönemini $P_{yör} = 5^s.169196$ olarak vermiştir. Baş bileşenin tayf türü, Svechnikov (1990) ve Malkov (2006)'un katalog çalışmalarında A7'dir.

SX Dra sisteminin sıcak bileşeninin zonklama yaptığı ilk kez Dimitrov ve ark. (2010) tarafından keşfedilmiştir. Baş bileşenin zonklama dönemi 63 dk ve zonklama genliği $0^m.04$ olarak bulunmuştur (Dimitrov ve ark., 2010).

Bu sistemin literatürde, ayrıntılı fotometrik ve tayfsal çalışması bulunmamaktadır. Yapılan tayfsal çalışmada, sadece baş bileşenin dönme hızı 96 km/s olarak belirlendi (Etzet ve Olson, 1993). Sistem klasik Algol olduğu için, yoldaş bileşenden, baş bileşene doğru kütle aktarımının neden olduğu, yörünge döneminde çok hızlı bir artış Qian (2002) tarafından belirlendi.

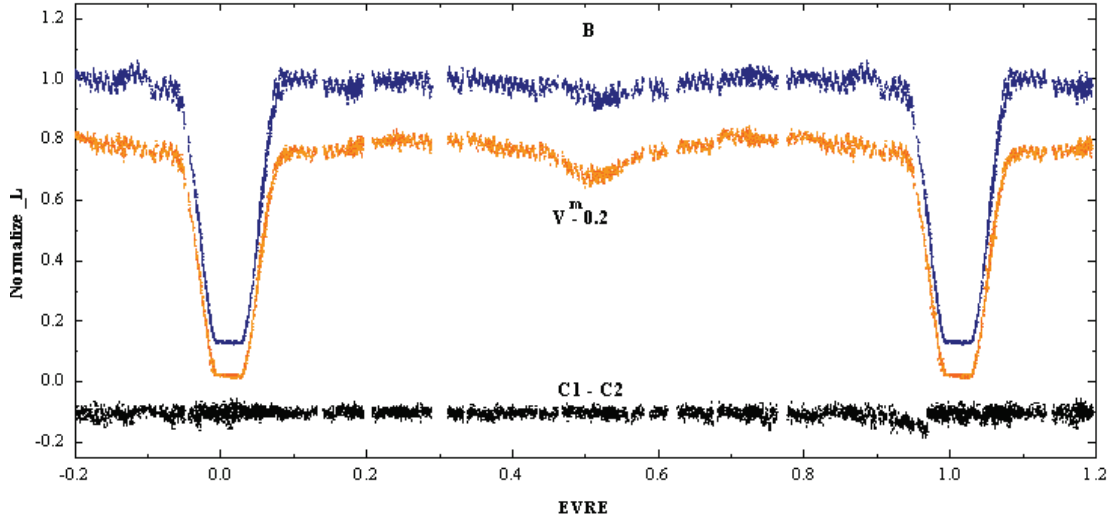
2. Gözlemler

SX Dra'nın gözlemleri, 2010 yaz gözlem sezonunda Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Gözlemevi'nde (ÇOMÜG) 40 cm'lik Schmidt Cassegrain teleskopa bağlı, Apogee U47 marka CCD kamera ile B ve V süzgeçlerinde yapıldı. Otuz altı gecelik gözlemlerden sistemin toplam olarak, 180 saatlik gözlem verisi elde edilmiştir (bkz. Tablo 1). Tüm gözlem gecelerinde, TYC 3915 588 ve TYC 3915 696 mukayese ve denet yıldızları olarak seçilmiştir. B ve V süzgeçlerindeki duyarlıklar, yaklaşık olarak $0^m.01$ 'dir. Şekil 1'de görülen SX Dra'nın B ve V filtrelerindeki ışık eğrilerinin evrelerinin hesaplanmasında, başlangıç epogu $T_0(\text{HJD}) = 2454749.4516$ (Joachim, 2007) ve yörünge dönemi $P_{yör} = 1^s.952441$ (Dimitrov ve ark., 2010) olarak seçilmiştir. SX Dra'nın ışık

eğrilerinin maksimumlarında ve yan minimumunda zonklamadan kaynaklanan parlaklık değişimleri de görülmektedir.

Tablo 1. SX Dra'nın gözlem süresi dağılımları ve gecelik duyarlılıklar

| Teleskop | Tarih | Başlangıç | Başlangıç (HJD 2455280 +) | Bitiş (HJD 2455280 +) | Saat | σ (B) | σ (V) |
|----------|------------|-----------|------------------------------|--------------------------|--------------|--------------|--------------|
| T40 | 01/04/2010 | 23:46:54 | 8,399 | 8,518 | 2,9 | 0,020 | 0,014 |
| T40 | 10/04/2010 | 0:01:00 | 1,416 | 17,579 | 3,9 | 0,011 | 0,009 |
| T40 | 14/04/2010 | 20:57:07 | 21,372 | 21,610 | 5,7 | 0,010 | 0,009 |
| T40 | 30/04/2010 | 20:58:33 | 37,374 | 37,583 | 5,0 | 0,010 | 0,007 |
| T40 | 01/05/2010 | 19:20:38 | 38,306 | 38,596 | 7,0 | 0,010 | 0,007 |
| T40 | 03/05/2010 | 19:29:17 | 40,312 | 40,410 | 2,4 | 0,008 | 0,006 |
| T40 | 09/05/2010 | 20:19:41 | 46,347 | 46,583 | 5,7 | 0,011 | 0,008 |
| T40 | 22/05/2010 | 23:09:36 | 60,465 | 60,561 | 2,3 | 0,009 | 0,010 |
| T40 | 27/05/2010 | 19:09:07 | 64,299 | 64,561 | 6,3 | 0,008 | 0,006 |
| T40 | 09/06/2010 | 19:58:05 | 77,332 | 77,538 | 4,9 | 0,008 | 0,008 |
| T40 | 12/06/2010 | 19:19:12 | 80,305 | 80,557 | 6,0 | 0,009 | 0,010 |
| T40 | 14/06/2010 | 20:00:57 | 82,334 | 82,558 | 5,4 | 0,010 | 0,008 |
| T40 | 16/06/2010 | 19:27:50 | 84,311 | 84,563 | 6,0 | 0,011 | 0,009 |
| T40 | 17/06/2010 | 19:13:26 | 85,302 | 85,546 | 5,9 | 0,010 | 0,010 |
| T40 | 19/06/2010 | 19:20:38 | 87,306 | 87,545 | 5,7 | 0,009 | 0,009 |
| T40 | 27/06/2010 | 19:17:46 | 95,305 | 95,538 | 5,6 | 0,010 | 0,008 |
| T40 | 02/07/2010 | 19:17:46 | 100,305 | 100,529 | 5,4 | 0,010 | 0,007 |
| T40 | 04/07/2010 | 19:19:12 | 102,305 | 102,532 | 5,4 | 0,009 | 0,013 |
| T40 | 11/07/2010 | 19:12:00 | 109,301 | 109,563 | 6,3 | 0,010 | 0,011 |
| T40 | 18/07/2010 | 19:09:07 | 116,299 | 116,494 | 4,7 | 0,010 | 0,010 |
| T40 | 19/07/2010 | 19:20:38 | 117,306 | 117,557 | 6,0 | 0,012 | 0,011 |
| T40 | 21/07/2010 | 19:14:53 | 119,302 | 119,553 | 6,0 | 0,010 | 0,010 |
| T40 | 22/07/2010 | 19:12:00 | 120,300 | 120,562 | 6,3 | 0,014 | 0,012 |
| T40 | 23/07/2010 | 19:07:41 | 121,298 | 121,557 | 6,2 | 0,014 | 0,012 |
| T40 | 30/07/2010 | 19:03:22 | 128,294 | 128,458 | 3,9 | 0,010 | 0,007 |
| T40 | 31/07/2010 | 19:33:36 | 129,315 | 129,563 | 6,0 | 0,072 | 0,009 |
| T40 | 02/08/2010 | 21:30:14 | 131,396 | 131,570 | 4,2 | 0,019 | 0,013 |
| T40 | 03/08/2010 | 19:12:00 | 132,300 | 132,571 | 6,5 | 0,012 | 0,011 |
| T40 | 06/08/2010 | 19:07:41 | 135,297 | 135,514 | 5,2 | 0,011 | 0,010 |
| T40 | 08/08/2010 | 20:25:26 | 138,351 | 138,463 | 2,7 | 0,012 | 0,013 |
| T40 | 24/08/2010 | 19:40:48 | 153,320 | 153,553 | 5,6 | 0,015 | 0,014 |
| T40 | 25/08/2010 | 19:04:48 | 154,296 | 154,566 | 6,5 | 0,015 | 0,013 |
| T40 | 31/08/2010 | 18:41:46 | 160,279 | 160,570 | 7,0 | 0,009 | 0,008 |
| T40 | 07/09/2010 | 21:51:50 | 167,411 | 167,537 | 3,0 | 0,017 | 0,016 |
| T40 | 21/09/2010 | 19:07:41 | 181,297 | 181,499 | 4,9 | 0,015 | 0,013 |
| T40 | 27/09/2010 | 17:57:07 | 187,248 | 187,335 | 2,1 | 0,011 | 0,008 |
| T40 | 03/10/2010 | 18:04:19 | 183,253 | 183,410 | 3,8 | 0,013 | 0,010 |
| | | | | Toplam | 193,7 | 0,013 | 0,010 |



Şekil 1. SX Dra'nın B ve V filtrelerindeki ışık eğrileri ve mukayese denet yıldızlarının zamana göre değişimi.

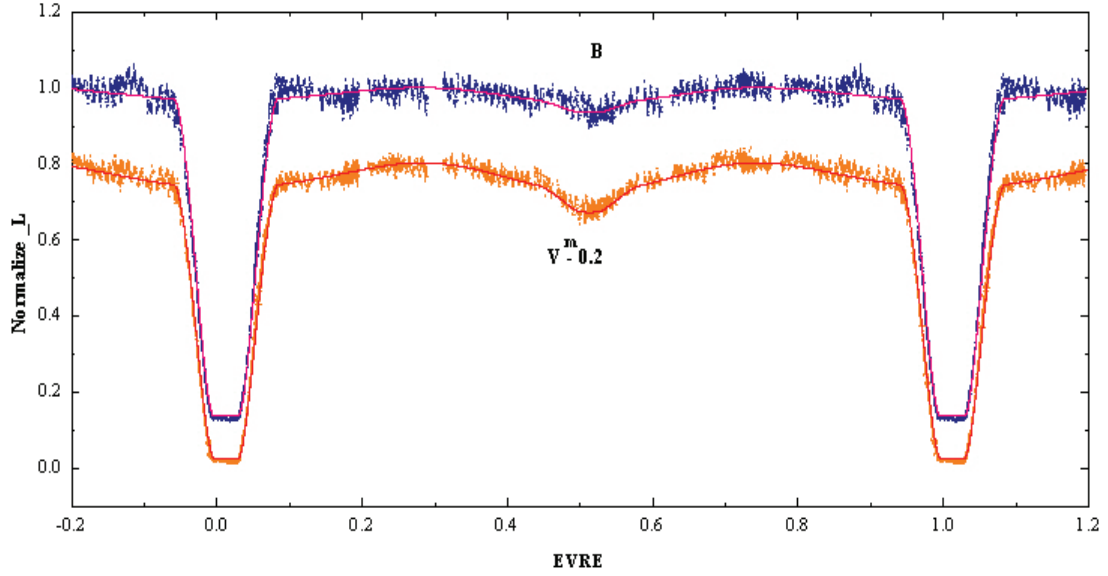
3. Işık Eğrisi Modellenmesi

SX Dra'nın kuramsal ışık eğrileri, Wilson ve Devinney (2003) bilgisayar yazılımının 2005 sürümüyle yarı-ayrık mod (MOD 5) kullanılarak hesaplandı. Sistemin literatürde yarı-ayrık olduğu Svechnikov ve Kuznetsova (1990) ve Malkov ve ark., (2006)'nın yaptığı katalog çalışmasında verilmiştir. Bu çalışmada SX Dra'nın ışık eğrisi modellenmesinde, sistem hem ayırık hem de yarı-ayrık yaklaşım altında çözümlendi. Sistemin bileşenlerinin potansiyel değerlerine göre; SX Dra yarı-ayrık olduğuna karar verilerek, ışık eğrisi çözümü yapıldı.

Çözümde B ve V filtrelerinde, sırasıyla, 7077 ve 6810 veri noktası kullanıldı. Çözüm sırasında bazı parametreler sabit, bazıları da ayarlanabilir parametre olarak kabul edildi. Baş bileşenin sıcaklığı, A7 tayf türüne karşılık 7762 K olarak alındı (Popper, 1980). Bolometrik albedolar ($A_{1,2}$) radyatif atmosferler (baş bileşen) için 1,0 ve konvektif atmosferler (yoldaş bileşen) için 0,5 olarak Rucinski (1969)'den seçildi. Kenar kararma katsayıları ($g_{1,2}$) radyatif atmosferler için 1,0 olarak von Zeipel (1924)'den ve konvektif atmosferler için 0,32 olarak Lucy (1967)'den alındı. Bu parametreler çözüm süresince, sabit parametre olarak kabul edildi. Sisteme olası bir üçüncü cisim ($l_3 = 0$) ışık katkısının olup olmadığını denetlemek için, çözüm süresince l_3 serbest parametre olarak kabul edildi. Diğer serbest parametreler: yörünge eğikliği (i), ikinci bileşenin yüzey sıcaklığı (T_2), baş bileşenin potansiyel değeri (Ω_1), evre kayması (Φ), kütle oranı (q) ve baş bileşenin ışımasıdır (L_1). Seçilen serbest parametrelerin hata değerleri, parametrelerin düzeltme değerlerinden daha büyük olana kadar çözüme devam edildi.

Işık eğrisi çözümünden sistemin kütle oranı değerleri, 0,379 (B) and 0,373 (V) olarak hesaplandı. Sistemin toplam ışığına, olası görülmeyen bir üçüncü cismin %5 (B) ve %3 (V)'lük katkı yaptığı bulundu.

Çözüm sonucunda elde edilen, sistem ve bileşen parametreleri Tablo 2'de ve bu parametre değerlerine göre çizilen kuramsal eğrilerle gözlem noktalarının uyumu Şekil 2'de verilmektedir.



Şekil 2. SX Dra'nın W-D çözümünden elde edilen kuramsal eğrilerle, gözlem noktalarının uyumu.

Tablo 2. SX Dra'nın W-D çözümünden elde edilen sistem ve bileşen parametreleri.

| Parametre | B | V |
|-----------------------|--------------|------------|
| i (°) | 85,160 (135) | 85,304 |
| T_1 (K) | 7762 | 7762 |
| T_2 (K) | 4583 (200) | 4638 (200) |
| Ω_1 | 7,1535 | 7,0649 |
| Ω_2 | 2,6349 | 2,6231 |
| Evre Kayması | +0,0124 (1) | +0,0126 |
| q | 0,380 | 0,373 |
| e | 0,0 | 0,0 |
| x_1 | 0,772 | 0,772 |
| x_2 | 0,852 | 0,852 |
| g_1 | 1,0 | 1,0 |
| g_2 | 0,32 | 0,32 |
| $L_1 / (L_1+L_2+L_3)$ | 0,838 | 0,726 |
| $L_2 / (L_1+L_2+L_3)$ | 0,114 | 0,242 |
| $L_3 / (L_1+L_2+L_3)$ | 0,048 | 0,032 |
| r_{1ort} | 0,1471 (9) | 0,1498 (6) |
| r_{2ort} | 0,2971 (7) | 0,2954 (6) |

4. Frekans Analizi

SX Dra'nın baş bileşeninin zonklama özelliklerini ortaya koymak için, elde edilen kuramsal eğrilerden her bir gözlem noktasının farkı alınarak, SX Dra'nın çift olmasından kaynaklanan yansıma ve basıklık etkilerinden sistem arındırılmış oldu. Duyarlı frekans analizi yapmak üzere, Min I evresinde görülen veriler de, ışık eğrisinden çıkarıldı. Geriye

kalan veriye PERIOD 04 (Lenz ve Breger, 2005) programı uygulanarak yapılan frekans analiziyle, SX Dra'nın baş bileşenine ilişkin zonklama doğası ortaya kondu.

Frekans analizi sonuçlarına göre; SX Dra'nın sıcak bileşeni baskın frekans değeri, 22,7423 c/d ve ikinci frekans değeri 19,6346 c/d olan iki modla zonklama göstermektedir. İki frekans değeri de, Breger ve ark. (1993)'nin ortaya koyduğu $S/N \geq 4$ kriterine göre, duyarlılık sınırının üzerinde kaldığından anlamlıdır. İkinci frekans değeri arındırıldıktan sonra, elde edilen üçüncü frekans değeri, duyarlılık sınırının altında kaldığından dolayı anlamlı değildir. Toplam zonklama genliği, B ve V süzgeçleri için, sırasıyla $0^m,05$ ve $0^m,038$ 'dir.

Frekans analizinden bulunan sonuçlar Tablo 3'de, bu sonuçları kullanarak çizilen, tayfsal pencere, baskın ve ikinci frekansa ilişkin güç tayfı ve duyarlılık sınırı, Şekil 3 a, b ve c'de verilmektedir. Şekil 3 b ve c'de çizilen duyarlılık sınırı (sürekli çizgi), Kuschnig ve ark. (1997)'nin verdiği değerlere göre, %99 güvenilirlik sınırı içerisinde bulunmaktadır.

Dimitrov ve ark. (2010), baskın frekans değerini 22-24 c/d aralığında belirlediler. Buldukları bu değer, 22,7423 c/d'lik baskın frekans değerimizle uyumludur.

Zonklama sabiti, Petersen ve Jorgensen (1972) tarafından verilen Eşitlik 1'e göre hesaplandı.

$$\log Q = -6,454 + \log P + 0,5 \log g + 0,1 M_{bol} + \log T_{eff} \quad (1)$$

Burada; P zonklama dönemi, $\log g$ yüzey çekim ivmesi, M_{bol} bolometrik parlaklık ve T_e etkin sıcaklık parametrelerine karşılık gelir. Zonklayan bileşenin M_{bol} bolometrik parlaklık değeri, $1^m,35$ olarak Svechnikov ve Kuznetsova (1990)'dan ve T_e etkin sıcaklık değeri de, 7762 K olarak Popper (1980)'den alındı. Eşitlik 1'de yer alan, $\log g$ yüzey çekim ivmesi, Straizys ve Kuriliene (1981) tarafından verilen Eşitlik 2'ye göre hesaplandı.

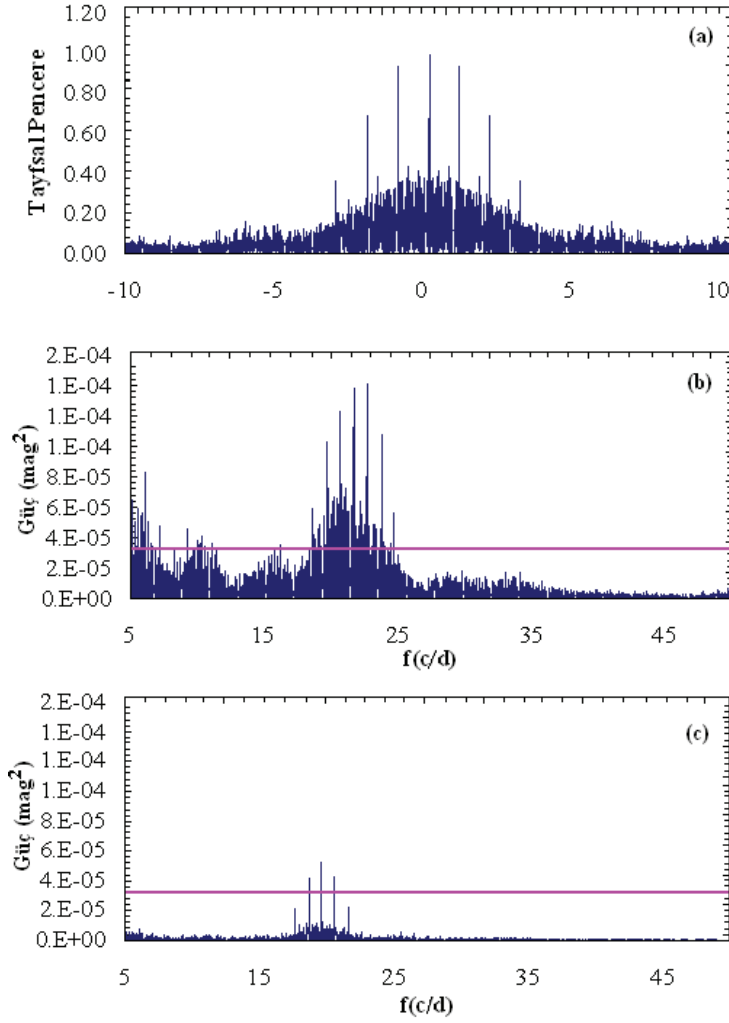
$$\log g = \log M + 4 \log T_{eff} + 0,4 M_{bol} - 12,49 \quad (2)$$

Kütle değeri, $1,75 M_{\odot}$ olarak, Svechnikov ve Kuznetsova (1990)'dan alınarak, baş bileşenin $\log g$ değeri 3,95 olarak bulundu. Zonklama sabiti $\log Q$ 22,7423 c/d (f_1) and 19,6346 c/d (f_2)'lik frekans değerine karşılık $0,016 \pm 0,0032$ ve $0,019 \pm 0,004$ olarak hesaplandı.

Baş bileşenin küresel harmonik derecesi l , FAMIAS (Zima, 2008) programı kullanılarak baskın frekans değeri için; 3 ve ikinci frekans değeri için 1 veya 2 olabileceği hesaplandı. Bulunan küresel harmonik derece l ve zonklama sabiti $\log Q$ değerine göre, SX Dra'nın baş bileşeni çapsal olmayan (non radial) zonklama göstermektedir.

Tablo 3. SX Dra'nın baş bileşeninin zonklama özellikleri

| Süzgeç | Frekans (c/d) | Yarı-genlik (kadir) | Evre (rad) | Sinyal/Gürültü oranı (S/N) |
|----------|---------------------------------|---------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| B | $f_1 = 22,7423$ $\pm 0,0001$ | $A_1 = 0,0173 \pm 0,0004$ | $\varphi_1 = 0,0539 \pm 0,0036$ | 24,1 12,6 |
| | | $A_2 = 0,0095 \pm 0,0004$ | $\varphi_2 = 0,0824 \pm 0,0064$ | |
| V | $f_2 = 19,6346$ $\pm 0,0001$ | $A_1 = 0,0118 \pm 0,0003$ | $\varphi_1 = 0,0618 \pm 0,0037$ | 20,1 12,9 |
| | | $A_2 = 0,0072 \pm 0,0003$ | $\varphi_2 = 0,0929 \pm 0,0060$ | |



Şekil 3. SX Dra'nın sıcak bileşeni için; a) Tayfsal pencere b) Birinci baskın moda ilişkin güç tayfi ve duyarlık sınırı (sürekli çizgi) c) Birinci baskın moda ilişkin frekans çıkarıldıktan sonra geriye kalan güç tayfi ve duyarlık sınırı (sürekli çizgi).

5. Tartışma ve Sonuç

Hertzprung-Russell diyagramında kararsızlık kuşağı bölgesinin alt kısmında yer alan, Delta Scuti yıldızlarının gözlemsel zonklama özellikleri kuramsal modellerle test edilerek, zonklayan yıldızın içyapısı hakkında bilgi sahibi olmamıza olanak sağlar. Yoldaş bileşenin zonklayan sıcak bileşen üzerine etkisi, son yıllarda önemli konular arasında yer almaktadır. Yoldaş bileşenin Roche lobunu doldurması sonucunda baş bileşen üzerine yaptığı kütle aktarımı, zonklama genliği ve dönemini değiştirebilir (Soydugan ve ark., 2003). Zonklama genliğindeki değişime göre, kütle aktarım miktarı belirlenebilir.

Işık eğrisi modellenmesinden; SX Dra'nın yarı-ayrık çift sistem olduğu belirlenmiştir. Literatürde, ışık eğrisi modellenmesi, frekans analizi ve mod belirleme ilk defa bu çalışma sonucunda yapılmıştır. SX Dra'nın kütle oranı değerleri 0.379 (B) and 0.373 (V) olarak hesaplandı. Sistemin toplam ışığına, üçüncü bir cismin % 5 (B) ve % 3 (V)'lük katkı yaptığı bulundu. Yörünge eğikliği, 85° olmasına rağmen; bileşenlerin kesirsel yarıçaplarına bağlı olarak, sistem tam tutulma göstermektedir.

Frekans analizi sonuçlarından, zonklayan sıcak bileşen 22.7423 c/d ve 19.6346 c/d'lik iki frekans değeri ile Delta Scuti türü değişim göstermektedir. Toplam zonklama genliği, B ve V süzgeçleri için, sırasıyla $0^m.05$ ve $0^m.038$ 'dir. Hesaplanan küresel harmonik

derece l , baskın frekans değeri için; 3 ve ikinci frekans değeri için 1 veya 2 olabilir. Zonklama sabiti, $\log Q$ 22.7423 c/d (f_1) and 19.6346 c/d (f_2)'lik frekans değerine karşılık $0,016 \pm 0.0032$ ve $0,019 \pm 0.004$ olarak bulundu. Bulunan sonuçlara göre, SX Dra'nın baş bileşeni iki modla çapsal olmayan zonklama göstermektedir. SX Dra'nın hem çift olması hem de sıcak bileşeninin Delta Scuti türü değişim göstermesi bu sistemi önemli yapmaktadır. Sistemin bileşenlerinin salt parametrelerinin elde edilmesi için de, duyarlı fotometrik veriye gereksinim vardır.

Teşekkür

Bu çalışma Yasemin Kaçar'ın doktora tezinin bir parçasıdır ve 106T634 Tübitak projesi tarafından desteklenmiştir.

6. Kaynaklar

- ▲ Breger m., Stich J., Garrido R., Martin B., Jiang S.Y., Li Z. P., Hube D. P., Ostermann W., Paparo M. Ve Scheck M., 1993. Nonradial Pulsation of the Delta-Scuti Star Bu-Cancri in the Praesepe Cluster. *Astronomy and Astrophysics*, 271 (2): 482-486.
- ▲ Dimitrov D., Kraicheva Z., Popov V. ve Genkov V., 2010. Short-Period Oscillations in the Algol-type Systems V: SX Draconis. *Information Bulletin on Variable Stars*, 5925: 1.
- ▲ Etzel P.B. ve Olson E.C., 1993. New Rotational Velocities for Eclipsing Binaries, and A Comparison of Spectroscopic and Photometric Rotations. *Astronomical Journal* 106 (3): 1200-1205.
- ▲ Joachim H., 2007. Photoelectric Minima of Selected Eclipsing Binaries and Maxima of Pulsating Stars. *Information Bulletin on Variable Stars*, 5802, 1.
- ▲ Kuschnig R., Weiss W. W., Zwintz K., 1997. Microvariability survey with the Hubble Space Telescope Fine Guidance Sensors. Exploring the instrumental properties. *Astronomy and Astrophysics*, 328,544-550.
- ▲ Lucy L.B., 1967. Gravity-Darkening for Stars with Convective Envelopes. *Zeitschrift für Astrophysik*: 89-92.
- ▲ Malkov O. Yu., Oblak, E., Snegireva E. A., Torra J., 2006. A catalogue of eclipsing variables. *Astronomy and Astrophysics*, 446 (2):785-789.
- ▲ Petersen J.O., Jørgensen H.E., 1972. Pulsation of models in the lower part of the cepheid instability strip and properties of AI Velorum and delta Scuti stars. *Astronomy and Astrophysics*, 17: 367 – 377.
- ▲ Popper D.M., 1980. Stellar Masses. *In: Annual review of astronomy and astrophysics*, 18: 115-164.
- ▲ Qian S., 2002. Period Changes in Four Algol-Type Binaries: SX Dra, AV Del, CU Peg and DK Peg. *Astrophysics and Space Science*, 282 (2): 399-409.
- ▲ 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: 245-255.
- ▲ Svechnikov, M. A., 1990. Investigation of statistical data for close binary stars. *Issledovanie ehffektov vzaimodejstviya tesnykh dvojnnykh sistemakh s nerelyativistskimi komponentami*, 26 – 90.
- ▲ Soydugan, E., Demircan, O., Akan, M. C., Soydugan, F., 2003. A Binary Star with a δ Scuti Component: AB Cassiopeiae. *The Astronomical Journal*, 126 (4): 1933-1938.

- ♣ Svechnikov M. A., Kuznetsova E. F., 1990. Katalog priblizhennykh fotometricheskikh i absoliutnykh elementov zاتمennykh peremennykh zvezd. *Sverdlovsk : Izd-vo Ural'skogo universiteta, 1990.*
- ♣ Straizys, V.; Kuriliene, G. 1981. Fundamental stellar parameters derived from the evolutionary tracks. *Astrophysics and Space Science, 80 (2): 353-368.*
- ♣ Wozniak, P. R. Vestrand, W. T.; Akerlof, C. W.; Balsano, R.; Bloch, J.; Casperson, D.; Fletcher, S.; Gisler, G.; Kehoe, R.; Kinemuchi, K.; Lee B. C., Marshall S., McGowan K. E., McKay T. A., Rykoff E. S., Smith D. A., SzymansVizieR On-line Data Catalog: II/287. Originally published in: 2004AJ....127.2436Wki J., Wren J., 2004. Northern Sky Variability Survey (Wozniak+, 2004)i.
- ♣ Zima W., 2008. Spectroscopic Observations for Asteroseismology. *Journal of Physics: Conference Series, 118 (1): 012014.*