

# Zonklayan Çift Sistemler

Esin Soyduğan<sup>1\*</sup>,

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

## Özet

Bu çalışmada zonklayan bileşenli çift sistemlerde yapılan zonklama çalışmalarının bilime kazandırdıkları ve çift sistemlerde zonklama çalışmalarının neden önemli olduğu üzerinde durulmuştur. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Gözlemevi'nde sıcak bileşeninde ilk defa  $\delta$  Scuti türü ışık değişimi belirlenen bir örten çift sistem IO UMA'nın sıcak bileşenin zonklama doğasını ortaya koymak için zonklayan bileşenin zonklama parametreleri, frekans ve mod değerleri belirlenmiştir. Örnek sistem IO UMA'nın sıcak zonklayan bileşeninin dört frekans değeriyle zonklama yaptığı ve genlik oranları ve evre farklarına göre belirlenen / değerine göre çapsal olmayan zonklama gösterdiği bulunmuştur. Yer tabanlı yapılan gözlemler sonucunda elde edilen zonklama parametreleriyle, uydu verileriyle elde edilen zonklama parametrelerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Kepler uydusunun zonklama çalışmalarına katkıları üzerinde de durulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** (stars:) binaries: eclipsing, İkili Yıldızlar

## 1 Giriş

Yüzey katmanları düzenli olarak büzülüp, genişleyen yıldızlar "zonklayan değişen yıldızlar" olarak adlandırılırlar. Zonklama gösteren değişen yıldızlar, zonklayan yıldızın veya bileşenin zonklama parametrelerinin belirlenmesine ve yıldızın iç kısımları hakkında bilgi sahibi olabilmemize olanak sağlarlar.

Hertzprung-Russell (H-R) diyagramında yer alan "Kararsızlık kuşağı" içerisinde  $\delta$  Cephei değişenleri, W Virginis değişenleri, RR Lyrae değişenleri ve  $\delta$  Scuti değişenleri bulunmaktadır. Bu dört tür değişen yıldızın içerisinde bulunan  $\delta$  Scutiler en küçük genlikli ve en küçük dönemli zonklayan yıldız grubu arasında yerini alır. Bu küçük zonklama genliği ve dönemi,  $\delta$  Scuti türü değişenlerin diğer zonklayan yıldızlardan daha sonra çalışılmasına neden olmuştur.

Kararsızlık kuşağının içerisindeki ve hatta kuşağın dışarısındaki zonklayan değişenlerin tümünde Güneş benzeri zonklayanlar hariç, zonklama mekanizması yıldızın zarfında kritik bir derinlikte yer alan H, He veya ilgili elementin iyonlaşma bölgeleridir. Mekanizma "Kappa kurgusudur" (Houdek ve diğ. 1999). Zonklayan yıldızlar bu mekanizma ile zonklamalarını sönmülmenden sürdürebilirler.

Zonklayan değişenlerin bazıları, yıldızın küresel yapısını koruduğu çapsal (radial) veya küresel yapısını koruyamadığı, yıldız yüzeyinde yer alan komşu bölgelerin birbirlerine göre zıt evrede hareket ettiği çapsal olmayan (non-radial) değişimler gösterirler.  $\delta$  Scuti yıldızları genellikle, düşük dereceli çapsal ve çapsal olmayan basınç ve çekim modlarıyla zonklama gösterirler (Breger 1979; Stobie ve Shobrook 1976; Millis 1973).

Konvektif çekirdekteki ve kabuktaki hidrojen yanması  $\delta$  Scuti yıldızlarında CNO çevrimi ile sağlanmaktadır (Guzik 2000). Güneş'te hidrojen yanması p-p çevrimi ile olur.  $\delta$  Scuti yıldızları üzerine yapılan çalışmalarla, Güneş ve daha büyük kütleli yıldızlarla ayrıca evrimleşmiş yıldızlar hakkında önemli bilgiler elde edilir.

$\delta$  Scuti türü yıldızlar üzerine ilk çalışmalar 1970'li yıllardan sonra başlamıştır. Gözlem duyarlılığındaki artış, bu çalışmaların hızlanmasına neden olmuştur.  $\delta$  Scuti değişenleri için düzenli araştırmalar, Breger (1969), Millis (1967) ve Joergensen ve diğ.

(1999) tarafından yapılmıştır. Örten çift sistemlerdeki  $\delta$  Scuti türü değişim gösteren bileşenlerin belirlenmesi 1970'li yıllarda (Tempesti 1971; Broglia ve Marin 1974; McInally ve Austin 1977; Joergensen ve Gronbeck 1978) başlamıştır. Çift sistemlerde 1970'lerde başlayan zonklama çalışmaları gerçek anlamda 2000'li yıllardan sonra hız kazanmıştır. 2001 yılına kadar bilinen zonklayan bileşenli çift sistemlerin sayısı yalnızca dokuzdu (Rodriguez ve Breger 2001). Soyduğan ve diğ. (2006a) tarafından yapılan çalışmada bu sayının yirmi beşe ulaştığı bildirilmiştir. Sumter ve Beaky (2007), Turcu ve diğ. (2008) ve Soyduğan ve diğ. (2009) tarafından yapılan çalışmalarla Soyduğan ve diğ. (2011) bu sayının kırk dörde ulaştığını söylediler. Bugün bu sayı, altmışa kadar ulaşmıştır Soyduğan ve diğ. (2015).

Bu çalışmada, zonklayan  $\delta$  Scuti bileşenli çift sistemlerin önemi ve çift olmanın zonklayan bileşenin zonklamasına etkisi, yer tabanlı veriler kullanılarak zonklama çalışmalarının uygulandığı örnek çift sistem IO UMA'da zonklama doğasının incelenmesi, Kepler uydusu gözlemlerinin zonklama çalışmalarına kazandırdıkları ve son kısımda tartışma ve sonuçlar yer alacaktır.

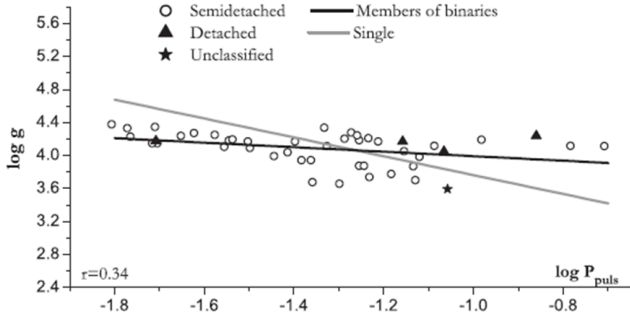
## 2 Zonklayan $\delta$ Scuti Bileşenli Çift Sistemler

$\delta$  Scuti yıldızları anakol veya anakoldan ayrılmış, III-V ısıtma sınıfı aralığında kütleleri 1.4 and  $3M_{\odot}$  arasında olan zonklayan değişen yıldız grubudur. Dönemleri 20 dakika ile 6 saat aralığındadır (Breger ve diğ. 2005). Işık değişim genlikleri 1 kaddirden küçüktür ve ortalama olarak 0.02 kadirdir. Dikine hız genliklerindeki değişimde 10 km/s dolayındadır.

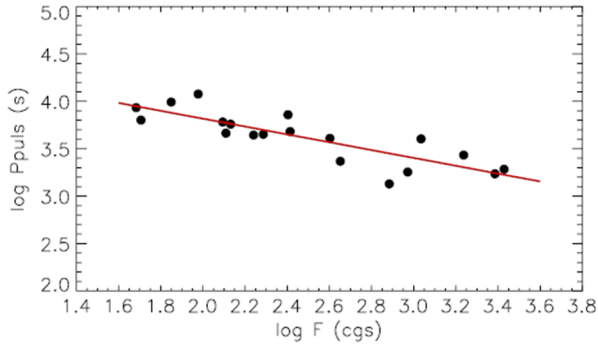
Hem tek  $\delta$  Scuti değişenleri hem de çift sistemlerdeki zonklayan  $\delta$  Scuti bileşenleri aynı zonklama karakteristikleri gösterdikleri halde farklı evrimsel sürece sahiptirler. Şekil 1'den görüldüğü gibi, düşey ekseninde yer alan çekim kararlılığı değerlerine göre çift sistemlerdeki zonklayan bileşenler anakolda iken tek  $\delta$  Scuti türü zonklama gösteren değişenlerin bazıları anakolda bazıları ise daha ileri evrim durumunda bulunurlar (Liakos ve diğ. 2012).

Bir çift sistemdeki yoldaş bileşen zonklayan bileşeni etkileyebilir. Klasik Algoller'de zonklayan bileşen üzerine yoldaş bileşenin uyguladığı kütle transferi, kütle toplanması ve çekimsel kuvvet gibi olası etkiler zonklayan bileşenin zonklama dönemini, genliğini ve modlarını etkileyebilir. Bu tür etkiler için olası en güzel örneklerden birisi RZ Cas'tır. RZ Cas da yoldaş

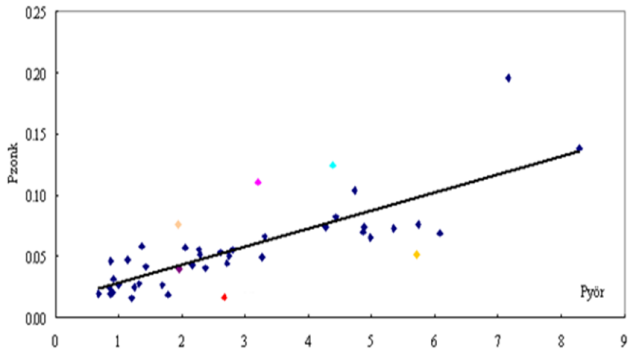
\* esoydugan@comu.edu.tr



**Şekil 1.** Ayırık ve yarı-ayırık sistemlerdeki zonklayan bileşenlerin ve tek zonklayan değişenlerin çekim kararına değerlerine karşılık zonklama dönemleri (Liakos ve ark., 2012).



**Şekil 2.** Zonklayan bileşene uygulanan çekim kuvvetiyle zonklama dönemi arasındaki ilişki.



**Şekil 3.** Zonklayan bileşene uygulanan çekim kuvvetiyle zonklama dönemi arasındaki ilişki.

bileşen Roche lobunu doldurmuş, hızlı kütle aktarımı yapmaktadır. Zonklayan bileşen üzerine gerçekleşen bu hızlı kütle aktarımı, zonklama genliğinde yıldan yıla değişime neden olabilir (Rodriguez ve diğ. 2004; Soyduğan ve diğ. 2006b). Algol türü çift sistemlerdeki kütle aktarımının zonklama genliğini değiştirebileceği fikri ilk defa Soyduğan ve diğ. (2003) tarafından ortaya konmuştur.

Soyduğan ve diğ. (2006a) yoldaş bileşenin zonklayan bileşenin bir gramlık yüzeyine uyguladığı çekim kuvvetinin bileşenin zonklama dönemiyle ilişkisini irdemiştir. Zonklama-

yan bileşen zonklayan bileşene ne kadar büyük çekim kuvveti uygularsa zonklamasının daha fazla etkileneceğini ve daha kısa zonklama dönemine sahip olacağını mutlak parametreleri bilinen sekiz sistem için göstermiştir. Soyduğan ve Kaçar (2013) tarafından bu korelasyon mutlak parametreleri bilinen on dokuz sistem için yeniden düzenlenmiştir. 2006 yılındaki korelasyon bir kez daha doğrulanmıştır (bkz. Şekil 2). Zonklama dönemiyle çekim kuvveti arasındaki ilişkiyi gösteren korelasyon Eşitlik 1'de verilmektedir.

$$\log P_{zonk} = -0.40(6) \times \log F + 4.63(0.40) \quad (1)$$

Soyduğan ve diğ. (2006a) tarafından yapılan çalışmada, zonklama dönemiyle çiftin yörünge dönemi arasındaki korelasyona da bakılmıştır. Çift daha büyük yörünge dönemine sahipse, bileşenler arasındaki uzaklık daha büyük olacak ve zonklayan bileşenin bir gramlık yüzeyine uygulanan çekim kuvveti daha küçük olacak ve dolayısıyla da zonklayan bileşenin zonklamasının daha az tedirgin olması beklenecektir. Şekil 3'ten görüldüğü gibi, çiftin yörünge dönemi büyükse zonklama dönemi de büyük olacaktır. Yörünge dönemi ile zonklama dönemi arasındaki korelasyon da Eşitlik 2'de verilmiştir.

$$P_{zonk} = 0.01462(2) \times P_{yör} + 0.0141(8) \quad (2)$$

Elde edilen bu iki korelasyona göre, çiftin yörünge dönemi biliniyorsa zonklama dönemine geçilebilir ve zonklayan bileşen üzerine ne kadar çekimsel kuvvet uyguladığı belirlenebilir. Örtün çiftlerde çalışılmasının bir diğer yararı, MinI tutulma sırasında çapsal olmayan geometrik uzaysal filtrelemeyi kullanarak zonklama modları belirlenebilir (Gamarova ve diğ. 2003; Rodriguez ve diğ. 2004). Tutulma geometrisi ve zonklama kuantum sayılarına  $(l, m, n)$  bağlı olarak zonklama genliğinde ve evresinde değişimler meydana gelir.

Örtün çiftlerde çalışılmasının diğer avantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir. Zonklayan yıldızlardaki mod yarılmaları, diferansiyel dönme hakkında bize bilgi verebilir (Rodriguez ve diğ. 2010). Roche lobunu doldurma faktörüyle zonklama dönemi irdelenebilir. Belirlenen kütle değeri kullanılarak yıldızın zonklama frekansı dağılımlarından farklı  $n$  değerleri için yaş belirlenebilir (Hoffman 2009).

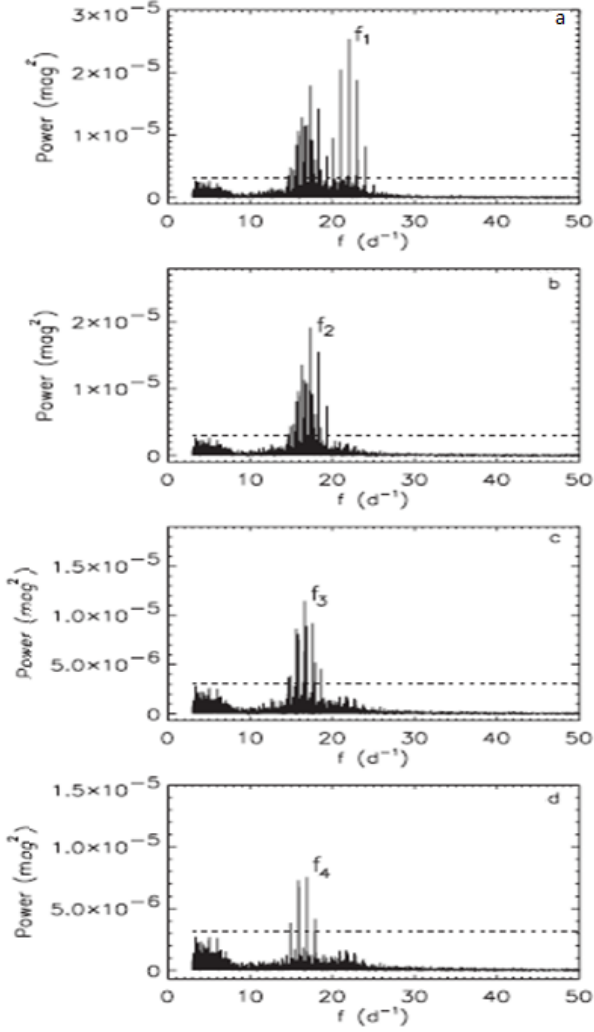
### 3 Örnek Bir Uygulama: IO UMa

#### 3.1 Tarihçe

IO Ursa Majoris (IO UMa) (HD 115268, HIP 64636) Hipparcos uydusu tarafından keşfedilmiş, Algol türü olarak sınıflanmış, 5.52 gün yörünge dönemli bir çift sistemdir (ESA 1997). Soyduğan ve diğ. (2006c) tarafından hazırlanan  $\delta$  Scuti bileşenli zonklayan yıldızlar kataloğunda, baş bileşenin tayf türü A3 olduğu ve H-R diyagramında kararsızlık kuşağının teorik sınırları arasında kaldığı için bu sistem  $\delta$  Scuti türü zonklamaya aday sistem olarak gösterilmiştir. Literatürde çalışılmamış bir sistemken, bu sistemin sıcak bileşeninde ilk defa  $\delta$  Scuti türü ışık değişimi Soyduğan ve Kaçar (2013) tarafından belirlenmiştir. İlk ayrıntılı tayfsal ve fotometrik çalışması da Soyduğan ve Kaçar (2013) tarafından yapılmıştır.

#### 3.2 Fotometrik ve Tayfsal Gözlemler

Fotometrik gözlemler Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Gözlemevi'nde 30 cm'lik Schmidt-Cassegrain teleskopla 40 gece ve Atina Üniversitesi Gerostathopoulion Gözlemevi'nde 40 cm'lik Cassegrain teleskopla 44 gece olarak 2010-2011 gözlem sezonunda gözlemlendi.



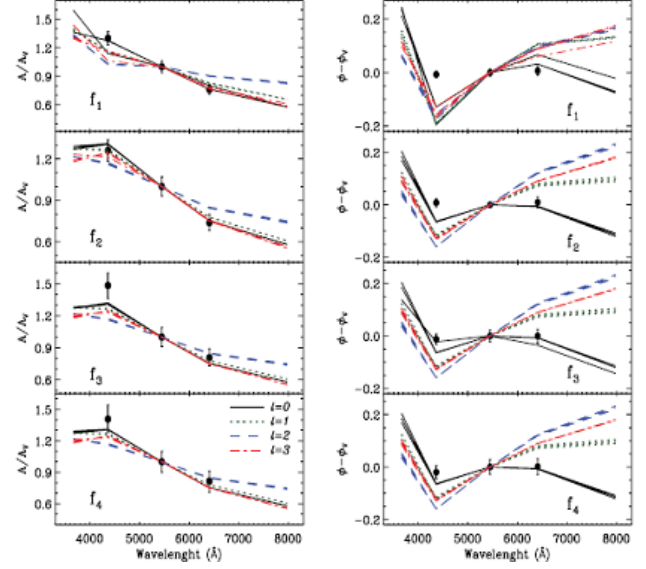
Şekil 4. Frekans değerleri için güç tayfı (power spektrum) ve duyarlılık sınırları.

Tayfsal gözlemler Catania Astrofizik Gözleminde 91 cm'lik Cassegrain teleskopa takılı FRESCO echelle tayfçeki ile 2004 yılında 18 tayf ve 2008 yılında 26 tayf elde edildi. Ayrıca tayfsal veri için ELODIA veri tabanında yer alan veriler de kullanıldı.

### 3.3 Frekans Analizi ve Mod Belirleme

Sistemin sıcak bileşenin zonklama doğasını ortaya çıkarabilmek için Fourier dönüşüm yöntemine dayanan PERIOD04 programı (Lenz ve Breger, 2005) kullanılarak frekans analizi gerçekleştirildi. Çok duyarlı frekans analizi yapabilmek için tutulmanın görüldüğü 0.94 ve 1.0 evre arasındaki veriler kullanılmadı. Şekil 4'te verilen periodogram, Breger ve diğ. (1993) nin koyduğu  $S/N \geq 4$  kriterine göre duyarlılık sınırının üzerinde kalan dört anlamlı frekans değerini gösterir.  $f_1 = 22.0153 d^{-1}$  (65.4 dakika),  $f_2 = 17.3055 d^{-1}$  (83 dakika),  $f_3 = 16.5979 d^{-1}$  (86.8 dakika),  $f_4 = 16.8815 d^{-1}$  (85.3 dakika). Toplam zonklama genliği B, V, ve R filtreleri için sırasıyla 0.04, 0.03 ve 0.023 kadirdir.

Zonklayan yıldızlar hakkında elde edilen en önemli bilgilerden birisi de mod belirlenmesiyle olur. Zonklama frekans-



Şekil 5. Belirlenen frekanslar için kuramsal modellerle gözlemsel genlik oranları (sol paneller) ve evre farklılıklarının (sağ paneller) karşılaştırılması.

larıyla ilişkili küresel harmonik derece ( $l$ ) ve azimutal mertebeye ( $m$ ) mod belirleme yöntemiyle belirlenebilir. Bu çalışmada, IO UMa'nın zonklayan sıcak bileşenine ilişkin  $l$  değerleri FAMIAS programı (Zima 2008) ile hesaplandı. Dalgaboyuna karşılık genlik oranları ve evre farklarına göre, frekans değerlerine karşılık gelen mod değerleri hem  $f_1$  hem de  $f_2$  frekans değeri için  $l = 1$  ve  $m = \pm 1$  olarak hesaplandı.  $f_3$  ve  $f_4$  frekans değerleri için genlik ve evre farklılıklarının büyük hata barları nedeniyle  $l$  değerleri doğru olarak belirlenemedi. Şekil 5'te genlik oranları ve evre farkları değerleri gösterilmektedir.

## 4 Kepler Uydu Gözlemleri

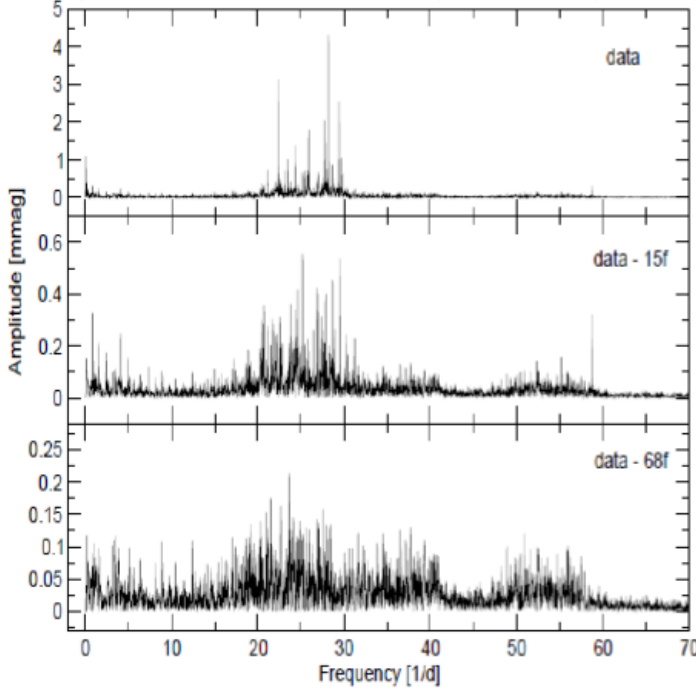
Kepler uydusu transit yöntemiyle güneş benzeri yıldızlar etrafında Dünya benzeri gezegenleri keşfetmek için 2009'da görevlendirildi (Koch ve diğ. 2010). Özellikle yıldız sismolojisine önemli katkılar sağladı.

Çift sistemlerdeki  $\delta$  Scuti bileşenlerinde bugüne kadar belirlenen maksimum frekans sayısı sekizdir (Rodriguez ve ark., 2010). Soutworth ve diğ. (2011) tarafından KIC 10661783 çift sisteminin zonklayan bileşende altmış sekiz tane frekans değeri elde edilmiştir. Kahraman ve Soyduğan (2014) tarafından yapılan bir çalışmada KIC 10486425 çift sisteminde 120 anlamlı frekans değeri elde edilmiştir. Uydu verileriyle anlamlı frekans değerlerinin artmaya başlamasıyla daha yeni korelasyonların elde edilebileceği ve yıldızların iç yapısı hakkında bilgi sahibi olunabileceği umulmaktadır.

## 5 Sonuçlar

Yarı ayrıklı çift sistemlerdeki zonklayan  $\delta$  Scuti bileşenlerinin (baş bileşen) büyük bir kısmı 2.0-2.5  $M_{\odot}$  arasındadır. Yarıçaplarının yaklaşık %68'i 1.5-2.5  $R_{\odot}$  ve ısıtılmaları maksimum 10-20  $L_{\odot}$  arasında dağılım gösterir.

Ayrıklı sistemlerde zonklayan bileşenleri bulmak, yarı ayrıklı sistemlerdeki göre daha zordur. Her iki bileşende kararsızlık kuşağı içerisinde yer alabileceğinden, bileşenlerin ışınlarının birbirlerine yakın olması nedeniyle zonklamaların



Designation	Frequency (d <sup>-1</sup> )	Amplitude (mmag)	Phase (rad)	S/N
$f_1$	28.135	4.163 (8)	2.114 (2)	98.7
$f_2$	22.341	3.114 (8)	1.351 (3)	64.4
$f_3$	29.383	2.396 (8)	1.306 (4)	59.2
$f_4$	25.902	1.745 (8)	2.906 (5)	32.7
$f_5$	27.810	1.716 (8)	1.899 (5)	39.2
$f_6$	24.408	1.366 (8)	1.156 (7)	26.7
$f_7$	0.0166	1.157 (8)	1.108 (23)	31.5
$f_8$	29.759	1.022 (8)	2.901 (8)	27.0
$f_9$	23.462	0.972 (8)	1.465 (9)	19.5
$f_{10}$	28.622	0.839 (8)	1.143 (10)	18.8
$f_{11}$	21.078	0.754 (8)	2.591 (11)	16.4
$f_{12}$	25.433	0.656 (8)	2.155 (13)	12.6
-	-	-	-	-
$f_{57}$	28/88	0.181 (8)	1.411 (48)	4.0
$f_{58}$	30.403	0.158 (8)	1.630 (53)	4.3
$f_{59} = f_1 + f_{14}$	55.189	0.154 (8)	2.162 (54)	4.8
$f_{60} = 6f_{orb}$	4.368	0.157 (8)	2.269 (53)	5.6
$f_{61}$	0.392	0.166 (8)	0.197 (55)	4.5
$f_{62}$	17.236	0.155 (8)	2.313 (54)	4.2
$f_{63} = f_4 + f_{58}$	52.395	0.151 (8)	2.590 (55)	4.0
$f_{64}$	31.159	0.152 (8)	2.085 (71)	4.0
$f_{65} = 9f_{orb}$	7.306	0.129 (8)	1.628 (64)	5.6
$f_{66}$	14.965	0.116 (8)	1.960 (72)	4.2
$f_{67}$	12.402	0.101 (8)	0.208 (77)	4.6
$f_{68} = 11f_{orb}$	8.353	0.108 (8)	1.533 (78)	3.7

**Şekil 6.** KIC 10661783 örten çift yıldız sisteminin sıcak bileşeninde belirlenen altmış sekiz anlamlı frekans değerleri (sağ panel) ve güç tayfları (sol panel).

hangi bileşenden kaynaklandığını belirlemek oldukça zor olacaktır. Yarı ayırık sistemlerde durum biraz daha kolay olup, toplam ışınımına büyük katkı sıcak bileşenden geleceği ve sadece bu bileşen kararsızlık kuşağı içerisinde kalacağı için zonklamayı belirlemek daha kolay olacaktır.

Zonklama dönemi ve çekim kuvveti arasındaki korelasyona göre, ikinci yıldızın zonklayan yıldızın yüzeyine uyguladığı çekim kuvveti arttıkça zonklama dönemi azalmaktadır. Uygulanan kuvvet zonklayan bileşenin zonklamasını tedirgin edecektir. Bu durum, zonklayan bileşenlerin tek  $\delta$  Scuti yıldızlarından neden daha kısa dönemlerle zonkladığını da açıklar. Zonklayan bileşenlerin %80'i 2 saatten daha kısa zonklama dönemlerine sahiptir. Tek  $\delta$  Scuti yıldızlarının zonklama dönemlerinin %68'i 1.2-3.6 saat arasında yer alır. Zonklama dönemi ve yörünge dönemi arasındaki korelasyona göre, yörünge dönemi arttıkça zonklama dönemi de artmaktadır. Zonklama dönemi yörünge döneminin yaklaşık %2 kadardır.

Zonklayan yıldızın Roche Lobunu doldurma faktörü arttıkça zonklama dönemi azalmaktadır. Yarı ayırık sistemlerde zonklayan bileşen üzerine, diğer bileşenden kaynaklanan kütle aktarımı zonklayan bileşenin zonklama parametrelerini, genliğini ve dönemini etkileyecektir. Yapılacak çalışmalarda, uydu gözlemlerinden elde edilen verilerin kullanılması bizi daha duyarlı sonuçlara götürecektir.

## Teşekkür

Bu araştırma 107T634 numaralı TÜBİTAK projesi ile desteklenmiştir.

## Kaynaklar

- Breger, M., 1969, AJ, 74, 166  
 Breger, M., 1979, PASP, 91, 5  
 Breger, M., Stich, J., Garrido, R., ve ark., 1993, A&A, 271, 482  
 Breger M., Lenz, P., Antoci, V., Guggenberger, E. ve ark., 2005, A&A, 435, 955  
 Broglia P. ve Marin F., 1974, A&A, 34, 89  
 ESA, 1997, Hipparcos and Tycho Catalogues. ESA, Noordwijk  
 Gamarova, A. Yu., Mkrtychian, D. E., Rodriguez, E. ve ark., 2003, ASPC, 292, 369  
 Guzik J. A., 2000, in Ibanoglu C., ed., NATOScience Series C, Mathematical and physical sciences, Vol. 544, Variable Stars as Essential Astrophysical Tools. Kluwer, Dordrecht, p. 213  
 Hoffman, D. I. 2009, PhD thesis  
 Houdek G., Balmforth N. J., Christensen-Dalsgaard J., Gough D. O., 1999, A&A, 351, 582  
 Joergensen H. E. ve Gronbech B., 1978, A&A, 66, 377  
 Joergensen, H. E., Johansen, K. T., Olsen, E. H., 1971, A&A, 12, 223  
 Kahraman, F. A. ve Soyduğan, E., 2014, IAUS, 301, 433  
 Koch, D. G., Borucki, W. J., Basri, G., ve ark., 2010, ApJ, 713, L79  
 Lenz, P., ve Breger, M. 2005, CoAst, 146, 53  
 Liakos, A., Niarchos, P., Soyduğan, E., ve Zasche, P., 2012, MNRAS, 422, 1250

- McInally C. J. ve Austin R. D., 1977, *Inf. Bull. Variable Stars*, 1334
- Millis, R. L., 1967, *PASP*, 79, 262
- Millis, R. L., 1973, *PASP*, 85, 410
- Rodriguez, E. ve Breger, M. 2001, *A&A*, 366, 178
- Rodriguez, E., Garcia, J. M., Mkrtichian, D. E. ve ark., 2004, *MNRAS*, 347, 1317
- Rodriguez, E., Garcia, J. M., Costa, V., Lampens, P. ve ark., 2010, *MNRAS*, 408, 2149
- Southworth, John, Zima, W., Aerts, C., ve diğ., 2011, *MNRAS*, 414, 2413
- Soydugan, E., Demircan, O., Akan, M.C., Soydugan, F., 2003, *AJ*, 126, 1933
- Soydugan, E., İbanoglu, C., Soydugan, F., Akan, M. C., & Demircan, O. 2006a, *MNRAS*, 366, 1289
- Soydugan, E., Soydugan, F., İbanolu, C., ve ark., 2006b, *AN*, 327, 905
- Soydugan, E., Soydugan, F., Demircan, O., & İbanoglu, C. 2006c, *MNRAS*, 370, 2013
- Soydugan, E., Soydugan, F., Şenyüz, T., ve ark., 2009, *IBVS*, 5902
- Soydugan, E., Soydugan, F., Şenyüz, T., Püsküllü, Ç., & Demircan, O. 2011, *NewA*, 16, 72
- Soydugan, E. ve Kaçar, Y., 2013, *AJ*, 145, 87
- Soydugan, E. ve diğ., 2015, hazırlık aşamasında
- Stobie, R. S. ve Shobbrook, R. R., 1976, 174, 401
- Sumter, G. C. ve Beaky, M. M., 2007, *IBVS*, 5798
- Tempesti P., 1971, *Inf. Bull. Variable Stars*, 596
- Turcu, V., Pop, A., ve Moldovan, D., 2008, *IBVS*, 5826
- Zima, W. 2008, *CoAst*, 155, 17

**Erişim:**

O14-1615: [UAK-2015 Program](#) — [UAK Bildiri](#) — [Turkish J.A&A](#).