

# HD199719 Yıldızının Çizgi Ortayı Analizi Yardımıyla Ötegezegen Araştırması

Didem Dilan İzci<sup>1</sup>\*, Mesut Yılmaz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ankara Üniversitesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, Ankara

## Özet

Bu çalışmada G-türü dev bir yıldız olan HD 199719 'un TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde (TUG) bulunan RTT150 teleskobu ve ona bağlı Coudé Echelle Tayfölçeri (CET) kullanılarak elde edilen yüksek çözünürlüklü tayfları için şablon tayflar ile Çapraz Korelasyon Fonksiyon (CFF)'ları elde edilerek profillerin çizgi ortayları belirlendi. Elde edilen çizgi ortay hız dağılımlarının daha önceden elde edilmiş dikine hız değerleri ile bir ilişki gösterip gösterilmediği araştırıldı. Ayrıca kromosferik aktivite gösterdiğini düşündüğümüz HD 199719 yıldızı için çizgi ortaylarından yararlanarak tayf çizgilerinde asimetriye neden olan etkiler belirlenmeye çalışıldı.

**Anahtar Kelimeler:** (stars:) planetary systems, Yıldızlar, Ötegezegenler

## 1 Giriş

Ötegezegen çalışmalarında yıldızlara ait hassas dikine hız ölçümleri, Güneş benzeri yıldızların etrafında gezegen bileşenlerini bulmak için oldukça sık kullanılan bir yöntem haline gelmiştir. Bu yöntem her ne kadar çarpıcı bir başarıya ulaşmış olsa da, gezegenler dolaylı bir şekilde tespit edilebilmektedir. Özellikle geç tayf türü (F,G,K) dev yıldızların dikine hız ölçümlerinde, ötegezegen kaynaklı değişimlerin yanı sıra yıldızın sahip olduğu bünyesel ve aktivite kaynaklı (bulgurlanma (granülasyon), zonklama (pulsasyon), manyetik etkinlik kaynaklı yüzey lekeleri ve manyetik çevrim gibi) etkilerde dikine hız değişimleri yaratmaktadır. Sağlıklı bir ötegezegen araştırmasının yapılabilmesi için ötegezegen kaynaklı etkiler ile birlikte yıldızın doğası kaynaklı bu tür etkilerinde yıldızın dikine hız değişimlerinden ayıklanması gerekmektedir. Eğer bu ayırım iyi yapılmazsa dikine hız gözlemleri yapılan bir yıldızın etrafında var olan bir gezegenin keşfedilememesine ya da gezegen ile karıştırılan değişimler ile hiç olmayan bir gezegenin bulunmasına sebep olabilir (Queloz et al. 2001; Robertson et al. 2014). Bu nedenle dikine hız ölçümlerinin yıldızın doğası kaynaklı etkilerden ayırt edilmesi oldukça önemlidir.

Günümüzde yıldızın doğası kaynaklı (bulgurlanma, zonklama, manyetik etkinlik kaynaklı yüzey lekeleri ve manyetik çevrim gibi) etkilerin ötegezegen kaynaklı etkilerden ayırt edebilmek için oldukça sık kullanılan yöntemlerden birisi çizgi ortay (bisektör) analizidir. Bir çizgi profili için çizgi ortayı, onun kırmızı kanadı ile mavi kanadını birleştiren ve dalgaboyu eksenine paralel doğru parçalarının orta noktasını ifade etmektedir (Gray 2005). Çizgi ortayları, yıldızın doğası kaynaklı etkilerden önemli ölçüde etkilenmektedir ve bu sayede ötegezegen kaynaklı dikine hız değişimlerinden rahatlıkla ayırt edilebilmektedir. Çünkü yıldızın doğası kaynaklı bu tür etki veya etkiler tayfsal çizgi profillerinin asimetrik bir hal almasına sebep olurken ötegezegen kaynaklı bir etki ise sadece tayfsal çizgilerin dönemi olarak maviye ve kırmızıya kaymasına sebep olmaktadır. Bu nedenledir ki, çizgi ortayının biçimi çizgi asimetrisinin ve bu asimetriye sebep olan her türlü etkinin belirteci olarak kullanılır.

\* didemdilanizci@gmail.com

**Çizelge 1.** HD 199719 yıldızının Simbad veri tabanından alınan katalog bilgileri ve yapılan çalışmalarda elde edilmiş bazı fiziksel parametreleri.

Sağaçıklık	20 58 18.71
Dikaçıklık	+23 02 46.83
Parlaklık	6.57(V)
Tayf Türü	G8 III
Sıcaklık (K)	5297
Işınım Gücü ( $L_{\odot}$ )	52.29

Bu çalışmada, HD 199719 yıldızının elde edilmiş hassas dikine hız ölçümlerindeki  $\sim 100$  m/s mertebesindeki değişimlerin sebepleri irdelendi. Bu amaçla, yıldızın doğası kaynaklı etkilerin sebep olabileceği çizgi asimetrisi ve çizgi ortay analizinde kullanılan çizgi ortay ölçütleri ile dikine hız arasındaki ilişki araştırıldı.

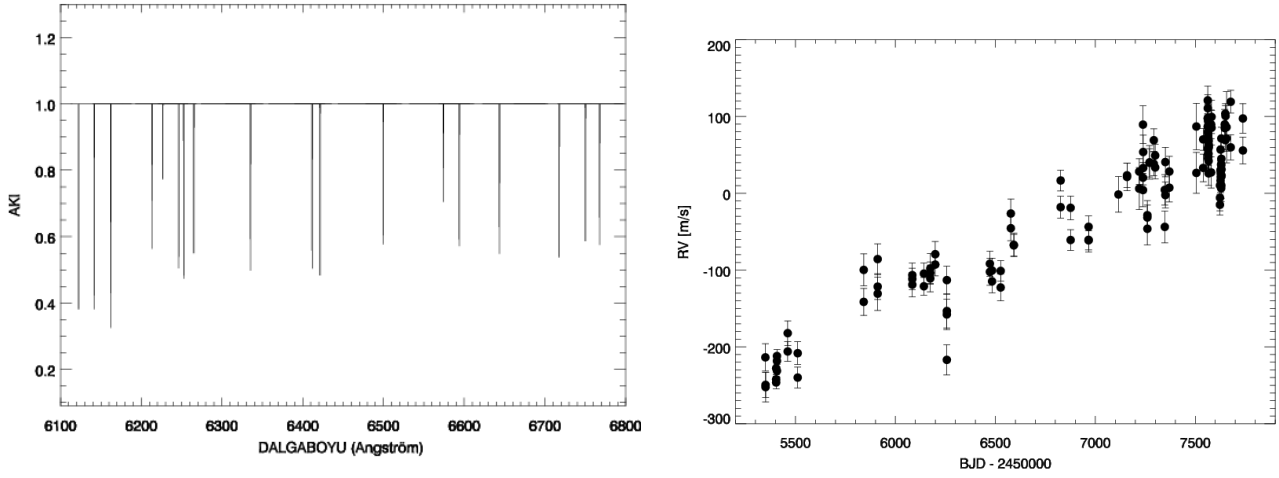
## 2 Gözlemsel Verilerin Elde Edilmesi

Çalışmada kullanılan HD 199719 yıldızının gözlemsel verilerinin tamamı TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde (TUG) elde edildi. 2010 Haziran ayından 2017 Aralık ayına kadar RTT150 teleskobu ve ona bağlı Coudé Echelle Tayfölçeri (CET) kullanılarak elde edilen 145 adet tayf kullanıldı. Tayf gözlemlerinin tamamında  $I_2$  (iyodin) hücresi eklentisi kullanıldı. Kullanılan CET dalgaboyu aralığı  $3500 \text{ \AA}$  ve  $8000 \text{ \AA}$  ve çözünürlüğü  $R \sim 55000$ 'dir. Tüm veriler için 1800 s pozlama süresi verilerek, pixel başına  $S/N = 80-150$  sinyal/gürültü oranı elde edildi.

## 3 Analizler

HD 199719 yıldızına ait tüm gözlem verilerinin indirgenmesi IRAF (<http://iraf.net> – Image Reduction and Analysis Facility) yazılım paketi kullanılarak yapıldı. Yıldızların dikine hız ölçümleri ve normalizasyon işlemleri IDL (<https://www.harrisgeospatial.com/Software-Technology/IDL> – Interactive Data Language) yazılım paketi kullanılarak oluşturulan kodlar ile gerçekleştirildi.

Gözlemsel olarak elde edilen tayf için aynı dalgaboyu aralığına sahip, yıldızın ait atmosfer parametrelerine bağlı olarak üretilen bir şablon tayf ile çapraz korelasyon uygulanarak ortalama (cross-correlation function: CCF) çizgi profilleri elde edildi. Çalışmada çizgi ortay analizi için göreceli olarak orta



Şekil 1. Sol grafik: HD 199719 yıldızına ait uygulanan maske tayf için örnek bir şablon Sağ grafik: HD 199719 yıldızına ait hassas dikine hız ölçümleri

şiddetteki çizgiler ve birbirleri ile örtüşmemiş (blend olmamış) 18 adet çizgi seçildi. Seçilen bu çizgiler ile IDL kodu kullanılarak hem gözlemsel tayfa hem de şablon tayfa maskeleme yapıldı. Yapılan maskelemede kullanılan örnek bir şablon Şekil 1 verilmektedir. Elde edilen maske tayflar yardımıyla tayfin iyodinsiz bölgeleri için ortalama çizgi profilleri oluşturuldu. Böylece bu ortalama profil üzerinden çizgi ortayları hesaplandı. Tüm gözlem verileri için yapılan çizgi ortay analizlerinde IDL yazılım dili ile oluşturulan bisektör kodları kullanıldı.

Elde edilen çizgi ortaylarının asimetrisini niceliksel olarak tanımlamak ve geometrik niteliğini belirlemek için yaygın olarak kullanılan ortay ölçütlerinden faydalandı. Bu ortay ölçütleri elde edilen ortalama profiller üzerinden belirlenmektedir. Bu çalışma için ortayın ters eğimi (BIS), ortay hızları eğriliği (BVC) ve ortayın ters eğimi (BIS) olmak üzere üç adet ortay ölçütü kullanıldı (Dall et al. 2006; Yılmaz et al. 2017). Çizgi derinliğinin %10-%40 ( $V_{top}$ ) ve %55 - %90 ( $V_{bottom}$ ) arasındaki hız değerlerinin ortalarının farkları alınarak ( $V_{top} - V_{bottom}$ ) ortayın ters eğimi (BIS) hesaplandı. Çizgi derinliğinin üç ayrı bölgesi için belirlenen hız değerleri ortalamaları;  $V_1 = \%5 - \%25$ ,  $V_2 = \%35 - \%55$  ve  $V_3 = \%65 - \%85$  alınarak da ortayın kapladığı hız alanı (BVS) ve ortay hızları eğriliği (BVC) hesaplandı. Ortay ölçütleri için yapılan dönem analizlerinde, diyagramlarının yüksek piklerin güvenilirliğini ölçmek için tipik bir yaklaşım olan FAB (False Alarm Probability) kullanıldı. Ortay ölçütlerinin dikine hızlara göre grafikleri ve dönem analiz grafikleri Şekil 2' de verildi.

Ayrıca, bu çalışma kapsamında yıldızın  $H_{\alpha}$  ve  $H_{\beta}$  çizgileri için eşdeğer genişlik ölçümleri de elde edildi. Elde edilen eşdeğer genişlik ölçümlerinde  $H_{\alpha}$  için  $\pm 1.0 \text{ \AA}$  ve  $H_{\beta}$  için  $\pm 0.8 \text{ \AA}$  çizgi aralıkları kullanıldı (Lee et al. 2016).

#### 4 Tartışma ve Sonuç

Çizgi ortay ölçütlerinin (BIS, BVC ve BVS) dikine hız değerlerine göre dağılım grafikleri ve dönem analizleri Şekil 2' de verildi. Bu grafiklere bakıldığında, dikine hızlar ile ölçütler arasında yapılan liiner fitlerin eğiminin sıfıra çok yakın olmasından dolayı çizgi ortay ölçütleri ile dikine hız değerleri arasında bir korelasyona olmadığı açıkça görülmektedir. Lineer

fitler için hesaplanan eğim sırasıyla BIS için 0.121, BVC için -0.048 ve BVS için -0.111' dir. Grafiklerin korelasyon katsayıları BIS için 0.0218, BVC için 0.022, BVS için 0.015 ve ki-kare ( $\chi^2$ ) değerleri ise  $\chi^2_{BIS} = 0.923$ ,  $\chi^2_{BVC} = 1.141$ ,  $\chi^2_{BVS} = 0.140$  olarak hesaplandı. Bu bulgular yıldızın doğası kaynaklı etkilerin dikine hız değişiminde önemli bir rol olmadığını gösteriyor olsa da, dönem analizlerinde BIS ve BVC için ~5 ve 10 günlük dönemlerin elde edilmesi, özellikle geç tayf türü yıldızların yüzeyinde görülen düşük genlikli salınımlardan kaynaklı bir etkinin olabileceğini düşündürmektedir.

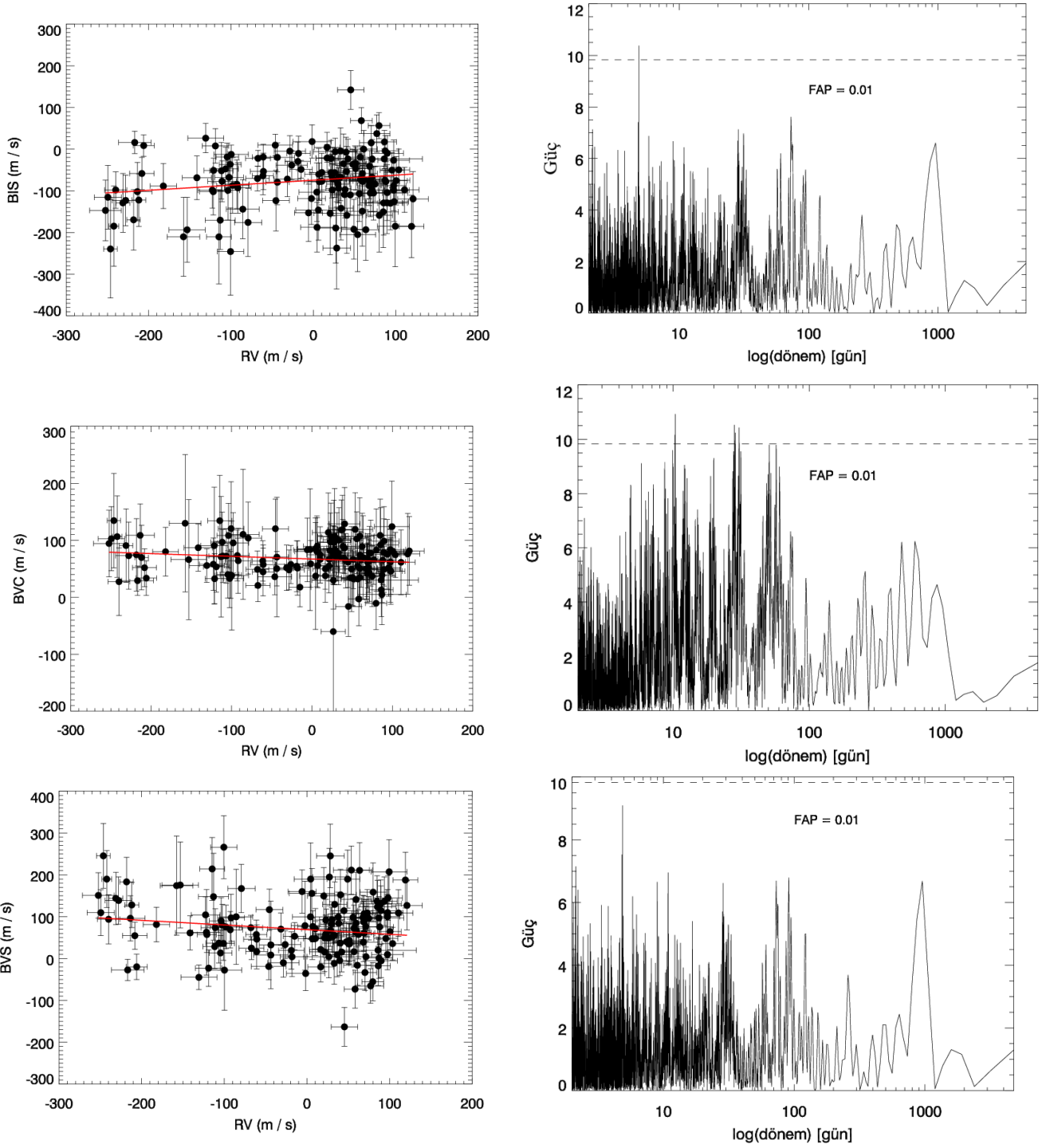
Yıldızın ortay biçimlerinde ve ölçütler için elde edilmiş grafiklerde yıldız yüzeyinde leke kaynaklı bir etkiye rastlanmamıştır. Ancak bu durum kısa dönemli dikine hız değişimlerine neden olabilecek manyetik etkinlik olgusunun varlığını göz ardı edilmesi için yeterli değildir. Ayrıca yıldızın dikine hızlarının zamana göre grafiğine bakıldığında yukarı yönde artan ve uzun dönemli bir değişim göze çarpmaktadır. Bu grafik yıldızın uzun dönemli manyetik çevrime sahip olabileceğini veya yıldızın altı bir cisim hatta bir ötegezegenin varlığını da işaret ediyor olabilir.

#### Kaynaklar

- Dall T. H., Santos N. C., Arentoft T., Bedding T. R., Kjeldsen H., 2006, *A&A*, 454, 341  
 Gray D. F., 2005, *PASP*, 117, 711  
 Lee B.-C., Han I., Park M.-G., Mkrichian D. E., Hatzes A. P., Jeong G., Kim K.-M., 2016, *AJ*, 151, 106  
 Queloz D., et al., 2001, *A&A*, 379, 279  
 Robertson P., Mahadevan S., Endl M., Roy A., 2014, *Science*, 345, 440  
 Yılmaz M., et al., 2017, *A&A*, 608, A14

#### Erişim:

041-1000: UAK-2018 Program — UAK Bildiri — Turkish J.A&A.



**Şekil 2.** Sol üst grafik: HD 199719 ortayın ters eğiminin (BIS) dikine hıza göre değişimi Sağ üst grafik: Lomb-Scargle yöntemiyle BIS için elde edilen dönem analizi Sol grafik: HD 199719 ortayın hız eğriliğinin (BVC) dikine hıza göre değişimi Sağ grafik: Lomb-Scargle yöntemiyle BVC için elde edilen dönem analizi göre değişimi Sol alt grafik: HD 199719 ortayın kapladığı hız alanının (BVS) dikine hıza göre değişimi Sağ alt grafik: Lomb-Scargle yöntemiyle BVS için elde edilen dönem analizi