

V444 Cyg Örten Wolf-Rayet Çift Sistemi

İbrahim Aköz^{1*}, Kadri Yakut¹

¹ Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 35100, Bornova-İzmir

Özet

Bu çalışmada örten Wolf-Rayet (WR) çift sistemlerinden biri olan V444 Cygni (WR139) sisteminin TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde (TUG) bulunan T60 teleskobu kullanılarak elde edilen çokrenk fotometrik gözlemlerine ilişkin ilk sonuçlar verilmiştir. 2015-2018 yılları arasında yapılan yeni gözlemlerden 4.2 gün yörünge dönemine sahip olan sistemin U, B, V, R ve I bandlarında tam ışık eğrisi elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: stars: Wolf-Rayet, İkili Yıldızlar

1 Giriş

WR yıldızları O türü yıldızların soyundan gelen ve yıldız evriminin son aşaması olan süpernova evresinin öncesindeki evrede bulunan yıldızlara denir. Genel olarak 10 000K'den yüksek etkin sıcaklıklara ve $10^9 L_{\odot}$ 'ten büyük ışınım gücüne sahip yıldızlardır. Bu yıldızlar görelî olarak evrimleşmiş ve genişleşmiş atmosfer yapısına sahip yıldızlardır. Büyük kütleli O türü yıldızlar yıldız rüzgarları aracılığıyla önemli miktarda kütle kaybederek yüzeylerinde önce H-yanma ürünlerini ardından He-yanma ürünlerini gösterdiği düşünülmektedir. Bu bakımdan WR yıldızları büyük çoğunluğu yüzeyini saran Hidrejen (H) zafını atmış, merkezinde nükleer reaksiyonlar sonucu oluşan elementleri gösteren yıldızlardır. WR türü yıldızlar anakol evrimini tamamlamış çoğu merkezinde Helyum (He) yakma nükleer tepkimeleri gerçekleştirir. Bu evre yıldız evrimine bakıldığında oldukça kısadır. Örneğin 10 M_{\odot} kütleli bir yıldızın evrimi ortalama 5 milyon yıldır ve %10'luk dilimini WR yıldızı olarak geçirir (Meynet & Maeder 2005).

Çoğu tek WR yıldızı 25-30 M_{\odot} aralığında oldukça sınırlı kütle aralığında sahip kırmızı süperdev evresi sonrası yıldızlardır. 30 M_{\odot} üzerinde kütleyle sahip olanlar evrimine Parlak Mavi Değişenler olarak devam eder. Ancak yakın çift yıldızlarda bir WR yıldızı üretmek için böyle sınırlı bir kütle aralığı vermek çok zordur. Çünkü yakın çift yıldızların evrimleri boyunca gerçekleştireceği ortak zarf evresi veya Roche taşmasıyla kütle aktarımı sistemi oluşturan bileşenlerin kütlelerinde önemli değişimlere yol açar (Crowther 2007). Güneş metal bolluğuna sahip bir yıldızın WR aşaması geçirebilmesi için minimum başlangıç kütle 25 M_{\odot} olması gerekir (Crowther 2007).

WR yıldızlarından tayf alındığında normal yıldızda karşılaşılan dar soğurma çizgilerinin aksine geniş salma çizgili yapıya sahip olduğu görülür. Bunun nedeni güçlü yıldız rüzgarları ile yoğun kütle atımı gerçekleştirmesi ve genişleşmiş atmosfer yapısına sahip olmasından kaynaklanır. Genel olarak tayflarında He çizgileri baskındır. Bunun yanında tayflarında Azot (N), Karbon (C) ve Oksijen (O) çizgileri baskınlık gösterir. N, C ve O salma çizgi baskınlığına göre sırasıyla WN, WC ve WO üç ana alt tayf sınıfına ayrılmıştır. Son yıllarda yapılan gözlemsel çalışmalarda sonucunda Büyük Macellan Bulutsusu'nda 8 tane WR yıldızının klasik WR yıldızların tayfindan farklı olarak güçlü geniş salma çizgilerine ek olarak tayfsal yapıda güçlü soğurma çizgileride mevcut olduğu görülmüştür.

* aközibrahim_035@hotmail.com

İlk olarak bu yıldızların WN3+O3 çiftleri olduğu düşünülmüş ancak oldukça sönük salt parlaklık değerlerine sahip olduklarından dolayı bu yıldızların bir geçiş sınıfı olması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. WR yıldızlarının tayfsal sınıflandırılmasına ek olarak WN3/O3 geçiş durumu tayfsal yapı sergileyen WR yıldızları eklenmiştir (Neugent et al. 2017).

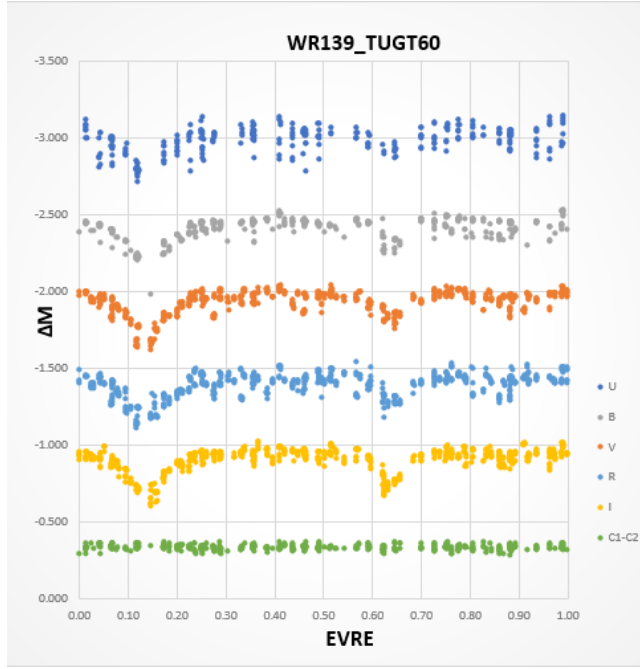
WR yıldızları galaktik olarak yoğun yıldız oluşum bölgelerinde dağılmış olarak görülmektedir. Samanyolu galaksisinde yaklaşık olarak 635 tane WR yıldızı bulunmaktadır (Rosslowe & Crowther 2015). Günümüzde yapılan son çalışmalar ile bu sayı 657'ye yükselmiştir. Bunlardan ~370 tanesi WN türü, ~280 tanesi WC türü, 8 tanesi WN/WC geçiş türü ve 4 tanesinde WO türüdür. WR yıldızlarının % 40'nın çift sistemlerden oluşmaktadır (van der Hucht 2001). Galaksimizde bulunan WR türü yıldızların ~40 tanesi çift çizgili tayfsal çift (SB2) yıldızdır. Bu çalışmada incelen V444 Cyg sistemi de SB2 türü bir WR+O çift sistemidir.

WR çiftleri astronomide yüksek astrofiziksel süreçleri anlamak için önemli bir yere sahiptir. Çünkü bu sistemler evrimini yüksek enerji çıktılı süpernova patlamasıyla sonlandırarak geriye karadelik veya nötron bileşenli çift sistemler bırakır. Bu tür sistemlerin oluşumunu incelemek için WR aşamasının iyi çalışılmış olması gerekir. WR çiftlerinde en baskın görülen sistemler WR+O çiftleridir. Bunun yanı sıra gözlenmiş WR+WR ve WR+cc (cc:sıkışık obje) sistemleri de mevcuttur. Bu bağlamda çalışılan V444 Cyg rölativistik çiftlerin oluşumunun incelenmesi için bir örnek teşkil etmektedir.

Çalışmanın ikinci bölümünde sistemin literatürden elde edilen bilgileri sunulacaktır. Üçüncü bölümünde gözlem ve yöntem bilgilerine değinilecek ve elde edilen ışık eğrisi sunulacaktır. Sonuç ve tartışmalar kısmında sisteme ilişkin değişimlerden söz edilecektir.

2 V444 Cyg (WR 139) Sistemi

V444 Cyg sistemi ilk olarak Wilson (1939) tarafından tayfsal çift olarak belirlenmiştir. Daha sonra Gaposchkin (1941) çalışmasında sistemin örten çift olduğu, sistemin yörünge dönemini 4.21 gün, sistemi oluşturan bileşenlerden WR yıldızının bir WN5 türü, diğer bileşeni O tayfindan bir anakol yıldızı olduğunu belirlemiştir. De Greve & Doom (1988) tarafından yapılan çalışmada sistemi oluşturan bileşenlerin başlangıç kütle aralıklarını 16-25 M_{\odot} olarak belirlemiştir. Underhill et al. (1988) tarafından sistemin bileşenlerinin kütleleri $M_{WR}=11.3M_{\odot}$ ve $M_O=37.5M_{\odot}$, bileşen yıldızların dikine hız genlikleri $K_{WR}=337 \pm 18 \text{ km s}^{-1}$ ve $K_O=112 \pm 8 \text{ km s}^{-1}$ olarak elde



Şekil 1. WR 139 sisteminin TUG T60 teleskobu ile UBVRİ filtrelerinde elde edilmiş ışık eğrileri.

edilmiş ve sistemin yörünge dönemi ise $4^d.212424$ olarak belirlenmiştir.

Hirv et al. (2006) 1999-2006 yılları arasında 114 adet tayf verisi toplanmış bileşenlerin dikine hızları ölçülmüştür ve sistemi oluşturan WR bileşeninin yıllık kütle kaybı miktarı $\dot{M} = 4.6 \times 10^{-5} M_{\odot} \text{yr}^{-1}$, sistemi oluşturan bileşenlerin WR yıldızının kütlesi $M_{WR} = 9 M_{\odot}$ ve O bileşeninin kütlesi $M_O = 28 M_{\odot}$ olarak verilmiştir. Eriş & Ekmekçi (2011) tarafından sistemin fotometrik çalışması ve UV tayfsal analizleri yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda yazarlar sistemi oluşturan bileşen yıldızların kütlelerini $M_{WR} = 10.64 M_{\odot}$ ve $M_O = 24.68 M_{\odot}$, yarıçaplarını $R_{WR} = 7.19 R_{\odot}$ ve $R_O = 6.85 R_{\odot}$, sıcaklıklarını $T_{WR} = 30\,000 K$ ve $T_O = 40\,000 K$ olarak elde etmişlerdir. Sistemdeki WR bileşeninin kütle kaybı miktarı $\dot{M} = (6.76 \pm 0.39) \times 10^{-5} M_{\odot} \text{yr}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır.

3 Yeni UBVRİ Gözlemleri

V444 Cyg sisteminin fotometrik gözlemleri TUG'da bulunan 60 cm (T60) çaplı aynaya sahip robotik teleskop ile yapılmıştır. 811 numaralı gözlem projesi ile 2015-2018 yılları arasında yaklaşık 8 farklı gözlem döneminde (2015B-C-D, 2016A-C, 2018B-C-D) ve U, B, V, R ve I filtreleri kullanılarak çokrenk gözlemleri yapılmıştır. Sisteme ilişkin tüm filtrelerde yaklaşık 5400 gözlem noktası elde edilmiştir.

Elde edilen gözlem verisinin ön indirgeme işlemleri sırasında bias, dark, flat ve zaman düzeltmeleri için IRAF paket programı kullanılarak yapılmıştır. İndirgeme işlemleri için hazırlanmış olan gözlem verisi IRAF paket programında bulunan AppPhot ile yapılmıştır. Fark fotometrisi yapılarak sistemin elde edilen ışık eğrisi Şekil 1'te gösterilmiştir. Fark fotometrisi yaparken kullanılan mukayese yıldızlarının değişimi de C1-C2 ile temsil edilmiştir.

4 Sonuç ve Tartışmalar

WR çift sistemleri yüksek enerjili astrofiziksel süreçleri anlamamıza olanak sağlarlar. Büyük kütleli yıldızların soyundan gelmesi ve evrimlerinin sonunda gerçekleştireceği süpernova patlaması buldukları bölgelerdeki metal bolluğunun zenginleştirilmesini yeni tür yıldızların oluşma olasılığını sağlar. Karadelik çiftlerinin de WR çiftlerinin evriminden gelmesi bu tür gök cisimlerinin fiziksel yapısını anlamak için oluşum aşamasının iyi çalışılmış olması gerekmektedir. Bu çalışmada ele alınan WR+O türü bir örtün çift sistemi olan V444 Cyg sahip olduğu astrofiziksel parametreler açısından oldukça önemli bir sistemdir.

V444 Cyg sisteminin elde edilen uzun dönemli fotometrik çalışmasına ilişkin ilk sonuçlar bu çalışmada sunulmuş ve TUG T60 teleskobu ile elde edilen çokrenk ışık değişiminin sonuçları Şekil 1 de verilmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi her iki minimum belirgin bir şekilde elde edilmiştir. Bu durum ileride yapaçığımız sentetik ışık eğri modellerinde belirleyici olacaktır. Sistemin fotometrik gözlemleri yeni gözlem dönemlerinde devam etmektedir. Farklı zamanlarda elde edilen fotometrik değişimlerin analizi bize hem yüzey hem de sistemi çevreleyen madde hakkında bilgi sunar. Bu tür sistemlerdeki uzun dönemli fotometrik değişimi daha önce yapılmış gözlemsel veriler ile birlikte incelendiğinde yıldız rüzgarlarıyla kaybedilen kütle uzun zaman diliminde nasıl değiştiği hakkında bilgi verir. Sistemin fotometrik gözlemlerine ek olarak tayfsal çalışmaları elde edilerek sisteme ait hassas fiziksel ve yörünge parametreleri elde edilmesi planlanmaktadır. Son olarak elde edilen yeni parametreler kullanılarak bileşen yıldızlara ilişkin evrim modellerinin oluşturulması hedeflenmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma İbrahim Aköz'ün doktora tez çalışmasının bir bölümünü oluşturmaktadır. Çalışmada TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi T60 teleskobu kullanılmıştır (Proje Numarası: 15BT60-811). Desteklerinden dolayı TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi çalışanlarına teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Crowther P. A., 2007, *ARA&A*, 45, 177
 De Greve J. P., Doom C., 1988, *A&A*, 200, 79
 Eriş F. Z., Ekmekçi F., 2011, *Astronomische Nachrichten*, 332, 616
 Gaposchkin S., 1941, *ApJ*, 93, 202
 Hirv A., Annuk K., Eenmäe T., Liimets T., Pelt J., Puss A., Tempel M., 2006, *Baltic Astronomy*, 15, 405
 Meynet G., Maeder A., 2005, *A&A*, 429, 581
 Neugent K. F., Massey P., Hillier D. J., Morrell N., 2017, *ApJ*, 841, 20
 Rosslowe C. K., Crowther P. A., 2015, *MNRAS*, 447, 2322
 Underhill A. B., Yang S., Hill G. M., 1988, *PASP*, 100, 741
 Wilson O. C., 1939, *PASP*, 51, 55
 van der Hucht K. A., 2001, *New Astron. Rev.*, 45, 135

Erişim:

014-1610: [UAK-2018 Program](#) — [UAK Bildiri](#) — [Turkish J.A&A](#).