

# CP Cyg ve HD 202240 Yıldızlarının Kimyasal Bolluk Analizi

Yahya Nasolo<sup>1\*</sup>, Aslı Elmaslı<sup>1</sup>, Şeyma Çalışkan<sup>1</sup>, Tolgahan Kılıçoğlu<sup>1</sup>, Kübraözge Ünal<sup>1</sup>, Zeynep Avcı<sup>1</sup>, Berahitdin Albayrak<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 06100, Tandoğan Ankara

## Özet

A tayf türünden yıldızlar olan CP Cyg ve HD 202240'nun TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde elde edilen yüksek çözünürlüklü tayfları ışığında ayrıntılı kimyasal bolluk analizleri gerçekleştirildi. Yıldızların atmosfer parametreleri belirlendi. CP Cyg için 19 ve HD 202240 için 20 elemente ilişkin bolluk değerleri hesaplandı. Sonuçlar her iki yıldızın normal A türünden yıldızlar olduklarını gösterdi. Hedef yıldızların H-R diyagramı üzerindeki konumu belirlendikten sonra, yıldız evrim modelleri yardımıyla kütleleri ve çeşitli izokronlar kullanılarak yaşları tahmin edildi.

**Anahtar Kelimeler:** stars: abundances, Yıldız Tayfı

## 1 Giriş

Yavaş dönen A tayf türü yıldızlar tayfları temiz olduğundan atmosferlerinin element bolluklarını elde etmek için oldukça ideal cisimlerdir. Normal A tayf türü yıldızlar süperdev veya beyazcüce olmayan Güneş bolluğuna benzer bolluklar gösteren A tayf türü yıldızlardır ve demir grubu elementlerinden daha ağır elementler  $\pm 0.4$  dex aralığında bolluklar gösterebilir [Adelman & Unsee \(2007\)](#). CP Cyg'nin tayf türü A7III olarak belirlendi [Cowley et al. \(1969\)](#). [Burkhart & Coupry \(1991\)](#) CP Cyg'nin etkin sıcaklığını 7910 K ve  $\log g$ 'ni 3.4 dex olarak buldu ve yıldızın Li, Si ve Fe bolluğu elde etti. Mg II 4481 Å çizgisi kullanan [Abt & Morrell \(1995\)](#)  $v_{\text{sin}i}$  (dönme hızı) 10 km s<sup>-1</sup> olarak hesapladı. [Royer et al. \(2002\)](#) ise yıldızın dönme hızını 18 km s<sup>-1</sup> olarak belirledi. HD 202240 F0III tayf türünden bir yıldız olarak belirlendi [Cowley et al. \(1969\)](#) HD202240'un dikine hızı 12.8 km s<sup>-1</sup> belirlendi [Wilson \(1953\)](#). [Abt & Morrell \(1995\)](#) tarafında dönme hızı Mg II 4481 Å çizgisi kullanarak 18 km s<sup>-1</sup> olarak hesaplandı. [Royer et al. \(2002\)](#) dönme hızını 26 km s<sup>-1</sup> olarak ölçtü. HD 202240 bolluk analizi [Kurtz \(1976\)](#) tarafından dispersiyonu 8-10 Å/mm olan bir tayf kullanılarak yapıldı.

## 2 Gözlemler ve İndirgemeler

CP Cyg ve HD 202240 yıldızlarının görünür bölgeyi kapsayan yüksek çözünürlüklü (40 000) tayfları TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde RTT150 teleskobuna bağlı Coude Tayfçekeri ile elde edildi. Yıldızların tayfı ile birlikte kalibrasyon görüntülerinden Bias ve Flat alındı. Dalgaboyu kalibrasyon için gözlemler sırasında Th-Ar lamba tayfı alındı. Tayfın sinyal gürültü oranını arttırmak adına birden fazla tayf alıp birleştirme (coadd) işlemi yapıldı. CP Cyg için tek tayf mevcut olduğundan bu işlem gerçekleştirilmedi. HD202240 için alınmış iki tayf olduğundan birleştirme işlemi uygulandı. Tayfların indirgeme işlemleri IRAF (Image Reduction And Analysis Facility) ortamında yapıldı. Tüm görüntülerden bias çıkardıktan sonra flat düzeltme yapıldı. Saçılmış ışık düzeltmesinden sonra dalgaboyu kalibrasyonu yapıldı. Orta şiddetli temiz metal çizgiler kullanılarak dikine hızlar belirlenip tüm tayflara güneş merkezine göre düzeltme yapıldı. Dikine hız düzeltmesinden sonra HD 202240 için birleştirme işlemi yapıldı. Kötü hava şartlarından dolayı CP

Çizelge 1. Gözlem bilgileri

Yıldız Adı	RA [s d s]	DEC [° ' '']	Parlaklık [kadir]	Tayf türü	Vsini [km s <sup>-1</sup> ]
CP Cyg	21 37 27.87	44 41 47.58	6.20	A7 III	19
HD 202240	21 13 26.42	36 37 59.75	6.08	A7 II	17

Cyg için sadece bir adet tayf elde edilmişti. Tayflar normalize edildi ve kuramsal tayflar yardımıyla dönme hızları ( $v_{\text{sin}i}$ ) belirlendi. Yıldızlara ait gözlem bilgileri çizelge 1'de yer almaktadır.

## 3 Analiz

### 3.1 Çizgi tanısı

Çizgilerin ait atomik türleri, gözlenen ve laboratuvar dalgaboyları belirlendi. Kuruc çizgi veritabanı ve Vienna Atomic Line Database (VALD, [Piskunov et al. \(1995\)](#) ; [Kupka et al. \(1999\)](#) ; [Ryabchikova et al. \(1999\)](#)) çizgi listeleri kullanıldı. Çizgi tanısı yaptıktan sonra çizgilere gauss profili fit edilerek eşdeğer genişlikler ölçüldü. Çizgilerin atomik bilgileri kontrol edildi ve  $\log gf$ 'leri güncellendi. Çizgilere ait atomik bilgilerin güncellenmesi için NIST çizgi veri tabanı kullanıldı. Atomik türleri ait bolluk hesaplamaları için girdi dosyaları oluşturuldu. Girdi dosyaları, her atomik tür için çizgilerin laboratuvar dalgaboylarını, atomik bilgilerini ( $\log gf$  vs.) ve eşdeğer genişliklerini içermektedir.

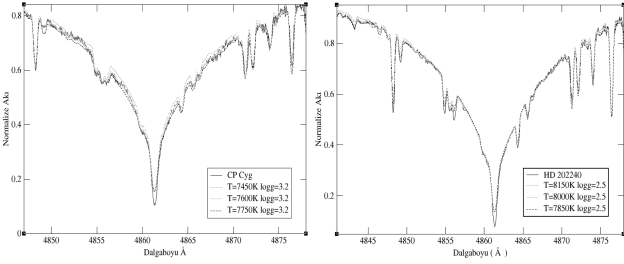
### 3.2 Atmosfer parametreleri

Başlangıç model atmosferleri elde etmek için ilk atmosfer parametreleri fotometrik olarak elde edildi. CP Cyg için Strömgren akıları kullanılarak  $wvby_{\beta}$  [Napiwotzki et al. \(1993\)](#) kalibrasyonu, HD 202240 için ise Geneva fotometrisi kullanılarak [Kunzli et al. \(1996\)](#) kalibrasyonu ile parametreler elde edildi. Belirlenen parametreler kullanılarak ATLAS9 kodu [Kurucz \(2005\)](#), [Sbordone et al. \(2004\)](#) yardımıyla başlangıç atmosferler modelleri üretildi. Sonra tayfsal olarak atmosfer parametreleri belirlendi. Mikrotürbülans ( $\xi$ ), eşdeğer genişlik-bolluk ilişkisinden elde edildi. Her bir atomik türe ait çizgilerin eşdeğer genişlikleri hata sınırları içerisinde aynı bolluk değerini vermektedir. Burada mikrotürbülans serbest parametre olarak alındı. Etkin sıcaklık hesaplamak için çok sayıda çizgi içeren Fe I türünün uyartılma

\* nasolo@ankara.edu.tr

Çizelge 2. Fotometrik ve Tayfsal atmosfer parametreleri

Yıldız Adı	Fotometrik		Tayfsal		
	$T_e$ [K]	logg [dex]	$T_e$ [K]	logg [dex]	$\xi$ [km s <sup>-1</sup> ]
CP Cyg	7611	3.20	7600	3.20	2.4
HD 202240	8092	2.78	8000	2.50	3.0



Şekil 1. CP Cyg ve HD 202240'nin gözlemsel ve kuramsal tayfların karşılaştırılması. Gri olan yıldız için belirlenen atmosfer parametreden oluşturulan kuramsal tayftır.

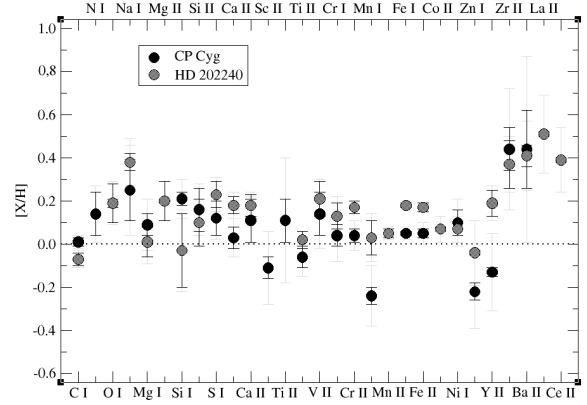
potansiyeli kullanıldı. Bolluk değerleri uyarılma potansiyelinden bağımsızdır. Yani bir atomik tür için her çizginin uyarılma potansiyeli doğru sıcaklık olma şartıyla hata sınırı içerisinde aynı bolluk değerlerini verir. İyonizasyon dengesi kullanılarak yüzey çekim ivmesi (logg) belirlendi. Yıldız tayfında bulunan Fe I ve Fe II çizgilerinden hesaplanan Fe bolluğunun eşit olduğu logg değeri ilgili yıldızın logg değeri olarak kabul edildi. logg değeri ayrıca Cr I/II çizgilerinden de kontrol edildi. Sıcaklık ve yüzey çekim ivmesinin belirlenmesinin ardından mikrotürbülans son olarak tekrar belirlendi. Fotometrik ve tayfsal atmosfer parametreleri Çizelge 2'de yer almaktadır. Tayfsal olarak elde edilen atmosfer parametrelerini denetlenmek amacıyla SYNTHE kodu Kurucz (1993b) ; Kurucz (2005) kullanarak  $H_\beta$  profilinin kuramsal tayfı elde edilip gözlemsel tayf ile fit edildi.  $H_\beta$  profil fitleri şekil 1'de gösterildi.

### 3.3 Bolluk Analizi

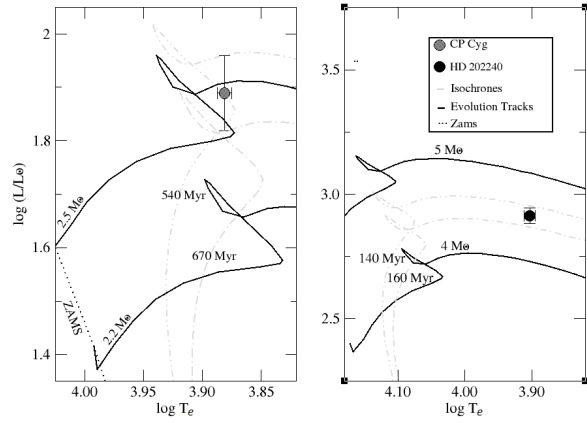
WIDTH9 kodu Kurucz (1993a) ; Sbordone et al. (2004) yardımıyla ölçülen eşdeğer genişliklerden bolluklar elde edildi. V, Sc, Mn, ve Y gibi çok ince yapı gösteren elementler için ayrı çizgi listesi kullanıldı. SYNTHE kodu Kurucz (1993a);Kurucz (1993a) kullanılarak kuramsal tayf üretildi ve bu elementlerin bollukları hesaplandı. Bollukları ayarlanarak kuramsal tayf, gözlemsel tayf ile fit edildi. Bolluklar Güneş bolluğuna Grevesse & Sauval (1998) göre hesaplandı. En iyi uyumu sergileyen bolluk değeri ilgili elementin nihai bolluğu olarak kabul edildi. Bollukları grafik olarak Şekil 2'de yer almaktadır.

## 4 Sonuç

CP Cyg için 19 ve HD 202240 için 20 element içeren yıldızların detaylı bolluk analizi yapıldı. Her iki yıldız Güneş'e yakın bolluklar sergilese de birçok element Güneş'e göre bir miktar fazladır. CP Cyg için Zr ve Ba dışında bollukları güneş bolluğuna yakındır. HD 202240 da benzer bir dağılım gösterdi. Yıldızın tayfsal karakteristiğini belirlemek için C, N, O bollukları önemlidir. Bu bollukların Güneş bolluğuna yakın olması yıldızların normal A tayf türü yıldızlar olduğunun bir göstergesidir Adelman &



Şekil 2. Belirlenen bollukların Güneş bolluğuna göre grafiği



Şekil 3. CP Cyg ve HD 202240'un HR Diyagramdaki yeri. Evrim yolları kullanılarak yıldızların kütlesi ve izokronlar yardımı ile yaşı belirlendi.

Unsuree (2007). Bu sonuçlar CP Cyg ve HD 202240 yıldızlarının normal A tayf türü yıldızlar olduğunu işaret etmektedir. Yaş, kütle ve evrim aşaması hakkında yorum yapabilmek adına yıldızlar H-R Diyagramına yerleştirildi. Işınım gücünü hesaplamada CP Cyg için Balona (1994), HD 202240 için Torres (2010) kalibrasyonları kullanıldı. Görünür parlaklıkları ve paralaksalar kullanarak yıldızların ışınım gücü hesaplandı. Işınım gücü ve etkin sıcaklıklar kullanılarak H-R diyagramdaki yerleri belirlendi. Şekil 3'te H-R diyagramı yer almaktadır. Salasnich et al. (2000)'nin evrim yolları kullanılarak yıldızların kütleleri tayin edildi. CP Cyg için kütlesi  $2.50 \pm 0.09 M_\odot$  ve HD 202240 için  $4.50 \pm 0.09 M_\odot$  olarak belirlendi. CP Cyg için Marigo et al. (2008)'nin izokronları, HD 202240 için Bressan et al. (2012)'nin izokronları kullanılarak yıldızların yaşları belirlendi. Buna göre, CP Cyg'nin yaşı  $600 \pm 60$  Myr ve HD 202240'nin yaşı ise  $150 \pm 10$  Myr dir.

### Kaynaklar

- Abt H. A., Morrell N. I., 1995, *Astrophysical Journal*, 99, 135  
 Adelman S. J., Unsuree N., 2007, *Baltic Astronomy*, 16, 183  
 Balona L. A., 1994, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 268, 119  
 Bressan A., Marigo P., Girardi L., Salasnich B., Dal Cero C., Rubele S., Nanni A., 2012, *Monthly Notices of the Royal Astronomical*

- Society*, 427, 127
- Burkhardt C., Coupry M. F., 1991, *Astronomy and Astrophysics*, 249, 205
- Cowley A., Cowley C., Jaschek M., Jaschek C., 1969, *Astronomical Journal*, 74, 375
- Grevesse N., Sauval A. J., 1998, *Space Science Reviews*, 85, 161
- Kunzli M., North P., Kurucz R. L., Nicolet B., 1996, *VizieR Online Data Catalog*, 412, 20051
- Kupka F., Piskunov N., Ryabchikova T. A., Stempels H. C., Weiss W. W., 1999, *Astronomy and Astrophysics Supplement*, 138, 119
- Kurtz D. W., 1976, *Astrophysical Journal*, 32, 651
- Kurucz R., 1993a, Atomic data for opacity calculations. Kurucz CD-ROM No. 1. Cambridge, Mass.: Smithsonian Astrophysical Observatory, 1993., 1
- Kurucz R., 1993b, SYNTHE Spectrum Synthesis Programs and Line Data. Kurucz CD-ROM No. 18. Cambridge, Mass.: Smithsonian Astrophysical Observatory, 1993., 18
- Kurucz R. L., 2005, *Memorie della Societa Astronomica Italiana Supplementi*, 8, 14
- Marigo P., Girardi L., Bressan A., Groenewegen M. A. T., Silva L., Granato G. L., 2008, *Astronomy and Astrophysics*, 482, 883
- Napiwotzki R., Schoenberner D., Wenske V., 1993, *Astronomy and Astrophysics*, 268, 653
- Piskunov N. E., Kupka F., Ryabchikova T. A., Weiss W. W., Jeffery C. S., 1995, *Astronomy and Astrophysics*, 112, 525
- Royer F., Grenier S., Baylac M.-O., Gómez A. E., Zorec J., 2002, *Astronomy and Astrophysics*, 393, 897
- Ryabchikova T. A., Malanushenko V. P., Adelman S. J., 1999, *Astronomy and Astrophysics*, 351, 963
- Salasnich B., Girardi L., Weiss A., Chiosi C., 2000, *VizieR Online Data Catalog*, 336, 11023
- Sbordone L., Bonifacio P., Castelli F., Kurucz R. L., 2004, *Memorie della Societa Astronomica Italiana Supplementi*, 5, 93
- Torres G., 2010, *Astronomical Journal*, 140, 1158
- Wilson R. E., 1953, *Carnegie Institute Washington D.C. Publication*, p. 0

**Erişim:**

O33-1530: [UAK-2015 Program](#) --- [UAK Bildiri](#) --- [Turkish J.A&A](#).