

# HD 33266 ve 6 CAS'ın Kimyasal Bolluk Analizi

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

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

## Özet

Bir Am yıldızı olduğu ilk kez belirlenen HD33266 ve süperdev bir yıldız olan 6 Cas'ın, yüksek çözünürlüklü tayfsal verileri TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde RTT150 teleskobuna bağlı Coude Echelle Tayfçekeri kullanılarak elde edildi. Bu veriler yardımıyla yıldızlara ilişkin atmosfer parametreleri belirlendikten sonra kimyasal bolluk analizi gerçekleştirildi. HD 33266 için 25, 6 Cas için ise 13 ayrı atomik türe ilişkin bolluklar hesaplandı. 6 Cas'ın Hidrojen Balmer ( $H_{\alpha}$ ,  $H_{\beta}$  ve  $H_{\gamma}$ ) çizgi profilleri detaylı bir şekilde incelenerek bu yıldızın yüksek hızlı yıldız rüzgarlarına sahip olabileceği görüldü. Her iki yıldızın da H-R diyagramı üzerinde yerleri belirlenerek, evrim yollarından kütleleri, izokronlardan ise yaşları tayin edildi.

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

## 1 Giriş

Am türü yıldızların tayfları incelendiğinde, Sc (ve bazen Ca) element bolluğunun düşük olduğu, çoğu demir grubu elementte ve özellikle Sr, Y, Zr ve Ba elementlerinde yüksek bolluklara sahip olduğu gözlemlendi (Fossati et al. (2009)). HD 33266 yıldızı literatürde ilgili ilk çalışmalarda tayf türü A2III olarak belirlendi (Cowley et al. (1969)). McAlister et al. (1989) bu yıldızın değişen bir yıldız olmadığını not etti. Abt & Morrell (1995) Mg II 4481 Å çizgisini kullanarak HD 33266'nın  $v \sin i$ 'sini 10 km  $s^{-1}$  olarak hesapladı. Royer et al. (2002) bir çok A tayf türü yıldızın dönme hızını ölçtü ve HD33266'nın  $v \sin i$ 'sini 15 km  $s^{-1}$  buldu. Harper (1937) 6 Cas'ın tayfında 15 soğurma çizgisi inceleyerek yıldızın parlaklığını  $5^m.6$  ve tayf türünü A2p olarak belirledi. Aynı çalışmada dikine hızı  $-55.7$  km  $s^{-1}$  belirlendi ve 6 Cas'ın tayfının Deneb ( $\alpha$  Cygni) ile benzerlik gösterdiği görüldü. Buna ek olarak ilk defa bir çift sistem olabileceği düşünüldü. Aydın (1972)'nin 6 Cas için yapmış olduğu çalışmada yıldızın dikine hız değişimi rapor edildi, mikrotürbülans hızı ve çizgilerin eşdeğer genişliklerindeki değişimler çalışıldı. Yıldızın ait atmosferik genişleme hızı 50-180 km  $s^{-1}$  ve bu değişimin periyodu da 1-1.5 ay olarak bulundu. Bunun sonucu olarak da yıldızın zonkladığı kanıtlandı (Chentsov (1995)). 6 Cas için yapılan çalışmalardan en önemlisi rüzgar momentumu-parlaklık ilişkisi Puls et al. (1996), Kudritzki et al. (1999), McCarthy et al. (2001) çalışmalarıdır. Kudritzki et al. (1999) 6 Cas için  $H_{\alpha}$ ,  $H_{\beta}$  ve  $H_{\gamma}$  çizgileri incelenmiş, etkin sıcaklığı 8400 K, yüzey çekim ivmesi 0.85, rüzgar hızı 190 km  $s^{-1}$ , yıllık kütle kaybı  $0.65 \times 10^{-6} M_{\odot}$  olarak hesaplanmıştır.

## 2 Gözlemler ve İndirgeme

Bu çalışmada HD 33266 ve 6 Cas için alınmış yüksek çözünürlüklü ( $\sim 40$  000) tayfsal veriler, TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi (TUG-Antalya, Türkiye)'nde bulunan RTT150 teleskobuna bağlı Coude Echelle Tayfçekeri ile elde edildi. Hedef yıldızların gözlemleri sırasıyla 23-24 Aralık ve 23-24 Eylül 2010'da yapıldı. Yıldız tayflarının sinyal-gürültü oranını ( $S/G$ ) arttırmak adına HD 33266 yıldızı için her iki gün alınmış olan tayflar birleştirildi. Hava koşullarından dolayı 6 Cas için aynı

işlem gerçekleştirilemedi indirgeme sürecinde sadece 23 Eylül gecesine ait tayf kullanıldı. Yıldız tayf görüntüleri ile birlikte Bias, Flat (halojen lamba) kalibrasyon görüntüleri ve dalgaboyu kalibrasyonu için Th-Ar lamba görüntüleri alındı.

Elde edilen ham gözlem verilerinin ön indirgemeleri IRAF (Image Reduction and Analysis Facility) programı kullanılarak tayfsal analize hazır hale getirildi. Tüm görüntülere bias, flat ve saçılmış ışık düzeltmeleri uygulanarak dalgaboyu kalibrasyonu yapıldı. Yıldızın ait dikine hızları hesaplamak için yıldız tayfı Doppler etkisinden arındırıldı. Bunun için orta şiddetli temiz metal çizgileri kullanılarak dikine hızlar belirlendi ve tüm tayfların dikine hızları Güneş merkezine indirgenmiş olarak hesaplandı. Hedef yıldızlar için yapılan bu işlemlerden sonra yıldızların tayfları normalize edildi ve normalize tayf üzerinden yıldızların dönme hızları ( $v \sin i$ ) hesaplandı. Çizelge 1'de hedef yıldızların gözlemsel verileri yer almaktadır.

## 3 Analiz

### 3.1 Çizgi Tanısı

Çizgi tanısı yapabilmek için ilk olarak HD 33266 ve 6 Cas yıldızlarının tayfında bulunan çizgilerden oluşan bir liste oluşturuldu ve çizgiler dalgaboyuna göre sıralandı. Daha sonra yıldızların tayfında bulunan soğurma çizgilerinin merkezi dalgaboyları ile eşdeğer genişlikleri ölçüldü ve bu listeye eklendi. HD 33266'nın çizgi listesi *omi* Peg ([spectra.freeshell.org](http://spectra.freeshell.org)) yıldızının çizgi listesinden faydalanılarak oluşturuldu. 6 Cas'ın tayf türü ve ışınım sınıfı ile benzerlik gösteren Deneb (A2 Iae) yıldızının Albayrak et al. (2003) tarafından oluşturulmuş tayfsal çizgi listesi ve buna ek olarak aynı listenin revize edilmiş hali olan Schiller & Przybilla (2007)'nin Deneb için oluşturdukları çizgi listeleri kullanılarak çizgi tanısı yapıldı. Çizgi tanısı yapılırken, çizginin merkezi ve laboratuvar dalgaboyları ile uyumu, bu dalgaboyuna karşılık gelen atomik türün osilatör şiddeti, uyarılma potansiyeli, çizgi profilini etkileyen;  $S/G$  oranı, gürültü içinde kalan çizgiler, yer atmosferi kaynaklı çizgiler, yıldızın dönme hızı ve yıldız tayfının çözünürlüğünden kaynaklı çizgi binişliliği durumları dikkate alındı. Daha sonra tanımlanan çizgiler, güncel atomik veri listeleri içeren; NIST (National Institute of Standards and Technology) ve VALD (Vienna Atomic Database) veri tabanları aracılığıyla çizgilerin osilatör şiddetleri güncellendi.

\* zavci@ankara.edu.tr

Çizelge 1. Gözlemsel Veriler

Yıldız Adı	Parlaklık* [ kadir ]	RA* [ s dk sn ]	DEC* [ ° ' '' ]	Poz Süresi [ sn ]	$v_{helio}^{**}$ [ km s <sup>-1</sup> ]	$v \sin i^{**}$ [ km s <sup>-1</sup> ]	S/G** [ @ 5000 Å ]
HD 33266	6.17	05 13 02.81	+61 51 00.14	2 × 4500	4.3	12	320
6 Cas	5.43	23 48 50.171	+62 12 52.26	2700	-41	29	170

\* SIMBAD Astronomical Database'ten alınmış veriler

\*\* Bu çalışmada hesaplanmıştır

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> ]	[Fe/H] [dex]
HD 33266	9274	3.43	9200 ±150	3.60±0.1	2.6±1	0.21±0.01
6 Cas			9200 ±300	1.60±0.1	6.0 ± 1	-0.02 ±0.03

### 3.2 Atmosfer parametreleri

Atmosfer parametreleri hesaplanmanın farklı yolları vardır, bunlardan en bilinenleri fotometrik ve tayfsal yöntemdir. Bu çalışmada atmosfer parametreleri, tayfsal olarak hesaplanmış ve başlangıç atmosfer parametreleri literatür verilerinden temin edilmiştir. Atmosfer parametreleri belirleme işlemi WIDTH9 (Kurucz 1993b; Sbordone et al. 2004) kodu kullanılarak yapılmıştır.

#### 3.2.1 Mikrotürbülans hızı ( $\xi$ )

Bu çalışmada mikrotürbülans hızını belirlerken, atomik tür için bolluk değerlerinin sabit ve eşdeğer genişlikten bağımsız olması durumuna dikkat edildi ve model atmosferde sıcaklık, log  $g$  değerleri sabit tutuldu. Yıldız tayflarında Fe I ve Fe II çizgilerinin sayıca fazla olması nedeniyle, sırasıyla HD 33266 için Fe I ve 6 Cas için Fe II çizgi kartları kullanılarak farklı mikrotürbülans değerleri ile çizgi bollukları belirlendi. Bollukların eşdeğer genişlikten bağımsız olma durumu dikkate alınarak, bolluk - eşdeğer genişlik grafiğinden mikrotürbülans değeri elde edildi.

#### 3.2.2 Etkin sıcaklık ( $T_e$ ) ve yüzey çekim ivmesi (log $g$ )

Etkin sıcaklık, HD 33266 için Fe I, 6 Cas için Fe II çizgilerinin uyartılma dengesinden elde edildi. Mikrotürbülans hızı belirlerken kullanılan Fe I ve Fe II çizgi kartı aynı şekilde etkin sıcaklık belirlemede de kullanıldı. Hedef yıldızların yüzey çekim ivmesinin belirlenmesi için bu çalışmada kullanılan yöntem, yıldız atmosferinde bulunan elementlerin iyonizasyon dengesinin sağlanması esasına dayanmaktadır. İyonizasyon denge koşulu, aynı atmosfer parametreleri ( $T_e$ , log  $g$ ,  $\xi$ ) kullanılarak bir elementin ardışık iki iyonlaşma durumuna ait çizgilerden elde edilen bolluk değerlerinin birbirine eşit olması durumudur. Bu çalışmada yüzey çekim ivmesi belirlerken daha önce belirlenmiş olan mikrotürbülans ve etkin sıcaklık değerleri sabit tutuldu, ATLAS9 (Kurucz (2005), Sbordone et al. (2004), Sbordone et al. (2004)) programı kullanılarak elde edilen farklı log  $g$  değerindeki model atmosferleri ile Fe I - Fe II çizgi kartları kullanılarak çizgi bollukları hesaplandı. Fe I ve Fe II çizgilerinin ortalama bolluklarının eşit olduğu durumda da log  $g$  değeri belirlendi. Şekil 1'de yer alan  $H_\alpha$ ,  $H_\beta$  ve  $H_\gamma$  çizgi profillerinin normalizasyonu, belirlenen atmosfer parametrelerinin kontrolü, düşük eşdeğer genişlikli ya da çizgi bilişikliği yapıları olan çizgilerin ve ince yapı düzeltmesi yapılacak çizgilerin bolluk değerlerinin hesaplanması, bunlara ek

olarak çizgilere ait dönme hızlarının kontrolü, SYNTH9 kodu (Kurucz (1993b), Kurucz (2005)) ile üretilen kuramsal tayfların normalize tayf ile karşılaştırılması yöntemi kullanılarak yapıldı.

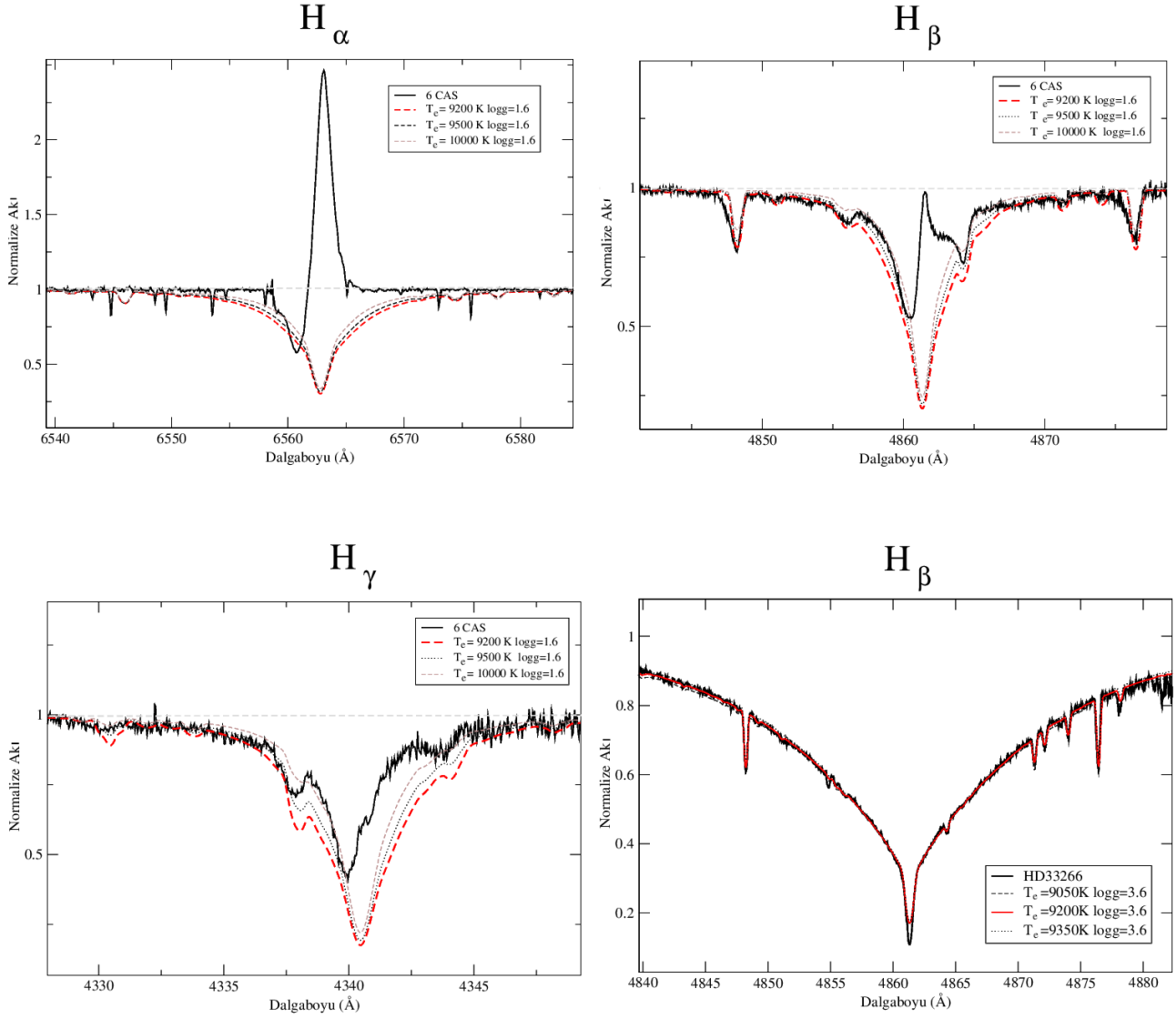
#### 3.2.3 Element Bolluk Analizi

Her bir yıldız için elde edilmiş atmosfer parametrelerine uygun ATLAS9 ile üretilmiş model atmosferler kullanarak WIDTH9 kodu aracılığıyla Güneş bolluğuna Grevesse & Sauval (1998) göre her bir atomik türden için bolluklar hesaplandı. Buna ek olarak HD 33266 yıldızında ince yapı (hfs) gösteren V, Sc, Mn ve Y elementleri için farklı bir çizgi listesi kullanılarak element bollukları hesaplandı. 6 Cas için He I ve Mn II çizgilerinin kuramsal tayf uyumuna bakılarak bolluklar belirlendi. Deneb'in, N I (Przybilla et al. (2011)), Mg I, Ti II ve Fe II (Schiller & Przybilla (2007)) çizgileri için hesaplanan yerel termodinamik olmayan (non-LTE) etkiler çıkarılarak 6 Cas'ın non-LTE etkiden arındırılmış bollukları hesaplanmıştır. HD 33266 ve 6 Cas yıldızlarının element bolluk grafiği Şekil 2'te verilmiştir.

### 4 Sonuç

HD 33266 [C/H] ve [N/H] bollukları bakımından düşük iken [O/H] bolluğunun [C/H] ve [N/H] bolluğuna nazaran daha yüksek olduğu görülmüştür. HD 33266 yıldızı için genel olarak bolluklara bakıldığında demir elementleri olan V, Cr, Mn, Ni ve ağır elementler olan Zn, Y, Zr, Sr ve Ba elementlerinin bolluklarının oldukça yüksek olduğu gözlenmiştir. Aynı zamanda [Sc/H] = -0.68 ± 0.07, [Ca/H] = -0.04 ± 0.15 ve etkin sıcaklığı da 9200 K bulunmuştur. HD 33266 yıldızı, Adelman & Unsuree (2007) tarafından sıcak bir Am yıldızı olarak belirlenen o Peg ([Sc/H] = -0.37; [Ca/H] = 0.14;  $T_e$  = 9600 K) yıldızı ile benzerlik göstermektedir. Am yıldızlarının diğer bir karakteristik özelliği de düşük dönme hızlarına sahip olmalarıdır (< 120 km s<sup>-1</sup>) (Abt & Morrell (1995)), HD 33266 yıldızının vsin  $i$ 'si o Peg'e benzer olarak 6 km s<sup>-1</sup>'dir. Sonuç olarak HD 33266'nin bolluk özellikleri ve  $v \sin i$ 'si göz önünde bulundurularak bir Am yıldızı olduğu kabul edildi.

6 Cas yerel termodinamik koşullarda hesaplanmış bolluk değerlerinin Venn (1995)'nin çalışmasında yer alan benzer A tayf türü süperdev yıldızlarının (HD 14489, HD 13476, HD 15316) bollukları ile uyum içinde olduğu görülmüştür. 6 Cas için dikine hız değeri -41 ± 2 km s<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır. 6 Cas'ın dönme hızı, gözlemsel tayfın orta şiddetli Ti II, Cr II ve Fe II çizgileri ile bu çizgiler için üretilen kuramsal



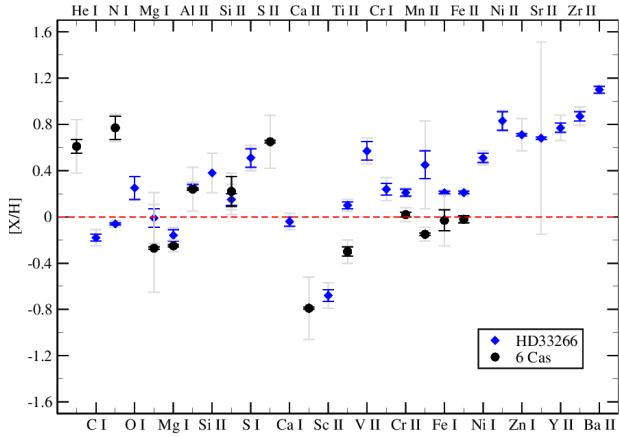
Şekil 1. HD 33266 ve 6 Cas'ın H Balmer çizgilerinin kuramsal tayflar ile çakıştırılması

tayfların uyumluluğuna bakılarak hesaplanmıştır ( $v \sin i = 29 \pm 4 \text{ km s}^{-1}$ ). Hedef yıldızlara ait yaş, kütle ve evrim süreçleri hakkında yorum yapılabilmesi için yıldızların H-R Diyagramında yerleri belirlendi. Işınım gücünü hesaplamada HD 33266 için Balona (1994), 6 Cas için Torres (2010) kalibrasyonları kullanıldı. Görünür parlaklıkları ve paralaksılar kullanılarak yıldızların ışınım gücü elde edildi. Işınım gücü ve etkin sıcaklıklar kullanılarak H-R diyagramdaki yerleri belirlendi. Salasnich et al. (2000)'nin evrim yolları ile yıldızların kütleleri tayin edildi. HD 33266 için kütle  $2.30 \pm 0.06 M_{\odot}$  ve 6 Cas için  $20 M_{\odot}$  olarak belirlendi. HD 33266 için Marigo et al. (2008)'nin izokronları, 6 Cas için Bressan et al. (2012)'nin izokronları kullanılarak yıldızların yaşları belirlendi. HD 33266 için  $400 \pm 60 \text{ Myr}$ , 6 Cas için ise  $9.5 \pm 2 \text{ Myr}$  olarak hesaplandı. Şekil 3'te hedef yıldızlara ait H-R diyagramı yer almaktadır.

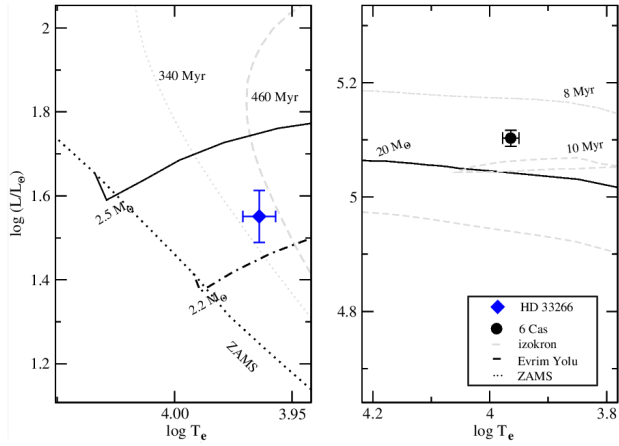
#### Kaynaklar

Abt H. A., Morrell N. I., 1996, VizieR Online Data Catalog, 209, TJAA cilt 1, sayı 1, s.135--138 (2020)

90135  
 Adelman S. J., 1988, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 235, 749  
 Albayrak B., Gulliver A. F., Adelman S. J., Aydın C., Koçer D., 2003, *Astronomy and Astrophysics*, 400, 1043  
 Aydın C., 1972, *Astronomy and Astrophysics*, 19, 369  
 Balona L. A., Jerzykiewicz M., 1994, VizieR Online Data Catalog, 726, 782  
 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  
 Chentsov E. L., 1995, *Astrophysics and Space Science*, 232, 217  
 Cowley A., Cowley C., Jaschek M., Jaschek C., 1969, *Astronomical Journal*, 74, 375  
 Fossati L., Ryabchikova T., Bagnulo S., Alecian E., Grunhut J., Kochukhov O., Wade G., 2009, VizieR Online Data Catalog, 350, 30945  
 Grevesse N., Sauval A. J., 1999, VizieR Online Data Catalog, 334, 70348  
 Harper W. E., 1937, Publications of the Dominion Astrophysical



Şekil 2. HD 33266 ve 6 Cas element bolluklarının Güneş bolluğuna göre grafiği



Şekil 3. HD 33266 ve 6 Cas yıldızlarının H-R diyagramı

- Observatory Victoria, 7, 1
- Kudritzki R. P., Puls J., Lennon D. J., Venn K. A., Reetz J., Najarro F., McCarthy J. K., Herrero A., 1999, *Astronomy and Astrophysics*, 350, 970
- Kurucz R. L., 1993, *VizieR Online Data Catalog*, 6039, 0
- 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
- McAlister H. A., Hartkopf W. I., Sowell J. R., Dombrowski E. G., Franz O. G., 1989, *Astronomical Journal*, 97, 510
- McCarthy J. K., Kudritzki R.-P., Lennon D., Venn K. A., Smartt S. J., Herrero A., 2001, in *American Astronomical Society Meeting Abstracts #198*, p. 1182
- Przybilla N., Nieva M.-F., Butler K., 2011, *Journal of Physics Conference Series*, 328, 012015
- Puls J., et al., 1996, *Astronomy and Astrophysics*, 305, 171
- Royer F., Grenier S., Baylac M.-O., Gómez A. E., Zorec J., 2002, *Astronomy and Astrophysics*, 393, 897
- Salasnich B., Girardi L., Weiss A., Chiosi C., 2000, *Astronomy and Astrophysics*, 361, 1023
- Sbordone L., Bonifacio P., Castelli F., Kurucz R. L., 2004, *Memorie della Societa Astronomica Italiana Supplementi*, 5, 93
- Schiller F., Przybilla N., 2007, *Astronomische Nachrichten*, 328, 656

Torres G., 2010, *Astrophysical Journal*, 140, 1158

Venn K. A., 1995, *Astrophysical Journal Supplement*, 99, 659

Erişim:

O31-1000: UAK-2015 Program --- UAK Bildiri --- Turkish J.A&A.