

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**TÜBİTAK ULUSAL GÖZLEMEVİ COUDE EŞEL TAYFLARINI
KULLANARAK HD 39866 (A2 II) YILDIZININ KİMYASAL BOLLUK
ANALİZİ**

Fatma Başak EMİNOĞLU

ASTRONOMİ VE UZAY BİLİMLERİ ANABİLİM DALI

**ANKARA
2009**

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TÜBİTAK ULUSAL GÖZLEMEVİ COUDE EŞEL TAYFLARINI KULLANARAK HD 39866 (A2 II) YILDIZININ KİMYASAL BOLLUK ANALİZİ

Fatma Başak EMİNOĞLU

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Kutluay YÜCE

Bu tez çalışmasında, HD 39866 (A2 II) yıldızının TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'ndeki (TUG) 1.5 metrelik RTT150 teleskobuna bağlı Coude Eşel Tayfçekeri (CET) ile alınan tayfsal veri kullanılarak kimyasal bolluk analizi gerçekleştirildi. Yıldızın optik bölge tayflarının sürekliliklerinin belirlenmesi, tayf çizgilerinin ölçümü, çizgi tanıları, kimyasal element bolluk hesapları yapıldı. Çalışmanın sonuçları literatürde yer alan bazı çalışmaların sonuçlarıyla karşılaştırıldı. Bu çalışma, RTT150 CET verileri kullanılarak yıldızların fotosferik bolluk analizleri üzerine yapılan bir çalışmadır.

Kullanılan tayflar, optik bölgenin $\lambda\lambda 3920-8770\text{\AA}$ dalgaboyu aralığını içeren eşel tayflardır. Tayflar, REDUCE ve VLINE (Hill et al. 1982a,b) programları kullanılarak ölçülmüştür. Yıldızın dönme hızı ($v \sin i$), VLINE programının "fix parameter mode" özelliği kullanılarak birçok metal çizgisine Gauss fiti yapılarak $9.2 \pm 0.5 \text{ km sn}^{-1}$ olarak belirlendi. Her çizgi profilinin merkezi dalgaboyu, eşdeğer genişliği, çizgi derinliği ve yarı maksimumdaki tam genişliği bulundu. Çizgi tanı yöntemiyle HD 39866'nın atmosferindeki atom ve iyonlar tanımlandı. HD 39866 yıldızının tayfında, Paschen serisi çizgiler, H α , H β , H γ , H δ , H ϵ , C I, C II, N I, O I, He I, Mg I, Mg II, Al I, Al II, Si II, S I, S II, Ca I, Ca II, Sc II, Ti II, V II, Cr I, Cr II, Mn I, Mn II, Fe I, Fe II, Ni II, Sr II, Zr II, Co II, Y II, Ba II, Gd II, Sm II, Ce II ve Nd II çizgileri tanımlandı. La II, N II ve Fe III'e ait bazı çizgiler varlığı muhtemel olan çizgiler olarak tanımlanmıştır. Bu çizgi tanı listesi, HD 39866 yıldızının ilk çizgi tanı listesidir. Tanılar, HD 39866 ve benzer tür yıldızlara kaynak oluşturacak niteliktedir.

Atmosfer analizi, yerel termodinamik denge varsayımını model atmosfer kodu ATLAS9 (Kurucz 1995) kullanılarak gerçekleştirildi. Yıldızın etkin sıcaklık ve yüzey çekim ivmesi, nötr ve bir kere iyonize olmuş demir çizgilerinin iyonizasyon dengesinden yararlanılarak $T_e = 8950 \text{ K}$ ve $\log g = 2.40$ olarak bulundu. Mikrotürbülans hızı, 2.6 km sn^{-1} olarak elde edildi.

HD 39866 yıldızı için He, C, N, O, Mg, Al, Si, S, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Sr, Y, Zr, Ba, Ce, Nd, Gd elementlerinin bollukları belirlendi. Analiz sonuçları, HD 39866'nın atmosferindeki helyum bolluğunun Güneş değerleriyle karşılaştırıldığında biraz fakir, azot miktarının ise oldukça bol olduğunu gösterir. Analizlerden elde edilen CNO'daki yüzey bolluk değişimleri, yıldızın evrimi esnasında bir karışım sürecine maruz kalmış olabileceğini gösterir. Yıldızın T_e ve $\log g$ değerleri, yıldızı, 5 ile $9 M_\odot$ kütleli yıldızların teorik evrim yolları arasına koymaktadır. HD 39866 yıldızı için Al, Sr dışındaki diğer element bollukları, genelde Güneş'teki değerlere yakın ya da Güneş'ten daha boldur. HD 39866, nadir toprak element bollukları bakımından Güneş'e göre oldukça farklıdır. Bu yıldızda Güneş'e göre daha bol bulunmaktadır. Böyle ayrıntılı tayfsal ve kimyasal analizler, HD 39866 için ilk kez yapılmaktadır.

II ışınım sınıfına ait HD 39866 yıldızı, A tayf türünden Ib ve III ışınım sınıfları arasındaki bağlantıyı sağlar. Bu analiz, Kutluay Yüce'nin doktora tez çalışması (4 Lac:B9 Iab, v Cep:A2 Ia; 2003), Tolgahan Kılıçoğlu'nun yüksek lisans tez çalışması (20 CVn: F2 III; 2008), Canan Şahin'in dönem sonu projesi (HD 43836:B9 II; 2008) ve Saul J. Adelman ve arkadaşlarının "Elemental abundances from DAO spectrograms" (bkz. iki F süperdevi nu Her ve 41 Cyg; Adelman et al. 2008) çalışmalarına benzer bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Yüksek çözünürlüklü TUG tayfsal verisi ve son ölçüm teknikleri kullanılarak, seçilmiş model atmosferlerden elde edilen anlamlı bolluk değerleri, Venn (1995a, b)'in kullandığı benzer teknikler ve bu tekniklerin TUG verisine uygulanabilir olması bu tekniklerin başarısını gösterir.

Temmuz 2009, 121 sayfa

Anahtar Kelimeler: HD 39866, TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi, atmosfer parametreleri, model atmosferler, mikrotürbülans hızı, element bolluğu.

ABSTRACT

Master's Thesis

CHEMICAL ABUNDANCE ANALYSIS OF HD 39866 (A2 II) USING TÜBİTAK NATIONAL OBSERVATORY-COUDE ECHELLE SPECTRA

Fatma Başak EMİNOĞLU

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Science
Department of Astronomy and Space Sciences

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Kutluay YÜCE

In this thesis, the detailed chemical abundances analysis of HD 39866 (A2 II) was performed using the spectra obtained with Coude Echelle Spectrograph of the 1.5-m RTT150 telescope at the TÜBİTAK National Observatory (Antalya, TÜRKİYE). I done the techniques of continuum determination of the optical spectral region, spectral line measurements, line identifications, chemical element abundance calculations, and discuss with those of the literature. This work is the first thesis on the detailed photospheric abundance analyses using the RTT150 CES.

The spectra are covering $\lambda\lambda 3920-8770\text{\AA}$ of the optical spectral region from echelle spectra. The spectra were measured using programs REDUCE and VLINE (Hill et al. 1982). The projected rotational velocity ($v \sin i$) was derived as $9.2 \pm 0.5 \text{ km s}^{-1}$ from the Gaussian fitting of several metal lines using the fix parameter mode of the program VLINE. I found for each line, its stellar wavelength (\AA), equivalent width (m\AA), line depth, and line width (\AA). With the line identification method, we found the atoms and ions in the atmosphere of HD 39866. We identified the lines of the Paschen series, H_{α} , H_{β} , H_{γ} , H_{δ} , H_{ϵ} , C I, C II, N I, O I, He I, Mg I, Mg II, Al I, Al II, Si II, S I, S II, Ca I, Ca II, Sc II, Ti II, V II, Cr I, Cr II, Mn I, Mn II, Fe I, Fe II, Ni II, Sr II, Zr II, Co II, Y II, Ba II, Gd II, Sm II, Ce II and Nd II in the spectrum of HD 39866. Some lines belonging to La II, N II, and Fe III are identified as possibly present in the spectrum of HD 39866. The list is the first for HD 39866. Thus the line identification should be useful for the spectral studies of HD 39866 and similar type stars.

The atmosphere analysis was performed using the local thermodynamic equilibrium (LTE) model atmospheres code ATLAS9 and its associated programs of Dr. Robert L. Kurucz (Kurucz 1995). The effective temperature and surface gravity were found from the ionization equilibria of iron from neutral and singly-ionized lines: The adopted values of HD 39866 are $T_e = 8950 \text{ K}$ and $\log g = 2.40$. The microturbulent velocity was calculated to be 2.6 km s^{-1} .

The abundance of He, C, N, O, Mg, Al, Si, S, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Sr, Y, Zr, Ba, Ce, Nd, Gd were calculated for HD 39866. The results of the abundance analysis show that HD 39866's helium abundance are slightly underabundant to solar values, extremely enhanced in nitrogen. There may be a mixing in HD 39866 that causes the surface abundance variations in CNO during the evolution of star. The T_e and $\log g$ values put the star between the theoretical evolutionary path of 5-9 M_{\odot} star. For HD 39866 the other element abundances are generally solar and overabundant except Al, Sr. HD 39866 is a extremely enhanced in the rare earths respect to solar. The detailed spectral and chemical analysis is the first for HD 39866.

The star HD 39866 with the luminosity class II is better connect the A III stars with the A Ib stars. The analysis is performed in a manner similar to that of Kutluay Yüce's PhD thesis (4 Lac:B9 Iab, v Cep:A2 Ia; 2003), Tolgahan Kılıçoğlu's MSc thesis (20 CVn:F2 III; 2008), R. Canan Şahin's work (HD 43836:B9 II; 2008) and the papers of Saul J. Adelman and associates series "Elemental abundances from DAO spectrograms" (e.g., their studies of two F supergiants nu Her and 41 Cyg (Adelman et al. 2007). The reliable photospheric abundances which derived from the selected model atmosphere using high resolution TUG spectral data and state of the art measurement techniques indicates the success of the techniques used which are similar to those of Venn (1995a, b) and their applicability to TUG data.

July 2009, 121 pages

Key Words: HD 39866, TÜBİTAK National Observatory, atmosphere parameters, model atmospheres, microturbulent velocity, elemental abundance.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada incelediğim HD 39866 isimli yıldızın TUBİTAK Ulusal Gözlemevi (Antalya)'nden elde edilmiş tayfları üzerinde çalışma imkanı sağlayan, bilgileriyle yönlendiren ve her zaman destek olan danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Kutluay Yüce'ye, çalıőmalarım sırasında her zaman bilimsel destekte bulunan Sayın Prof. Dr. Saul J. Adelman'a teşekkür ederim. Ayrıca Prof. Dr. Ilfan Bikmaev ve Prof. Dr. Austin F. Gulliver'e teşekkür ederim. Maddi ve manevi her konuda her zaman yanımda olan annem Sevgi Gök, babam Musa Eminoglu ve abim M. Barıő Eminoglu'na çok teşekkür ederim. Arkadaőlarıma da manevi desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Fatma Başak EMİNOĞLU

Ankara, Temmuz 2009

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	3
2.1 A Türü Yıldızların Tayfsal Karakteristikleri.....	3
2.2 A Türü Yıldızların Kimyasal Karakteristikleri	4
2.2.1 Am ya da metalik çizgili yıldızlar (Preston'un CP1 yıldızları).....	5
2.2.2 Manyetik özellikli CP yıldızları (mCP) (Preston'un CP2 yıldızları).....	7
2.2.3 Civa-Mangan yıldızları (HgMn) (Preston'un CP3 yıldızları).....	8
2.2.4 Helyum bakımından fakir yıldızları (Preston'un CP4 yıldızları)	9
2.2.5 Erken tayf türünden süperdev yıldızlar.....	9
2.2.6 Non-LTE model atmosfer çalışmaları.....	16
2.3 HD 39866.....	25
2.3.1 Fotometrik çalışmaları.....	25
2.3.2 Atmosfer parametreleri.....	27
2.3.3 HD 39866'nın kimyasal bolluk analizi.....	30
2.3.4 Dönme hızı.....	30
2.3.5 Radyal hız.....	30
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	33
3.1 HD 39866 Yıldızının Tayfsal Gözlemleri.....	33
3.2 Tayfların Ölçümü.....	37
3.3 Çizgi Tamsı.....	38
3.4 Atmosfer Parametrelerinin Belirlenmesi.....	40
3.4.1 Etkin sıcaklık ve yüzey çekim ivmesi.....	40
3.4.2 Mikrotürbülans hızı.....	40
3.5 HD 39866'nın Kimyasal Bollukları.....	40

4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	43
4.1 Dönme Hızı.....	43
4.2 Tayfların Ölçülmesi.....	43
4.3 Çizgi Tanısı.....	51
4.3.1 Eşdeğer genişliklerin yıldızın önceki çalışmasındaki değerleriyle karşılaştırılması.....	79
4.4 Atmosfer Parametreleri.....	81
4.4.1 Etkin sıcaklık, yüzey çekim ivmesi.....	81
4.4.2 Mikrotürbülans hızı.....	86
4.5 Element Bolluk Analizi.....	87
4.5.1 Bolluk sonuçlarının HD 43836 (B9 II) ve HD 222275 (A3 II) yıldızları ile karşılaştırılması.....	104
4.5.2 Bolluk sonuçlarının v Her (F2 II) yıldızı ile karşılaştırılması.....	107
4.6 HD 39866 Yıldızının Evrim Durumuna Genel Bakış.....	109
5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR.....	111
KAYNAKLAR.....	113
ÖZGEÇMİŞ.....	121

SİMGELER DİZİNİ

HR diyagramı	Hertzsprung Russel diyagramı
Ia	Parlak üst devler
Ib	Sönük üst devler
II	Parlak Devler
IV	Alt Devler
V	Anakol yıldızı
K	Kelvin
R_{\odot}	Güneş'in yarıçapı, 6.96×10^{10} cm
M_{\odot}	Güneş'in kütlesi, 1.99×10^{33} gr
L_{\odot}	Güneş'in toplam ışınım gücü, 3.86×10^{33} erg sn ⁻¹
m	kadir; parlaklık birimi
Å	Angström
λ	Dalgaboyu
W_{λ}	Eşdeğer genişlik
T_e	Etkin sıcaklık
g	Yüzey çekim ivmesi
$v \sin i$	Dönme hızı
S/G	Sinyal gürültü oranı
HD	Henry Draper kataloğu
HR	Parlak yıldızlar kataloğu
BD	Banner Draper kataloğu
SAO	Smithsonian Astrophysical Observartory Catalogue
HIP	Hipparcos kataloğu
α	Sağ açıklık
δ	Dik açıklık
l	Galaktik enlem
b	Galaktik boylam
M	Kütle
R	Yarıçap
V_r	Radyal (dikine) hız

ξ	Mikrotürbülans Hızı
dex	10 üzeri anlamında olup bolluk birimidir
FWHM	Çizginin yarı yüksekliğindeki tam genişliği
IAU	International Astronomical Union
pm	piko metre, 10^{-12} m
nm	nano metre, 10^{-9} m
TUG	TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi
RTT-150	150 cm çaplı Rus-Türk Teleskopu
CET	Coude Eşel Tayfi
R	Ayrırma Gücü
LTE	Yerel Termodinamik Denge
non-LTE	Yerel Termodinamik Denge'de olmayan
UV	Moröte Bölge
M_V	Mutlak görsel parlaklık
Δm_V	V bandı ışık değişim genliği
Pop I	Popülasyon I
Pop II	Popülasyon II
DAO	Dominion Astrofizik Gözlemevi
V_{ekvator}	Ekvator Dönme Hızı
RMT	Revised Multiplet Table

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 θ Leo ve σ Peg'e ait fotosferik bollukların Güneş'in değerlerinden olan farkları.....	6
Şekil 2.2 Bazı elementler için mikrotürbülans hızının atmosfer boyunca değişimi (Lobel 1992).....	12
Şekil 2.3 Bazı yıldızlar için non-LTE ve LTE karbon iyonizasyon dengesi (Przybilla 2001a).....	20
Şekil 2.4 Non-LTE analizi yapılan tüm metallerin her çizgisi için LTE ve non-LTE bolluklarının görünümü (Schiller & Przybilla 2008).....	24
Şekil 2.5 Mikrotürbülans ve radyal hızların zamana bağlı değişimi (Aydın 1972a)	29
Şekil 4.1 Yer atmosferi kaynaklı çizgilerden etkilenen bir bölge.....	45
Şekil 4.2 REDUCE programı ile sürekliliği belirlenmiş tayf örneği: 'Order' 48.....	46
Şekil 4.3 REDUCE programı ile sürekliliği belirlenmiş tayf örneği: 'Order' 49.....	47
Şekil 4.4 REDUCE programı ile sürekliliği belirlenmiş tayf örneği: 'Order' 50.....	48
Şekil 4.5 VLINE programı ile yapılan tayf ölçüm örneği : 'Order' 48.....	49
Şekil 4.6 VLINE programı ile yapılan tayf ölçüm örneği : 'Order' 52.....	50
Şekil 4.7 Paschen bölgesi ve komşuluğundaki çizgiler: 'Order' 1.....	77
Şekil 4.8 Paschen bölgesi ve komşuluğundaki çizgiler: 'Order' 2.....	78
Şekil 4.9 Bu çalışmada kullanılan RTT150 CET verilerine ilişkin eşdeğer genişliklerin Aydın (1972b) ile karşılaştırılması	81
Şekil 4.10 HD 39866'nın atmosfer parametre diyagramı.....	83
Şekil 4.11 HD 39866'nın RTT150-CET deki H_{β} bölgesi.....	84
Şekil 4.12 HD 39866'nın RTT150-CET deki H_{γ} bölgesi	85
Şekil 4.13 HD 39866'in element bolluklarının, atom numarasının (Z) fonksiyonu olarak, Güneş'in değerlerinden olan farkları.....	104
Şekil 4.14 Atom numarasının (Z) fonksiyonu olarak HD 39866, HD 43836 ve HD 222275 yıldızlarının Güneş'in değerlerinden olan bolluk farklılıkları.....	107
Şekil 4.15 HD 39866, Lac (4), ν Cep (N) ve Deneb (D) yıldızlarında dahil edilerek, B-türü süperdev ve bazı karşılaştırma yıldızlarının T_e - log g diyagramındaki dağılımı (McErlean <i>et al.</i> 1999).....	109

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 Kimyasal tuhaf yıldızların sınıflama şeması (Preston 1974).....	4
Çizelge 2.2 HD 39866'nın 13 renk fotometrisi (Alfaro <i>et al.</i> 1997 and Schuster 1984).....	26
Çizelge 2.3 HD 39866'nin 13 renk fotometrisinden elde edilen etkin sıcaklıklar (K) değerleri.....	26
Çizelge 2.4 HD 39866'nin Johnson UBV Fotometrik Sistem değerleri (kadir biriminde).....	27
Çizelge 2.5 HD 39866'nin Strömngren $ubv\beta$ Fotometrik Sistem değerleri (kadir biriminde).....	27
Çizelge 2.6 HD 39866'nin Geneva Fotometrik Sistem değerleri (kadir biriminde).....	27
Çizelge 2.7 HD 39866'nin literatürdeki atmosfer parametreleri	27
Çizelge 2.8 HD 39866'nın Balmer çizgilerinin radyal hızları (km sn^{-1}).....	31
Çizelge 2.9 HD 39866'nın radyal hızları (km sn^{-1})	32
Çizelge 3.1 RTT150 Coude Eşel Tayfçekerine ilişkin dalgaboyu aralıkları.....	34
Çizelge 3.2 HD 39866'nın gözlemsel eşel tayfının görüntü başlığı.....	35
Çizelge 3.3 HD 39866'nın bu çalışmada incelenen tayfının genel özellikleri.....	36
Çizelge 3.4 HD 39866'nın çizgi tanı listesinin bir örneği.....	39
Çizelge 3.5 Atomik veri kaynakları.....	42
Çizelge 4.1 Dönme hızının belirlenmesinde kullanılan tayf çizgilerine ilişkin bilgiler (merkezi dalgaboyu, çizgi şiddeti, dönme hızı değeri).....	43
Çizelge 4.2 Yer atmosferi kaynaklı (tellürik) çizgilerin etkileri.....	44
Çizelge 4.3 HD 39866 yıldızının çizgi tanı listesi.....	51
Çizelge 4.4 Ti II, Cr II, Fe I ve Fe II çizgilerinin eşdeğer genişliklerinin (mÅ) Aydın (1972b) ile karşılaştırılması.....	79
Çizelge 4.5 Fe I/II kullanılarak HD 39866 için iyonizasyon dengesi çalışmaları.....	82
Çizelge 4.6 Fe I ve Fe II çizgilerinden belirlenen mikrotürbülans hızları	86
Çizelge 4.7 Ti II ve Cr II çizgilerinden belirlenen mikrotürbülans hızları.....	86
Çizelge 4.8 HD 39866 için hesaplanan He/H değerleri.....	87
Çizelge 4.9 HD 39866 yıldızının element bollukları.....	88

Çizelge 4.10 HD 39866'nin kimyasal bollukları.....	102
Çizelge 4.11 HD 39866, HD 43836 ve HD 222275 yıldızlarına ilişkin bollukların Güneş'teki değerlerden olan farkları	105
Çizelge 4.12 HD 39866 ve v Her yıldızlarına ilişkin fotosferik görelî bollukların Güneş'teki değerlerden olan farkları.....	108
Çizelge 4.13 HD 39866 ve HD 222275 yıldızlarının C, N ve O bolluklarının Güneş'teki değerlerden olan farkları.....	110

1. GİRİŞ

Yıldızların ayrıntılı tayfsal analizlerinden elde edilen bilimsel sonuçlar, yıldız astrofiziğine ilişkin yararlı bilgiler sağlar. Uygun model atmosferler kullanılarak güvenilir yöntemlerden elde edilen atmosfer parametrelerinden yıldızların kimyasal bolluk analizleri başarılı bir şekilde gerçekleştirilir.

Bu çalışmada HD 39866 yıldızının kimyasal bolluk analizi gerçekleştirildi. HD 39866 yıldızını çalışma nedenlerimiz:

- 1) HD 39866, tayfları TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi (TUG)'nden temin edilen bir yıldızdır. Bu çalışma, HD 39866 (A2 II) yıldızının TUG'daki 1.5 metrelik Rus-Türk teleskobuna (RTT 150) bağlı Coude Eşel Tayfçekerisi ile alınan tayfsal verilerinin ($\lambda\lambda 3920-8750 \text{ \AA}$) ayrıntılı analizleri üzerinedir.
- 2) II ışınım sınıfından bir yıldız olan HD 39866'nın literatürde yer alan tek tayfsal çalışması vardır (Aydın 1972a, b).
- 3) HD 39866'nın analizi, TUG RTT150 tayfları kullanılarak gerçekleştirilmekte olan kimyasal bolluk analiz çalışmalarının bir parçasıdır (Dr. Kutluay Yüce ve Prof. Dr. Saul J. Adelman).

Bu tez çalışmasının amaçları aşağıdaki gibidir:

1. RTT150 CET verilerinin kimyasal bolluk analizlerindeki kullanılabilirliğini tespit etmek.
2. Tayf ölçümlerinde kullanılan REDUCE ve VLINE (Hill *et al.* 1982) programlarını TUG verilerine uygulamak.
3. Klasik çizgi tanı yöntemiyle yıldızın çizgi tanımlarını yapmak.
4. ATLAS9 (Kurucz 1995) atmosfer modellerini kullanarak HD 39866'nın atmosfer parametrelerini (etkin sıcaklık, yüzey çekim ivmesi, mikrotürbülans hızı) belirlemek.
5. Yüksek ayırma güçlü TUG verilerini ve modern ölçüm tekniklerini kullanarak seçilmiş model atmosferlerden yıldızın güvenilir fotosferik bolluklarını elde etmek.

6. HD 39866'nın TUG verileriyle elde edilen tayfsal sonuçlarını kullanarak yıldızın evrim durumunu irdelemek.

Bu çalışma, tayf ölçüm teknikleri ve kullanılan yöntemler bakımından Kutluay Yüce'nin doktora tezi (4 Lac:B9 Iab ve v Cep:A2 Ia; 2003), Tolgahan Kılıçoğlu'nun master tezi (20 CVn:F2 III; 2008), Canan Şahin'in dönem sonu projesi (HD 43836:B9 II; 2008) ve Adelman *et al.* (2008)'nin "Elemental abundances from DAO spectrograms" (bkz., iki adet F tayf türünden süperdev yıldız: v Her ve 41 Cyg) çalışmalarına benzer şekilde gerçekleştirilmiştir. Venn (1995a, b)'in benzer tür süperdevleri incelerken kullandığı tekniklerin ilk olarak Şahin (2008)'de daha sonra bu çalışmada kullanılarak başarılı olması bu tekniklerin TUG verilerine de uygulanabileceğini göstermektedir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1 A Türü Yıldızların Tayfsal Karakteristikleri

HD 39866 düşük ışınım sınıfına ait A tayf türünden bir süperdev yıldızdır. Bu bölümde A türü süperdevlerin tayfsal karakteristiklerini literatür bilgisi ışığında anlamaya çalışalım.

Önemli pratik avantajlar sunan A tayf türü yıldızlar, bazı gözlemsel karakteristiklere sahiptir. Bu yıldızlar, görünür bölge tayflarında moleküler çizgilere sahip olamayacak kadar sıcak yıldızlardır. Bu durum, onlara daha geç tayf türü G, K ve M yıldızlarından çok daha kolay tayfsal analiz yapma imkanı sağlar. A tayf türü yıldızlar, bu tayf bölgesinde zengin tayf çizgilerine sahip olabilecek kadar soğuk yıldızlardır. Ayrıca, kuvvetli Balmer çizgilerine ve bu çizgilere göre daha zayıf bir çok çizgiye sahiptir. Çizgilerin sayısı ve çizgilerin 'blend' olma derecesi F yıldızlarına doğru gidildikçe hızla artar. A yıldızları, tayflarında He I çizgilerinin daha az görülmesi nedeniyle B yıldızlarından sınıflama olarak kolaylıkla ayrılırlar. F tayf türünden yıldızlar çok sayıda ve daha güçlü metal çizgilerine sahiptir. Bu nedenle, A türünden yıldızlar çok temiz bir tayfa (F-K türünden yıldızların kalabalık tayflarının aksine) ve blend olmamış birçok önemli tayfsal çizgiye sahip oldukları için ideal bolluk belirteçleridir.

Sıcak A yıldızları hemen hemen radyatif dengede olan atmosferlere sahiptir. Orta A tayf türü yıldızlarda enerji taşınmasında konveksiyon rol oynamaya başlar. Bu olayın meydana gelmesi, azalan sıcaklık ve yüzey çekim ivmesi ile artış gösterir.

Sıcak O ve B yıldızlarının yıldız rüzgarlarına sahip atmosferleri soğuk F-G yıldızlarının konvektif atmosferleriyle karşılaştırıldığında A türünden yıldızların atmosferleri görece olarak daha sakinidir. Bu sakinlik çeşitli ilginç olayların varlığına imkan vermektedir. Bu atmosferik sakinlik uzun zaman ölçeğinde farklı kimyasal tuhaflıkların ve manyetik alan yapılarının gelişmesini sağlar.

Helyum elementi, A türü yıldızların atmosferlerinde nötr durumda bulunabilir. Fakat sürtünmeden dolayı yeteri kadar hızlandırılmadığı için oluşan yıldız rüzgarlarında helyum bulunmayabilir. Bu nedenle bazı A yıldızlarının atmosferlerinde helyum bolluğu daha fazla olacaktır. Ancak bu etkiler, helyum bakımından zengin B yıldızları dışında kalan geç B yıldızları için meydana gelir. Krticka ve Kubat (2004)'ın modeli, Hunger ve Groote (1999) tarafından önerilen helyum bakımından zengin B yıldızlarının atmosferlerindeki helyum zenginliği modelini desteklemez. Krticka ve Kubat, çoklu bileşenli etkilerin yıldız rüzgarlarına sahip A yıldızları için çok önemli olabileceğini göstermiştir. Sonuç olarak, düşük ışınım gücüne sahip A yıldızları ya sadece metalik rüzgara sahiptir ya da yıldız rüzgarına sahip değildir.

2.2 A Türü Yıldızların Kimyasal Karakteristikleri

Kimyasal olarak tuhaf yıldızlar (literatürde CP ile gösterilir), tayflarında bazı elementlerin anormal olarak güçlü ya da zayıf soğurma çizgilerinin varlığı ile tanımlanır. Bu yıldızlar ilk kez Morgan (1933) tarafından, ışınım gücü-uyarılma sıcaklığının fonksiyonu olarak, - Mn, Si, Eu, Cr, Sr – elementlerinde görülen baskın tuhafliklarla tanımlanmıştır. Kimyasal tuhaf yıldızlara ilişkin bir sınıflama şeması Çizelge 2.1'de görüldüğü gibidir.

Çizelge 2.1 Kimyasal tuhaf yıldızların sınıflama şeması (Preston 1974)

Özellikler						
CP Grup	Tür/İsim	Kriter	Dönme	Frekans	Dönemlilik	Sıcaklık
1	Metalik çizgi (Am)	zayıf Ca II ve/veya Sc II; zengin ağır metaller	yavaş	yüksek	Anormal	7000-10000 K
2	Manyetik Ap	zengin Si, Cr, Sr, Eu	yavaş	düşük	anormal	8000-15000 K
3	HgMn	zengin Hg II λ 3984	çok yavaş	normal?	anormal?	10000-15000 K
4	He-zayıf	Q(Sp) > Q (UBV)	yavaş?	?	?	13000-20000 K?

Bir yıldızın A türü olarak adlandırılması tayfsal sınıflamanın bir sonucudur. Yüzyıllık astrofizik bilgilerinin sonuçları kullanılarak kimyasal tuhaf yıldızlar, normal yıldızlardan ayrılabilmiştir. Charles Cowley, görünürde normal yıldızların (superficially normal stars) tayflarının normal görüldüğünü fakat yüksek çözünürlüklerde normal

yıldız tayflarına ilişkin özelliklerin bulunmadığını belirledi. Adelman (2004)'a göre birçok Civa-Mangan (HgMn) yıldızı ve marjinal metalik çizgili yıldızlar bu gruba aittir. Manyetik alanın etkisinden dolayı tüm manyetik CP yıldızları tuhaf adlandırılan atmosferlere sahiptir. Manyetik özellikli olmayan A yıldızları normal yıldızların atmosfer yapısına yakın bir atmosfer yapısına sahiptir. Bu durumda, çoğu element bollukları atmosferi çok iyi karakterize eden yıldız fotosfer modeli kullanılarak belirlenir.

Adelman, ekvatoryal hızları belli bir değerden daha düşük değere sahip olan yıldızların kesinlikle tuhaf yıldızlar olduğu konusunda Abt (2000) ile aynı fikirdedir. Adelman'ın kavramsal modeli, yeterince hızlı dönen yıldızların fotosferlerinin tamamının normal bolluklara sahip olması temeline dayanır. Yıldızın yerel dönme oranı, kritik bir değer altına düştüğü zaman, kutup bölgeleri tuhaf bolluklar göstermeye başlar. Dönme hızı daha çok düşerse normal bolluklu bölge, bolluklar bütün yüzey boyunca tuhaf olana kadar azalır, fakat hepsi aynı yapıda olmak zorunda değildir.

Büyük kütleli yıldızlar ve dev yıldızlar, güçlü rüzgarların belirtilerini gösterir. Düşük kütleli anakol yıldızları ise derin ve güçlü zarf konveksiyonunun varlığından çok fazla etkilenir. Anakol A yıldızları, bazı fiziksel etkilerin görülebildiği bir yıldız grubudur. Bu etkiler, gözlemsel olarak belirlenebilir; büyük ve görel olarak basit manyetik alanlar, güçlü yüzey konveksiyonu, pulsasyon vb. dir. A tayf türünden yıldızlar, tüm bu etkilerin birbirleriyle olan ilişkilerini ve fiziğini anlamak için son derece kullanılabilir bir laboratuvar olarak düşünülebilir.

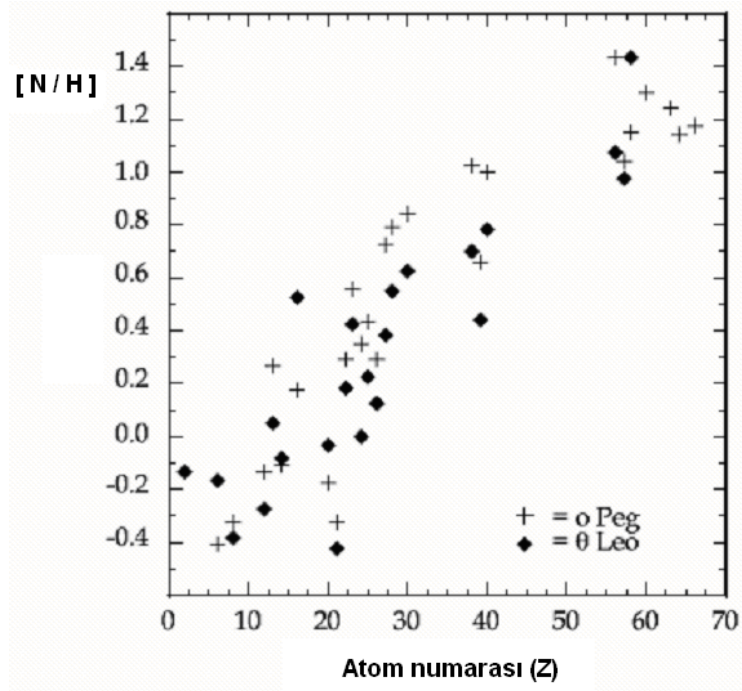
2.2.1 Am ya da metalik çizgili yıldızlar (Preston'un CP1 yıldızları)

Am yıldızları ilk kez Titus & Morgan (1940) tarafından kimyasal tuhaf yıldızlar olarak farkedilmiştir. Sonraki çalışmalarda gözlenen tüm *Am* yıldızlarının yavaş dönen yıldızlar ($V_{\text{ekvator}} \sim 100 \text{ km sn}^{-1}$) olduğu belirlendi. Bu yıldızlarda C, N, O ve Ca bollukları genelde Güneş'tekine göre daha az bolluk gösterirken, demir grubu elementler daha fazla bolluk gösterir. Bu bolluk anormalliklerinin, gezegen soğurması, kütle kaybı, türbülans gibi farklı fiziksel süreçlerden kaynaklandığı belirtilmiştir

(Michaud 2005). Roman *et al.* (1948), *Am* ya da metallik çizgili (Preston'un CP1) yıldızların tayf türlerinin aşağıdaki bağıntıya uyduğunu belirtir:

$$\text{Tayf türü (Ca II K çizgisi)} < \text{Tayf türü (Balmer çizgileri)} < \text{Tayf türü (metallik çizgiler)}$$

Daha sonra Conti (1970), zayıf K çizgili yıldızları bu sınıfa ekleyerek ya da bu yıldızların yerine zayıf Sc II çizgili yıldızları dahil ederek bu sınıfı genişletmiştir.



Şekil 2.1 θ Leo ve *o* Peg'e ait fotosferik bollukların Güneş'in değerlerinden olan farkları

Atom numarasına (Z) göre Si/Sr değerinin değişimi anormallik değişiminin bir ölçüsüdür. $\log \text{Si}/\log \text{Sr}$ nin Güneş'teki değeri 4.58 dex dir. *Am* olgusunun belirteci, atom numarası ile element bolluk anormalliklerindeki artıştır. Bu durum Şekil 2.1'de, birer sıcak *Am* yıldızı olan θ Leo (A2 V) ve *o* Peg (A1 IV) için görülmektedir (Adelman *et al.* 2004).

Mathys & Lanz (1990), *o* Peg'in tayf çizgilerinin genişlemesinden ve Fe II çizgileri ($\lambda\lambda$ 6147.7 ve 6149.2 Å) arasındaki manyetik yoğunlaşmadan yıldızın 2 kG mertebesinde bir manyetik alanın varlığından bahseder. Lanz & Mathys (1993), benzer

yolla, iki sıcak *Am* yıldızında da (HD 29173; A1m ve HD 195479A; A1m) manyetik alanın varlığını ortaya koydular.

Radyatif difüzyon, CP yıldızlarında çeşitli kimyasal tuhaflıkları açıklayabilir (Aret & Sagar 2002). Bir yıldızda, her yıldızda görülmesi beklenen bazı tayfsal karakteristiklerin gözlenemeyişini ve bolluklarda görülen bazı farklılıkların/tuhaflıkların meydana gelişini açıklamak için aslında biraz erken. Bu konuda difüzyon teorisi denen ve element dağılımlarını tahminde kullanılan bilimsel yaklaşımlar şimdilik yetersizdir (Charles Cowley, 2006 yazılı görüşme).

2.2.2 Manyetik özellikli CP yıldızları (mCP) (Preston'un CP2 yıldızları)

Manyetik özellikli CP yıldızları, tayflarında (125 \AA mm^{-1}) görülen Sr, Cr, Eu, ve Si elementlerinin çizgi anormalliklerine sahiptir. Bu tür yıldızlar, manyetik alan tespit edilen tuhaf B ve A yıldızlarını da kapsar. Bu yıldızların çoğu tayfsal, fotometrik ve manyetik değişim gösterirler. A türü yıldızlar, yıldız manyetizması çalışmalarının tarihinde özel bir yere sahiptir. 78 Vir, Güneş'in dışında manyetik alanın tespit edildiği ilk yıldızdır (Babcock 1947).

Manyetik özellikli kimyasal tuhaf yıldızlar (CP2), üst ve orta anakol yıldızlarıdır, tayflarında anormal kimyasal bolluklar ve farklı enerji dağılımlarıyla karakterize edilirler. Güçlü manyetik alan, CP yıldızların tayfında ve atmosferlerinde önemli etkilere sahiptir. Bu yıldızlarda artan çizgi donukluğunun, manyetik alan şiddeti ve metalik miktarı ile artmasından dolayı sıcaklık anormalleşir. Manyetik CP yıldızları, görünür ve moröte bölgelerde, normal yıldızların aksine birçok genişlemiş çizgi profil özelliklerine sahiptir. Görsel bölgedeki en baskın özellik $\lambda 5200 \text{ \AA}$ çizgisinin merkezidir. Saul J. Adelman'ın spektrofotometrik çalışmaları bu özelliklerin mCP yıldızları için optik bölge belirteçleri olduğunu gösterir.

CP yıldızları için yapılan Hipparcos paralaks analizi (Gomez *et al.* 1998), bu yıldızların anakol bandının genişliği boyunca normal yıldızlardan farklı dağılım sergilemediklerini gösterdi. Hubrig *et al.* (2000a), bazı CP2 yıldızlarının ($M < 3M_{\odot}$) kütleli yıldızlarda,

polarize olmayan tayfta çözümlenmiş Zeeman bölünmesi gösteren ve küçük dönme hızlarına sahip) Hipparcos verilerini kullanarak bu yıldızların anakol ömrünün en az %30'unu tamamladıktan sonra önemli bir manyetik alan ve kimyasal tuhaflığa sahip olacağı sonucuna varmıştır. Manyetik özellikli CP yıldızlarının yüksek çözünürlüklü görünür bölgeye ait tayfsal verilerinin analizi, atmosferlerinde bolluk katmanlarının varlığını açıkça ortaya koymuştur. Benzer sıcaklığa ve çok farklı manyetik alan şiddetine sahip yıldızlar için (HD 188041 ve HD 133972) bolluk katmanlarında sadece küçük bir fark vardır (Ryabchikova *et al.* 2005). Yıldız atmosferlerinde meydana gelmiş olan bu farklı bolluk katmanları, manyetik alandan çok sıcaklıkla yönetilir. CP yıldızlarının atmosferlerinde element ayırım sürecinde sıcaklık ana rolü oynar.

Bu tür yıldızlarda nadir toprak elementler (REE) önemli bir yere sahiptir. Çünkü bu elementlere ait çizgiler, özellikle soğuk CP2 yıldızlarının atmosferlerindeki pulsasyonla ilgili oldukça önemli bilgiler sağlar (Kochukhov & Ryabchikova 2001, Kurtz 2005).

Geleneksel yollarla yapılan tayfsal incelemeler, yıldızları manyetik özellikli ve manyetik özellikli olmayan yıldızlar olarak iki paralel gruba ayırır. Manyetik özellikli olmayan kimyasal tuhaf yıldızlar (nmCP) HgMn, sıcak-Am, Am ve Fm yıldızlarını içerir. Bu yıldız türlerine ilişkin gözlemsel karakteristikler, tüm sıcaklıklarda (He, C, N, O) element bolluklarının azalması ya da (Nd, Pr, Ce, Ba, Sr) bolluklarının artmasını içerdiği gibi artan sıcaklıkla (Mn, P, Ca, Sc, Ti, Y, Zr) nın artması ya da (Ni, Al, S) nın azalması şeklinde karşımıza çıkar. Manyetik yıldızların modellenmesi, yüzeylerindeki bolluk farklılıklarından dolayı oldukça zordur.

2.2.3 Civa-Mangan yıldızları (HgMn) (Preston'un CP3 yıldızları)

CP3 yıldızları tipik olarak geç B türü yıldızlardır. Tuhaflıklarının derecesi sadece yüksek çözünürlüklü tayfta daha görünür hale gelir. Civa-Mangan (HgMn) yıldızı olarak da adlandırılan bu yıldızlar, anormal olarak güçlü mangan çizgilerine ve genellikle Hg II'nin $\lambda 3984$ çizgisine sahiptir.

Manyetik özelliklere sahip olmayan CP yıldızlarının kolu olarak oluşan bu tür yıldızların, manyetik alana sahip olmadıkları Auriere *et al.* (2005) tarafından gösterilmiştir. Son zamanlarda Adelman *et al.* (2003), soğuk HgMn yıldızlarının sıcak Am yıldızlarına evrimleştiğini göstermiştir. Bu sınıfların benzerlikleri teorik astrofizikçilerin civa bolluğuyla ilgili test yapmalarına imkan sağlamaktadır.

Çoğu HgMn yıldızı, B9 ya da bu sınıfa yakın bir tayf türü olarak sınıflandırılır. Adelman (2003), erken A tür yıldız olan ν Cnc isimli yıldızı en soğuk HgMn yıldızı olduğunu belirledi. Bir HgMn yıldızı olan α And'ın Hg II λ 3984 çizgisinde dönemli profil değişimi (Wahlgren *et al.* 2001, Adelman *et al.* 2002) keşfedilmiş ve bunun nedeni olarak da civanın bu yıldızın yüzeyindeki homojen olmayan dağılımları gösterilmiştir.

2.2.4 Helyum bakımından fakir yıldızlar (Preston'un CP4 yıldızları)

Bu tür yıldızlar, tuhaf B yıldızlarıdır. Bu yıldızlar, sıcak mCP (CP2) ve HgMn (CP3) yıldızlarının karışımıdır. He-zayıf ve HgMn yıldızlarının gözlemleri, tayflarında helyum, platin ve civa (He, Pt, Hg) elementlerinin çizgi profillerini ve çizgi kaymalarını gösterir.

2.2.5 Erken tayf türünden süperdev yıldızlar

Ia ve Ib ışınım sınıfından A tayf türü süperdev yıldızlar, görünür bölgede en parlak yıldızlar olarak bilinirler. Bu özellikleri, onları, diğer gökadalarda da gözlenebilir ve analizi için ideal yıldızlar yapar. A türü süperdevler, evrimleşmiş büyük kütleli yıldızlardır ve bunların hafif element bollukları yıldızın evrim çalışmalarında kullanılır. Erken tür süperdevler, mavi ve kırmızı süperdevler arasındaki evrimsel bağlantıyı sağlar, bundan dolayı A süperdevlerin çalışmaları HR diyagramının sağ üst kısmındaki yıldız evrimi teorileri için çok önemlidir. A türü süperdevler, genç ($\sim 10^7$ yıl), büyük kütleli (5-25 M_{\odot}) yıldızlardır ve \sim B0-B5 anakol yıldızlarından evrimleşmişlerdir. Tayflarında birçok element örneği; (He, B, CNO, α -elementleri; Mg, Si, S, Ca, Sc, Ti, demir-grubu elementleri; Cr, Mn, Fe, Ni, ve s-process elementleri; Sr, Zr, Ba) olduğu

için, bu yıldızların ayrıntılı tayfsal analizleri yıldız astrofiziğinde oldukça kullanışlıdır. Ayrıca bu yıldızlar oldukça parlak ($\log L/L_{\odot} \sim 3 - 5$) ve diğer galaksilerin optik araştırmalarında görülen en parlak yıldızlardır (Venn 1998).

A tayf türünden süperdev yıldızların atmosferlerindeki yerel termodinamik dengeden ayrılma (non-LTE) etkileri, model atmosfer yapısı üzerinde çizgi örtüşme etkilerinden daha az önemlidir (Przybilla 1997). Ib gibi düşük ışınım sınıfından A türü süperdevler, önemli ölçüde yıldız rüzgar etkileri ve yerel termodinamik dengeden sapmalar (özellikle fotosferin daha derin katmanlarında oluşan çizgiler için) göstermediği tahmin ediliyor (Venn 1999 a, b). II ışınım sınıfına ait A ve B tayf türünden süperdev yıldızları çalışmak kolaydır. Çünkü bu yıldızların fotometrik değişimleri azdır ve atmosferleri düzlemsel paralel modellerle temsil edilebilir. Balmer çizgilerinin kullanılması yerel termodinamik denge varsayımı (LTE) çalışmalar için, non-LTE ve kütle kaybı etkilerinden dolayı sınırlanır. Özellikle H_{α} profili, A türü süperdev yıldızlarında yıldız rüzgarlarının en hassas görünen belirteçidir. Çizgilerin biçimi üzerine yıldız rüzgarının etkisi H_{α} dan H_{δ} ya doğru azalır.

A türü süperdevler evrimleşmiş yıldızlar olduğu için bu yıldızlarda büyük ölçüde kütle kaybı gerçekleşir. Fakat, OB yıldızlarının çalışmalarıyla karşılaştırıldığında A türü süperdevlerin fotosferik ve rüzgar özelliklerini içeren çalışmalar azdır. Rüzgar etkisi bu yıldızların tayflarında O ve B yıldızlarından daha azdır. A süperdev yıldızlarındaki kütle kaybı süreçlerini kapsayan mekanizmalar hala belirsizdir (Verdugo 1999).

Lüteratürde A türü süperdev yıldızlarının element bolluk analizlerine ilişkin az sayıda çalışma vardır. Bunlara kronolojik olarak bakılacak olursa:

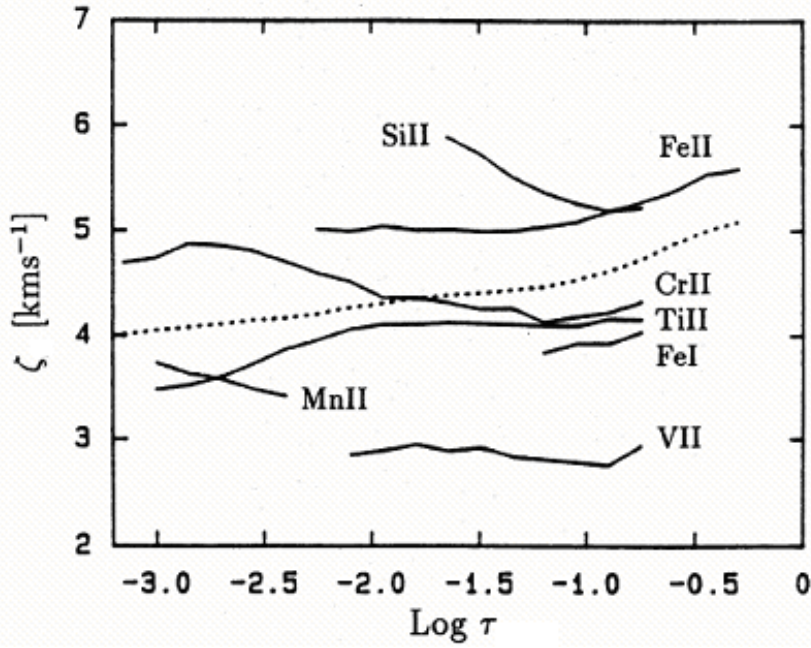
i) Przybylski (1969) tarafından iki süperdev yıldız çalışılmıştır. HD 87737 (η Leo; A0 Ib) ve HD 46300 (13 Mon; A0 Ib) isimli yıldızların etkin sıcaklıkları Fe I ve Fe II çizgilerinin iyonizasyon dengesinden, yüzey çekim ivmeleri ise Balmer çizgilerinden yararlanılarak hesaplanmıştır.

ii) Wolf (1971), düşük ışınım gücüne sahip bir yıldız olan η Leo (A0 Ib)'nin fotosferik element bolluklarını belirledi. Yıldızın Lick Gözlemevi'nden alınan 2 tayfi ve

Mt. Wilson Gözlemevi'nden alınan 11 tayfi kullanılarak 560 çizginin eşdeğer genişliği ölçülmüştür. Ayrıca, Kurucz'un henüz ayrıntılı çizgi örtüşmesi dahil edilmemiş model atmosferleri kullanılarak atmosfer parametreleri belirlenmiştir. η Leo'nun atmosfer parametrelerinin $T_e = 10400 \pm 300$ K, $\log g = 2.05 \pm 0.2$ olduğu ve mikrotürbülans hızının optik derinliğe bağlı olarak 2 - 10 km sn⁻¹ aralığında değiştiği de belirlendi.

iii) Aydın (1972a, b), içlerinde HD 39866 yıldızının da bulunduğu 5 adet A türü süperdev yıldızın tayfsal analizini gerçekleştirdi. Haute Provence Gözlemevi'nin 193 ve 152 cm çaplı teleskoplarına bağlı coude tayfçekerleriyle elde edilen 12.4 Å/mm dispersiyona sahip fotoğrafik tayflarını kullandı. Aydın (1972a), yıldızların atmosfer parametrelerini gözlemsel H β , H γ çizgileri ve Balmer süreksizliğinin Mihalas (1965) tarafından oluşturulan kuramsal profilleriyle karşılaştırılmasından elde etti. Ayrıca, büyüme eğrisi yöntemiyle yıldızların atmosfer parametrelerini (sıcaklık, yüzey çekim ivmesi ve mikrotürbülans hızı) ve Cr, Fe, Ti elementlerinin bolluklarını Deneb'in değerlerine göre belirlemiştir. Aydın'ın çalışmasında yer alan Ia dan Ib ye doğru A türü süperdev yıldızların atmosferlerinde mikrotürbülans hızının (ξ) elementten elemente değiştiği bulunmuş ve bu değişim için ξ (Fe II) > ξ (Ti II, Cr II) > ξ (Fe I) ilişkisi ortaya konulmuştur.

iv) Lobel *et al.* (1992) η Leo (A0 Ib)' nun daha önce Wolf (1971) tarafından elde edilen 47 adet Fe I ve 71 adet Fe II çizgisinin eşdeğer genişlik verilerini temel alarak atmosfer parametrelerini tekrar elde etti. Bu çalışmanın amacı mikrotürbülans hızının derinliğe bağlılığını incelemektir (Şekil 2.2). η Leo'nun atmosfer parametreleri $T_e = 10200 \pm 370$ K ve $\log g = 1.9 \pm 0.4$ ve demirin kimyasal bolluğu $\Delta \log Z$ (= Güneş'teki değerlere göre karşılaştırılan logaritmik bolluk) = 0.14 ± 0.10 olarak bulunmuştur. Şekil 2.2'nin ana sonucu, mikrotürbülans hızının ortalama değerinin atmosfer derinliğine bağlı olarak değişimidir (Lobel 1992).



Şekil 2.2 Bazı elementler için mikrotürbülans hızının atmosfer boyunca değişimi (Lobel 1992). Noktalı çizgiler tüm elementler için ortalama değerleri göstermektedir.

v) Venn (1995a, b), 5-20 M_{\odot} kütle aralığında 22 adet Galaktik A türü süperdev yıldızın atmosfer parametrelerini ve yerel termodinamik denge varsayımı metal bolluklarını belirledi. Analizlerinde, Ağustos 1990 ve Ocak 1993 tarihleri arasında McDonald Gözlemevi'ndeki 2.1-m ve 2.7-m teleskoba bağlı coude tayfçekkerleriyle alınan tayfsal veriler kullanılmıştır. Tayfların sinyal/gürültü değeri yaklaşık 100 – 150, çözünürlükleri ise 0.07-0.25 \AA pixel⁻¹ aralığındadır. Her bir yıldızın model atmosfer analizi Kurucz'un ATLAS9 model atmosferleri kullanılarak yapılmıştır. Seçilen model atmosferin iyi bir yaklaşım vermesi için incelediği yıldızları, düşük ışınım sınıfı Ib ve II yıldızları ile sınırlamıştır. Program yıldızlarının 9 tanesi II ışınım sınıfından süperdev yıldızdır. Bunların iki tanesi erken A süperdev yıldızdır: HD 222275 (A3 II) ve HD 175687 (A0 II).

Venn, incelediği yıldızların atmosfer parametrelerini bazı tayfsal belirteçlerden elde etmiştir: Gözlenen $H\gamma$ profillerinin Kurucz'un çizgi örtüşmeli model atmosferlerini (Kurucz 1979) kullanarak oluşturduğu profillerle karşılaştırılmasından ve magnezyumun (Mg I/II) iyonizasyon dengesinden. İyonizasyon dengesi, aynı atmosfer

parametre (etkin sıcaklık, yüzey çekim ivmesi) değerleri kullanılarak bir elementin ardışık iyonlaşma durumuna ait çizgilerinden elde edilecek bollukların eşit olması temeline dayanır. Venn, Mg I ve Mg II çizgilerinden elde ettiği magnezyum bolluklarını inceleyerek non-LTE etkisinin magnezyumda küçük olduğunu fakat Fe I bollukları üzerinde daha etkili olduğunu belirledi, bu yüzden Fe I/II iyonizasyon dengesi zayıf atmosferik belirteç olduğu bildirilmektedir. Ayrıca Si I/II için iyonizasyon dengesinden elde edilen atmosfer parametrelerinin Mg I/II den elde edilen parametrelere benzer olduğunu bundan dolayı da diğer güvenilir atmosferik belirtecin Si olabileceği sonucuna varmıştır. H_{γ} çizgi kanatlarının kuramsal profillerle karşılaştırılmasındaki belirsizlik 10.000 – 8000 K sıcaklık aralığındaki yıldızlarda daha küçüktür. Bu sıcaklıklar arasında, H_{γ} kanatları azalan sıcaklık ya da artan yüzey çekim ivmesi ile genişlemektedir. Bu yüzden Venn, yıldızların atmosfer parametrelerinin en uygun değerlerini elde etmek için Kiel diyagramını kullanmıştır. Bu sıcaklık aralığında $\log g$ deki hata miktarı (T_e sabit tutulursa) $\Delta \log g \sim \pm 0.1$, sıcaklıktaki hata miktarı ($\log g$ sabit tutulursa) ise 300 – 150 K aralığındadır.

Venn'in bu çalışmasında yıldızların kimyasal element bollukları, her yıldız için eşdeğer genişlikten bağımsız olarak Fe II, Ti II ve/veya Fe I çizgilerinden elde edilen mikrotürbülans hızı (ξ) kullanılarak ve model atmosfer yardımıyla hesaplanmıştır. Model atmosferler düzlem-paralel geometri, hidrostatik denge ve yerel termodinamik denge varsayımı ATLAS9 (Kurucz 1979, 1991) programından üretilmiştir. ATLAS9 modelleri ayrıca A süperdev yıldızları için önemli donukluk kaynağı olan çok ayrıntılı çizgi örtüşmesinin tanımını da içermektedir. A türü süperdevlerdeki birçok elementin güvenilir bollukları LTE çizgi örtüşmeli model atmosfer analizinden belirlenebilir. Venn Mg I, Mg II, Si I, Si II, Sc II, Ti II, Cr II, Fe II ve Ni I'nin zayıf çizgilerinin bolluğunu Güneş'teki bolluk değerinde bulmuştur ve bulunan bu bolluklar etkin sıcaklık ya da yüzey çekim ivmesiyle az eğilim gösterir ya da hiç eğilim göstermez.

Venn bu çalışmasında ortalama bollukları hesaplamak için sadece zayıf çizgileri kullanmıştır. Çünkü bu çizgiler non-LTE, küresel genişleme ve mikrodeğişim etkisine daha az duyarlıdır. 200 mÅ den zayıf çizgiler kullanılarak yapılan tayfsal analizlerde mikrotürbülans hızındaki 1 km sn^{-1} lik değişimin bolluk sonuçlarına etkisi 0.1 dex den

daha azdır. Tüm bu sonuçlar, bu türden yıldızların kimyasal bolluk analizlerinin kolayca çözülen bir problem olduğunu ortaya koyar (Venn 1995a). Çizgi çok güçlü olduğu zaman atmosfer yapısındaki küresellik gibi bazı etkiler önemli hale gelebilir, çizgi atmosferin üst kısımlarında olduğu zaman, yıldızın dış katmanlarında ihmal edilen non-LTE etkiler, yıldız rüzgarları ve mikrotürbülans daha önemli hale gelerek non-LTE etkiler önemli olabilir (Lemke & Venn 1996).

vi) Verdugo (1999a, b) Ia, Iab ve Ib ışınım sınıfına ait bazı yıldızları incelemiştir. Bu çalışmada yıldızların atmosfer parametreleri belirlenirken tayfsal belirteç olarak Balmer çizgilerinin kanatları kullanılmıştır. Verdugo *et al.* literatürden A türü süperdevlerin ışınım güçleri ve tayf türlerine ilişkin farklı araştırmacıların bulduğu sonuçları içeren bir liste de hazırladı. Verdugo *et al.* (1999b)'nın bu çalışmalarında atmosfer parametrelerini belirlemek için yeni çizgi örtüşmeli Kurucz LTE model atmosferlerini kullanarak Schmidt-Kaler'in (1982) kalibrasyonu gibi kalibrasyonların Galaktik A türü süperdevlere uygulanabilirliği araştırıldı.

vii) Venn (1999), Küçük Macellan Bulutu (SMC)'ndeki Ia, Iab ve Ib ışınım sınıfına ait olan (II ışınım sınıfından yıldızlar dahil edilmemiştir) 10 adet A türü süperdev yıldızın atmosfer parametrelerini ve onların element bolluklarını (N, O, Na, Mg, Si, Ca, Sc, Ti, Cr, Fe, Sr, Zr, ve Ba) belirledi. Tayfsal veriler, Eylül ve Kasım 1995 tarihleri arasında European Southern Gözlemevi'ndeki 3.6 metrelik teleskopla alınmıştır. Çalışmada kullanılan tayfların S/G oranı 70-120 aralığındadır. Atmosfer parametreleri sıcaklık ve yüzey çekim ivmesine duyarlı olan iki tayfsal belirtecin yakınsadığı noktadan belirlenmiştir. Belirteçlerden biri Balmer (H_γ ve H_δ) çizgi kanadının profilidir. Diğer tayfsal belirteç ise magnezyumun iyonizasyon dengesidir ($\log \text{Mg I} / \text{H} = \log \text{Mg II} / \text{H}$). Bu çalışmada yıldızların mikrotürbülans hızı çeşitli çizgi şiddetine sahip yeterli sayıda demir, titanyum ve kromun iyonize çizgilerinden belirlenmiştir. Düşük ışınım sınıfına ait A türü süperdev yıldızların (ışınım sınıfı Ib dahil) önemli ölçüde yıldız rüzgar etkileri, mikrodeğişim ya da LTE'den ayrılmalar (fotosferin daha derin katmanlarında oluşan çizgiler için) göstermediği tahmin ediliyor (Venn 1999 a,b). SMC ve Galaksimizdeki Ia ve Ib süperdevleri arasında belirgin bolluk farklılıkları olmamasına rağmen, bu yıldızların analizleri, analizlerde dikkate alınan kriterler nedeniyle güvenilir bolluk sonuçları vermelidir (Venn 1995a, b).

Yıldız evrimi süresince, yıldızın yüzeyindeki saf gaz ile hidrojen yanma bölgesinin bulunduğu iç katmanlar karışabileceği için element bollukları Venn'in yıldızlarının evrim durumunu açıklamak için kullanılmıştır.

viii) Albayrak (2000) tarafından A2 Iae tayf türünden Deneb yıldızının Dominion Astrofizik Gözlemevi (DAO)'nde elde edilmiş yüksek ayırma gücüne ve yüksek sinyal/gürültü (>250) değerine sahip tayfları ve ATLAS9 LTE model atmosferleri kullanılarak yıldızın bolluk analizi gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, Deneb yıldızının atmosfer parametreleri, Mg I/II ve Fe I/II iyonizasyon dengesinden, gözlemsel ve kuramsal H_γ profillerinin karşılaştırılmasından ve optik bölge spektrofotometrisinden $T_e = 9000$ K ve $\log g = 1.45$ olarak belirlenmiştir. Mg I, Mg II, Si II, Ti II, Cr II, Fe I ve Fe II çizgilerinden mikrotürbülans hızını sırasıyla, 3.60, 6.50, 8.50, 11.90, 3.60 ve 10.40 km sn^{-1} olarak hesaplamıştır. Albayrak, nötr ve bir kere iyonize olmuş magnezyum ve demir çizgilerinden elde edilen mikrotürbülans hızları arasında belirgin farklılıklar olduğunu, ayrıca bu hızların diğer türlerden elde edilen hızlara göre daha küçük değerlere sahip olduğunu belirtir. Diğer atomik türler için ortalama mikrotürbülans hızı 7.00 km sn^{-1} kullanmıştır. Sentetik ve gözlenen tayfların karşılaştırılmasından yıldızın dönme hızı 10.40 km sn^{-1} , makrotürbülans hızı $\zeta = 14.00 \text{ km sn}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır. LTE varsayımı altında atmosferindeki He, CNO, hafif elementler, demir grubu elementler, ağır elementler ve nadir toprak elementlerinin bolluklarını tespit etti. Bu çalışmaya göre Deneb, helyum bakımından Güneş'e göre 0.15 dex daha fakirdir. Güneş'in değerleriyle karşılaştırıldığında Deneb karbon bakımından 0.34 dex daha fakir, azot ve oksijen bakımından ise sırasıyla, 0.63 dex ve 0.25 dex daha zengindir.

ix) Yüce (2005), Dominion Astrofizik Gözlemevi'ndeki 1.2 m teleskoba bağlı Reticon ve CCD dedektörleri ve yüksek kaliteli tayfsal veriyi kullanarak iki süperdev yıldız 4 Lac (B9 Iab) ve v Cep (A2 Ia)'in kimyasal bolluk analizini gerçekleştirmiştir. Atmosfer analizini, LTE paralel düzlemlili model atmosfer kodu olan ATLAS9 programını kullanarak gerçekleştirmiştir. Yüce, bu iki süperdev yıldızın atmosfer parametrelerini iki belirteçle belirledi: Gözlemsel ve kuramsal Balmer çizgi (H_β , H_γ) profillerinin karşılaştırılmasından, ve v Cep için demir ve kromun iyonizasyon

dengesinden, 4 Lac için ise demir ve silisyumunun iyonizasyon dengesinden. Elde edilen en iyi atmosfer parametre çiftleri kullanılarak Kiel Diyagramı oluşturulmuş ve sonuç değerler elde edilmiştir. 4 Lac'ın atmosfer parametreleri $T_e = 10350$ K ve $\log g = 1.92$, ν Cep'in ise $T_e = 8500$ K ve $\log g = 1.25$ olarak belirlenmiştir. 4 Lac'ın mikrotürbülans hızı 71 adet Fe II çizgisinden 2.7 km sn^{-1} , ν Cep'in mikrotürbülans hızı ise 30 adet Cr II, 39 adet Ti II ve 61 adet Fe II çizgisinden 5.2 km sn^{-1} olarak bulunmuştur. Dönme hızı (ν sini) ve makrotürbülans hızı (ζ) değerlerini, SYNTHE (Kurucz & Avrett 1981) programı yardımıyla oluşturulan kuramsal tayfin 4480-4559 Å bölgesindeki temiz ve güçlü çizgilerden hesaplamıştır: 4 Lac için ν sini = $14 \pm 2 \text{ km sn}^{-1}$, $\zeta = 15 \pm 2 \text{ km sn}^{-1}$, ν Cep için ν sini = $26 \pm 2 \text{ km sn}^{-1}$, $\zeta = 12 \pm 2 \text{ km sn}^{-1}$ dir. Yüce, 4 Lac ve ν Cep'in helyum bakımından Güneş'ten, sırasıyla, 0.18 dex ve 0.13 dex daha zengin olduğunu tespit etmiştir. Yüce'nin sonuçlarına göre 4 Lac ve ν Cep, hafif elementler bakımından Güneş'teki bolluklara sahip ya da Güneş'tekinden daha zengin, demir ve ağır elementler bakımından Güneş bolluğunda ya da Güneş'tekinden daha fakirdir. Bu çalışmada, 4 Lac ve ν Cep'in CNO bollukları da hesaplanmıştır: 4 Lac yıldızında karbon Güneş bolluğunda, azot Güneş'ten daha zengin ve oksijen Güneş'ten biraz daha fakir iken, ν Cep'te ise karbon ve azot nerdeyse Güneş bolluğunda, oksijen Güneş'ten biraz daha fakirdir. Her iki yıldızın evrim durumları incelendiğinde 4 Lac $12 M_{\odot}$, ν Cep ise $20 M_{\odot}$ kütleli yıldızın evrim yolu üzerindedir (Yüce 2003, 2005).

2.2.6 Non-LTE model atmosfer çalışmaları

A türü yıldızların kapsamlı non-LTE model atmosferlerini hesaplamak zordur. Farklı iyonların çizgileri farklı atmosfer derinliklerinde oluşabildiklerinden çizgi oluşum bölgelerinin iyi bir şekilde çözümlenmesini gerektirir. Non-LTE model atmosfer hesaplamasına zamanla yeni farklı fiziksel süreçler eklenmesi örneğin difüzyon (Michaud 2005), manyetik alan (Moss 2005) ve konveksiyonun daha doğru uygulamaları (Kupka 2005) gereklidir.

Gigas (1986), Vega (A0 anakol yıldızı) yıldızının demir bolluğunu LTE ve non-LTE varsayımlı model atmosferler yardımıyla belirlemiş ve zayıf çizgilerin ($10 - 80 \text{ mÅ}$)

analizinden LTE Fe I bolluğunun Güneş'tekine göre ~ 0.3 dex daha fakir olabileceği bulunmuştur. Bu çalışmada, non-LTE düzeltmelerinin yüzey çekim ivmesine duyarlı fakat sıcaklığa çok duyarlı olmadığı belirlenmiştir.

A türü süperdevlerde, non-LTE etkilerinin Ca, Cr ve Si elementleri üzerine etkileri çok iyi bilinmemektedir (Venn 1995a). Gulliver *et al.* (1994), Vega'nın kutup bölgesi civarında hızlı döndüğünü tespit ederek, Gigas'ın sonuçlarına kuşkulu bakarlar. Bu çalışmalarında, kutup bölgeleri ekvatoradan daha sıcak olan ve hızlı dönen yıldızlardaki durumu açıklamak için Gigas'ın çalışmasının daha yavaş dönen yıldızlar kullanılarak tekrar edilmesi gerektiği bildirilir.

A türü süperdev yıldızlar için non-LTE model atmosferleri çizgi örtüşmesi dikkate alınmadan birçok araştırmacı tarafından hesaplanmıştır (Beck 1992; Humphreys, Kudritzki, & Groth 1991; Frandsen 1974; Kudritzki 1973). Fakat son zamanlarda çizgi örtüşmesi dikkate alınarak non-LTE model atmosferlerini geliştirmek için bazı gelişmeler yapılmıştır. Donukluk örnekleme teknikleri Anderson (1985) tarafından başlatılmıştır. Daha sonra çeşitli non-LTE model atmosfer teknikleri (Anderson 1989; Werner 1986, 1989; Dreisler & Werner 1993; Hubeny & Lanz 1992, 1993) ile non-LTE donukluk dağılım fonksiyonunu içerecek şekilde geliştirilmiştir. Bu analizlerin her biri, çizgi donukluğunun moröte ışınım alanına ve atomik türlerin popülasyonuna olan etkilerini gösterir. Aynı zamanda bu analizlerin çoğu ile, çizgi örtüşmeli non-LTE ışınım alanının, düzlemsel non-LTE model akılarından daha çok çizgi örtüşmeli LTE ışınım alanına benzediği bulunmuştur.

Kudritzki (1973) LTE den ayrılmaların hidrojen atomunun $n = 1$ ve $n = 3$ seviyelerindeki popülasyonlarının fazla olmasına, $n = 2$ seviyesinde ise az sayıda olmasına neden olduğunu ve bunun da hidrojen çizgi şiddetlerini etkilediğini göstermiştir.

Gigas (1988) LTE ve non-LTE varsayımlı modellerle Vega yıldızının Mg I ve Mg II çizgilerinden magnezyum bolluklarını belirlemiştir. Bu hesaplamalarda, non-LTE düzeltmeleri hesaplamak için Gigas Mg I in 71 seviyesini, Mg II nin 28 seviyesini ve 71

atomik geçişi dahil ederek, çok ayrıntılı Mg atom modeli oluşturmuştur. Tıpkı demirde olduğu gibi magnezyum atomlarının da çoğu II (bir kez iyonize olmuş) durumunda bulunur ve Mg I ışınım alanıyla daha az iyonize olmuş durumdadır. Non-LTE etkileri, anakol A yıldızlarında magnezyum elementi için çok belirgin değildir. Mg I düzeltmeleri yüzey çekim ivmesine daha az duyarlıdır, böylece A süperdevlerin Mg I çizgi bolluklarının hesaplanmasında non-LTE düzeltmelerinin küçük olduğu kabul edilir. Venn (1995), Gigas'ın metodunu ve model atomlarını kullanarak A türü süperdevler için non-LTE düzeltmelerini hesaplayarak bu kabulün doğruluğunu kanıtlamıştır. Zayıf tayf çizgileri için, bu düzeltme tüm yıldızlarda çok küçüktür; $\Delta \log \epsilon (\text{Mg I ve Mg II}) < 0.1$, $\Delta \log \epsilon = \log \epsilon (\text{Mg})_{\text{non-LTE}} - \log \epsilon (\text{Mg})_{\text{LTE}}$. Güçlü çizgiler, daha çok etkilenmeye eğilimlidir çünkü bu çizgiler sapma faktörleri LTE değerlerinden büyük ölçüde sapabilen yüksek atmosfer katmanlarında oluşurlar. Venn (1995a) analizinde, zayıf Mg tayfsal çizgileri için küçük non-LTE düzeltmeleri kullandı ve Mg I/II iyonizasyon dengesinin A süperdevlerinin atmosfer parametrelerinin belirlenmesi için etkin tayfsal belirteç olduğu varsayımını kanıtladı.

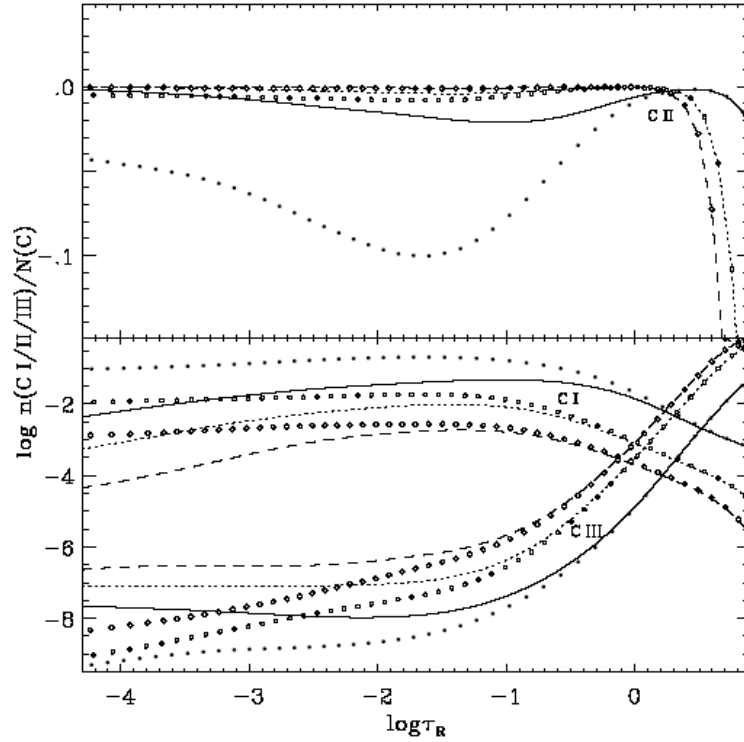
i) Mc Erlean *et al.* (1999), 46 adet Galaktik B-türü süperdevin atmosfer parametrelerini ve bazı elementlerin (He, C, N, O, Mg, Si) bolluklarını elde etmiş ve orta çözünürlüklü tayfin ($R \sim 5000$) non-LTE model atmosfer analizini kullanarak evrim durumlarını incelemiştir. Atmosfer parametrelerini elde etmek için geç O9-B0 yıldızları için He II profil fitlerini, B1-B2 yıldızları için Si III/IV iyonizasyon dengesini, geç B2.5-B8 yıldızları için Si II/III iyonizasyon dengesini kullanmış, fakat Ia-II ışınım sınıfına ait B9-A0 süperdevler için tayfsal belirteçler olmadığı için bu yıldızlarda Strömngren uvby β fotometrisini kullanmıştır.

ii) Przybilla *et al.* (2001a) nötr ve bir kere iyonize olmuş karbonun non-LTE çizgi oluşum hesapları için geniş kapsamlı model atom oluşturmuştur. Modelin ilk uygulaması ve testi için, anakol yıldızı Vega (A0 V) ve 5 süperdev yıldız η Leo (A0 Ib), HD 111613 (A2 Iabe), HD 92207 (A0 Iae) ve β Ori (B8 Iae) incelenmiştir. Görünür ve yakın kırmızıöte dalgaboylarında yüksek S/G ve yüksek çözünürlüklü tayflar kullanılarak ve çizgi örtüşmeli LTE model atmosferler temel alınarak bu yıldızların karbon bollukları elde edildi. Hesaplanan non-LTE çizgi profilleri, gözlemlerle iyi bir

şekilde fit edilebilmiştir. C I ve C II çizgilerinden elde edilen bollukların hataları ~ 0.3 dex (istatistik + sistematik hata) mertebesindedir, bundan dolayı, yıldızların atmosfer parametrelerinin belirlenmesinde C I/II iyonizasyon dengesinin kullanımının sınırlı olduğu belirtilir. Vega için, karbon 0.3 dex daha az bol bulundu ve bu değer diğer hafif elementlerin benzer düşük bollukları ile uyumludur. Süperdevlerde güçlü ışınım alanı düşük parçacık yoğunluklarında yerel termodinamik dengeden sapmaya elverişlidir. Non-LTE etkileri, C I/II çizgilerini sistematik olarak güçlendirir. Model tahminleri ve C II nin çift çizgisi $\lambda\lambda 6578-82$ için gözlemler arasındaki farklılığın artması artan ışınım gücüyle farkedilirken, diğer C II nin çift ve dörtlü çizgileri sabit kalır. Bu çalışmada ayrıca, istatistik denge hesaplamaları üzerinde mikrotürbülans etkisi incelenmiştir.

Oksijen ve azotla birlikte karbon, yıldızlararası maddede en bol bulunan elementlerdir. Karbon bollukları tercihen ya H II bölgelerinin ya da genç erken tür yıldızların tayfsal analizlerinden elde edilir. H II bölgelerinde tozdaki karbon sınırının kesri muhtemelen bilinmediği (Mathis 1996; Esteban *et al.* 1998) ve erken tür yıldızlarda CN çevrim maddesinin anakol yıldızlarında bile fotosferik katmanlarla karışmış olabileceği (Lyubimkov 1991; Gies & Lambert 1992) için bu analizlerin ikisi de problemliliği belirtilir.

Erken A tür yıldızların fotosferlerindeki karbonun iyonizasyon dengesi Şekil 2.3 de gösterilmektedir (Przybilla *et al.* 2001a).



Şekil 2.3 Bazı yıldızlar için non-LTE ve LTE karbon iyonizasyon dengesi (Przybilla *et al.* 2001a). Vega (tüm çizgiler ve dolu daireler, sırasıyla), η Leo (noktalı çizgiler/açık daireler) ve HD 92207 (uzun çizgiler/açık karo biçimliler). Üç iyonizasyon seviyesinin toplam karbon popülasyonunun $n(\text{C I/II/III})/N(\text{C})$, Rosseland optik derinliğinin τ_R fonksiyonu olarak toplam karbon popülasyonuna $N(\text{C})$ oranları gösterilmektedir.

Przybilla *et al.* inceledikleri beş süperdev yıldızın yüksek kaliteli tayfsal verilerini analiz etmiştir: Karbon miktarı Güneş'in değerinden 0.2-0.5 dex daha az olduğu tespit edilmiş ve toplam CNO bollukları Güneş'tekine yakın kaldığı için atmosfer katmanlarındaki CN çevrim maddesinin karıştığı sonucuna varılmıştır.

iii) Przybilla *et al.* (2001b) nötr ve bir kere iyonize olmuş magnezyumun non-LTE çizgi oluşum hesapları için atomik verilerdeki son gelişmeleri kullanarak geniş kapsamlı model atom oluşturdu. Modelin ilk uygulaması ve testi için, Vega (A0 V), η Leo (A0 Ib) ve HD 92207 (A0 Iae) yıldızlarının, görünür ve yakın kırmızıöte dalgaboylarında yüksek S/G ve yüksek çözünürlüklü tayfları kullanılarak ve çizgi örtüşmeli LTE model atmosferleri temel alınarak yıldız parametreleri ve magnezyum bollukları belirlenmiştir. Mg I/II nin iyonizasyon dengesi tüm ışınım sınıflarına ait erken A tür yıldızlar için hassas sıcaklık belirteçidir. Gözlemlerdeki Mg I/II çizgileri yüksek hassasiyetle

hesaplanan çizgi profilleriyle eş zamanlı olarak yeniden üretilmiştir. Mg II tayfindan, sadece 4481 Å ve 7877-96 Å çizgilerinin non-LTE etkilere hassas tepki verdiği belirlenmiştir.

Magnezyum, α - grubu element bolluklarının bulunması için seçilen bir elementtir. Nötr ya da bir kez iyonize olmuş magnezyumun (ya da her ikisi) birçok güçlü çizgisi tüm tayfsal türlerde UV / görsel tayfta bulunur. Özellikle Mg II'nin blend olmamış λ 4481 çizgisi, parlak BA türü süperdev yıldızların tayfinda görülen belirgin bir özelliktir. A ve F türü yıldızlarda nötr ve bir kez iyonize olmuş magnezyum çizgilerinin aynı tayfta bulunması, sadece fotometrik ya da spektrofotometrik yöntemler kullanılmasının dışında iyonizasyon dengesinden de etkin sıcaklık belirleme imkanını tanır. Ancak non-LTE etkileri, süperdevlerde özellikle elementlerin düşük iyonize durumlarında (örneğin Mg I) iyonlaşmaların yoğun olmasına neden olduğundan iyonizasyon dengesini etkiler.

iv) Przybilla *et al.* (2001) nötr ve bir kere iyonize olmuş azotun non-LTE çizgi oluşum hesapları için geniş kapsamlı model atom oluşturdu. Modelin ilk uygulaması ve testi için, anakol yıldızı Vega (A0 V) ve η Leo (A0 Ib), HD 111613 (A2 Iab), HD 92207 (A0 Iae) ve β Ori (B8 Iae) süperdevleri için, görünür ve yakın kırmızıöte dalgaboylarında yüksek S/G ve yüksek çözünürlüklü tayf kullanılarak ve çizgi örtüşmeli LTE model atmosferler temel alınarak azot bollukları elde edildi. N I/II'nin iyonizasyon dengesi, geç B ve erken A tür süperdevlerde aşırı azot bolluğu tespit edildiği için düşük metal miktarlarında bile hassas sıcaklık belirteçidir. Burada incelenen yıldızlarla birlikte tüm süperdevler $\sim 0.3-0.6$ dex azot zenginliği gösterir, bu da CNO toplam bolluklarının Güneş'teki değere yakın kalmasıyla CN çevrim materyalinin atmosferik katmanların içine karıştığını gösterir. Non-LTE etkiler, sistematik olarak N I/II çizgilerini şiddetlendirir. Süperdevlerdeki bazı N I çizgileri için non-LTE bolluk düzeltmeleri 1 dex den fazla olmaktadır.

Azot, büyük kütleli yıldızların evrimlerinin anlaşılmasında anahtar elementtir. Karbon ve oksijenle birlikte yıldızın iç kısımlarında çekirdek birleşme reaksiyonları için ana katalizördür. Bunlar toplam CNO bolluklarının sabit kalması ve ayrıca He bolluğu

artmasıyla elementlerin başlangıç bolluk oranlarını değiştirir. Sonuç olarak, birleşme ürünleri atmosferik katmanların içine karışabileceği için bolluk anormallikleri gözlenir.

v) Aufdenberg *et al.* (2002) PHOENIX isimli yıldız atmosfer kodu için yıldız rüzgar modülünü, rüzgarlarla birlikte sıcak parlak yıldızların ayrıntılı sentetik tayfını, genişlemiş atmosferik yapılarını, çizgi örtüşmesini ve non-LTE hesaplamak için geliştirmiş, bu kodu Deneb'in gözlemlerine uygulamıştır. Optik dalgaboylarında, erken tür süperdevlerde kütle kaybının en belirgin belirteci H_{α} çizgisinin P Cygni karakteridir. BA tür süperdevler gibi Deneb'in H_{α} profili değişkendir.

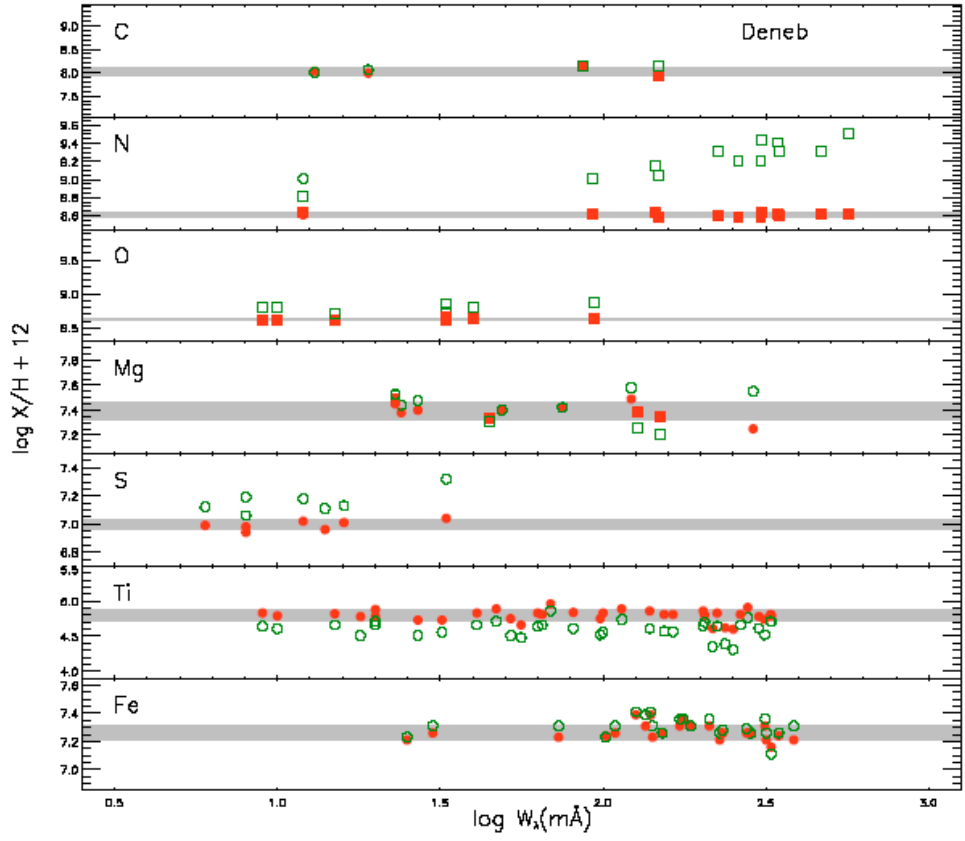
Kütle kayıp oranı, en küçük kareler yönteminden elde edilen aralık ile Deneb'in yüksek çözünürlüklü tayfindan elde edilen, non-LTE metal çizgi örtüşmesi ele alındığında özellikle Fe I-III, Mg II ve Ca I-III çizgileri için oldukça uyumludur. Non-LTE uygulamasının başlıca etkisi, LTE'ye göre rüzgarda bu elementlerin iyonizasyonunu arttırmaktır. Non-LTE model iyonizasyon yapı, LTE'ye göre Fe II, Mg II ve Ca II çizgileri daha düşük kolon yoğunluğu üretir ve düşük hızlardaki rüzgarda güçlü çizgilerin derin katmanlarda oluşmasına neden olur, bu da gözlemlerle uyumludur. Fe II UV çizgileri ve Ca II'nin H ve K çizgileri için non-LTE etkiler dikkat çekicidir. Fe II UV çizgilerinden ölçülen kütle kayıp oranı, non-LTE'de LTE'den 50-100 kez daha büyüktür.

vi) Schiller & Przybilla (2008) parlak A türü süperdev yıldız Deneb'in görünür ve yakın-IR bölgedeki yüksek çözünürlüğe ($R = \lambda / \Delta\lambda \approx 40000$) ve yüksek S/G (yaklaşık 600) değerlerine sahip tayflarını kullanarak yıldızın fotosferik element bolluklarını hesaplamıştır. Astrofiziksel olarak merak edilen çok sayıda element için yıldız parametreleri ve bolluklar; hibrit non-LTE teknikleri, çizgi örtüşmeli LTE model atmosferleri ve non-LTE çizgi oluşumu kullanılarak fotosferik tayfin sentezinden elde edildi. Birçok metal iyonizasyon dengesi ve Balmer, Paschen, Brackett, ve Pfund serilerinden çok sayıda hidrojen çizgisi yıldız parametresi belirlemek için eş zamanlı olarak kullanıldı. Yıldız rüzgar özellikleri, çizgi örtüşmeli hidrodinamik non-LTE modelleri kullanılarak H_{α} çizgi profil fitinden elde edildi. Yıldızın etkin sıcaklığı

$T_e = 8525 \pm 75$ K, yüzey çekim ivmesi $\log g = 1.10 \pm 0.05$, mikrotürbülans hızı $\xi = 8 \pm 1$ km sn⁻¹ ve makrotürbülans dönme hızları 20 ± 2 km sn⁻¹ olarak bulunmuştur.

Schiller & Przybilla (2008), astrofiziksel olarak dikkat çeken birçok elementin (He, C, N, O, Mg, S, Ti, ve Fe) non-LTE ve LTE den bolluklarını belirlediler ve Mg I/II, C I/II, N I/II (iki veya daha fazla iyonizasyon seviyesi gösteren diğer tayfsal çizgilerden) gibi metallerin iyonizasyon dengelerinden atmosfer parametrelerini belirlediler.

Bu çalışmalarında non-LTE ve LTE arasındaki bolluk farklılıklarının karbon gibi bazı elementlerde, daha küçük olabileceği (genelde ~ 0.05 dex den düşük) tespit edilmiştir. Fakat, N ve S gibi diğer elementlerde ise daha büyük olabilmektedir (ortalama ~ 0.6 ve ~ 0.2 dex, sırasıyla). S ve Ti bollukları, LTE ve non-LTE bollukları arasında sistematik farklılıklar gösterir. S için LTE bollukları sistematik olarak daha büyük bolluklar gösterirken, Ti için tam tersi bir durum söz konusudur. Ağır elementlerin non-LTE bollukları tutarlı bir şekilde Güneş'teki değere göre ~ 0.20 dex daha düşük bolluk gösterir. Demir için ortalama non-LTE ve LTE bollukları uyumludur. LTE analizleri, daha büyük istatistiksel hatalara sahiptir. Zayıf çizgilerin bile LTE den oldukça fazla ayırım gösterebileceği kabul edilir, bu durum azot elementinde görülmektedir. Non-LTE sonuçların istatistiksel hataları, LTE değerlerinin hatalarından genellikle daha küçüktür. Şekil 2.4; C, N, O, Mg, S, Ti ve Fe elementlerinin LTE ve non-LTE bolluklarını vermektedir.



Şekil 2.4 Non-LTE analizi yapılan tüm metallerin her çizgisi için LTE ve non-LTE bolluklarının görünümü (Schiller & Przybilla 2008). (tüm içi dolu simgeler non-LTE bolluklarını, tüm içi boş simgeler ise LTE bolluklarını göstermektedir. Kareler nötr çizgileri daireler ise bir kere iyonize olmuş çizgileri gösterir. Her element için tüm çizgilerin istatistiksel hataları ile birlikte ortalama non-LTE bolluk değerleri gri bantla gösterilmektedir.)

2.3 HD 39866

HD 39866 yıldızı HR 2066, GSC 01875-02584, HIP 28117, BD +28° 952, SAO 77744 gibi isimlerle de bilinmektedir. Yıldız, Osawa (1959) tarafından A2 Ib ve Cowley *et al.* (1969) tarafından A2 II tayf türleri ile sınıflandırılmıştır. Mersch & Heck (1980) Strömgren uvby β fotometrisinden tayf sınıflamasını A4 I olarak tahmin etmiştir.

HD 39866'nin 2000 yılı için ekvatoryal koordinatları; $\alpha = 5^{\text{sa}}56^{\text{dk}}33^{\text{sn}}.77$, $\delta = +28^{\circ}56'32''.16$ ve galaktik koordinatları; $l = 181^{\circ}.22$, $b = +2^{\circ}.06$ dir.

Yıldızın V bandı mutlak parlaklığı Blaauw (1963) tarafından $M_v = -5^{\text{m}}.0$ olarak verilmektedir. Benzer şekilde m_v görünen parlaklık değeri Hoffleit (1964) ve Blanco (1968) tarafından sırasıyla $6^{\text{m}}.39$ ve $6^{\text{m}}.42$ olarak tespit edilmiştir.

Humphreys (1970)'e göre, HD 39866'nin Güneş'ten olan uzaklığı $r = 1.36$ kpc ve Galaktik merkezden olan uzaklığı $R = 11.36$ kpc dir. Krautter (1980), yıldızın uzaklığını Kennedy & Buscombe (1974)'nin Johnson UBV ve tayfsal verilerini kullanarak tayfsal paralaks yöntemine göre 486 pc olarak hesaplamıştır. HD 39866'nın paralaksı Hipparcos Uydu'sunun gözlemlerine göre; $(0.90 \pm 0.85) \times 10^{-3}$ yay saniyesidir (ESA 1997).

2.3.1 Fotometrik çalışmaları

Alfaro *et al.* (1997), $V = 6^{\text{m}}.0$ dan daha parlak olan 71 adet A0-K0 süperdev yıldızı 90-620 Å band genişliklerine sahip 13-renk fotometrik sistemiyle gözlemiştir. Sistem, başlangıçta erken tür yıldızların, yıldızlararası kızarma ve yıldızlararası sınıflamaları için geliştirilmiştir (Johnson *et al.* 1967). 13 renk fotometri sisteminden A0-K0 süperdevlerinin etkin sıcaklıklarını hesaplamak için 3 bağımsız yöntem kullandılar: 1) Etkin sıcaklık ve kızarma etkisinden arındırılmış indisler arasındaki kalibrasyonlar geliştirilmiş, kalibrasyon yıldızlarına ait sıcaklıkların çoğu tayfsal olarak elde edilmiş literatur bilgilerinden toplanmıştır. 2) 13 renk sistemindeki gerçek renk ve T_e arasındaki deneysel korelasyon türetilmiştir. 3) Kızarmadan arındırılmış renkler, Kurucz (1989,

özel görüşme) tarafından hesaplanan sentetik renklerle karşılaştırılmıştır bu da eş zamanlı T_e ve $\log g$ tahminleri için yol gösterir. Üç method tarafından etkin sıcaklıklardaki tahmini belirsizlikler yaklaşık $\pm 200-300$ K dir. Çizelge 2.2, HD 39866'nın orta band değerlerini vermektedir.

Çizelge 2.2 HD 39866'nın 13 renk fotometrisi (Alfaro *et al.* 1997 & Schuster 1984)

52	33-52	35-52	37-52	40-52	45-52	52-58	
6.456	0.926	0.757	0.109	0.286	0.197	0.193	HD 39866
	0.14	0.05	-0.37	-0.03	0.04	0.06	Stars Ib
	0.19	0.16	0.07	0.05	0.03	0.03	Stars II
58-63	58-72	58-80	58-86	58-99	58-110		
0.313	0.250	0.349	0.497	0.632	0.673		

Alfaro *et al.* (1997), Schuster (1984) tarafından elde edilen ve aşağıdaki şekliyle verilen kızarmadan arındırılmış indisleri kullanarak fotometriden etkin sıcaklıkları elde etmiştir (bkz. Çizelge 2.3).

$$\lambda = (33-37) - 0.307(40-58),$$

$$\tau = (35-40) - 0.304(40-58),$$

$$\gamma = (35-40) - 0.882(40-45).$$

Sıcaklıklar, indislerden aşağıdaki gibi hesaplanmıştır ($7000 < T_e < 12000$ K);

$$T_e(\lambda) = 10295.5 - 5097.9 \lambda$$

$$T_e(\tau) = 8495.8 - 3658.5 \tau$$

$$T_e(\gamma) = 8762.1 - 3927.4 \gamma .$$

Çizelge 2.3 HD 39866'nin 13 renk fotometrisinden elde edilen etkin sıcaklıklar (K)

$T_e(\lambda)$	$T_e(\tau)$	$T_e(\gamma)$	$\langle T_e \rangle$	σ
6880.2	7305.4	7220.6	7135.4	225.0

HD 39866'nin Johnson UBV, Strömgren uvby β ve Geneva Fotometrik Sistemi'ndeki değerleri sırasıyla Çizelge 2.4-2.5-2.6 de listelenmiştir.

Çizelge 2.4 HD 39866'nin Johnson UB_V Fotometrik Sistem değerleri (kadir biriminde)

V	B-V	U-B	Kaynaklar
	+0.30	+0.26	Osawa & Hata (1960)

Çizelge 2.5 HD 39866'nin Strömğren ubv β Fotometrik Sistem değerleri (kadir biriminde)

b-y	M ₁	c ₁	Kaynaklar
0.266	0.013	1.472	Hauck & Mermilliod (1998), Crawford <i>et al.</i> (1966)

Çizelge 2.6 HD 39866'nin Geneva Fotometrik Sistem değerleri (kadir biriminde)

U-B	V-B	B ₁ -B	B ₂ -B	V ₁ -B	G-B	V	Kaynak
1.984	0.585	0.890	1.463	1.309	1.680	6.322	Rufener (1976)

2.3.2 Atmosfer parametreleri

Bir yıldızın ayrıntılı tayfsal analizi, yıldız astrofiziği için oldukça önemlidir. Yıldızın atmosferine uygun model atmosfer seçimi ile güvenilir yöntemlerden elde edilen atmosfer parametreleri kullanılarak yıldızın kimyasal bolluk analizleri gerçekleştirilebilir. Bunun için tayfsal verilerle etkin sıcaklık (T_e), yüzey çekim ivmesi ($\log g$) ve mikrotürbülans hızının (ξ) elde edilmesi önemlidir. Atmosfer parametreleri fotometrik ve tayfsal veriler kullanılarak çeşitli yöntemlerden elde edilir; örneğin; geniş ya da dar band fotometri, gözlenen ve kuramsal Balmer çizgilerinin karşılaştırılması ve yıldız tayfında seçilen metal çizgilerinin iyonizasyon dengesi gibi. HD 39866 literatürde az sayıda tayfsal çalışmaya sahip bir yıldızdır. HD 39866'nin literatürde yer alan atmosfer parametre değerleri Çizelge 2.7 de listelenmiştir.

Çizelge 2.7 HD 39866'nin literatürdeki atmosfer parametreleri

T_e (K)	$\log g$	Kaynaklar
10080	2.34	Aydın (1972a)
10080	1.56	Aydın (1972a)

HD 39866 yıldızının literatürde yer alan tek ayrıntılı tayfsal analizi Aydın (1972a, b) tarafından gerçekleştirilmiştir. Aydın'ın bu çalışması, α Cygni ve dört süperdev yıldızı (HD 21389: A0 Ia, HD 207673: A2Ib, HD 223385: A3 Iae, HD 210221: A3Ib) içermektedir. Yıldızların gözlemsel verileri, Haute Provence Gözlemevi'nin 193 ve 152 cm çaplı teleskoplarına bağlı coude tayfçekerleriyle elde edilen 12.4 Å/mm dispersiyona sahip fotoğrafik spektrogramlarıdır. Bu ayrıntılı tayfsal analizler aşağıdaki bilgilerle ilgilidir:

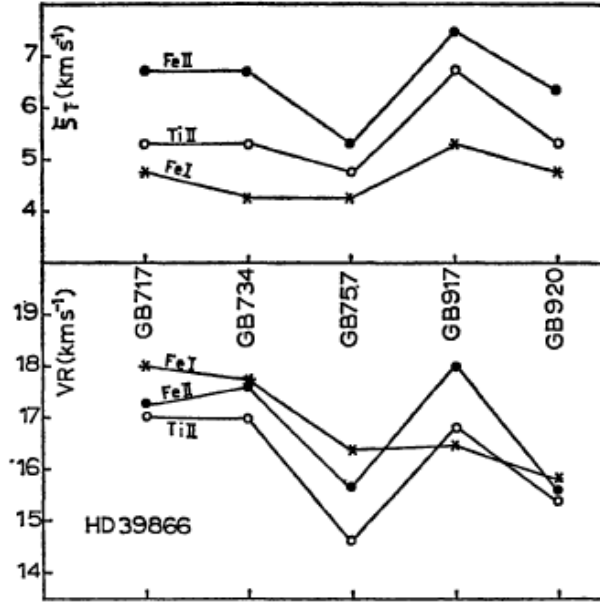
1) H_{β} , H_{γ} , H_{δ} , Ca II, Mg II ve Si II çizgi profilleri incelenmiş ve eşdeğer genişlikleri ölçülmüştür. Balmer çizgi profilleri HD 21389 (A0 Ia) yıldızının tayflarında değişken ve bazen asimetrik yapıda, HD 39866 (A2 Ib) ve HD 210221 (A3 Ib) yıldızlarının tayflarında ise simetrik fakat değişkendir. Bu çalışmadaki en parlak iki yıldız HD 21389 (A0 Ia) ve HD 223385 (A3 Ia) olup, bunların H_{α} salma çizgisi birinci yıldızda ters P Cygni profili, ikinci yıldızda normal P Cygni profili şeklindedir.

2) Balmer süreksizliği hata limitleri içinde değişmeden kalırken, Balmer çizgi şiddetinin yaklaşık %30 değiştiği belirlenmiştir.

3) Tayf çizgilerinin eşdeğer genişliği yıldızların büyüme eğrilerinin oluşturulmasında kullanılmıştır. Aydın, çalışmasında blend olmuş çizgileri kullanmamıştır. Büyüme eğrileri Ti II, Cr II, Fe I ve Fe II atom ve iyonları için kullanılmıştır.

4) Aydın, ayrıca, büyüme eğrisi tekniğini kullanarak yıldızların mikrotürbülans hızlarını belirlemiştir. Bu çalışmada osilatör şiddetlerine ait değerler Fe I için Corliss ve Warner (1964)'dan, bir kez iyonize metal çizgileri için Warner (1967)'dan alınmıştır. Analizlerde kullanılan teorik büyüme eğrisi Wrubel (1949) tarafından hesaplanmıştır.

5) Yıldızların mikrotürbülans ve radyal hızları incelenmiş, bu iki nicelik arasında bir ilişki olup olmadığı araştırılmıştır (Şekil 2.5). Radyal hız değişimi ve mikrotürbülans hız değişimi arasındaki korelasyon Fe II ve Ti II çizgileri için bulunmuş, fakat Fe I için bulunamamıştır. Benzer bir sonuç Rosendhal & Wegner (1970) tarafından 6 Cas, 9 Per ve v Cep yıldızları için bulunmuştur.



Şekil 2.5 Mikrotürbülans (üst panel) ve radyal hızların (alt panel) zamana bağlı değişimi (Aydın 1972a)

Aydın (1972a), HD 39866'nın atmosfer parametrelerini gözlemsel Balmer çizgilerinin (H_β , H_γ) ve Balmer süreksizliğinin, Mihalas (1965) tarafından oluşturulan kuramsal profillerle karşılaştırılmasından maksimum ($\theta_e = 0.52 \pm 0.02$, $\log g = 2.34 \pm 0.26$) ve minimum ($\theta_e = 0.48 \pm 0.02$, $\log g = 1.56 \pm 0.26$) değerler elde edecek şekilde hesaplamıştır. Bunların ortalaması alınarak yıldızın atmosfer parametreleri $T_e = 10080$ K ve $\log g = 1.95$ olarak bulunmuştur.

Bu çalışmada, HD 39866 yıldızının mikrotürbülans hızı Ti II için (6.7 ± 0.7 ; 4.8 ± 0.6), Cr II için (6.0 ± 0.7 ; 4.6 ± 0.3), Fe II için (7.5 ± 0.8 ; 5.3 ± 0.6) ve Fe I için (5.3 ± 0.6 ; 4.2 ± 0.5) olarak bulunmuştur. Aynı zamanda mikrotürbülans hızının (ξ) elementten elemente değiştiği ve ξ (Fe II) > ξ (Ti II, Cr II) > ξ (Fe I) şeklinde bir ilişkinin varlığı ortaya konulmuştur.

2.3.3 HD 39866' nın kimyasal bolluk analizi

Literatürde HD 39866'nın kimyasal bolluk analizi Aydın (1972a) tarafından yıldızın ($T_e = 10080$ K, $\log g = 1.95$) atmosfer parametreleri kullanarak gerçekleştirilmiştir. Titanyum, krom ve demir elementlerinin fotosfer bollukları α Cygni ye göre: Ti II çizgilerinden +0.40 dex, Cr II çizgilerinden +0.17 dex, Fe I çizgilerinden +0.01 dex ve Fe II çizgilerinden +0.02 dex olarak hesaplanmıştır.

2.3.4 Dönme hızı

Abt & Morrell (1995) A tayf türünden yıldızların dönme hızlarını tayfsal analizlerle belirlemiştir. Dönme hızları 1700 adet A tayf türünden kuzey yarımküre yıldızları için CCD coude tayflarından (Slettebak *et al.* 1975), 2000 kuzey yarımküre yıldızı için geniş fotometrik Cassegrain tayfindan ve Parlak Yıldız Kataloğundaki bazı güney yarımküre yıldızları için yeni MK sınıflamasından elde edilmiştir. CCD coude tayfı; 10 Å/mm dispersiyon ve $S/G = 100 - 200$ değerine sahiptir. Ayrıca coude tayfindaki $\lambda 4481$ Mg II çizgisinin eşdeğer genişliğini Gauss profili fitinden elde etmişlerdir. Bu çalışmada HD 39866'nin dönme hızı 10 km sn^{-1} olarak bulunmuştur (Abt & Morrell 1995). Ayrıca Royer *et al.* (2002) yıldızın dönme hızını 18 km sn^{-1} olarak bulmuştur, bu değer yıldızın makrotürbülans hızını da içerdiğinden yıldızın dönme hızının maksimum değeridir.

2.3.5 Radyal hız

HD 39866'nın radyal hızı Wilson (1953) tarafından $V_r = 19 \text{ km sn}^{-1}$ olarak verilmiştir. Aydın (1972b) HD 39866'nın radyal hızını belirlemiştir. Çizelge 2.8 ve 2.9, Balmer çizgilerinden ve metal çizgilerinden hesaplanan radyal hızları ve onların ortalama değerlerini verir. İncelediği her Balmer çizgisi için radyal hızdaki hata yaklaşık $\pm 1 \text{ km sn}^{-1}$ civarındadır. Yıldızların dört farklı tarihte elde edilen tayflarından ölçülen radyal hızlara ilişkin sonuçlar aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

- 1) Radyal hızlar zamanla değişmektedir.

- 2) Metallerin iyon ve atom çizgilerinden hesaplanan radyal hızları hemen hemen aynıdır. Sadece 6 Cas yıldızının Fe I çizgilerinden bulunan radyal hız değeri Fe II çizgilerinden daha küçük değerlerdedir.

Çizelge 2.8 HD 39866'nın Balmer çizgilerinin radyal hızları (km sn^{-1}) (“ a: H_{ϵ} den itibaren ortalama değeri ifade eder”)

Çizgi	GB 717 10 Aralık 1970	GB734 11 Aralık 1970	GB 757 15 Aralık 1970	GB 917 11 Şubat 1971
H β	+13.67	+10.53	+14.67	+8.98
H γ	+13.33	+15.13	+15.13	+10.16
H δ	+15.57	+18.66	+14.85	+11.07
H ϵ	+16.93	+19.98	+17.06	+12.64
H8	+18.84	+22.13	+18.25	+16.20
H9	+20.32	+20.02	+18.69	+14.64
H10	+19.33	+22.33	+22.43	+19.13
H11	+22.16	+22.46	+20.03	+20.62
H12	+20.71	+22.50	+22.82	+20.87
H13	+20.26	+24.23	+20.80	+24.32
H14	+22.58	+23.80	+22.91	+18.17
H15	---	---	+25.10	+20.53
H16	+23.29	+22.90	+21.40	+18.47
H17	+23.17	+24.29	+22.91	+22.40
Ortalama ^{a)}	+21.18 \pm 0.55	+22.75 \pm 0.43	+21.29 \pm 0.68	+19.55 \pm 0.90

Çizelge 2.9 HD 39866'nın radyal hızları (km sn^{-1}) (“a: H_{ϵ} dan itibaren”)

Element	Range of E.P. (ev)	GB 717 10/12/1970	GB 734 11/12/1970	GB 757 15/12/1970	GB 917 11/02/1971	GB 920 12/02/1971
H ^{a)}	10.15	21.2 ± 0.6 (9)	22.7 ± 0.4 (9)	21.3 ± 0.7 (10)	19.6 ± 0.9 (10)	--
Mg I	2.70	17.8 ± 0.9 (3)	17.3 ± 0.3 (3)	17.5 ± 0.0 (3)	17.5 ± 0.6 (3)	17.4 ± 1.2 (3)
Mg II	8.83	13.9 -- (1)	15.9 -- (1)	13.1 -- (1)	14.9 -- (1)	14.8 -- (1)
Si II	6.83 – 9.80	17.9 ± 0.8 (5)	18.0 ± 0.7 (5)	17.3 ± 0.5 (5)	18.8 ± 0.7 (5)	16.7 ± 1.1 (5)
Ca II	0.00	10.9 ± 0.3 (2)	12.1 ± 1.4 (2)	12.5 ± 1.8 (2)	14.1 ± 0.8 (2)	12.6 ± 2.0 (2)
Ca II	3.11	19.9 ± 2.3 (2)	20.4 ± 0.4 (2)	18.4 ± 1.4 (2)	23.0 --	--
Ti II	0.58 – 1.23	16.8 ± 0.4 (20)	16.8 ± 0.4 (20)	14.1 ± 0.4 (20)	16.3 ± 0.5 (19)	14.3 ± 0.7 (16)
Ti II	1.56 – 3.01	17.7 ± 0.7 (9)	17.4 ± 0.5 (8)	15.7 ± 0.9 (8)	17.7 ± 0.7 (9)	17.3 ± 0.6 (9)
Cr II	3.09 – 4.05	15.4 ± 0.8 (17)	14.9 ± 0.9 (18)	14.1 ± 0.6 (18)	17.3 ± 1.0 (15)	14.0 ± 0.7 (16)
Fe I	0.05 – 0.99	17.1 ± 0.5 (9)	17.1 ± 0.8 (9)	16.0 ± 0.8 (9)	15.9 ± 0.3 (7)	14.9 ± 0.6 (6)
Fe I	1.48 – 1.60	18.7 ± 0.3 (9)	17.9 ± 0.6 (10)	16.4 ± 0.6 (10)	17.2 ± 0.6 (10)	16.2 ± 0.7 (9)
Fe II	1.66 – 2.84	17.1 ± 0.7 (31)	17.4 ± 0.6 (31)	15.4 ± 0.7 (32)	18.3 ± 0.8 (30)	15.4 ± 0.8 (27)
Fe II	4.46 – 5.93	18.4 ± 0.7 (8)	18.9 ± 0.5 (7)	16.5 ± 0.3 (6)	16.2 ± 0.7 (6)	15.7 ± 0.8 (7)
Sr II	0.00	17.7 ± 0.6 (2)	15.5 ± 0.3 (2)	16.1 ± 0.6 (2)	18.2 ± 0.7 (2)	15.8 ± 0.5 (2)

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 HD 39866 Yıldızının Tayfsal Gözlemleri

Bu çalışmada incelenen HD 39866 yıldızının tayfsal verileri TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi (TUG)'ndeki 1.5 metre çaplı RTT150 teleskobuna bağlı Coude Eşel Tayfçekeri (CET) ile alınmıştır. Gözlemler, Rus gözlem zamanı olan 26 Mart 2005 tarihinde Prof. Dr. Ilfan Bikmaev tarafından yapılmıştır.

CET şu anda $R = 40000$ ayırma gücünde ve $1k \times 1k$ Rus yapımı azot soğutmalı CCD ile $\lambda\lambda 3920 - 8770 \text{ \AA}$ dalgaboyu aralığını tek bir görüntü üzerine alabilmektedir. $\lambda\lambda 3850-4500 \text{ \AA}$ dalgaboyu aralığında her eşel 'order' sonu bir sonraki ile çakışmaktadır, fakat uzun dalgaboyu tarafına gidildikçe ($\lambda\lambda 4600-8770 \text{ \AA}$) $1-80 \text{ \AA}$ arasında artan boşluklar vardır. CET'e ilişkin dalgaboyu aralıkları Çizelge 3.1 de listelenmiştir.

Bu çalışmada incelenen eşel tayfi, 300 sn poz süreleri verilerek alınan dokuz eşel tayfin "coaddition" yöntemiyle birleştirilmiş ve laboratuvar dalgaboyuna kaydırılmış sonuç tayfidir. Çizelge 3.2'de HD 39866 yıldızının gözlenen tayfinin görüntü başlığı görülmektedir. Burada tayfin gözlemine ilişkin bilgiler yer almaktadır. Tayfa ait bazı özellikler ve onlarla ilgili yorumlarımız Çizelge 3.3'de sunulmuştur. Öncelikle mevcut tayfin kalitesini görmek için her bir 'order'ın bütünü bir başka ifadeyle süreklilik ve çizgi profilleri görsel olarak incelendi, daha sonra her birinin mavi, kırmızı ve merkez bölgelerinin sinyal / gürültü (S/G) değerleri belirlendi.

RTT150 Coude Eşel Tayflarına ilişkin ilk çalışmalar, bu dalgaboyu aralığında ve bu çözünürlükte, B-A-F türü yıldızların hemen hemen tüm önemli çizgileri kullanılarak HD 43836 (Şahin 2008; Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü) ve 11 Per, HR 5801, v Cnc yıldızlarının (Yüce & Adelman 2009; IAU General Assembly, Brezilya) kimyasal element bolluk analizleri yapılmıştır.

Çizelge 3.1 RTT150 Coude Eşel Tayfçekerine ilişkin dalgaboyu aralıkları
(www.tug.tubitak.gov.tr)

'Order' numarası	Dalgaboyu aralığı (Å)	'Order' numarası	Dalgaboyu aralığı (Å)	'Order' numarası	Dalgaboyu aralığı (Å)
01	8688 – 8772	24	6127 – 6186	47	4733 – 4778
02	8533 – 8615	25	6050 – 6108	48	4686 – 4731
03	8383 – 8464	26	5974 – 6031	49	4641 – 4685
04	8239 – 8318	27	5900 – 5957	50	4596 – 4640
05	8099 – 8177	28	5829 – 5885	51	4553 – 4596
06	7964 – 8041	29	5758 – 5814	52	4510 – 4553
07	7834 – 7909	30	5690 – 5745	53	4468 – 4510
08	7707 – 7782	31	5623 – 5677	54	4426 – 4469
09	7585 – 7658	32	5558 – 5611	55	4386 – 4428
10	7467 – 7539	33	5494 – 5547	56	4346 – 4388
11	7352 – 7423	34	5431 – 5484	57	4307 – 4348
12	7241 – 7310	35	5370 – 5422	58	4269 – 4309
13	7133 – 7201	36	5311 – 5362	59	4231 – 4271
14	7028 – 7095	37	5252 – 5303	60	4194 – 4234
15	6926 – 6992	38	5195 – 5245	61	4157 – 4197
16	6827 – 6893	39	5140 – 5189	62	4121 – 4161
17	6731 – 6796	40	5085 – 5134	63	4086 – 4125
18	6638 – 6701	41	5031 – 5080	64	4052 – 4090
19	6547 – 6610	42	4979 – 5027	65	4018 – 4056
20	6458 – 6520	43	4928 – 4975	66	3984 – 4022
21	6372 – 6434	44	4878 – 4924	67	3951 – 3989
22	6288 – 6349	45	4828 – 4875	68	3919 – 3956
23	6207 – 6267	46	4780 – 4826	---	---

Çizelge 3.2 HD 39866'nın gözlemsel eşel tayfının görüntü başlığı (26.03.2005)

SIMPLE = T / Standard FITS file
 BITPIX = 16 / No. of bits per pixel
 NAXIS = 2 / No. of axes in matrix
 NAXIS1 = 1040 / No. of pixels in X
 NAXIS2 = 1160 / No. of pixels in Y
 CRVAL1 = 0 / Offset in X
 CRVAL2 = 0 / Offset in Y
 DATE = '2005-03-26' / Creation data of this file
 ORIGIN = 'DinaSystem v1.1' / ACQUISITION SYSTEM
 DATE-OBS = '2005-03-26' / DATE (YYYY-MM-DD) OF OBS.
 TELESCOP = 'RTT150' / TELESCOPE NAME
 INSTRUME = 'Coude' / INSTRUMENT
 OBSERVER = 'Bikmaev, Zhuchkov, Parmaksizog' / OBSERVERS
 OBJECT = 'hd39866' / NAME OF IMAGE
 AUTHOR = 'Bikmaev, Zhuchkov, Parmaksizog' / AUTHOR OF PROGRAM
 BSCALE = 1.00 / REAL = TAPE*BSCALE + BZERO
 BZERO = 32768.0 /
 DATAMAX = 39818.0 / MAX PIXEL VALUE
 DATAMIN = 136.0 / MIN PIXEL VALUE
 FILENAME = 'H001.FTS' / original name of input file
 IMAGETYP = 'object' / object, flat, dark, bias, scan, eta, neon, push
 OBSERVAT = 'TNO' / observatory
 TSTART = '19:03:28' / measurement start time (local) (hh:mm:ss)
 EXPTIME = 300.000 / actual integration time (sec)
 CAMTEMP = -119.569 / camera temperature (C)
 DETECTOR = 'ISD17A' / detector
 RATE = 50.0 / readout rate (KPix/sec)
 GAIN = 0.960 / gain, electrons per adu
 NODE = 'A' / output node (A, B, AB)
 BINNING = '1x1' / binning
 PXSIZ = '16.0 x 16.0' / pixel size (mkm x mkm)
 UT = '17:05:00' / universal time (hh:mm:ss.ms)
 ST = '07:20:00' / sidereal time (hh:mm:ss.ms)
 RA = '03:55:46' / Right Ascension (DD MM SS)
 DEC = '+30 00 00' / Declination (DD MM SS)
 EPOCH = 2000.0 / EPOCH OF RA AND DEC
 Z = 39.0 / zenith distance
 A = 138.0 / azimuth
 ROTANGLE = 0.0 / field rotation angle
 SEEING = '2' / seeing
 FILTER = 'no' / filter
 MODE = 'basic' / exposure mode (MODE BASIC, MODE DRIFT)
 FOCALRAT = 'F/48' / focus of telescope (F/8, F/16, F/48)
 IMSCALE = '0.282 x 0.282' / image scale ("/Pix x "/Pix)
 CAMERA = 1 / camera number
 RESOLUT = 40000.0 / resolution
 SLITWID = 1.5 / slit width (")
 WIND = 0.0 / wind (m/s)
 PRESSURE = 0.0 / pressure
 DOMETEMP = 0.0 / dome temperature (C)
 HISTORY = Adelman's A-supergiant
 COMMENT
 INPUTFMT = 'FITS' / Format of file from which image was read

Çizelge 3.3 HD 39866'nın bu çalışmada incelenen tayfının genel özellikleri

Order	dalga boyu (Å)	S/N	S/N	S/N	yorum
		1	2	3	
01	8690-8770	50	100	50	Paschen 8750.473
02	8535-8615	50	150	80	Ca II (2) + Paschen 8545.382
03	8380-8460	50	100	50	Paschen 8392.397, 8413.321, 8437.958
04	8240-8320	-	-	-	Tellürük
05	8100-8175	-	-	-	Tellürük
06	7965-8040	-	-	-	Tellürük
07	7830-7910	80	120	50	iki yıldız çizgisi içeriyor
08	7710-7780	150	200	150	O I (1)7771.9436,7774.1655,7775.3884
09	7480-7660	-	-	-	Tellürük
10	7465-7540	-	-	-	Tellürük
11	7350-7420	-	-	-	Tellürük
12	7240-7310	-	-	-	Tellürük
13	7130-7200	-	-	-	Tellürük
14	7030-7090	180	180	180	
15	6925-6990	-	-	-	Tellürük
16	6380-6890	-	-	-	Tellürük
17	6730-6790	150	250	150	
18	6640-6700	200	250	200	
19	6545-6610	150	250	150	
20	6460-6520	150	150	150	
21	6370-6430	200	200	200	
22	6290-6350	-	-	200	Tellürük + Si II (2)
23	6205-6266	200	250	150	birkaç yıldız çizgisi içeriyor
24	6126-6186	200	250	200	
25	6050-6110	300	300	250	bir yıldız çizgisi içeriyor
26	5970-6030	150	250	-	iki yıldız çizgisi içeriyor
27	5900-5956	-	-	-	Tellürük
28	5830-5885	250	350	250	birkaç yıldız çizgisi içeriyor
29	5760-5810	300	400	300	iki geniş yıldız çizgisi
30	5690-5745	200	300	250	
31	5625-5675	200	300	200	
32	5560-5610	150	300	200	birkaç yıldız çizgisi içeriyor
33	5495-5545	250	350	250	10 sharp lines
34	5430-5480	100	200	200	birkaç yıldız çizgisi içeriyor
35	5370-5420	200	200	200	birkaç yıldız çizgisi içeriyor
36	5310-5360	300	400	200	altı keskin çizgi
37	5255-5300	200	300	200	keskin çizgiler
38	5195-5245	300	300	200	
39	5140-5190	150	250	150	kuwetli keskin yapılı çizgiler
40	5085-5130	100	250	100	birkaç yıldız çizgisi içeriyor
41	5030-5080	150	250	150	iki kuwetli çizgi
42	4980-5030	200	400	200	bir kuwetli çizgi
43	4930-4975	200	200	200	bir kuwetli çizgi
44	veri yok				
45	4830-4875	250	250	250	H_beta (4861.332Å) + 3 sharp lines
46	4780-4825	150	250	150	üç keskin çizgi
47	4730-4780	150	250	200	birkaç yıldız çizgisi içeriyor
48	4685-4730	150	300	150	
49	4640-4685	150	400	150	birkaç kuwetli çizgi
50	4600-4640	150	300	150	6 kuwetli çizgi
51	4550-4596	200	200	200	çok sayıda kuwetli, keskin yapılı çizgi
52	4510-4552	250	250	250	çok sayıda kuwetli, keskin yapılı çizgi
53	4930-4970	100	200	100	çok sayıda kuwetli, keskin yapılı çizgi
54	4425-4470	120	120	120	birkaç kuwetli çizgi
55	4385-4430	150	150	100	çok sayıda kuwetli, keskin yapılı çizgi
56	4345-4386	-	150	150	birkaç kuwetli çizgi
57	4310-4350	100	200	100	H_gamma (4340.468Å) + çok sayıda kuwetli çizgi
58	4270-4310	100	150	50	çok sayıda kuwetli, keskin yapılı çizgi
59	4230-4270	100	200	50	çok sayıda kuwetli, keskin yapılı çizgi
60	4190-4232	100	100	100	birkaç yıldız çizgisi içeriyor
61	4158-4198	80	150	80	çok sayıda kuwetli, keskin yapılı çizgi
62	4120-4160	80	150	50	çok sayıda keskin yapılı çizgi
63	4090-4120	100	200	100	H_delta (4101.737Å)
64	4050-4090	50	100	50	birkaç yıldız çizgisi içeriyor
65	4020-4055	50	100	50	birkaç yıldız çizgisi içeriyor
66	3985-4020	50	150	50	birkaç yıldız çizgisi içeriyor
67	3950-3990	100	150	50	H_epsilon (3970.04Å) + Ca II (H)3968.470
68	3920-3955	50	100	50	Ca II (K)3933.664

3.2 Tayfların Ölçümü

HD 39866'nın $\lambda\lambda 3920-8770 \text{ \AA}$ dalgaboyu aralığını içeren tayflarını ölçmek için, çok amaçlı paket program olan interaktif bilgisayar grafik programı REDUCE (Hill et al. 1982a, b) kullanıldı. Optik bölge tayfında bulunan tüm çizgi profilleri tek tek tespit edilerek çizgi ölçümleri yapıldı. Çizgi analizleri sırasında aşağıdaki işlem adımları gerçekleştirildi:

1) Tayfların süreklilikleri belirlenerek her 'order' REDUCE programı kullanılarak normalize edildi.

2) Tüm 'order'ların karakteristiklerini (özellikle tellürik çizgiler ve S/G değerleri) belirlemek için tayflar ayrıntılı bir şekilde incelendi (bkz. Çizelge 3.3). Tellürik çizgiler, Yer atmosferinde bulunan oksijen, su buharı ve karbondioksit gazlarından kaynaklanır ve yıldızların çizgi profillerinden daha keskin yapıya sahip soğurma çizgileridir.

3) Yıldız çizgilerinden çok daha dar bir yapıya sahip Yer atmosferinden kaynaklanan (tellürik) çizgiler görsel olarak kolaylıkla belirlendi. H_{β} ($\lambda 4861 \text{ \AA}$) bölgesinin uzun dalgaboyu tarafındaki tüm tayf bölgesi bu çizgilerden etkilenmiştir. Bunların tespit edilmesi ve ayıklanması sağlandı.

4) Normalize edilen her 'order', VLINE programının "Fix Parameter Mode" özelliği kullanılarak ölçüldü. Bu program, gözlenen tayf çizgilerine, kullanıcının seçimine bağlı olarak 'Gauss', 'Lorentzian' ve/veya 'Rotational' fiti yapabilmektedir. Yaklaşık 8-10 \AA 'luk bölgeler seçilerek, o bölgedeki çizgi profillerine kuramsal profiller çakıştırılarak en iyi uyum elde edilmeye çalışılmaktadır. Seçilen bölgedeki profillere aynı anda en fazla 12 adet fit yapabilen program, en fazla 38 bilinmeyenli karmaşık fonksiyonların çözümünü yapan CURFIT (Bevington 1969)'i kullanmaktadır. Böylece seçilen dalgaboyu aralığında belirlenen mevcut çizgilerin eşdeğer genişliği (EW), merkezi dalgaboyu ($\lambda_{\text{gözlenen}}$), çizgi derinliği ve yarı-maksimumdaki tam genişliği (FWHM) tespit edildi.

3.3 Çizgi Tanısı

$\lambda\lambda 3920-8770 \text{ \AA}$ dalgaboyu aralığını içeren tayfların çizgi ölçümlerine ait bilgiler (ölçülen merkezi dalgaboyu, eşdeğer genişlik, çizgi derinliği, yarı-maksimumdaki tam genişlik) dalgaboyuna göre listelendi. Daha sonra çizgilerin hangi atom ve iyonlara ait oldukları klasik çizgi tanı yöntemiyle belirlendi. Bunun için, öncelikle, gürültüden etkilenmemiş, belirgin, temiz ve kolaylıkla tanımlanabilen çizgilerden yararlanıldı. Bu çalışma sırasında çizgi tanısının nasıl yapıldığına ilişkin bazı notlar aşağıdaki gibidir (Yüce; özel görüşme):

1. Aday atomların/iyonların bir listesini almak için bir dalgaboyu rastlantı istatistik çalışması gerçekleştirilir ve/veya benzer türdeki yıldızların çizgi listelerinden yararlanır.

2. Bireysel tanılara girişmek için multipler tablosu (RMT; Revised Multipler Tables, Moore 1972) kullanılır.

a. Başlıca tanılar aklımızın bir ucunda olmalı ve yıldız ile laboratuvar dalgaboyları uyumlu olmalı.

b. Benzer tür yıldızların tanı listeleri kullanışlıdır.

c. Verilmiş atomlar/iyonlar için zayıf olduğu kadar bazılarının şiddet limitinin biraz daha aşağısında olması beklenir.

d. Multiplerler içerisinde görelî çizgi şiddetleri sıklıkla RMT içerisinde doğru olarak verilmiştir.

3. Tanıları genişletmek için RMT'ye ilave yeni kaynaklar kullanılır (güncel, son tanı listeleri)

4. Tanıları olabildiğince istikrarlı yapmak gerekir.

a. Mevcut çizgiler, mevcut olması mümkün çizgiler ve mevcut olmayan çizgiler için her atomda/iyonda yoğunluk derecesi belirlenir. Bunlar biraz dalgaboyuna ve eksitasyon potansiyeline bağımlı olabilirler. Tanısı kesin olarak ortaya konulamayan fakat mevcut olması mümkün çizgiler varsa, o atom veya iyona ait bilgiler, çizgi tanı listesinde parantez içinde yazılarak verilir.

b. Her aday atomları/iyonları; çok çizgi, bazı çizgi veya sadece birkaç çizgi olup olmadığına göre karakterize etmek gerekir ve beklenen çok güçlü çizgilerin görülüp görülmediği not edilir.

c. Oluşturulan çizgi tanı listesi yararlanılan kaynaklar ve mevcut çizgi profilleri ile birlikte son bir kez kontrol edilir. Tüm bu işlemler yapılırken, neler yapmış olduğumuzu açıklayan notlar almak işimizi kolaylaştırır. Bunlar çizgi tanı listeleri yayınlanırken bizlere yardımcı olmaktadır.

Çizgi tanısı sırasında kullandığımız en genel kaynaklar “A Multiplet Table of Astrophysical Interest” (Moore 1945), Wavelengths and Transition Probabilities for Atoms and Atomic Ions, Part I (Reader & Corliss 1980) ve S II için Petterson (1983), Ti II için Huldt *et al.* (1982), Fe I için Nave *et al.* (1994), Fe II için Dworetsky (1971), Johansson (1978), Guthrie (1985), Adelman (1987) ve bir kere iyonize olmuş nadir toprak elementleri için Meggers *et al.* (1975) dir. HD 39866’nın çizgi tanı listesi, küçük bir örneği Çizelge 3.5 de görüldüğü şekilde hazırlanmıştır.

Çizelge 3.4 HD 39866’nın çizgi tanı listesinin bir örneği

$\lambda_{\text{yıldız}} (\text{Å})$	$W(\text{mÅ})$	Derinlik	FWHM	Tanı
3987.619	27.3	0.104	0.25	Ti II (11) 3987.6064 (21)
3991.139	24.3	0.093	0.25	Zr II (30) 3991.14 (40)
3997.111	35.5	0.136	0.25	V II (9) 3997.126 (200)
3997.398	27.3	0.104	0.25	Fe I (278) 3997.3922 (15)
3998.034	19.7	0.075	0.25	Fe I (276) 3998.0527 (10)
3998.987	25.7	0.098	0.25	Zr II (16) 3998.98 (30)
4001.650	11.1	0.042	0.25	Fe I (72) 4001.6617 (5)
4002.070	49.8	0.191	0.25	Fe II (29) 4002.073 (2)

Tüm çizgiler: Moore (1945, 1972)
 Cr II: Kiess (1951)
 Cr I: Kiess (1953)
 Mn I: Catalan *et al.* (1964)
 Mn II: Iglesias and Velasco (1964)
 Ti II: Huldt *et al.* (1982)
 V II: Iglesias *et al.* (1988)
 Ni I: Litzen *et al.* (1993)
 Y II Nilsson *et al.* (1991)

$\lambda_{\text{yıldız}}$: Gözlenen çizgi profilinin merkezine karşılık gelen dalgaboyu (Å)
 W_{λ} : Gözlenen çizgi profili ile çakıştırılan kuramsal profilin eşdeğer genişliği (mÅ),
 Derinlik : Kuramsal çizgi profilinin göreceli derinliği,
 FWHM : Kuramsal çizgi profilinin yarı-maksimumdaki tam genişliği (Å),
 Tanı : Çizgi tanısı sonucunda tanımlanan çizgilerin ait oldukları element, multiplet numarası, laboratuvar dalgaboyu ve şiddeti.

3.4 Atmosfer Parametrelerinin Belirlenmesi

Element bolluklarının hesaplanması için yıldızın atmosfer parametrelerinin (T_e , $\log g$, ξ) sağlıklı bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada kullanılan yöntemlere ilişkin bilgiler aşağıda verilmektedir.

3.4.1 Etkin sıcaklık ve yüzey çekim ivmesi

A tayf türünden bir yıldızın etkin sıcaklık ve yüzey çekim ivmesi, yıldızın görünür bölgeye ait sürekli enerji dağılımlarının model atmosfer yöntemiyle oluşturulan kuramsal tayflarıyla karşılaştırılmasından, mevcut tayflarda yer alan gözlemsel Balmer çizgi profiline kuramsal profillerle karşılaştırılmasından ve ardışık iyonlaşma durumlarına ait çizgileri bulunan elementlerin iyonizasyon dengelerinden belirlenebilir. Bu tez çalışması sırasında HD39866 yıldızı için bu yöntemler irdelendi.

3.4.2 Mikrotürbülans hızı

HD 39866 yıldızının mikrotürbülans hızını belirlemek için mevcut tayfta zayıf, orta şiddetli ve şiddetli çizgileri yeterli sayıda olan atom ve iyonlar araştırıldı. Çizgi tanı listesine göre Ti II, Cr II, Fe I ve Fe II atom ve iyonları aradığımız bu özelliklere sahiptir. Yüce (2005) tarafından tavsiye edildiği gibi mikrotürbülans hız belirlemeleri, eşdeğer genişliği 5 m\AA den büyük en az 20 ve eşdeğer genişlikleri $90 - 150 \text{ m\AA}$ arasında olan en az beş çizgi içeren atom ve iyonlar kullanılarak yapıldı.

3.5 HD 39866'nın Kimyasal Bollukları

HD 39866 yıldızının He bolluğunu hesaplamak için SYNSPEC programı (Hubeny *et al.* 1994) kullanıldı. Bu program He çizgilerinden element bolluğunu hesaplar. Program, genişlemiş model atmosfer varsayımı yaparak, öncelikle TLUSTY programından elde edilen ya da literatürden alınanlarla (örneğin, Kurucz modellerinin gridlerinden) hesaplama yapar. Donukluk kaynakları (süreklilik, atomik ve moleküler çizgiler)

tamamen kullanıcı tarafından belirlenmektedir. İsteğe bağlı olarak yıldızın dönme hızı ve aletsel profil kuramsal tayfa uygulanabiliyor.

Diğer element bollukları, çizgi tanı listesinde eşdeğer genişliği 3 mÅ ve daha büyük olan tayf çizgilerinden hesaplandı. Öncelikle elementlerin mevcut atom ve iyonları için ayrı ayrı çizgi kartları hazırlandı. Element bolluğunu hesaplamakta kullanılan bir çizgi kartı üç kısımdan oluşur. Bunlar tek satırdan oluşan mikrotürbülans hızına ilişkin bilgi(ler), üç satırdan oluşan atomik veri & eşdeğer genişlik ve kullanılacak model atmosfer. Aşağıda C I (6) λ 4770.00 çizgisine ait değerler görülmektedir.

```
LINE      0.74  477.002  HD 39866      Mult      6
477.002   -2.44   1.0  60352.630  0.0  81311.010      6.00
477.002    31  0.00  -4.59   0.00  WF
```

İlk satır bilgileri: Eşdeğer genişlik (pm biriminde), dalgaboyu (nm), yıldız ismi, multipler numarasıdır. İkinci satır bilgileri: Dalgaboyu (nm), log gf değeri, geçişe ait alt seviyenin J değeri, geçişe ait alt seviyenin enerjisi, üst seviyenin J değeri, üst seviyenin enerjisi, $Z \cdot x$ (Z = atom numarası, $x = 00$; nötr veya $x = 01$ bir kez iyonlaşmış, $xx=02$ iki kez iyonlaşmış durum) dır. Üçüncü satır: Dalgaboyu (nm), tür numarası $[(Z-1).6]+1+x$ ve çarpışma sabitlerine ait değerlerdir. Çizelge 3.6 atomik veri kaynaklarının kaynaklarını vermektedir.

HD 39866 yıldızının ayrıntılı kimyasal bolluk analizi, WIDTH9 (Kurucz 1993) programı kullanılarak gerçekleştirildi. Bu program sayesinde fotosferik bolluklar çizgilerin eşdeğer genişlik değerleri, atomik veriler ve model atmosfer girdileri kullanılarak hesaplanmakta ve her çizgiden log (N/N_T) değeri elde edilerek ortalama bolluklara geçilmektedir.

Çizelge 3.5 Atomik veri kaynakları

C I	Wiese, Fuhr and Deters (1996)
N I	Wiese, Fuhr and Deters (1996) ve Kurucz and Peytremann (1975)
O I	Wiese, Fuhr and Deters (1996) ve Wiese, Smith and Glennon (1966)
Al I ve Al II	Fuhr and Wiese (1990)
Si II	Lanz and Artru (1985)
Ca I	Wiese, Smith and Glennon (1966), Wiese, Smith and Miles (1969)
Ca II	Black, Wisheit, Laviana (1972)
S I ve S II	Wiese, Smith and Glennon (1966)
Cr I	Blackwell-Whitehead and Bergemann (2007), Martin, Fuhr and Wiese (1988)
Cr II	Martin, Fuhr and Wiese (1988), Kurucz & Bell (1995)
Sc II	Lawler and Dakin (1989)
V II	Biemont <i>et al.</i> (1989), Martin <i>et al.</i> (1988) ve Fuhr <i>et al.</i> (1988)
Mn I	Blackwell-Whitehead and Bergemann (2007), Martin, Fuhr and Wiese (1988) and Fuhr <i>et al.</i> (1988)
Mn II	Kling <i>et al.</i> (2001)
Fe I	Fuhr and Wiese (2005), Martin <i>et al.</i> (1988) ve Fuhr <i>et al.</i> (1988), Kurucz & Bell (1995)
Fe II	Fuhr and Wiese (2005), Martin <i>et al.</i> (1988) ve Fuhr <i>et al.</i> (1988), Kurucz & Bell (1995)
La II	Lawler <i>et al.</i> (2001a)
Ce II	Dream Database (Palmeri <i>et al.</i> 2000, Zhang <i>et al.</i> 2001)
Nd II	Den Hartog <i>et al.</i> (2003), Ward <i>et al.</i> (1985)
Ba II	Klose, Fuhr, Wiese (2002)
Sm II	Lawler <i>et al.</i> (2006)
Gd II	Den Hartog <i>et al.</i> (2006), Meggers, Corliss, Scribner (1975)
Zr II	Ljung <i>et al.</i> (2006)
Sr II	Wiese and Martin (1980)
Y II	Hannaford <i>et al.</i> (1982), and Cowley & Corliss (1983)
Diğerleri	Kurucz and Bell (1995)

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1 Dönme Hızı

Bu çalışmada HD 39866'nın metal çizgileri, Gauss profilleri yardımıyla ölçüldü. Tayfin tamamı dikkate alındığında en temiz (blend olmamış) ve orta şiddetli çizgilerin 'order' 49, 50 ve 51 de en fazla olduğu tespit edildi. Buradan yıldızın dönme hızı, coude eşel tayfinin $\lambda 4550-4670 \text{ \AA}$ dalgaboyu aralığındaki tayf çizgilerinden elde edilmiş oldu: $9.2 \pm 0.5 \text{ km sn}^{-1}$. Bu değer mevcut tayftaki tüm çizgi profillerine uygulanarak tayf ölçümü gerçekleştirilmiştir. Gözlenen çizgi profilleri aletsel profille yıldız çizgilerinin birleşimidir. Dar çizgi genişliklerine sahip yıldızlar için bu, çizgilerin dönme profili gösterdiği anlamına gelir. Bu çalışmada HD39866'nın dönme hızı belirlenirken kullanılan çizgilerden bazılarına ait bilgiler Çizelge 4.1 de görülmektedir.

Çizelge 4.1 Dönme hızının belirlenmesinde kullanılan tayf çizgilerine ilişkin bilgiler (merkezi dalgaboyu, çizgi şiddeti, dönme hızı değeri)

$\lambda_{\text{gözlenen}} (\text{\AA})$	Eşdeğer genişlik ($m\text{\AA}$)	$v \sin i (\text{km sn}^{-1})$
4404.760	93.3	10.2
4450.482	99.0	9.6
4565.742	43.7	8.8
4616.634	74.5	9.0
4554.999	81.7	9.9
4666.749	78.7	8.6
4702.998	47.7	9.3

HD 39866 (A2 II)'nin bu çalışmadan belirlenen dönme hızı değeri, bu yıldızın Abt & Morrell (1995) tarafından bulunan 10 km sn^{-1} ile ve HD 43836 (B9 II)'nin TUG verilerinden elde edilen değeri (Şahin 2008) olan 11.55 km sn^{-1} ile uyumludur.

4.2 Tayfların Ölçülmesi

HD 39866'nın mevcut tayflarında etkisi hissedilen tellürik çizgilere ilişkin bilgiler Çizelge 4.2'de verilmektedir. Örneğin Şekil 4.1'de görüldüğü gibi 60 \AA luk bir bölgenin uzun dalgaboyu tarafında yaklaşık 20 \AA luk bir bölge tellürik çizgilerden etkilenmiştir.

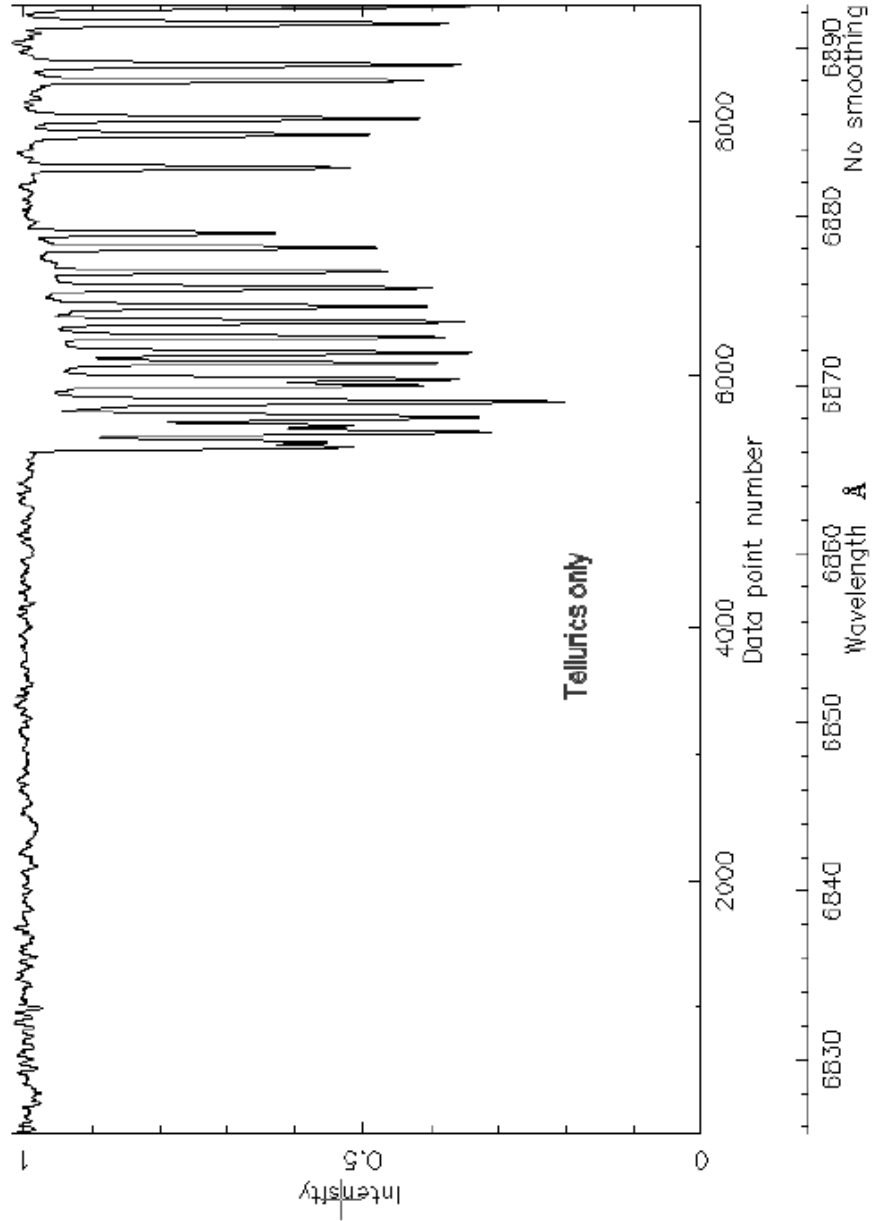
Çizelge 4.2 Yer atmosferi kaynaklı (tellürik) çizgilerin etkileri

'Order' numarası	Yorum	'Order' numarası	Yorum	'Order' numarası	Yorum
1	az	11	-	21	az
2	-	12	tellürik	22	az
3	-	13	tellürik	23	az
4	tellürik	14	-	24	az
5	tellürik	15	tellürik	25	-
6	tellürik	16	tellürik	26	-
7	-	17	-	27	az
8	-	18	-	28	-
9	tellürik	19	-	29	-
10	-	20	az	30	-

Normalize edilen eşel orderlarına ilişkin bazı örnekler Şekil 4.2, 4.3 ve 4.4 de görülmektedir. Tayftaki çizgiler tespit edilerek her bir çizgi profilinin matematiksel ölçümü gerçekleştirildi. Böylece seçilen dalgaboyu aralığında yer alan mevcut tayf çizgilerinin eşdeğer genişliği (EW), merkezi dalgaboyu ($\lambda_{gözlenen}$), çizgi derinliği ve yarı-maksimumdaki tam genişliği (FWHM) tespit edilerek çizgi tanısında kullanılmak üzere listelendi. Tayf ölçümlerine ilişkin bazı örnekler Şekil 4.5 ve 4.6 da görülmektedir.

HD398866 - 16

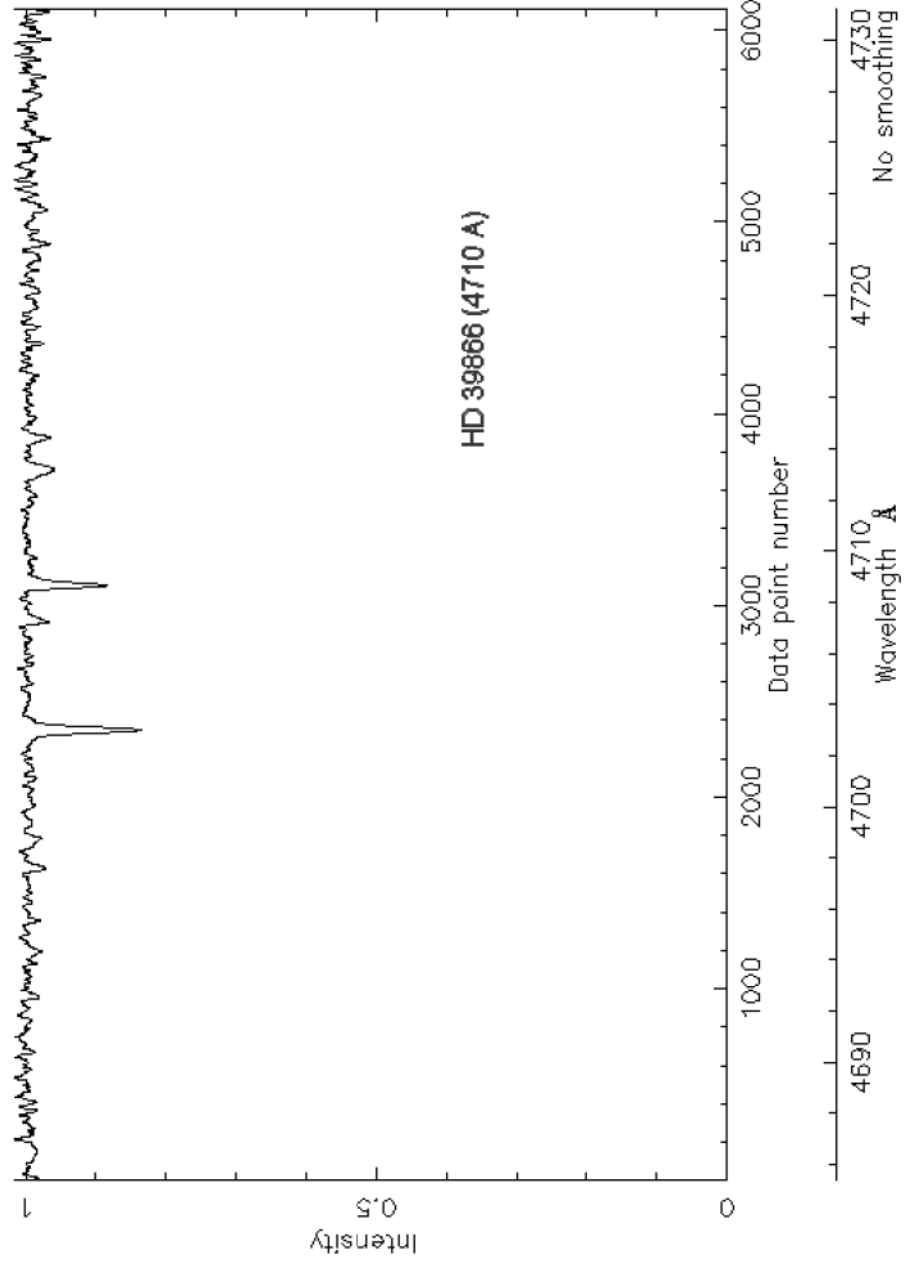
1357C<X>S^VLMNOPT%&W,~=b/w,#=d pt,R=replot,D=new,H=hard,A=all,/ =S/N,⊕H+-,E=End



Şekil 4.1 Yer atmosferi kaynaklı çizgilerden etkilenen bir bölge

HD39866-48

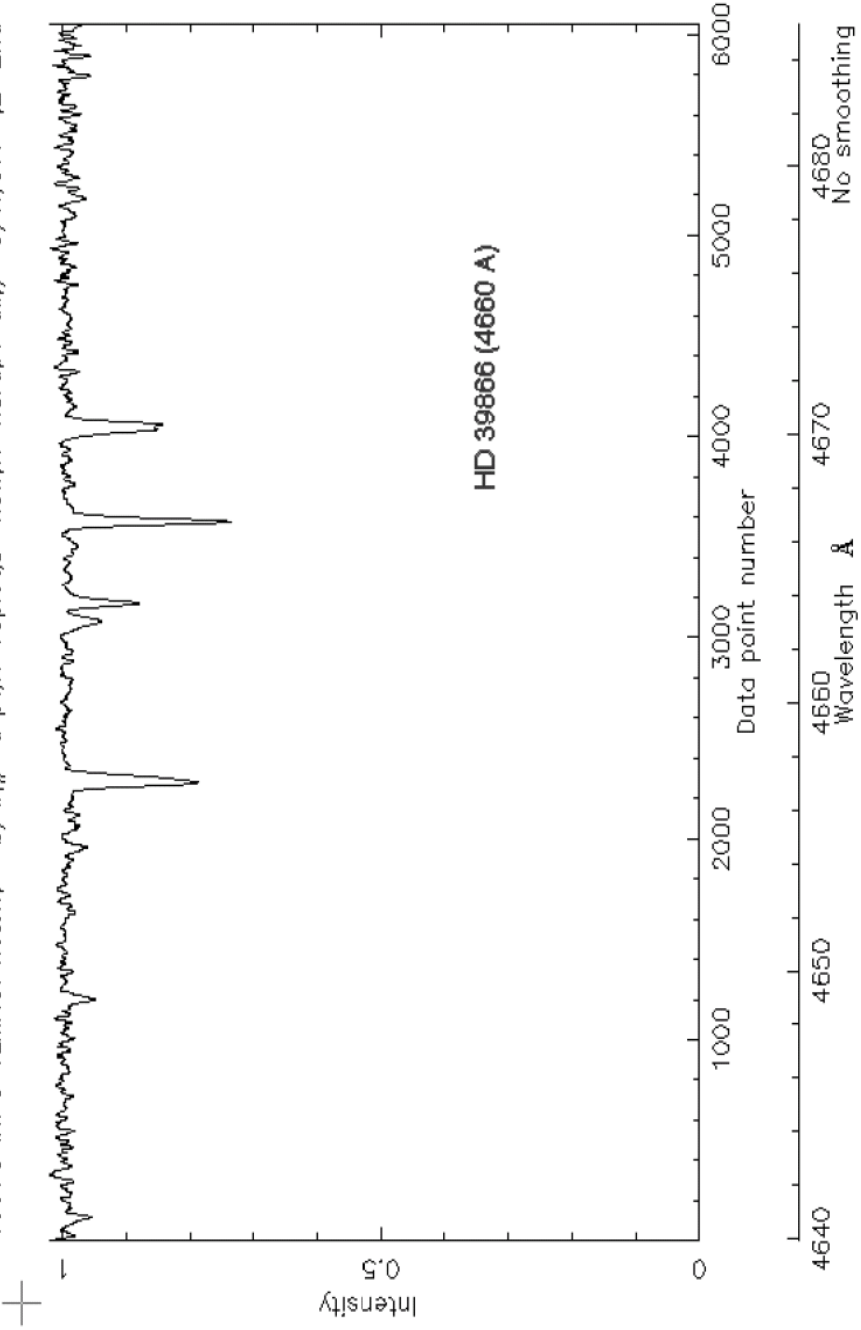
1357C<X>S^VLMNOPT%&W,~=b/w,#=d pt,R=replot,D=new,H=hard,A=all,/=S/N,@|+-,-,E=End



Şekil 4.2 REDUCE programı ile sürekliliği belirlenmiş tayf örneği. 'Order' 48

HD39866-49

1357C<X>S^VLMNOPT%&&W,~=b/w,#=d pt,R=replot,D=new,H=hard,A=all,/ =S/N,@|+-,E=End

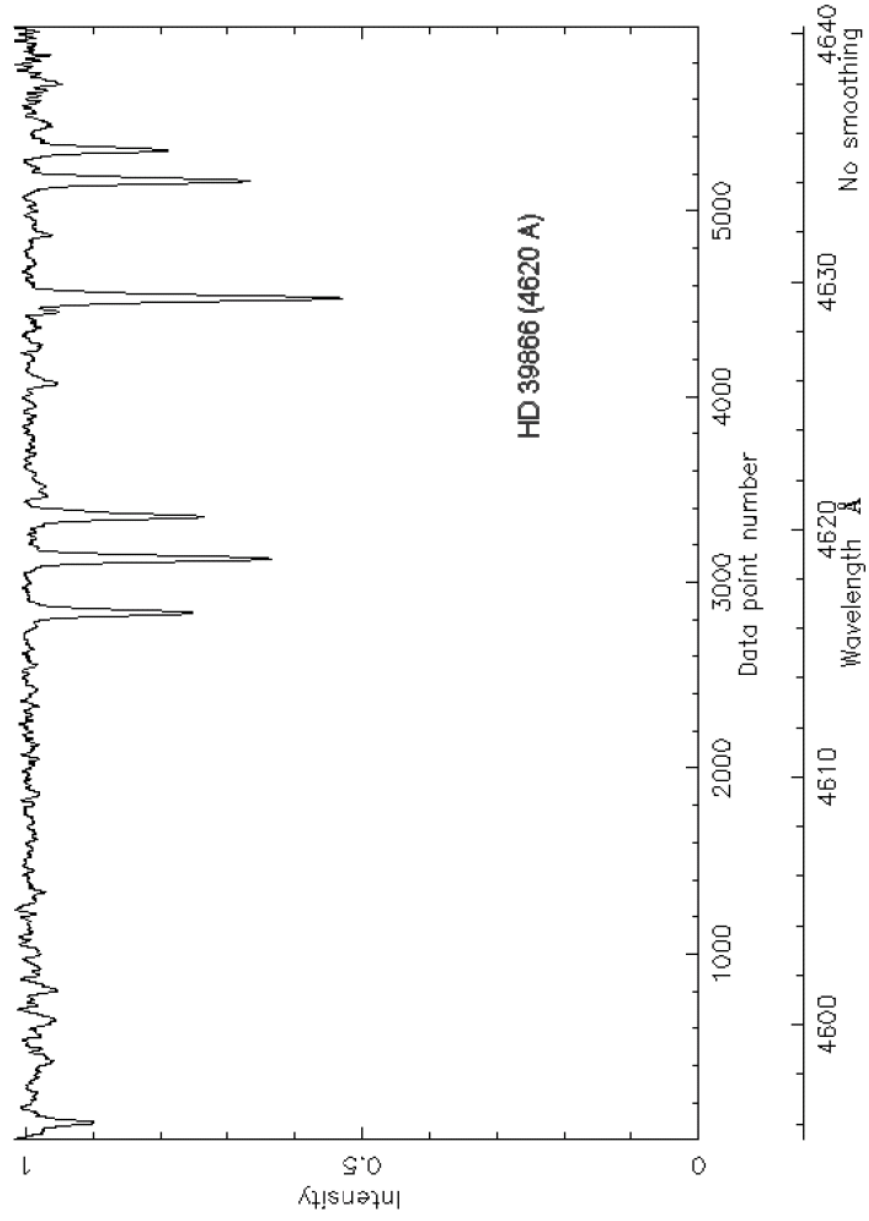


Şekil 4.3 REDUCE programı ile sürekliliği belirlenmiş tayf örneği: 'Order' 49

HD39866-50

1357C<X>S^VLMN0PT%&W,~=b/w,#=d pt,R=replot,D=new,H=hard,A=all,/ =S/N,@|+ - ,E=End

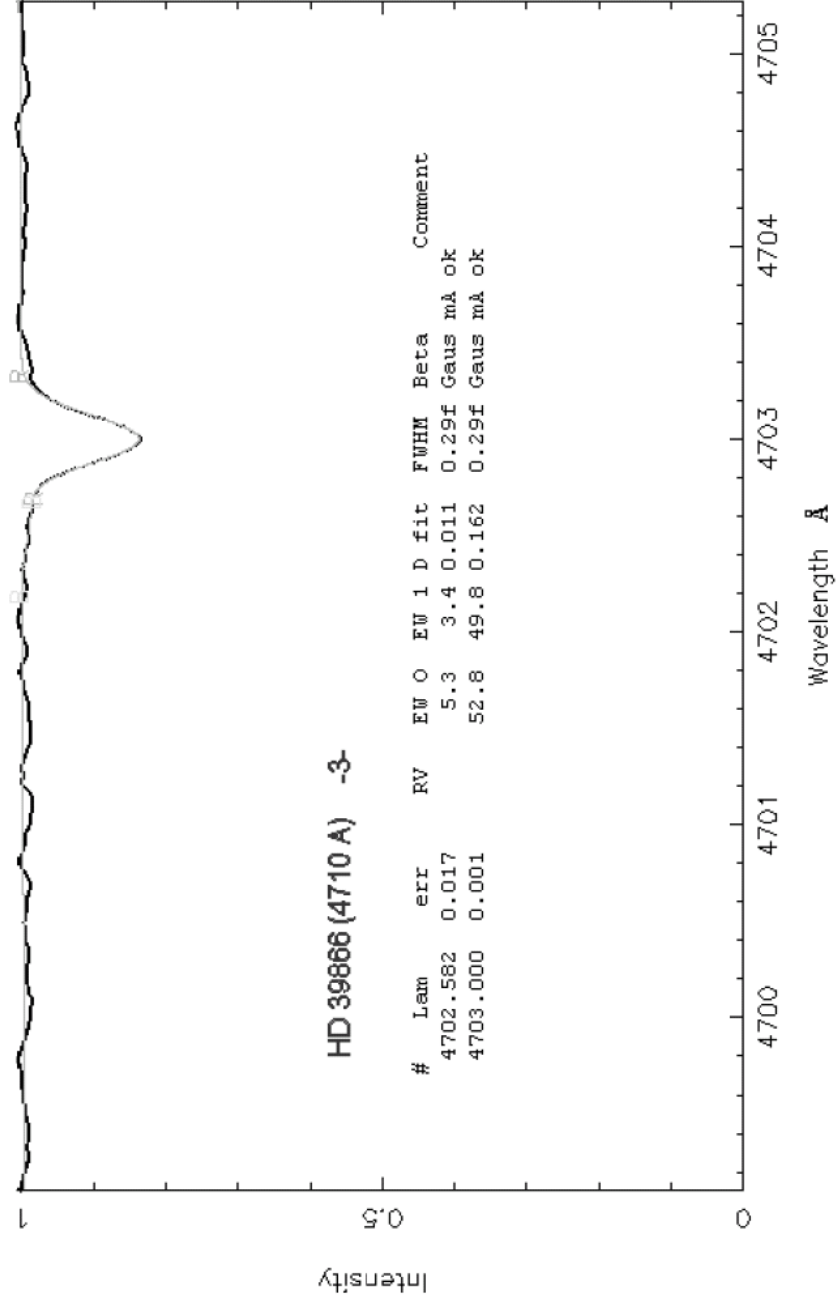
+



Şekil 4.4 REDUCE programı ile sürekliliği belirlenmiş tayf örneği: 'Order' 50

HD39866-48

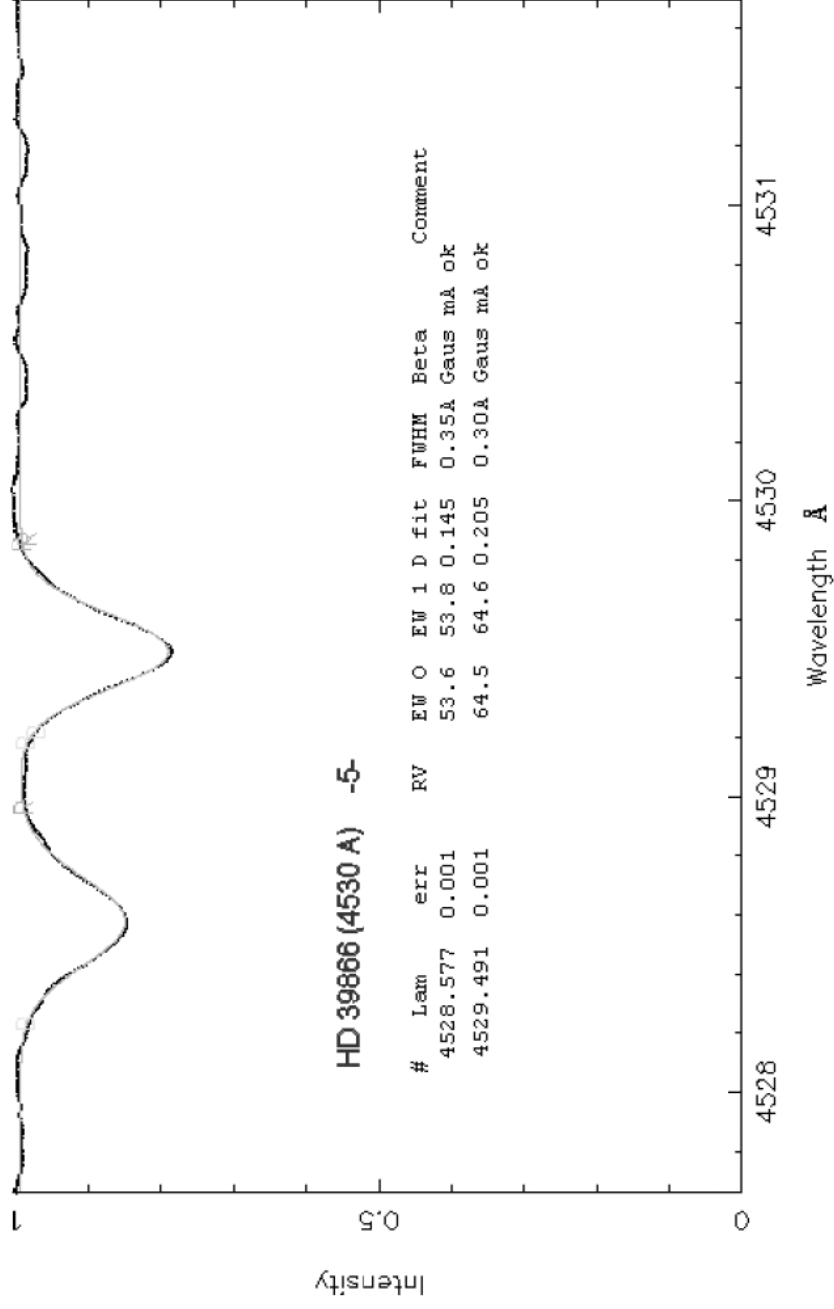
Fix parameter mode



Şekil 4.5 VLJNE programı ile yapılan tayf ölçüm örneği : 'Order' 48

HD39866-52

Fix parameter mode



Şekil 4.6 VLINE programı ile yapılan tayf ölçüm örneği : 'Order' 52

4.3 Çizgi Tanısı

HD 39866 yıldızının optik bölge tayfında, Paschen serisi çizgileri, H_{α} , H_{β} , H_{γ} , H_{δ} , H_{ϵ} , C I, C II, N I, O I, He I, Mg I, Mg II, Al I, Al II, Si II, S I, S II, Ca I, Ca II, Sc II, Ti II, V II, Cr I, Cr II, Mn I, Mn II, Fe I, Fe II, Ni II, Sr II, Zr II, Co II, Y II, Ba II, Gd II, Ce II, Sm II ve Nd II çizgileri tanımlanmıştır. Ayrıca La II, N II ve Fe III'e ait bazı çizgiler, kesin olarak tanımlanamayan yani varlığı muhtemel olan çizgiler olarak tanımlanmıştır. HD 39866'nın RTT150 CET verilerinden elde edilen çizgi tanı sonuçları Çizelge 4.3'de listelenmiştir.

HD 39866 yıldızının Paschen bölgesi ve komşuluğunda tanımlanan bazı çizgi profilleri Şekil 4.7, 4.8 de verilmektedir.

Çizelge 4.3 HD 39866 yıldızının çizgi tanı listesi (devam)

	$\lambda_{ölçülen}$ (Å)	EW(mÅ)	Derinlik	FWHM		Tanı
ORDER 68	3920.276	49.4	0.193	0.24	f	Fe I (4) 3920.2581 (20r)
	3920.627	27.2	0.106	0.24	f	Fe II (D) 3920.67 (p)
	3922.906	61.7	0.241	0.24	f	Fe I (4) 3922.9118 (25R)
	3927.924	67.5	0.263	0.24	f	Fe I (4) 3927.9199 (30R)
	3930.298	91.2	0.355	0.24	f	Fe I (4) 3930.2967 (25R)
	3931.999	69.9	0.272	0.24	f	Ti II (34) 3932.0087 (120)
	3933.648	881.5	0.874	0.95		Ca II (K) 3933.664 (400R)
	3935.943	65.2	0.253	0.24	f	Fe II (173) 3935.942 (5)
	3938.298	90.1	0.350	0.24	f	Fe II (3) 3938.289 (2)
	3938.961	44.7	0.174	0.24	f	Fe II (190) 3938.969 (4)
	3944.006	73.8	0.286	0.24	f	Al I (1) 3944.009 (10R)
	3945.162	43.6	0.169	0.24	f	Fe II (3) 3945.21 (p)
	3945.334	20.1	0.078	0.24	f	
	3947.482	32.4	0.126	0.24	f	O I (3,3,3) 3947.2948, .481, .4862 (15,14,13)
	3948.970	17.6	0.068	0.24	f	
	3951.984	76.9	0.298	0.24	f	V II (10) 3951.968 (500)
ORDER 67	3951.966	47.6	0.184	0.24	f	V II (10) 3951.968 (500)
	3956.470	24.2	0.094	0.24	f	Fe I (604) 3956.4554 (9)
	3956.722	31.3	0.121	0.24	f	Fe I (278) 3956.6768 (12)
	3958.201	25.0	0.097	0.24	f	Zr II (16) 3958.24 (50)
	3960.877	23.4	0.091	0.24	f	Fe II (212) 3960.895 (3)
	3961.519	85.4	0.330	0.24	f	Al (1) 3961.523 (10R)
	3964.583	30.7	0.118	0.24	f	Fe II (29) 3964.57 (-)
	3966.616	23.1	0.089	0.24	f	(Fe I (282, 562) 3966.630 (10n))

Çizelge 4.3 HD 39866 yıldızının çizgi tanı listesi (devam)

	$\lambda_{\text{ölçülen}} (\text{Å})$	EW(mÅ)	Derinlik	FWHM		Tanı
	3968.455	476.9	0.734	0.61		Ca II (1) 3968.470 (350R)
	3970.093					H _{epsilon} 3970.04
	3974.159	47.9	0.184	0.24	f	Fe II (29) 3974.160 (3)
	3975.019	18.1	0.070	0.24	f	Fe II (191) 3975.029 (2)
	3977.746	30.4	0.117	0.24	f	Fe I (72) 3977.7410 (12), (V II (10) 3977.732 (60))
	3979.526	48.3	0.186	0.24	f	Cr II (183) 3979.52 (20)
	3981.983	46.4	0.179	0.24	f	Ti II (11) 3981.9901 (34), Zr II (142) 3982.01 (3)
	3984.058	22.9	0.088	0.24	f	Fe I (277) 3983.960 (10)
	3986.793	27.3	0.105	0.24	f	(Mn I (33) 3986.826 (3))
	3987.625	33.1	0.127	0.24	f	Ti II (11) 3987.6064 (21)
	3988.689	21.1	0.081	0.24	f	
ORDER 66	3987.619	27.3	0.104	0.25	f	Ti II (11) 3987.6064 (21)
	3991.139	24.3	0.093	0.25	f	Zr II (30) 3991.14 (40)
	3997.111	35.5	0.136	0.25	f	V II (9) 3997.126 (200)
	3997.398	27.3	0.104	0.25	f	Fe I (278) 3997.3922 (15)
	3998.034	19.7	0.075	0.25	f	Fe I (276) 3998.0527 (10)
	3998.987	25.7	0.098	0.25	f	Zr II (16) 3998.98 (30)
	4001.650	11.1	0.042	0.25	f	Fe I (72) 4001.6617 (5)
	4002.070	49.8	0.191	0.25	f	Fe II (29) 4002.073 (2)
	4002.329	9.0	0.034	0.25	f	
	4002.545	37.6	0.144	0.25	f	Fe II (190) 4002.544 (3), Cr II (166) 4002.48 (5)
	4002.748	4.7	0.018	0.25	f	Fe I (320,655) 4002.6609 ((1))
	4002.964	27.4	0.105	0.25	f	Zr II (142) 4002.95 (2), V II (9) 4002.940 (80)
	4003.309	22.2	0.085	0.25	f	Cr II (194) 4003.32 (25)
	4004.886	8.7	0.033	0.25	f	Fe I (486, 557) 4004.9785 ((1))
	4005.243	49.9	0.191	0.25	f	Fe I (43) 4005.2420 (25)
	4005.713	66.2	0.253	0.25	f	V II (32) 4005.7129 (800)
	4009.748	11.7	0.045	0.25	f	Fe I (72) 4009.7128 (10)
	4011.378	6.9	0.026	0.25	f	Fe I (218) 4011.4075 ((1))
	4012.423	136.4	0.431	0.30		Cr II (183) 4012.50 (30), Ti II (11) 4012.3836 (190), Fe II (126) 4012.467 (1), Ce II (206) 4012.389 (2700)
	4014.466	24.9	0.095	0.25	f	Sc II (8) 4014.489 (5), Fe I (802) 4014.5308 (10)
	4015.481	38.2	0.145	0.25	f	Ni II (12) 4015.50 (1)
	4021.857	36.3	0.138	0.25	f	Fe I (278) 4021.8665 (12)
ORDER 65	4021.890	20.5	0.078	0.25	f	Fe I (278) 4021.8665 (12)
	4023.383	57.0	0.217	0.25	f	V II (32) 4023.389 (600)
	4024.562	65.4	0.249	0.25	f	Zr II (54) 4024.45 (12), Fe II (127) 4024.552 (5)
	4025.131	68.5	0.260	0.25	f	Ti II (11) 4025.1295 (82)
	4026.290	47.6	0.078	0.39		He I (18,18) 4026.189, .362 ((6,1))
	4028.353	101.4	0.347	0.27		Ti II (87) 4028.3384 (132)
	4029.670	15.8	0.060	0.25	f	Fe I (556, 563) 4029.6293 (3n), Zr II (41)

Çizelge 4.3 HD 39866 yıldızının çizgi tanı listesi (devam)

	$\lambda_{ölçülen}$ (Å)	EW(mÅ)	Derinlik	FWHM		Tanı
						4029.68 (20),
						Ti II (87) 4029.64 (-)
	4030.483	25.2	0.096	0.25	f	Cr II (19) 4030.359 (p), Fe I (560) 4030.4885 ((6))
	4030.798	28.2	0.107	0.25	f	Mn I (2) 4030.755 (20000Rw)
	4031.465	16.5	0.063	0.25	f	Fe II (151) 4031.456 (1)
	4032.002	5.7	0.022	0.25	f	Fe I (655) 4031.9607 (4)
	4032.943	43.1	0.164	0.25	f	Fe II (126) 4032.946, Mn I (2) 4033.068 (15000Rw)
	4033.116	14.8	0.056	0.25	f	Fe I (218) 4033.1863 ((1))
	4034.043	7.0	0.027	0.25	f	Zr II (42) 4034.10 (5)
	4034.454	8.8	0.034	0.25	f	Mn I (2) 4034.485 (10000Rw)
	4035.631	58.0	0.220	0.25	f	V II (32) 4035.631 (400), Mn I (5) 4035.728 (15)
						Fe II (22) 4035.54 (p)
	4036.765	17.2	0.065	0.25	f	V II (9) 4036.779 (60)
	4037.963	26.4	0.100	0.25	f	Cr II (194) 4038.02 (25)
	4041.377	18.8	0.071	0.25	f	Mn I (5) 4041.357 (2000h)
	4041.714	8.2	0.031	0.25	f	Fe II (172) 4041.64 (p)
	4043.981	27.0	0.102	0.25	f	Fe II (172) 4044.01 (p), Fe I (559) 4043.98 (sun)
						(Fe I (276) 4043.9770 (5n))
	4045.647	21.4	0.081	0.25	f	Zr II (30) 4045.63 (15), Fe I (559) 4045.5939 (sun)
	4045.823	102.0	0.386	0.25	f	Fe I (43) 4045.8124 (60r)
	4048.807	45.7	0.173	0.25	f	Mn I (5) 4048.747 (1000h), Fe II (172) 4048.831 (8)
	4049.131	18.6	0.070	0.25	f	Cr II (193) 4049.14 (18), V II (215) 4049.03 (3)
	4051.961	49.0	0.185	0.25	f	Cr II (19) 4051.96 (12)
	4053.809	87.1	0.329	0.25	f	Ti II (87) 4053.8210 (86)
	4054.104	39.8	0.150	0.25	f	Cr II (19) 4054.10 (8)
ORDER 64	4051.933	46.9	0.177	0.25	f	Cr II (19) 4051.96 (12)
	4053.823	82.2	0.310	0.25	f	Ti II (87) 4053.8210 (86)
	4054.071	40.6	0.153	0.25	f	Cr II (19) 4054.11 (8)
	4056.179	24.7	0.093	0.25	f	Ti II (11) 4056.1852 (7)
	4057.478	38.7	0.146	0.25	f	Fe II (212) 4057.457 (2), Mg I (16) 4057.505 (5n)
	4063.598	95.0	0.358	0.25	f	Fe I (43) 4063.5942 (45), Mn I (5) 4063.528 (8)
	4064.324	10.9	0.041	0.25	f	Ti II (106) 4064.350 ((1))
	4065.169	9.8	0.037	0.25	f	V II (215) 4065.072 (100)
	4067.019	74.0	0.279	0.25	f	Fe I (358) 4066.9742 (6), Ni II (11) 4067.051 (3)
	4067.289	14.6	0.055	0.25	f	(Fe I (217) 4067.2712 (4))
	4067.980	19.0	0.071	0.25	f	Fe I (559) 4067.9777 (8n), Mn I (5) 4068.003 ((2))
	4070.009	21.2	0.080	0.25	f	Fe II (22) 4070.03 (p)
	4070.829	29.5	0.111	0.25	f	Cr II (193) 4070.88 (10), Fe I (558) 4070.7707 (5n)
	4071.744	87.8	0.330	0.25	f	Fe I (43) 4071.7380 (40)

Çizelge 4.3 HD 39866 yıldızının çizgi tanı listesi (devam)

	$\lambda_{ölçülen}$ (Å)	EW(mÅ)	Derinlik	FWHM		Tanı
	4072.556	29.0	0.109	0.25	f	Cr II (26) 4072.56 (4)
	4073.699	10.9	0.041	0.25	f	Fe I (558) 4073.7623 (4n)
	4074.859	6.9	0.026	0.25	f	(Fe I (524) 4074.7858 (5))
	4075.468	21.2	0.080	0.25	f	Si II (3.01) 4075.45 (20H)
	4075.959	21.6	0.081	0.25	f	Ce II (206) 4075.85 (1500), Fe II (21) 4075.95 (p)
	4076.569	20.3	0.076	0.25	f	Fe I (218) 4076.4898 ((1)), Fe I (558) 4076.6291 (8n)
	4076.846	34.6	0.130	0.25	f	Cr II (19) 4076.87 (3), Si II (3.01) 4076.781 (15H), Fe I (559) 4076.8811 ((1))
	4077.241	8.0	0.030	0.25	f	
	4077.709	113.6	0.333	0.32		Sr II (1) 4077.714 (400r)
	4086.145	20.4	0.076	0.25	f	Cr II (26) 4086.14 (8)
	4087.586	23.5	0.088	0.25	f	Cr II (19) 4087.60 (2)
ORDER 63	4101.734					H delta 4101.737
	4109.864	30.5	0.114	0.25	f	Fe I (357) 4109.8017 (9)
	4110.999	54.6	0.203	0.25	f	Cr II (18,26) 4111.00 (18), (Fe I (689) 4111.06 ((1)))
	4113.208	19.6	0.073	0.25	f	Cr II (18) 4113.24 (5)
	4118.539	38.5	0.143	0.25	f	Fe I (801) 4118.5450 (15)
	4119.512	25.8	0.096	0.25	f	Fe II (21) 4119.53 (p)
	4122.663	93.1	0.346	0.25	f	Fe II (28) 4122.638 (4)
	4124.823	49.4	0.183	0.25	f	Fe II (22) 4124.793 (1)
ORDER 62	4122.675	86.5	0.321	0.25	f	Fe II (28) 4122.638 (4)
	4124.789	33.4	0.124	0.25	f	Fe II (22) 4124.793 (1)
	4128.079	125.4	0.398	0.30		Si II (3) 4128.067 (300H)
	4128.752	61.1	0.227	0.25	f	Fe II (27) 4128.735 (3)
	4129.146	16.0	0.059	0.25	f	(Cr I (97) 4129.21 (20n))
	4130.419	9.3	0.035	0.25	f	(Cr I (97) 4130.47 (-))
	4130.895	119.6	0.341	0.33		Si II (3) 4130.893 (500H)
	4132.066	50.4	0.187	0.25	f	Fe I (43) 4132.0582 (25), Fe I (558) 4131.9718 (sun)
	4132.438	24.0	0.089	0.25	f	Cr II (26) 4132.41 (7)
	4134.682	17.1	0.063	0.25	f	Fe I (357) 4134.6776 (12)
	4137.009	17.4	0.064	0.25	f	Fe I (726) 4136.9977 (7), Mn II (I) 4136.94 (60)
	4138.316	28.1	0.104	0.25	f	Fe II (39) 4138.40 (p)
	4143.332	18.4	0.068	0.25	f	
	4143.513	22.6	0.083	0.25	f	Fe I (523) 4143.4146 (15)
	4143.871	66.6	0.246	0.25	f	He I (53) 4173.759 ((2)), Fe I (43) 4143.8680 (30)
	4144.626	5.0	0.019	0.25	f	(Nd II (61) 4144.553 (170))
	4145.129	11.5	0.043	0.25	f	(S II (44) 4145.067 (22))
	4145.779	48.0	0.177	0.25	f	Cr II (162) 4145.77 (25)
	4146.459	7.2	0.027	0.25	f	Cr II (KX) 4146.388 (p)

Çizelge 4.3 HD 39866 yıldızının çizgi tanı listesi (devam)

	$\lambda_{\text{ölçülen}} (\text{Å})$	EW(mÅ)	Derinlik	FWHM		Tanı
	4149.197	40.9	0.151	0.25	f	Zr II (41) 4149.22 (75)
	4150.952	15.7	0.058	0.25	f	Zr II (42) 4150.97 (10), Cr II (163) 4151.00 (5)
	4153.947	21.3	0.078	0.25	f	Fe I (695) 4153.8997 (10n)
	4154.474	15.4	0.057	0.25	f	(Fe I (355) 4154.4987 (12))
	4154.765	15.8	0.058	0.25	f	(Fe I (694) 4154.8055 (9n))
ORDER 61	4161.184	16.4	0.060	0.26	f	Cr II (162) 4161.07 (2), Zr II (42) 4161.20 (20), (Fe I (689) 4161.080 ((1)))
	4161.536	47.5	0.175	0.26	f	Ti II (21) 4161.5293 (32)
	4162.859	7.2	0.027	0.26	f	
	4163.661	111.6	0.410	0.26	f	Ti II (105) 4163.6437 (398)
	4167.276	35.2	0.129	0.26	f	Mg I (15, 15) 4167.260, .271 (10n, 10n)
	4170.952	17.1	0.063	0.26	f	Ti II (L) 4170.8632 (18), Fe I (482) 4170.9018 (5)
	4171.918	114.0	0.362	0.30		Ti II (105) 4171.9039 (259), (Cr II (18) 4171.92 (3))
	4172.620	19.0	0.070	0.26	f	Cr II (18) 4172.60 (2), (Fe I (689) 4172.6408 (1))
	4173.481	172.8	0.524	0.31		Fe II (27) 4173.450 (8), Ti II (21) 4173.5332 (50)
	4174.086	25.7	0.094	0.26	f	Ti II (105) 4174.088 ((2))
	4174.364	15.7	0.058	0.26	f	S II (P) 4174.265 (21), (Fe I (799) 4174.4019 (1))
	4175.647	16.7	0.061	0.26	f	Fe I (354) 4175.6361 (10)
	4176.620	13.4	0.049	0.26	f	Fe I (695) 4176.5659 (7n), (Fe I (689) 4176.57 (Fe))
	4177.669	104.6	0.324	0.30		Fe II (21) 4177.70 (p)
	4178.400	15.2	0.056	0.26	f	V II (25) 4178.390 (60)
	4178.860	144.5	0.482	0.28		Fe II (28) 4178.855 (8)
	4179.192	14.3	0.052	0.26	f	(Cr I (179, 250) 4179.257 (30))
	4179.428	50.2	0.184	0.26	f	Cr II (26) 4179.43 (12)
	4181.765	33.3	0.122	0.26	f	Fe I (354) 4181.7547 (15)
	4183.413	23.0	0.084	0.26	f	V II (37) 4183.435 (250)
	4183.993	7.4	0.027	0.26	f	(Fe III (22) 4184.09 (4))
	4184.330	32.4	0.118	0.26	f	Ti II (21) 4184.3108 (11), Gd II (15) 4184.252 (2400)
	4184.860	8.9	0.032	0.26	f	Fe I (355) 4184.8918 (10)
	4187.018	36.6	0.134	0.26	f	Fe I (152) 4187.0390 (20)
	4187.826	45.8	0.167	0.26	f	Fe I (152) 4187.7954 (20)
	4188.658	7.0	0.025	0.26	f	
	4188.946	5.7	0.021	0.26	f	Ti II (L) 4188.9873 (37)
	4191.424	32.3	0.118	0.26	f	Fe I (152) 4191.4307 (15)
	4192.121	14.6	0.053	0.26	f	Ni II (10) 4192.07 (1)
	4195.393	19.5	0.071	0.26	f	Cr II (161) 4195.41 (10), Fe I (693) 4195.3291 (5)
ORDER 60	4195.355	26.6	0.097	0.26	f	Cr II (161) 4195.41 (10), Fe I (693) 4195.3295 (5)

Çizelge 4.3 HD 39866 yıldızının çizgi tanı listesi (devam)

	$\lambda_{\text{ölçülen}} (\text{Å})$	EW(mÅ)	Derinlik	FWHM		Tanı
	4198.239	33.7	0.123	0.26	f	Fe I (152) 4198.3043 (20), Si II (7.26) 4198.133 (50)
	4198.529	13.3	0.048	0.26	f	(Fe I (693) 4198.6431 (4n))
	4199.103	45.5	0.166	0.26	f	Fe I (522) 4199.0952 (20)
	4202.036	66.1	0.241	0.26	f	Fe I (42) 4202.0292 (30)
	4202.385	30.0	0.109	0.26	f	V II (25) 4202.350 (150)
	4204.031	12.8	0.047	0.26	f	Fe I (355) 4203.9848 (10)
	4205.264	26.9	0.098	0.26	f	(V II (37) 4205.080 (250))
	4206.388	13.9	0.051	0.26	f	Mn II (7) 4206.370 (200)
	4207.344	19.9	0.073	0.26	f	Cr II (26) 4207.36 (4)
	4209.011	19.1	0.069	0.26	f	Zr II (41) 4208.99 (30), Cr II (162) 4209.02 (3)
	4209.787	13.7	0.050	0.26	f	V II (25) 4209.74 (10)
	4210.342	19.3	0.070	0.26	f	Fe I (152) 4210.3436 (15)
	4211.882	14.2	0.052	0.26	f	Zr II (15) 4211.88 (12), Fe II (21) 4211.80 (p)
	4213.489	8.2	0.030	0.26	f	Fe II (G) 4213.52 (p), (S II (44) 4213.517 (9))
	4215.526	75.9	0.276	0.26	f	Sr II (1) 4215.524 (300r)
	4215.788	16.0	0.058	0.26	f	Cr II (18) 4215.76 (2)
	4217.515	13.1	0.048	0.26	f	Fe I (693) 4217.5456 (7n)
	4219.349	25.1	0.091	0.26	f	Fe I (800) 4219.3604 (12)
	4220.095	11.0	0.040	0.26	f	V II (25) 4220.047 (10)
	4222.215	18.0	0.065	0.26	f	Fe I (152) 4222.2131 (12)
	4224.197	16.9	0.061	0.26	f	Fe I (689) 4224.1717(6n)
	4224.861	37.1	0.135	0.26	f	Cr II (162) 4224.85 (20)
	4225.198	16.8	0.061	0.26	f	V II (37) 4225.228 (120)
	4225.535	15.7	0.057	0.26	f	Fe I (693) 4225.4543 (6n)
	4226.731	72.0	0.261	0.26	f	Ca I (2) 4226.728 (500r)
	4227.404	62.8	0.227	0.26	f	Ti II (33) 4227.3336 (11), Fe I (693) 4227.4266 (30), (Fe I (689) 4227.42 (Fe))
	4233.189	229.8	0.569	0.38		Fe II (27) 4233.167 (11), Cr II (31) 4233.26 (10)
ORDER 59	4233.177	228.8	0.603	0.36		Fe II (27) 4233.167 (11), Cr II (31) 4233.26 (10)
	4233.624	39.6	0.143	0.26	f	Fe I (152) 4233.6028 (18)
	4235.954	43.8	0.158	0.26	f	Fe I (152) 4235.9370 (25)
	4236.369	4.6	0.016	0.26	f	
	4238.830	22.0	0.079	0.26	f	Mn II (I) 4238.795 (80), Fe I (693) 4238.8100 (10n)
	4242.375	111.6	0.333	0.31		Cr II (31) 4242.36 (30), Mn II (I) 4242.334 (100)
	4244.800	12.1	0.044	0.26	f	Mn II (I) 4244.923 (30), (Ni II (9) 4244.80 (1))
	4246.841	137.3	0.425	0.30		Sc II (7) 4246.829 (100)
	4247.414	21.3	0.077	0.26	f	Fe I (693) 4247.4255 (12)
	4250.122	38.8	0.140	0.26	f	Fe I (152) 4250.1195 (25)
	4250.441	13.9	0.050	0.26	f	

Çizelge 4.3 HD 39866 yıldızının çizgi tanı listesi (devam)

	$\lambda_{ölçülen}$ (Å)	EW(mÅ)	Derinlik	FWHM		Tanı
	4250.794	51.7	0.186	0.26	f	Fe I (42) 4250.7869 (25)
	4251.707	10.0	0.036	0.26	f	Mn II (I) 4251.735 (150), Gd II (15) 4251.733 (1700)
	4251.976	6.3	0.023	0.26	f	
	4252.623	44.5	0.160	0.26	f	Cr II (31) 4252.62 (10)
	4252.969	10.9	0.039	0.26	f	Mn II (7) 4252.964 (150)
	4254.391	55.8	0.160	0.33		Cr I (1) 4254.346 (1000R)
	4256.107	8.9	0.032	0.26	f	Cr II (192) 4256.17 (5)
	4258.176	104.5	0.284	0.35		Fe II (22) 4258.155 (8)
	4258.519	7.5	0.027	0.26	f	
	4259.200	15.7	0.056	0.26	f	Mn II (7) 4259.201 (150)
	4260.475	69.8	0.251	0.26	f	Fe I (152) 4260.4744 (25), Mn II (I) 4260.465 (40)
	4261.911	86.9	0.312	0.26	f	Cr II (31) 4261.92 (20)
	4263.846	13.2	0.047	0.26	f	Fe II (J) 4263.895 (1)
	4267.233	10.1	0.036	0.26	f	C II (6) 4267.258 (20)
	4269.272	43.8	0.157	0.26	f	Cr II (31) 4269.28 (10)
ORDER 58	4268.818	12.9	0.046	0.26	f	Cr II (192) 4268.93 (1)
	4269.267	41.1	0.147	0.26	f	Cr II (31) 4269.28 (10)
	4270.807	14.6	0.052	0.26	f	(Ce II (21) 4270.716 (390))
	4271.152	42.7	0.153	0.26	f	Fe I (152) 4271.1538 (20)
	4271.776	94.7	0.340	0.26	f	Fe I (42) 4271.7605 (35)
	4273.329	81.8	0.293	0.26	f	Fe II (27) 4273.317 (8)
	4274.816	30.7	0.110	0.26	f	Cr I (1) 4274.803 (800R)
	4275.574	70.1	0.251	0.26	f	Cr II (31) 4275.58 (30), (Ce II (206) 4275.5561 ((140)))
	4277.643	9.1	0.032	0.26	f	(Fe I (172) 4277.68 ((1)))
	4278.162	47.5	0.170	0.26	f	Fe II (32) 4278.128 ((1)), Cr II (161) 4278.10 (1)
	4282.428	33.5	0.120	0.26	f	Fe I (71) 4282.4029 (12), Mn II (I) 4282.469 (60)
	4283.787	8.1	0.029	0.26	f	Mn II (I) 4283.770 (60)
	4284.202	57.9	0.207	0.26	f	Cr II (31) 4284.21 (20)
	4285.383	6.0	0.021	0.26	f	Fe II (D) 4285.37 (p)
	4286.246	11.8	0.042	0.26	f	Fe II (J) 4286.311 (1)
	4287.887	75.7	0.270	0.26	f	Ti II (20) 4287.8734 (104), (Ba II (16) 4287.80 ((3)))
	4289.362	8.6	0.031	0.26	f	Ca I (5) 4289.364 (40)
	4289.734	31.6	0.113	0.26	f	Cr I (1) 4289.721 (700R)
	4290.228	164.8	0.469	0.33		Ti II (41) 4290.2149 (499)
	4291.570	10.1	0.036	0.26	f	Fe I (41) 4291.466 (4)
	4292.213	13.6	0.048	0.26	f	Mn II (I) 4292.237 (200)
	4293.705	7.4	0.026	0.26	f	
	4294.095	136.9	0.488	0.26	f	Ti II (20) 4294.0939 (730), Fe I (41) 4294.1248 (15)
	4294.378	17.8	0.063	0.26	f	(S II (49) 4294.398 (22))
	4294.746	19.2	0.068	0.26	f	Sc II (15) 4294.767 (8)

Çizelge 4.3 HD 39866 yıldızının çizgi tanı listesi (devam)

	$\lambda_{\text{ölçülen}} (\text{Å})$	EW(mÅ)	Derinlik	FWHM		Tanı
	4296.327	10.4	0.037	0.26	f	
	4296.579	108.4	0.386	0.26	f	Fe II (28) 4296.567 (6), (Ce II (2) 4296.680 (1500))
	4298.947	6.5	0.023	0.26	f	Ca I (5) 4298.986 (30)
	4299.241	38.2	0.136	0.26	f	Fe I (152) 4299.2349 (18)
	4300.051	182.5	0.531	0.32		Ti II (41) 4300.0422 (1270)
	4301.164	5.4	0.019	0.26	f	(Ti II (L) 4301.2959 (30))
	4301.929	111.3	0.396	0.26	f	Ti II (41) 4301.9225 (226), Zr II (109) 4301.928 (5)
	4302.511	17.7	0.063	0.26	f	Ca I (5) 4302.527 (60r)
	4303.175	138.2	0.492	0.26	f	Fe II (27) 4303.166 (8)
	4303.496	16.3	0.058	0.26	f	(Nd II (10) 4303.573 (5400))
	4305.675	26.3	0.093	0.26	f	Sc II (15) 4295.715 (10)
	4306.852	14.8	0.052	0.26	f	Cr II (K) 4306.95 (10)
	4307.895	142.1	0.505	0.26	f	Ti II (41) 4307.8657 (300), Fe I (42) 4307.9023 (35)
ORDER 57	4307.889	133.0	0.473	0.26	f	Ti II (41) 4307.8657 (300), Fe I (42) 4307.9023 (35)
	4309.695	12.9	0.046	0.26	f	Y II (5) 4309.620 (2215)
	4312.876	131.3	0.409	0.30		Ti II (41) 4312.8600 (270)
	4314.087	86.9	0.308	0.26	f	Sc II (15) 4314.084 (60)
	4314.318	72.1	0.256	0.26	f	Fe II (32) 4314.289 (4)
	4314.997	139.4	0.419	0.31		Ti II (41) 4314.9707 (253), Fe I (71) 4315.0846 (10)
	4315.388	8.4	0.030	0.26	f	
	4316.804	44.7	0.158	0.26	f	Ti II (94) 4316.7941 (25)
	4317.523	9.6	0.034	0.26	f	
	4318.141	8.2	0.029	0.26	f	Fe II (220) 4318.216 (0N)
	4318.622	9.1	0.032	0.27	f	Ca I (5) 4318.652 (45)
	4319.655	12.5	0.044	0.27	f	Fe II (220) 4319.717 (1n)
	4320.745	83.0	0.294	0.27	f	Sc II (15) 4320.745 (50)
	4320.975	65.3	0.231	0.27	f	Ti II (41) 4320.9505 (52)
	4324.780	7.1	0.025	0.27	f	
	4325.013	62.8	0.222	0.27	f	Sc II (15) 4325.010 (40), Mn II (I) 4325.034 (100)
	4325.479	29.7	0.105	0.27	f	
	4325.771	94.9	0.336	0.27	f	Fe I (42) 4325.7619 (35)
	4326.658	20.6	0.073	0.27	f	Mn II (I) 4326.633 (500)
	4327.137	6.3	0.022	0.27	f	Gd II (15) 4327.125 (1900)
	4330.242	38.7	0.137	0.27	f	Ti II (94) 4330.2370 (29)
	4330.693	47.2	0.167	0.27	f	Ti II (41) 4330.6979 (31)
	4337.925	94.4	0.333	0.27	f	Ti II (20) 4337.9142 (740)
	4340.429					H _γ 4340.468
	4344.275	56.0	0.197	0.27	f	Ti II (20) 4344.2808 (81)
ORDER 56	4350.848	41.1	0.145	0.27	f	Ti II (94) 4350.8376 (24)
	4351.796	205.6	0.541	0.36		Fe II (27) 4351.764 (9), Cr I (22) 4351.77 (100)

Çizelge 4.3 HD 39866 yıldızının çizgi tanı listesi (devam)

	$\lambda_{\text{ölçülen}} (\text{\AA})$	EW(mÅ)	Derinlik	FWHM		Tanı
	4352.658	6.5	0.023	0.27	f	Fe I (71) 4352.7341 (9)
	4354.338	15.7	0.055	0.27	f	Fe II (213) 4354.358 (4)
	4354.680	10.1	0.036	0.27	f	Sc II (14) 4354.609 (5)
	4357.568	32.7	0.115	0.27	f	Fe II (J) 4357.574 (4)
	4359.711	13.4	0.047	0.27	f	Cr I (22) 4359.631 (75), Zr II (79) 4359.74 (10)
	4360.220	7.3	0.026	0.27	f	(Ce II (245) 4360.16 ((100)))
	4361.278	19.8	0.070	0.27	f	Fe II (J) 4361.249 (2)
	4362.134	28.4	0.100	0.27	f	Ni II (9) 4362.10 (1)
	4362.842	10.1	0.035	0.27	f	Cr II (179) 4362.93 (3)
	4363.207	6.2	0.022	0.27	f	
	4367.650	69.0	0.242	0.27	f	(Fe I (414) 4367.5785 (5)), Ti II (104) 4367.6521 (55)
	4368.014	7.8	0.027	0.27	f	Fe I (41) 4367.9036 (2)
	4368.238	35.9	0.126	0.27	f	O I (5)4368.30((10))
	4369.407	62.7	0.220	0.27	f	Fe II (28) 4369.404 (2)
	4369.748	11.7	0.041	0.27	f	Gd II (15) 4369.771 (300)
	4371.051	10.4	0.036	0.27	f	Zr II (79) 4370.96 (8)
	4374.465	74.8	0.262	0.27	f	Sc II (14) 4374.458 (40)
	4374.866	75.7	0.265	0.27	f	Ti II (93) 4374.8162 (38), Y II (13) 4374.933 (6300s)
	4375.878	13.3	0.046	0.27	f	Fe I (2) 4375.9301 (9)
	4379.753	14.6	0.051	0.27	f	Zr II (88) 4379.78 (9), (Cr I (130) 4379.782 (20))
	4383.551	113.2	0.395	0.27	f	Fe I (41) 4383.5450 (45r)
	4384.310	72.5	0.253	0.27	f	Fe II (32) 4384.33 (p)
	4384.669	51.9	0.181	0.27	f	Mg II (10) 4384.654 (8)
	4385.384	126.1	0.440	0.27	f	Fe II (27) 4385.381 (7)
	4386.844	61.2	0.214	0.27	f	Ti II (104) 4386.8466 (42)
ORDER 55	4385.387	109.4	0.382	0.27	f	Fe II (27) 4385.381 (7)
	4385.608	13.6	0.047	0.27	f	Nd II (50) 4385.663 (710)
	4386.603	5.7	0.020	0.27	f	Fe II (26) 4386.57 (-)
	4386.853	60.3	0.210	0.27	f	Ti II (104) 4386.8466 (42)
	4387.251	7.3	0.026	0.27	f	
	4387.934	12.2	0.043	0.27	f	He I (51) 4387.928 ((3))
	4388.217	9.8	0.034	0.27	f	
	4388.475	11.4	0.040	0.27	f	Fe I (830) 4388.4068 (4n)
	4390.058	4.0	0.014	0.27	f	
	4390.581	62.2	0.217	0.27	f	Mg II (10) 4390.585 (10)
	4391.039	41.3	0.144	0.27	f	Ti II (61) 4391.0250 (18), (Fe I (414) 4390.954 (4))
	4392.680	10.8	0.038	0.27	f	Fe I (973) 4392.58 ((1))
	4394.071	72.8	0.253	0.27	f	Ti II (51) 4394.0587 (63)
	4394.542	7.7	0.027	0.27	f	
	4395.040	187.7	0.536	0.33		Ti II (19) 4395.0311 (2090)
	4395.433	8.2	0.028	0.27	f	Cr I (129) 4395.417 (18)
	4395.836	63.1	0.220	0.27	f	Ti II (61) 4395.8391 (45)

Çizelge 4.3 HD 39866 yıldızının çizgi tanı listesi (devam)

	$\lambda_{\text{ölçülen}} (\text{Å})$	EW(mÅ)	Derinlik	FWHM		Tanı
	4396.152	6.5	0.023	0.27	f	
	4397.967	8.1	0.028	0.27	f	Y II (5) 4398.008 (2048)
	4398.278	13.1	0.046	0.27	f	Ti II (61) 4398.2917 (7)
	4399.774	118.7	0.360	0.31		Ti II (51) 4399.7652 (242), (Cr I (129) 4399.823 (30))
	4400.407	72.4	0.211	0.32		Sc II (14) 4400.355 (30)
	4400.938	4.6	0.016	0.27	f	(Nd II (10) 4400.828 (540))
	4401.488	10.2	0.035	0.27	f	Fe I (350) 4401.4429 ((2))
	4402.863	19.1	0.066	0.27	f	Fe II (J) 4402.875 (2)
	4403.200	8.7	0.030	0.27	f	
	4404.760	94.6	0.303	0.29		Fe I (41) 4404.7504 (30)
	4407.688	24.0	0.083	0.27	f	Ti II (51) 4407.6722 (9), Fe I (68) 4407.7092 (5), (Cr I (129) 4407.72 (40d))
	4408.440	6.5	0.023	0.27	f	Fe I (68) 4408.4135 (6)
	4408.862	4.4	0.015	0.27	f	V II (224) 4408.92 (40N)
	4409.201	15.1	0.052	0.27	f	Ti II (61) 4409.2349 (4)
	4409.533	26.1	0.090	0.27	f	Ti II (61) 4409.5197 (8)
	4411.080	58.7	0.204	0.27	f	Ti II (115) 4411.0724 (60), (Cr I (129) 4411.093 (40))
	4411.923	21.7	0.075	0.27	f	Ti II (61) 4411.9291 (7)
	4412.179	9.9	0.034	0.27	f	Cr I (22) 4412.250 (40)
	4413.574	34.3	0.119	0.27	f	(Fe II (32) 4413.600 (0))
	4413.864	8.5	0.029	0.27	f	Cr I (234) 4413.866 (40)
	4414.383	7.0	0.024	0.27	f	
	4414.640	5.7	0.020	0.27	f	Zr II (79) 4414.54 (5)
	4415.135	66.1	0.229	0.27	f	Fe I (41) 4415.1225 (30)
	4415.540	50.9	0.177	0.27	f	Sc II (14) 4415.559 (20)
	4415.886	6.5	0.022	0.27	f	
	4416.509	7.0	0.024	0.27	f	
	4416.821	126.2	0.435	0.27	f	Fe II (27) 4416.817 (7)
	4417.095	11.2	0.039	0.27	f	
	4417.720	120.0	0.394	0.29		Ti II (40) 4417.7137 (353)
	4418.328	54.2	0.188	0.27	f	Ti II (51) 4418.3313 (37)
	4418.948	9.9	0.034	0.27	f	Fe II (D) 4418.981 (p), Gd II (15) 4419.032 (340)
	4421.939	41.0	0.142	0.27	f	Ti II (93) 4421.9384 (32)
	4422.611	8.8	0.030	0.27	f	Fe I (350) 4422.5681 (6), Y II (5) 4422.583 (1495), Cr I (234) 4422.697 (10)
ORDER 54	4426.880	7.8	0.027	0.27	f	
	4427.335	10.7	0.037	0.27	f	Fe I (2) 4427.3099 (10)
	4427.966	29.9	0.103	0.27	f	Mg II (9) 4427.995 (7)
	4428.219	3.4	0.012	0.27	f	
	4428.637	2.2	0.007	0.27	f	Fe I (973) 4428.57 (sun)
	4430.558	6.0	0.021	0.27	f	Fe I (68) 4430.6140 (6), (Cr I (234) 4430.486 (30))

Çizelge 4.3 HD 39866 yıldızının çizgi tanı listesi (devam)

$\lambda_{\text{göçülen}} (\text{\AA})$	EW(mÅ)	Derinlik	FWHM		Tanı
4432.170	11.4	0.039	0.27	f	Ti II (51) 4432.089 (tr)
4433.002	5.5	0.019	0.27	f	
4433.204	3.0	0.010	0.27	f	Fe I (830) 4433.2187 (3n)
4434.006	36.0	0.124	0.27	f	Mg II (9) 4433.991 (8), Mn II (I) 4434.063 (60)
4434.390	4.4	0.015	0.27	f	(Sm II (36) 4434.323 (1800))
4434.994	8.4	0.029	0.27	f	Ca I (4) 4434.960 (60r)
4435.272	3.0	0.010	0.27	f	
4436.565	13.5	0.047	0.27	f	Mg II (19) 4436.48 (5)
4440.441	4.8	0.016	0.27	f	Zr II (79) 4440.45 (10), (V II (224) 4440.41 (5n))
4441.738	36.6	0.126	0.27	f	Ti II (40) 4441.7290 (29)
4442.355	13.9	0.048	0.27	f	Fe I (68) 4442.3390 (12)
4442.932	14.8	0.051	0.27	f	Zr II (88) 4442.99 (25)
4443.235	9.2	0.032	0.27	f	Fe I (350) 4443.1942 (7)
4443.807	155.9	0.485	0.30		Ti II (19) 4443.8006 (1460), Cr I (234) 4443.707 (30)
4444.109	10.3	0.035	0.27	f	
4444.561	53.2	0.179	0.28		Ti II (31) 4444.5546 (10), Fe II (201) 4444.5546 (38)
4446.246	10.9	0.038	0.27	f	(Fe II (187) 4446.248 (1n))
4447.735	14.1	0.049	0.27	f	Fe I (68) 4447.7173 (9)
4449.302	2.9	0.010	0.27	f	(Ce II (202) 4449.336 (770))
4449.601	4.9	0.017	0.27	f	Fe II (222) 4449.663 (1n)
4450.481	98.5	0.339	0.27	f	Ti II (19) 4450.4821 (230)
4450.904	5.6	0.019	0.27	f	
4451.538	39.4	0.136	0.27	f	Fe II (J) 4451.545 (4), Nd II (50) 4451.566 (1400), Mn I (22) 4451.586 (15)
4453.224	0.7	0.003	0.27	f	
4453.414	7.1	0.025	0.27	f	(V II (199) 4453.35 (30n))
4454.428	7.2	0.025	0.27	f	Fe I (350) 4454.3810 (5)
4454.760	18.4	0.063	0.27	f	Ca I (4) 4454.781 (20), Zr II (40) 4454.80 (10)
4455.015	6.8	0.023	0.27	f	(Mn I (28) 4455.012 (5))
4455.257	29.5	0.101	0.27	f	Fe II (J) 4455.258 (3), Mn I (28) 4455.318 (6)
4455.828	10.3	0.036	0.27	f	Ca I (4) 4455.887 (40), Mn I (28) 4455.821 (6)
4456.328	6.1	0.021	0.27	f	Nd II (50) 4456.394 (300)
4456.701	16.0	0.055	0.27	f	Ti II (115) 4456.632 (8), Ca I (4) 4456.612 (10)
4457.457	4.1	0.014	0.27	f	Zr II (79) 4457.42 (8), Mn I (28) 4457.549 (8)
4458.207	5.3	0.018	0.27	f	Mn I (28) 4458.262 (12)
4458.802	4.8	0.016	0.27	f	
4459.129	19.4	0.066	0.27	f	Fe I (68) 4459.1176 (10)
4461.418	29.6	0.102	0.27	f	Fe II (26) 4461.43 (-)
4461.713	26.0	0.089	0.27	f	Fe I (2) 4461.6528 (8), Fe II (D) 4461.71 (p)
4463.268	9.8	0.034	0.27	f	(Gd II (83) 4463.247 (55))
4463.643	14.6	0.050	0.27	f	S II (43) 4463.579 (20)
4464.452	76.5	0.262	0.27	f	Ti II (40) 4464.4486 (92), S II (P) 4464.430 (19)
4464.712	9.7	0.033	0.27	f	Mn I (22) 4464.677 (8)
4465.753	10.7	0.037	0.27	f	(Cr II (191) 4465.78 (4))

Çizelge 4.3 HD 39866 yıldızının çizgi tanı listesi (devam)

	$\lambda_{\text{ölçülen}} (\text{Å})$	EW(mÅ)	Derinlik	FWHM		Tanı
	4466.529	13.5	0.046	0.27	f	Fe I (350) 4466.5518 (12), Fe I (2) 4466.57 (Fe)
	4466.743	13.9	0.047	0.27	f	
ORDER 53	4467.997	8.0	0.027	0.27	f	
	4468.500	159.1	0.481	0.31		Ti II (31) 4468.4924 (1540)
	4468.857	10.9	0.037	0.27	f	
	4469.152	26.9	0.092	0.27	f	Ti II (18) 4469.1500 (16)
	4469.341	20.5	0.070	0.27	f	Fe I (830) 4469.3756 (5n)
	4469.684	6.4	0.022	0.27	f	
	4470.485	8.5	0.029	0.27	f	
	4470.855	45.9	0.157	0.27	f	Ti II (40) 4470.835 (11)
	4471.472	23.3	0.080	0.27	f	He I (14) 4471.472 ((6))
	4471.746	11.1	0.038	0.27	f	He I (14) 4471.688 ((1))
	4472.930	62.6	0.214	0.27	f	Fe II (37) 4472.921 (2)
	4473.418	6.6	0.022	0.27	f	
	4474.168	5.8	0.020	0.27	f	Fe II (171) 4474.194 (0n)
	4476.048	17.5	0.060	0.27	f	Fe I (350) 4476.0186 (10), Fe I (830) 4476.0755 (4)
	4478.142	4.4	0.015	0.27	f	
	4478.548	10.4	0.036	0.27	f	Mn II (I) 4478.644 (100)
	4478.835	5.7	0.019	0.27	f	Gd II (15) 4478.795 (220)
	4479.697	3.0	0.010	0.27	f	Fe I (828,848) 4479.6028 ((3))
	4480.687	15.9	0.054	0.27	f	Fe II (J) 4480.687 (1)
	4481.126	195.2	0.509	0.36		Mg II (4) 4481.129 (100)
	4481.359	194.0	0.474	0.38		Mg II (4) 4481.327 (100)
	4482.308	10.4	0.036	0.28	f	Fe I (68) 4482.2527 (6), Ti II (30) 4482.40 (-)
	4484.281	4.9	0.017	0.28	f	Fe I (828) 4484.2198 (4)
	4487.421	3.9	0.013	0.28	f	Fe II (D) 4487.53 (p)
	4488.334	69.3	0.237	0.28	f	Ti II (115) 4488.3246 (90), Gd II (82) 4488.401 (65)
	4488.861	5.7	0.020	0.28	f	(Fe I (213, 827) 4488.9069 ((2)))
	4489.182	107.3	0.366	0.28	f	Fe II (37) 4489.185 (4)
	4489.488	9.6	0.033	0.28	f	
	4490.035	2.8	0.009	0.28	f	Mn I (22) 4490.081 (5)
	4491.403	125.3	0.376	0.31		Fe II (37) 4491.401 (5)
	4493.535	23.5	0.080	0.28	f	Ti II (18) 4493.5227 (7), Fe II (222) 4493.579 (1n)
	4494.175	3.6	0.012	0.28	f	
	4494.553	19.4	0.066	0.28	f	(Zr II (130) 4494.41 (8)), Fe I (68) 4494.5632 (12)
	4496.948	11.6	0.039	0.28	f	Zr II (40) 4496.96 (15)
	4497.825	7.6	0.026	0.28	f	(S II (53) 4497.852 (14))
	4499.019	4.7	0.016	0.28	f	(Mn I (22) 4498.897 (7))
	4499.705	10.1	0.034	0.28	f	Fe II (J) 4499.709 (0)
	4500.322	7.3	0.025	0.28	f	Ti II (18) 4500.32 ()
	4501.271	150.9	0.472	0.30		Ti II (31) 4501.2699 (1170)
	4501.592	13.7	0.047	0.28	f	
	4502.080	5.9	0.020	0.28	f	

Çizelge 4.3 HD 39866 yıldızının çizgi tanı listesi (devam)

	$\lambda_{\text{ölçülen}} (\text{Å})$	EW(mÅ)	Derinlik	FWHM		Tanı
	4502.604	5.0	0.017	0.28	f	(Fe I (796) 4502.5909 ((1)))
	4504.448	8.2	0.028	0.28	f	
	4506.993	11.6	0.039	0.28	f	(Gd II (13) 4506.931 (55))
	4507.897	12.3	0.042	0.28	f	Ca I (24) 4507.854 (1)
	4508.293	157.0	0.470	0.31		Fe II (38) 4508.283 (8), Fe II (222) 4508.26 (Fe+)
	4508.617	10.5	0.036	0.28	f	S II (P) 4508.711 (10)
	4509.339	10.3	0.035	0.28	f	Ca I (24) 4509.446 (3)
ORDER 52	4515.332	132.8	0.450	0.28	f	Fe II (37) 4515.337 (7), (Cr I (126) 4515.440 (25))
	4515.613	22.0	0.075	0.28	f	
	4518.331	29.6	0.100	0.28	f	Ti II (18) 4518.3317 (16)
	4518.675	4.5	0.015	0.28	f	
	4520.229	135.3	0.427	0.30		Fe II (37) 4520.225 (7)
	4520.554	8.4	0.028	0.28	f	
	4522.639	179.5	0.503	0.34		Fe II (38) 4522.634 (9)
	4522.985	8.4	0.028	0.28	f	(Ce II (2) 4523.077 (770))
	4524.677	12.4	0.042	0.28	f	Ti II (60) 4524.6796 (8)
	4525.166	12.4	0.042	0.28	f	Fe I (826) 4525.1368 (5n), Ti II (18) 4525.21 ()
	4526.385	6.9	0.023	0.28	f	Fe II (D) 4526.43 (p)
	4526.669	6.8	0.023	0.28	f	Fe II (171) 4526.58 (Fe)
	4528.577	53.8	0.145	0.35		Fe I (68) 4528.6142 (18), (V II (56) 4528.51 (300))
	4529.491	64.6	0.205	0.30		Ti II (82) 4529.4798 (58), Fe II (171) 4529.56 ()
	4533.994	209.6	0.541	0.36		Ti II (50) 4533.9600 (1690)
	4534.238	38.8	0.131	0.28	f	Fe II (37) 4534.166 (2), (Mg II (26) 4534.26 (4))
	4538.871	9.1	0.031	0.28	f	(Fe I (969) 4538.84 ((2)))
	4539.610	25.5	0.086	0.28	f	Cr II (39) 4539.61 (3) ?
	4540.851	8.1	0.027	0.28	f	
	4541.212	5.2	0.017	0.28	f	(Nd II (58) 4541.269 (340))
	4541.520	101.0	0.341	0.28	f	Fe II (38) 4541.523 (4)
	4541.772	5.7	0.019	0.28	f	
	4542.187	6.1	0.020	0.28	f	
	4542.612	4.8	0.016	0.28	f	(Fe I (827) 4542.6986 ((1)))
	4542.981	6.1	0.021	0.28	f	
	4544.007	26.6	0.090	0.28	f	Ti II (60) 4544.0164 (14)
	4545.146	27.3	0.092	0.28	f	Ti II (30) 4545.1342 (12), Fe II (D) 4545.18 (p)
	4549.141	23.1	0.078	0.28	f	Fe II (186) 4549.214 (4)
	4549.552	380.5	0.692	0.28	f	Fe II (38) 4549.467 (10), Ti II (82) 4549.6216 (2020),
						S II (P) 4549.572 (17)
ORDER 51	4552.281	17.8	0.060	0.28	f	Ti II (30) 4552.2894 (6)
	4552.669	8.6	0.029	0.28	f	Sm II (23) 4552.659 (410)
	4552.990	9.9	0.033	0.28	f	
	4553.622	6.0	0.020	0.28	f	

Çizelge 4.3 HD 39866 yıldızının çizgi tanı listesi (devam)

	$\lambda_{ölçülen}$ (Å)	EW(mÅ)	Derinlik	FWHM		Tanı
	4554.006	40.3	0.135	0.28	f	Zr II (130) 4553.96 (12), Ba II (1) 4554.033 (65000)
	4554.242	10.9	0.036	0.28	f	
	4554.996	79.4	0.267	0.28	f	Cr II (44) 4555.01(30) , (Gd II (82) 4554.989 (45))
	4555.902	161.2	0.469	0.32		Fe II (37) 4555.890 (8)
	4556.238	10.5	0.035	0.28	f	(Cr I (173) 4556.169 (40)) the strongest
	4558.658	171.8	0.477	0.34		Cr II (44) 4558.66 (100)
	4563.766	156.2	0.467	0.31		Ti II (50) 4563.7576 (1050)
	4564.153	5.3	0.018	0.28	f	
	4564.578	18.2	0.061	0.28	f	(V II (56) 4564.592 (200))
	4565.742	49.4	0.166	0.28	f	Cr II (39) 4565.77 (10), (Fe I (554) 4565.6619 ((2)))
						(Ce II (21) 4565.842 (420))
	4568.336	14.7	0.049	0.28	f	Ti II (60) 4568.3237 (10)
	4571.377	5.2	0.017	0.28	f	
	4571.980	184.8	0.514	0.34		Ti II (82) 4571.9714 (1700)
	4576.344	118.6	0.353	0.32		Fe II (38) 4576.331 (4)
	4577.610	6.7	0.022	0.28	f	Sm II (23) 4577.690 (590)
	4578.003	10.3	0.034	0.28	f	
	4579.501	19.2	0.064	0.28	f	Fe II (J) 4579.523 (1)
	4579.740	5.4	0.018	0.28	f	Ti II (L) 4579.7107 (4)
	4580.062	51.0	0.170	0.28	f	Fe II (26) 4580.051 (1)
	4580.460	12.4	0.042	0.28	f	Ti II (60) 4580.4351 (6)
	4582.293	5.1	0.017	0.28	f	(Gd II (82) 4582.38 (95))
	4582.835	95.6	0.300	0.30		Fe II (37) 4582.836 (3)
	4583.346	22.8	0.076	0.28	f	Ti II (39) 4583.4087 (10)
	4583.843	245.2	0.585	0.39		Fe II (38) 4583.829 (11)
	4584.286	6.0	0.020	0.28	f	
	4587.810	5.2	0.017	0.28	f	
	4588.197	129.4	0.431	0.28		Cr II (44) 4588.22 (75)
	4589.933	90.3	0.301	0.28	f	Cr II (44) 4589.89 (4), Ti II (50) 4589.9466 (132)
	4590.179	6.0	0.020	0.28	f	
	4591.070	3.9	0.013	0.28	f	Fe II (KX) 4591.004 (p)
	4592.054	82.5	0.275	0.28	f	Cr II (44) 4592.07 (25)
ORDER 50	4596.039	31.7	0.105	0.28	f	
	4598.251	7.3	0.024	0.28	f	
	4598.602	13.0	0.043	0.28	f	Fe II (219) 4598.528 (1n)
	4600.170	15.8	0.053	0.28	f	Ti II (60) 4600.280 (), (V II (56) 4600.19 (150))
	4601.413	15.0	0.050	0.28	f	Fe II (43) 4601.34 (-)
	4616.629	74.8	0.248	0.28	f	Cr II (44) 4616.64 (25)
	4618.820	117.0	0.357	0.31		Cr II (44) 4618.82 (50), Fe I (409) 4618.7577 ((2))
	4619.501	4.4	0.015	0.28	f	
	4620.089	6.0	0.020	0.28	f	

Çizelge 4.3 HD 39866 yıldızının çizgi tanı listesi (devam)

	$\lambda_{ölçülen}$ (Å)	EW(mÅ)	Derinlik	FWHM		Tanı
	4620.510	76.5	0.254	0.28	f	Fe II (38) 4620.513 (3)
	4620.749	13.4	0.044	0.28	f	
	4621.409	10.0	0.033	0.28	f	Si II (7.05) 4621.418 ((100))
	4621.808	7.8	0.026	0.28	f	Si II (7.05) 4621.721 ((150))
	4625.910	13.3	0.044	0.28	f	Fe II (186) 4625.911 (1)
	4628.141	4.5	0.015	0.28	f	(Ce II (1) 4628.160 (1700))
	4628.788	11.6	0.039	0.28	f	Fe II (219) 4628.821 (0n)
	4629.130	12.0	0.040	0.28	f	(Zr II (139) 4629.07 (5))
	4629.337	135.9	0.449	0.28	f	Fe II (37) 4629.336 (7), Ti II (38) 4629.29 (Ti)
	4629.574	14.8	0.049	0.28	f	
	4630.771	4.7	0.015	0.28	f	Fe I (969) 4630.785 ((1))
	4634.078	105.5	0.324	0.31		Cr II (44) 4634.10 (40)
	4635.321	63.5	0.210	0.28	f	Fe II (186) 4635.328 (5)
	4636.344	12.9	0.042	0.28	f	Ti II (38) 4636.345 ((1))
	4638.019	15.9	0.053	0.28	f	Fe II (D) 4638.11 (p)
ORDER 49	4648.935	15.3	0.050	0.29	f	Fe II (25) 4648.933 (0?)
	4654.578	11.6	0.038	0.29	f	Fe I (821,554) 4654.6286 (5), (O I (18) 4654.56 ((3)))
	4655.379	8.2	0.027	0.29	f	O I (18) 4655.36 ((4))
	4655.793	6.8	0.022	0.29	f	Ti II (38) 4655.7771 (5)
	4656.431	6.1	0.020	0.29	f	
	4656.993	57.5	0.189	0.29	f	Fe II (43) 4656.974 (1)
	4657.229	35.1	0.115	0.29	f	Ti II (59) 4657.2005 (33)
	4660.652	5.1	0.017	0.29	f	Co II (KX) 4660.656 (p)
	4662.802	7.0	0.023	0.29	f	Ti II (38, 38) 4662.71, .74 (-, -)
	4663.064	18.5	0.061	0.29	f	Al II (2) 4663.054 (0)
	4663.711	36.4	0.120	0.29	f	Fe II (44) 4663.700 (0), (La II (82) 4663.76 (230))
	4664.060	4.2	0.014	0.29	f	
	4665.588	4.8	0.016	0.29	f	Ni II (KX) 4665.548 (p)
	4665.897	7.0	0.023	0.29	f	Fe II (26) 4665.80 (-), (C III (5) 4665.90 (6))
	4666.754	78.9	0.259	0.29	f	Fe II (37) 4666.750 (2), (Al II (105) 4666.8 (11))
	4667.094	5.2	0.017	0.29	f	
	4670.145	34.0	0.111	0.29	f	Fe II (25) 4670.175 (0)
	4670.385	40.4	0.132	0.29	f	Sc II (24) 4670.404 (15)
	4671.058	6.7	0.022	0.29	f	
ORDER 48	4697.609	8.2	0.027	0.29	f	Cr II (177) 4697.62 (2)
	4698.698	6.7	0.022	0.29	f	Ti II (59) 4698.656 (p)
	4702.582	3.4	0.011	0.29	f	
	4703.000	49.8	0.162	0.29	f	Mg I (11,11,11) 4702.9909, .9831, .9758 (40)
	4707.287	8.1	0.026	0.29	f	Fe I (554) 4707.2745 (8)
	4708.674	32.2	0.105	0.29	f	Ti II (49) 4708.6623 (31)
	4713.172	14.7	0.048	0.29	f	He I (12,12) 4713.143, .373 ((3,1)), Fe II (26) 4713.18 (-)
	4714.418	10.5	0.034	0.29	f	

Çizelge 4.3 HD 39866 yıldızının çizgi tanı listesi (devam)

	$\lambda_{\text{ölçülen}} (\text{\AA})$	EW(mÅ)	Derinlik	FWHM		Tanı
	4719.609	5.7	0.019	0.29	f	Ti II (59) 4719.5103 (9)
	4723.379	9.6	0.031	0.29	f	
	4726.159	8.3	0.027	0.29	f	
ORDER 47	4736.809	19.2	0.062	0.29	f	Fe I (554) 4736.7734 (12)
	4739.663	17.3	0.056	0.29	f	Mg II (KX) 4379.709 (p)
	4755.747	22.6	0.073	0.29	f	Mn II (I) 4755.733 (200)
	4756.471	5.7	0.018	0.29	f	
	4761.462	6.9	0.022	0.29	f	(Cr II (176) 4761.40 (20)), Mn I (21) 4761.526 (10)
	4762.397	16.8	0.054	0.29	f	Mn I (21) 4762.376 (30)
	4762.747	18.4	0.059	0.29	f	Ti II (17) 4762.7777 (9)
	4763.105	5.9	0.019	0.29	f	
	4763.876	30.8	0.099	0.29	f	Ti II (48) 4763.8833 (21)
	4764.537	19.3	0.062	0.29	f	Ti II (48) 4764.5239 (9)
	4764.753	14.9	0.048	0.29	f	Mn II (5) 4764.73 (100)
	4770.010	7.4	0.024	0.29	f	C I (6) 4770.00 (2)
	4771.730	19.0	0.061	0.29	f	C I (6) 4771.72 (4)
ORDER 46	4779.984	69.2	0.222	0.29	f	Ti II (92) 4779.9790 (109)
	4780.246	13.3	0.043	0.29	f	
	4798.544	27.6	0.088	0.29	f	Ti II (17) 4798.5316 (18)
	4805.092	95.0	0.303	0.29	f	Ti II (92) 4805.0926 (216)
	4805.379	10.9	0.035	0.29	f	
	4812.348	45.0	0.143	0.30	f	Cr II (30) 4812.34 (25)
	4823.263	3.5	0.011	0.30	f	Y II (22) 4823.304 (646)
	4823.521	7.5	0.024	0.30	f	(Mn I (16) 4823.516 (50))
	4824.137	125.4	0.398	0.30	f	Cr II (30) 4824.12 (100)
ORDER 45	4833.179	11.8	0.037	0.30	f	Fe II (30) 4933.193 (2)
	4836.240	54.7	0.173	0.30	f	Cr II (30) 4836.22 (25)
	4840.000	10.0	0.032	0.30	f	Fe II (30) 4839.998 (1)
	4848.257	108.7	0.343	0.30	f	Cr II (30) 4848.24 (75)
	4849.196	12.7	0.040	0.30	f	Ti II (29) 4849.1689 (7)
	4851.115	12.9	0.041	0.30	f	(Mg II (25) 4851.10 (5))
	4855.550	16.3	0.051	0.30	f	Fe II (25) 4855.54 (-)
	4855.852	13.5	0.043	0.30	f	Ti II (114) 4855.9052 (18)
	4856.181	31.2	0.098	0.30	f	Cr II (30) 4856.18 (20)
	4861.323					H_beta 4861.332
	4864.335	59.3	0.187	0.30	f	Cr II (30) 4864.32 (60)
	4865.628	17.3	0.054	0.30	f	Ti II (29) 4865.6116 (13)
	4871.292	46.5	0.146	0.30	f	Fe I (318) 4871.3182 (25), Fe II (25) 4871.27 (-)
	4872.166	17.7	0.055	0.30	f	Fe I (318) 4872.1378 (20)
	4874.004	49.0	0.154	0.30	f	Ti II (114) 4874.0096 (62)
ORDER 44	4883.287	7.2	0.023	0.30	f	Fe II (J) 4883.282 (4w)

Çizelge 4.3 HD 39866 yıldızının çizgi tanı listesi (devam)

	$\lambda_{\text{göçülen}} (\text{Å})$	EW(mÅ)	Derinlik	FWHM		Tanı
	4883.676	18.3	0.057	0.30	f	Y II (22) 4883.682 (4520)
	4884.609	38.5	0.121	0.30	f	Cr II (30) 4884.58 (12)
	4890.771	30.9	0.097	0.30	f	Fe I (318) 4890.7551 (25)
	4891.502	42.6	0.133	0.30	f	Fe I (318) 4891.4924 (50)
	4893.841	21.9	0.068	0.30	f	Fe II (36) 4893.827 (2)
	4900.110	17.4	0.054	0.30	f	Y II (22) 4900.118 (3697)
	4901.636	15.1	0.047	0.30	f	Cr II (190) 4901.66 (15)
	4903.315	10.3	0.032	0.30	f	Fe I (318) 4903.3102 (12)
	4908.100	9.8	0.031	0.30	f	Fe II (J) 4908.146 (5)
	4911.204	65.7	0.205	0.30	f	Ti II (114) 4911.1949 (109)
	4912.491	11.6	0.036	0.30	f	Cr II (190) 4912.50 (15)
	4913.266	15.4	0.048	0.30	f	Fe II (J) 4913.295 (8w)
	4918.101	8.7	0.027	0.30	f	Fe I (1070) 4918.0125 ((1))
	4918.995	38.3	0.119	0.30	f	Fe I (318) 4918.9539 (30)
	4920.502	59.9	0.186	0.30	f	Fe I (318) 4920.5031 (60)
	4921.904	6.2	0.019	0.30	f	(He I (48) 4921.929 ((4)))
ORDER 43	4932.026	10.5	0.033	0.30	f	(C I (13) 4932.00 (5)), Fe II (J) 4932.102 (1)
	4933.380	4.4	0.014	0.30	f	Fe I (1065) 4933.3413 ((2n))
	4934.092	28.4	0.088	0.30	f	Ba II (1) 4934.086 (20000)
	4948.123	8.2	0.025	0.30	f	Fe II (J) 4948.096 (6)
	4948.787	10.3	0.032	0.30	f	Fe II (J) 4948.796 (7)
	4951.580	18.1	0.056	0.30	f	Fe II (J) 4951.586 (10)
	4952.714	10.7	0.033	0.30	f	Cr II (-) 4952.78 (10)
	4953.979	11.9	0.037	0.30	f	Fe II (168) 4953.978 (4)
	4957.284	30.5	0.094	0.30	f	Fe I (318) 4957.2986 (30)
	4957.604	72.5	0.224	0.30	f	Fe I (318) 4957.598 (60)
	4967.887	16.2	0.050	0.30	f	Fe I (1067) 4967.8974 (3), (O I (14) 4967.86 ((5)))
	4968.805	18.5	0.057	0.30	f	(O I (14) 4968.76 ((6)))
ORDER 42	4982.550	10.0	0.031	0.31	f	Fe I (1067) 4982.4999 (6n)
	4984.538	6.6	0.020	0.31	f	Fe II (J) 4984.493 (10)
	4990.524	16.2	0.050	0.31	f	Fe II (J) 4990.500 (11)
	4991.146	19.1	0.059	0.31	f	Fe II (25) 4991.11 (-)
	4992.063	3.6	0.011	0.31	f	S II (7) 4991.974 (20)
	4993.360	55.1	0.169	0.31	f	Fe II (J) 4993.347 (8), Fe II (36) 4993.355 (1)
	4996.311	7.3	0.022	0.31	f	
	4999.207	8.2	0.025	0.31	f	Fe II (J) 4999.156 (9 w b1 I)
	5000.726	14.3	0.044	0.31	f	Fe II (25) 5000.73 (-)
	5001.489	24.4	0.075	0.31	f	Ca II (19) 5001.489 ((1))
	5001.942	56.4	0.173	0.31	f	Fe II (J) 5001.915 (18 b1 I), (Fe I (965) 5001.871 (12))
	5004.200	24.1	0.074	0.31	f	Fe II (J) 5004.197 (11)
	5005.212	10.2	0.031	0.31	f	Ti II (71) 5005.18 (-)
	5006.102	20.5	0.063	0.31	f	Fe I (318) 5006.1191 (20)
	5007.277	4.6	0.014	0.31	f	Fe I (1065) 5007.2753 ((3n))

Çizelge 4.3 HD 39866 yıldızının çizgi tanı listesi (devam)

	$\lambda_{\text{ölçülen}} (\text{Å})$	EW(mÅ)	Derinlik	FWHM		Tanı
	5007.701	9.5	0.029	0.31	f	Fe II (J) 5007.738 (8)
	5010.208	24.2	0.074	0.31	f	Ti II (113) 5010.2105 (17)
	5012.122	7.7	0.024	0.31	f	Fe I (16) 5012.0684 (12), Fe I (1070) 5012.1579 (sun)
	5013.690	27.1	0.083	0.31	f	Ti II (71) 5013.6862 (24)
	5014.932	12.4	0.038	0.31	f	Fe I (965) 5014.950 (10)
	5015.749	17.2	0.052	0.31	f	Fe II (J) 5015.749 (10)
	5017.884	9.4	0.029	0.31	f	
	5018.445	303.1	0.657	0.43		Fe II (J) 5018.450 (25)
	5018.879	15.6	0.048	0.31	f	(O I (13) 5018.78 ((3)))
	5019.444	20.2	0.062	0.31	f	Fe II (168) 5019.478 (0), (O I (13) 5019.34 ((4)))
	5019.965	42.5	0.130	0.31	f	Ca II (15) 5019.979 ((2))
	5020.333	7.7	0.023	0.31	f	
	5021.583	10.1	0.031	0.31	f	Fe I (1067) 5021.6835 (sun)
	5022.361	16.3	0.050	0.31	f	Fe II (J) 5022.423 (8)
	5022.800	11.7	0.036	0.31	f	Fe II (J) 5022.794 (10), Ti II (71) 5022.82 (Ti)
ORDER 41	5032.693	15.4	0.047	0.31	f	Fe II (J) 5032.708 (10)
	5035.706	26.7	0.081	0.31	f	Fe II (J) 5035.708 (12)
	5036.861	11.8	0.036	0.31	f	Fe II (36) 5036.92 (2)
	5041.033	80.2	0.244	0.31	f	Si II (5) 5041.026 (1000), Fe I (16) 5041.0716 (7)
	5045.123	11.9	0.036	0.31	f	Fe II (J) 5045.113 (8)
	5047.667	11.2	0.034	0.31	f	Fe II (J) 5047.642 (8)
	5055.980	95.3	0.288	0.31	f	Si II (5) 5055.981 (1000)
	5056.316	45.3	0.137	0.31	f	Si II (5) 5056.314 ((30))
	5061.722	18.9	0.057	0.31	f	Fe II (J) 5061.724 (9)
	5065.132	13.1	0.040	0.31	f	(Fe I (1094) 5065.0185 (6n))
	5066.401	11.3	0.034	0.31	f	
	5067.947	9.6	0.029	0.31	f	Fe II (J) 5067.887 (8)
	5070.901	19.8	0.060	0.31	f	Fe II (J) 5070.887 (8)
	5072.265	40.9	0.123	0.31	f	Ti II (113) 5072.2869 (43)
	5075.743	15.1	0.045	0.31	f	Fe II (J) 5075.765 (16)
ORDER 40	5087.368	19.5	0.059	0.31	f	(Y II (20) 5087.418 (4394))
	5089.241	14.9	0.045	0.31	f	Fe II (J) 5089.200 (9)
	5093.584	23.6	0.071	0.31	f	Fe II (J) 5093.569 (9)
	5096.945	12.3	0.037	0.31	f	Fe I (1092) 5096.9980 (6)
	5097.313	34.7	0.104	0.31	f	Fe II (J) 5097.270 (10), Cr II (24) 5097.29 (7)
	5098.676	13.4	0.040	0.31	f	Fe I (66) 5098.6981 (8)
	5100.751	84.9	0.206	0.39		Fe II (J) 5100.735 (18 w), Fe II (185) 5100.840 (4n)
	5102.466	8.4	0.025	0.31	f	
	5106.083	7.7	0.023	0.31	f	Fe II (J) 5106.110 (8)
	5107.547	8.6	0.026	0.31	f	Fe I (16) 5107.4474 (6)
	5117.033	8.1	0.024	0.31	f	Fe II (J) 5117.033 (9)
		6.8	0.020	0.31	f	Fe II (J) 5119.342 (4)

Çizelge 4.3 HD 39866 yıldızının çizgi tanı listesi (devam)

	$\lambda_{\text{ölçülen}} (\text{\AA})$	EW(mÅ)	Derinlik	FWHM		Tanı
	5119.294					
	5120.364	21.3	0.064	0.31	f	Fe II (J) 5120.339 (3)
	5123.285	7.6	0.023	0.31	f	Fe II (J) 5123.187 (7)
	5127.255	4.3	0.013	0.31	f	Fe I (16) 5127.3593 (5)
	5127.868	24.1	0.072	0.31	f	Fe II (J) 5127.854 (9), Fe II (167) 5127.866 (1)
	5129.157	75.3	0.225	0.31	f	Ti II (86) 5129.1563 (180)
	5132.666	33.9	0.101	0.31	f	Fe II (J) 5132.657 (4)
ORDER 39	5139.440	29.7	0.088	0.32	f	Fe I (383) 5139.4628 (20)
	5142.559	12.6	0.038	0.32	f	Fe I (1092) 5142.5412 (3w)
	5143.858	8.1	0.024	0.32	f	Fe II (J) 5143.885 (8)
	5144.323	14.4	0.043	0.32	f	
	5146.130	34.9	0.104	0.32	f	O I (28, 39) 5146.06 ((5))
	5149.467	18.2	0.054	0.32	f	Fe II (J) 5149.461 (12)
	5150.912	13.9	0.041	0.32	f	Fe I (16) 5150.8395 (6)
	5153.530	26.9	0.080	0.32	f	Cr II (24) 5153.50 (20)
	5154.078	57.7	0.171	0.32	f	Ti II (70) 5154.0683 (119)
	5154.432	20.5	0.061	0.32	f	Fe II (J) 5154.428 (2w)
	5160.848	24.0	0.071	0.32	f	Fe II (167) 5160.846 (6)
	5161.202	13.1	0.039	0.32	f	
	5162.302	15.0	0.044	0.32	f	Fe I (1089) 5162.2729 (10n)
	5166.286	5.5	0.016	0.32	f	(Cr I (207) 5166.227 (150))
	5166.608	7.5	0.022	0.32	f	Fe II (J) 5166.555 (6)
	5167.371	138.7	0.332	0.39		Mg I (2) 5167.3216 (40)
	5169.048	345.7	0.658	0.49		Fe II (J) 5169.000 (30 b1 I)
	5170.775	6.3	0.019	0.32	f	Fe II (J) 5170.778 (6)
	5171.610	21.3	0.063	0.32	f	(Fe I (36) 5171.5964 (20))
	5172.686	137.1	0.406	0.32	f	Mg I (2) 5172.6843 (80)
	5172.976	23.4	0.069	0.32	f	Fe II (185) 5172.987 (2)
	5180.335	14.6	0.043	0.32	f	Fe II (J) 5180.314 (8)
	5183.601	162.1	0.479	0.32	f	Mg I (2) 5183.6042 (125)
	5183.913	16.6	0.049	0.32	f	
	5185.506	7.0	0.021	0.32	f	Fe II (J) 5185.407 (1)
	5185.904	67.6	0.199	0.32	f	Ti II (86) 5185.9019 (155)
ORDER 38	5197.584	160.8	0.406	0.37		Fe II (J) 5197.559 (15)
	5199.150	11.9	0.035	0.32	f	Fe II (J) 5199.123 (10)
	5200.778	7.3	0.022	0.32	f	Fe II (J) 5200.807 (7)
	5202.259	5.3	0.016	0.32	f	Fe I (66) 5202.3360 (8)
	5202.527	6.8	0.020	0.32	f	Fe II (J) 5202.583 (4)
	5203.681	9.3	0.027	0.32	f	Fe II (J) 5203.643 (8)
	5204.495	13.4	0.040	0.32	f	Cr I (7) 5204.505 (200R)
	5206.021	23.9	0.070	0.32	f	Cr I (7) 5206.021 (200R)
	5208.467	34.7	0.102	0.32	f	Cr I (7) 5208.415 (400R)
	5210.867	16.5	0.048	0.32	f	Cr II (24) 5210.87 (7)
	5211.543	33.8	0.099	0.32	f	Ti II (103) 5211.5306 (33)
	5213.985	7.7	0.023	0.32	f	Fe II (J) 5213.994 (9w)

Çizelge 4.3 HD 39866 yıldızının çizgi tanı listesi (devam)

	$\lambda_{\text{göçülen}} (\text{Å})$	EW(mÅ)	Derinlik	FWHM		Tanı
	5215.286	15.0	0.044	0.32	f	Fe II (J) 5215.342 (7 aff I)
	5215.827	12.7	0.037	0.32	f	Fe II (J) 5215.829 (8w)
	5216.875	27.6	0.081	0.32	f	Fe II (J) 5216.850 (18w)
	5525.291	9.2	0.027	0.32	f	Fe II (J) 5525.250 (3)
	5226.043	10.6	0.031	0.32	f	Fe II (J) 5225.985 (3)
	5226.543	95.9	0.281	0.32	f	Ti II (70) 5226.5386 (397)
	5226.868	21.3	0.062	0.32	f	Fe I (383) 5226.8623 (15)
	5227.208	43.3	0.127	0.32	f	Fe I (37) 5227.1895 (40)
	5227.521	40.4	0.118	0.32	f	Fe II (J) 5227.487 (13)
	5228.987	9.6	0.028	0.32	f	Fe II (J) 5228.896 (4w)
	5229.906	8.7	0.025	0.32	f	Fe I (553) 5229.8485 (5n)
	5232.526	29.0	0.085	0.32	f	Cr II (43) 5232.54 (20)
	5232.934	47.4	0.139	0.32	f	Fe I (383) 5232.9403 (40)
	5234.261	12.7	0.037	0.32	f	Fe II (J) 5234.287 (5)
	5234.615	142.9	0.418	0.32	f	Fe II (J) 5234.619 (10)
	5234.866	29.4	0.086	0.32	f	
	5235.381	8.6	0.025	0.32	f	Fe I (210, 1031) 5235.3867 ((2))
	5236.499	9.2	0.027	0.32	f	Fe I (1146) 5236.38 (sun)
	5237.331	93.5	0.273	0.32	f	Cr II (43) 5237.35 (100)
	5237.974	13.5	0.039	0.32	f	Fe II (J) 5237.950 (9)
	5239.821	25.9	0.076	0.32	f	(Sc II (26) 5239.823 (15))
ORDER 37	5254.928	69.3	0.202	0.32	f	Fe II (J) 5254.928 (9)
	5257.010	31.2	0.091	0.32	f	Fe II (J) 5257.112 (7)
	5260.271	49.0	0.143	0.32	f	Fe II (J) 5260.261 (18)
	5262.171	26.0	0.076	0.32	f	Ti II (70) 5262.1414 (45)
	5264.259	39.3	0.114	0.32	f	Fe II (J) 5264.176 (11)
	5264.815	84.0	0.244	0.32	f	Fe II (J) 5264.805 (12)
	5266.580	23.0	0.067	0.32	f	Fe I (383) 5266.5554 (30)
	5268.631	24.5	0.071	0.32	f	Ti II (103) 5268.6076 (22)
	5269.552	51.2	0.149	0.32	f	Fe I (15) 5269.5374 (50)
	5270.327	26.1	0.076	0.32	f	Ca I (22) 5270.270 (60), Fe I (37) 5270.3564 (30)
	5274.987	83.9	0.243	0.32	f	Cr II (43) 5274.99 (75)
	5275.394	8.8	0.026	0.32	f	
	5276.011	184.4	0.442	0.39		Fe II (J) 5275.999 (18)
	5276.471	6.6	0.019	0.32	f	
	5278.964	16.8	0.049	0.32	f	Fe II (J) 5278.938 (6)
	5279.907	47.8	0.139	0.32	f	Cr II (43) 5279.88 (50)
	5280.165	22.5	0.065	0.32	f	Cr II (43) 5280.08 (10)
	5281.778	13.7	0.040	0.32	f	Fe I (383) 5281.7904 (10)
	5283.643	22.5	0.065	0.32	f	Fe I (553) 5283.6210 (18)
	5284.116	95.3	0.276	0.32	f	Fe II (J) 5284.098 (11)
	5285.303	10.6	0.031	0.32	f	(Cr I (285) 5285.38 (7))
	5291.659	20.7	0.060	0.32	f	Fe II (J) 5291.666 (15)
	5294.006	6.5	0.019	0.32	f	Fe I (1031) 5293.9588 ((1))

Çizelge 4.3 HD 39866 yıldızının çizgi tanı listesi (devam)

	$\lambda_{\text{ölçülen}} (\text{Å})$	EW(mÅ)	Derinlik	FWHM		Tanı
	5294.307	6.3	0.018	0.32	f	Mn II (11) 5294.216 (10)
	5299.386	8.4	0.024	0.33	f	Mn II (I) 5299.37 (80h)
	5302.328	17.7	0.051	0.33	f	(Mn II (I) 5302.44 (100h)), (Fe I (553) 5302.307 (10))
ORDER 36	5310.712	21.8	0.063	0.33	f	Cr II (43) 5310.70 (12)
	5313.595	64.7	0.187	0.33	f	Cr II (43) 5313.61 (40)
	5316.289	32.6	0.094	0.33	f	(Fe II (J) 5316.231 (13))
	5316.619	165.2	0.476	0.33	f	Fe II (J) 5316.624 (19)
	5316.847	97.6	0.281	0.33	f	Fe II (J) 5316.783 (16)
	5318.169	12.3	0.035	0.33	f	Fe II (J) 5318.058 (10)
	5318.589	8.3	0.024	0.33	f	
	5324.201	35.2	0.101	0.33	f	Fe I (553) 5324.1790 (30)
	5325.566	74.6	0.214	0.33	f	Fe II (J) 5325.559 (12)
	5328.045	45.9	0.132	0.33	f	Fe I (15) 5328.0387 (50)
	5328.448	13.4	0.038	0.33	f	Fe I (37) 5328.5317 (15)
	5328.728	7.3	0.021	0.33	f	N I (13) 5328.70 (5)
	5329.142	18.6	0.054	0.33	f	O I (12) 5329.1012 (11)
	5329.723	29.6	0.085	0.33	f	O I (12) 5329.6855 (12)
	5330.730	34.7	0.100	0.33	f	O I (12) 5330.7396 (13)
	5331.037	6.6	0.019	0.33	f	
	5334.878	57.6	0.165	0.33	f	Cr II (43) 5334.89 (50)
	5336.796	70.1	0.201	0.33	f	Ti II (69) 5336.7859 (201)
	5337.763	54.0	0.155	0.33	f	Fe II (J) 5337.727 (8), Cr II (43) 5337.79 (12)
	5339.188	16.8	0.048	0.33	f	Ca II (20) 5339.29 ((-))
	5339.574	16.2	0.046	0.33	f	Fe II (J) 5339.589 (14)
	5339.950	17.0	0.049	0.33	f	Fe I (553) 5339.9294 (12)
	5341.041	11.4	0.033	0.33	f	Fe I (37) 5341.0240 (20)
	5346.058	16.9	0.048	0.33	f	Cr II (24) 5346.12 (-)
	5346.576	15.1	0.043	0.33	f	Cr II (23) 5346.56 (5)
ORDER 35	5369.970	19.8	0.056	0.33	f	Fe I (1146) 5369.9619 (25n)
	5371.488	30.9	0.088	0.33	f	Fe I (15) 5371.4897 (50)
	5375.878	8.6	0.025	0.33	f	Fe II (J) 5375.841 (10)
	5380.304	8.9	0.025	0.33	f	C I (11) 5380.242 (8)
	5381.032	43.3	0.123	0.33	f	Ti II (69) 5381.0213 (9)
	5383.374	34.6	0.099	0.33	f	Fe I (1146) 5383.3692 (35n)
	5387.094	21.3	0.061	0.33	f	Fe II (J) 5387.065 (14)
	5393.182	8.3	0.024	0.33	f	Fe I (553) 5393.1676 (10)
	5393.894	6.2	0.018	0.33	f	Fe II (J) 5393.846 (4)
	5395.844	19.2	0.055	0.33	f	Fe II (J) 5395.858 (12)
	5396.257	8.4	0.024	0.33	f	Ti II (80) 5396.3 ((1))
	5396.608	8.0	0.023	0.33	f	
	5397.145	20.2	0.057	0.33	f	Fe I (15) 5397.1280 (40)
	5398.050	6.1	0.017	0.33	f	Fe II (J) 5398.066 (3)
	5401.550	26.3	0.075	0.33	f	
	5402.060	21.0	0.059	0.33	f	Fe II (J) 5402.059 (15)

Çizelge 4.3 HD 39866 yıldızının çizgi tanı listesi (devam)

	$\lambda_{\text{gizlenen}} (\text{\AA})$	EW(mÅ)	Derinlik	FWHM		Tanı
	5402.761	7.3	0.021	0.33	f	Y II (35) 5402.733 (625)
	5404.163	32.6	0.092	0.33	f	Fe I (1165) 5404.1516 (30n)
	5405.084	8.7	0.025	0.33	f	Fe II (J) 5405.096 (8)
	5405.771	20.9	0.059	0.33	f	Fe I (15) 5405.778 (40)
	5407.613	27.9	0.079	0.33	f	Cr II (23) 5407.62 (25)
	5408.845	15.6	0.044	0.33	f	Fe II (J) 5408.808 (7)
	5409.791	7.5	0.021	0.33	f	Fe II (J) 5409.83 (00)
	5410.949	19.0	0.054	0.33	f	Fe I (1165) 5410.9098 (15n)
	5414.065	48.8	0.138	0.33	f	Fe II (J) 5414.046 (9 aff)
	5414.752	9.4	0.027	0.33	f	Fe II (J) 5414.845 (8)
	5415.195	30.7	0.087	0.33	f	Fe I (1165) 5415.1993 (68)
	5418.775	34.7	0.098	0.33	f	Ti II (69) 5418.7675 (68)
	5420.926	25.9	0.073	0.33	f	Cr II (23) 5420.91 (25)
ORDER 34	5432.973	50.4	0.142	0.33	f	Fe II (55) 5432.98 (p)
	5445.063	10.9	0.031	0.33	f	Fe I (1163) 5445.0424 (15n)
	5446.939	16.1	0.045	0.33	f	Fe I (37) 5446.8746 (Fe), Fe I (15) 5446.9168 (40)
	5455.530	24.9	0.070	0.33	f	Fe I (15) 5455.6095 (40)
	5455.926	8.7	0.024	0.33	f	Cr II (50) 5455.80 (1)
	5465.947	18.0	0.050	0.34	f	Fe II (J) 5465.929 (16)
	5466.449	11.7	0.033	0.34	f	Si II (7.03) 5466.432 (500H)
	5466.900	21.2	0.059	0.34	f	Fe II (J) 5466.916 (11)
	5472.620	8.3	0.023	0.34	f	Cr II (50) 5472.63 (3)
	5473.647	5.0	0.014	0.34	f	S II (6) 5473.620 (23)
	5477.499	8.4	0.024	0.34	f	Cr II (50) 5477.45 (-)
	5478.390	48.1	0.134	0.34	f	Cr II (50) 5478.37 (50)
	5479.625	6.5	0.018	0.34	f	
	5482.328	21.5	0.060	0.34	f	Fe II (J) 5482.310 (16)
ORDER 33	5493.907	17.3	0.048	0.34	f	(Fe I (464, 1062) 5493.850 ((0))
	5500.967	4.9	0.014	0.34	f	Fe II (J) 5501.036 (5)
	5502.096	31.2	0.087	0.34	f	Cr II (50) 5502.07 (40)
	5502.748	5.7	0.016	0.34	f	Fe II (J) 5502.677 (10)
	5503.240	32.8	0.091	0.34	f	Cr II (50) 5503.21 (25), Fe II (J) 5503.215 (10)
	5505.178	3.6	0.010	0.34	f	Mn I (31) 5505.21 ((2))
	5506.216	35.5	0.099	0.34	f	Fe II (J) 5506.196 (18)
	5507.069	10.1	0.028	0.34	f	Fe II (J) 5507.060 (5)
	5508.092	9.9	0.027	0.34	f	Fe II (J) 5508.139 (0)
	5508.625	34.2	0.095	0.34	f	Cr II (50) 5508.63 (30)
	5509.566	6.7	0.019	0.34	f	S II (6) 5509.67 (15)
	5510.018	6.6	0.018	0.34	f	(Y II (19) 5509.894 (701))
	5510.750	33.2	0.092	0.34	f	Cr II (23) 5510.71 (20), Fe II (J) 5510.781(12)
	5511.184	6.6	0.018	0.34	f	Fe II (J) 5511.080 (5)
	5512.823	9.2	0.026	0.34	f	O I (25) 5512.71 ((5d))
	5525.068	23.4	0.065	0.34	f	Fe II (56) 5525.121 (4)

Çizelge 4.3 HD 39866 yıldızının çizgi tanı listesi (devam)

	$\lambda_{\text{ölçülen}} (\text{\AA})$	EW(mÅ)	Derinlik	FWHM		Tanı
	5526.814	58.9	0.163	0.34	f	Sc II (31) 5526.809 (75)
	5528.416	49.8	0.138	0.34	f	Mg I (9, 9, 9) 5528.3876, .3976, .4094 ((2, 2, 10))
	5529.048	10.1	0.028	0.34	f	Fe II (J) 5529.061 (12)
	5529.955	17.4	0.048	0.34	f	Ti II (68) 5529.983 (10), Fe II (J) 5529.925 (10)
	5532.103	7.4	0.021	0.34	f	Fe II (J) 5532.085 (10)
	5534.849	104.3	0.288	0.34	f	Fe II (55) 5534.834 (15)
ORDER 32	5560.350	6.6	0.018	0.34	f	(N I (25) 5560.37 (9))
	5565.616	7.4	0.020	0.34	f	Fe I (1183) 5565.7040 (4)
	5567.835	13.1	0.036	0.34	f	Fe II (J) 5567.838 (10)
	5570.588	5.7	0.016	0.34	f	Mn II (I) 5570.51 (30)
	5572.846	19.9	0.055	0.34	f	Fe I (686) 5572.8424 (30)
	5578.025	13.4	0.037	0.34	f	Fe II (J) 5577.919 (9)
	5581.722	6.8	0.019	0.34	f	Fe II (J) 5581.630 (6)
	5583.957	5.0	0.014	0.34	f	Fe II (J) 5583.942 (4)
	5586.785	26.8	0.073	0.34	f	Fe I (686) 5586.7559 (40)
	5587.143	8.1	0.022	0.34	f	Fe II (J) 5587.084 (8 aff I)
	5588.218	8.6	0.024	0.34	f	Fe II (J) 5588.225 (10)
	5588.731	10.3	0.028	0.34	f	Ca I (21) 5588.757 (80)
	5594.573	10.5	0.029	0.34	f	Ca I (21) 5594.468 (60)
	5598.352	11.1	0.030	0.34	f	Fe I (1183) 5598.303 (4)
ORDER 31	5624.500	10.5	0.029	0.35	f	Fe I (686) 5624.5422 (19)
	5627.506	12.5	0.034	0.35	f	Fe II (J) 5627.488 (3)
	5640.970	12.0	0.032	0.35	f	Sc II (29) 5640.971 (15)
	5643.892	12.6	0.034	0.35	f	Fe II (J) 5643.884 (00)
	5645.395	11.0	0.030	0.35	f	Fe II (J) 5645.399 (12)
	5657.902	46.6	0.126	0.35	f	Sc II (29) 5657.870 (25)
	5658.369	10.5	0.029	0.35	f	Sc II (29) 5658.334 (8)
	5658.823	8.3	0.022	0.35	f	Fe I (686) 5658.8164 (10)
	5662.794	10.6	0.029	0.35	f	(Y II (38) 5662.922 (2005))
	5667.154	10.4	0.028	0.35	f	Sc II (29) 5667.164 (10)
	5669.006	20.7	0.056	0.35	f	Sc II (29) 5669.030 (12)
ORDER 30	5695.209	6.1	0.016	0.35	f	Fe II (J) 5695.309 (0)
	5698.635	8.9	0.024	0.35	f	
	5699.860	7.9	0.021	0.35	f	Fe II (J) 5699.86 (00)
	5706.060	12.4	0.033	0.35	f	Fe I (1183) 5705.9922 ((2))
	5706.460	7.6	0.020	0.35	f	
ORDER 29	5780.400	400.0				Tanımlanamayan profil yapısı
	5783.625	10.8	0.029	0.35	f	Fe II (J) 5783.629 (11)
	5796.918	25.7	0.068	0.36	f	
	5797.286	22.4	0.059	0.36	f	
	5797.667	9.1	0.024	0.36	f	(La II (4) 5797.57 (220))
	5806.599	8.9	0.024	0.36	f	Fe I (1180) 5806.7249 ((2))

Çizelge 4.3 HD 39866 yıldızının çizgi tanı listesi (devam)

	$\lambda_{\text{ölçülen}} (\text{Å})$	EW(mÅ)	Derinlik	FWHM		Tanı
	5806.976	7.9	0.021	0.36	f	Fe II (J) 5806.981 (2)
ORDER 28	5849.672	8.9	0.023	0.36	f	
	5850.172	10.5	0.027	0.36	f	
	5875.634	39.7	0.059	0.43		He I (11,11,11) 5875.618, .650, .989 ((10, 10, 1))
ORDER 27	5902.771	15.3	0.040	0.36	f	Fe II (J) 5902.825 (16)
	5914.117	15.4	0.040	0.36	f	Ti II (L) 5914.0928 (19), Fe I (1180) 5914.2013 (8)
	5941.699	24.6	0.063	0.36	f	(N II (28) 5941.67 (8))
	5952.550	21.6	0.056	0.37	f	Fe II (J) 5952.525 (12)
ORDER 26	5978.933	56.6	0.145	0.37	f	Si II (4) 5978.929 (500)
	5991.376	47.6	0.122	0.37	f	Fe II (46) 5991.368 (10)
	6008.522	9.5	0.024	0.37	f	N I (16) 6008.48 (10)
	6024.021	12.5	0.032	0.37	f	Fe I (1178) 6024.0580 (15)
ORDER 25	6053.462	11.0	0.028	0.37	f	Cr II (105) 6053.48 (75)
	6065.422	9.0	0.023	0.37	f	Ti II (L) 6065.3550 (83)
	6071.402	6.8	0.017	0.37	f	Fe II (J) 6071.424 (7)
	6084.094	32.7	0.082	0.37	f	Fe II (46) 6084.099 (7)
	6089.709	10.4	0.026	0.37	f	Cr II (187) 6089.69 (15)
ORDER 24	6141.733	17.1	0.043	0.38	f	Ba II (2) 6141.718 (20000)
	6147.755	73.8	0.184	0.38	f	Fe II (74) 6147.767 (12)
	6149.258	73.4	0.183	0.38	f	Fe II (74) 6149.346 (11)
	6155.988	45.8	0.114	0.38	f	O I (10) 6155.9756 (19)
	6156.773	64.7	0.161	0.38	f	O I (10) 6156.7658 (20)
	6158.184	81.5	0.203	0.38	f	O I (10) 6158.1835 (21)
	6175.161	22.2	0.055	0.38	f	Fe II (200) 6175.158 (15)
	6179.337	13.8	0.034	0.38	f	Fe II (163) 6179.397 (6)
ORDER 23	6238.397	82.8	0.203	0.38	f	Fe II (74) 6238.386 (12)
	6239.470	14.0	0.034	0.38	f	(Fe II (34) 6239.345 (2))
	6239.942	30.0	0.073	0.38	f	Fe II (74) 6239.905 (6)
	6245.565	9.5	0.023	0.38	f	Sc II (28) 6245.629 (20)
	6247.551	130.9	0.276	0.45		Fe II (74) 6247.545 (14)
	6248.896	15.2	0.037	0.38	f	Fe II (J) 6248.889 (6)
ORDER 22	6317.997	55.3	0.134	0.39	f	Fe I (168) 6318.0175 (10)
	6331.958	23.1	0.056	0.39	f	Fe II (199) 6331.952 (10)
	6347.090	298.5	0.501	0.56		Si II (2) 6347.108 (1000)
ORDER 21	6379.412	25.4	0.061	0.39	f	
	6383.747	28.6	0.069	0.39	f	Fe II (J) 6383.721 (10)
	6385.459	16.8	0.040	0.39	f	Fe II (J) 6385.455 (8)

Çizelge 4.3 HD 39866 yıldızının çizgi tanı listesi (devam)

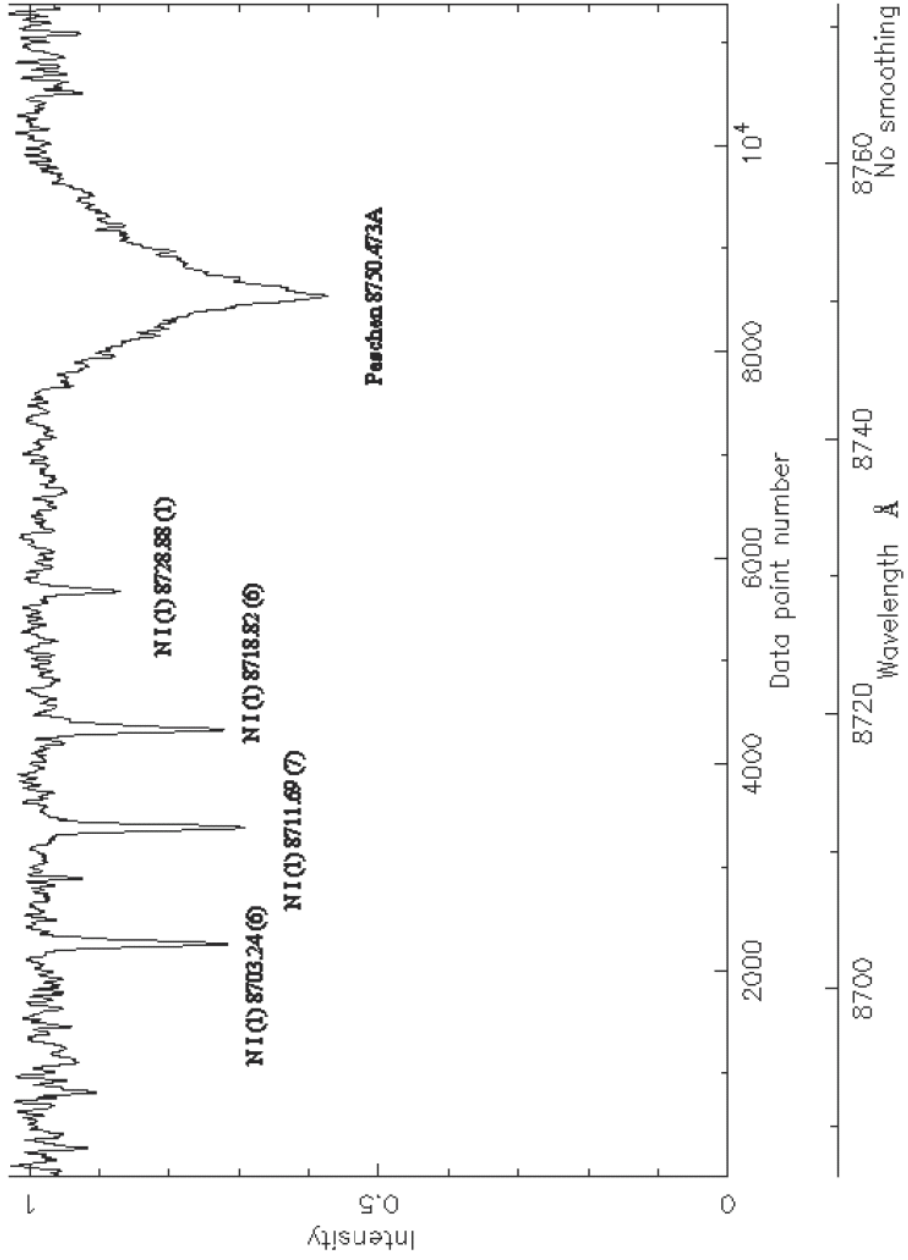
	$\lambda_{\text{ölçülen}} (\text{\AA})$	EW(mÅ)	Derinlik	FWHM		Tanı
	6407.272	17.1	0.041	0.39	f	Fe II (74) 6407.30 (1)
	6416.931	68.4	0.163	0.39	f	Fe II (74) 6416.921 (12)
	6432.693	62.2	0.148	0.39	f	Fe II (40) 6432.682 (9)
ORDER 20	6478.354	13.1	0.031	0.40	f	
	6481.909	9.2	0.022	0.40	f	Fe I (109) 6481.8703 (20)
	6482.344	51.2	0.121	0.40	f	(Fe II (J) 6482.209 (10))
	6482.923	30.7	0.072	0.40	f	N I (21) 6482.74 (9)
	6483.778	16.3	0.038	0.40	f	N I (21) 6483.75 (3)
	6484.752	18.6	0.044	0.40	f	N I (21) 6484.88 (9)
	6494.982	37.0	0.087	0.40	f	Fe I (168) 6494.9805 (1000)
	6496.764	20.5	0.048	0.40	f	Ba II (2) 6496.896 (12000)
	6506.404	13.1	0.031	0.40	f	N I (21) 6506.45 (0)
	6516.106	87.2	0.205	0.40	f	Fe II (J) 6516.075 (11), Fe II (40) 6516.053 (20)
	6517.078	21.1	0.050	0.40	f	Fe II (J) 6517.023 (8)
ORDER 19	6545.994	40.1	0.094	0.40	f	
	6562.827					H_alpha 6562.8520
	6571.196	18.3	0.043	0.40	f	(Fe I (1121) 6571.1677 ((1))
	6573.952	14.6	0.060	0.23		
ORDER 18	6680.108	6.9	0.016	0.41	f	Ti II (L) 6680.1287 (7)
ORDER 17	6748.781	12.2	0.028	0.41	f	S I (8) 6748.79 (8)
	6757.189	17.8	0.040	0.41	f	S I (8) 6757.16 (10)
ORDER 16			<i>Tellürik</i>			
ORDER 15			<i>Tellürik</i>			
ORDER 14	7042.039	22.0	0.048	0.43	f	Al II (3) 7042.06 (10)
ORDER 13	7156.695	24.5	0.052	0.44	f	O I (38) 7156.701 (16)
ORDER 12			<i>Tellürik</i>			
ORDER 11			<i>Tellürik</i>			
ORDER 10	7468.309	150.4	0.278	0.51		N I (3) 7468.29 (10)
	7513.212	15.5	0.032	0.46	f	Fe II (J) 7513.170 (15)
	7515.860	30.1	0.061	0.46	f	Fe II (73) 7515.88 (6)
ORDER 9			<i>Tellürik</i>			
ORDER 8	7711.745	81.3	0.161	0.47	f	Fe II (73) 7711.71 (15), Fe II (J) 7711.710 (14)
	7771.970	399.1	0.575	0.65		O I (1) 7771.9436 (28)

Çizelge 4.3 HD 39866 yıldızının çizgi tanı listesi (devam)

	$\lambda_{ölçülen} (\text{Å})$	EW(mÅ)	Derinlik	FWHM		Tanı
	7774.181	379.1	0.558	0.64		O I (1) 7774.1655 (27)
	7775.402	338.4	0.497	0.64		O I (1) 7775.3884 (26)
ORDER 7	7877.074	86.5	0.168	0.48	f	Mg II (8) 7877.13 (-)
	7895.978	37.4	0.072	0.48	f	
	7896.377	121.1	0.235	0.48	f	Mg II (8) 7896.37 (-)
	7900.680	59.0	0.114	0.48	f	
ORDER 6			Tellürik			
ORDER 5			Tellürik			
ORDER 4			Tellürik			
ORDER 3	8392.387	136.3	0.078	1.65		Paschen 8392.397
	8413.230	160.7	0.095	1.60		Paschen 8413.321
	8437.656	434.9	0.138	2.97		Paschen 8437.958
	8446.312	333.0	0.493	0.63		O I (4, 4) 8446.250, .3596 (27, 30)
	8446.812	274.4	0.436	0.59		O I (4) 8446.7581 (29)
ORDER 2	8542.147	514.9	0.508	0.95		Ca II (2) 8542.089 (1500)
	8545.719	370.9	0.162	2.15		Paschen 8545.382
	8567.719	87.8	0.157	0.53	f	N I (8) 8567.74 (4)
	8594.038	93.1	0.166	0.53	f	N I (8) 8594.01 (6)
	8598.410	205.3	0.146	1.32		Paschen 8598.392
ORDER 1	8703.268	161.5	0.284	0.53	f	N I (1) 8703.24 (6)
	8711.709	180.5	0.317	0.53	f	N I (1) 8711.69 (7)
	8718.855	161.4	0.283	0.54	f	N I (1) 8718.82 (6)
	8728.918	65.3	0.114	0.54	f	N I (1) 8728.88 (1)
	8750.504	350.0	0.218	1.51		Paschen 8750.473

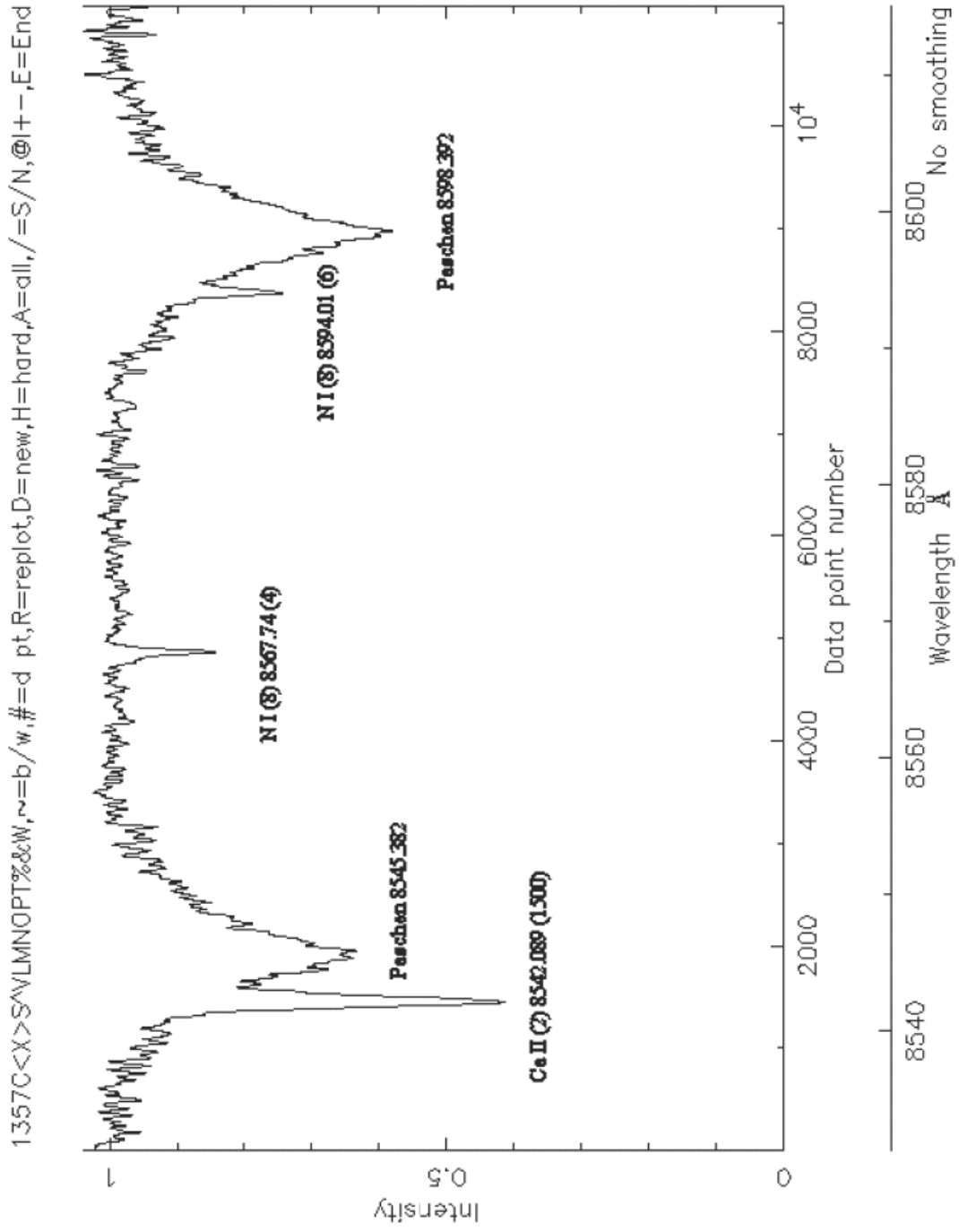
HD398866-01

1357C<X>S^VLMNOPT%&w,~=b/w,#=d pt,R=replot,D=new,H=hard,A=all,/=S/N,@|+-,E=End



Şekil 4.7 Paschen bölgesi ve komşuluğundaki çizgiler: 'Order' 1

HD39866-02



Şekil 4.8 Paschen bölgesi ve komşuluğundaki çizgiler: 'Order' 2

4.3.1 RTT150 CET verilerinden elde edilen eşdeğer genişlik değerlerinin Aydın (1972b)'ninkilerle karşılaştırılması

Literatürde HD 39866'nın tayf ölçümlerine ilişkin tek çalışma (Aydın 1972a, b) dır. Bu çalışmada yıldızın Fe I, Fe II, Cr II ve Ti II atom ve iyonlarına ait eşdeğer genişlik ölçümleri verilmiştir. Hem RTT150-CET verilerininin tayf ölçüm kalitesini görebilmek hem de HD 39866'nın bir başka çalışmadan elde edilen değerleri arasındaki ilişkiyi görebilmek için bu çalışmada elde ettiğimiz Fe I, Fe II, Cr II ve Ti II'nin çizgi şiddetleri Aydın (1972b)'ninkilerle karşılaştırıldı (Çizelge 4.4). Bu karşılaştırmalar Şekil 4.9'da sunulmaktadır.

Bu türden karşılaştırmalarda en iyi uyum katsayısının 1 ve sabitin 0 veya yakın olmaları durumunda sağlanır. Aydın, HD 39866'nın fotografik tayflarını kullanarak çizgi profillerini planametre ile ölçmüştür. Farklılıklar, tayfsal verilerin ve kalibrasyonların farklılıklarından, sürekliliklerin belirlenmesi ve profil ölçümlerinde kullanılan yöntemlerin farklılıklarından kaynaklanmaktadır.

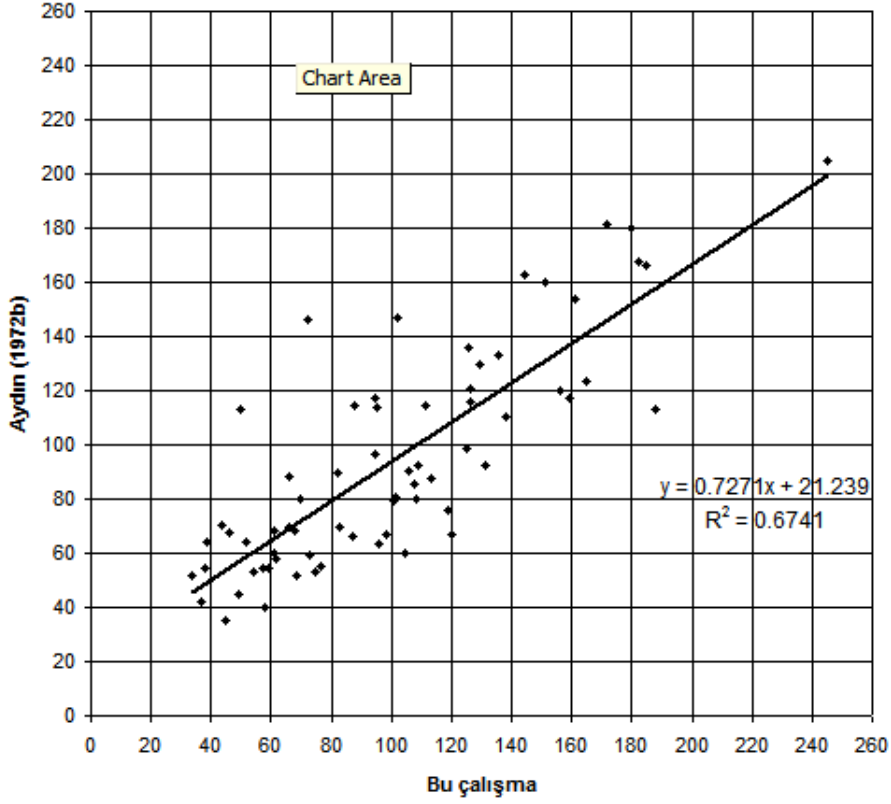
Çizelge 4.4 Ti II, Cr II Fe I ve Fe II'nin eşdeğer genişliklerinin (mÅ) Aydın (1972b) ile karşılaştırılması

Tür	Çizgi (Å)	Bu çalışma: EW (mÅ)	Aydın (1972b): EW (mÅ)
Ti II	4571.97	184.8	166.0
	4563.78	156.2	120.0
	4501.27	150.9	159.8
	4468.49	159.1	117.5
	4450.49	98.5	67.2
	4418.38	54.2	53.0
	4417.72	120.0	66.7
	4395.03	187.7	113.0
	4394.06	72.8	59.3
	4386.86	61.2	68.0
	4312.86	131.3	92.3
	4300.05	182.5	167.3
	4290.22	164.8	123.6
	4163.61	111.6	114.5
	4028.33	101.4	80.6
	4025.14	68.5	51.9
Cr II	3932.01	69.9	80.2
	4864.32	59.3	54.5
	4848.24	108.7	92.6
	4824.13	125.4	136.0

Çizelge 4.4 Ti II, Cr II Fe I ve Fe II'nin eşdeğer genişliklerinin (mÅ) Aydın (1972b) ile karşılaştırılması (devam)

Tür	Çizgi	Bu çalışma: EW (mÅ)	Aydın (1972b): EW (mÅ)
	4634.11	105.5	90.4
	4616.64	74.8	53.1
	4592.09	82.5	69.3
	4588.22	129.4	129.4
	4558.66	171.8	181.4
	4284.21	57.9	40.0
	4261.92	86.9	66.1
	4252.62	44.5	35.4
Fe I	4415.13	66.1	88.3
	4404.75	94.6	96.5
	4383.55	113.2	87.7
	4325.77	94.9	113.8
	4299.24	38.2	54.2
	4271.76	94.7	117.5
	4250.79	51.7	64.2
	4250.13	38.8	64.2
	4235.94	43.8	70.3
	4202.03	66.1	69.8
	4187.80	45.8	67.8
	4187.04	36.6	41.9
	4181.76	33.3	51.4
	4071.74	87.8	114.8
	4045.82	102.0	146.9
	4005.25	49.9	112.9
	3927.92	67.5	68.3
	3922.91	61.7	58.1
	3920.26	49.4	45.1
Fe II	4656.97	57.5	54.5
	4620.51	76.5	55.4
	4583.83	245.2	204.9
	4582.84	95.6	63.2
	4576.33	118.6	76.0
	4555.89	161.2	154.0
	4541.52	101.0	79.0
	4522.63	179.5	180.0
	4520.23	135.3	133.3
	4491.40	125.3	98.4
	4489.19	107.3	85.7
	4416.82	126.2	116.2
	4385.38	126.1	120.6
	4314.29	72.1	146.3
	4303.17	138.2	110.6
	4296.57	108.4	79.9
	4273.32	81.8	89.3
	4258.16	104.5	60.0
	4178.86	144.5	162.6
	4128.74	61.1	59.9

RTT & Aydın (1972)



Şekil 4.9 Bu çalışmada kullanılan RTT150 CET verilerine ilişkin eşdeğer genişliklerin Aydın (1972b) ile karşılaştırılması

4.4 Atmosfer Parametreleri

4.4.1 Etkin sıcaklık, yüzey çekim ivmesi

Bu çalışmada HD 39866'nın atmosfer parametrelerinin belirlenmesinde yıldızın spektrofotometrik verilerinden, Strömgen uvby β fotometrisinden ve Balmer profillerinden yararlanılamadı. Çünkü yıldızın literatürde herhangi bir spektrofotometrik verisi yoktur. Yıldızlararası kızarma etkisi nedeniyle yıldızın Strömgen analizi anlamlı sonuç vermedi. Benzer şekilde, Balmer çizgileri CET verilerinin 'order' sonlarına denk geldiği için profillerin bütünü elde edilememiştir: H β ile H γ 'nın kırmızı taraftaki kanadı ile H δ 'nın mavi kanadı (bkz. H β için Şekil 4.11 ve H γ için Şekil 4.12).

Çizelge 4.5 Fe I/II kullanılarak HD 39866 için iyonizasyon dengesi çalışmaları

	Fe I	Fe II
	111 çizgi	175 çizgi
	ξ (km sn ⁻¹)	ξ (km sn ⁻¹)
T_e = 8415 K, log g = 1.55		
Saçılma	1.8	2.6
Eğim	1.9	2.6
Ortalama	2.2 km sn ⁻¹	
N/N_T	-4.592 ± 0.162	-4.607 ± 0.186
$\Delta = 0.015$ dex		
T_e = 8500 K, log g = 1.70		
Saçılma	1.9	2.7
Eğim	1.9	2.7
Ortalama	2.3 km sn ⁻¹	
N/N_T	-4.577 ± 0.163	-4.584 ± 0.181
$\Delta = 0.007$ dex		
T_e = 8950 K, log g = 2.40		
Saçılma	2.1	3.1
Eğim	1.9	3.2
Ortalama	2.6 km sn ⁻¹	
N/N_T	-4.425 ± 0.164	-4.431 ± 0.179
$\Delta = 0.006$ dex $\sqrt{\quad}$		

Bu çalışmada HD 39866'nın atmosfer parametreleri elementlerin iyonizasyon dengesinden belirlendi. Bolluklar, düzlem-paralel geometri, hidrostatik denge ve yerel termodinamik denge kabulü altında çalışan ATLAS9 kodundan elde edilen model atmosferleri kullanılarak WIDTH9 programı ile hesaplanmıştır.

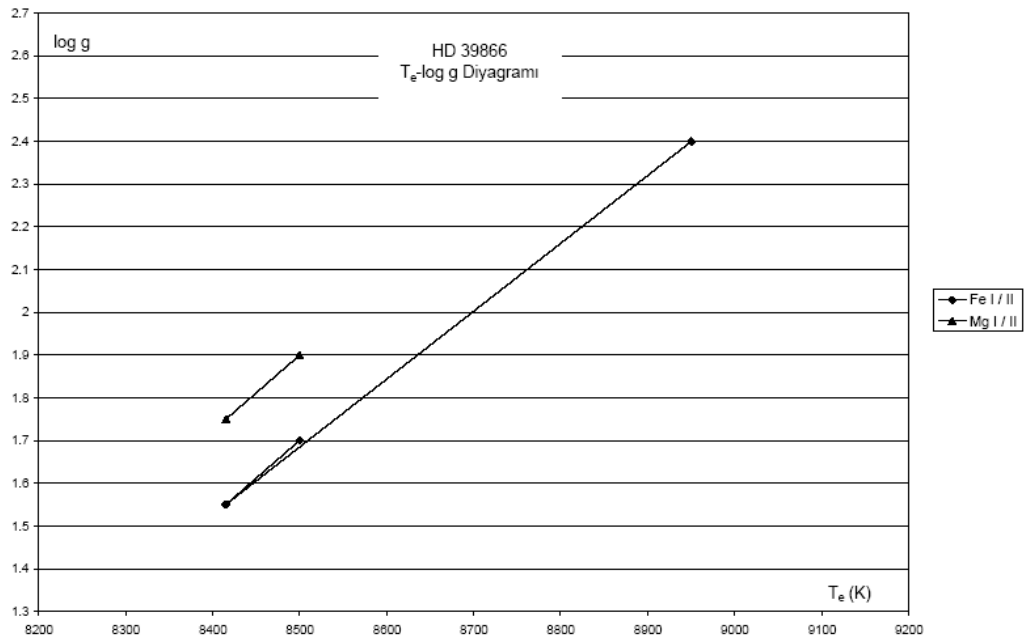
Bu çalışmada demir ve magnezyumun iyonizasyon dengeleri araştırıldı:

- HD 39866'nın Fe I ve Fe II çizgileri kullanılarak demirin iyonizasyon dengesini sağlayan 3 parametre çifti belirlenebildi.
- Mg I ve II çizgileri kullanılarak yapılan hesaplarda magnezyumun iyonizasyon dengesini sağlayan 2 değere ulaşıldı.

Demir ve magnezyum elementlerinin iyonizasyon dengelerinden elde edilen atmosfer parametreleri bir diyagrama yerleştirildi (Şekil 4.10). Diyagrama göre her iki elementin

iyonizasyon dengelerinden elde edilen atmosfer parametre çiftleri birbirine paralel çıkmıştır. Bu noktada, olası bir atmosfer parametre çiftine ulaşmak için, benzer ölçüm ve analiz tekniklerini kullanan Venn (1995a)'in benzer tayf türü ve ışınım sınıfına ait yıldızların değerlerinden yararlandı. HD 175687 (A0 II) için $T_e = 9400$ K, $\log g = 2.3$ değerleri ve HD 222275 (A3 II) için $T_e = 8500$ K, $\log g = 2.22$ değerleri diyagramda dikkate alındı.

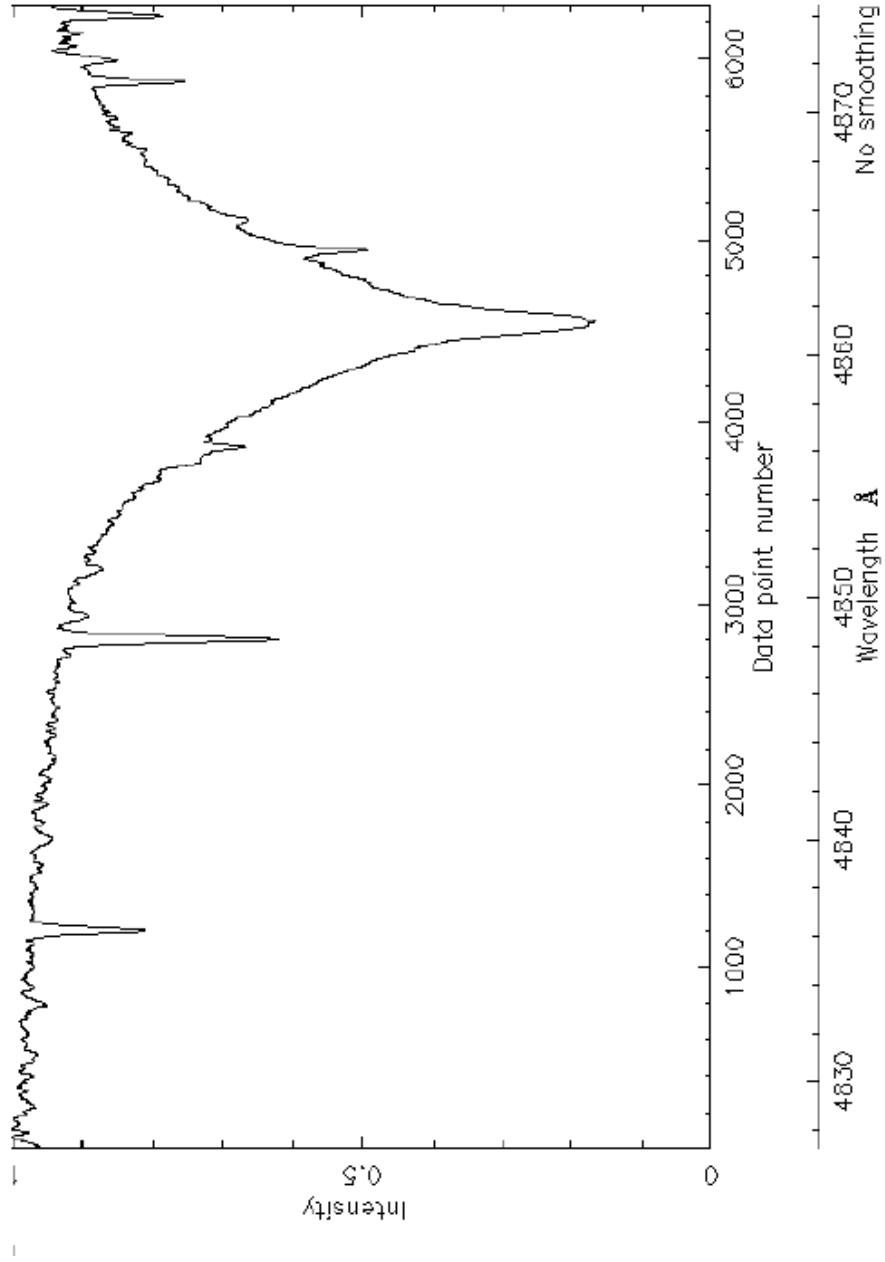
Bu çalışmadan HD 39866'nın atmosfer parametre çifti $T_e = 8950$ K, $\log g = 2.40$ dex olarak belirlendi. Bu değer aynı zamanda en fazla tayf çizgisine sahip Fe I ve Fe II'den elde edilen demirin iyonizasyon dengesini sağlayan en iyi değerdir (Çizelge 4.5).



Şekil 4.10 HD 39866'nın atmosfer parametre diyagramı

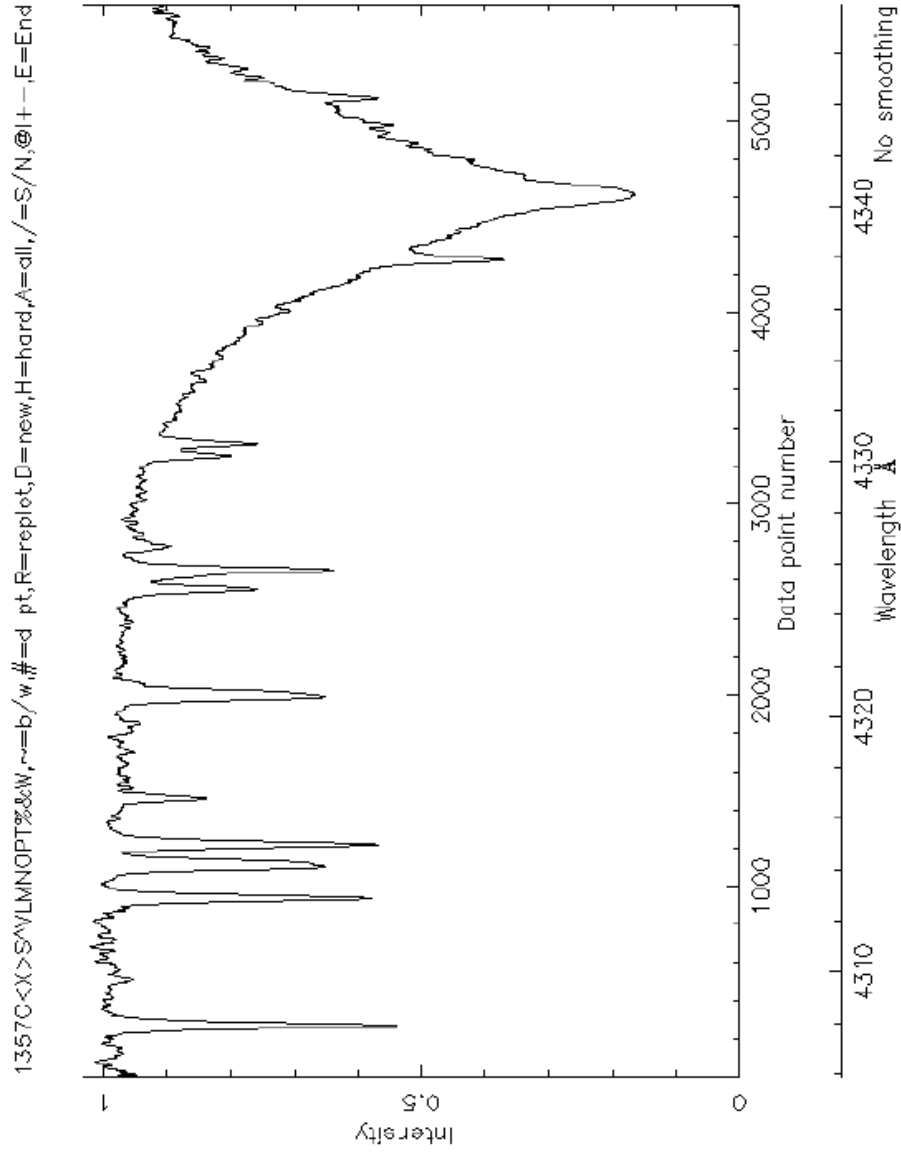
HD39866-45

1357C<X>S^LMNQP%&W,~=b/w,#=d pt,R=replot,D=new,H=hard,A=all,/=S/N,@H+-,E=End



Şekil 4.11 HD 39866'nin RTT150-CET deki H β bölgesi

HD39866-57



Şekil 4.12 HD 39866'nin RTT150-CET deki H_γ bölgesi

4.4.2 Mikrotürbülans hızı

HD 39866'nın mikrotürbülans hızı, yıldızın Fe I, Fe II, Ti II, ve Cr II çizgilerinden araştırıldı. Bunun için, öncelikle, $T_e = 8950$ K, $\log g = 2.40$ ve olası mikrotürbülans hız değerleri kullanılarak demir, titanyum ve krom elementine ait bolluklar hesaplandı. Mikrotürbülans hızı, bollukların eşdeğer genişlikten bağımsız olduğu (ξ_1) ya da bağılılığın en az olduğu (ξ_2) (Blackwell, Shallis & Simmons 1982) dağılımı veren bolluklardan belirlendi.

En çok çizgiye sahip demir elementinden elde edilen mikrotürbülans hızları Çizelge 4.6'da, diğer 2 elementten elde edilenler ise Çizelge 4.7'de verilmektedir. Bu çalışmada dört atom ve iyondan tespit edilen mikrotürbülans hız değerlerinin çoğu demirden elde edilen değerlere yakındır. Bu nedenle yıldızın mikrotürbülans hız değeri, Fe I ve Fe II'nin ortalama değeri olan 2.6 km sn^{-1} olarak kabul edildi.

Çizelge 4.6 Fe I ve Fe II çizgilerinden belirlenen mikrotürbülans hızları

Çizgiler	Çizgi Sayısı	ξ_1 (km sn^{-1})	$\log (N/N_T)$	ξ_2 (km sn^{-1})	$\log (N/N_T)$	gf-değerleri
Fe I	111	1.9	-4.38 ± 0.15	2.1	-4.39 ± 0.15	MF+KX+N4
Fe II	175	3.2	-4.49 ± 0.17	3.1	-4.48 ± 0.17	MF+KX+N4
Ort. değer:		2.6 km sn^{-1}	-4.43			

ξ_1 ; saçılmayı en az veren ξ_2 ; eğimin en küçük olduğu mikrotürbülans hızı
gf-değerleri için referanslar: MF = Fuhr *et al.* (1988), KX = Kurucz & Bell (1995), ve N4 = Fuhr & Wiese (2006).

Çizelge 4.7 Ti II ve Cr II çizgilerinden belirlenen mikrotürbülans hızları

Çizgiler	Çizgi Sayısı	ξ_1	$\log (N/N_T)$	ξ_2	$\log (N/N_T)$	gf-değerleri
Ti II	68	3.2	-6.99 ± 0.16	3.1	-6.98 ± 0.16	MF+KX
Cr II	52	2.7	-6.16 ± 0.18	2.8	-6.18 ± 0.18	MF+KX
Ort. değer:		2.8 km sn^{-1}				

4.5 Element Bolluk Analizi

HD 39866 yıldızının atmosferine ilişkin kimyasal element bollukları, WIDTH9 programıyla hesaplandı. Hesaplamalarda kullanılan atmosfer parametrelerine ait değerler; $T_e = 8950$ K, $\log g = 2.4$ ve $\xi = 2.6$ km sn⁻¹ dir. Bu çalışmayla, yıldızın atmosferine ait He, C, N, O, hafif elementler (Mg, Al, Si, S, Ca), demir grubu elementler (Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co ve Ni), s- process elementleri (Sr, Y, Zr, Ba) ve nadir-toprak elementlerinin (Ce, Nd ve Gd) bollukları model atmosfer yöntemiyle ilk kez belirlenmiş oldu. Helyum bolluğunu hesaplariken kullanılan çizgiler Çizelge 4.8’de, elde edilen helyum bolluk değeri diğer element bollukları ile birlikte Çizelge 4.10’da verilmektedir.

Çizelge 4.8 HD 39866 için hesaplanan He/H değerleri

Dalgaboyu (λ)	Eşdeğer genişlik (mÅ)	He/H
4026	47.6	0.043
4387	12.2	0.040
4471	34.4	0.037

Diğer elementlerin fotosferik bolluklarını hesaplariken her elementin atom ve iyon durumlarına ait çizgileri kullanılarak ayrı ayrı çizgi kartları “.dat” dosyası olarak oluşturuldu. WIDTH9 programı element bolluklarını hesapladıktan sonra ilgili atom ve iyonun ait sonuçları “.out” dosyası olarak vermektedir. Örneğin HD 39866’nın N I için elde edilen out dosyası aşağıdaki gibidir.

7	Mult	1	8703.25	-0.32	WF	161.5	-3.11
7	Mult	1	8711.70	-0.23	WF	180.5	-3.02
7	Mult	1	8718.83	-0.34	WF	161.4	-3.09
7	Mult	3	7468.31	-0.19	WF	150.4	-2.72
7	Mult	8	8567.73	-0.66	WF	87.8	-3.31
7	Mult	16	6008.47	-1.77	KP	9.5	-2.72
7	Mult	21	6483.75	-1.04	KP	16.3	-3.04

1. sütun atom veya iyonu, 2. sütun çizginin multipler numarasını, 3. sütun laboratuvar dalgaboyunu (Å), 4. sütun log gf değerini, 5. sütun log gf değerlerinin kaynağını, 6.

sütun ölçülen eşdeğer genişlik değerini ($m\text{\AA}$) ve 7. sütun o çizgiden hesaplanan bolluk değerini ($\log N/N_T$) cinsinden içermektedir.

Bolluk analizinde kullanılan tüm çizgilerden elde edilen sonuçlar, Çizelge 4.9'da sunulmaktadır. Listenin son kolonunda hidrojen bolluğu cinsinden $\log N/H$ değerleri de yer almaktadır. Bu için ($\log N/N_T$) değerine $+0.04$ değeri eklendi.

Çizelge 4.9 HD 39866 yıldızının element bollukları (devam)

	Tür	Multiplet	λ (\AA)	$\log gf$	Kaynaklar	EW ($m\text{\AA}$)	$\log N/N_T$	$\log N/H$
C I	6.00	6	4770.02	-2.44	WF	7.4	-3.36	-3.31
	6.00	6	4771.72	-1.87	WF	19.0	-3.48	-3.44
							$\log C/N_T = -3.42 \pm 0.06$	
N I	7.00	1	8703.25	-0.32	WF	161.5	-3.11	-3.07
	7.00	1	8711.70	-0.23	WF	180.5	-3.02	-2.98
	7.00	1	8718.83	-0.34	WF	161.4	-3.09	-3.04
	7.00	3	7468.31	-0.19	WF	150.4	-2.72	-2.67
	7.00	8	8567.73	-0.66	WF	87.8	-3.31	-3.26
	7.00	16	6008.47	-1.77	KP	9.5	-2.72	-2.67
	7.00	21	6483.75	-1.04	KP	16.3	-3.04	-3.00
							$\log N/N_T = -3.00 \pm 0.20$	
O I	8.00	3	3947.30	-2.28	NBS	32.4	-2.95	-2.90
	8.00	4	8446.76	0.01	WF	274.4	-2.68	-2.64
	8.00	5	4368.23	-1.71	WF	35.9	-3.22	-3.18
	8.00	10	6155.99	-1.16	WF	45.8	-2.72	-2.68
	8.00	10	6158.19	-0.44	NBS	81.5	-2.98	-2.93
	8.00	12	5330.74	-1.12	NBS	34.7	-3.06	-3.02
							$\log O/N_T = -2.94 \pm 0.19$	
Mg I	12.00	2	5172.68	-0.38	WS	137.1	-4.49	-4.44
	12.00	2	5183.60	-0.18	AZ	162.1	-4.31	-4.27
	12.00	15	4167.27	-0.79	JK	35.2	-4.34	-4.30
	12.00	11	4702.99	-0.38	FW	49.8	-4.57	-4.52
							$\log Mg/N_T = -4.43 \pm 0.11$	
Mg II	12.01	4	4481.13	0.74	KP	195.2	-4.81	-4.76
	12.01	4	4481.32	0.97	FW	194.0	-5.05	-5.00
	12.01	8	7896.37	0.65	KP	121.1	-4.39	-4.34
	12.01	9	4427.99	-1.20	FW	29.9	-4.51	-4.46
	12.01	10	4384.64	-0.79	FW	51.9	-4.55	-4.51
	12.01	10	4390.54	-0.50	FW	62.2	-4.68	-4.64
	12.01	19	4436.52	-0.64	KX	13.5	-4.68	-4.64
	12.01	25	4851.08	-0.42	KX	12.9	-4.81	-4.77

Çizelge 4.9 HD 39866 yıldızının element bollukları (devam)

	Tür	Multiplet	λ (Å)	log gf	Kaynaklar	EW (m Å)	log N/N _T	log N/H
	12.01	KX	4739.71	-0.82	KP	17.3	-4.31	-4.26
						log Mg/ N _T = -4.64 ± 0.22		
Al I	13.00	1	3944.00	-0.62	SM	73.8	-6.02	-5.97
	13.00	1	3961.52	-0.32	SM	85.4	-6.16	-6.12
						log Al/ N _T = -6.09 ± 0.07		
Al II	13.01	2	4663.10	-0.28	FW	18.5	-5.97	-5.92
						log Al/ N _T = -5.97		
Si II	14.01	2	5978.93	0.00	SG	56.6	-4.54	-4.50
	14.01	3	4128.07	0.38	LA	125.4	-4.61	-4.56
	14.01	3	4130.88	0.50	LA	119.6	-4.79	-4.74
	14.01	3.01	4075.45	-1.40	SG	21.2	-4.57	-4.53
	14.01	5	5055.98	0.59	SG	95.3	-4.78	-4.73
	14.01	5	5056.32	-0.36	SG	45.3	-4.62	-4.57
	14.01	7.03	5466.46	-0.20	WS	10.0	-4.41	-4.37
	14.01	7.05	4621.42	-0.54	LA	10.0	-4.41	-4.37
	14.01	7.05	4621.72	-0.38	LA	7.8	-4.71	-4.66
						log Si/ N _T = -4.60 ± 0.13		
S I	16.00	8	6748.79	-0.60	WS	12.2	-4.19	-4.14
	16.00	8	6757.17	-0.31	WS	17.8	-4.29	-4.24
						log S/ N _T = -4.24 ± 0.05		
S II	16.01	6	5473.61	-0.12	KX	5.0	-4.51	-4.46
	16.01	44	4145.06	0.23	WM	11.5	-4.03	-3.99
						log S/ N _T = -4.27 ± 0.24		
Ca I	20.00	4	4434.96	-0.03	WS	8.4	-5.67	-5.62
	20.00	5	4289.37	-0.30	wS	8.6	-5.38	-5.33
	20.00	5	4298.99	-0.41	wS	6.5	-5.39	-5.35
	20.00	5	4302.53	0.28	FW	17.7	-5.60	-5.56
	20.00	5	4318.65	-0.21	wS	9.1	-5.43	-5.38
	20.00	21	5588.75	0.21	wS	10.3	-5.43	-5.39
	20.00	21	5594.46	-0.05	wS	10.5	-5.17	-5.12
						log Ca/ N _T = -5.44 ± 0.15		
Ca II	20.01	1	3968.47	-1.17	BW	476.9	-5.46	-5.42
	20.01	15	5019.97	-0.26	BW	42.5	-5.67	-5.63
	20.01	19	5001.48	-0.52	BW	24.4	-5.74	-5.69
						log Ca/ N _T = -5.62 ± 0.12		
Sc II	21.01	7	4246.83	0.24	LD	137.3	-8.73	-8.68
	21.01	14	4354.60	-1.56	wS	10.1	-8.91	-8.87
	21.01	14	4374.46	-0.44	MF	74.8	-8.85	-8.81
	21.01	14	4400.35	-0.53	LD	72.4	-8.80	-8.76
	21.01	14	4415.56	-0.68	FW	50.9	-8.94	-8.89

Çizelge 4.9 HD 39866 yıldızının element bollukları (devam)

	Tür	Multiplet	λ (Å)	log gf	Kaynaklar	EW (m Å)	log N/N _T	log N/H
	21.01	15	4294.77	-1.28	wS	19.2	-8.87	-8.83
	21.01	15	4320.73	-0.26	MF	83.0	-8.93	-8.88
	21.01	15	4314.08	-0.09	LD	86.9	-9.03	-8.99
	21.01	24	4670.40	-0.37	MF	40.1	-8.91	-8.86
	21.01	26	5239.81	-0.77	LD	25.9	-8.72	-8.68
	21.01	28	6245.64	-0.98	MF	9.5	-8.98	-8.94
	21.01	29	5640.97	-1.12	LD	12.0	-8.73	-8.69
	21.01	29	5658.33	-1.17	NB	10.5	-8.75	-8.70
	21.01	29	5657.87	-0.59	LD	46.6	-8.53	-8.49
	21.01	29	5667.16	-1.33	LD	10.4	-8.59	-8.54
	21.01	29	5669.04	-1.12	NB	20.7	-8.47	-8.42
	21.01	31	5526.80	0.13	MF	58.9	-8.90	-8.86
						log Sc/ N _T = -8.80 ± 0.15		
Ti II	22.01	11	3987.60	-2.73	MF	33.1	-6.87	-6.83
	22.01	11	4025.13	-1.98	MF	68.5	-7.12	-7.07
	22.01	11	4056.19	-2.68	KX	24.7	-7.09	-7.04
	22.01	17	4762.78	-2.71	MF	18.4	-6.95	-6.91
	22.01	17	4798.52	-2.43	MF	27.6	-7.02	-6.98
	22.01	18	4469.14	-2.10	KX	26.9	-7.35	-7.30
	22.01	18	4500.35	-3.09	KX	7.3	-6.99	-6.95
	22.01	18	4518.33	-2.56	KX	29.6	-6.84	-6.80
	22.01	19	4450.49	-1.45	MF	98.5	-6.98	-6.93
	22.01	20	4337.88	-1.13	MF	94.4	-7.34	-7.30
	22.01	20	4344.29	-2.09	MF	56.0	-6.89	-6.85
	22.01	21	4161.54	-2.36	MF _W	47.5	-6.72	-6.68
	22.01	29	4849.18	-2.90	KX	12.7	-6.92	-6.87
	22.01	29	4865.61	-2.61	MF	17.3	-7.07	-7.02
	22.01	31	4468.49	-0.60	MF	159.1	-6.74	-6.70
	22.01	31	4501.27	-0.75	MF	150.9	-6.76	-6.72
	22.01	34	3932.02	-1.78	MF	69.9	-6.95	-6.90
	22.01	38	4636.32	-2.86	KX	12.9	-6.91	-6.87
	22.01	38	4655.77	-3.01	KX	6.8	-7.07	-7.02
	22.01	39	4583.41	-2.72	MF	22.8	-6.77	-6.72
	22.01	40	4417.72	-1.43	MF	120.0	-6.59	-6.54
	22.01	40	4441.73	-2.41	MF	36.6	-6.80	-6.75
	22.01	40	4470.86	-2.28	MF	45.9	-6.80	-6.75
	22.01	41	4312.86	-1.16	MF	131.3	-6.63	-6.59
	22.01	41	4320.96	-1.87	MF	65.3	-6.94	-6.89
	22.01	41	4330.71	-2.04	MF	47.2	-7.00	-6.96
	22.01	48	4763.88	-2.45	KX	30.8	-6.85	-6.80
	22.01	48	4764.53	-2.77	KX	19.3	-6.77	-6.72
	22.01	49	4708.65	-2.21	MF	32.2	-7.05	-7.01
	22.01	51	4394.06	-1.59	MF	72.8	-7.08	-7.04
	22.01	51	4418.34	-2.40	MF	54.2	-6.51	-6.47
	22.01	59	4657.21	-2.15	MF	35.1	-7.05	-7.01
	22.01	59	4719.52	-3.22	KX	5.7	-6.89	-6.84
	22.01	60	4544.02	-2.40	MF	26.6	-6.95	-6.91

Çizelge 4.9 HD 39866 yıldızının element bollukları (devam)

Tür	Multiplet	λ (Å)	log gf	Kaynaklar	EW (m Å)	log N/N _T	log N/H	
22.01	60	4568.31	-2.65	MF	14.7	-7.02	-6.97	
22.01	60	4580.45	-2.79	MF	12.4	-6.95	-6.91	
22.01	61	4395.85	-2.17	MF	63.1	-6.62	-6.58	
22.01	61	4411.93	-2.40	KX	21.7	-7.06	-7.02	
22.01	69	5336.77	-1.70	MF	70.1	-6.82	-6.77	
22.01	69	5381.02	-2.08	MF	43.3	-6.81	-6.76	
22.01	69	5418.75	-2.00	KX	42.7	-6.89	-6.84	
22.01	70	5154.07	-1.92	MF	57.7	-6.76	-6.72	
22.01	70	5226.54	-1.30	MF	95.9	-6.89	-6.85	
22.01	70	5262.14	-2.11	KX	26.0	-7.06	-7.02	
22.01	71	5013.68	-1.94	KX	27.1	-7.20	-7.16	
22.01	86	5129.16	-1.39	MF	75.3	-6.85	-6.81	
22.01	86	5185.91	-1.35	MF	67.6	-6.99	-6.95	
22.01	87	4028.33	-1.00	MF	101.4	-6.78	-6.74	
22.01	87	4053.83	-1.21	MF	87.1	-6.79	-6.75	
22.01	92	4779.99	-1.37	MF	69.2	-6.83	-6.79	
22.01	92	4805.09	-1.10	MF	95.0	-6.75	-6.70	
22.01	93	4421.95	-1.77	MF	41.0	-6.79	-6.74	
22.01	94	4316.81	-1.42	MF	44.7	-7.08	-7.04	
22.01	94	4330.24	-1.51	MF	38.7	-7.09	-7.04	
22.01	94	4350.83	-1.40	MF	41.1	-7.15	-7.11	
22.01	103	5211.54	-1.36	KX	33.8	-7.00	-6.96	
22.01	103	5268.62	-1.62	MF	24.5	-6.91	-6.87	
22.01	104	4386.84	-1.26	MF	61.2	-6.67	-6.62	
22.01	105	4163.64	-0.40	MF	111.6	-6.78	-6.73	
22.01	105	4174.07	-1.25	MF	25.7	-7.22	-7.17	
22.01	106	4064.37	-1.61	KX	10.9	-7.28	-7.23	
22.01	113	5010.21	-1.34	KX	24.1	-6.88	-6.83	
22.01	113	5072.28	-0.75	MF	40.9	-7.15	-7.10	
22.01	114	4855.91	-1.33	KX	13.5	-7.17	-7.13	
22.01	114	4874.01	-0.79	MF	49.0	-7.00	-6.96	
22.01	114	4911.20	-0.34	MF	65.7	-7.21	-7.16	
22.01	L	4188.99	-0.59	KX	5.7	-6.83	-6.78	
22.01	L	6680.13	-1.86	KX	6.9	-6.95	-6.91	
						log Ti/ N _T = -6.93 ± 0.18		
V II	23.01	9	3997.12	-1.23	BG	35.5	-7.87	-7.83
	23.01	9	4036.78	-1.59	MF	17.2	-7.91	-7.86
	23.01	10	3951.97	-0.78	BG	76.9	-7.73	-7.68
	23.01	25	4178.39	-1.56	BG	15.2	-7.88	-7.83
	23.01	25	4202.36	-1.75	MF	30.0	-7.32	-7.28
	23.01	25	4209.76	-1.94	KX	13.7	-7.55	-7.51
	23.01	32	4005.71	-0.52	BG	66.2	-7.92	-7.88
	23.01	32	4023.39	-0.69	BG	57.0	-7.89	-7.84
	23.01	37	4183.44	-1.36	NB	23.0	-7.63	-7.59
	23.01	37	4205.09	-1.05	KX	26.9	-7.87	-7.82
	23.01	37	4225.22	-1.46	BG	16.8	-7.71	-7.67
	23.01	56	4564.59	-1.39	BG	18.2	-7.60	-7.55

Çizelge 4.9 HD 39866 yıldızının element bollukları (devam)

	Tür	Multiplet	λ (Å)	log gf	Kaynaklar	EW (m Å)	log N/N _T	log N/H
	23.01	215	4065.07	-0.24	KX	9.8	-8.07	-8.02
	23.01	224	4408.90	-1.05	KX	4.4	-7.53	-7.48
						log V/ N _T = -7.75 ± 0.20		
Cr I	24.00	1	4254.33	-0.11	MF	55.8	-6.13	-6.09
	24.00	1	4274.81	-0.23	MF	30.7	-6.40	-6.35
	24.00	1	4289.73	-0.36	MF	31.6	-6.26	-6.21
	24.00	7	5204.50	-0.21	MF	13.4	-6.27	-6.23
	24.00	7	5206.02	0.02	MF	23.9	-6.22	-6.17
	24.00	7	5208.42	0.16	MF	34.7	-6.15	-6.10
						log Cr/ N _T = -6.24 ± 0.09		
Cr II	24.01	19	4054.08	-2.48	KX	39.8	-6.26	-6.21
	24.01	19	4087.60	-3.22	MF	23.5	-5.82	-5.77
	24.01	23	5346.54	-2.95	kx	15.1	-5.92	-5.88
	24.01	23	5407.62	-2.09	kx	27.9	-6.42	-6.37
	24.01	23	5420.90	-2.36	MF	25.9	-6.24	-6.19
	24.01	24	5153.50	-2.70	KX	26.9	-5.88	-5.83
	24.01	24	5210.87	-2.94	KX	16.5	-5.89	-5.85
	24.01	26	4072.56	-2.41	KX	29.0	-6.14	-6.09
	24.01	26	4086.14	-2.42	KX	20.4	-6.31	-6.27
	24.01	26	4132.41	-2.35	KX	24.0	-6.28	-6.23
	24.01	26	4179.42	-1.77	KX	50.2	-6.37	-6.32
	24.01	26	4207.36	-2.48	KX	19.9	-6.21	-6.16
	24.01	30	4812.34	-1.80	MF	45.0	-6.40	-6.35
	24.01	30	4824.13	-1.22	KX	125.4	-5.78	-5.73
	24.01	30	4836.22	-2.25	MF	54.7	-5.82	-5.77
	24.01	30	4848.23	-1.14	MF	108.7	-6.15	-6.10
	24.01	30	4856.19	-2.26	MF	31.2	-6.18	-6.13
	24.01	30	4884.61	-2.08	MF	38.5	-6.23	-6.18
	24.01	31	4252.63	-2.02	KX	44.5	-6.18	-6.14
	24.01	31	4261.92	-1.53	KX	86.9	-6.06	-6.02
	24.01	31	4269.28	-2.17	KX	43.8	-6.05	-6.00
	24.01	31	4284.21	-1.86	KX	57.9	-6.15	-6.11
	24.01	39	4539.60	-2.53	MF	25.5	-5.90	-5.85
	24.01	43	5274.96	-1.29	KX	83.9	-6.23	-6.19
	24.01	43	5279.88	-2.10	MFW	47.8	-5.92	-5.88
	24.01	43	5280.05	-2.01	KX	22.5	-6.46	-6.42
	24.01	43	5313.59	-1.65	MF	64.7	-6.13	-6.09
	24.01	43	5232.50	-2.09	kx	29.0	-6.25	-6.20
	24.01	43	5237.34	-1.16	MF	93.5	-6.22	-6.18
	24.01	43	5310.70	-2.28	MF	21.8	-6.21	-6.17
	24.01	43	5334.88	-1.56	kx	57.6	-6.32	-6.28
	24.01	44	4588.22	-0.63	MF	129.4	-6.14	-6.10
	24.01	44	4592.05	-1.22	MF	82.5	-6.31	-6.27
	24.01	44	4616.63	-1.29	MF	74.8	-6.36	-6.32
	24.01	44	4634.07	-1.24	MF	105.5	-5.94	-5.90
	24.01	50	5455.87	-3.00	KX	8.7	-5.88	-5.83
	24.01	50	5472.60	-2.88	KX	8.3	-6.02	-5.98

Çizelge 4.9 HD 39866 yıldızının element bollukları (devam)

	Tür	Multiplet	λ (Å)	log gf	Kaynaklar	EW (m Å)	log N/N _T	log N/H
	24.01	50	5477.48	-2.99	KX	8.4	-5.92	-5.87
	24.01	50	5478.35	-1.91	kx	48.1	-6.04	-5.99
	24.01	50	5502.05	-1.99	MF	31.2	-6.24	-6.19
	24.01	10	6053.48	-2.16	MF	11.0	-6.22	-6.18
	24.01	16	4145.77	-1.16	KX	48.0	-6.09	-6.04
	24.01	17	4697.62	-1.88	MF	8.2	-6.11	-6.07
	24.01	17	4362.92	-1.89	KX	10.1	-6.01	-5.97
	24.01	18	3979.50	-0.73	KX	48.3	-6.30	-6.26
	24.01	19	4901.66	-0.83	KX	15.1	-6.37	-6.33
	24.01	19	4912.46	-0.95	KX	11.6	-6.38	-6.34
	24.01	19	4465.73	-1.18	KX	10.7	-6.21	-6.17
	24.01	19	4256.10	-1.39	KX	8.9	-6.09	-6.05
	24.01	19	4003.28	-0.60	kx	22.2	-6.43	-6.38
	24.01	K	4306.95	-1.19	kx	14.8	-6.41	-6.36
	24.01	K	4146.39	-3.15	KX	7.2	-6.07	-6.02
							log Cr/ N _T = -6.15 ± 0.18	
Mn I	25.00	5	4041.36	0.29	MF	18.8	-6.29	-6.25
	25.00	21	4762.37	0.43	MF	16.8	-6.04	-5.99
	25.00	22	4464.68	-0.10	MF	9.7	-5.74	-5.69
	25.00	22	4490.09	-0.52	MF	2.8	-5.86	-5.82
	25.00	22	4498.90	-0.34	MF	4.7	-5.82	-5.77
	25.00	28	4458.25	0.04	MF	5.3	-6.06	-6.01
							log Mn/ N _T = -5.97 ± 0.18	
Mn II	25.01	5	4764.73	-1.35	KX	14.9	-6.59	-6.55
	25.01	7	4206.37	-1.57	KX	13.9	-6.42	-6.38
	25.01	7	4252.96	-1.14	KX	10.9	-6.50	-6.46
	25.01	7	4259.20	-1.59	KX	15.7	-6.34	-6.29
	25.01	I	4283.77	-2.20	KX	8.1	-6.06	-6.01
	25.01	I	4326.64	-1.25	KX	20.6	-6.54	-6.49
	25.01	I	4478.64	-0.95	KX	10.4	-6.44	-6.39
	25.01	I	4755.73	-1.24	KX	22.6	-6.49	-6.45
	25.01	I	5299.39	0.83	KX	8.4	-6.40	-6.35
	25.01	I	5570.54	-1.44	KX	5.7	-6.45	-6.40
							log Mn/ N _T = -6.42 ± 0.14	
Fe I	26.00	2	4375.93	-3.03	N4	13.3	-4.12	-4.08
	26.00	2	4427.31	-3.04	N4	10.7	-4.18	-4.14
	26.00	4	3920.25	-1.75	N4	49.4	-4.54	-4.50
	26.00	4	3922.91	-1.65	N4	61.7	-4.52	-4.47
	26.00	4	3927.92	-1.52	N4	67.5	-4.53	-4.48
	26.00	4	3930.30	-1.49	N4	91.2	-4.22	-4.18
	26.00	15	5269.54	-1.32	N4	51.2	-4.55	-4.51
	26.00	15	5328.04	-1.47	N4	45.9	-4.44	-4.40
	26.00	15	5371.49	-1.65	MF	30.9	-4.48	-4.43
	26.00	15	5397.13	-1.99	N4	20.2	-4.39	-4.35
	26.00	15	5405.77	-1.84	MF	20.9	-4.48	-4.43

Çizelge 4.9 HD 39866 yıldızının element bollukları (devam)

Tür	Multiplet	λ (Å)	log gf	Kaynaklar	EW (m Å)	log N/N _T	log N/H
26.00	15	5455.61	-2.09	N4	24.9	-4.12	-4.08
26.00	36	5171.60	-1.79	MF	21.3	-4.19	-4.14
26.00	37	5227.19	-0.97	N4	43.3	-4.56	-4.51
26.00	37	5328.53	-1.65	N4	13.4	-4.51	-4.47
26.00	37	5341.02	-2.06	MF	11.4	-4.15	-4.11
26.00	41	4383.54	0.20	N4	113.2	-4.67	-4.62
26.00	41	4404.75	-0.14	N4	94.6	-4.62	-4.58
26.00	41	4415.12	-0.62	N4	66.1	-4.52	-4.48
26.00	42	4202.02	-0.71	N4	66.1	-4.49	-4.45
26.00	42	4250.79	-0.71	N4	51.7	-4.65	-4.61
26.00	42	4271.76	-0.16	N4	94.7	-4.63	-4.59
26.00	42	4325.76	-0.01	MF	94.9	-4.71	-4.66
26.00	43	4005.24	-0.61	N4	49.9	-4.76	-4.71
26.00	43	4071.74	-0.02	MF	87.8	-4.78	-4.73
26.00	66	5202.34	-1.84	N4	5.3	-4.36	-4.31
26.00	68	4408.41	-1.78	N4	6.5	-4.28	-4.24
26.00	68	4442.34	-1.26	MF	13.9	-4.45	-4.40
26.00	68	4447.72	-1.34	N4	14.1	-4.34	-4.30
26.00	68	4459.12	-1.28	MF	19.4	-4.28	-4.23
26.00	71	4352.74	-1.26	MF	6.5	-4.78	-4.74
26.00	72	4009.71	-1.20	MF	11.7	-4.54	-4.49
26.00	152	4187.04	-0.55	N4	36.6	-4.46	-4.42
26.00	152	4187.79	-0.55	N4	45.8	-4.34	-4.29
26.00	152	4191.43	-0.67	N4	32.3	-4.40	-4.36
26.00	152	4210.34	-0.93	N4	19.3	-4.41	-4.37
26.00	152	4222.22	-0.97	N4	18.0	-4.43	-4.39
26.00	152	4233.60	-0.60	N4	39.6	-4.34	-4.30
26.00	152	4235.94	-0.34	N4	43.8	-4.58	-4.53
26.00	152	4250.12	-0.40	N4	38.8	-4.57	-4.52
26.00	152	4271.15	-0.35	N4	42.7	-4.57	-4.53
26.00	152	4299.23	-0.43	KX	38.2	-4.58	-4.53
26.00	276	3998.05	-0.91	N4	19.7	-4.28	-4.23
26.00	278	3956.67	-0.43	N4	31.3	-4.50	-4.46
26.00	278	3997.39	-0.48	N4	31.3	-4.43	-4.38
26.00	278	4021.87	-0.66	MF	36.3	-4.15	-4.10
26.00	318	4872.13	-0.57	N4	17.7	-4.59	-4.55
26.00	318	4890.75	-0.43	MF	30.9	-4.44	-4.40
26.00	318	4891.49	-0.11	N4	42.6	-4.58	-4.54
26.00	318	4903.31	-1.08	MF	10.3	-4.35	-4.30
26.00	318	4918.99	-0.34	N4	38.3	-4.41	-4.36
26.00	318	4920.50	0.07	N4	59.9	-4.53	-4.48
26.00	318	4957.30	-0.34	N4	30.5	-4.56	-4.51
26.00	318	4957.60	0.13	N4	72.5	-4.43	-4.38
26.00	318	5006.13	-0.77	N4	20.5	-4.35	-4.31
26.00	350	4443.19	-1.04	N4	9.2	-4.44	-4.39
26.00	350	4454.38	-1.30	N4	7.2	-4.31	-4.27
26.00	354	4175.64	-0.83	N4	16.7	-4.36	-4.31
26.00	354	4181.75	-0.37	N4	33.3	-4.46	-4.41

Çizelge 4.9 HD 39866 yıldızının element bollukları (devam)

Tür	Multiplet	λ (Å)	log gf	Kaynaklar	EW (m Å)	log N/N _T	log N/H
26.00	355	4154.50	-0.69	N4	15.4	-4.55	-4.50
26.00	355	4184.89	-0.86	MF	8.9	-4.64	-4.59
26.00	355	4203.98	-1.01	N4	12.8	-4.31	-4.26
26.00	357	4134.68	-0.65	N4	17.1	-4.53	-4.49
26.00	383	5139.46	-0.51	N4	29.7	-4.34	-4.30
26.00	383	5226.86	-0.67	KX	21.3	-4.30	-4.26
26.00	383	5232.95	-0.19	N4	47.4	-4.38	-4.33
26.00	383	5266.56	-0.49	N4	23.0	-4.47	-4.43
26.00	383	5281.80	-1.02	N4	13.7	-4.18	-4.13
26.00	522	4199.10	0.16	N4	45.5	-4.65	-4.61
26.00	553	5229.85	-1.13	KX	8.7	-4.12	-4.08
26.00	553	5283.63	-0.63	N4	22.5	-4.19	-4.14
26.00	553	5324.18	-0.24	FMW	35.2	-4.34	-4.29
26.00	553	5339.94	-0.68	N4	17.0	-4.26	-4.22
26.00	553	5393.17	-0.91	N4	8.3	-4.39	-4.35
26.00	554	4707.27	-1.08	MF	8.1	-4.22	-4.18
26.00	554	4736.77	-0.74	N4	19.2	-4.17	-4.13
26.00	558	4073.76	-0.92	MF	10.9	-4.20	-4.16
26.00	604	3956.45	-0.34	N4	24.2	-4.39	-4.34
26.00	655	4031.96	-1.06	N4	5.7	-4.36	-4.31
26.00	686	5572.85	-0.31	N4	19.9	-4.47	-4.42
26.00	686	5586.76	-0.21	N4	26.8	-4.42	-4.38
26.00	686	5624.54	-0.90	MF	10.5	-4.18	-4.14
26.00	686	5658.82	-0.92	N4	8.3	-4.28	-4.24
26.00	689	4224.17	-0.51	N4	16.9	-4.34	-4.30
26.00	693	4217.55	-0.51	MF	13.1	-4.43	-4.38
26.00	693	4225.45	-0.51	N4	15.7	-4.35	-4.30
26.00	693	4247.42	-0.23	MF	21.3	-4.51	-4.46
26.00	694	4154.80	-0.40	N4	15.8	-4.48	-4.43
26.00	695	4153.90	-0.32	N4	21.3	-4.39	-4.35
26.00	800	4219.36	0.00	N4	25.1	-4.52	-4.47
26.00	801	4118.55	0.28	MF	38.5	-4.54	-4.50
26.00	828	4484.22	-0.72	N4	4.9	-4.58	-4.53
26.00	830	4388.41	-0.68	N4	11.4	-4.23	-4.18
26.00	830	4433.21	-0.73	N4	2.9	-4.77	-4.73
26.00	830	4469.38	-0.26	N4	20.5	-4.32	-4.28
26.00	965	5014.96	-0.25	N4	12.4	-4.41	-4.37
26.00	1065	4933.33	-0.60	KX	4.4	-4.36	-4.32
26.00	1065	5007.27	-0.21	KX	4.6	-4.81	-4.77
26.00	1067	4982.51	0.14	KX	10.0	-4.80	-4.76
26.00	1089	5162.29	0.02	FM	15.0	-4.44	-4.40
26.00	1092	5096.99	-0.28	KX	12.3	-4.18	-4.13
26.00	1092	5142.54	-0.17	KX	12.6	-4.29	-4.24
26.00	1094	5065.02	-0.13	KX	13.1	-4.31	-4.26
26.00	1146	5369.96	0.35	MF	19.8	-4.51	-4.47
26.00	1146	5383.37	0.50	N4	34.6	-4.39	-4.34
26.00	1163	5445.04	-0.02	MF	10.9	-4.42	-4.38
26.00	1165	5404.14	0.52	N4	32.6	-4.36	-4.32

Çizelge 4.9 HD 39866 yıldızının element bollukları (devam)

	Tür	Multiplet	λ (Å)	log gf	Kaynaklar	EW (m Å)	log N/N _T	log N/H
	26.00	1165	5410.91	0.40	N4	19.0	-4.52	-4.47
	26.00	1165	5415.20	0.64	N4	30.7	-4.55	-4.51
	26.00	1178	6024.07	-0.12	MF	12.5	-4.14	-4.10
	26.00	1183	5565.71	-0.28	KX	7.4	-4.20	-4.16
						log Fe/ N _T = -4.43 ± 0.16		
Fe II	26.01	3	3938.29	-4.07	N4	90.1	-4.23	-4.18
	26.01	3	3945.21	-4.25	MF	43.6	-4.70	-4.66
	26.01	22	4124.79	-4.20	MF	49.4	-4.15	-4.10
	26.01	22	4258.15	-3.40	MF	104.5	-4.04	-3.99
	26.01	25	4648.94	-4.51	KX	15.3	-4.50	-4.45
	26.01	25	4670.17	-4.07	N4	34.0	-4.51	-4.47
	26.01	25	4855.55	-4.27	KX	16.3	-4.63	-4.59
	26.01	25	4991.11	-4.37	KX	19.1	-4.40	-4.36
	26.01	26	4386.58	-4.94	kx	5.7	-4.53	-4.48
	26.01	26	4461.44	-4.11	KX	29.6	-4.55	-4.50
	26.01	26	4580.06	-3.73	KX	51.0	-4.58	-4.54
	26.01	27	4128.74	-3.58	N4	61.1	-4.58	-4.53
	26.01	27	4273.32	-3.34	MF	81.8	-4.46	-4.41
	26.01	27	4303.17	-2.61	N4	138.2	-4.25	-4.20
	26.01	27	4385.38	-2.57	MF	126.1	-4.46	-4.42
	26.01	27	4416.83	-2.60	MF	126.2	-4.44	-4.39
	26.01	28	4122.67	-3.30	N4	86.5	-4.49	-4.44
	26.01	28	4178.86	-2.44	N4	144.5	-4.34	-4.30
	26.01	28	4296.56	-2.93	N4	108.4	-4.44	-4.39
	26.01	28	4369.40	-3.58	N4	62.7	-4.44	-4.40
	26.01	29	3964.57	-3.93	KX	30.7	-4.57	-4.53
	26.01	29	3974.16	-3.51	MF	47.9	-4.76	-4.71
	26.01	29	4002.08	-3.47	KX	49.8	-4.72	-4.68
	26.01	30	4833.20	-4.79	N4	11.8	-4.29	-4.25
	26.01	30	4839.99	-4.90	MF	10.0	-4.25	-4.20
	26.01	32	4314.31	-3.48	KX	72.1	-4.47	-4.43
	26.01	32	4384.33	-3.50	MF	72.5	-4.46	-4.42
	26.01	32	4413.60	-4.19	N4	34.3	-4.32	-4.28
	26.01	34	6239.34	-4.54	KX	14.0	-4.34	-4.29
	26.01	36	4893.82	-4.27	N4	21.9	-4.40	-4.35
	26.01	36	5036.92	-4.52	KX	11.8	-4.46	-4.41
	26.01	37	4472.92	-3.43	MF	62.6	-4.55	-4.51
	26.01	37	4489.18	-2.97	MF	107.3	-4.37	-4.32
	26.01	37	4491.40	-2.64	N4	125.3	-4.37	-4.33
	26.01	37	4520.22	-2.62	N4	135.3	-4.24	-4.20
	26.01	37	4555.89	-2.25	N4	161.2	-4.16	-4.11
	26.01	37	4582.84	-3.06	N4	95.6	-4.45	-4.41
	26.01	38	4522.63	-2.03	MF	179.5	-4.12	-4.08
	26.01	38	4541.52	-3.05	MF	101.0	-4.38	-4.33
	26.01	38	4576.33	-2.92	N4	118.6	-4.22	-4.17
	26.01	38	4620.51	-3.19	N4	76.5	-4.61	-4.57
	26.01	39	4138.40	-4.47	KX	28.1	-4.06	-4.01

Çizelge 4.9 HD 39866 yıldızının element bollukları (devam)

Tür	Multiplet	λ (Å)	log gf	Kaynaklar	EW (m Å)	log N/N _T	log N/H
26.01	43	4601.34	-4.40	KX	15.0	-4.42	-4.38
26.01	43	4656.98	-3.57	N4	57.5	-4.46	-4.41
26.01	46	5991.36	-3.56	KX	47.6	-4.40	-4.36
26.01	74	6149.25	-2.72	kx	73.4	-4.39	-4.34
26.01	74	6238.38	-2.63	KX	82.8	-4.34	-4.29
26.01	74	6239.90	-3.44	kx	30.0	-4.33	-4.29
26.01	74	6247.54	-2.33	KX	130.9	-3.91	-3.87
26.01	151	4031.44	-3.11	KX	16.5	-4.57	-4.53
26.01	163	6179.39	-2.60	kx	13.8	-4.54	-4.49
26.01	167	5160.84	-2.64	KX	24.0	-4.29	-4.24
26.01	168	4953.97	-2.76	KX	11.9	-4.55	-4.50
26.01	171	4474.16	-3.14	KX	5.8	-4.54	-4.49
26.01	171	4526.58	-3.38	KX	6.8	-4.22	-4.18
26.01	172	4041.64	-3.13	KX	8.2	-4.41	-4.37
26.01	173	3935.94	-1.86	MF	65.2	-4.41	-4.36
26.01	185	5172.98	-2.46	KX	23.4	-4.27	-4.23
26.01	186	4625.91	-2.22	KX	13.1	-4.84	-4.79
26.01	186	4635.33	-1.58	N4	63.5	-4.46	-4.41
26.01	187	4446.24	-2.44	KX	10.9	-4.72	-4.68
26.01	190	3938.97	-1.93	N4	44.7	-4.47	-4.43
26.01	199	6331.95	-1.98	KX	23.1	-4.47	-4.42
26.01	200	6175.14	-1.98	kx	22.2	-4.50	-4.46
26.01	212	3960.90	-1.42	KX	23.4	-4.65	-4.60
26.01	213	4354.34	-1.74	KX	15.7	-4.30	-4.26
26.01	219	4628.79	-1.74	KX	11.6	-4.31	-4.27
26.01	220	4318.19	-1.98	kx	8.2	-4.27	-4.22
26.01	220	4319.68	-1.76	KX	12.5	-4.30	-4.25
26.01	222	4449.66	-1.60	KX	4.9	-4.85	-4.80
26.01	D	4487.50	-2.14	KX	3.9	-4.53	-4.49
26.01	J	4263.87	-1.71	KX	13.2	-4.41	-4.36
26.01	J	4357.58	-2.11	KX	32.7	-4.38	-4.34
26.01	J	4361.25	-2.11	KX	19.8	-4.65	-4.61
26.01	J	4402.88	-2.75	KX	19.1	-4.03	-3.98
26.01	J	4480.68	-2.39	KX	15.9	-4.42	-4.38
26.01	J	4480.68	-2.39	KX	15.9	-4.42	-4.38
26.01	J	4499.71	-1.76	KX	10.1	-4.46	-4.42
26.01	J	4579.53	-2.51	KX	19.2	-4.20	-4.15
26.01	J	4883.28	-0.64	KX	7.2	-4.30	-4.25
26.01	J	4908.15	-0.30	KX	9.8	-4.44	-4.40
26.01	J	4913.29	0.01	KX	15.4	-4.53	-4.48
26.01	J	4948.09	-0.32	KX	8.2	-4.52	-4.48
26.01	J	4948.79	-0.01	KX	10.3	-4.69	-4.65
26.01	J	4951.59	0.17	KX	18.1	-4.57	-4.53
26.01	J	4990.50	0.18	KX	16.2	-4.63	-4.59
26.01	J	5000.73	-4.74	MF	14.3	-4.18	-4.13
26.01	J	5004.19	0.50	KX	24.1	-4.73	-4.68
26.01	J	5007.74	-0.20	KX	9.5	-4.57	-4.52
26.01	J	5015.74	-0.05	KX	17.2	-4.35	-4.30

Çizelge 4.9 HD 39866 yıldızının element bollukları (devam)

Tür	Multiplet	λ (Å)	log gf	Kaynaklar	EW (m Å)	log N/N _T	log N/H
26.01	J	5022.42	-0.06	KX	16.3	-4.37	-4.32
26.01	J	5032.71	0.10	KX	15.4	-4.54	-4.49
26.01	J	5035.71	0.61	KX	26.7	-4.75	-4.71
26.01	J	5045.11	-0.13	KX	11.9	-4.50	-4.45
26.01	J	5047.64	-0.07	KX	11.2	-4.59	-4.54
26.01	J	5061.72	0.22	KX	18.9	-4.57	-4.53
26.01	J	5067.88	-0.20	KX	9.6	-4.53	-4.48
26.01	J	5070.90	0.24	kx	19.8	-4.56	-4.52
26.01	J	5075.76	0.27	kx	15.1	-4.67	-4.63
26.01	J	5089.22	-0.03	KX	14.9	-4.44	-4.40
26.01	J	5093.56	0.11	kx	23.6	-4.27	-4.23
26.01	J	5106.11	-0.28	kx	7.7	-4.55	-4.51
26.01	J	5117.03	-0.13	kx	8.1	-4.62	-4.57
26.01	J	5119.34	-0.56	KX	6.8	-4.29	-4.25
26.01	J	5120.33	-4.21	KX	21.3	-4.47	-4.43
26.01	J	5132.66	-4.09	N4	33.9	-4.34	-4.30
26.01	J	5143.88	0.10	kx	8.1	-4.83	-4.78
26.01	J	5149.46	0.40	kx	18.2	-4.68	-4.63
26.01	J	5154.42	-4.14	KX	20.5	-4.55	-4.51
26.01	J	5166.56	-0.03	KX	7.5	-4.73	-4.69
26.01	J	5169.00	-0.87	FMW	345.7	-4.05	-4.00
26.01	J	5170.77	-0.36	kx	6.3	-4.48	-4.44
26.01	J	5180.31	0.04	kx	14.6	-4.47	-4.43
26.01	J	5197.57	-2.12	kx	160.8	-4.28	-4.24
26.01	J	5199.12	0.10	kx	11.9	-4.65	-4.61
26.01	J	5200.80	-0.37	kx	7.3	-4.43	-4.38
26.01	J	5203.64	-0.05	kx	9.3	-4.63	-4.58
26.01	J	5215.34	-0.01	KX	15.0	-4.41	-4.36
26.01	J	5215.82	-0.23	KX	12.7	-4.29	-4.24
26.01	J	5216.85	0.61	KX	27.6	-4.58	-4.53
26.01	J	5225.98	-0.41	KX	10.6	-4.19	-4.15
26.01	J	5227.49	0.80	KX	40.4	-4.49	-4.44
26.01	J	5228.89	-0.31	KX	9.6	-4.31	-4.27
26.01	J	5234.62	-2.21	N4	142.9	-4.31	-4.26
26.01	J	5237.95	0.13	KX	13.5	-4.57	-4.52
26.01	J	5254.92	-3.23	KX	69.3	-4.40	-4.36
26.01	J	5260.26	1.07	KX	49.0	-4.60	-4.55
26.01	J	5264.80	-3.22	N4	84.0	-4.22	-4.17
26.01	J	5276.00	-1.90	N4	184.4	-4.01	-3.96
26.01	J	5278.93	-2.41	KX	16.8	-4.49	-4.45
26.01	J	5284.10	-3.20	N4	95.3	-4.28	-4.24
26.01	J	5291.67	0.57	KX	20.7	-4.72	-4.67
26.01	J	5316.23	0.33	KX	32.6	-4.19	-4.14
26.01	J	5316.62	-1.78	N4	165.2	-4.43	-4.39
26.01	J	5316.78	-2.91	KX	97.6	-4.33	-4.29
26.01	J	5318.06	-0.14	KX	12.3	-4.31	-4.26
26.01	J	5339.58	0.54	KX	16.2	-4.84	-4.80
26.01	J	5375.84	-0.29	KX	8.6	-4.36	-4.32

Çizelge 4.9 HD 39866 yıldızının element bollukları (devam)

Tür	Multiplet	λ (Å)	log gf	Kaynaklar	EW (m Å)	log N/N _T	log N/H	
26.01	J	5387.06	0.51	KX	21.3	-4.59	-4.55	
26.01	J	5393.84	-0.30	KX	6.2	-4.51	-4.47	
26.01	J	5395.85	0.36	KX	19.2	-4.47	-4.42	
26.01	J	5402.06	0.50	kx	21.0	-4.57	-4.52	
26.01	J	5408.81	-2.39	kx	15.6	-4.51	-4.47	
26.01	J	5414.05	-3.48	N4	48.8	-4.45	-4.40	
26.01	J	5414.84	-0.31	kx	9.4	-4.24	-4.20	
26.01	J	5432.98	-3.63	KX	50.4	-4.24	-4.20	
26.01	J	5465.93	0.52	kx	18.0	-4.64	-4.59	
26.01	J	5466.92	-1.88	kx	21.2	-4.34	-4.30	
26.01	J	5482.31	0.43	kx	21.5	-4.46	-4.42	
26.01	J	5502.67	-0.14	KX	5.7	-4.63	-4.58	
26.01	J	5506.19	-0.95	FMW	35.5	-4.64	-4.59	
26.01	J	5507.06	-0.33	KX	10.1	-4.17	-4.12	
26.01	J	5511.08	-0.47	KX	6.6	-4.19	-4.14	
26.01	J	5529.06	-0.25	KX	10.1	-4.24	-4.20	
26.01	J	5532.08	-0.33	KX	7.4	-4.32	-4.28	
26.01	J	5534.83	-2.86	N4	104.3	-4.24	-4.20	
26.01	J	5567.83	-1.89	KX	13.1	-4.63	-4.58	
26.01	J	5577.91	-0.15	KX	13.4	-4.14	-4.09	
26.01	J	5581.63	-0.48	KX	6.8	-4.16	-4.12	
26.01	J	5588.22	0.09	KX	8.6	-4.61	-4.57	
26.01	J	5627.48	-4.36	FMW	12.5	-4.22	-4.18	
26.01	J	5643.88	-1.46	KX	12.6	-4.52	-4.48	
26.01	J	5645.39	0.09	KX	11.0	-4.49	-4.45	
26.01	J	5783.63	0.21	KX	10.8	-4.50	-4.46	
26.01	J	5902.82	0.42	KX	15.3	-4.49	-4.44	
26.01	J	5952.52	-2.03	KX	21.6	-4.65	-4.61	
26.01	J	6071.42	-0.19	KX	6.8	-4.28	-4.23	
26.01	J	6084.10	-3.81	KX	32.7	-4.37	-4.32	
26.01	J	6248.89	-2.70	kx	15.2	-4.42	-4.37	
26.01	J	6383.72	-2.27	kx	28.6	-4.47	-4.42	
26.01	J	6385.45	-2.62	kx	16.8	-4.41	-4.36	
26.01	J	6416.92	-2.74	KX	68.4	-4.41	-4.37	
26.01	J	6517.02	-2.76	KX	21.1	-4.12	-4.07	
26.01	J	7513.17	0.19	kx	15.5	-4.60	-4.55	
26.01	KX	4591.00	-2.25	KX	3.9	-4.33	-4.28	
						log Fe/ N _T = -4.43 ± 0.18		
Co II	27.01	KX	4660.66	-2.21	KX	5.1	-7.01	-6.96
						log Co/ N _T = -7.01		
Ni II	28.01	9	4362.10	-2.72	KX	-28.4	-5.67	-5.63
	28.01	10	4192.07	-3.05	KX	14.6	-5.71	-5.66
	28.01	12	4015.50	-2.42	KX	38.2	-5.80	-5.75
	28.01	K	4665.55	-1.82	KX	4.8	-5.84	-5.79
						log Ni/NT= -5.76 ± 0.07		

Çizelge 4.9 HD 39866 yıldızının element bollukları (devam)

	Tür	Multiplet	λ (Å)	log gf	Kaynaklar	EW (m Å)	log N/N _T	log N/H
Sr II	38.01	1	4077.71	0.15	WM	113.6	-9.30	-9.26
	38.01	1	4215.52	-0.17	WM	75.9	-9.65	-9.61
							log Sr/ N _T = -9.48 ± 0.17	
Y II	39.01	5	4309.62	-0.75	HL	12.9	-9.75	-9.70
	39.01	5	4398.01	-1.00	HL	8.1	-9.76	-9.72
	39.01	19	5509.90	-1.01	HL	6.6	-9.33	-9.28
	39.01	20	5087.42	-0.17	HL	19.5	-9.57	-9.53
	39.01	22	4823.30	-1.11	HL	3.5	-9.48	-9.44
	39.01	22	4883.68	0.07	HL	18.3	-9.83	-9.79
	39.01	22	4900.12	-0.09	HL	17.4	-9.73	-9.69
	39.01	38	5662.93	0.16	CC	10.6	-9.64	-9.60
							log Y/ N _T = -9.64 ± 0.16	
Zr II	40.01	16	3958.23	-0.31	CC	25.7	-9.41	-9.36
	40.01	16	3998.95	-0.67	GB	25.7	-9.03	-8.99
	40.01	30	3991.12	-0.31	GN	24.3	-9.29	-9.24
	40.01	40	4496.96	-0.89	LN	11.6	-9.15	-9.11
	40.01	41	4149.22	-0.04	GN	-40.9	-9.24	-9.20
	40.01	42	4034.10	-1.51	GN	7.0	-8.67	-8.63
	40.01	79	4370.96	-0.77	LN	10.4	-8.99	-8.94
	40.01	79	4414.54	-1.08	GN	5.7	-8.94	-8.90
	40.01	88	4442.99	-0.42	GN	14.8	-8.99	-8.94
							log Zr/ N _T = -9.08 ± 0.21	
Ba II	56.01	1	4934.08	-0.15	NB	28.4	-9.79	-9.74
	56.01	2	6141.71	-0.08	NB	17.1	-9.69	-9.64
	56.01	2	6496.90	-0.38	NB	20.5	-9.35	-9.30
							log Ba/ N _T = -9.61 ± 0.19	
Ce II	58.01	1	4628.16	0.01	MC	4.5	-9.40	-9.36
	58.01	2	4523.08	-0.30	MC	8.4	-8.80	-8.76
	58.01	202	4449.33	-0.19	MC	2.9	-9.32	-9.28
							log Ce/ N _T = -9.17 ± 0.27	
Nd II	60.01	10	4400.82	-0.60	HL	4.6	-8.80	-8.75
	60.01	50	4385.66	-0.54	WV	13.6	-8.25	-8.21
	60.01	50	4456.39	-0.52	WV	6.1	-8.30	-8.25
	60.01	58	4541.27	-0.76	MC	5.2	-8.38	-8.34
							log Nd/NT= -8.43 ± 0.22	
Gd II	64.01	15	4369.77	-1.16	MC	11.7	-8.51	-8.46
	64.01	15	4478.81	-1.12	DL	5.7	-8.75	-8.71
	64.01	82	4582.39	-0.87	MC	5.1	-8.62	-8.57
							log Gd/ N _T = -8.63 ± 0.10	

HD 39866'nın RTT150 CET verisi kullanılarak model atmosfer yöntemiyle gerçekleştirilen kimyasal element bolluk analiz sonuçları Güneş'in değerleriyle (Grevesse, Noels & Sauval 1996) karşılaştırılarak (Çizelge 4.10), Güneş'inkinden olan bolluk farklılığı bulundu: $[x] = \log \varepsilon(x)_{\text{yıldız}} - \log \varepsilon(x)_{\text{Güneş}}$. Bolluk değerlerindeki farkların atom numarasına (Z) göre dağılımı Şekil 4.13 de görülmektedir.

Çizelge 4.10 HD 39866'nin element bolluklarının Güneş'teki değerlerle karşılaştırılması

Element	Çizgi Sayısı	HD 39866		Güneş ¹	[X]
		log N/N _T	log N/H	log N/H	
He I	3	-1.44 ± 0.03	-1.40 ± 0.03	-1.01	-0.39
C I	2	-3.42 ± 0.06	-3.38 ± 0.06	-3.45	+0.07
N I	7	-3.00 ± 0.20	-2.96 ± 0.20	-4.03	+1.07
O I	6	-2.94 ± 0.19	-2.89 ± 0.19	-3.12	+0.23
Mg I	4	-4.43 ± 0.11	-4.38 ± 0.10	-4.42	+0.04
Mg II	9	-4.64 ± 0.22	-4.60 ± 0.22	-4.42	-0.18
Al I	2	-6.09 ± 0.07	-6.05 ± 0.08	-5.53	-0.52
Al II	1	-5.97	-5.92	-5.53	-0.39
Si II	9	-4.60 ± 0.13	-4.56 ± 0.13	-4.45	-0.11
S I	2	-4.24 ± 0.05	-4.19 ± 0.05	-4.67	+0.48
S II	2	-4.27 ± 0.24	-4.23 ± 0.24	-4.67	+0.44
Ca I	7	-5.44 ± 0.15	-5.39 ± 0.15	-5.64	+0.25
Ca II	3	-5.62 ± 0.12	-5.58 ± 0.12	-5.64	+0.06
Sc II	17	-8.80 ± 0.15	-8.76 ± 0.16	-8.83	+0.07
Ti II	68	-6.93 ± 0.18	-6.89 ± 0.18	-6.98	+0.09
V II	14	-7.75 ± 0.12	-7.70 ± 0.19	-8.00	+0.30
Cr I	6	-6.24 ± 0.09	-6.19 ± 0.09	-6.33	+0.14
Cr II	52	-6.15 ± 0.18	-6.11 ± 0.18	-6.33	+0.22
Mn I	6	-5.97 ± 0.18	-5.92 ± 0.19	-6.61	+0.69
Mn II	10	-6.42 ± 0.14	-6.38 ± 0.14	-6.61	+0.23
Fe I	111	-4.43 ± 0.16	-4.38 ± 0.16	-4.50	+0.12
Fe II	175	-4.43 ± 0.18	-4.39 ± 0.18	-4.50	+0.11
Co II	1	-7.01	-6.96	-7.08	+0.12
Ni II	4	-5.76 ± 0.07	-5.71 ± 0.06	-5.75	+0.04
Sr II	2	-9.48 ± 0.17	-9.44 ± 0.18	-9.03	-0.41
Y II	8	-9.64 ± 0.16	-9.59 ± 0.16	-9.76	+0.17
Zr II	9	-9.08 ± 0.21	-9.03 ± 0.21	-9.40	+0.37
Ba II	3	-9.61 ± 0.19	-9.56 ± 0.19	-9.87	+0.31
Ce II	3	-9.17 ± 0.27	-9.13 ± 0.27	-10.42	+1.29
Nd II	4	-8.43 ± 0.22	-8.39 ± 0.21	-10.59	+2.20
Gd II	3	-8.63 ± 0.10	-8.58 ± 0.10	-10.83	+2.25

He: HD 39866'nın helyum bolluğu yıldızın üç adet He I çizgisi kullanılarak hesaplandı. Non-LTE etkilerinin görüldüğü $\lambda 5875\text{\AA}$ çizgisi bu çalışmadaki LTE hesaplamalarında kullanılmadı. HD 39866'nin bu çalışmadan elde edilen He/H değeri 0.040 ± 0.003 dex dir. Bu, HD 39866'nın yüzey katmanlarının He bakımından bir miktar fakir olduğu anlamını taşır.

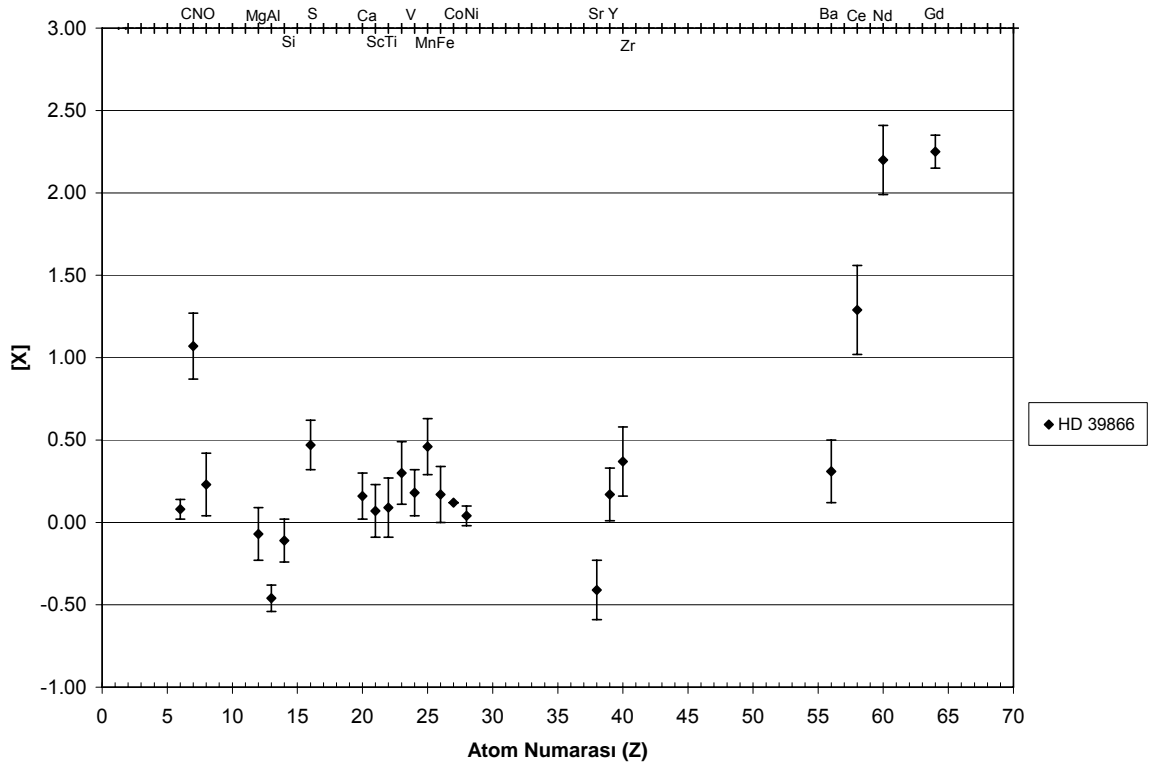
C, N ve O: Karbon, azot ve oksijen bollukları, C I'in iki, N I'in yedi ve O I'in altı çizgisinden hesaplandı. Yıldız, karbon ve oksijen bakımından hemen hemen Güneş'in değerlerine yakın, azot bakımından ise Güneş'ten önemli ölçüde zengin olduğu bulundu.

Hafif elementler (Mg, Al, Si, S, Ca) : HD 39866 yıldızı hafif elementler için farklı bolluklara sahiptir: Magnezyum, silisyum ve kalsiyum miktarlarının hata sınırları içerisinde Güneş'teki değerlere yakın olduğu bulunurken, yıldızın, alüminyum bakımından Güneş'e göre daha fakir ve sülfür bakımından ise Güneş'e göre daha zengin olduğu bulunmuştur.

Demir grubu elementleri (Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni): HD 39866'nın tayfında tanımlanan çizgilerden hesaplanan demir grubu element bollukları neredeyse Güneş'in değerlerine yakın (Sc, Ti, Cr, Fe, Co ve Ni) ya da Güneş'inkinden daha boldur (V, Mn). Mangan için izotoplar arası çok çok ince yapı (hyperfine splitting) bölünme farklılıklarından dolayı güvenilir olmayabilir.

s-process elementleri (Sr, Y, Zr, Ba): HD 39866, yitriyum bakımından Güneş'in değerinde, stronsiyum bakımından oldukça fakir, zirkonyum ve baryum bakımından ise Güneş'inkinden daha zengindir.

Nadir-toprak elementler (Ce, Nd, Gd): HD 39866 yıldızı nadir toprak elementleri bakımından Güneş'teki değere göre aşırı bolluk göstermektedir.



Şekil 4.13 HD 39866'in element bolluklarının, atom numarasının (Z) fonksiyonu olarak, Güneş'in değerlerinden olan farkları : $[X] = \log \varepsilon (x)_{\text{yıldız}} - \log \varepsilon (x)_{\text{Güneş}}$

4.5.1 Bolluk sonuçlarının HD 43836 (B9 II) ve HD 222275 (A3 II) yıldızları ile karşılaştırılması

HD 39866 yıldızının element bolluklarına ilişkin yapılmış tek çalışma Aydın (1972a) tarafından gerçekleştirilmiştir: Bu çalışmada Ti II, Cr II, Fe I ve Fe II çizgilerinden hesaplanan titanyum, krom ve demir bollukları Güneş'e göre değil Deneb'in değerlerine göre verilmiştir. Buna göre yıldız, titanyum bakımından Deneb'e göre zengin, krom ve demir bakımından ise Deneb ile aynı bolluk değerlerine sahiptir.

Bu tez çalışmasından elde edilen fotosferik bolluk değerleri, TUG-CET verileri kullanılarak incelenen HD 43836 (B9 II) yıldızı (Şahin 2008) ve Venn'in çalıştığı yıldızlardan biri olan HD 222275 (A3 II) yıldızının değerleriyle karşılaştırıldı. Venn (1995a), HD 222275'in atmosfer parametrelerini $T_e = 8500$ K, $\log g = 2.20$, ve $\xi = 3.0$ km sn⁻¹ olarak belirlerken, HD 43836 yıldızı için bu değerler Şahin (2008) tarafından $T_e = 9550$ K, $\log g = 2.20$ ve $\xi = 1.1$ km sn⁻¹ olarak verilmiştir. Her üç yıldız aynı

tekniklerle analiz edilmiştir. Çizelge 4.11 her üç yıldızın fotosferlerine ilişkin göreceli bolluk değerlerinin Güneş'in değerleriyle karşılaştırılmaları listelenmiştir. Element bolluklarının Güneş'teki değerlerden olan farkları hata miktarları ile beraber Şekil 4.14'de verilmektedir.

Çizelge 4.11 HD 39866, HD 43836 ve HD 222275 yıldızlarına ilişkin bollukların Güneş'teki değerlerden olan farkları

Element	Kullanılan çizgi sayısı			[X] = $\log \varepsilon (x)_{\text{yıldız}} - \log \varepsilon (x)_{\text{Güneş}}$		
	HD 43836 B9 II	HD 39866 A2 II	HD 222275 A3 II	HD 43836	HD 39866	HD 222275
C I	---	2	10		+0.07	+0.08
N I	---	7	2		+1.07	+1.31
O I	5	6	4	-0.04	+0.23	+0.04
Mg I	---	4	4		+0.04	+0.08
Mg II	3	9	---	-0.38	-0.18	
Si I			2			+0.13
Si II	4	9		-0.54	-0.11	
S II	1	2	---	+0.33	+0.44	
Ca I	---	7	5		+0.25	+0.40
Sc II	4	17	2	-0.56	+0.07	+0.22
Ti II	13	68	13	-0.26	+0.09	+0.26
V II	1	14	---	-0.28	+0.30	
Cr I	---	6	1		+0.14	+0.33
Cr II	20	52	1	-0.27	+0.22	+0.48
Mn I	---	6	---		+0.69	
Mn II	2	10	2	+0.14	+0.23	+0.52
Fe I	7	111	23	-0.01	+0.12	+0.39
Fe II	34	175	20	-0.21	+0.11	+0.09
Ni II	2	4	4	-0.20	+0.04	+0.24
Y II	---	8	---	---	+0.17	
Ba II	---	3	---	---	+0.31	

Bolluklar arasında belirgin farklılıklar vardır:

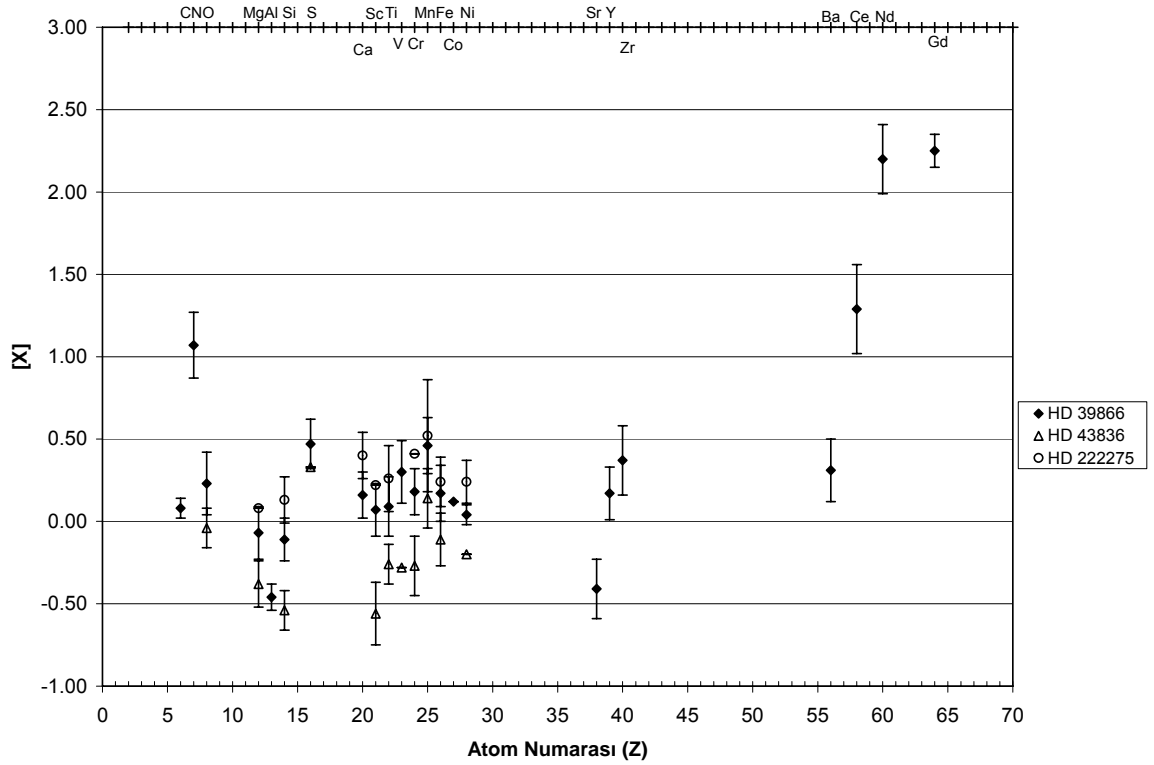
C, N, O: HD 39866'nın CNO bollukları HD 222275 yıldızınıninkilerle oldukça uyumludur. Her iki yıldızın karbon, ve oksijen bollukları hemen hemen Güneş'in değerlerine yakın, azot ise aşırı boldur. Benzer şekilde HD 43836 yıldızının oksijen bolluğu, Güneş bolluğundadır, karbon ve azotun bollukları hesaplanamamıştır.

HD 39866 ve HD 222275 yıldızlarının hafif element ve demir grubu element bollukları genel olarak Güneş bolluğunda ya da Güneş'ten daha bol miktarlarda bulunmuştur. Dokuz elementin (Mg, Si, Ca, Sc, Ti, Cr, Mn, Fe, Ni) ortalama bolluğu, HD 39866 yıldızı için $+0.10 \pm 0.16$, HD 222275 yıldızı için $+0.28 \pm 0.14$ ve HD 43836 yıldızı için (Ca elementi dışında) $+0.28 \pm 0.14$ olarak hesaplanmıştır. Bu bolluk değerlerine daha ayrıntılı bakıldığında:

Hafif Elementler (Mg, Si, S, Ca) : Magnezyum, HD 39866 ve HD 222275 yıldızlarında güneş bolluğunda bulunurken, HD 43836 yıldızında Güneş'ten daha az bol olduğu bulunmuştur. Silisyum bakımından, HD 39866 ve HD 222275 yıldızları hemen hemen Güneş'teki bolluk değerine sahip iken, HD 43836 yıldızında Güneş'ten belirgin bir şekilde azlık görülmektedir. HD 39866 ve HD 43836 yıldızlarının sülfür bakımından Güneş'e göre oldukça zengin olduğu bulunmuştur. HD 39866 kalsiyum bakımından Güneş'teki bolluğa yakın, HD 222275 ise oldukça fakirdir.

Demir grubu elementler (Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co ve Ni): Skandiyum bakımından, HD 222275 yıldızı Güneş'e göre daha zengin, HD 39866 yıldızı hemen hemen Güneş ile aynı bollukta, HD 43836 ise belirgin bir şekilde daha fakirdir. HD 39866 yıldızında titanyum Güneş bolluğunda bulunurken, HD 222275 yıldızında Güneş'e göre daha zengin, fakat, HD 43836 yıldızında Güneş'ten daha fakir olduğu bulunmuştur. HD 39866 yıldızının 14 çizgiden hesaplanan vanadyum bolluğu Güneş'e göre bir miktar fazla, HD 43836'nın bir çizgisinden hesaplanan vanadyum bolluğu ise Güneş'e göre bir miktar azdır. Krom ve nikel bakımından, HD 39866 Güneş bolluğunda, HD 222275 daha zengin, HD 43836 ise Güneş'e göre daha fakirdir. Mangan, HD 39866 ve HD 222275 yıldızları için Güneş'ten daha bol olduğu bulunurken, HD 43836 yıldızında

Güneş bolluğunda bulunmuştur. Demir bakımından, HD 39866 Güneş'in bolluğunda, HD 222275 Güneş'ten daha zengin, HD 43836 ise Güneş'ten daha fakirdir. Nikel elementi, HD 39866 yıldızında Güneş'e yakın bollukta bulunurken, HD 222275 yıldızında Güneş'ten biraz daha bol, HD 43836 yıldızında ise Güneş'ten biraz daha az bollukta bulunmuştur.



Şekil 4.14 Atom numarasının (Z) fonksiyonu olarak HD 39866, HD 43836 ve HD 222275 yıldızlarının Güneş'in değerlerinden olan bolluk farkları

4.5.2 Bolluk sonuçlarının v Her (F2 II) yıldızı ile karşılaştırılması

HD 39866 yıldızının bu tez çalışmasında elde edilen element bollukları, II ışınım sınıfına ait v Her (F2 II) yıldızıninkilerle (Adelman *et al.* 2008) karşılaştırıldı. Adelman *et al.* tarafından v Her'in atmosfer parametreleri $T_e = 6500$, $\log g = 2.20$ ve $\xi = 3.4 \text{ km sn}^{-1}$ olarak kullanılmıştır. v Her ve HD 39866 yıldızlarına ilişkin bollukların Güneş'teki bolluk değerleriyle karşılaştırılması Çizelge 4.12'de verilmektedir. Genel olarak, v Her'in element bollukları Güneş'inkilere göre daha fakir iken, HD 39866 yıldızı Güneş bolluğunda ya da Güneş'ten daha zengin olduğu bulunmuştur. Sc, Ti, V ve Cr

bakımından, HD 43836 ve ν Her yıldızları Güneş'ten daha fakirdir. Ortalama bolluk değerleri HD 39866 yıldızı için $+0.17 \pm 0.11$, HD 43836 (B9 II) yıldızı için -0.34 ± 0.15 , ν Her (F2 II) yıldızı için de -0.52 ± 0.18 olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.12 HD 39866 ve ν Her yıldızlarına ilişkin fotosferik görelî bollukların Güneş'teki değerlerden olan farkları

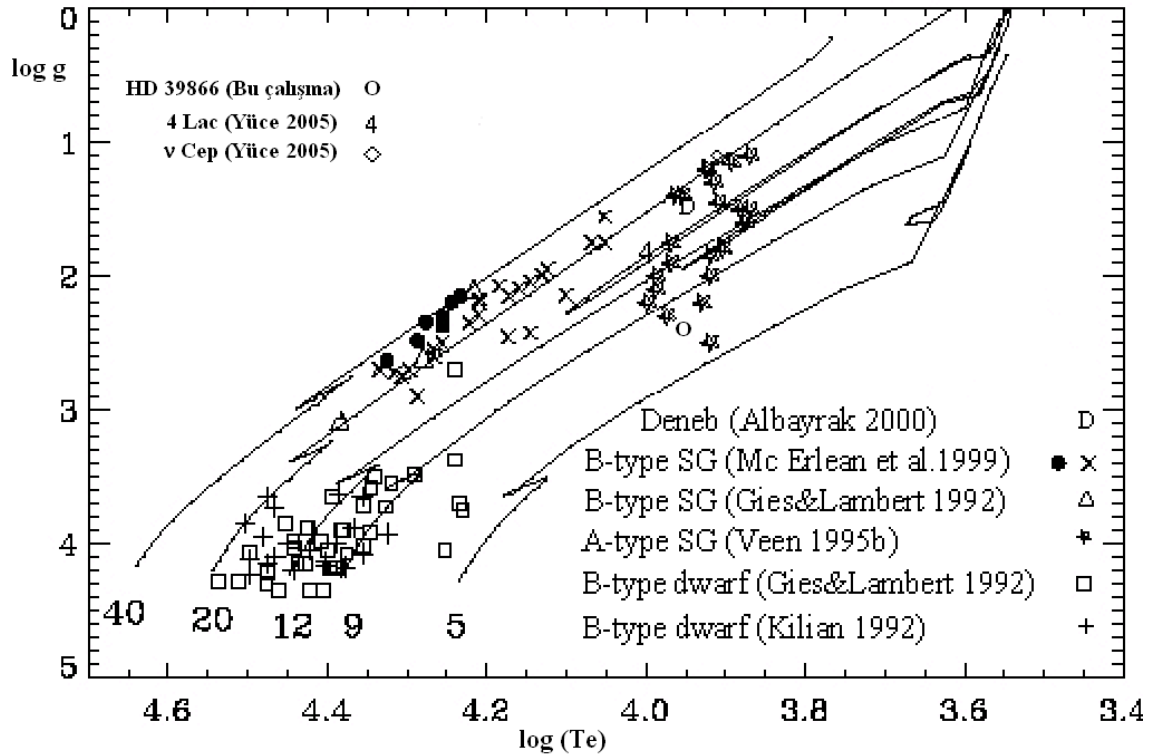
Tür	Kullanılan çizgi sayısı		[X]	
	HD 39866 (A2 II)	ν Her (F2 II)	HD 39866	ν Her
C I	2	4	+0.07	-0.17
O I	6	2	+0.23	-0.29
Mg I	4	2	+0.04	-0.53
Mg II	9	---	-0.18	
S II	2	2	+0.44	-0.47
Ca I	7	14	+0.25	-0.47
Sc II	17	5	+0.07	-0.62
Ti II	68	13	+0.09	-0.69
V II	14	1	+0.30	-0.30
Cr I	6	5	+0.14	-0.51
Cr II	52	10	+0.22	-0.45
Mn I	6	6	+0.69	-0.48
Mn II	10	3	+0.23	-0.11
Fe I	111	87	+0.12	-0.50
Fe II	175	24	+0.11	-0.52
Y II	8	3	+0.17	-0.47
Ba II	3	2	+0.31	-0.01

$$[X] = \log \varepsilon (X)_{\text{yıldız}} - \log \varepsilon (X)_{\text{Güneş}}$$

4.6 HD 39866 Yıldızının Evrim Durumuna Genel Bakış

Bu yüksek lisans tez çalışmasında HD 39866 yıldızının evrim durumu da incelendi. Bunu yapabilmek için yıldızın TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nden elde edilen tayflarının ayrıntılı analizlerinden elde ettiğimiz atmosfer parametrelerinden (T_e , $\log g$) ve CNO bolluklarından yararlanıldı.

A) HD 39866 yıldızının Schaller *et al.* (1992)'nin teorik evrim yolları üzerindeki konumuna bakıldı. Bir başka ifadeyle yıldızın atmosfer parametreleri T_e - $\log g$ diyagramına yerleştirildi (Şekil 4.15). Diyagramda yıldızların ZAMS kütleleri ile birlikte Schaller *et al.*'in teorik evrim yolları da verilmektedir.



Şekil 4.15 HD 39866, Lac (4), v Cep (N) ve Deneb (D) yıldızlarında dahil edilerek, B-türü süperdev ve bazı karşılaştırma yıldızlarının T_e - $\log g$ diyagramındaki dağılımı (McErlean *et al.* 1999). (‘•’sembolü çok fazla karışım gösteren “highly processed” yıldızlarını, ‘o’ sembolü az miktarda karışmış olan “processed?” yıldızlarını, ‘x’ ise karışıma maruz kalmayan yıldızları gösterir. Aynı zamanda yıldızların ZAMS kütleleri ile beraber Schaller *et al.* (1992)'nin teorik evrim yolları da görülmektedir Şekilde; Δ B-türü süperdevleri (Gies ve Lambert 1992), \star A-türü süperdevleri (Venn 1995b), \square B-türü cüceleri (Gies ve Lambert 1992) ve $+$ B-türü cüceleri (Kilian 1992) göstermektedir.)

Bu çalışmada belirlenen atmosfer parametrelerine göre, HD 39866 yıldızı Venn'in incelediği A türü süperdevlerin yakınında, 5-9 M_{\odot} kütleli yıldızların evrim yolları arasında bir yerde bulunmaktadır. Yıldızın diğer A türü süperdevlerine göre daha düşük yüzey çekim ivmesine sahip olduğu dikkat çekmektedir.

B) CNO bolluklarına göre çeşitli evrim senaryoları vardır (Chiosi & Summa 1970, Stothers & Chin 1991, Becker & Iben 1979). Modeller, yıldızın çekirdeğinde nükleer tepkimeler sırasında katalizör görevi gören karbon, azot ve oksijenin bolluk miktarlarındaki değişim izlerinin çekirdek ve yüzey arasında meydana gelen ve "dredge-up" adı verilen bir karışımın mevcut olması durumunda yüzeye taşınmalarına veya iç karışımın olmaması durumunda böyle bir ize yüzey bolluklarında rastlanmaması esasına dayanır.

HD 39866 yıldızının bu çalışmadan elde edilen C, N ve O için LTE bollukları ile HD 222275 (Venn 1995b)'nin LTE ve non-LTE bolluklarının karşılaştırılmaları Çizelge 4.13'de verilmektedir. Yerel termodinamik denge kabulü altında yapılan LTE sonuçlarına göre her iki yıldızın karbon ve azot bolluğu bakımından aynı eğilime sahip olduğu görülmektedir. HD 39866 ile benzer tayf türünden HD 222275 yıldızı için Venn tarafından hesaplanmış yerel termodinamik dengeden sapma miktarı dikkate alındığında HD 39866'nın Güneş'e göre karbon bakımından fakir, azot bakımından zengin olması gerektiği beklenir. Bu durum "first dredge-up / ilk karışım" evresini geçiren bir yıldızın sahip olacağı CNO bolluklarını işaret eder.

Çizelge 4.13 HD 39866 ve HD 222275 yıldızlarının C, N ve O bolluklarının Güneş'teki değerlerden olan farkları

Element	HD 39866 (A2 II) [X] _{LTE}	HD 222275 (A3 II) [X] _{LTE}	HD 222275 (A3 II) [X] _{non-LTE}
C I	+0.07	+0.08	-0.25
N I	+1.07	+1.31	+0.31
O I	+0.23	+0.04	---

5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Bu çalışma, TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nden elde edilen yüksek kaliteli tayfların ayrıntılı tayfsal analizlerde kullanıldığı bir lisansüstü tez çalışmasıdır. Erken A tayf türünden ve II ışınım sınıfına ait HD 39866 yıldızının bu çalışmadan elde edilen bilimsel sonuçları ve bunların benzer tür yıldızlarla karşılaştırılması, RTT150 Coude eşel tayflarının kimyasal bolluk analizlerinde kullanılabilirliğini göstermektedir:

1- Eşel tayflar, 150 den büyük S/G değerlerine sahiptir.

2- Tayf süreklilikleri dikkatli ve doğru bir şekilde belirlenerek zayıf tayf çizgilerinin ve çoklu çizgi bileşenlerinin sağlıklı bir şekilde belirlenmesi sağlandı.

3- Kullanılan tayflarda ölçülebilen en zayıf tayf çizgisinin eşdeğer genişliği 3 mÅ dır.

4- Yıldızın dönme hızı, orta şiddetli temiz ve 'blend' olmamış çizgilerden elde edildi. HD 39866'nın 49-51 arasındaki 'order'ları bu tür çizgilere sahiptir (özellikle Fe I, Fe II, Ti II çizgileri). Dönme hızının ortalama değeri $9.2 \pm 0.5 \text{ km sn}^{-1}$ olarak belirlendi.

5- Ölçülen tayf çizgilerinin mümkün olduğunca tamamı tanımlanabildi. Bu çalışma, HD 39866 (A2 II) yıldızının çizgi tanısını da içermektedir. Hangi atom ve iyonlara ait olduklarının belirlendiği çizgi tanımlamasında, güvenilir son tanı listelerinden yararlanıldı. Bolluk analizi için, güvenilir bir şekilde tanımlanmış tayfsal çizgilere sahip olmak önemlidir. Bu çalışma ile elde edilen çizgi tanımlamaları, benzer tayf türündeki yıldızların ve TUG'dan elde edilen/edilecek tayfların çalışmalarına da kaynak oluşturacak niteliktedir. HD 39866 yıldızında aşağıdaki atom ve iyonlar bulundu;

Kesin olarak tanımlananlar: Paschen serisi çizgiler, H_{α} , H_{β} , H_{γ} , H_{δ} , H_{ϵ} , C I, C II, N I, O I, He I, Mg I, Mg II, Al I, Al II, Si II, S I, S II, Ca I, Ca II, Sc II, Ti II, V II, Cr I, Cr II, Mn I, Mn II, Fe I, Fe II, Ni II, Sr II, Zr II, Co II, Y II, Ba II, Gd II, Ce II, Sm II ve Nd II.

Varlığı muhtemel olan çizgiler : La II, N II ve Fe III.

6- Atmosfer parametreleri (T_e , $\log g$), demir ve magnezyumun iyonizasyon dengeleri kullanılarak oluşturulan T_e - $\log g$ diyagramından belirlendi. Balmer çizgi kanatları, eşel 'order'a tam olarak yerleşmediği için atmosfer parametrelerinin tayininde kullanılmadı. HD 39866 yıldızının atmosfer parametreleri $T_e = 8950$ K, $\log g = 2.40$ dir. Bu değerler 4 Lac (B9 Iab)'nın ($T_e = 10350$ K ve $\log g = 1.92$) ve v Cep (A2 Ia)'in ($T_e = 8500$ K ve $\log g = 1.25$) değerleri ile uyumludur.

7- Yıldızın mikrotürbülans hızı 286 adet Fe I ve Fe II çizgilerinden 2.6 km sn^{-1} olarak belirlendi. Demirden elde edilen mikrotürbülans hızı değeri, 68 çizgi kullanılarak Ti II ve 52 çizgi kullanılarak Cr II den elde edilen mikrotürbülans hızları arasında belirgin bir farklılık yoktur. En fazla çizgiye sahip bu dört atom ve iyondan elde edilen ortalama mikrotürbülans hız değeri 2.8 km sn^{-1} dir. Yıldızın bolluk analizinde, en fazla çizgiye sahip demir elementinden elde edilen mikrotürbülans hız değeri olan 2.6 km sn^{-1} kullanılmıştır. Bu değer 4 Lac (B9 Iab) yıldızının 2.8 km sn^{-1} değeri (Yüce 2005) ve HD 222275 (A3 II)'in 3.0 km sn^{-1} değeri (Venn 1995a) ile uyumludur.

8- HD 39866 yıldızının kimyasal element bolluk analizi, yerel termodinamik denge varsayımı ATLAS9 atmosfer modeli yardımıyla ve bu çalışmadan elde edilen ($T_e = 8950$ K, $\log g = 2.40$, $\xi = 2.6 \text{ km sn}^{-1}$) değerleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

HD 39866 (A2 II) yıldızının He bakımından Güneş'e göre ~ 0.4 dex daha fakir olduğu tespit edildi. HD 39866 yıldızının karbon, oksijen ve azot bollukları Güneş'e göre sırasıyla $+0.07$, $+1.07$ ve $+0.23$ dex dir. Bu çalışmadaki LTE sonuçları, Venn (1995a)'in çalıştığı yıldızlardan HD 222275 (A3 II)'in karbon ve azot bolluklarıyla uyumludur. Bu iki yıldızın LTE sonuçlarının uyumlu olması non-LTE sonuçlarının da paralel olmasını gerektirir. Buradan HD 39866 yıldızının evrimi sırasında kısmi bir karışım evresine sahip olduğu söylenebilir.

KAYNAKLAR

- Abt, H. A. and Morrell, N. I. 1995. The Relation Between Rotational Velocities and Spectral Peculiarities Among A-Type Stars. *Astrophysical Journal Supplement*, 99, 135.
- Abt, H. A. 2000. Does rotation alone determine whether an A-type star's spectrum is abnormal or normal?, *Astrophysical Journal*. 544, 933.
- Adelman, S. J. 1987. On Unidentified Lines and the Predicted Wavelengths of Singly-Ionized Iron Lines, *Publications Of The Astronomical Society Of The Pacific*, 99, 515A.
- Adelman, S. J., Gulliver, A. F., Kochukhov, O. P., Ryabchikova, T. A. 2002. The Variability of the Hg II λ 3984 Line of the Mercury-Manganese Star α Andromedae, *The Astrophysical Journal*, 575, 449.
- Adelman, S. J., Adelman, A. S. and Pintado, O. I. 2003. On the relationship between the mercury-manganese stars and the metallic-lined stars, *Astronomy and Astrophysics*, 397, 267-273.
- Adelman, S. J. 2004. The physical properties of normal A stars, Cambridge University Press, 224, 530-532.
- Adelman, S. J. 2005. The A-Star Puzzle, Cambridge University Press, p. 1.
- Adelman, S. J. 2008. Elemental Abundances Analysis with DAO spectrograms: XXXI. The Early F Supergiants ν Her (F2 II) and 41 Cyg (F5 Ib-II), *Astronomische Nachrichten*, Vol.329, 26.
- Albayrak, B. 2000. A spectral analysis of Deneb (A2 Iae). *Astronomy and Astrophysics*, 364, 237-248.
- Anderson, L. S. 1985. *Astrophysical Journal*. 298, 848.
- Anderson, L. S. 1989. *Astrophysical Journal*. 339,558.
- Aret, A., and Sagar, A. 2002. Light-induced drift for Hg isotopes in chemically peculiar stars, *Astronomische Nachrichten*, 323, 21A.
- Aufdenberg, J. P. 2002. The Spectral Energy Distribution and Mass-Loss Rate of the A-Type Supergiant Deneb. *The Astrophysical Journal*, 570, 344-368.
- Aurière, M., Silvester, J., Wade, G. A., Bagnulo, S., Donati, J. F., Johnson, N., Lignières, F., Landstreet, J. D., Lüftinger, T., Mouillet, D G., 2005. The physical properties of normal A stars, Cambridge University Press, 224, 530-532.
- Aydın, C. 1972a. Atmospheres of A-type supergiants, *Astronomy and Astrophysics*, Vol.19, 369.
- Aydın, C. 1972b. A-type supergiants: a list of line intensities and radial velocity measurements *Astronomy and Astrophysics Supplement*, Vol. 7, p.331.
- Babcock, H. W. 1947. Zeeman Effect in Stellar Spectra, *Astrophysical Journal*, 105, 105.
- Beck, B. 1992. Diploma, Univ. München.
- Becker, S. A. and Iben, I. Jr. 1979. The asymptotic giant branch evolution of intermediate-mass stars as a function of mass and composition. I – Through the second dredge-up phase. *Astrophys. J.*, 232 (1); 831-853.
- Bevington, P.R. 1969. Data reduction and error analysis for the physical sciences. New York: McGraw-Hill.

- Biemont, E., Grevesse, N., Faires, L.M., Marsden, G., Lawler, J.E. and Whaling, W. 1989. Lifetimes and transition probabilities in V II and the solar abundance of vanadium. *Astronomy and Astrophysics*, 209; 391.
- Black, J.H., Wisheit, J.C., and Laviana, E. 1972, *ApJ* 177, 567.
- Blackwell, D. E., Shallis, M. J., Simmons, G. J. 1982, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 199, 33.
- Blackwell-Whitehead, R. and Bergemann, M. 2007. A revision of the solar manganese abundance using new and remeasured laboratory oscillator strengths, *Astronomy and Astrophysics*, 472, 43.
- Blanco, V. M., Demers, S., Souglas, G. G., Fitzgerald, M. P. 1968. *Publ. U. S. Naval Obs.*, Vol. 21.
- Bravo-Alfaro H., Ferro A. A. and Schuster W. J., 1997. Temperatures for A0-K0 supergiants from 13-Color photometry, *Publ. Astron. Soc. Pac.*, 109, 958-968.
- Catalan M. A., Meggers, W. F. and Garcia-Riquelme O. 1963. The First Spectrum of Manganese, Mn I, *Journal of Research of the National Bureau of Standards*, 68A, 9.
- Chiosi, C., Summa, C. 1970. On the evolution of OB stars from the main sequence to the helium exhaustion phase. *Astrophysics and Space Science*, 8; 478-496.
- Conti, Peter S. 1970. *The Metallic-Line Stars*, Publications Of The Astronomical Society Of The Pacific, 82, 781.
- Cowley, A., Cowley, C., Jaschek, M. and Jaschek, C. 1969. A study of the bright A stars. I. A catalogue of spectral classifications, *Astrophysical Journal*, 74, 375.
- Cowley, C.R. and Corliss, C.H. 1983. *MNRAS* 203, 651-659.
- Crawford, D. L., Barnes, J. V., Faure, B. Q. and Golson, J. C. 1966. Photoelectric H β photometry for 1217 stars brighter than V = 6.5 mag, *Astronomical Journal*, 71, 709.
- Den Hartog, E. A., Lawler, J. E., Sneden, C. and Cowan, J. J. 2003. Improved Laboratory Transition Probabilities for Nd II and Application to the Neodymium Abundances of the Sun and Three Metal-poor Stars, *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 148, 543-566.
- Den Hartog, E. A., Lawler, J. E., Sneden, C. and Cowan, J. J. 2006. Improved Laboratory Transition Probabilities for Gd II and Application to the Gadolinium Abundances of the Sun and Three r-Process Rich, Metal-poor Stars, *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 167, 292-314.
- Dreizler, S., and Werner, K. 1993. Line blanketing by iron group elements in Non-LTE model atmospheres for hot stars, *Astronomy and Astrophysics*, 278, 199.
- Dworetzky, M. M.: 1971. PhD Thesis.
- ESA, 1997. *The Hipparcos and Tycho Catalogs*, SP-1200.
- Esteban, C., Peimbert, M., Torres-Peimbert, S., and Escalante, V. 1998. Chemical composition of the Orion nebula derived from echelle spectrophotometry, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 295, 401.
- Frandsen, S. 1974. NLTE-model atmospheres and Balmer line-profiles for A 0-stars, *Astronomy and Astrophysics*, 37, 139.
- Fuhr, J. R., Martin, G. A., and Wiese, W. L. 1988. *J. Phys. Chem. Ref. Data*, 17, Suppl.4.
- Fuhr, J.R. and Wiese, W.L. 1990. in Lide D.R., ed, *CRC Handbook of Chemistry and Physics*, CRC Press, Cleveland, OH Glad S., 1956, *Arkiv för Fysik*, 10, 291.

- Fuhr, J.R. and Wiese, W.L. 2005. A Critical Compilation of Atomic Transition Probabilities for Neutral and Singly Ionized Iron, National Institute of Standards and Technology, 35, 1669.
- Gies, D. R., and Lambert, D. L. 1992. Carbon, nitrogen and oxygen abundances in early B-type stars, *Astrophysical Journal*, 387, 673.
- Gigas, D. 1986. The iron abundance of VEGA, *Astron. and Astrophysics*, 165, 170.
- Gigas, D. 1988. A non-LTE abundance determination of MG and BA in VEGA, *Astron. and Astrophysics*, 192, 264.
- Gomez, A.E., Kuri, X., Grenier, S., Figueras, F., North, P., Royer, F., Torra, J., Menessier, M. O. 1998. The HR-diagram from Hipparcos data. Absolute magnitudes and kinematics of Bp-Ap stars, *Astron. Astrophys.*, 336, 953-959.
- Grevesse, N., Noels, A. and Sauval, A. J. 1996. Standard Abundances, *Astronomical Society of the Pacific Conference Series*, 99, 117.
- Gulliver, A. F., Hill, G., and Adelman, S. J. 1994, *ApJ*, 429, L81.
- Guthrie, B. N. G. 1985. New line identifications in the blue spectra of Hg-Mn stars, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 216, 1.
- Hannaford, P., Lowe, R.M., Grevesse, N., Biemont, E., and Whaling, W. 1982. *Astrophysical Journal*, 261, 736-746.
- Hauck, B. and Mermilliod, M. 1998. uvby {beta} photoelectric photometric catalogue. *Astron. Astrophys., Suppl. Ser.*, 129, 431-433.
- Hill, G., Fisher, W. A. and Poeckert, R. 1982a. Publications. *Dominion Astroph. Obs.* 3, 27.
- Hill, G., Fisher, W. A. and Poeckert, R. 1982b. Publications. *Dominion Astroph. Obs.* 4, 43.
- Hoffleit, D. 1964. *Catalogue of Bright Stars*, 3rd ed., Yale University Observatory, New Haven, CT.
- Hubeny, I., Lanz, T. 1992. Accelerated complete-linearization method for calculating NLTE model stellar atmospheres, *Astron. Astrophys.*, 262, 501.
- Hubeny, I., Lanz, T. 1993. IAU Colloq. 138, Peculiar versus Normal Phenomena in A-Type and Related Stars, ed. M. M. Dworetzky, F. Castelli, and R. Faraggiara (San Francisco: ASP), 98.
- Hubeny, I., Lanz, T., Jeffrey, C. S. 1994. Daresbury Lab. New. *Anal. Astron. Spectra*, No. 20, 30.
- Hubrig, S., North, P., and Mathys, G. 2000a. Magnetic AP Stars in the Hertzsprung – Russell Diagram, *Astron. J.*, 539, 352.
- Huldt, S., Johansson, S. and Litzen, U. 1982. The Spectrum and Term System of Singly Ionized Titanium, Ti II, *Physica Scripta*, 25, 401-412.
- Humphreys, R.M. 1970, The space distribution and kinematics of supergiants, *Astron. J.*, 75, 602-623.
- Humphreys, R. M., Kudritzki, R. P., and Groth. H. 1991. The anomalous A-type supergiants in the Magellanic Clouds: evidence for post-red supergiant evolution, *Astron. Astrophys.*, 245, 593.
- Hunger, K. and Groote, D. 1999. Fractionated Stellar Wind and the He/H abundance anomalies in Bp Stars, *Astronomy and Astrophysics*, Vol.351, 554.
- Iglesias, L. and Velasco R. 1964. The spectrum of the Mn⁺ ion, *Publicaciones del Instituto de Optica “Daza de Valdes”*, 23, 1.

- Iglesias, L., Cabeza M. I. and Luis B. 1988. The Spectrum of the V⁺ ion (V II), *Publicaciones del Instituto de Optica "Daza de Valdes"*, 47, 1.
- Johansson, S. 1978. The Spectrum and Term System of Fe II, *Physica Scripta*, 18, 217-265.
- Johnson, H. L., Mitchell, R. I., and Latham, A. S. 1967. *Commun. Lunar Planet. Lab.*, 6, 85.
- Kennedy, P. M., Buscombe, W. 1974. *MK Spectral Classification*, Evanston.
- Kılıçoğlu, T. 2008. Düşük Genlikli delta Scuti Yıldızı, 20 CVn'nin Element Bolluk Çalışması, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Kiess C. C. 1951. Description and Analysis of the Second Spectrum of Chromium, Cr II, *Journal of Research of the National Bureau of Standards*, 47, 385.
- Kiess C. C. 1953. Description and Analysis of the First Spectrum of the Chromium, Cr I, *Journal of Research of the National Bureau of Standards*, 51, 247.
- Kling, R., Schnabel, R. and Griesmann, U. 2001. Accurate Lifetimes and Absolute Transition Rates for Ultraviolet Transitions from 3D⁵(⁴G) 4P and 3D⁵(⁴P) 4P levels in MN II, *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 134, 173-178.
- Klose, J. R. Fuhr, and W. L. Wiese, 2002. Atomic Physics Division, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Maryland 20899-8420.
- Kochukhov, O. And Ryabchikova, T. 2001. Time-resolved spectroscopy of the roAp star gamma Equ, *Astronomy and Astrophysics*, 374, 615.
- Krautter, J. 1980. Polarization measurements of 313 nearby stars, *Astron. Astrophys., Suppl. Ser.*, 39, 167-172.
- Krticka, J. and Kubat, J. 2004. Multicomponent stellar winds and chemical peculiarity in A stars, *A-Star Puzzle*. Cambridge University Press, p. 201.
- Kudritzki, R. P. 1973. *Astronomy and Astrophysics*, 28, 103.
- Kupka, F. 2005. Convection in stars, *A-Star Puzzle*. Cambridge University Press, p. 119.
- Kurtz, D., Elkin, V. G., Mathys, G., Riley, J., Cunha, M. S., Shibahashi, H., Kambe, E. 2005. Some recent discoveries in roAp stars, *The A-Star Puzzle*, Cambridge University Press, p. 343.
- Kurucz, R.L. and Peytremann, E. 1975, *SAO Special Report* 362.
- Kurucz, R. L. 1979. Model atmospheres for G, F, A, B, and O stars, *Astrophysical Journal Supplement Series*, vol. 40, 1.
- Kurucz, R. L. and Avrett, E. H. 1981. *Smithsonian Astrophys. Obs. Spec. Rep.*, 391.
- Kurucz, R. L. 1993. *ATLAS9 Stellar Atmosphere Programs and 2 km/s grid*. Kurucz CD-ROM No. 13. Cambridge.
- Kurucz, R. L. 1995. In *Astrophysical Applications of Powerful New Databases*, eds. S. J. Adelman and W. L. Wiese (San Francisco, Astron. Soc. Pasific), ASP Conference Series, 78; p. 205.
- Kurucz, R.L. and Bell, B. 1995. *Atomic Line Data*, Kurucz CD-ROM no. 23, Smithsonian Astrophysical Observatory, Cambridge.
- Lanz, T. and Artru, M.-C. 1985. *Phys. Scripta*, 32; 115.
- Lanz, T., and Mathys, G. 1993. A search for magnetic fields in Am stars, *Astronomy and Astrophysics*, 280, 486.
- Lawler, J.E. and Dakin, J.T. 1989. *JOSA B*, 6, 1457.

- Lawler, J. E., Bonvallet, G. and Sneden, C. 2001a. Experimental Radiative Lifetimes, Branching Fractions, and Oscillator Strengths for La II and a New Determination of the Solar Lanthanum Abundance, *The Astrophysical Journal*, 556, 452-460.
- Lawler, J. E., Den Hartog, E. A., Sneden, C. and Cowan, J. J. 2006. Improved Laboratory Transition Probabilities for Sm II and Application to the Samarium Abundances of the Sun and Three r-Process-rich, Metal-poor Stars, 162, 227-260.
- Lemke, M., and Venn, K. A. 1996. The interesting problem of the NLTE nitrogen abundance in Vega, *Astronomy and Astrophysics*, 309, 558.
- Litzen, U., Brault, J. W. and Thorne, A. P. 1993. Spectrum and Term System of Neutral Nickel, Ni I, *Physica Scripta*, 47, 628-673.
- Ljung, H., Nilsson, M., Asplund, and S. Johansson, 2006. *Astronomy and Astrophysics*, 456, 1181–1185.
- Lobel, A., Achmad, L., de Jager, C., and Nieuwenhuijzen, H. 1992. Atmospheric model and dynamic state of the atmosphere of the supergiant Eta Leonis (A0Ib), *Astron. and Astrophysics*, 256, 159.
- Lyubimkov, L.S. 1991. In *Evolution of Stars: The Photospheric Abundance Connection*, ed. G. Michaud, and A. Tutukov (Kluwer), 125.
- Martin, G.A., Fuhr, J.R., and Wiese, W.L. 1988. *J.Phys.Chem.Ref.Data* 17, Suppl. 3-4.
- Mathis, J. S. 1996. Dust Models with Tight Abundance Constraints, *Astrophys. J.*, 472, 643.
- Mathys, G., and Lanz, T. 1990. The magnetic field of the AM star Omicron Pegasi, *Astronomy and Astrophysics*, 230L, 21.
- McErlean, N. D. 1999. Galactic B-supergiants: A non-LTE model atmosphere analysis to estimate atmospheric parameters and chemical compositions. *Astronomy and Astrophysics*, 349, 553-572.
- Meggers, W. F., Corliss, C. H., Scribner, B. F. 1975. *Tables of Spectral-Line Intensities Part I- Arranged by Elements*, 2nd edition, Government Printing Office, Washington, DC.
- Mersch, G. and Heck, A. 1980. Prediction of spectral classification from photometric observations -application to the uvby beta photometry and the MK spectral classification. II. General case. *Astron. Astrophys.*, 85, 93-100.
- Michaud, G. 2005. *Atomic diffusion in stellar surfaces and interiors, The A-Star Puzzle*, Cambridge University Press, p 173.
- Mihalas, D. 1965. *Model Atmospheres and Line Profiles for Early-Type Stars*, *Astrophys. J. Supplement*, Vol. 9, 321.
- Moore, C. E. 1945. *A Multiplet Table Astrophysical Interest*, Princeton University Observatory.
- Moore, C. E. 1972. *A multiplet table of astrophysical interest - Pt.1: Table of multiplets - Pt.2: Finding list of all lines in the table of multiplets*. NSRDS-NBS, Washington: US Department of Commerce, Rev. Edition.
- Morgan, W.W. 1933. Some evidence for the existence of a peculiar branch of the spectral sequence in the interval B8-F0, *Astrophys. J.*, 77, 330.
- Moss, D. 2005. *Magnetic fields in A stars, The A-Star Puzzle*, Cambridge University Press, p 245.
- Nave, G., Johansson, S., Learner, R. C. M., Thorne, A. P. and Brault, J.W. 1994. A new multiplet table for Fe I. *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, 94 (1); 221-459.

- Nilsson, A. E., Johansson, S., Kurucz, R. L. 1991. PhS 44, 226.
- Osawa, K. 1959. Spectral classification of 533 B8-A2 stars and the mean absolute magnitude of A0V stars, *Astrophys. J.*, 130, 159.
- Palmeri P., Quinet P., Wyart J.-F. and Biémont E. 2000. Theoretical lifetimes and oscillator strengths in Ce II. Application to the chemical composition of the sun, *Phys. Scr.* 61, 323-334.
- Petterson, J. E. 1983. The Spectrum of Singly Ionized Sulphur, S II, *Physica Scripta*, Vol. 28, p.421.
- Preston, G. W. 1974. The chemically peculiar stars of the upper main sequence, *Annual Rev. Astron. Astrophys.*, 12, 257.
- Przybilla, N. 1997. Diplomarbeit, Univ. München.
- Przybilla, N. and Butler, K. 2001. Non-LTE line formation for N: Abundances and stellar parameters. Model atom and first results on BA-type stars. *Astronomy and Astrophysics*, 379, 955-975.
- Przybilla, N., Butler, K. and Kudritzki, R. P. 2001a. Non-LTE line-formation for neutral and singly-ionized carbon. Model atom and first results on BA-type stars. *Astronomy and Astrophysics*, 379, 936-954.
- Przybilla, N., Butler, K., Becker, S. R. and Kudritzki, R. P. 2001b. Non-LTE line formation for Mg I/II : Abundances and stellar parameters. Model atom and first results on A-type stars. *Astronomy and Astrophysics*, 369, 1009-1026.
- Przybylisky, A. 1969. The Analysis of the Low Gravity Halo Star HD 214539, *Mon. Not. R. Astr. Soc.* 146, 71.
- Reader, J., Corliss, C. H.: 1980. NSRDS-NBS 68, Part 1, Government Printing Office, Washington, DC.
- Roman, N. G., Morgan, W. W. and Eggen, O. J. 1948. The Ursa Major Group, *Astrophysical Journal*, 110, 205.
- Rosendhal, J. D. and Wegner, G. 1970. Spectrum variations in A-type supergiants. *Astrophys. J.*, Vol. 162, 547.
- Royer, F., Grenier, S., Baylac, M.-O., Gomez A. E. and Zorec J. 2002. Rotational Velocities of A-type Stars. II. Measurement of $v \sin i$ in the northern hemisphere. *Astronomy and Astrophysics*, 393, 897.
- Rufener, F. 1976. 2nd Catalogue of Stars Measured in the Geneva Observatory Photometric System. *Astronomy and Astrophysics Supplement Series*. 26, 275-351.
- Ryabchikova, T. 2005. Observations of magnetic CP stars, *The A-Star Puzzle*, Cambridge University Press, p. 283.
- Schaller, G., Schaerer, D., Meynet, G. and Maeder, A. 1992. New grids of stellar models from 0.8 to 120 solar masses at $Z = 0.020$ and $Z = 0.001$.
- Schiller, F. and Przybilla, N. 2008. Quantitative spectroscopy of Deneb. *Astronomy and Astrophysics*, 479, 3, 849-858.
- Schmidt-Kaler Th., 1982, *Landort-Bornstein*, Vol. 2, Subvol. B, p. 455, Springer Verlag.
- Schuster W. J. 1984. Thirteen-color photometry of B-type stars, *Rev. Mex. Astron. Astrofis.*, 9, 53-64.
- Slettebak, A., Collins, G. W., II, Parkinson, T. D., Boyce, P. B., White, N. M. 1975. A system of standard stars for rotational velocity determinations, *Astrophysical Journal Supplement Series (Supplement no. 281)*, 29, 137.

- Stothers, R. B. and Chin, C. 1991. Metal opacities and convective core overshooting in Population I stars. *Astrophys. J.-Letters*, 381; L67-L70.
- Şahin, C., 2008. TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi – Coude Eşel Tayfı Kullanılarak HD43836 (B9 II) Yıldızının Tayf Ölçümü, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Dönem Sonu Projesi, Ankara.
- Titus, J., and Morgan, W. W. 1940. On the Classifications of the A Stars. I. The Spectral Types of the Brighter Members of the Hyades Cluster, *Astrophysical Journal*, 92, 256.
- Venn, K. A. 1995a. Atmospheric Parameters and LTE Abundances for 22 Galactic, A-Type Supergiants. *Astrophysical Journal Supplement*, 99, 659.
- Venn, K. A. 1995b. CNO Abundances and the Evolutionary Status of Galactic, A-Type Supergiants. *Astrophysical Journal*, 449, 839.
- Venn, K. A., McCarthy, J. K., Lennon, D. J., and Kudritzki, R. P. 1998. Extragalactic Stellar Abundances: A-Supergiant Abundances in M31 & M33, Abundance Profiles: Diagnostic Tools for Galaxy History, *ASP Conf. Ser. Vol. 147*, Workshop held at Université Laval, Quebec, Canada, October 12 - 15, 1997, Eds.: D. Friedli, M. Edmunds, C. Robert, and L. Drissen, San Francisco, ASP, p. 54.
- Venn, K. A. 1999a. A-Type Supergiants Abundances in the Small Magellan Cloud: Probes of Evolution *Astrophysical Journal*, 518, 405.
- Venn, K. A. 1999b. The Chemical Composition of the Young, Inter-Cloud Population, *Astronomy and Astrophysics*, 348, 728.
- Verdugo, E., Talavera, A., and Gomez, de Castro. 1999a. Understanding A-Type supergiants *Astronomy and Astrophysics Supplement*, Vol. 137, p.351.
- Verdugo, E., Talavera, A., and Gomez, de Castro. 1999b. Understanding A-Type supergiants II. Atmospheric parameters and rotational velocities of Galactic A-Type supergiants *Astronomy and Astrophysics*, Vol.346, 819.
- Wahlgren, G. M.; Ilyin, I.; Kochukhov, O. 2001. *AAS Mtg. 199*, 135.04.
- Ward, L., Vogel, O., Arnesen, A., Hallin, R., and Wannstrom, A. 1985. *Phys. Scripta* 31, 162-165.
- Warner, B. 1967. *Mem. R.A.S.* 70, 165.
- Werner, K. 1986. Construction of non-LTE model atmospheres using approximate lambda operators, *Astronomy and Astrophysics*, 161, 177.
- Werner, K. 1989. Non-LTE model atmosphere calculations with approximate lambda operators - Application of tridiagonal operators, *Astronomy and Astrophysics*, 226, 265.
- Wiese, W.L., Smith, M.W. and Glennon, B.M. 1966. *NSRDS-NBS 4*, US Government Printing Office, Washington, DC.
- Wiese W. L., Smith, M.W., Miles, B. M., 1969, *NSRDS-NBS 22*, US Government Printing Office, Washington.
- Wiese W. L. and Martin G.A., 1980, *NSRDS-NBS 68*, Part 2, US Government Printing Office, Washington.
- Wiese, W.L., Fuhr, J.R. and Deters, T.M. 1996. *J. Phys. Chem. Ref. Data*, Monograph 6.
- Wilson, R. E. 1953. *General Catalogue of Stellar Radial Velocities*, Carnegie Inst. Washington D.C. Publ., 601.

- Wolf, B. 1971. The Atmosphere of the A0Ib Supergiant Eta Leonis, *Astronomy and Astrophysics*, 10, 383.
- Wrubel, M. H. 1949. Exact Curves of Growth for the Formation of Absorption Lines According to the Milne-Eddington Model. I. Total Flux. *Astrophysical Journal*, 109, 66.
- Yüce, K. 2003. 4 Lac ve ν Cep Yıldızlarının Tayfsal Analizi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara.
- Yüce, K. 2005. Spectral Analysis of 4 Lacertae and ν Cephei, *Baltic Astronomy*, Vol. 14, 51.
- Yüce, K., and Adelman, S. J. 2009. (IAU General Assembly 2009)
- Zhang Z.G., Svanberg S., Jiang Z., Palmeri P., Quinet P. and Biémont E. 2001. Natural radiative lifetimes in Ce II. *Phys. Scr.* 63, 122-127.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Fatma Başak EMİNOĞLU

Doğum Yeri : Ankara

Doğum Tarihi : 10.12.1983

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl):

Lise : Eryaman Lisesi (2000)

Lisans : Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü (2001-2006)

Yüksek Lisans : Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı (2006-2009)

YAYINLAR

Dış ülkelerde yabancı dilde basılı olarak yayınlanan ve alanında değer taşıyan dergilerde yayınlanan tam metinli makaleler :

- 1- “Minima Times of Some Eclipsing Binary Stars”, Gürol B., Derman E., Müyesseroğlu Z., Gürdemir L., Gökay G., Özbek N., Sağır U., Kalcı R., Salman G., Çoker D. **Eminoğlu B.**, Demircan Y., Terzioğlu, Z., 2007. Information Bulletin on Variable Stars (IBVS), 5791.